

Prof. Dr. C. Härtung

FACHTAGUNG  
KRANKENHAUSTECHNIK

ELEKTRIZITÄTSVERSORGUNG  
UND ELEKTROTECHNISCHE ANLAGEN  
IM KRANKENHAUS



**Medizinische Hochschule Hannover**  
**10. - 12. März 1983**

Herausgeber: O. Anna, C. Härtung, N. Adler

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 !

Im Namen der Medizinischen Hochschule Hannover und des Institutes für Biomedizinische Technik und Krankenhaus-technik möchten wir Sie herzlich zu unserer Fachtagung Krankenhaus-technik "Elektrizitätsversorgung und elektrotechnische Anlagen im Krankenhaus" in Hannover begrüßen.

Wenn über die "klassischen Drei" der Technischen Gebäudeausrüstung - Heizungs-, Kälte- und Sanitär-technik - anlässlich der letztjährigen Fachtagung Krankenhaus-technik berichtet und diskutiert wurde, liegt es den Veranstaltern am Herzen, das Augenmerk der diesjährigen Veranstaltung auf die Versorgungs-komponente "Elektrizität" und die zugehörigen betriebstechnischen Anlagen zu richten.

Im Rahmen der Elektrizitätsversorgung wird über

- Energielieferung,
- Energieeinsparung und
- Ersatzstromversorgung

berichtet. Im Zusammenhang mit den elektrotechnischen Anlagen werden die Themenkreise

- Ersatzstromanlagen,
- Zentrale Leittechnik,
- Medizinisch-technische Geräte,
- Krankenhausbeleuchtung und
- Kommunikationstechnik

unter den Perspektiven der Instandhaltung, der Betriebssicherheit und -verfügbarkeit, den Vorschriften und der Verantwortung behandelt.

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

N. Adler

Fachtagung Krankenhausstechnik "Elektrizitätsversorgung und elektrotechnische Anlagen im Krankenhaus"  
 Medizinische Hochschule Hannover

Donnerstag, den 10.03.1983		Freitag, den 11.03.1983		Sonnabend, den 12.03.1983	
Konferenzraum im Bettenhaus 10.30-12.00 h Jahreshauptversammlung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Krankenhausstechnik e.V. (WGKT)		Hörsaal F	Hörsaal A	Hörsaal F	Hörsaal A
		09.00-10.30 h Instandhaltung	09.00-10.30 h Medizinische Geräte und Sicherheit	09.00-10.30 h Krankenhausbeleuchtung	09.00-10.30 h Kennen Sie die VDE Q107 und Q108?
Hörsaal F	Hörsaal A	10.30-11.00 h Pause		10.30-11.00 h Pause	
13.00-13.30 h Eröffnung	13.00-13.30 h Eröffnung	11.00-12.30 h Podiumsdiskussion - Ausbildung und Fortbildung	11.00-12.30 h Schutzmaßnahmen in elektrischen Netzen	11.00-12.30 h Brennpunkte der Kommunikationstechnik	11.00-12.30 h Sicherheitsprüfung und Mängelbeseitigung
13.30-14.00 h Pause		12.30-14.00 Mittag		<u>Industrie-Ausstellung</u> Für Firmen und Planungsbüros mit einschlägigen Erfahrungen auf den Gebieten - Projektierung - Bau und Betrieb - Instandhaltung elektrotechnischer Anlagen und medizintechnischer Geräte in Krankenhäusern	
14.00-15.30 h Elektrische Energieverteilung	14.00-15.30 h Zentrale Leittechnik	14.00-15.30 h Energielieferung	14.00-15.30 h Betriebssicherheit		
15.30-16.00 h Pause		15.30-16.00 h Pause			
16.00-17.30 h Energieeinsparung	16.00-17.30 h Praxis der Ersatzstromversorgung	16.00-17.30 h Betrieb und Verantwortung	16.00-17.30 h Exkursionen		

Hörsaal M  
 "Aussteller-Matinée"

Hörsaal N  
 "Die Aussteller stellen sich vor"

# PROGRAMM UND INHALT

**Donnerstag, 10. März 1983**

10.30 Uhr bis 12.00 Uhr  
Jahreshauptversammlung der Wissenschaftlichen  
Gesellschaft für Krankenhaustechnik e.V.  
im Konferenzraum des Bettenhauses der MHH

## HÖRSAAL F

13.00 Uhr Eröffnung  
O. Anna, Hannover

13.30 Uhr Pause —  
Gelegenheit zum Besuch der Industrie-Ausstellung

### »Elektrische Energieverteilung«

Vorsitz: F. F. Pira, Düsseldorf; B. Canzler, Mühlheim

14.00 Uhr Komponenten der elektrischen Energieverteilung  
im Krankenhaus  
H. Bock, Göttingen 1

14.30 Uhr Energieverbraucher Krankenhaus — Bedarf, Ver-  
brauch, Kosten  
K.-W. Graff, Stuttgart 14

15.00 Uhr Diskussion

15.30 Uhr Pause —  
Gelegenheit zum Besuch der Industrie-Ausstellung

### »Energieeinsparung«

Vorsitz: F. F. Pira, Düsseldorf; B. Canzler, Mühlheim

16.00 Uhr Meßtechnische Überwachung und Optimierung  
des elektrischen Energieverbrauchs im Kranken-  
haus  
P. Thiele, Frankfurt 27

16.30 Uhr Energieeinsparung durch Kraft-Wärme-Kopplung  
H. Rothmann, Worms 36

17.00 Uhr Diskussion

17.30 Uhr Ende

# Donnerstag, 10. März 1983

## HÖRSAAL A

- 13.00 Uhr Eröffnung  
C. Hartung, Hannover
- 13.30 Uhr Pause —  
Gelegenheit zum Besuch der Industrie-Ausstellung
- »Zentrale Leittechnik«**  
Vorsitz: O. Anna, Hannover; J. Mierendorff, Berlin
- 14.00 Uhr Zentrale Leittechnik - auch für kleinere und mittlere  
Krankenhäuser  
M. Ellrich, Gießen 54
- 14.30 Uhr Betriebserfahrungen — Kosten, Nutzen und  
Schwachstellen der Zentralen Leittechnik  
K. Nietsch, Dortmund 60
- 15.00 Uhr Diskussion
- 15.30 Uhr Pause —  
Gelegenheit zum Besuch der Industrie-Ausstellung
- »Praxis der Ersatzstromversorgung«**  
Vorsitz: O. Anna, Hannover; J. Mierendorff, Berlin
- 16.00 Uhr Ersatzstromanlagen für kleinere und mittlere Kran-  
kenhäuser  
H. Becker, Hanau 67
- 16.30 Uhr Probelauf und Notbetrieb der Ersatzstromanlage  
G. Weber, Gengenbach 74
- 17.00 Uhr Diskussion
- 17.30 Uhr Ende

**Freitag, 11. März 1983**

**HÖRSAAL F**

**»Instandhaltung«**

- Vorsitz: C. Hartung, Hannover; W. Kreinberg, Hannover
- 9.00 Uhr Betriebserfahrungen bei der Instandhaltung elektrotechnischer Anlagen im Krankenhaus  
W. Wawra, Hannover 80
- 9.30 Uhr EDV-gestützte Instandhaltung elektrotechnischer Anlagen auch im Krankenhaus?  
H. Glöckle, Hannover 87
- 10.00 Uhr Diskussion
- 10.30 Uhr Pause —  
Gelegenheit zum Besuch der Industrie-Ausstellung

**»Podiumsdiskussion«**

- Moderator: O. Anna, Hannover
- 11.00 Uhr Welche Qualifikation sollte das Personal einer technischen Abteilung im Krankenhaus haben?  
— Ausbildung, Fortbildung  
— Einstufung, Höherstufung  
— Bedarfszahlen
- Teilnehmer: M. Ellrich, Gießen; O. Körtge, Göttingen; H. Ruttkowski, Hamburg; P. Rüttschilling, Gießen  
(Die Teilnehmer umreißen ihre Vorstellungen in fünfminütigen Kurzreferaten und diskutieren mit den Zuhörern). 96
- 12.30 Uhr Mittag —  
Gelegenheit zum Besuch der Industrie-Ausstellung

**Freitag, 11. März 1983**

**HÖRSAAL A**

**»Medizintechnische Geräte und Sicherheit«**

- Vorsitz: O. Anna, Hannover; H. Ullrich, Erlangen
- 9.00 Uhr Derzeitiger Stand des Gerätesicherheitsgesetzes  
A. Krebs, Bonn 117
- 9.30 Uhr Gerätesicherheit und Technische Service-Zentren  
— ein Erfahrungsbericht  
H. Albrecht, Köln 119
- 10.00 Uhr Diskussion
- 10.30 Uhr Pause —  
Gelegenheit zum Besuch der Industrie-Ausstellung

**»Schutzmaßnahmen in elektrischen Netzen«**

- Vorsitz: H. Wierny, Bonn; F. Hartig, Erlangen
- 11.00 Uhr Überstromschutz in elektrischen Niederspannungsnetzen  
U. Spindler, Bonn 127
- 11.20 Uhr Verbesserung des Berührungsschutzes durch Verwenden von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen  
E. Runtsch, Heidelberg 136
- 11.40 Uhr Selektiver Schutz — eine Notwendigkeit im Krankenhaus?  
E. Pointner, München 147
- 12.00 Uhr Diskussion
- 12.30 Uhr Mittag —  
Gelegenheit zum Besuch der Industrie-Ausstellung

**Freitag, 11. März 1983**

**HÖRSAAL F**

**»Energiefelieferung«**

- Vorsitz: M. Stein, Hannover; H. L. v. Cube, Worms
- 14.00 Uhr Tarif- und Vertragsgestaltung von Energielieferungsverträgen aus der Sicht der EVU  
G. Bischoff, Hannover 153
- 14.30 Uhr Stromlieferungsverträge optimal abschließen und nutzen — Hinweise aus der Praxis des Energieberaters  
J. Hegmans, Krefeld 160
- 15.00 Uhr Diskussion
- 15.30 Uhr Pause —  
Gelegenheit zum Besuch der Industrie-Ausstellung

**»Betrieb und Verantwortung«**

- Vorsitz: W. Tingler, Eicklingen; W. Franke-Stehmann, Hannover
- 16.00 Uhr Juristische Aspekte bei der Delegation verantwortungsvoller Tätigkeiten  
R. Höhn, Bad Harzburg 172
- 16.45 Uhr Der elektrische Betriebsunfall — Erfassung von Unfallabläufen und Unfallauswertung  
D. Kieback, Köln 178
- 17.10 Uhr Der konkrete Fall: Rechtliche Konsequenzen nach einem Elektrounfall mit Todesfolge  
W. Tingler, Burgdorf 189
- 17.35 Uhr Diskussion
- 18.00 Uhr Ende

**Freitag, 11. März 1983**

**HÖRSAAL A**

**»Betriebssicherheit«**

Vorsitz: G. Seetzen, Hannover; D. Beyer, Hamburg

- |           |  |     |
|-----------|--|-----|
| 14.00 Uhr | Brand und Explosion in elektrischen Anlagen —<br>Entstehung, Verhaltensregeln und ihre Abwendung<br>H.-W. Wimmer, Hannover | 196 |
| 14.30 Uhr | Errichtungsmaßnahmen für Kabel- und Leitungs-<br>anlagen beim Krankenhausumbau<br>O. Guthmann, Ladenburg                   | 206 |
| 15.00 Uhr | Diskussion   |     |
| 15.30 Uhr | Pause —<br>Gelegenheit zum Besuch der Industrie-Ausstellung  |     |

**»Exkursionen«**

- 16.00 Uhr Gelegenheit zur Besichtigung folgender Anlagen  
und Betriebsbereiche der MHH:
- Exkursion 1: Zentrale Leittechnik  
Ersatzstromanlagen  
Großkälteanlagen
  - Exkursion 2: Wäscherei  
Küche  
Müllentsorgung
  - Exkursion 3: Medienversorgung  
Klimaanlagen

Nähere Informationen am Tagungsbüro

**Samstag, 12. März 1983**

**HÖRSAAL F**

**»Krankenhausbeleuchtung«**

Vorsitz: R. Schnependahl, Arnsberg; J. Krochmann,  
Berlin

- 9.00 Uhr Sicherheitsbeleuchtung im Krankenhaus  
R. Schnependahl, Arnsberg 212
- 9.20 Uhr Anforderungen an die Operationsfeldbeleuchtung  
W. Koog, Hanau 220
- 9.40 Uhr Inwieweit lassen sich Kosten bei der Krankenhaus-  
beleuchtung einsparen?  
J. Krochmann, Berlin 229
- 10.00 Uhr Diskussion
- 10.30 Uhr Pause —  
Gelegenheit zum Besuch der Industrie-Ausstellung

**»Brennpunkte der Kommunikationstechnik«**

Vorsitz: G. Siegle, Hildesheim; A. Kuhl, Hannover

- 11.00 Uhr Welchen Beitrag kann die Videotechnik im  
Krankenhaus leisten?  
H. Husemann, G. Wilhelm, Fürth 236
- 11.30 Uhr Erhöhte Sicherheit und Wirtschaftlichkeit durch  
Personenrufanlagen  
J. v. Broecker, Wolfenbüttel 242
- 12.00 Uhr Diskussion
- 12.30 Uhr Schlußwort  
C. Hartung, Hannover

# Samstag, 12. März 1983

## HÖRSAAL A

### »Kennen Sie die . . .«

Vorsitz: K. Neese, Essen; W. Wawra, Hannover

9.00 Uhr VDE-Bestimmung 0107?  
F. Hartig, Erlangen 249

9.30 Uhr VDE-Bestimmung 0108?  
K. Busch, Essen 256

10.00 Uhr Diskussion

10.30 Uhr Pause —  
Gelegenheit zum Besuch der Industrie-Ausstellung

### »Sicherheitsprüfung und Mängelbeseitigung«

Vorsitz: W. Wawra, Hannover; K. Weber, Hannover

11.00 Uhr Sicherheitsprüfung elektrotechnischer Anlagen —  
ein Erfahrungsbericht aus der Sicht eines Sach-  
verständigen  
W. Kreinberg, Hannover 264

11.30 Uhr Mängelbeseitigung auf Grund eines Prüfberichtes  
und Auswirkungen auf die Kosten  
A. Flach, Hildesheim 276

12.00 Uhr Diskussion

12.30 Uhr Schlußwort  
O. Anna, Hannover

Verzeichnis der Redner und Vorsitzenden 282

## Komponenten der elektrischen Energieverteilung im Krankenhaus

---

H. Bock, Göttingen

Komponenten - Bestandteile eines Ganzen - der elektrischen Energieverteilung im Krankenhaus. Inwieweit sind sie anders als bei anderen größeren Bauvorhaben? Inwieweit haben sie im Krankenhaus eine andere Wertigkeit?

Und, kann man bei der Vielzahl von Gesetzen, Verordnungen, Erlassen, Vorschriften, Empfehlungen, Normen, den weniger zur Verfügung stehenden finanziellen Mitteln und einer Vielzahl zuständiger Prüfinstanzen noch ein funktionierendes, dem Zweck erfüllendes Ganzes aufbauen, gestalten?

Die Komponenten sind schnell aufgezählt:

1. Stromversorgung, bestehend aus:
  - 1.1 Allgemeine Stromversorgung (ASV), bestehend aus
    - Mittelspannungs-Schaltanlage
    - Transformatoren
    - Niederspannungs-Hauptverteiler
  - 1.2 Allgemeine Ersatzstrom-Versorgung (AEV)
  - 1.3 Besondere Ersatzstrom-Versorgung (BEV)
2. Stromverteilung mit Steigekabeln oder Stromschienen
3. Bereichs-, Technik-, Sonderverteiler
4. Installation
  - mit Leitungen, Rohren, Abzweigverteilern, Anschluß- und Steckvorrichtungen.

Man muß sich als langjähriger Elektroplaner für Krankenhäuser immer wieder die Grundsatzfrage stellen: wozu ist das Krankenhaus da? Wem soll die Elektroversorgung dienen?

Es gibt nur eine Antwort: dem kranken Menschen, der ins Krankenhaus muß und geheilt entlassen werden soll!

Und noch einen Punkt muß sich jeder Krankenhausplaner immer wieder klarmachen: ohne elektrische Energie geht im Krankenhaus nichts mehr!

Also steht die Sicherheit des Patienten für den Elektroplaner im Mittelpunkt. Nicht weniger wichtig ist natürlich sein Wohlbefinden in fremder Umgebung und die finanziellen Möglichkeiten für Neu-Bauten und deren Unterhaltung.

Aus elektrischer Sicht wird die gesamte Funktionstüchtigkeit und Sicherheit beeinflusst von elektrischen und magnetischen Störfeldern der Starkstromanlagen, die medizinische Meßeinrichtung (ohne die kein Krankenhaus funktionsfähig ist) bis zur Funktionsuntüchtigkeit stören können.

Die VDE 0107 A1 vom Nov. 1982 gibt jetzt "Anwendungshilfen" und ich komme in einigen Punkten darauf zurück.

## 1. Stromversorgung

### 1.1 Allgemeine Stromversorgung

Die Elektrozentrale soll möglichst im Lastschwerpunkt liegen. Dies ist wegen kurzer Niederspannungszuleitungen und der damit gegebenen geringeren Investitionskosten und Kabelverluste wirtschaftlich, stößt jedoch wegen der großen Ströme mitten im Gebäude und der daraus resultierenden großen magnetischen Störfelder auf erhebliche Schwierigkeiten. Andererseits sollte die E-Zentrale zur schnellen Wartung und guten natürlichen Wärmeabfuhr an der Gebäudeaußenkante liegen. Da der Einsatz von Clophentrafos wegen der großen Umweltbelastung nicht mehr gern gesehen und z.T. verboten ist, sind Öl- und Trockentrafos angeraten. Öltrafos dürfen jedoch nicht unter -4 m liegen, Trockentrafos sind

wesentlich teurer und haben dazu ein sehr hohes magnetisches Störfeld.

Wohin also, wenn man als Elektroplaner auf die örtliche Lage der E-Zentrale überhaupt Einfluß hat?

Der beste Platz für eine Elektro-Zentrale ist zweifellos im Erdgeschoß an einer Außenseite (Nord oder Ost) des Gebäudes. Bei großen Bauvorhaben mehrere verteilt. Die Länge der 0,4 kV-Steigekabel sollte wegen der daraus resultierenden Querschnitte und Kabelverluste nicht mehr als 70 m betragen.

Bei einer Zugänglichkeit von außen im Erdgeschoß ist eine gute Wartung und schnelle Reparatur gewährleistet und damit die Ausfallsicherung positiv beeinflusst.

Zur Erhöhung der Sicherheit sollten möglichst zwei Transformatoren verwendet werden, die niederspannungsseitig mit einem Kuppelschalter getrennt sind. Natürlich sind zwei Trafos mit je 400 kVA und ein Kuppelschalter in der Anschaffung teurer als ein Transformator 800 kVA. Neben der höheren Ausfallsicherheit und der Möglichkeit der Wartung und Reparatur bei Abschaltung eines Trafos kann man in Schwachlastzeiten einen Trafo abschalten und spart damit Leerlaufverluste.

Dagegen kann m.E. auf einen immer wieder verwendeten Mittelspannungs-Übergabeschalter zwischen der EVU-Einspeisung (möglichst aus einem Ring) und den Trafoabgängen verzichtet werden, wenn es das EVU zuläßt. Dies vermindert nicht nur die Investitionskosten, sondern erhöht die Sicherheit der Einspeisung.

## 1.2 Allgemeine Ersatzstrom-Versorgung

Die AEV ist "zur Aufrechterhaltung des Krankenhausbetriebes bei Ausfall der allgemeinen Stromversorgung" unabdingbar und wird durch die VDE 0108 und VDE 0107 vorgeschrieben. Sie soll einen Notbetrieb für längere Zeit (mind. 24 Std.) ermöglichen.

Die VDE schreibt eine ganze Palette von Verbrauchern und Anlagenteilen vor, die weiterbetrieben werden müssen. Es sind 3 Gruppen zu erkennen:

### 1.2.1 Beleuchtungs-Anlagen

#### 1.2.1.1 Die Beleuchtung der Verkehrswege und Hinweisschilder der Rettungswege

Diese Beleuchtung kann auch mit einer Zentralbatterie erfolgen, obwohl sie nach den Erläuterungen der VDE 0108 nicht gefordert wird.

Sie kann aber sinnvoll sein, da sie

- a) eine relativ kurze Umschaltzeit benötigt und
- b) eine Aufteilung in Bereiche bei Überwachung der Verteiler ermöglicht.

#### 1.2.1.2 Die Beleuchtung aller zur Aufrechterhaltung notwendigen Räume, Arbeitsplätze mit unmittelbarer Unfallgefahr, Beleuchtung der 2 E-Räume, Versorgung der AEV für OP- und Untersuchungsleuchten, Sonderleuchten.

### 1.2.2 Versorgungs- und Sicherheitsanlagen

#### 1.2.3 Für den Notbetrieb notwendige technische Anlagen und Anlagen zur Ver- und Entsorgung des Krankenhauses

Bei der Vielzahl der zum Notbetrieb erforderlichen Anlagenteile stellt sich manchal die Frage, ob

nicht eine Vollversorgung wirtschaftlicher ist. Sie ist es nur dann, wenn man auf eine erhebliche Sicherheit der AEV, nämlich die Installation eines kompletten zweiten Netzes im Krankenhaus verzichtet. Gerade aber diese Netzteilung bringt innerhalb des Krankenhauses bei partiellen Netzausfällen, Wartungs- und Reparaturarbeiten eine hohe Sicherheit.

### 1.3 Besondere Ersatz-Stromversorgung (BEV)

Die BEV soll bei Ausfall der Allgemeinen Stromversorgung und der Allgemeinen Ersatzstromversorgung die Geräte weiter versorgen, bei deren Ausfall eine Gefährdung für den Patienten entstehen könnte. Sie wird also nicht von der AEV ersetzt, da sie über die AEV eine weitere, höhere Sicherheitsstufe darstellt.

Die BEV versorgt zwei Verbrauchergruppen:

- 1.3.1 Die OP-Leuchten bzw. Sonderleuchten der 1 E- und 2 E-Räume, um eine begonnene Behandlung bzw. einen Eingriff am Patienten zu Ende führen zu können. OP-Leuchten müssen innerhalb von 0,5 sec. auf BEV umschalten, Sonderleuchten müssen je nach Verwendungszweck nach 15 sec. weiter betreibbar sein.

OP- oder Untersuchungsleuchten haben eine elektr. Leistung von 250 - 800 W. Es sind in der Regel Glühlampen, die auch mit Gleichstrom betrieben werden können. Wegen der hohen Kosten der Wechselrichteranlagen sind hier Sicherheitslichtgeräte mit Batterie sinnvoll, die dem jeweiligen OP zugeordnet werden.

1.3.2 Einrichtungen, die zur Aufrechterhaltung lebenswichtiger Körperfunktionen dienen, mit einer Ausfallzeit des Netzes von max. 15 sec. Dies können Defibrillatoren, Schrittmacher, Beatmungsgeräte, Anaesthesiegeräte, Überwachungsgeräte der Körperfunktionen u.ä. in Eingriffsräumen und Intensivpflegeabteilungen sein.

Bei einer zulässigen Ausfallzeit von 15 sec. können Stromerzeugungsaggregate angewandt werden. Bei modernen, komplizierten Operationen am Herzen, der Mikro- und Neurochirurgie ist eine Ausfallzeit von 15 sec. allerdings recht fragwürdig. Für diese Fälle stehen Wechselrichteranlagen mit Batterie zur Verfügung, die aber sehr teuer sind.

Ersatzstromversorgung im Krankenhaus nach den gültigen VDE-Bestimmungen

	AEV (nach D108 / 12.79)	BEV (nach VDE 0107 / 6.81)
Aufgabe	Zur Aufrechterhaltung des Krankenhausbetriebes nach Ausfall der ASV müssen folgende Einrichtungen über eine AEV weiterbetrieben werden können.	Bei Ausfall der Stromversorgung in den IE- und ZE-Räumen müssen die genannten Geräte weiter betreibbar sein. Eine BEV ersetzt nicht eine AEV, eine AEV kann die BEV nicht ersetzen.
Verbraucher	<ol style="list-style-type: none"> <li>Beleuchtung der Verkehrswege mit mind. 1 lx</li> <li>Beleuchtung der Räume der Pflegeeinheiten, der Funktionsräume und notwendigen Betriebsräume mit mind. 1 Lampe</li> <li>1. Sicherheitsanlagen, wie Operations- und Intensivpflegeeinrichtungen               <ol style="list-style-type: none"> <li>Versorgungsanlagen, wie                   <ul style="list-style-type: none"> <li>notwendige Bettenaufzüge</li> <li>notwendige Lüftungsanlagen</li> <li>notwendige Kühlanlagen</li> <li>zentr. Druckgasversorgung</li> <li>Stationsküchen</li> </ul> </li> <li>Stromversorgungen von Kommunikationsanlagen</li> </ol> </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>mind. eine OP-Leuchte in den IE- und ZE-Räumen, nach 0,5 s;</li> <li>Sonderleuchten, wenn bei Ausfall eine Gefährdung des Patienten entstehen kann, je nach Art bis 15 s;</li> <li>Einrichtung zur Aufrechterhaltung lebenswichtiger Körperfunktionen, nach 15 s;</li> </ol>
Überbrückungszeit	24 h	3 h
Lastübernahme	100 % nach 15 s	100 % nach 0,5 bzw. 15 s
Lastanzeige	-	in jedem versorgten Raum optisch, zusätzl. Grenzlasteranzeige wird empfohlen.

ASV = allgemeine Stromversorgung (aus dem öffentlichen Netz)

AEV = allgemeine Ersatzstrom-Versorgung (nach VDE 0108 / 12.79)

BEV = besondere Ersatzstrom-Versorgung (nach VDE 0107 / 6.81)

Ersatzstromversorgung im Krankenhaus nach Entwurf VDE 0107 A2 vom Mai 1982

	AEV	BEV
Aufgabe	Soll bei Ausfall der ASV eine Ersatzstromversorgung über längeren Zeitraum ermöglichen.	Soll bei Ausfall der ASV und AEV die Geräte versorgen, bei deren Ausfall eine Gefährdung für den Patienten entstehen könnte.
Verbraucher	<p>nach 15 s</p> <p>1.1 Beleuchtung der Verkehrswege mit 1 % <math>E_N</math>, mind. 1 lx</p> <p>1.2 Beleuchtete Schilder der Rettungswege</p> <p>1.3 Beleuchtung aller zur Aufrechterhaltung des Krankenhausbetriebes notwendigen Räume</p> <p>a) jeder Raum mind. 1 Leuchte b) Arbeitsplätze mit unmittelbarer Unfallgefahr mit 10 % <math>E_N</math>, mind. 15 lx</p> <p>1.4 Allgemeinbeleuchtung der ZE-Räume</p> <p>1.5 OP- und Untersuchungsleuchten der IE- und ZE-Räume</p> <p>1.6 Sonderleuchten, bei deren Ausfall eine Gefährdung der Patienten entstehen kann.</p> <p>1.7 übrige Verbraucher der ZE-Räume</p> <p>1.8 med. Gas-, Druckluft- und Vakuumversorgung</p> <p>1.9 unerlässliche med. Geräte und Lab.-Einrichtg.</p> <p>1.10 notwendige Aufzugsanlagen</p> <p>1.11 Brauchmelde-, Alarm-, Warneinrichtg.</p> <p>1.12 Lichtruf-, Signal-, Feuermeldeeinrichtg.</p> <p>1.13 Pumpen für Löschwasser, Entsauchungsanlagen</p> <p>nach 15 s</p> <p>2.1 unerlässliche Sterilisationsanlagen</p> <p>2.2 notwendige Heizungs-, Lüftungs-, Ver- und Entsorgungsanlagen</p> <p>2.3 notwendige Kühlanlagen für med. Zwecke und Lebensmittel</p> <p>2.4 Kocheinrichtungen zur Notversorgung</p>	<p>1. mind. eine OP-Leuchte in den IE- und ZE-Räumen, nach 0,5 s;</p> <p>2. Sonderleuchten, bei deren Ausfall eine Gefährdung der Patienten entstehen kann, je nach Art bis 15 s;</p> <p>3. Einrichtungen, die zur Aufrechterhaltung lebenswichtiger Körperfunktionen dienen, nach 15 s.</p>
Überbrückungszeit	24 h	3 h
Lastübernahme	Verbraucher-Gruppe 1: 100 % nach 15 s Verbraucher-Gruppe 2: > 15 s	Verbraucher 1: 100 % nach 0,5 s Verbraucher 2: 100 % bis 15 s Verbraucher 3: 80 % nach 15 s 100 % nach 5 s
Lastanzeige		in jedem versorgten Raum optisch, zusätzl. Grenzlastanzeige wird empfohlen.

ASV = allgemeine Stromversorgung (aus dem öffentlichen Netz)

AEV = allgemeine Ersatzstrom-Versorgung (nach Entwurf VDE 0107 A2, Mai 1982)

BEV = besondere Ersatzstrom-Versorgung (nach Entwurf VDE 0107 A2, Mai 1982)

Außerdem hat eine statische Wechselrichteranlage hohe Eigenverluste. Der Wirkungsgrad der Hersteller bezieht sich auf Nennlastbetrieb und wird im Teillastbereich entsprechend niedriger. Nicht unberücksichtigt bleiben darf bei der Dimensionierung der Leistungsbedarf für Eigenbedarf, wie Kühler und Ventilatoren, damit im Notfall nicht wegen zu hoher Erwärmung abgeschaltet wird.

## 2. Stromversorgung

Leider läßt die VDE 0107 noch immer 4-Leiterkabel ohne separaten Schutzleiter als Steigekabel für nicht-medizinisch- und technisch-genutzte Bereiche zu. Dies führt zwangsläufig im Gebäude zu unkontrolliert fließenden Ableitungsströmen (vagabundierenden Strömen) und damit zu Potentialverschiebungen und den Aufbau von Störfeldern. Es ist sicher jeder schlecht beraten, auf den separaten Schutzleiter zu verzichten.

Die Frage, ob Kabel oder Stromschienen verwendet werden sollen, stellt sich heute im Krankenhaus nicht mehr. Die Stromschienen können im Krankenhaus nicht das halten, was man von ihnen erwartet.

Die VDE 0107 AI /11.82 gibt als "Anwendungshilfen" Richtwerte für stromführende Kabel und Meßmethoden zur Feststellung magnetischer Störfelder. Dabei wird die einfachste und billigste Methode des großen Abstandes empfohlen. Bei Einleiterkabeln, Stromschienen in Verteilungen, Transformatoren usw. müssen jedoch aus Berechnung oder Erfahrung resultierende größere Abstände eingehalten werden. Bei der Einschätzung sollte man sich jedoch nicht von Stahlbetonwänden oder -decken beeinflussen lassen. Deren Abschirmfaktor ist gering.

3. Bereichs-, Technik-, Sonderverteiler

Die Verteiler sollen wegen der kurzen Stromkreis-  
anbindungen im Lastschwerpunkt stehen. Sie sind  
jedoch "außerhalb medizinisch genutzter Räume  
unterzubringen" und "müssen jederzeit zugänglich  
sein". Die Bauordnungen lassen Verteiler in Ver-  
kehrswegen nicht zu. Wegen der magnetischen Stör-  
felder der Sammelschienen sollten sie einen Ab-  
stand (je nach Nennstrom) von 10 - 15 m zum näch-  
sten Meßraum nicht unterschreiten. Wohin also mit  
den Verteilern?

Bereits in den Vorplanungen sollte hier eine enge  
Abstimmung zwischen der Medizintechnik, dem Ar-  
chitekten und dem Elektroplaner erfolgen.

Neu in der VDE 0107/6.81 ist die Bestimmung, für  
medizinisch und nichtmedizinisch genutzte Räume  
eigene Verteiler vorzusehen. Der Sinn ist nicht  
ganz einleuchtend und führt dazu, daß für die 2  
- 3 Stromkreise eines Verkehrsweges ein separater  
Verteiler vorgesehen werden muß. Oder es wird der  
erlaubte Kniff eines Zwischenverteilers ange-  
wandt, um wenigstens das separate Steigekabel zu  
sparen. Oder es wird der Verkehrsweg als medizi-  
nisch genutzter Bereich erklärt (die zusätzlichen  
Schutzmaßnahmen aber aus wirtschaftlichen Grün-  
den weggelassen).

4. Installation

In der VDE 0107 wird zwar nur für Räume der An-  
wendungsgruppe 2 E-Stegleitung ausgeschlossen,  
in der Praxis ist jedoch aus verschiedenen Grün-  
den angeraten, alle Bereiche mindestens mit Man-  
telleitung zu installieren. Neben der größeren  
elektrischen und mechanischen Haltbarkeit wer-

den Klemmstellen beim Übergang von geputzten in ungeputzte Bereiche vermieden und damit unnötige Übergangswiderstände, Fehlerquellen und Spannungsverschleppungen ausgeschlossen.

Bei 2 E-Räumen muß zum mechanischen Schutz die Leitung in Rohr gezogen werden, zur Verringerung von elektrischen Feldern wird bei Meßräumen die Leitung oft im Stahlrohr verlegt. Hier sollte man sich jedoch nicht die Hoffnung auf die Abschirmung magnetischer Felder machen, sondern es dient allein zur Verringerung elektrischer (kapazitiver) Felder.

Die magnetische Abschirmung der Stahlrohre hängt von zwei Faktoren ab:

- der Permeabilitätskonstante des Rohrmaterials
- dem Verhältnis des inneren zum äußeren Rohrdurchmesser (Materialstärke).

Bei der Verlegung von Stahlrohren ist äußerste Vorsicht geboten, wenn bei der Erdung und Verlegung gepfuscht wird. Die elektrische Entstörung kann ins Gegenteil umschlagen, wenn nicht auf eine strikte sternpunkt förmige Verbindung der einzelnen Schirme zur Erde geachtet wird. Wir haben mit kunststoffüberzogenen, flexiblen Rohren, mit Isolier-Endtülle und einseitig angelöteter Erdleitung gute Erfahrung gemacht.

Die Sicherheit der inneren Stromversorgung und damit die Sicherheit des Patienten hängt zu einem wesentlichen Teil auch von der sauberen, gegen äußere Einflüsse geschützte Installation ab. Es muß ja nicht immer F 90 ummantel werden. Ein in die Kabelwanne gelegter Flammenschutz und getrennte Verlegung des ASV-, AEV- und BEV-Netzes in getrennten Wannen oder Kanälen kann viel verhindern.

Bekanntlich müssen in medizinisch genutzten Räumen zusätzliche Schutzmaßnahmen angewandt werden. Aus verschiedenen Gründen ist es erforderlich, auch für Leuchten-Stromkreise die FI-Schutzschaltung anzuwenden. Dies führt bei Hochfrequenz-Entstörgliedern in den Leuchten zu Ableit- und damit zu Auslöseströmen, wenn sie zwischen Außenleiter und Schutzleiter liegen. Man vermeidet das, wenn man bei Leuchten den Außenleiter und Mittelleiter beschaltet. Bei Raumabschirmungen geht dies jedoch nicht, da dort die Entstörfilter auch zwischen Außenleiter und Durchführungsplatte, und damit zum Schutzleiter liegen müssen. Hier kann man sich nur helfen, indem man den FI-Schutzschalter in den abgeschirmten Raum verlegt.

Bei der Schutzart der Steckvorrichtung scheiden sich die Geister: während der Elektroplaner oft die Steckvorrichtungen in erhöhter Schutzart plant, werden die medizinischen Geräte oder darin montierte Steckvorrichtung in IP 20 geliefert. Ein OP- oder ähnlicher Raum gehört sicher nicht zu den feuchten oder nassen Räumen nach VDE 0100 § 45. Trotzdem kann aus hygienischer Sicht eine erhöhte Schutzart, bei Leuchten IP 65, notwendig werden. Bei offenen Steckvorrichtungen können leitfähige Desinfektionsmittel die FI-Schutzschalter zur Auslösung bringen. Klappdeckel vor Steckvorrichtungen sind deshalb sicherlich nicht falsch, auch wenn sich mancher Bazillus und Pilz dahinter versteckt. Darum muß in regelmäßigen Abständen die Abdeckung demontiert, gereinigt und desinfiziert werden.

Kabel- und Leitungsverlegung von Ersatzstromversorgungen nach VDE 0107/0108

VDE 0108/12.79	VDE 0107/6.81	Entwurf VDE 0107/Mai 1982
<p>1. bei Zentralbatterie für Sicherheits-Beleuchtung (Pkt.5.2.4.10)</p> <p>a) zwischen Batterie und Schalttafel</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- nicht in Kanälen aus brennbaren Baustoffen</li> <li>- von anderen elektr. Leitungen mind. 5 cm Abstand oder durch nichtbrennbare Wand getrennt</li> <li>- außerhalb elektr. Betriebsstätten feuerhemmend verkleidet</li> </ul> <p>b) zwischen Schalttafel und Unterverteilungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- in Räumen mit erhöhter Brandgefahr, feuerhemmend verkleidet</li> </ul>	<p>Einspeisung von Verteilern von</p> <p>1. ZE-Räumen (Pkt. 4.9.2.1) Direkt als Gebäude-Hauptverteiler. Bei ausgedehnten Anlagen über Zwischenverteiler zulässig, die ausschließlich medizinisch genutzte Räume versorgen.</p> <p>2. 1 und IE-Räumen (Pkt.4.9.2.2) darf über Zwischenverteiler versorgt werden, die auch nicht-medizinische Räume versorgen, wenn Zuleitung mit besond. Schutzleiter</p>	<p>Einspeisung von Verteilern</p> <p>bleibt wie VDE 0107/6.81</p>
<p>2. mit dezentralen Stromerzeug.-Aggr. (Pkt. 6.3.4) getrennte Netze für ASV und AEV als 0,4 kV-Hauptverteilung</p> <p>3. mit zentraler Ersatzstromversorgung (Pkt. 6.4.2) Die Einspeisekabel für ein Gebäude müssen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) im Erdreich auf zwei Trassen verlegt sein;</li> <li>b) im Bereich der E-Zentrale mechanisch geschützt sein;</li> <li>c) innerhalb des Gebäudes feuerbeständig geschützt sein.</li> </ul>	<p>Kabel und Leitungen (Pkt.8.2.5)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- müssen von allen übrigen elektr. Leitungen mind. 5 cm Abstand oder durch nichtbrennbare Wand getrennt sein.</li> <li>- dürfen nicht durch feuergefährdete Räume geführt sein;</li> <li>- müssen gegen mechanische Beschädigung geschützt sein.</li> </ul>	<p>Kabel und Leitungen (Pkt.8.3.3)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- dürfen nicht in Kanälen aus brennbaren Baustoffen verlegt werden;</li> <li>- müssen von allen übrigen elektr. Leitungen mind. 5 cm Abstand oder durch nichtbrennbare Wand getrennt sein;</li> <li>- dürfen nicht durch feuergefährdete Räume geführt sein;</li> <li>- müssen gegen mechanische Beschädigungen geschützt sein.</li> </ul>

Fazit:

Es ist Aufgabe des Ingenieurs, gemeinsam mit den anderen Planungspartnern, unter Einsatz seines ganzen Wissens, seiner Erfahrung und Phantasie zur größtmöglichen Sicherheit des Patienten, trotz der baulichen und wirtschaftlichen Zwänge, ein harmonisch-funktionierendes Werk zu errichten - aber, nur wer nicht arbeitet, macht keine Fehler.

Literaturhinweise

- (1) VDE 0107/6.81 und VDE 0107 A1/11.82
- (2) VDE 0108/12.79
- (3) Entwurf der VDE 0107 A2/5.82
- (4) Sonderdruck aus etz-Archiv, Band 4 (1982)

Dipl.-Ing. fh Hans Bock VBI  
Brunnenbreite 4  
3400 Göttingen-Hetjershausen

## Energieverbraucher Krankenhaus

### Bedarf - Verbrauch - Kosten

K. W. Graff, Stuttgart

#### Einleitung

Erst seit etwa neunzig Jahren ist das Krankenhaus Verbraucher an elektrischer Energie. Der erste Verbrauchsbereich war gegen Ende des 19. Jahrhunderts die elektrische Beleuchtung, die mit der industriellen Herstellung von Glühlampen sehr schnell an Bedeutung gewann. Der Leistungsbedarf einer der ersten Anlagen zur elektrischen Beleuchtung eines Krankensaales lag bei etwa 20 Watt/Bett (3; 17). Der Beleuchtung folgten bald als weitere Verbraucher elektrische Kochgeräte sowie Elektromotoren zum Antrieb von Ventilatoren, Pumpen, Aufzügen und der ersten Arbeitsmaschinen in Küche und Wäscherei. Eine besondere Stellung unter den Energieverbrauchern nahm von Anfang an die elektromedizinische Technik ein, die zu Beginn dieses Jahrhunderts mit dem Röntgengerät ihren Einzug im Krankenhaus hielt. Über viele Jahre war die Röntgenabteilung in Krankenhäusern der größte Energieverbraucher, der noch bis heute an die Versorgung mit elektrischer Energie im Hinblick auf die Leistungsspitzen besondere Anforderungen stellt. Dem Röntgengerät folgten bis in unsere Tage weitere elektromedizinische Verbraucher zur Untersuchung und Behandlung. Vor fast genau 50 Jahren wurden die ersten Klimaanlageanlagen in Krankenhäusern eingebaut, nachdem vorher schon vereinzelt Lüftungstechnische Anlagen zur Be- und Entlüftung eingesetzt worden waren. Die raumlüftungstechnischen Anlagen nahmen besonders in den letzten zwei Jahrzehnten in solchem Umfang zu, daß heute in vielen neuen Krankenhäusern der Verbrauchsbereich "RLT-Anlagen" den größten Anteil am Gesamtverbrauch an elektrischer Energie hat. Eine in einem modernen Allgemeinkrankenhaus mit 461 Betten und 6 Fachabteilungen durchgeführte genaue Untersuchung der Struktur des Energieverbrauchs hat ergeben, daß ein Anteil

von etwa 30 % am Gesamtverbrauch auf RLT-Anlagen und nur ein Anteil von etwa 10 % auf die "als krankenhaustypisch zu bezeichnenden Verbraucher" entfällt. So hat in dem untersuchten Haus die Röntgenabteilung nur noch einen Anteil von 2 % am Gesamtverbrauch. Der Verbrauchsanteil der Beleuchtungsanlagen ist noch niedriger (7; 14).

#### Der Bedarf an elektrischer Leistung

Der Bedarf an elektrischer Leistung steht mit dem Verbrauch an elektrischer Energie in keinem direkten Zusammenhang, wohl aber mit den Kosten (Anteil Leistungspreis), die durch den Verbrauch entstehen. Da der Leistungsbedarf für die Auslegung neuer Anlagen sowie für die Verhandlungen in dem Energieversorgungsunternehmen über die künftig bereitzustellende Leistung von Bedeutung ist, werden den Betrachtungen über den Verbrauch an elektrischer Energie einige Aussagen über den Bedarf an elektrischer Leistung vorangestellt.

Grundlage für die Planung neuer Anlagen ist zunächst der Anschlußwert als Summe aller elektrischen Anschlußwerte der zu installierenden einzelnen Maschinen und Geräte. Dieser Gesamtanschlußwert würde nur dann angenähert dem Bedarf an elektrischer Leistung entsprechen, wenn alle Maschinen und Geräte zur gleichen Zeit betrieben werden müssen. Da das aber in der Regel nicht der Fall ist, muß ein sog. Gleichzeitigkeitsfaktor ermittelt oder angenommen werden, mit dem der Anschlußwert zu multiplizieren ist, um den voraussichtlichen Bedarf zu erhalten. Es kommt bei der Planung neuer Anlagen zur Versorgung mit elektrischer Energie zwar auch auf die Erfassung aller einzelnen Anschlußwerte an, doch ist die Festlegung eines nutzungsgerechten Gleichzeitigkeitsfaktors von größerer Bedeutung. Die energiebewußte Festlegung dieses Faktors sollte schon während der Planung die erste Maßnahme zur Einsparung an elektrischer Energie sein. Die Erfahrung hat gezeigt, daß elektrische Anlagen in der Vergangenheit sehr reichlich dimensioniert wurden. Thomsen (26) hat beispielsweise schon 1959 bei 4 Allgemeinkrankenhäusern spezifische Trafoleistungen zwischen 0,75 und 2,0 kVA/Bett festgestellt!

Grundsätzlich ist der Festlegung eines Gleichzeitigkeitsfaktors

auf der Grundlage von Messungen des tatsächlichen Leistungsbedarfs der Vorzug zu geben. Das dürfte immer dann möglich sein, wenn für bereits vorhandene medizinische Einrichtungen neue Häuser gebaut oder elektrische Versorgungsanlagen in bestehenden Krankenhäusern saniert werden sollen. Die regelmäßige Beobachtung des Leistungsbedarfs sollte ohnehin fester Bestandteil jeder Betriebsüberwachung sein. Nur wenn nicht auf die Ergebnisse von Leistungsmessungen zurückgegriffen werden kann, dann muß der Planer neben dem Gesamtanschlußwert einen Gleichzeitigkeitsfaktor annehmen. Dabei sollten die Maschinen und Geräte im Hinblick auf ihre Nutzung einzeln oder zusammengefaßt in Gruppen betrachtet und diesen dann jeweils ein Gleichzeitigkeitsfaktor zugeordnet werden. Frey (8) hat Erfahrungswerte für Gleichzeitigkeitsfaktoren - nach Verbrauchergruppen geordnet - zusammengestellt. Diese Skala für den Gleichzeitigkeitsfaktor  $g$  reicht von 1,0 für Umwälzpumpen, die ständig in Betrieb sein müssen, bis herab zu 0,1 für Steckdosen, die zum gelegentlichen Anschluß von Geräten und Einrichtungen vorgehalten werden. Da einerseits an zahlreichen Stellen im Krankenhaus Steckdosen gefordert werden, würde diese Vorgehaltung andererseits eine erhebliche Erhöhung des Leistungsbedarfs bedeuten, wenn man von gleichzeitiger Nutzung aller Steckdosen bis zur durchschnittlichen Anschlußleistung je Steckdose ausgehen würde. Legt man 100 W/Steckdose als durchschnittliche Anschlußleistung einer Wechselstromsteckdose zugrunde, dann heißt das bei einem Gleichzeitigkeitsfaktor von 0,1, daß bei der Ermittlung des Leistungsbedarfs nur 10 W/Steckdose angerechnet werden.

Für Gesamtanlagen, d. h. für vollständige Krankenhäuser, sind in der Literatur einige Angaben für Gleichzeitigkeitsfaktoren zu finden. Trümper (27) hat vor Jahren in zwei Krankenhäusern Gleichzeitigkeitsfaktoren von 0,13 und 0,19 für die Gesamtanlagen festgestellt und darauf hingewiesen, daß an anderer Stelle (26) "Gleichzeitigkeitsfaktoren von 0,25 bis 0,4 zuzüglich eines Aufschlages für Röntgenspitzen" genannt werden. Neuere Untersuchungen (7; 14) haben den Wert 0,4 als "maximalen Gleichzeitigkeitsfaktor" in einem nicht allelektrisch versorgten Krankenhaus bestätigt. Für eine überschlägige Ermittlung

des Leistungsbedarfs dürfte es ausreichen, wenn man die Summe der Anschlußwerte aller Energieverbraucher mit 0,4 als angenommenem Gleichzeitigkeitsfaktor multipliziert. Sicher gibt es begründete Einzelfälle, in denen der Faktor für die Gesamtanlage höher oder niedriger ist. Es ist zu vermuten, daß für die meisten Krankenhäuser ein Gleichzeitigkeitsfaktor zwischen 0,3 und 0,4 angemessen ist. Mit Gleichzeitigkeitsfaktoren für Gesamtanlagen sollte möglichst nur bei Überschlagsrechnungen, wie beispielsweise bei der Prüfung von Haushaltsunterlagen oder Förderungsanträgen, gearbeitet werden. Je niedriger der Gleichzeitigkeitsfaktor berechtigt angenommen werden kann, umso vorteilhafter wirkt sich diese Annahme auf die Kosten aus. Dadurch können nicht nur Investitionskosten bei den Versorgungsanlagen, sondern als Folge eines günstigeren Wirkungsgrades der Gesamtanlagen, auch Betriebskosten gespart werden. Für den Leistungsbedarf an Krankenhäusern sind schon verschiedentlich spezifische Werte genannt worden (6; 8; 10; 12; 14). Hier werden nur einige Werte angegeben, die für allgemeine Betrachtungen geeignet scheinen. Jensch (14) hat 1974/75 in einem Krankenhaus einen elektrischen Leistungsbedarf von 1,1 kW/Bett festgestellt. Hiergeist (12) hat einen mittleren Spitzenbedarf von 1,35 kVA/Bett bei seinen Erhebungen gefunden. Eine Analyse von Planungen für 5 neue Hochschulkliniken (10) hat spezifische Bedarfswerte in der Größenordnung von 0,08 bis 0,18 kW/m<sup>2</sup>NF ergeben.

#### Verbrauch an elektrischer Energie

Über das Thema "Erfassung und Vergleich von Verbrauch und Kosten für Energie und Wasser im Krankenhaus" wurde an dieser Stelle bereits im Jahre 1979 vorgetragen und für die Bildung von spezifischen Werten der kostengleiche Berechnungstag, die Nutzfläche in m<sup>2</sup> NF und das Planbett als Bezugsgrößen vorgeschlagen (9). Auf jenen Beitrag und das Buch von Muser - Drings (20) wird als Ergänzung zu den folgenden Ausführungen hingewiesen, in denen weitere Aussagen zu geeigneten Bezugsgrößen für die Bildung spezifischer Werte und die Mitteilung der Ergebnisse von Verbrauchserhebungen im Vordergrund stehen.

Zunächst ist festzustellen, daß zwar einerseits die Zahl der

Erhebungen zugenommen hat, andererseits aber bei der Angabe spezifischer Verbrauchswerte noch kein einheitliches Bild zu erkennen ist. Es werden noch immer bei den Bezugsgrößen "Tag" und "Fläche" Unterschiede gemacht, die zu ansich vermeidbaren Abweichungen bei den spezifischen Werten führen. Eine Einheitlichkeit ist lediglich bei der Angabe des Gesamtverbrauches bezogen auf Bett und Jahr festzustellen. Im einzelnen ist zu den Bezugsgrößen zu bemerken:

Die gebräuchlichste Bezugsgröße für die verbrauchte Energie ist die Zeiteinheit (Stunde, Tag, Woche, Monat, Jahr). Der Verbrauch in der Zeiteinheit ist die Grundlage sowohl für die monatliche oder jährliche Verbrauchsabrechnung (Gesamtverbrauch) mit dem Energieversorgungsunternehmen als auch für die Ermittlung des Leistungsbedarfs (Spitzenverbrauch). Der Gesamtverbrauch in der Zeiteinheit ist zunächst nur für einen Vergleich innerhalb des Hauses in der Art geeignet, daß der Verbrauch der letzten Meßperiode direkt mit dem Verbrauch früherer Perioden verglichen werden kann. Eine Ausnahme bildet unter den Zeiteinheiten der Tag. Dabei ist allerdings zu beachten, daß es sich bei den Verbrauchsangaben, bezogen auf den Tag, in der Regel um einen berechneten und nicht um einen gemessenen Verbrauch handelt.

Trümper (27) hat als Bezugsgröße für den Vergleich des Energieverbrauches den Bett-Tag (BT) verwendet. Diesen spezifischen Verbrauchswert erhält man, indem man den Gesamtverbrauch eines Jahres teilt durch die Zahl der Krankbetten multipliziert mit 365 Tagen/Jahr. Der große Vorteil dieses spezifischen Wertes in kWh/Bett-Tag ist, daß der jährliche Gesamtverbrauch in eine "handliche" Größenordnung umgerechnet wird. Der Nachteil ist, daß der Verbrauch auf eine statische Größe (Kalendertag) bezogen wird. Um die Dynamik der Nutzung und der Kostenentwicklung bei dem Vergleich zu berücksichtigen, wurde an dieser Stelle deshalb vorgeschlagen, den Gesamtverbrauch auf den sog. "kostengleichen Berechnungstag" zu beziehen (9). Diesen spezifischen Wert erhält man, indem man den Gesamtverbrauch in kWh/Jahr durch die Zahl der kostengleichen Berechnungstage gemäß E II i (Spalte 4) auf Blatt 8 des Selbstkosten-

blattes teilt. Da die Zahl der kostengleichen Berechnungstage auch Grundlage für die Errechnung des allgemeine Pflegesatzes gemäß D I 10 auf Blatt 7 des Selbstkostenblattes ist, kann der mit Hilfe dieser Bezugsgröße gebildete spezifische Verbrauchswert in kWh/Berechnungstag multipliziert mit dem spezifischen Energiepreis in DM/kWh direkt mit dem Pflegesatz in DM/Berechnungstag verglichen werden. Die Voraussetzung für diesen Vergleich ist allerdings, daß in dem Betrag für Wasser, Energie, Brennstoffe gemäß Zeile A 1.II c auf Blatt 1 des Selbstkostenblattes die Gesamtkosten des Verbrauches an elektrischer Energie in dem Umfang enthalten sind, wie sie entsprechend den gesetzlichen Vorschriften den stationär und halbstationär erbrachten Leistungen zuzuordnen sind.

Vielfach wird der Gesamtverbrauch je Jahr auf den Pflegeetag als weitere Zeitgröße bezogen (7; 12; 13; 14; 17; 28). Die Zahl der Pflegeetage/Jahr entspricht der Summe der sog. Mitternachtsbestände an Patienten gemäß Zeile E I c auf Blatt 8 des Selbstkostenblattes. Von den 3 Bezugsgrößen Bett-Tag, kostengleicher Berechnungstag und Pflegeetag, ist die Zahl der Bett-Tage die größte Zahl - entsprechend einer theoretischen Ausnutzung der Bettenkapazität von 100 % - und die Zahl der Pflegeetage die kleinere Zahl. Dadurch erhält man für 100 % Ausnutzung, d. h. bezogen auf den Bett-Tag, den kleinsten, und für die tatsächliche Ausnutzung, d. h. bezogen auf den Pflegeetag, den größten spezifischen Verbrauchswert. Da die Zahl der kostengleichen Berechnungstage immer größer ist als die Zahl der Pflegeetage, liegt der spezifische Verbrauchswert, bezogen auf den Berechnungstag, zwischen den beiden erstgenannten Werten. Es wird an dieser Stelle nochmals vorgeschlagen, den Jahresverbrauch aus Gründen der besseren Vergleichbarkeit einheitlich auf die Zahl der kostengleichen Berechnungstage zu beziehen.

In Verbindung mit der Bezugsgröße Pflegeetag ist noch die an einer Stelle gefundene Bezugsgröße "stationärer Patient" zu nennen (7; 14). Diese Bezugsgröße erhält man, wenn man die Zahl der Pflegeetage durch die durchschnittliche Verweildauer teilt. Für den Vergleich des Energieverbrauches scheint diese

Bezugsgröße weniger geeignet zu sein.

Von größerer Bedeutung sind dagegen die Bezugsgrößen "Planbett" und "Fläche" sowie "Rauminhalt". Die Angaben für den Gesamtverbrauch in kWh/Jahr sowie die Zahl der Pflegeetage (oder kostengleichen Berechnungstage) und die Zahl der Planbetten können aus statistischen Unterlagen entnommen werden, die in den Krankenhäusern entsprechend den gesetzlichen Vorschriften jährlich aufgestellt werden müssen. Die Angaben zu Fläche und Rauminhalt sind dagegen von den meisten Verwaltungen der Krankenhäuser nicht zu erhalten. Wenn man eine Angabe dazu erhält, dann muß man sich in der Regel darüber vergewissern, welche Flächenangabe nach DIN 277 gemeint ist und welchen Umfang diese Flächenangabe zur Grundlage hat. In vielen Fällen sind in diesen Flächen Anteile enthalten, die nicht unmittelbar der Krankenversorgung dienen. Es verwundert nicht, wenn man bei Betrachtung der Ergebnisse von Verbrauchserhebungen feststellt, daß die Bauverwaltungen einheitlich Verbrauch und Kosten auf die Fläche (meist Hauptnutzfläche HNF) und die nutzenden Verwaltungen meistens nur auf Tag und Bett beziehen. Bei den Bauverwaltungen steht die Notwendigkeit eines Vergleiches des Energieverbrauches mit anders genutzten Gebäuden im Vordergrund. Diese Stellen haben zwar meistens die Möglichkeit, die Flächen genau zu erheben, doch scheint die genaue Trennung nach den Kriterien der Bundespflegesatzverordnung nicht immer beachtet zu werden. Die Krankenhausverwaltungen haben dagegen ein größeres Interesse daran, Verbrauch und Kosten für Energie mit anderen Kostengrößen direkt vergleichen zu können. Dafür ist der Kostenanteil je Tag sicher am besten geeignet, wie die seit langem übliche Aufteilung der Gesamtkosten je Pflegeetag zeigt (2; 4; 5; 12; 13). Es ist zu wünschen, daß künftig eine weitere Angleichung der Bezugsgrößen erfolgt und die Erhebungen von Energieverbrauch und Kosten eine noch breitere Datengrundlage erhalten.

Für diesen Beitrag wurden die Ergebnisse einiger Erhebungen gesammelt und in einer Tabelle zusammengestellt. Die ausgewählten Erhebungen wurden in der Zeit zwischen 1959 und 1981 durchgeführt. Die Übersicht zeigt anhand der ausgewählten

Beispiele nur eine Größenordnung des Verbrauches an elektrischer Energie auf, die sicher für viele Zwecke ausreicht, wo Orientierungswerte für einen groben Vergleich oder für eine überschlägige Verbrauchsermittlung benötigt werden. Die angegebenen spezifischen Werte sind Verbrauchsmittelwerte, mit denen einige weitere Verbrauchswerte berechnet wurden. Die berechneten Werte sind in der Tabelle besonders gekennzeichnet.

Leider sind in der Literatur nur wenig Ergebnisse von Erhebungen zu finden, die in größerem Umfang durchgeführt wurden (12; 13; 26; 28). Die Zahl der Berichte über untersuchte einzelne Krankenhäuser ist größer (6; 7; 14; 15; 16; 19; 25). Weitere Ergebnisse auf breiter Datengrundlage sind nur dadurch zu erhalten, daß man an die meist staatlichen Stellen herantritt, die sich mit der Erhebung des Energieverbrauchs im Rahmen ihrer Dienstaufgaben befassen (1; 18; 21; 22; 23). Sicher kann auf diesem Gebiet der interessierten Öffentlichkeit noch viel mehr Zahlenmaterial, als in der Tabelle aufgeführt, zur Verfügung gestellt werden.

Aus der Übersicht der Verbrauchsmittelwerte für elektrische Energie kann für Krankenhäuser mittlerer Größe abgelesen werden

- der Verbrauch an elektrischer Energie hat sich seit 20 Jahren bezogen auf den Tag um den Faktor 4 bis 5 und bezogen auf das Bett und Jahr um den Faktor 3 bis 3,5 erhöht,
- für den Verbrauch bezogen auf den Pfllegetag kann als Verbrauchsmittelwert  
20 kWh/Pflegetag  
angegeben werden,
- für den Verbrauch, bezogen auf das Planbett und Jahr, kann mit etwas geringerer Genauigkeit als Verbrauchsmittelwert  
6 MWh/Bett und Jahr  
angegeben werden,
- für den Verbrauch bezogen auf Bezugsgrößen für das Krankenhausgebäude wie BRI, BGF, HNF oder NF sind weitere Erhebungen erforderlich, um genügend abgesicherte Verbrauchsmittelwerte angeben zu können.

#### Die Kosten des Verbrauches an elektrischer Energie

Die durch den Verbrauch an elektrischer Energie verursachten Kosten können sowohl Kosten sein, die von den Energieversor-

Mittelwerte für den Verbrauch an elektrischer Energie im Krankenhaus			
Lfd. Nr.	Erhebung durchgeführt von...	Umfang der Erhebung (Jahr der Erhebung)	Verbrauchsmittelwerte für elektrische Energie (x = Berechnete Werte)
1	P. Thomsen (26)	8 Krankenhäuser mit 2.453 Betten (1959)	$1,7 \frac{\text{MWh}}{\text{Bett} \cdot \text{a}}$ <sup>x)</sup> ; $4,6 \frac{\text{kWh}}{\text{Bett} \cdot \text{Tag}}$ <sup>x)</sup>
2	Flaschar, Gossenberger, Markgraf und Jensch (7; 14)	1 Krankenhaus mit 461 Betten (1974-1975)	$4,6 \frac{\text{MWh}}{\text{Bett} \cdot \text{a}}$ ; $14,3 \frac{\text{kWh}}{\text{Pflegetag}}$ ; $12,6 \frac{\text{kWh}}{\text{Bett} \cdot \text{Tag}}$ <sup>x)</sup>
3	A. Hiergeist (12; 13)	45 Krankenhäuser mit ca. 20.000 Betten (1974-1978)	$5,8 \frac{\text{MWh}}{\text{Bett} \cdot \text{a}}$ ; $18 \frac{\text{kWh}}{\text{Pflegetag}}$ ; $100 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{BGF} \cdot \text{a}}$ ; $27 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{BRI} \cdot \text{a}}$
4	Arbeitskreis Krankenhaus-Ingenieure (AKI) Baden-Württemberg (1)	28 Krankenhäuser mit ca. 15.680 Betten (1979)	$6,5 \frac{\text{MWh}}{\text{Bett} \cdot \text{a}}$ ; $21 \frac{\text{kWh}}{\text{Pflegetag}}$ <sup>x)</sup> ; $92 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{BGF} \cdot \text{a}}$ <sup>x)</sup>
5	Land Baden-Württemberg - Arbeitskreis Technik im Bau (21; 22)	Orientierungswerte für a) Verwaltungsgebäude; Wohnheime b) Psychiatr. Krankenhäuser c) Hochschulkliniken	a) $30 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{HNF} \cdot \text{a}}$ b) $54 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{NF} \cdot \text{a}}$ c) $140 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{NF} \cdot \text{a}}$
6	Land Schleswig-Holstein - Betriebsüberwachungsstelle bei der OPD Kiel (18)	9 Krankenhäuser mit ca. 400.000 m <sup>2</sup> HNF (1980-1981)	$72 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{HNF} \cdot \text{a}}$
7	Stadt Stuttgart - Gesundheitsreferat (23)	10 Krankenhäuser mit ca. 3.200 Betten (1980-1981)	$5,6 \frac{\text{MWh}}{\text{Bett} \cdot \text{a}}$ <sup>x)</sup> ; $18,5 \frac{\text{kWh}}{\text{Berechnungstag}}$ <sup>x)</sup> ; $19,5 \frac{\text{kWh}}{\text{Pflegetag}}$ <sup>x)</sup>
8	Vereinigung Schweizerischer Krankenhäuser - VESKA (28)	146 von 451 Krankenhäusern mit ca. 30.000 von 80.000 Betten (1978-1980)	$7,4 \frac{\text{MWh}}{\text{Bett} \cdot \text{a}}$ <sup>x)</sup> ; $25,6 \frac{\text{kWh}}{\text{Pflegetag}}$ <sup>x)</sup> ; $67 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \text{BGF} \cdot \text{a}}$

gungsunternehmen auf der Grundlage von Lieferverträgen in Rechnung gestellt werden, als auch Kosten, die durch Eigenerzeugung von elektrischer Energie im Krankenhaus entstehen. Auf die Besonderheiten dieser Versorgungsarten und die Auswirkungen auf die Kosten wird sicher an anderer Stelle eingegangen. Hier werden deshalb nur einige allgemeine Aussagen zu den Kosten des Energieverbrauchs gemacht.

Es ist aus verschiedenen Gründen nicht möglich, wie für den Verbrauch auch für die Kosten Mittel- oder Orientierungswerte anzugeben. Der wichtigste Grund ist der, daß die auf der Grundlage von Erhebungen des Verbrauches und der Kosten früherer Jahre gebildeten spezifischen Kostenwerte nicht die gegenwärtige Kostensituation widerspiegeln. Dazu kommen regionale Unterschiede in den Versorgungsbedingungen der Energieversorgungsunternehmen sowie bei vielen Häusern Unterschiede in der Versorgungsstruktur, die sich auf die Kosten auswirken. Dadurch ergeben sich oft sehr große Unterschiede bei den Einheitspreisen in DM/kWh.

Mit Hilfe der in der Tabelle angegebenen spezifischen Verbrauchswerte ist es jedoch möglich, durch Multiplikation mit dem jeweiligen "Einkaufspreis" für Vergleichszwecke hinreichend genaue spezifische Kostenwerte zu bilden. Am besten ist dafür die Verbrauchsangabe je Pflegeetag (Berechnungstag) geeignet. Nimmt man einen spezifischen Verbrauch von 20 kWh/Pflegeetag als Verbrauchsmittelwert an, dann ergibt sich bei einem Energiepreis von 0,15 bis 0,20 DM/kWh ein spezifischer Kostenwert von

3,00 bis 4,00 DM/Pflegeetag

für die Kosten, die durch den Verbrauch an elektrischer Energie verursacht werden. Diesen Betrag kann man auch angenähert mit Hilfe von Verhältniszahlen erhalten, wenn man vom Pflegeetat ausgeht.

Mehrjährige Untersuchungen (2; 12; 13) haben ergeben, daß die Gesamtkosten im Krankenhaus unterteilt werden können in ca. 70 % Personalkosten und in ca. 30 % Sachkosten. Von den Sachkosten entfielen im Jahre 1978 ca. 10 % - von den Gesamtkosten ca. 3 % - auf "Wasser, Energie, Brennstoffe" gemäß Zeile II c

auf Blatt 1 des Selbstkostenblattes. Hiergeist (12) hat für elektrische Energie einen Kostenanteil von 34 % an den Gesamtkosten für Wasser, Energie und Brennstoff ermittelt. D. h., daß etwa 3,3 % der Sachkosten oder etwa 1 % der Gesamtkosten im Krankenhaus durch den Verbrauch an elektrischer Energie verursacht werden. Dieses Zahlenverhältnis wurde durch eigene Untersuchungen des Elektroenergieverbrauches einiger Krankenhäuser in grober Annäherung bestätigt. Es ist zwar eine steigende Tendenz des Kostenanteiles zu erkennen, doch lagen 1981 die spezifischen Kosten für elektrische Energie bei den untersuchten Häusern zwischen 1 und 2 % der Gesamtkosten oder des Pflegesatzes. Abschließend wird noch mit Hilfe der genannten spezifischen Verbrauchswerte und der für 1980 vom Statistischen Bundesamt (24) mitgeteilten Ergebnisse der in allen Krankenhäusern der Bundesrepublik Deutschland durchgeführten Erhebung auf die volkswirtschaftliche Bedeutung des "Energieverbrauchers Krankenhaus" hingewiesen. In den 3.234 Krankenhäusern wurden die 707.710 planmäßigen Betten 1980 zu 84,5 % genutzt, was wiederum für das Jahr 1980 etwa 220 Mio Pflegebetten entspricht. Nimmt man einen durchschnittlichen Verbrauch von 20 kWh/Pflegebett an, dann ergibt das einen Gesamtverbrauch aller Krankenhäuser von

ca. 4,4 Milliarden kWh/Jahr.

Zu dem gleichen Ergebnis kommt man, wenn man für die 707.710 Planbetten einen spezifischen Verbrauchswert von etwa 6,25 MWh/Bett und Jahr annimmt. Im Jahr 1980 wurden von den Energieversorgungsunternehmen in der Bundesrepublik Deutschland 369 Milliarden kWh an elektrischer Energie erzeugt. Der Verbrauch der deutschen Krankenhäuser hat somit im Jahre 1980 etwa 1,2 % der Gesamterzeugung ausgemacht. Bei den Kosten dürfte der Anteil der Krankenhäuser etwas höher liegen. Die durch den Verbrauch der Krankenhäuser verursachten Gesamtkosten können unter Zugrundelegung eines Einkaufspreises für die elektrische Energie in der Größenordnung von 0,15 bis 0,20 DM/kWh nur überschlägig mit 660 bis 880 Mio DM/Jahr beziffert werden.

Literaturverzeichnis:

1. Arbeitskreis Krankenhaus-Ingenieure (AKI) Baden-Württemberg (Hrsg.): Erhebung des Jahres-Energieverbrauchs 1979 - Auswertung vom 22. 11. 1980. (Anschrift: Kreiskrankenhaus 7075 Mutlangen)
2. Baden-Württembergische Krankenhausgesellschaft e. V. (Hrsg.): Geschäftsbericht 1980/81. Stuttgart, 1982
3. Beck, W.: Die Elektrizität und ihre Technik. Leipzig: Verlag von Ernst Wiest Nachf. 1899
4. Canzler, B.: Gedanken zum vernünftigen Energieeinsatz im Krankenhaus. In: Haus der Technik, Essen, Heft 245, S. 41
5. Canzler, B.: Versorgungstechnik im Krankenhaus. In: TAB Technik am Bau, Gütersloh, 7 (1976), H. 2, S. 139
6. Von Cube, H. L.: Abwärmeverwertung im Krankenhaus. In: Fachtagung Krankenhaustechnik "Technik zentraler Dienste im Krankenhaus". Hrsg.: O. Anna, C. Hartung, H. Glöckle. Hannover 1981, S. 43
7. Flaschar, W.; Gossenberger, M., Markgraf, E.: Analyse des Energieeinsatzes in einem Krankenhaus. In: BWK-Brennstoff, Wärme, Kraft, Düsseldorf (1977) Nr. 6, S. 239
8. Frey, E. (Bearb.): Grundlagen der technischen Versorgung - Versorgung, Entsorgung, Technische Gebäudeausrüstung bei Hochschulen und Kliniken. Hrsg.: Zentralarchiv für Hochschulbau Stuttgart. München: Verlag K. G. Saur 1980
9. Graff, K. W.: Erfassung und Vergleich von Verbrauch und Kosten für Energie und Wasser im Krankenhaus. In: Fachtagung Krankenhaustechnik "Energie im Krankenhaus". Hrsg.: O. Anna, C. Hartung, H. Klie. Hannover 1979, S. 1
10. Graff, K. W.; Wichmann, H. W. (Bearb.): Technische Versorgung neuer Hochschulkliniken - Colloquium in Ulm am 28. und 29. 2. 1980, Hrsg.: Zentralarchiv für Hochschulbau Stuttgart. Heft 21 der Reihe "Planen und Bauen"
11. Hiergeist, A.: Technik im Krankenhaus. In: TAB Technik am Bau, Gütersloh, 8 (1977), H. 4, S. 367
12. Hiergeist, A.: Energie- und Wasserverbrauchswerte in Allgemeinkrankenhäusern. Arbeitspapier des Sonderforschungsbereiches (SFB 159) Krankenhausbau an der TU Berlin, Berlin, März 1979
13. Hiergeist, A.: Energie- und Wasserverbrauch in Allgemeinkrankenhäusern - Ansätze zur Kostenreduzierung. In: das Krankenhaus, Stuttgart, 71 (1979) H. 12, S. 452
14. Jensch, K.: Leistungs- und Energiebedarf eines Krankenhauses. In: Energie, Gräfelfing, (1980) Nr. 9, S. 343
15. Klaus, D.; Schenkes, W.: Energiehaushalt in neuzeitlichen Krankenhäusern. In: Elektrowärme im Technischen Ausbau (eta), Elektro wärme international Edition A, Essen, 35 (1977) A 3, S. A 113
16. Krawinkel, R.: Betriebskosten- und Wirtschaftlichkeitsberechnung zur Verringerung des Primär-Energieverbrauches durch den Einbau eines Blockheizkraftwerkes. In: TAB Technik am Bau, Gütersloh, 12 (1981), H. 7, S. 573

17. Kuhn, F. O.: Krankenhäuser, 2. Auflage. In: Handbuch der Architektur, Viertes Teil, 5. Halb-Band, 1. Heft  
Stuttgart: Arnold Bergsträsser Verlagsbuchhandlung (A. Kröner) 1903
18. Landesbauverwaltung Schleswig-Holstein (Hrsg.): Dokumentation Energieverbrauchserfassung in Schleswig-Holstein 1973-1981, Abschnitt 5.1.1 Krankenhäuser
19. Mohl, K.: Erfahrungen im Krankenhaus-Betrieb.  
In: Bauwelt, Berlin, 73 (1982), H. 33, S. 1335
20. Muser, B.; Drings, H. R.: Baunutzungskosten; DIN 18960; Erfahrungswerte und prakt. Verwendung bei Planung und Betrieb von Gebäuden. Braunschweig: Vieweg, 1977
21. Staatliche Hochbauverwaltung des Landes Baden-Württemberg (Hrsg.): Energieverbrauch in Staatlichen Gebäuden, Berichte über Kosten und Verbrauch von Energie und Wasser der Jahre 1973-1980
22. Staatliche Hochbauverwaltung des Landes Baden-Württemberg (Hrsg.): Gebäudebetriebskosten - Energie- und Medienverbrauchswerte - Orientierungswerte für staatliche Gebäude. OFD Stuttgart, 1982
23. Stadt Stuttgart (Hrsg.): Unsere Krankenhäuser, Jahresberichte 1979-1981 des Gesundheitsreferats der Landeshauptstadt Stuttgart
24. Statistisches Bundesamt: In einem Jahr 52 Krankenhäuser stillgelegt! Zahl der Betten hat um 4.345 abgenommen!  
In: das Krankenhaus, Stuttgart, 74 (1982), H. 7, S. 283
25. Tepasse, H.: Strom- und Wärmeversorgung für Krankenhaus.  
In: TAB Technik am Bau, Gütersloh, 11 (1980), H. 2, S. 115
26. Thomsen, P.: Über die technische Versorgung von Krankenhaus-Neubauten. In: das Krankenhaus, Stuttgart 53 (1961), H. 5, S. 283
27. Trümper, H.: Energie- und Wärmeverbrauch in allgemeinen Krankenhäusern. In: Krankenhaus-Umschau, Kulmbach, 3 (1970), S. 193
28. Vereinigung Schweizerischer Krankenhäuser - VESKA (Hrsg.): Statistische Erhebungen über den Energiehaushalt in Schweizerischen Krankenhäusern 1978-1980. Durchgeführt vom Ing.-Büro für Energie + Verfahrenstechnik, Zürich, und vom Ing.-Büro Sorane S. A., Lausanne, 1981  
Das Ergebnis dieser Erhebung wurde veröffentlicht von: Chuard, D. und P.: Der Energiehaushalt in Krankenhäusern.  
In: Schweizer Spital, Aarau, 46 (1982), H. 12, S. 49

Anschrift des Autors:

Dipl.-Ing. K. W. Graff

im Ministerium für Wissenschaft und Kunst Baden-Württemberg  
Königstraße 46, 7000 Stuttgart 1 (Postfach 401)  
privat: Lichtenbergstraße 65, 7140 Ludwigsburg.

## Meßtechnische Überwachung und Optimierung des elektrischen Energieverbrauchs im Krankenhaus

P. Thiele, Frankfurt/Main

Gebäudeautomation oder zentrale Leittechnik wurde bisher vorwiegend eingesetzt, um Sicherheits- und Überwachungsfunktionen zu übernehmen. In jüngster Zeit haben die weltweiten Energiesparmassnahmen der Gebäudeautomation neue und attraktive Einsatzmöglichkeiten eröffnet. Im vorliegenden Artikel wird gezeigt, wie verschiedene Spezialprogramme mit vertretbarem Aufwand Energieeinsparungen im Bereich der Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik erzielen können.

### 1. Einführung

Unter ZLT-Systemen (ZLT - Zentrale-Leittechnik) versteht man elektronische Einrichtungen zur Überwachung und Steuerung der haustechnischen Anlagen (HTA) in grösseren Gebäuden oder Gebäudekomplexen.

In den letzten Jahren hat sich der Einsatz von Automatisierungssystemen in der Haustechnik wegen der zunehmenden Komplexität der HTA (Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage, Sanitär-, Beleuchtungs-, Transport- und Sicherheitsanlagen) immer mehr durchgesetzt. Eine zentrale Überwachung dieser Anlagen bringt für den Betreiber Kostenvorteile durch:

- eine grössere Verfügbarkeit der HTA, da Störungen schneller und zuverlässiger erfasst und behoben werden können,
- eine Reduktion des Personalaufwandes für Routinekontrollen,
- einen wirksameren Einsatz des Wartungs- und Reparaturpersonals durch Betriebsstundenzählung, Störstatistikprogramme etc.,

Bis vor wenigen Jahren standen bei der Entscheidung eines Planers, ein Baubjekt mit einem ZLT-System auszurüsten, eindeutig die reinen Sicherheits- und Überwachungsfunktionen im Vordergrund. Die ausserordentlich vielfältigen Möglichkeiten, welche ein ZLT-System bietet, um anspruchsvolle Steuerungen komplexer Anlagen zu realisieren, wurden dagegen meistens nur zögernd ausgenützt. Ausgelöst durch die sich immer stärker abzeichnende Energieverknappung und die Sensibilisierung weiter Kreise der Öffentlichkeit für diese Fragen ist jedoch auf dem Gebiet in letzter Zeit ein rasches Umdenken festzustellen.

Es ist hinlänglich bekannt, dass bei den Bemühungen um eine Reduktion des Energieverbrauchs in der Haustechnik eine möglichst optimale Steuerung und Regelung der Anlagen von grösster Bedeutung ist. Die Erfahrung der letzten Jahre hat nun gezeigt, dass ZLT-Systeme sehr gut geeignete Hilfsmittel für eine kostengünstige Lösung dieser Steuerungs- und Regelungsaufgaben sind. Der Hauptgrund dafür ist in der ausgereiften und erprobten Technik der Erfassung, Übertragung und zentralen Verarbeitung von Prozessdaten zu suchen, welche die heutigen ZLT-Systeme bieten. Zusätzliche Energiemanagementfunktionen lassen sich daher relativ leicht durch eine Erweiterung der System-Software einbauen, ohne dass deswegen die bestehende Hardware abgeändert werden müsste.

## 2. Energieoptimierungsprogramme

Alle Hersteller von ZLT-Systemen bieten dem Käufer neben der Hardware und der für den Normalbetrieb des Systems notwendigen Grundsoftware (Datenübertragung und -verarbeitung, Bedienungskorrespondenz, Reaktionsprogramm usw.) eine gewisse Anzahl zusätzlicher Programme an, welche bei Bedarf eingesetzt werden können. Es handelt sich dabei einerseits um eine Gruppe von Programmen, welche der Erweiterung der Überwachungs-

und Sicherheitsfunktionen dienen und andererseits um die Gruppe der eigentlichen Energiemanagementprogramme, welche in den folgenden Abschnitten diskutiert werden sollen.

## 2.1 Spitzenlastüberwachung mit Lastabwurf

Die meisten Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU) berechnen Grossverbrauchern von elektrischer Energie einen sogenannten Leistungspreis. Das bedeutet, dass solche Kunden um so mehr für jede bezogene kWh bezahlen müssen, je höher der Spitzenbezug ausfällt, welcher in einer gewissen Verrechnungsperiode registriert wurde. Durch diese Tarifstruktur sollen Grossverbraucher dazu motiviert werden, eine möglichst konstante elektrische Leistung zu beziehen und kurzfristige Spitzenbezüge so gut wie möglich zu vermeiden. Das angestrebte Ziel einer Nivellierung des elektrischen Leistungsbezuges kann mit Hilfe von Spitzenlastprogrammen von ZLT-Systemen erreicht werden. Vor der Inbetriebnahme der Steuerung empfiehlt es sich, den täglichen Verlauf des elektrischen Leistungsbezuges während einer gewissen Zeit zu messen. Auf Grund der so gewonnenen Daten und unter Berücksichtigung der Art und der Grösse der abschaltbaren elektrischen Lasten kann dann der optimale Wert für die Maximalleistung ermittelt werden, welche fortan nicht mehr überschritten werden soll.

Durch die Spitzenlastkontrolle ist in erster Linie eine Einsparung von Energiekosten und nur in beschränktem Umfang eine Reduktion des Energieverbrauchs erreichbar. Bei konsequenter Anwendung dieser Methode könnten die EVU jedoch auf die Bereitstellung eines Teils der zur Spitzenlastdeckung benötigten zusätzlichen Erzeugungskapazität verzichten, wodurch indirekt eine zusätzliche Einsparung an Primärenergie und an Rohstoffen erzielt werden könnte.

## 2.2 Grundsätzliche Funktionsweise

Bei der Berechnung des Leistungspreises ist die während einer Registrierungsperiode (z.B. 15 Minuten) bezogene mittlere Leistung massgebend. Die meisten Spitzenlastprogramme erfassen daher einen vom Elektrizitätszähler stammenden Synchronisationsimpuls, welcher den Beginn jeder neuen Registrierungsperiode anzeigt. Innerhalb jeder Registrierungsperiode integriert das Programm die gleichfalls vom Elektrizitätszähler abgegebenen Verbrauchsmengenimpulse und berechnet in zyklischen Abständen, ob bis zum Ende der Registrierungsperiode eine Überschreitung des vorgewählten Maximalwertes zu erwarten ist oder nicht. Droht eine Überschreitung, so werden so lange elektrische Lasten vom Netz abgeschaltet, bis sichergestellt ist, dass der Verbrauch bis ans Ende der Periode mit der reduzierten Leistung innerhalb der erlaubten Grenzen bleiben wird.

## 2.3 Schaltstrategien

Bei der Auswahl der abzuwerfenden oder wiedereinzuschaltenden Lasten werden hauptsächlich die beiden folgenden Verfahren angewendet:

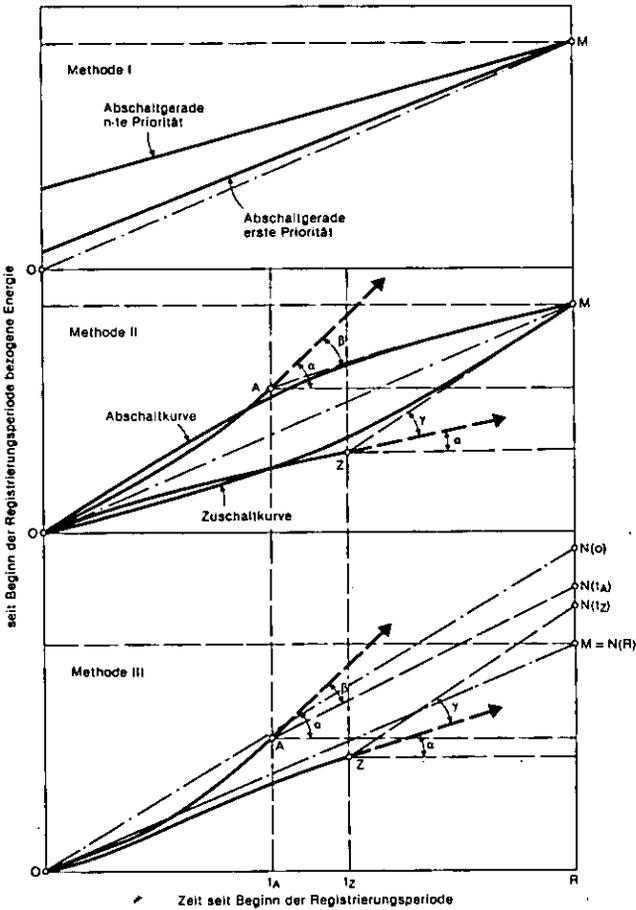
### 1) Prioritätsstruktur:

Jeder schaltbaren Last wird eine von mehreren Prioritäten zugeordnet. Lasten niedriger Prioritäten werden zuerst abgeworfen und zuletzt eingeschaltet.

### 2) Round-robin-Methode:

Die Lasten werden in zyklischer Reihenfolge abgeworfen, so dass jede Last mit der gleichen Wahrscheinlichkeit an die Reihe kommt. Zuerst abgeworfene Lasten werden auch zuerst wieder eingeschaltet.

Die beiden Verfahren können dadurch kombiniert werden, dass jeder Prioritätsebene mehrere Lasten zugeordnet werden können, welche dann innerhalb einer Prioritätsebene nach der "round-robin"-Methode ausgewählt werden.



Drei verschiedene Schaltstrategien für Spitzenlastprogramme

Es bedeuten:

- R: Dauer einer Registrierperiode
- M: maximaler Energiebezug pro Periode
- A: Abschaltzeitpunkt
- Z: Zuschaltzeitpunkt

- $\beta$ : minimale abzusaltende Leistung
- $\gamma$ : maximale Leistung, welche wiederangeschaltet werden darf.
- $\alpha$ : Steigung (Momentanleistung) beim Zu- oder Abschalten

Bei komfortableren Spitzenlastprogrammen können jeder Last sogenannte Sperrzeiten zugeordnet werden. Beispielsweise kann definiert werden welche

- minimale Einschaltzeit
- minimale Ausschaltzeit
- maximale Ausschaltzeit

pro Tag beim Zu- oder Abschalten für jede Last zu berücksichtigen ist. Durch eine korrekte Wahl dieser Parameter wird ein zu häufiges Schalten von Elektromotoren und die damit verbundene Reduktion der Lebensdauer vermieden.

Was die Bestimmung des Zeitpunktes eines Zu- oder Abschaltens betrifft, so sind heute eine ganze Reihe verschiedener Verfahren bekannt. Drei davon sind im Bild dargestellt.

#### Methode I:

Jede schaltbare Last wird einer Prioritätsstufe zugeordnet. Dann werden für alle Prioritäten im E-t-Diagramm Abschaltgeraden definiert, deren Lage sich nach den relativen Grössen der zugeordneten elektrischen Verbraucher richtet. Das heisst: je grösser die Last, umso grösser kann der Abstand ihrer Abschaltgerade zu derjenigen der nächsttieferen Priorität gewählt werden. Übersteigt nun die seit Beginn einer Registrierungsperiode aufintegrierte Leistung  $E(t)$  eine dieser Abschaltgeraden, so wird die zugehörige Last abgeworfen. Die Last wird wieder eingeschaltet, sobald  $E(t)$  eine gegenüber der Abschaltgeraden nach unten verschobene Zuschaltgerade unterschreitet. Dies geschieht spätestens am Anfang der neuen Registrierungsperiode, falls nicht noch eine Sperrzeit aktiv ist.

Da die Abschaltkurven bei  $t = 0$  nicht durch den Nullpunkt gehen, darf  $E(t)$  am Anfang jeder Registrierungsperiode die maximal zulässige mittlere Leistung  $M/R$  übersteigen. Der so entstandene Bezugsüberschuss muss natürlich durch Lastabwürfe im weiteren Verlauf der Registrierungsperiode kompensiert werden.

Methode II:

Bei dieser Methode kann sowohl eine Prioritätsstruktur als auch das round-robin Verfahren oder eine Kombination der beiden verwendet werden. Anders als bei Methode I wird hier der Zeitpunkt für das Zu- oder Abschalten durch zwei linsenförmig um die Diagonale O-M liegende Kurven bestimmt. Da beide Kurven gleichzeitig durch die Punkte O und M gehen, wird zu keinem Zeitpunkt die Kontrolle über die Lasten aufgegeben.

Das heisst:

- 1) Auch am Anfang der Registrierungsperioden können keine beliebig grossen Steigungen (Momentanleistungen) im E-t-Diagramm auftreten.
- 2) Solange noch Lasten darauf warten, wieder eingeschaltet zu werden, können auch nicht beliebig kleine Steigungen auftreten.

Gegenüber Methode I wird dadurch ein gleichmässigeres Schalten der Lasten erreicht. Insbesondere wird ein massenhaftes Wiedereinschalten zu Beginn der Registrierungsperioden weitgehend verhindert.

Methode III:

Bei dieser Methode wird der anvisierte Zielpunkt  $N(t)$  im Verlaufe einer Registrierungsperiode vom Ort  $N(0)$  zum Ort  $N(R) = M$  hinverschoben. Ähnlich wie bei Methode I und II wird dadurch erreicht, dass die momentane Leistung während der Anfangsphase die maximale mittlere Leistung  $M/R$  übersteigen darf. Zu- und Abschaltungen werden vorgenommen, sobald der tatsächliche Zielpunkt ausserhalb eines Toleranzbandes um den momentanen Soll-Zielpunkt  $N(t)$  liegt. Dies ermöglicht eine verzögerungsarme und fein abgestufte Kontrolle der elektrischen Lasten.

Neben den bisher diskutierten Verfahren, welche auf einer Synchronisation mit dem Beginn der Registrierungsperioden beruhen, werden in Spezialfällen auch Steueralgorithmen verwendet, welche ohne Synchronisationsimpuls auskommen. Bei dieser sogenannten "sliding-window" Methode werden die elektrischen Lasten so zu- und abgeschaltet, dass auch bei beliebiger zeitlicher Lage der Registrierungsperiode eine Maximumüberschreitung verhindert wird. In der Praxis führt diese Art der Steuerung dazu, dass unter Spitzenlastbedingungen die momentane Leistung nur selten die maximale mittlere Leistung übersteigen darf. Dies hat relativ häufige und frühzeitige Lastabwürfe zur Folge.

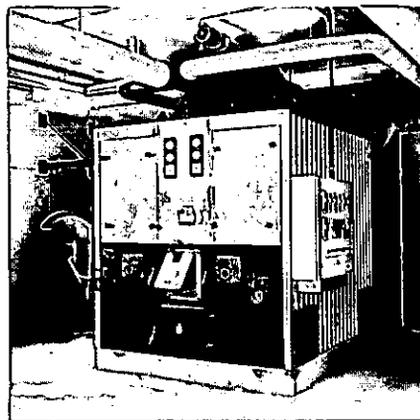
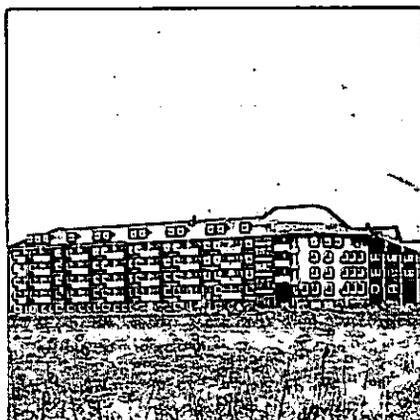
**Beispiel: Krankenhaus Rotthalmünster**

Bei dem Einsatz des Gebäudeleitsystem VISONIK 4000 war unter anderem die Aufgabe, das Spitzenlastprogramm in die vorhandene Technik energieoptimal einzubinden. Die elektrischen Verbraucher des Krankenhauses gliedern sich für den Einbezug in das Spitzenlastprogramm in zwei Gruppen auf:

1. Verbraucher, die nicht abgeschaltet werden dürfen,
2. Verbraucher, wo die Möglichkeit des Abschaltens gegeben ist.

Wirtschaftlich heizen – das Gebot der Stunde

# Vollautomatische anthrazitbefeuerte Heizungsanlagen



Die wirtschaftliche Alternative – hier dargestellt am Beispiel des Altenheims Heinsberg – ist für jedes Krankenhaus hochinteressant. Während der Tagung beraten wir Sie gern auf unserem Informationsstand. Nach der Tagung sind wir jederzeit für Sie unter der Telefon-Nr. 0 24 33 – 88 31 86 erreichbar.

## **Sophia-Jacoba**

Europas modernste Anthrazitzeche · 5142 Hückelhoven

# Wirtschaftliche Wärmeerzeugung mit Sophia-Jacoba Edel-Anthrazit

Das letzte Jahrzehnt ist gekennzeichnet durch zwei gewaltige Preissteigerungen bei Heizöl und Erdgas. Die Preisentwicklung unserer heimischen Steinkohle dagegen verlief maßvoll. Das nebenstehende Diagramm zeigt Ihnen, wie teuer die Wärmeerzeugung mit Öl und Gas gegenüber Kohle geworden ist.

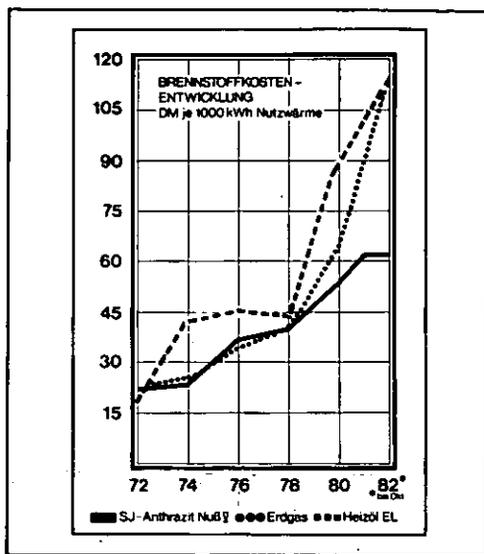
Moderne Anthrazit-Heizungsanlagen bieten dank ständiger Weiterentwicklung heute den gleichen Bedienungskomfort wie alle anderen wärmeerzeugenden Anlagen.

Die untenstehende Grafik zeigt vereinfacht die Funktion einer Anthrazit-Heizungsanlage:

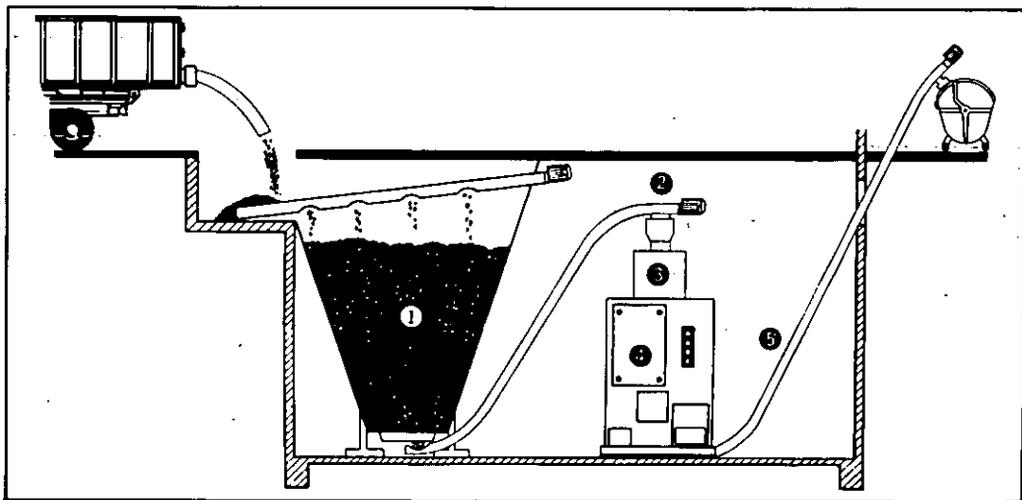
Die Befüllung des Vorratsbunkers (1) erfolgt durch das Lieferfahrzeug. Vom Bunker gelangt der Brennstoff automatisch über einen Spiralförderer (2) in den Vorratsbehälter (3) des Kessels (4). Eine einzige Füllung ermöglicht einen ca. 14-stündigen Dauerbetrieb bei Vollast. Der Kessel wird temperaturgesteuert gefahren.

Die Entschung erfolgt ebenfalls automatisch über einen Spiralförderer (5) direkt in den Aschecontainer.

Wir haben bereits zahlreiche Anlagen dieser Art für die unterschiedlichsten Anforderungen erstellt.



Bei Verwendung von Sophia-Jacoba Anthrazit erzielt man je nach Standort eine Brennstoff-Kostenersparnis bis zu 40% der derzeitigen Heizkosten. Damit werden die Investitionskosten schnell amortisiert.



Hierbei haben sich folgende Verbraucher oder Erzeuger bei diesem Beispiel angeboten:

- a) Klimaanlage, die nicht speziell dem OP-Bereich zugeordnet waren,
- b) Kälteerzeugung wie z.B. Kaltwasserpumpen, Kältemaschinen,
- c) Wärmepumpen
- d) Küchenbereich (E-Ofen, E-Pfannen)
- e) Blockheizkraftwerk

Durch das Abschalten der vorgenannten Verbraucher sowie das Hinzuschalten des Blockheizkraftwerkes, ergab sich bei diesem Projekt die Möglichkeit, das optimale Einsetzen des Spitzenlastprogrammes und und garantiert dem Betreiber, jederzeit eine Beeinflussung seiner festgelegten Spitzenabnahme.

#### Literaturverzeichnis

Sonderdruck aus LANDIS & GYR-

Mitteilung 1-79 und 2-80

"Energieeinsparung mit Gebäude-  
automationssystemen

Dipl.-Ing. P. Thiele

Friesstraße 20-24

6000 Frankfurt/Main

## Energieeinsparung durch Kraft-Wärme-Kopplung

H. Rothmann, Worms/Rhein

### 1. Einführung in die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bietet die Möglichkeit, bei der Erzeugung von Strom und Wärme in erheblichem Umfang Primärenergie einzusparen. Durch die Nutzung der beim Kraftprozeß anfallenden Abwärme (bis zu 53% der eingesetzten Primärenergie) werden die Kosten der Energieerzeugung reduziert, wobei die Ersparnis entweder dem Strompreis oder dem Wärmepreis gutgeschrieben werden kann.

Die KWK kann überall eingesetzt werden, von der Wärmeauskopplung aus großen Kernkraftwerken mit 3.700 MW thermischer Leistung bis zum kleinen Gasmotor mit 100 kW mechanischer Leistung. Im folgenden wird nur der untere Leistungsbereich bis zu einigen MW behandelt, so daß auf Großanlagen mit Entnahmekondensationsturbinen, Gasturbinen sowie der entsprechenden Fernwärmeversorgung nicht eingegangen wird.

Was ist die KWK?

In einem konventionellen Wärmekraftwerk (Bild 1) werden nur rd. 35% der eingesetzten Primärenergie (Kohle, Gas, Öl, Uran 235) in Strom verwandelt, der Rest geht als Abwärme an die Umgebung verloren (bei einer Turbine im Kondensator und bei Gas- und Dieselmotoren im Abgasstrom sowie im Motorkühlwasser).

Ganz anders sehen die Verhältnisse bei der KWK aus (Bild 2). Zwar werden auch nur rd. 35% der eingesetzten Energie in Strom umgesetzt, aber zusätzlich werden rd. 50% als nutzbare Wärme ausgekoppelt, so daß im Modellbeispiel in Bild 2 entweder der Strom oder die Wärme sehr günstig bewertet werden können.

Neben der auch für konventionelle Kraftwerke gültigen Forderung einer möglichst hohen Jahresvoll-Laststundenzahl (Grund- bzw. Mittellastbetrieb) gilt bei der KWK noch die zusätzliche Einschränkung, daß immer entsprechend ihrer Erzeugungskennzahl Abnehmer für Strom und Wärme vorhanden sein müssen.

## 2. Verbrauchsspezifische Kennzahlen

Aus den Ausführungen in Abschnitt 1 geht bereits hervor, daß die KWK wegen der notwendigen simultanen Abnahme der erzeugten elektrischen und thermischen Energie auf den jeweiligen Verbraucher angepaßt werden muß. Die sogenannte Verbrauchskennzahl spielt daher eine wesentliche Rolle:

$$\text{Kennzahl } S_v = \frac{\text{verbrauchte elektrische Energie (kWh)}}{\text{verbrauchte nutzbare Wärme (kWh)}}$$

Ist die Erzeugungskennzahl der KWK gleich groß, liegt ein Optimum vor. In der Praxis wird dieses Optimum allerdings fast nie erreicht, da die Verbrauchskennzahl durch die Tagesgänge von elektrischer und thermischer Energie sowie dem unterschiedlichen Wärmebedarf im Sommer und Winter außerordentlich schwankt. Die Erfahrung zeigt, daß  $S_v$  bei industriellen Verbrauchern zwischen 0,2 und 0,8 und bei Krankenhäusern zwischen 0,02 und 0,9 liegt.

Die Erzeugungskennzahl der KWK kann nur innerhalb gewisser Grenzen verändert werden. Im niedrigen Leistungsbereich bei Einsatz von Verbrennungsmotoren oder Dampfturbos ist sie fest vorgegeben, so daß die Anpassung an den Verbraucher nur mehr über die Zahl der Module und der absoluten Leistung vorgenommen werden kann.

Große Unterschiede bestehen auch in der Art des Wärmebedarfs, der von der reinen Heizungswärme (im Temperaturbereich zwischen 70 und 90 °C) bis zu nahezu reinem Prozeßdampf in Industriebetrieben reicht. Bei Krankenhäusern kann der Anteil des Prozeßdampfes am Gesamtwärmebedarf stark schwanken (Tabelle 1). Entsprechend diesem Dampfanteil kann sich u.U. bereits eine Vorauswahl für die Art der KWK ergeben.

Die Schwankungen im elektrischen Leistungsbedarf sind ebenfalls sehr groß. Bei Krankenhäusern z.B. liegt die Leistung während der Nachtstunden bei nur 20 bis 30% der Maximalleistung, die Verbrauchskennzahl wird daher, vor allem im Winter sehr klein. Ist keine Rückspeisung elektrischer Überschulleistung in das öffentliche Netz möglich, ergeben sich daraus meist Einschränkungen für die Auslegung und den Betrieb.

### 3. Erzeugungskennzahlen der KWK

Im Leistungsbereich unter 5 MW kann der Verbrennungsmotor, die Gegendruckdampfturbine und der Dampfmotor (in Ausnahmefällen auch Entnahmeturbinen) für die KWK eingesetzt werden. Die Prinzipschaltbilder mit den entsprechenden Erzeugungskennzahlen sind in den Bildern 3 und 4 dargestellt. Die Variante A stellt das heute übliche Blockheizkraftwerk mit Gas- oder Dieselmotor dar. Von Variante B bis D nimmt der Dampfanteil zu, in C und D liegt die gesamte thermische Leistung in Form von Dampf vor. Der Dampfturbo kann allerdings erst ab einer gewissen Leistungsgröße (rd. 2t/h) wirtschaftlich eingesetzt werden. Das Bild 5 zeigt für ein mittelgroßes Krankenhaus die Dampfbilanz bei Wahl der Variante B.

#### 4. Auslegung der KWK

Bei der Auslegung ist das oberste Ziel, eine möglichst hohe Jahresbetriebsstundenzahl zu erreichen. Nur dann ist bei den vorgegebenen hohen Investitionskosten eine Wirtschaftlichkeit gewährleistet. Die Erfahrung zeigt, daß die untere Grenze bei etwa 3.000 Jahresvoll-Laststunden liegt.

Für die Festlegung der Zahl und Leistungsgröße der einzelnen Module ist, wie bereits erwähnt, eine detaillierte Analyse des Tagesganges der elektrischen und thermischen Leistung erforderlich. Kurzfristige Spitzen bleiben dabei unberücksichtigt. Das Bild 6 zeigt ein häufig angewandtes Grobverfahren. Die Auslegung erfolgt für Sommer und Winter getrennt. Im Sommer sind die Tagesgänge für elektrische und thermische Leistung, im Winter der Tagesgang für die elektrische Leistung und die geordneten Jahreswärmebedarfskurven auslegungsbestimmend.

Nicht synchroner Bedarf an Strom und Wärme wird durch Aufstellung von Heißwasser-Pendelspeichern zum Teil ausgeglichen. Während der Stromspitzenzeit kann damit bei Voll-Lastbetrieb eventuell überschüssige thermische Energie in die Speicher "abgefahren" werden.

Bei Einsatz von Synchrongeneratoren kann das Blockheizkraftwerk auch als Ersatzstromanlage verwendet werden. Bei Gasmotoren muß dann entweder eine Umschaltung auf Dieselmotoren (Zündstrahlmotoren) oder Flüssiggasbetrieb vorgesehen werden.

## 5. Wirtschaftlichkeitsanalyse

In der Wirtschaftlichkeitsuntersuchung wird zwischen statischer und dynamischer Analyse unterschieden. Bei der statischen Analyse werden die Ergebnisse des ersten Betriebsjahres pars pro toto für die gesamte Abschreibungszeit verwendet. Preissteigerungen und Änderungen in den Erlösen in den Folgejahren werden nicht berücksichtigt. In der dynamischen Analyse wird der zeitliche Verlauf des kumulierten Verlustes oder Gewinns ermittelt. Dabei können Preissteigerungen und Änderungen sonstiger Parameter miteingefasst werden. Erst die dynamische Analyse erlaubt durch den Vergleich der kumulierten Gewinnzahlen eine exakte Bewertung zweier unterschiedlicher Investitionen. Auch ein eventuell vorhandener "break even"-Punkt (d.h. der Beginn der Gewinnzone bei Verlusten in den ersten Jahren) kann zeitlich genau ermittelt werden.

Ausgangspunkt für beide Analysen ist die Berechnung der Investitions- bzw. Kapitalkosten, des Erlöses durch "Strom- und Wärmeverkauf", sowie der Betriebskosten. Damit wird dann in der statischen Rechnung der Jahresgewinn und die Kapitalrückflußzeit (Quotient aus Investitionssumme durch die Differenz aus Erlösen abzüglich der Betriebskosten) ermittelt.

In Tabelle 2 sind die spezifischen Investitionskosten aufgelistet (Preisbasis 1982). Für eine KWK mit Verbrennungsmotoren ist mit Gesamtinvestitionskosten ab etwa  $1.800 \text{ DM/kW}_{el}$  zu rechnen. Für einen Turbo liegen die Kosten noch höher, es sei denn, daß eine Gutschrift für einen ohnehin benötigten Kessel in Abzug gebracht wird, oder die Kostendegression für Kessel und Turbo im hohen Leistungsbereich voll zum Tragen kommt. Die Schwankungen der Energiepreise in Tabelle 2 sind ebenfalls beträchtlich, durch den vergleichsweise niedrigen Kohlepreis können Mehrkosten für Kohlekessel abgedeckt werden. Hier besitzt die

Wirbelschichtfeuerung mit ihrer geringen Schwefeldioxyd- und Stickoxyd-Belastung ein erhebliches Zukunftspotential.

Die Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse der statischen Wirtschaftlichkeitsanalyse für vier ausgewählte Beispiele. Fall 1 befindet sich bereits in der Errichtungsphase, für Fall 2 und 4 steht die Entscheidung unmittelbar bevor. Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß die optimal ausgelegte KWK heute auf statische Kapitalrückflußzeiten zwischen 5 und 7 Jahre führt. Die Streuung ist stark von der Relation der Energiepreise untereinander (Koppelfaktoren) abhängig. Der volkswirtschaftliche Aspekt, die Einsparung an Primärenergie, ist beträchtlich.

Für die Diskussion der Ergebnisse der dynamischen Analyse wurde Fall 4 ausgewählt. In Bild 7 sind die kumulierten Gewinne über eine Dauer von 20 Jahren für verschiedene Parametervariationen aufgetragen. Der Basiskurve A liegt eine Gesamtinvestition von 894 TDM zu Grunde, davon werden 52% bereits in 10 Jahren, 20% in 20 Jahren und der Rest von 28% in 25 Jahren abgeschrieben. Die Kurve zeigt den Gewinnverlauf ohne Preissteigerungen. Bei Abschreibungszeiten unter 20 Jahren sind in allen Kurven die entsprechenden Ersatzinvestitionen berücksichtigt.

Die Kurven A und B ergeben bei gleicher Kapitalrückflußzeit einen Unterschied im Barwert des kumulierten Gewinnes (bezogen auf den Investitionszeitpunkt) von rd. 393 TDM. Bekanntlich stellt die Kapitalrückflußzeit nur ein Maß für das (im Energiebereich eher geringe) Investitionsrisiko dar, so daß die Bewertung einer Investition mit dieser Kennzahl, wie ersichtlich, nur sehr bedingt möglich ist. Die Preissteigerungen für die Energiekosten (im Bild 7 wurde für Strom, Wärme und Primärenergie dieselbe Rate angesetzt), die Gesamtinvestitionskosten sowie der Kapitalzinssatz haben einen starken Einfluß auf

den kumulierten Gewinn und damit auf die Gesamtwirtschaftlichkeit (Kurven B, C und D). Bei den Kurven C und D wird die Gewinnzone erst nach 7 bzw. 8 Jahren erreicht, trotzdem liegen nach 10 Jahren bereits beträchtliche Gewinne vor.

Abschließend ist festzustellen, daß für jede Investitionsentscheidung eine dynamische Wirtschaftlichkeitsanalyse unerlässlich ist. In einer nachfolgenden Sensitivitätsanalyse können die Auswirkungen der Unsicherheiten in den einzelnen Parametern auf die Gesamtwirtschaftlichkeit untersucht und entsprechend bewertet werden. Die Ergebnisse für vier, aus der Praxis ausgewählter Beispiele zeigen, daß gerade im Krankenhaussektor die Randbedingungen für einen erfolgreichen Einsatz einer KWK gegeben sind. Der auf den Investitionszeitpunkt diskontierte Gesamtgewinn ist selbst bei sehr vorsichtigen Annahmen über die zukünftigen Energiepreisentwicklungen sehr hoch.

#### 6. Technische Vorschriften und Umweltschutzbestimmungen

Es ist zwischen sicherheitstechnischen Vorschriften und solche zum Schutz der Umwelt zu unterscheiden. Für die technischen Vorschriften gilt folgende Regelung:

1. Für die Verbrennungsmotoren gilt weder die Dampf KV (§ 10) noch die Druckbehälterverordnung.
2. Die Abgaswärmetauscher sind bei Temperaturen des Heizungswassers unter 100 °C ebenfalls aus der Dampf KV ausgenommen. Sie sind als Druckbehälter zu behandeln. Für die erforderlichen Prüfungen, (Gruppe II) braucht kein Sachverständiger gemäß § 24 GewO betraut zu werden.

Bei Temperaturen bis 120 °C gilt dagegen die Dampf KV. Sie sind nach den Vorschriften der TRD durch Sachverständige Überwachungspflichtig.

3. Für die Inbetriebnahme gelten ähnliche Regelungen. Unter 100 °C können die erforderlichen Prüfungen (für Anlagenklassen A und B) Sachkundige vornehmen. Bei einer Temperatur des Heizungswassers über 100 °C ist dagegen eine behördliche Abnahmeprüfung erforderlich.

Die Vorschriften zum Schutze der Umwelt werden durch das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) geregelt. Es gilt grundsätzlich das Verursacherprinzip, d.h. die gesetzlichen Anforderungen richten sich an den Emittenten.

In der 4. und vorletzten Durchführungsverordnung (4. BImSchV) sind Blockheizkraftwerke mit Verbrennungsmotoren noch nicht in der Liste der genehmigungspflichtigen Anlagen aufgeführt. Trotzdem werden zunehmend die Vorschriften der TA-Luft (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft vom 28.8.1974, gemäß § 4 BImSchG nur für genehmigungspflichtige Anlagen gültig) auch auf Blockheizkraftwerke, speziell auf Großanlagen, angewandt. Die TA-Luft unterscheidet zwischen Emmission und Immission und bei letzterer wieder zwischen Langzeiteinwirkung (IW1) und Kurzzeiteinwirkung (IW2). Im Zusammenhang mit Verbrennungsmotoren gilt die Aufmerksamkeit der Stickoxydbelastung (IW2 - Grenzwert 0,3 mg/m<sup>3</sup> gerechnet als NO<sub>2</sub>). Sie liegt höher als bei Feuerungsanlagen (Faktor 6 - 7), so daß sich bei Großanlagen Anforderungen an die Schornsteinhöhe ergeben. Verfahren zur Verringerung der Stickoxydemission im Verbrennungsmotor und zu ihrer Abscheidung aus Abgasen befinden sich derzeit in Erprobung. Für Kleinanlagen (2-3 Module), wie sie im Krankenhausbereich zum Einsatz kommen, ergeben sich aus der Anwendung der TA-Luft keine Probleme.

Die Lärmbelastung wird in einer weiteren Verwaltungsvorschrift zum BImSchG, der TA-Lärm (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm vom 16.7.1968) geregelt. Für Kurgebiete, Kranken-

häuser und Pflegeanstalten wurden als Immissions-Richtwerte tagsüber 45 dB(A) und nachts 35 dB(A) im ungünstigsten Aufpunkt festgelegt. Bei Überschreitung dieser Werte müssen die Aggregate mit einer Schalldämmhaube bzw. einer Schallschutzkabine umgeben werden. Es gibt in Krankenhäusern, Schulen, Hallenbädern usw. bereits sehr viele Ausführungsbeispiele für die erfolgreiche Lösung dieses Problems.

Autor:

Dr.-Ing. H. Rothmann

Cube-Ingenieurunion

Weinsheimer Straße 65

6520 Worms/Rhein

Heizung (statisch und dynamisch) :	10 - 15 kW/B
Warmwasser :	1,5 - 3,5 kW/B
Prozeßdampf:	2,3 - 5 kW/B
Verbrauchskennzahl:	0,8 - 0,05

Tabelle 1: Spezifische Verbrauchskennzahlen für Krankenhäuser

BHKW-Module (80 - 300 kW <sub>el</sub> ) (Gasmotoren incl. Regelung und Ölversorgung)	1400 - 1800 DM/kW <sub>el</sub>
BHKW-Peripherie (Lüftung, Einbindung, Schalldämmung, Speicher)	400 - 1000 DM/kW <sub>el</sub>
Flammrohrkessel (max. 30 bar, 350 °C)	120 - 140 DM/kW <sub>el</sub>
Strahlungskessel	180 - 250 DM/kW <sub>el</sub>
Dampfturbo (4 - 8 t/h)	350 - 600 DM/kW <sub>el</sub>
<u>Energiepreise</u>	
Gas/Öl	5 - 7 Dpf/kWh
Wärme	6,5 - 9 Dpf/kWh
Strom	18 - 25 Dpf/kWh
Kohle (Nuß 5)	3,5 - 5 Dpf/kWh

Tabelle 2: Spezifische Investitionskosten

	Invest.- Kosten  TDM	Ersparnis (Erlös ./. Betriebs- kosten  TDM)	Kapital- rückfluß- zeit  Jahre	Primär- energie- einsparung  Liter Öl
<u>Fall 1:</u> 2. Krankenhäuser + 1 Hallen- bad + Schulen  (12 Gasmotoren + Wärmepumpe mit Fernwärme) Norddeutschland	7732	618	4,7	1.810.000
<u>Fall 2:</u> 1 Krankenhaus mit 250 Betten  (2 Gasmotoren) Saarland	792	25	6,8	2.700.000
<u>Fall 3:</u> 1 Krankenhaus mit 1050 Betten  (8t-Dampfturbo) Berlin	1076	71	5	461.600
<u>Fall 4:</u> 1 Krankenhaus + Schulzentrum  (3 Gasmotoren mit Flüssig- gas) Rheinland-Pfalz	894	15	6,9	338.200

Tabelle 3: Ergebnisse der statischen Wirtschaftlichkeitsuntersuchung

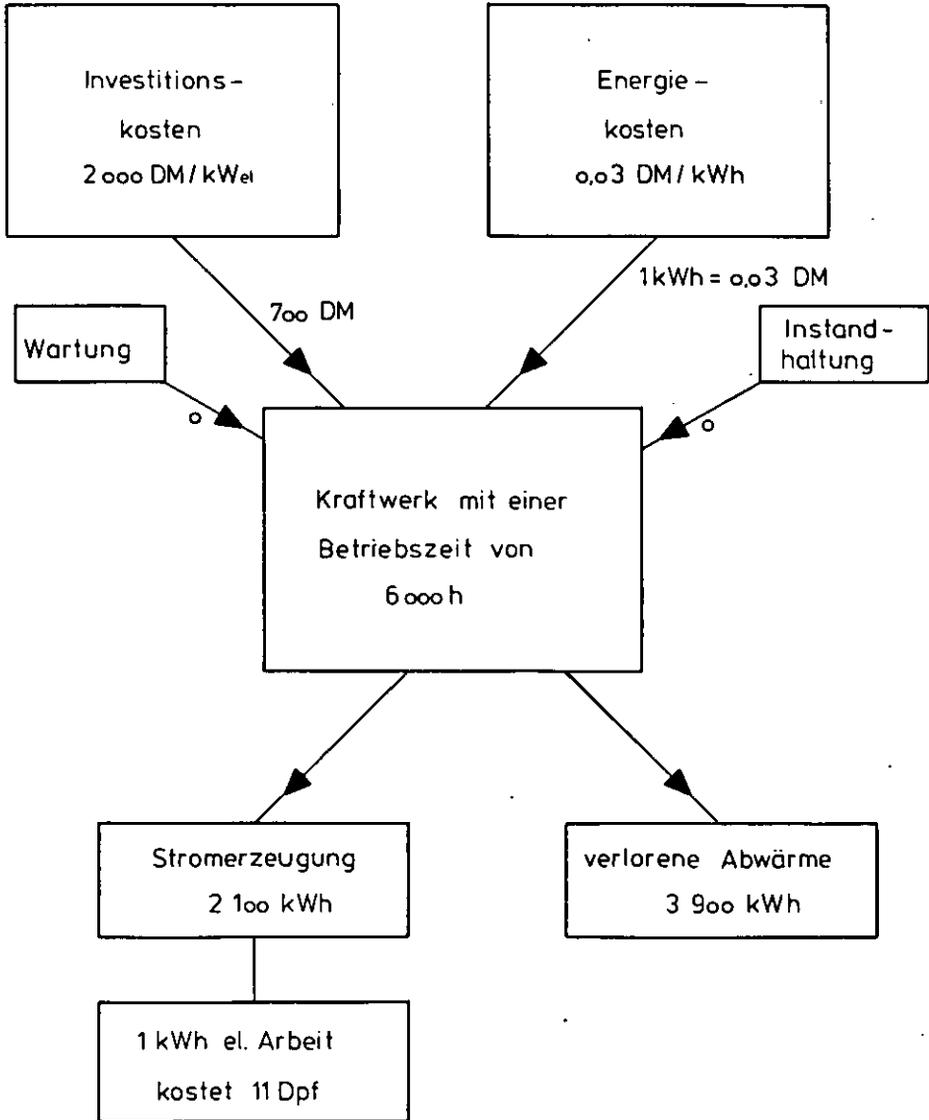


Bild 1: Konventionelles Modellkraftwerk  
El. Leistung = 0,35 kW

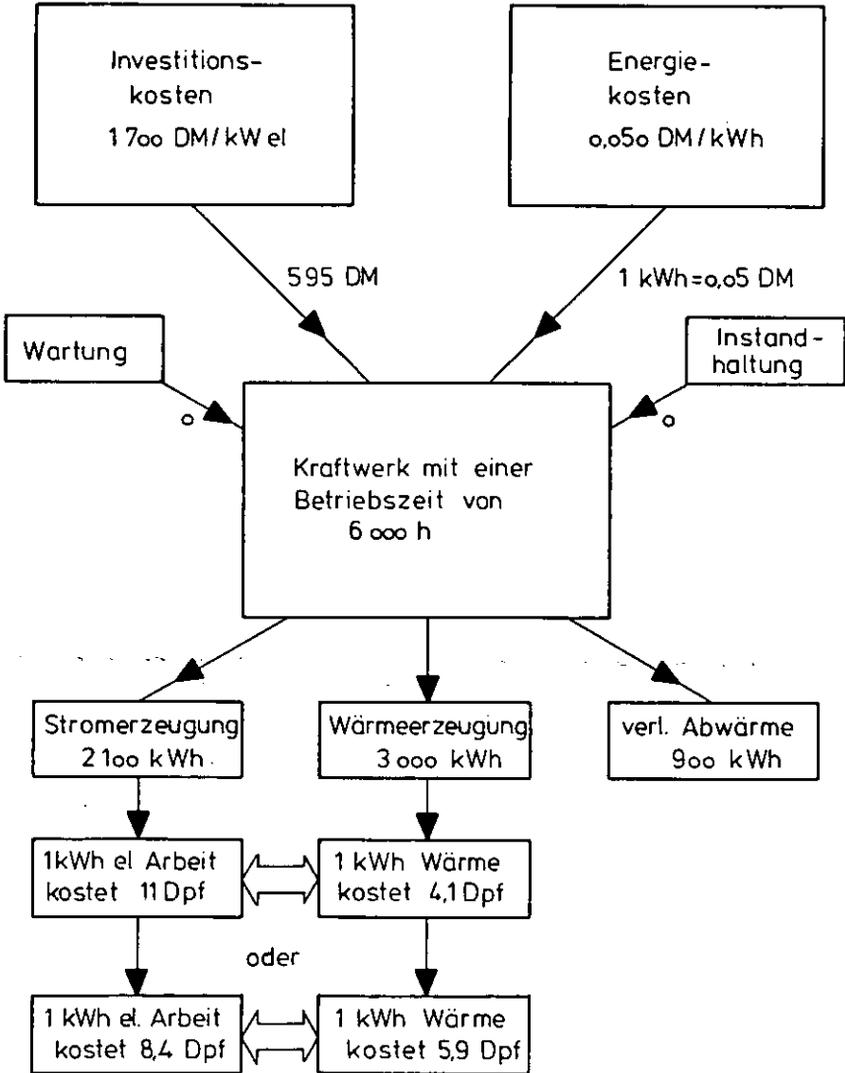
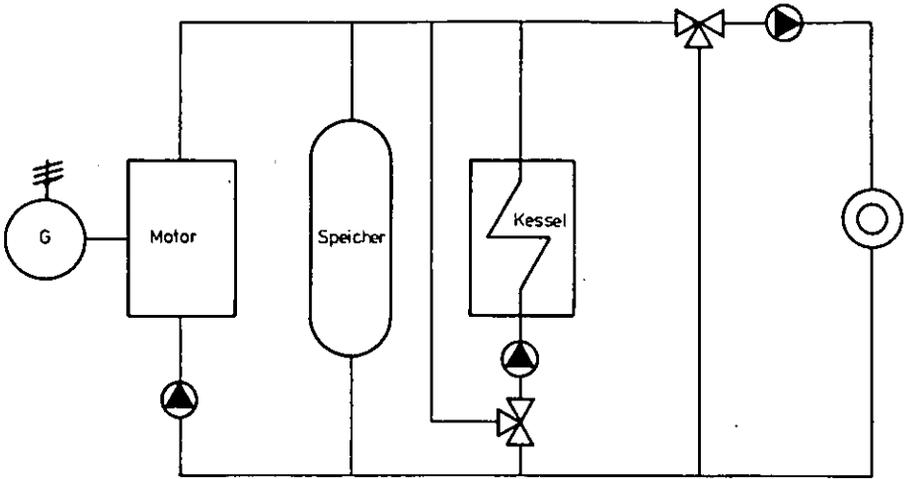
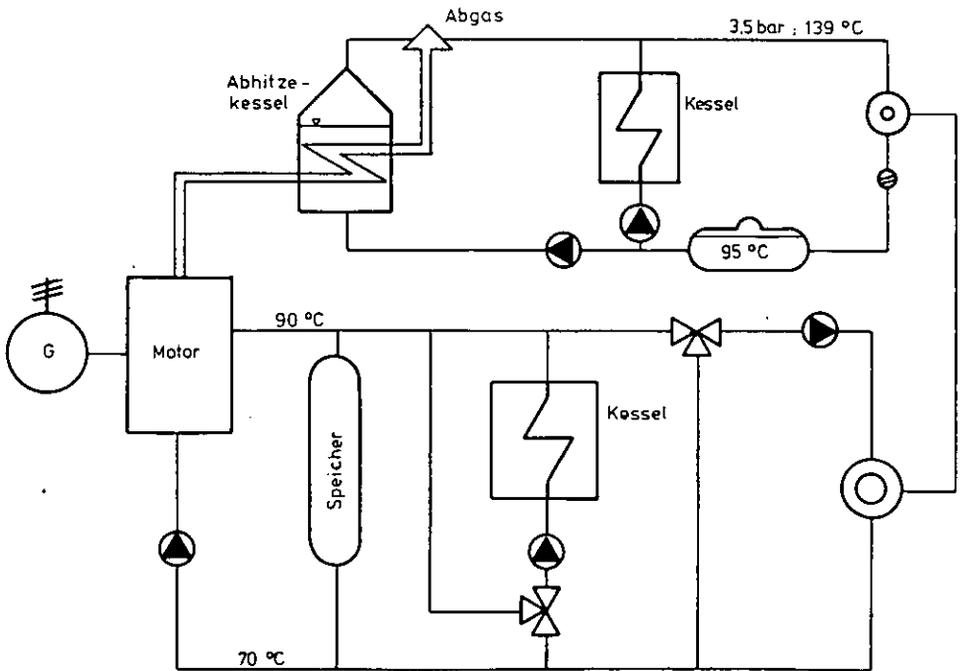


Bild 2: Modell Kraft-Wärme-Kopplung mit Verbrennungsmotor. El.Leistung = 0,35kW



Variante A : BHKW mit Gasmotor  $S_{E} = 0,71$



Variante B : BHKW mit Abhitze-kessel  $S_{E}^{HW} = 1,4$  ;  $S_{E}^{Da} = 1,2$

Bild 3: Möglichkeiten für Kraft-Wärme-Kopplung



## Wir senken Ihre Energiekosten im Krankenhaus

MON 14/06/82 ZEIT:12.21

HOLEC ENERGIEMANAGEMENT

- 1 Eingabe des Globalen Kalenders
- 2 Trendprotokollierung der Sensorwerte
- 3 Spitzenbedarfs-Protokollierung
- 4 Auswahl der vorhandenen Bereiche

Kalender

Trend

Spitzenb.

Auswahl

Δ Zeit

Δ Dat

HOLEC GmbH Systemtechnik  
Rheinstraße 32, D-6100 Darmstadt  
Telefon (06151) 26258  
Telex 17-6151939 = holec da  
Teletex 6151939 = holec da

Gestiegene Leistung bei stark verminderten Preisen für Mikroprozessortechnik haben intelligente Energieregelsysteme für die Mehrzahl von Gebäuden wirtschaftlich werden lassen. Dies erlaubt, ohne Komfortverlust Betriebskosten für Heizung, Klima, Beleuchtung und Wartung drastisch zu senken.

Die durch das CADAM-System von HOLEC erzielbaren Einsparungen von 20–40% der jährlichen Energiekosten führen bei Kauf zu einer Amortisation von weniger als 2 Jahren. Bei Leasing oder Mietkauf tragen die Kostensenkungen sofort zu einem positiven Betriebsergebnis bei bzw. reduzieren die -kosten erheblich.

Das schlüsselfertig installierte System arbeitet ohne Eingriff des Benutzers selbständig. Wichtige Meßwerte werden automatisch protokolliert; ebenso Störungen von Betriebseinrichtungen. Eine Bedienung des Systems ist nur erforderlich, falls Sollwerte geändert oder Informationen benötigt werden. Dann wird der Benutzer an der Überwachungsstation über wenige Funktionstasten in Klarschrift an die gewünschte Information geführt.

### Wie wir die Energiekosten regeln

Da das totale Abschalten von Energieverbrauchern wenig sinnvoll ist, stellt das HOLEC-System durch optimale Feinregelung sicher, daß unter Beachtung von Nutzungszeiten und Anforderungen immer die wirtschaftliche Kombination der Anlagen arbeitet.

Das Optimal-Start-Stop-Programm regelt rechtzeitig vor Nutzungsbeginn

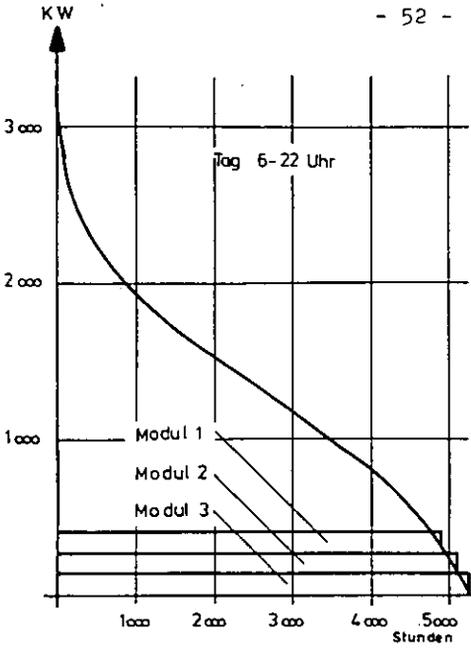
vollautomatisch alle kostenintensiven Verbraucher energiesparsam ein bzw. zum Nutzungsende aus.

In Gebäuden bedeutet ein Grad Temperatur über dem Sollwert 7–8% der Heizkosten. Entsprechendes gilt für Kühlung. HOLEC setzt eigene hochgenaue Meßfühler anstelle hysteresebehafteter Thermostate ein. Zusätzlich zur exakten Temperaturregelung bietet auch die automatische Frischluftüberwachung große Reserven zum Energiesparen in klimatisierten Funktionsräumen. Automatische Beleuchtungsumschaltung z. B. bei Nachtbetrieb auf Notbeleuchtung bzw. Orientierungslicht, vom Außenlicht abhängige Schaltung der Leuchten im Außenbereich hilft ebenfalls Energie zu sparen.

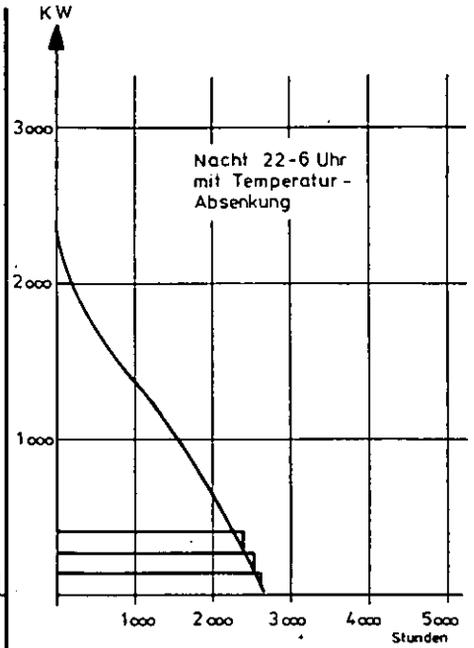
Der CADAM-Systemaufbau mit drei „intelligenten“ Ebenen – Überwachung, Regelung und Schnittstellen – minimiert Verkabelungskosten. Die Regeleinheiten führen vollautomatisch alle Funktionen und Routinen aus, die im Bereich notwendig sind. Sie regeln die Gebäudefunktionen präzise, auch wenn die Überwachungsstation zeitweilig außer Betrieb gesetzt oder für andere Zwecke genutzt wird. Jede Regeleinheit ist mit den Betriebseinrichtungen über Schnittstellen verbunden. Diese liefern die Meßwerte sowie die Statusinformationen und senden Regelbefehle an die Stellglieder.

Die optimale Regelstrategie entwickeln wir für Sie individuell aufgrund unserer Analyse des Energiesparpotentials Ihres Krankenhauses. Dies kostet Sie nicht mehr als die Zeit, uns die erforderlichen Daten mitzuteilen.

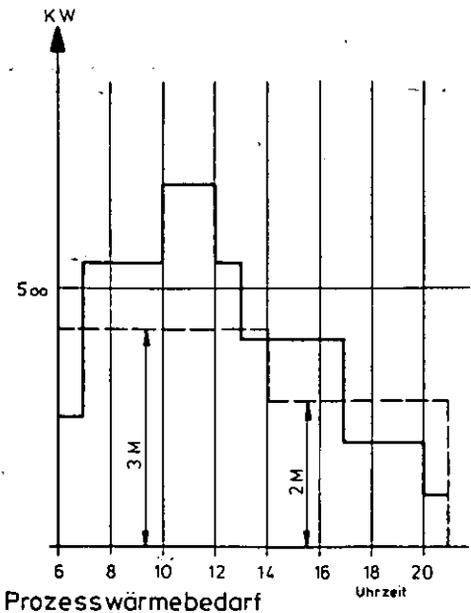




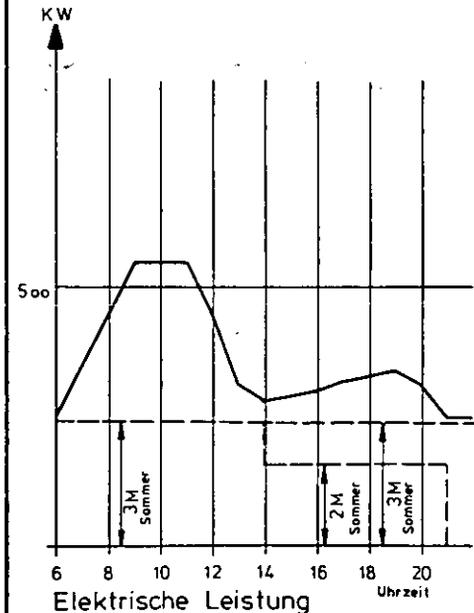
Geordneter Wärmebedarf



Geordneter Wärmebedarf

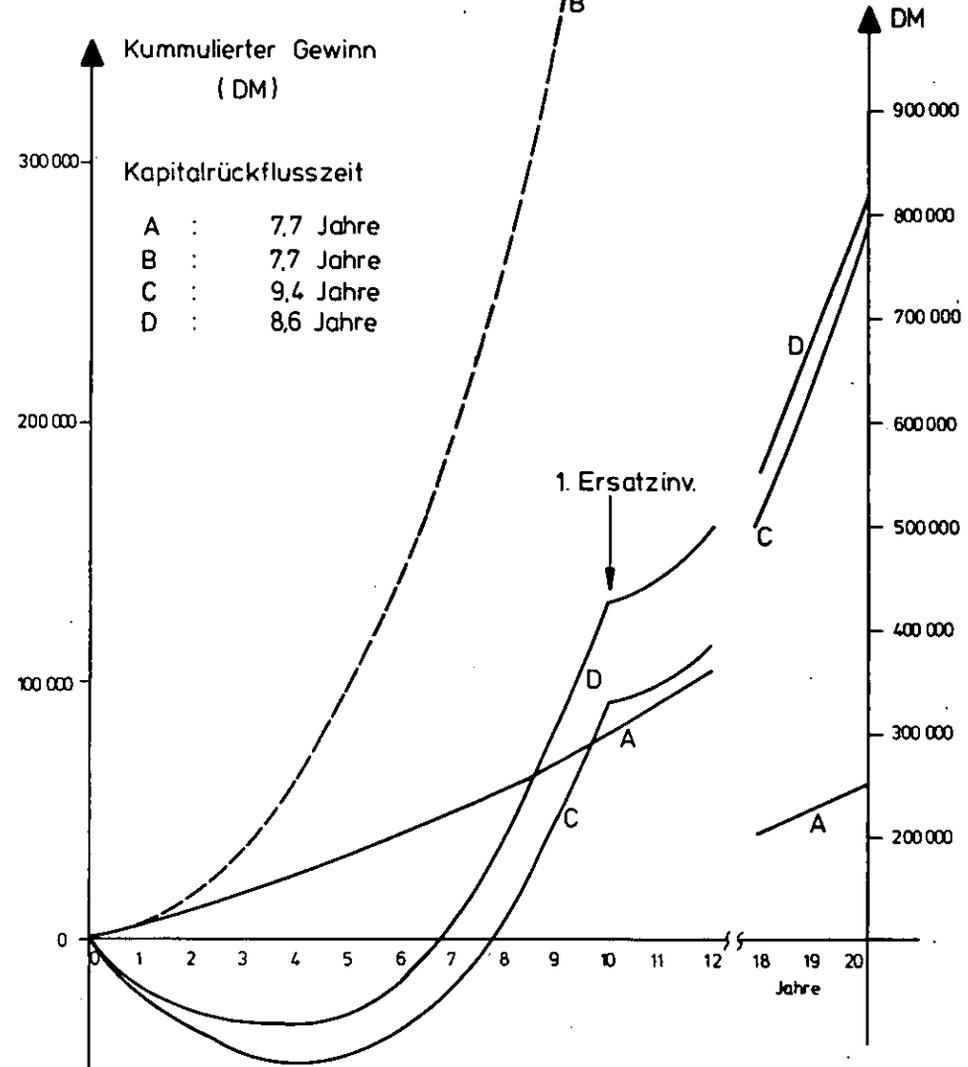


Prozesswärmebedarf



Elektrische Leistung

Bild 6: Grobverfahren für KWK-Auslegung



Kummulierter Gewinn  
(DM)

Kapitalrückflusszeit

- A : 7,7 Jahre
- B : 7,7 Jahre
- C : 9,4 Jahre
- D : 8,6 Jahre

1. Ersatzinv.

- A : 0% Preissteigerung (Zinssatz 8%)
- B : 5% Preissteigerung (Zinssatz 8%)
- C : 5% Preissteigerung, Mehrinv. 22%\* (Zinssatz 8%)
- D : 5% Preissteigerung, Mehrinv. 11%\* (Zinssatz 9%, Opport. 6%)

\*Mehrinvestition bei Kurzfristigster Laufzeit

Bild 7: Dynamische Investitionsrechnung

## Zentrale Leittechnik - auch für kleinere und mittlere Krankenhäuser

von M. Ellrich, Gießen

### 1. Einleitung

Die Zentrale Leittechnik, mit der wir es hier zu tun haben, ist nach Definition der VDI-Richtlinie 3814 die ZLT-G - die Zentrale Leittechnik für Gebäude, das heißt, es handelt sich hier um ein elektronisches System, das von zentraler Stelle das Überwachen und Steuern, insbesondere der Gebäudetechnischen Anlagen, erlaubt. Neuere Systemkonzeptionen beinhalten zusätzlich auch das Regeln; man spricht dann von DDC-Systemen - DDC = direct digital control.

Zu kleineren und mittleren Krankenhäusern zählen wir im Sinne dieses Vortrages die Krankenhäuser der Versorgungsstufen 1 und 2 sowie Bettenzahlen von 100 bis hin zu 600 Betten. In dieser Größenordnung liegen in der Bundesrepublik etwa 1400 Häuser, das heißt, ca. 43 % aller Krankenhäuser, die zusammen 61 % der Gesamtbettenkapazität besitzen.

### 2. Aufgabenstellung im Krankenhaus

Zieht man neuzeitliche Krankenhäuser für die nachstehenden Überlegungen in Betracht, so muß man bei einem Krankenhaus mit 150 Betten bereits von 15 bis 20 Mio. DM an Kosten für die technische Gebäudeausrüstung ausgehen. Bei einem 500-Bettenhaus dürfte der Wert bei ca. 70 Mio. DM liegen. Für die Betreuung dieser Anlagen, das heißt ihren Betrieb und ihre Instandhaltung sowie den Energieverbrauch entstehen jährliche Kosten von rund 1 Mio. bzw. 4 Mio. DM. Rechnet man die Abschreibungskosten zu den normalen Betriebskosten hinzu, so kann man davon ausgehen, daß p.a. 10 % des investierten Kapitals in Form von Kosten wieder in Erscheinung treten. Diese Zahl muß man einmal nennen, damit klar wird, daß die Steuerung dieser Kosten nicht mit den Mitteln von gestern, das heißt drei Störmeldelampen in der Pforte und dem Hausmeister als All-round-Handwerker erfolgen kann.

Es ist einleuchtend, daß eine permanente Überwachung des hohen Investitionskapitals erforderlich ist, und daß Abweichungen vom Normalzustand auf schnellstem Wege erkannt werden müssen, damit rechtzeitig Abhilfemaßnahmen eingeleitet werden können, sei es um Folgeschäden zu vermeiden

oder um empfindliche Störungen des Krankenhausbetriebes zu verhindern.

Die zweite Energiekrise hat wohl bewirkt, daß jeder begriffen hat, daß mit Energie sparsam umgegangen werden muß, jedoch zeigen die Beobachtungen in der Praxis, daß das Energiebewußtsein nur so lange geschärft ist, wie der eigene Geldbeutel unmittelbar bedroht ist. Im Krankenhaus zumindest können wir erkennen, daß die unmittelbaren Nutzer sehr großzügig damit umgehen, und daß nur durch eine zentrale Kontrolle des Energieverhaltens einzelner bzw. einzelner Kostenbereiche eine Reduzierung des Verbrauchs möglich ist.

### 3. Einsatzmöglichkeiten der Zentralen Leittechnik

#### 3.1 Einsatz im Rahmen der Betriebsführung und Instandhaltung

Zentrale Leitsysteme für Gebäude wurden zu einem Zeitpunkt entwickelt, als von dem sparsamen Umgang mit Energie noch nicht die Rede war. Das Anliegen, das zur Entwicklung dieser Technik geführt hat, war vielmehr die Erkenntnis, ausgehend von den USA, daß komplexe Gebäude mit einem hohen Aufwand an technischen Einrichtungen im Interesse eines sicheren Betriebes und einer Minimierung von Störfällen nur effektiv steuerbar sind, wenn hierfür geeignete Überwachungssysteme zur Verfügung stehen. Dies ist meiner Meinung nach auch heute noch das Hauptkriterium für den Einsatz einer ZLT, wengleich man über andere Wege gehen muß, um die Finanzierung zu sichern. Die wesentlichen Möglichkeiten, die die ZLT im Rahmen der Betriebsführung und Instandhaltung hat, seien nachfolgend kurz aufgezählt:

Sofortige Störungserfassung, das heißt ein schnelles Erkennen von Anormalitäten, ermöglicht ein schnelles Eingreifen und damit das Vermeiden von Folgeschäden.

Die Reduzierung von Fehlalarmen und damit beispielsweise auch unnötige Aktivitäten vom Bereitschaftspersonal außerhalb der normalen Betriebszeiten.

Eine zentrale Überwachung und Kontrollmöglichkeit der technischen Anlagen, das heißt, die Fernbedienung der Anlagen kann von qualifizierterem Personal durchgeführt werden.

Reduzierung von Kontrollgängen,

Möglichkeiten der Fernmessung und Langzeitverfolgung von Meßwerten,

zentrale Betriebsstundenzählung und damit die automatische Protokollierung von erforderlichen vorbeugenden Instandhaltungsmaßnahmen,

kriterienabhängiges automatisches Ein- und Ausschalten der Anlagen.

Die in diesem Aufgabenkomplex der ZLT enthaltenen Möglichkeiten sind für eine qualifizierte Betriebsführung sehr wesentlich. Da die damit verbundenen wirtschaftlichen Vorteile aber schwer quantifizierbar sind, das heißt, sie sind wohl qualitativ beschreibbar und einsehbar, jedoch mangels des direkten Vergleichs praktisch nicht nachweisbar, bedarf es sehr einsichtiger Kaufleute, um mit dieser Argumentation den Einsatz einer ZLT durchzusetzen. Viel einfacher ist dies geworden seit es die Energiekrise gibt.

### 3.2 Energieersparnis

Die einschlägige Industrie hat sehr schnell erkannt, daß die Energiekrise der ZLT neue und wesentlich bessere Marktchancen eröffnet, als dies zuvor möglich war. Daher hat man sehr schnell Energiesparprogramme entwickelt, die im Rahmen einer ZLT eingesetzt werden können. Die wesentlichen Energiesparprogramme sind:

3.2.1 Zeitabhängiges Schalten, das heißt, die Betriebszeiten von Anlagen können über die Bedientastatur der Leitzentrale einprogrammiert und jederzeit wieder geändert werden. Das Ein- und Ausschalten erfolgt automatisch. Dieses ist nach von uns durchgeführten Untersuchungen das mit Abstand effektivste Energiesparprogramm.

3.2.2 Intermittierendes Schalten (Load-cycling), das heißt, das Abschalten ausgesuchter Verbrauchergruppen nach einem bestimmten Zeitrhythmus. Dieses Programm ist mit gewissem Vorbehalt und nur für spezielle Anwendung einsetzbar. Für Krankenhäuser sind die Energiesparmöglichkeiten mit diesem Programm sehr gering.

### 3.2.3 Gleitendes Schalten

Dieses Programm hat insbesondere zum Ziel, den Zeitpunkt des Eintretens beziehungsweise Wiederaufhebens der Nachtabsenkung der Heizungs- oder Lüftungsanlagen zu verschieben, abhängig von Außentemperatur und Restwärme im Gebäude. Die Bedeutung dieses Programmes im Hinblick auf seine Effektivität in Form des Energiesparens ist für Krankenhäuser nach unseren Untersuchungen praktisch gleich Null.

### 3.2.4 Energiemaximum-Überwachung

Ziel dieses Programmes ist es, die Leistungsspitze des Krankenhauses zu senken, das heißt, permanent die Leistungsentwicklung zu verfolgen und ausgewählte Verbraucher abzuschalten, wenn ein bestimmtes Bezugsmaximum überschritten wird. Hier lassen sich nennenswerte Energieeinsparungen erzielen, jedoch ist es ausgesprochen schwierig, die Verbrauchergruppen auszufiltern, die für Abschaltmaßnahmen in Frage kommen. Dies ist nur auf der Basis einer sehr genauen Analyse des Abnahmeverhaltens möglich.

3.2.5 Weitere kriterienabhängige Schaltprogramme: Zum Beispiel helligkeitsabhängiges Schalten von Beleuchtungsanlagen und das automatische Gleiten von Sollwerten, abhängig von den Witterungsverhältnissen.

## 3.3 DDC-Regelung

Man braucht kein Prophet zu sein, um vorherzusagen, daß innerhalb der nächsten Jahre eine sprunghafte Ausweitung des Aufgabenbereiches der ZLT auf die sogenannte DDC-Regelung erfolgen wird. Mit knappen Worten läßt sich die technische Entwicklung wie folgt beschreiben:

Die bisherigen Unterstationen der ZLT erhalten leistungsfähige Mikrocomputer mit entsprechenden Speicherkapazitäten und erfüllen zwei wesentliche Aufgaben: Sie ersetzen zum einen die konventionellen Analogregler durch Digitalregler mit adaptivem Regelverhalten und zum anderen die konventionelle Steuerung der elektrischen Anlagen eines Gewerkes (Hilfsschütze, Relais u.ä.) durch logische Funktionen im Mikrocomputer. Die technischen Vorteile dieser Version, die übrigens in der Industrie schon seit 7 bis 10 Jahren eingesetzt wird, sind überzeugend. Durch digitale Regler läßt sich nachweislich ein besseres Regelverhalten erreichen,

insbesondere eine Reduzierung der Einschwingvorgänge von thermischen Regelkreisen und damit Energieersparnis, leichte Änderung der Regler, gezielte Verfolgung des Verhaltens einer Regelstrecke, zum Beispiel von der Leitzentrale aus, Änderung elektrischer Schaltverbindungen nicht mehr durch Umverdrahten sondern über die Bedientastatur. Bereits heute liegen die Kosten für eine ZLT mit DDC-Regelung um ca. 10 % unter den Kosten, wie sie für eine analoge Regelung und konventionelle Steuerung in Verbindung mit einer konventionellen ZLT entstehen.

#### 4. Kosten und Wirtschaftlichkeit

##### 4.1 Kosten

Die technischen Lösungen für Leitsysteme haben enorm von der Entwicklung der Elektronik und zugleich auch von deren Preisverfall profitiert. Heute ist es so, daß praktisch alle marktüblichen Systeme modular aufgebaut sind, das heißt, daß die Möglichkeit besteht, die Systeme nach und nach in ihren Automationseigenschaften aufzurüsten. Dies bedeutet unter anderem auch, daß fortschrittliche Systemkonzeptionen ein nachträgliches Ausrüsten mit DDC-Funktionen, das heißt den Einsatz von DDC-Unterstationen neben konventionellen Unterstationen ermöglichen. Die Kosten für ein Leitsystem in Krankenhäusern der besprochenen Größenordnung liegen im Bereich von ca. 200 000 bis 1 Mio. DM.

##### 4.2 Wirtschaftlichkeit

Wie bereits oben erwähnt, läßt sich mit dem Argument der optimaleren Betriebsführung eine ZLT nur selten realisieren. Daher wird im Normalfall der Wirtschaftlichkeitsnachweis über die Energiekostensparnis geführt. Realistisch mögliche Energieersparnisse durch die oben erwähnten Energie-sparprogramme der ZLT liegen im Bereich von 8 - 10 % der Gesamtenergiekosten. Es werden zwar gelegentlich wesentlich höhere Prozentsätze genannt, die wohl in der Praxis auch tatsächlich realisiert worden sind, jedoch sind diese vielfach nicht ursächlich mit dem Einsatz der ZLT verbunden als vielmehr damit, daß mit dem Einsatz der ZLT eine Reihe von Schwachstellen, zum Beispiel in der Regelung aufgedeckt worden sind, was zugleich Energieersparnis bedeutet. Bei den genannten Prozentsätzen für

die direkte Energieersparnis durch ZLT liegen die Amortisationszeiten im Bereich von vier bis sechs Jahren. Dies ist ein Zeitraum, der in deutschen Amtsstuben in der Regel als ausreichend kurz angesehen wird, um eine ZLT zu fördern.

Autor:  
Prof. Dr.-Ing. Manfred Ellrich  
FB-Technisches Gesundheitswesen  
Fachhochschule Gießen  
Wiesenstraße 14  
6300 Gießen

Betriebserfahrungen - Kosten, Nutzen und Schwachstellen  
der Zentralen Leittechnik

K. Nietsch, Dortmund

1. Verknüpfungen der zentralen Leittechnik mit dem  
System "Krankenhaus"

1.1 Gebäude

Das Umfeld der zentralen Leittechnik bildet das 1977 in Betrieb genommene Marienhospital Gelsenkirchen mit seinen Nebengebäuden. Die insgesamt 600 Betten des Hauses teilen sich in die Fachabteilungen:

-Chirurgie	-Gynäkologie
-Hals-Nasen-Ohren	-Innere Medizin
-Pädiatrie	-Urologie
-Anästhesie	-Radiologie

1.2 Haustechnische Anlagen

Die haustechnischen Anlagen sind geprägt durch die Besonderheit der allelektrischen Energieversorgung und der integrierten Wärmerückgewinnung unter Einschaltung einer Wärmepumpe.

1.2.1 Energieversorgung

Über 9 Transformatoren, mit einer Gesamtleistung von 12.000 kVA, wird die Energie in das Krankenhaus eingespeist. Einen zusätzlichen Einspeisestrang bildet das Notstromdieselaggregat mit einer Leistung von 1.100 kVA. Der Gesamtanschlußwert der Anlagen beträgt 13.561 kVA.

1.2.2 Klima - Anlage

Die Klima - Anlage teilt sich in 40 Einzelanlagen auf, welche den unterschiedlichen Anforderungen der Benutzer angepaßt sind. Räumlich sind die Anlagen in 7 Zentralen innerhalb des Gebäudes untergebracht.

### 1.2.3 Wärmepumpenanlage

Die zentrale Wärmepumpenanlage wird zur Heizung und Kühlung genutzt. Fortluftwärmetauscher entziehen der Abluft Energie. Der Wasserkreislauf der Wärmepumpe nimmt die Energie auf und speist, mit entsprechend höherem Niveau, die Energie wieder in das System ein. Der Anschlußwert der Anlage beträgt 660 kW.

### 1.2.4 Raumheizung, statisch

Die Raumheizung der Krankenzimmer und sonstiger Räume erfolgt über Speicherheizkörper mit Direktheizanteil

- Leistung der Speicherheizung 1.900 kW
- Leistung der Direktheizung 590 kW

## 2. Das eingesetzte System der zentralen Leittechnik

Als zentrale Leittechnik ist das System GEAZENT 8000 DI der Firma AEG eingesetzt. Das hierarchisch aufgebaute System besteht aus folgenden Komponenten:

- Unterstationen als Verknüpfung mit der Peripherie in der untersten Ebene, gesteuert über Mikrocomputer
- Unterzentralen als Verknüpfung zwischen Unterstationen und dem Prozeßrechner, gesteuert über Mikrocomputer
- Prozeßrechner AEG 80 - 20
  - Speicherkapazität 96 K Bytes
  - Wortlänge 16 Bit
- Plattenspeicher
  - Speicherkapazität 12 M Bytes
  - 1 feste Platte, 1 auswechselbare Platte
- Bedienungskonsole
  - Mikroprozessorgesteuert
- Alphanumerisches Sichtgerät
- 2 Thermodrucker
- 6 Farben - Punktschreiber
- Mikrofilm - Sichtgerät
  - Fernsteuerung über den Rechner

Das System wurde ab Mitte 1977 stufenweise in Betrieb genommen.

### 3. Grobziele in Verbindung mit der zentralen Leit - technik

Mit der zentralen Leittechnik sollen drei gedachte Regelkreise, welche nicht unabhängig voneinander sind, geführt und optimiert werden. Die Regelkreise wurden benannt mit:

- Instandhaltung
- Betrieb
- Energieversorgung

### 4. Kosten - Nutzen - Vergleich

Der Kosten-Nutzen-Vergleich kann zwischen dem Antrag zur Genehmigung der zentralen Leittechnik vom April 1974 und dem Istzustand stattfinden. Bei der Gegenüberstellung ist die Erfüllung der Randbedingungen, gemäß Antrag, zu beachten.

#### 4.1 Instandhaltung

##### 4.1.1 Randbedingungen

Randbedingung	Erfüllt bzw. Nutzung in %
-Anschluß der Nebengebäude an die ZLT	0
-Übernahme von organisatorischen Maßnahmen wie: Ausgabe von Instandhaltungsauf- trägen (Störung, Wartung, Inspektion) Ersatzteilorganisation	0
-Störungsstatistik	0
Ableitung von Schwachstellen und Inspektions- bzw. Wartungsintervallen	
-Nutzung der ZLT - Störungsmeldungen	15
-Genaue Lokalisation der von der ZLT gemeldeten Störung	100
-Dokumentation der Störung	100
-Maßnahmen zur Störungsumgehung	5
-Treffen von Sicherheitsvorkehrungen	5
-Zustandsabhängige Instandhaltung	10

#### 4.1.2 Soll - Ist - Vergleich des Instandhaltungs - personals

In der Anfahrphase des Krankenhauses war die ZLT noch nicht betriebsbereit. Die Aufschaltung aller geplanten Informationspunkte zog sich ca. 1 Jahr hin.

Geplant war eine Personaleinsparung von 30 % im Genehmigungsantrag.

Erreicht wurde bisher eine Personaleinsparung von 18 %. Diese Personaleinsparung ist auf zwei wesentliche Punkte zurückzuführen:

1. Übernahme der Anlagenschalthandlungen durch die ZLT
2. Automatisierung und Kontrolle der 6 dezentralen Dampf- umformer mit Hilfe der ZLT.

#### 4.1.3 Diskussion des Vergleichs

Die zentrale Leittechnik bietet die Möglichkeit, von ihrer Ausstattung her, die geforderten Randbedingungen zu erfüllen um somit einer verbesserten Instandhaltung zu dienen. Die intensive Weiterarbeit von qualifiziertem Personal mit der zentralen Leittechnik ist dazu eine Voraussetzung.

#### 4.2 Energieversorgung

Der "Regelkreis" Energieversorgung hat die Aufgabe den Energieverbrauch zu minimieren.

##### 4.2.1 Randbedingungen

Randbedingung	Erfüllung bzw. Nutzung in %
-Anschluß der Nebengebäude an die ZLT	0
-Zeitschaltungen	70
-Führungsgrößenaufschaltungen	2
-Verknüpfungsschaltungen zum kosten - günstigsten Energieeinsatz	0
-Maximumüberwachung	0
-Beibehaltung der zum Antrag gültigen Verbraucherkonfiguration	60

#### 4.2.2 Soll - Ist - Vergleich des Energieverbrauchs

-Geplant 1971	16.988 MWh/Jahr
-Ist-Verbrauch 1978	20.063 MWh/Jahr
-Ist-Verbrauch 1979	19.585 MWh/Jahr
-Ist-Verbrauch 1980	18.079 MWh/Jahr
-Ist-Verbrauch 1981	17.222 MWh/Jahr
-Geplante Einsparung mit ZIT (1974)	10 %
-Erreichte Einsparung	15 %

#### 4.2.3 Diskussion des Vergleichs

Der sinkende Energieverbrauch ist alleine auf das Eingreifen der zentralen Leittechnik zurückzuführen. Es sind hier in erster Linie die Zeitschaltprogramme, in einer immer weiteren Verfeinerung, welche das Absinken des Energieverbrauchs herbeiführen. Die Aufteilung der Klimaanlage in viele Einzelanlagen bietet dazu gute Voraussetzungen. Weiterhin wirken bereits einige Führungsgrößenaufschaltungen. Als Beispiel sei hier der Eingriff der Leittechnik in die Aufladeregulierung der Nachtspeicherheizung genannt. Eine Überhitzung der Bettenräume, bei bestimmten Außentemperaturen, wird damit vermieden. Der mit dem EVU vertraglich bisher ausgesparte Leistungspreis tritt erst nach Ablauf des Vertrages in Kraft. Die ZIT bietet alle Möglichkeiten die Leistungsspitzen so niedrig wie möglich zu halten.

Die Energieeinsparmöglichkeiten mit der ZIT sind noch nicht ausgeschöpft. Eine intensive Arbeit zur Erfüllung der aufgeführten Randbedingungen läßt ein weiteres Absinken des Energieverbrauchs um 5 bis 10 % erwarten.

#### 4.3 Betrieb der Anlagen

Neben den Zwecken der Energieeinsparung erfolgt eine Steuerung der Anlagen aus organisatorischen Gründen.

- Steuerung der Aufzüge in Abhängigkeit von Besucherzeit, Bettentransport, Ver- und Entsorgung der Bettenetagen während der Essenszeiten

- Steuerung der Parkplatzbelegung über Schranken
- Regelung der Außenbeleuchtung in Abhängigkeit vom Tageslicht
- Türkontrolle
- Steuerung der Verbraucher in Abhängigkeit von der zur Verfügung stehenden Energie. Bedingt durch 5 Energie - einspeisekanäle (4 Mittelspannungsleitungen + Notstrom) ergeben sich 32 unterschiedliche Möglichkeiten der zur Verfügung gestellten Leistung.

#### 4.3.1 Randbedingungen

Randbedingung	Erfüllung bzw. Nutzung in %
-Anschluß der Nebengebäude	0
-Anschluß der Anlagen des Krankenhauses	90
-Zustandsabhängige Schalthandlungen	10
-Zeitschaltungen	70
-Sicherheitsschaltungen	0

#### 4.3.2 Diskussion des Vergleichs

Neben einigen Maßnahmen, welche erhebliche Verbesserungen in der Organisation brachten (z.B. Aufzüge), fehlt der wichtige Bereich der Sicherheitsschaltungen, insbesondere im Energiebereich. Die ZLT bietet die notwendigen Verknüpfungsmöglichkeiten.

#### 4.4 Investitionskosten zentrale Leittechnik

##### 4.4.1 Randbedingungen

-Betriebstechnische Investitionen ohne ZLT zum Antrag 1974	100 %
-Erfolgte betriebstechnische Investitionen	200 %
-Ermittelte ZLT - Kosten zum Antrag 1974 auf der Grundlage von Schätzzahlen	100 %
-Ausschreibungszeitpunkt	1976
-Erfolgte ZLT - Investition	170 %

#### 4.4.2 Diskussion des Vergleichs

Die Investitionskosten für die ZLT haben sich etwa im gleichen Rahmen nach oben bewegt, wie die Kosten für die betriebstechnischen Anlagen. Wobei die ungünstige Planungssituation für die ZLT, die Planung begann erst während der Endbauphase des Krankenhauses, zu berücksichtigen ist.

Unter Berücksichtigung der bisher erreichten Einsparungen und der Betriebskosten für die ZLT kann mit einem Amortisationszeitraum von 5 bis 6 Jahren gerechnet werden.

#### 5. Betriebserfahrung mit dem eingesetzten System der zentralen Leittechnik

Die Verfügbarkeit der Anlage liegt bei über 99 %. Der Plattenspeicher wird 3- bis 4mal im Jahr gewartet. Dabei kann die Anlage über eine Bedieneinheit weiter gefahren werden.

Die Regelkreise "Energie" und "Betrieb" sind benutzerfreundlich zu handhaben. Zur Optimierung des Instandhaltungsregelkreises bietet das System zu wenig benutzerfreundliche Möglichkeiten.

#### 6. Zusammenfassung

Ein Betrieb des Krankenhauses ohne ZLT ist heute nicht mehr denkbar. Die Nutzung des Instrumentes ZLT ist alleine abhängig vom qualifizierten Bedienungspersonal (Techniker, Ingenieur). Dabei darf das Bedienerpersonal nicht in Wartestellung verharren, sondern muß aktiv den Nutzen der Anlage wehren. Die ZLT bietet die Möglichkeit dazu.

K. Nietsch, Ing. grad.

Sewerteichstraße 60

4600 Dortmund 1

Ersatzstromanlagen für kleinere und mittlere Krankenhäuser  
=====  
von H. Becker, Hanau  
=====

1. Die Arten der Ersatzstromversorgung

Zur Zeit gibt es zwei gültige VDE-Bestimmungen, in denen die Ersatzstromversorgung in Krankenhäusern geregelt ist.

1.1 Die Allgemeine Ersatzstromversorgung AEV nach VDE 0108.

Sie dient der Aufrechterhaltung des allgemeinen Krankenhausbetriebes für eine längere Dauer, möglicherweise für 24 Stunden. Sie muß innerhalb von 15 Sekunden nach Netzausfall die Versorgung übernehmen können.

1.2 Die Besondere Ersatzstromversorgung BEV nach VDE 0107.

Sie dient der Fortsetzung eines medizinischen Notbetriebes für die Dauer üblicher Eingriffe, mindestens jedoch für drei Stunden. Versorgung von Operationsleuchten und vergleichbaren Leuchten muß sie innerhalb von 0,5 Sekunden und die Versorgung lebenserhaltender Geräte innerhalb von 15 Sekunden übernehmen können.

Sie dient der redundanten Sicherheit für Einrichtungen, von deren sicherem Funktionieren Leben oder Gesundheit von Patienten abhängen.

Die Deutsche Elektrotechnische Kommission hat entschieden, in Zukunft beide Bestimmungen in einer einzigen Vorschrift zusammenzufassen. Zur Zeit befindet sich der darüber angefertigte Entwurf 1, gekennzeichnet als VDE 0107 A2/...82 mit Ausgabedatum Mai 1982, in der Einspruchsberatung. Daran anschließend sollen die Bedingungen erarbeitet werden, unter denen eine AEV die Funktion einer BEV übernehmen kann.

Vorrang vor VDE-Bestimmungen haben Verordnungen der Bundesländer. Die Krankenhausbau-Verordnung des Landes Nordrhein-Westfalen mit Ausgabe Februar 1978 fordert eine Besondere Ersatzstromversorgung nur für Operationsleuchten, nicht aber für lebenserhaltende Geräte.

### 1.3 Sicherheitsbeleuchtung

Die Sicherheitsbeleuchtung wird nicht gefordert aus Krankenhaus-spezifischen Gründen, sondern lediglich aus baurechtlichen Gründen.

## 2. Die Ersatzstrom-berechtigten Verbraucher

Alle in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten Verbraucher sind nach den zur Zeit gültigen Bestimmungen innerhalb von 15 Sekunden nach einem Netzausfall durch die Allgemeine Ersatzstromversorgung weiter zu betreiben. Der genannte Entwurf A2 zu VDE 0107 unternimmt den Versuch, einige davon erst nach gesichertem Betrieb der AEV zuzuschalten. Ich gehe in meinen Überlegungen jedoch noch einen Schritt weiter im Sinne einer "gestuften Sicherheit", wie sich aus der Tabelle ergibt.

- 2.1 Die Beleuchtung der inneren- und gegebenenfalls der äußeren Verkehrswege mit mind. 1 lx.
- 2.2 Die beleuchteten Schilder der Rettungswege.
- 2.3 Die Beleuchtung der Räume für Pflege, Untersuchung und Behandlung von Kranken mit mind. 1 Leuchte.

- 2.4 Die vollständige Allgemeinbeleuchtung in Räumen der Anwendungsgruppe 2E.
- 2.5 Die Beleuchtung notwendiger Betriebsräume mit mindestens einer Leuchte.
- 2.6 Arbeitsplätze mit unmittelbaren Unfallgefahren mit 10% der normalen Beleuchtungsstärke, mind. jedoch mit 15 lx.
- 2.7 Unerläßliche medizinische Geräte und Laboratoriumseinrichtungen.
- 2.8 Die medizinische Gasversorgung und deren Überwachungseinrichtungen.
- 2.9 Alle Verbraucher in Räumen der Anwendungsgruppe 2E.
- 2.10 Aufzüge, soweit diese weiterbetrieben werden müssen.
- 2.11 Sicherheitstechnische Einrichtungen.

Die nachfolgenden Verbraucher sollten m.E. unterschiedlich verzögert zugeschaltet werden (gestufte Sicherheit):

- 2.12 Feuerlösch- und Entrauchungsanlagen.
- 2.13 Ladeeinrichtungen von Akkumulatoren für alle Zwecke.
- 2.14 Haustechnische Anlagen (Heizung, Lüftung, Abwasser-Hebeanlagen, physiologische Müllverbrennung).
- 2.15 Kühlanlagen für Lebensmittel, Medikamente und Leichen.
- 2.16 Kocheinrichtungen für die Notversorgung der Patienten.
- 2.17 Notwendige Sterilisatoren.

Die nachfolgend genannten Einrichtungen müssen sowohl aus der Allgemeinen Ersatzstromversorgung, als auch aus einer autarken, von äußeren Störeinflüssen unabhängigen Besonderen Ersatzstromversorgung weiterbetrieben werden können:

- 2.18 Operations- und Untersuchungsleuchten in den Räumen der Anwendungsgruppen 1E und 2E.
- 2.19 Sonderleuchten, bei deren Ausfall Gefahr für die Patienten entstehen kann, z.B. in der Intensiv-Pflege, der Angiographie.
- 2.20 Lebenserhaltende Geräte, z.B. für die Beatmung, Blutstillung, Reanimation, die Aufrechterhaltung sonstiger Körperfunktionen und die Intensiv-Überwachung.

Die Bestimmungen unterscheiden nicht Krankenhäuser nach ihren Größen oder Arten der Behandlung oder Pflege. Es gibt aber eine Reihe von Klein- und Kleinst-Krankenhäusern, die keine Allgemeine Ersatzstromversorgung benötigen, sondern denen eine Stromquelle für die Zwecke der BEV und der Beleuchtung ausreichen kann. Andererseits gibt es eine ganze Reihe von Krankenhäusern, vor allem kleineren, die keine Besondere Ersatzstromversorgung benötigen. Die Unterscheidung ist von den Ärzten und dem Krankenhausträger zu treffen, ob hier überhaupt lebenserhaltende Eingriffe vorgenommen werden oder ob die Notfall-Versorgung in anderer Weise sichergestellt werden kann. Dies ist jedoch in einem Verzeichnis zu protokollieren.

### 3.. Netzaufbau und Schaltungen

#### 3.1 Die Schaltung der AEV

Der Anlauf der AEV wird im allgemeinen durch die Spannungsüberwachung an der Übergabestelle der normalen Netzversorgung gesteuert. In ausgedehnten Anlagen mit mehreren Gebäuden kann es sinnvoll sein, mehrere Aggregate aufzustellen und die Netzspannung in den Gebäude-Hauptverteiltern zu überwachen. Daraus ergeben sich später bedeutende Einflüsse auf Installation und Notwendigkeit einer BEV.

VDE 0108/12.79 schreibt im Abschnitt 6.4 eine Doppelverkabelung vor, die gewiß die Sicherheit erheblich vergrößert, andererseits aber einen mindestens ebenso erheblichen finanziellen Aufwand erfordert. Auch dies hat Einfluß auf die Betrachtung der Anforderungen an eine BEV.

In kleinen Krankenhäusern bis ca. 150 Betten ist es sinnvoll, die sogenannte Vollversorgung durchzuführen, bei der die Verbraucheranlage nicht nach Ersatzstromberechtigten und nichtberechtigten Verbrauchern unterschieden wird. Bei Häusern mit mehr als 1000 Betten ist sicher die dezentrale Ersatzstromversorgung notwendig. Bei Krankenhäusern mit "Insel-Lagen" ist der Sicherheitslevel höher anzusetzen.

#### 3.2 Die Schaltung der BEV

Für Operationsleuchten sollten grundsätzlich getrennte BEV'n installiert werden, möglichst aber nicht Zentralbatterien, sondern Gruppenbatterien, so daß Wartungs- oder Reparaturarbeiten nicht alle Behandlungseinrichtungen außer Betrieb setzen. Die Spannungsüberwachung erfolgt an der Umschalteinrichtung der Leuchten.

Die BEV für lebenserhaltende Geräte soll dann einspringen, wenn an der zugehörigen Unterverteilung der zu versorgenden Räume die Spannung ausbleibt. In bestehenden Anlagen kann die BEV das gesamte Schutzleitungssystem oder auch die Zuleitungen der zu versorgenden Raumgruppen 2E bereits

im Gebäude-Hauptverteiler einspeisen. In neuen Anlagen wird man getrennte Zuleitungen für die Zwecke der BEV verlegen und einzelne Umschalteneinrichtungen in den Unterverteilern anordnen.

Die wirtschaftlich günstigste Lösung wird häufig darin bestehen, die AEV zentral und die BEV'n dezentral anzuordnen.

#### 4. Die Stromerzeuger

Für die AEV kommen im allgemeinen nur Diesel-Aggregate in Frage.

Für die lebenserhaltenden Geräte sind bis zu einer Leistung von ca. 20 - 25 kVA, maximal jedoch bis 80 kVA statische Stromerzeuger, also batteriegespeiste Wechselrichter, oder rotierende Umformersätze, die ebenfalls aus einer Batterie gespeist werden, günstiger. Für Leistungsgrößen darüber empfehlen sich dynamische Stromerzeuger.

Je kleiner die Verbraucherleistung ist, desto größer muß der Stromerzeuger relativ überdimensioniert werden, damit die Überstromschutzorgane selektiv, sowie gegen Kurzschluß und Überlast sicher ausgelegt werden können.

Für Operationsleuchten haben sich die OP-Licht-Geräte am besten bewährt. Die Entladedauer der Batterien kann verkürzt werden, wenn diese BEV'n lediglich für eine Überbrückungszeit dienen und dann die Versorgung etwa durch ein Kleinaggregat weitergeführt wird.

#### 5. Allgemeine Anforderungen

Für die technischen Anforderungen an die Diesel-Aggregate gilt der Abschnitt 6 von VDE 0108/12.79, während die BEV den Bestimmungen im Abschnitt 8 von VDE 0107/6.81 folgen muß. Vorschriften für die Geräte zur Erzeugung

oder Wandlung des besonderen Ersatzstroms befinden sich zur Zeit in der Beratung. Eine Reihe von Erfahrungswerten können mündlich erläutert werden. Die Batterien müssen VDE 0510 gehorchen.

Für die Räume, in denen Ersatzstromanlagen aufgestellt werden, gelten zunächst die jeweiligen Bauordnungen, z.B. die Eit-Bau-VO. Abgeschlossene elektrische Betriebsräume können aber sicher nicht für kleinere Systemeinheiten verwendet werden, wenn diese den Zugriff Unbefugter entzogen sind.

Brandschutz-Bestimmungen der Bundesländer befinden sich in Vorbereitung. Sie werden gewiß weitreichenden Einfluß auf Anordnung, Aufteilung und Verkabelung der Netzersatzanlagen haben.

Ing.grad. H. Becker  
Beratendes Ingenieurbüro f. Elektrotechnik  
Breslauer Straße 5  
6450 Hanau/Main

Probelauf und Notbetrieb der Ersatzstromanlage  
=====

von G. Weber, Gengenbach  
=====

Prioritäten bei der Aufschaltung und dem Lastabwurf

Der Probetrieb

Der Probetrieb ist die Simulation des "Notbetriebes". Er muß mindestens einmal im Monat unter möglichst realistischen Bedingungen erfolgen. Dabei sollten aber dennoch folgende Voraussetzungen beachtet werden:

- Abstimmung des Termines und Zeitraumes mit den für die betroffenen Abteilungen zuständigen Ärzten und der Pflegedienstleitung.
- Überprüfung, daß die anstehende Last mindestens 50%, höchstens jedoch 90% der zur Verfügung stehenden Nennleistung der Ersatzstromanlage beträgt.
- Überprüfung der Betriebsbereitschaft der Ersatzstromerzeuger, z.B. Treibstoffvorrat, Zellenspannung von Versorgungs- oder Starterbatterie unter Prüflast/Luftdruck bei Luftanlassung.

Dann erfolgt der Startversuch mit der Möglichkeit, im Fehlerfall sofort auf das Netz zurückschalten zu können.

Dynamische Stromerzeuger müssen mindestens eine Stunde und statische Stromerzeuger mindestens 15 Minuten den vollständigen Probetrieb übernehmen.

Häufig unterbleiben diese Last-Probelaufe weil die Anlagen nicht mit dem Verbrauch "gewachsen" sind oder der Lastabwurf nicht sinnvoll geregelt wurde. Mindestens genauso häufig ist aber auch der Grund in dem Aufwand zu sehen, der durch das Zuschalten der nicht selbstgesteuerten

Verbraucher entsteht, wenn auf das Netz zurückgeschaltet wird.

Dem kann man bei der Neueinrichtung begegnen, wenn die Verbraucheranlagen schon in ihren Hauptstämmen getrennt installiert und mit Federkraft-Motorschaltern ausgerüstet werden. Am vorteilhaftesten ist jedoch die sogenannte "Überlappungs-Synchronisation", mit der die Ersatzstrom-Anlage für einige Sekunden oder auch für einige Minuten parallel mit der Netzversorgung betrieben wird. Diese Einrichtung kann auch nachinstalliert, wenngleich mit erhöhtem Aufwand. Viele Elektrizitäts-Versorgungsunternehmen sind inzwischen mit einer solchen Einrichtung einverstanden, andere dagegen wehren sich mit der Begründung, daß ein solcher Parallel-Betrieb nur für den Notfall zulässig sei. Nach gültiger Rechtssprechung hat der Betreiber jedoch einen Anspruch auf die Duldung durch das EVU, selbst wenn in einem Stromliefervertrag eine solche Maßnahme ursprünglich ausgeschlossen war.

Der Probetrieb der Besonderen Ersatzstromversorgung ist für Operationsleuchten recht einfach, weil sie außerhalb der Nutzungszeiten eingeschaltet werden können. Das ist aber ausgeschlossen bei den lebenserhaltenden Geräten vor allem auch hinsichtlich der Simulation von Schalt- und Laststößen. Die Geräte-BEV kann deshalb nur mit Belastungswiderständen geprüft werden oder, wenn die Ärzte guten Willens sind, nach vorheriger Abstimmung sich selbst und ihr Personal zu prüfen, ob die Patienten auch bei Ausfall der Stromversorgung nahtlos weiterbehandelt werden können oder nicht. Natürlich soll es dabei zu keiner Unterbrechung kommen, die gefährlich werden kann.

In der Intensiv-Pflege erfordert ein solcher Versuch allerdings die Bereitstellung von mehr Personal, das genau über die Fehlalarme, die dann zwangsläufig entstehen, informiert ist und das auch notfalls Beatmungen von Hand durchführen kann.

Solche Vorsichtsmaßnahmen gehen allerdings nur von der Möglichkeit aus, daß im Extremfall aus irgendwelchen Gründen bei Versagen des Probelaufs die Rückschaltung auf das Netz nicht möglich ist.

### Der Lastabwurf

Wie bereits erwähnt, hat das technische Personal mehr Arbeitsaufwand zu tragen, wenn die Last verzichtbarer Verbraucher abgeworfen wird oder die betriebsnotwendigen Verbraucher in zeitlichen Abstufungen zugeschaltet werden (gestufte Sicherheit). In bestimmten Bereichen wird es aber möglich sein, unterwiesene Nicht-Fachleute mit der Zuschaltung zu beauftragen - etwa nach telefonischer Aufforderung von der Zentrale her. Hier kommt aber ein anderer Gesichtspunkt zur Geltung: Dynamische Stromerzeuger arbeiten am kostengünstigsten bei einer Auslastung von ca. 75 - 80% der Nennleistung. Schließlich wird man auch eine Neuanlage mit 20 - 25% Leistungsreserve ausstatten. Die Ersatzstromerzeuger müssen andererseits einen Laststoß von 80% ihrer Nennleistung sofort mit einem Spannungseinbruch von weniger als 10% der Nennspannung verkraften können. Schwieriger wird die sofortige Ausregelung von Frequenztoleranzen = 2 Hz. Wenn so installiert ist, sind sicherlich keine besonderen Maßnahmen notwendig, so daß alle ersatzstromberechtigten Verbraucher sofort zugeschaltet werden können und ein Lastabwurf nicht notwendig ist. Aber das ist schließlich Theorie, die nur für Neuanlagen gilt.

Die nichtberechtigten Verbraucher müssen aber stets abgeworfen werden, am besten durch Trennung der Sammelschienen.

### Die Prüfung der Ersatzstromanlagen

Der Probetrieb gilt als Prüfung im Sinne der VDE-Bestimmungen. Die Zeiträume dafür sind sowohl in VDE 0107, wie auch in VDE 0108 gleichlautend geregelt. Allerdings geht VDE 0107 darüber hinaus und fordert alle 2 Jahre die Prüfungen durch eine Fachkraft, ohne sich aber näher über Einzelheiten auszulassen. Vielleicht kann da die beige-fügte Tabelle etwas näheren Aufschluß geben, ohne Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben. Der Begriff "Fachkraft" kann eventuell fehlgedeutet werden. Hier ist nicht schlechthin der Betriebselektriker gemeint, sondern

derjenige, der in Aufbau und Wirkungsweise und Prüfungsmöglichkeiten der Ersatzstromanlagen eingewiesen ist. Wo solches Personal nicht vorhanden ist, empfiehlt sich der Abschluß von Wartungsverträgen.

Die Häufigkeit von Prüfungen steht in direktem Zusammenhang mit Alter, Belastung und Einsatzhäufigkeit der Anlagen. Starterbatterien haben normalerweise eine Lebensdauer von zwei bis maximal drei Jahren, stationäre Batterien dagegen von zehn bis fünfzehn Jahren, manchmal noch länger. Das hängt dann von der Plattenart ab, vor allem aber von der Gründlichkeit der Wartungen.

Ähnlich ist es mit Diesel-Aggregaten, die nur unzureichend belastet sind, etwa im Probetrieb oder im Nachtbetrieb, so daß durch die Bildung von schwefliger Säure ein vorzeitiger Verschleiß der Maschine möglich ist.

### Die Wartung

Eine Vielzahl von Prüfungsmaßnahmen sind gleichzeitig Wartungsmaßnahmen, etwa das Prüfen von Dichtungen, Schlauch- und Rohrverbindungen, die Kontrolle von Füllstandsüberwachung, Be- und Entlüftungsanlagen, Füllstände und deren Anzeige bei Aggregaten, wie aber auch bei Batterien das Reinigen der Gefäße, die Prüfung der Dichte der Elektrolyten und das Messen der Zellenspannungen bei den einzelnen Lastfällen. Weitergehende Arbeiten sind dann sicher Aufgaben der besonderen Fachleute in größeren Zeitabständen: Das Reinigen der Kraftstoffleitungen, die Kompressionsprüfung und das Auswechseln von Dichtungen usw. bei Aggregaten; das Überprüfen und Neueinjustieren der Ladeeinrichtungen bei den einzelnen Betriebsarten.

Da sich die einzelnen Zellen von Batterien unterschiedlich stark entladen, sind Ausgleichladungen durchzuführen, bei denen die Batterie zuvor sinnvoll entladen und dann neu über einen längeren Zeitraum wieder geladen wird.

Bei Nickel-Cadmium-Batterien ist dies in der Regel mindestens zweimal im Jahr erforderlich, während Blei-Batterien mit positiven Panzerplatten wartungsarmer Bauart dies nur alle drei Jahre notwendig haben, sollten die Groboberflächenplatten-Batterien einmal im Jahr nachgeladen werden. Dies wird zweckmäßig mit einer Kapazitätsprüfung verbunden, die vor allem dann notwendig wird, wenn bei einer Prüfung festgestellt wurde, daß die Erhaltungsladung nicht richtig eingestellt war oder eine Tiefentladung erfolgte.

Wenn Wartungsarbeiten durchgeführt werden, sollte man die Gelegenheit nutzen, in den nicht überwachten Stromkreisen Isolationsmessungen durchzuführen, insbesondere der Leitungen zwischen BEV und Operationsleuchte, und auch die Glühlampen in den OP-Leuchten auszuwechseln.

Es ist sicherlich einfach, in großen Zeitabständen die Sicherungen auszuwechseln, weil möglicherweise eine Vorbelastung vorgelegen hat. Das Prüfen und gegebenenfalls Auswechseln von Kontakten der Schalteinrichtungen ist aber nur möglich, wenn die Anlage zuvor außer Betrieb genommen wurde.

#### Zusammenfassung

Alle Prüfungen und Wartungen sind in das nach VDE 0107 vorgeschriebene Prüfbuch einzutragen. Es empfiehlt sich, dieses Prüfbuch gleich als Anleitung mit Aufzählung aller geforderten Prüfungen und Maßnahmen anzulegen. Nach VDE 0108 muß das Prüfbuch mindestens über die letzten zwei Jahre Aufschluß geben.

Ing.grad. G. Weber  
Scheffelstraße 4  
7614 Gengenbach

Prüfungszeiträume der "Besonderen Ersatzstromversorgung" (BEV)

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

Zusätzlich Wartungsanleitung des Herstellers beachten!

- E = Errichter
- B = Betreiber
- F = Fachmann/Hersteller

Betriebserfahrungen bei der Instandhaltung elektrotechnischer Anlagen im Krankenhaus

W. Wawra, Hannover

In diesem Referat wird die Instandhaltung der elektrotechnischen Anlagen der Medizinischen Hochschule Hannover dargestellt.

Einige Zahlen lassen den Umfang und die Bedeutung der Medizinischen Hochschule erkennen:

Auf einer Grundfläche von 500000 m<sup>2</sup> stehen 300000 m<sup>2</sup> Nettanutzfläche in den Gebäuden zur Verfügung.

Die Bau- und Einrichtungskosten betragen rund 1 Milliarde DM. Hiervon entfallen auf die technischen Einrichtungen ca. 450 Millionen DM.

Zur Betreuung von 1500 stationären Patienten und täglich 1000 ambulanten Patienten sowie der Lehre und Forschung einschließlich 2500 Studenten stehen ca. 4500 Personen, Ärzte, Krankenschwestern, Physiker, Laboranten und Personal für Wäscherei, Küche, Transportdienste, Lager, Apotheke sowie 180 Mann zur Instandhaltung der technischen Einrichtungen zur Verfügung.

Die Energiekosten betragen 1982 23 Millionen DM.

Es entfallen auf

Elektro	50.000.000 KWh	9.000.000 DM
Fernwärme	140.000.000 KWh	12.000.000 DM
Wasser	600.000 m <sup>3</sup>	1.300.000 DM
Technische Gase		700.000 DM

Die elektrische Stromversorgung erfolgt von den Stadtwerken Hannover mit 10.000 Volt. Die Tagesspitze erreicht 11.000 KVA.

In 16 Zentralen ist eine Transformatoren-Leistung von 35 MVA installiert.

Betrieb der allgemeinen Ersatzstromversorgung (AEV).

In der Notstromzentrale der Technischen Verwaltung stehen 3 Dieselnotstromaggregate mit einer Leistung von  $2 \times 1 \text{ MW}$  und  $1 \times 3 \text{ MW} = 5 \text{ MW}$  zur Verfügung.

Bei einem evtl. Black-out der Stadtwerke werden ca. 4 MW für den Notbetrieb der Medizinischen Hochschule benötigt.

Bei einem Stromausfall der Stadtwerke werden die 3 Dieselaggregate durch den Rechner in der zentralen Leitwarte nach einer Verzögerungszeit von 2 Sekunden gestartet. Damit wird das Starten der Dieselaggregate bei kurzzeitigen Netzschwächen vermieden.

Die 3 MW-Maschine wird zuerst auf das 10 KV-Netz geschaltet und mit den wichtigsten Verbrauchern im Klinikbereich bis zu 60 % belastet. Danach werden die beiden 1 MW-Maschinen nacheinander automatisch auf das 10 KV-Netz aufsynchronisiert und die Verbraucher nach Prioritäten weiter aufgeschaltet.

Der Probelauf nach VDE 0108 wird einmal im Monat 60 min lang durchgeführt. Die vorgeschriebene Nennlast von 50 % wird hierbei erreicht.

Um bei dem Probelauf den Klinikbereich nicht zu gefährden, wird folgendes Verfahren durchgeführt:

Die Verbraucher in den Instituten für Lehre und Forschung, Wäscherei und Zentrales Tierlabor werden für den Probelauf über eine 10 KV Stichleitung versorgt. Die 3 Notstromaggregate werden kurzzeitig auf das 10 KV-Netz synchronisiert und dann mit dem Institutsbereich vom Stadtwerkenetz automatisch getrennt. Durch gezieltes Zu- und Abschalten der beiden kleinen 1 MW-Notstromaggregate wird die einwandfreie Regelung bei schwankender Belastung geprüft.

Nach Beendigung des Probelaufes wird das Notstromnetz wieder unterbrechungslos auf das Städtnetz zurücksynchronisiert. Die Verbraucher einschließlich der zahlreichen EDV-Anlagen im Institutsbereich werden hierbei durch den Probelauf nicht gestört.

Bei den Probelläufen werden alle relevanten technischen Daten in eine Checkliste des Herstellers eingetragen. Zweimal im Jahr wird der Probelauf mit Wartungsarbeiten durch den Hersteller verbunden.

Wie wichtig die Probelläufe sind, zeigen die festgestellten Störungen, die im Ernstfall die Betriebssicherheit der Notstromversorgung gefährden würden.

Die vom Hersteller angebotenen Wartungen sind in ihrem Zeitplan auf die Betriebsstunden oder -monate, wie 250 Stunden bzw. 6 Monate, 1000 Stunden bzw. 1 Jahr (Ölwechsel) oder große Inspektion mit teilweiser Zerlegung des Motors nach 6000 Stunden bzw. 4 Jahre ausgelegt.

Da die Notstromaggregate im Jahr im Normalfall nur 12 Stunden Probetrieb laufen, sind die Wartungsarbeiten mit dem Hersteller auf diese Gegebenheiten abzustimmen.

Hierdurch ist ein wirtschaftlicher Betrieb unter Einhaltung der Gewährleistungsansprüche möglich.

#### Betrieb der besonderen Ersatzstromversorgung (BEV) nach VDE 0107

Für elektro-medizinische Einrichtungen, die der Aufrechterhaltung lebenswichtiger Körperfunktionen in den Op-Bereichen, der Radiologie und den Intensivstationen dienen, stehen 3 unterbrechungslose Notstromaggregate zur Verfügung.

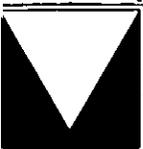
Die Leistungen betragen im einzelnen 250 KW; 200 KW und 60 KW bei 380/220 Volt 50 Hz.

# Sicherheit

Wir planen, projektieren, liefern,  
montieren und betreuen Strom-  
versorgungssysteme für die  
Sicherheit des Menschen und  
seiner Umwelt.

Alle VARTA BEV- und SIB-Systeme  
sind wartungsfrei für 3 Jahre und

erfüllen alle Anforderungen nach  
VDE 0107 und VDE 0108 z.B. für  
OP-Räume und medizinische  
Intensivstationen.



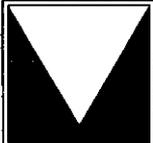
# VARTA

VARTA Batterie AG  
Postfach 4280 · Dieckstraße 42  
5800 Hagen/Westf.  
Telefon (023 31) 37 20

# Sicherheit

Für alle netzunabhängigen Geräte in der medizinischen Technik bietet VARTA leistungsfähige, langlebige und hochwertige Batterien von der kleinsten

Knopfzelle für Sonden bis zu wiederaufladbaren Akkus für medizinische Meß- und Überwachungsgeräte, Funk- und Gegensprechanlagen.



# VARTA

VARTA Batterie AG  
Postfach 2105 40 · Am Leineufer 51  
3000 Hannover 21  
Telefon (0511) 7 9031

An jedem ersten Montag im Monat wird in der Zeit von 6.00 bis 9.00 Uhr an diesen 3 besonderen Notstromanlagen der erforderliche 1 h-Probelauf durchgeführt. Um evtl. Zwischenfällen bei den Probeläufen vorzubeugen, wird jeweils der Klinikbereich, in dem der Probelauf stattfindet, unterbrechungslos auf eines der 250-KW bzw. 200-KW-Notstromaggregate aufsynchronisiert. Die zu prüfende Notstromanlage wird dann, mit hierfür extra fest installierten Drahtwiderständen, bei schwankender Belastung geprüft.

Dieses Verfahren hat auch den Vorteil, daß bei der jährlichen Generalüberholung einer Notstromanlage über mehrere Tage trotzdem die Betriebsbereitschaft über die anderen Aggregate sichergestellt ist.

Bei den Probeläufen werden alle technischen Daten, wie Strom, Spannung, Frequenz, Wasser- und Öltemperatur, Dichtigkeit der Pumpen usw., nach Angaben des Herstellers in das Prüfbuch eingetragen.

Außer den Notstromaggregaten mit Dieselantrieb stehen für die Op-Leuchten in den einzelnen Gebäuden noch 5 Notstrombatterien zur Verfügung. Für jede Batterie werden zweimal wöchentlich die Werte für Strom, Spannung, Temperatur, Füllstand des Elektrolyts und der Säure bzw. der Laugendichte geprüft und in einem vor Ort liegenden Prüfbuch eingetragen.

Vor den vierteljährlich durchgeführten Kapazitätsproben werden die Op-Lampen von der einzelnen Batterie getrennt und auf die unterbrechungslos arbeitenden Dieselnostromaggregate aufgeschaltet.

Bei den Kapazitätsproben wird der Entladevorgang mit einem entsprechenden Widerstand durchgeführt und mit Spannungs- und Stromschreiber überwacht.

Die Isolationswächter für das Schutzleitungssystem und die Fehlerstromschutzschalter der Räume Klasse 1, 1 E und 2 E werden halbjährlich über die Prüftaste auf Funktion geprüft.

Außerdem wird mit je einem Prüf Widerstand das Ansprechen der Isolationswächter und der Fehlerstromschutzschalter von jeder Steckdose aus geprüft.

Alle zwei Jahre wird der besondere Potentialausgleich in den Op- und Intensivräumen sowie in der Kardiologie überprüft. Die Messung erfolgt mit einem batteriegespeisten Millivoltmeter mit einem Innenwiderstand von  $1\text{ K}\Omega$  und einem Frequenzbereich von 1 KHz.

Innerhalb eines Bereiches von 2,5 m um die zu erwartende Position des Patienten darf keine höhere Spannung als 10 mV bzw. kein höherer Strom als 10 uA bestehen bleiben.

Der Widerstand von  $1\text{ K}\Omega$  dient zur Nachbildung des Patienteninnenwiderstandes. Wie die Nachrechnung ergibt, entsprechen:

$$10\text{ mV} = 1\text{ K}\Omega \times 10\text{ uA.}$$

#### Betrieb und Wartung medizinischer Anlagen und Geräte

Die Technische Verwaltung der MHH ist für die Wartung und Reparatur der medizinischen Geräte und Anlagen zuständig. Der medizinische Geräte- und Anlagenwert beträgt zur Zeit ca. 150 Millionen DM.

Die Gruppe Medizinische Geräte übernimmt folgende Aufgaben:

1. Bei der Neubeschaffung von medizinischen Geräten werden am geplanten Aufstellungsort alle baulichen und technischen Voraussetzungen geprüft.

Hierzu gehört:

- Ist die Belastbarkeit des Fußbodens ausreichend,
- sind die erforderlichen Energieanschlüsse für Elektro, Druckluft, Sauerstoff, Wasser vorhanden,
- ist eine Klimatisierung des Raumes erforderlich, z.B. bei medizinischen Geräten mit EDV-Anlage,
- sind zusätzliche Maßnahmen, wie besondere Ersatzstromversorgung, Potentialausgleich, Strahlenschutz, Explosionsschutz oder ableitfähiger Fußboden, nachzurüsten.

2. Bei dem Einkauf der medizinischen Geräte und Anlagen wird geprüft, ob entsprechend dem Gesetz über technische Arbeitsmittel die allgemeinen anerkannten deutschen Regeln der Technik und der Arbeitsschutz- und Unfallverhütungsvorschriften eingehalten werden. Entsprechend dem Einsatzgebiet und der täglichen Anwendungszeit wird mit dem Arzt abgestimmt, welche Wartungsart mit der Herstellerfirma abgeschlossen werden soll.
  
3. Zur Organisation der Gerätepflege wird in Absprache mit dem Mediziner, dem Hygieniker, dem Krankenpflegepersonal und dem Gerätepflegezentrum die Aufgabenteilung der einzelnen Arbeiten, entsprechend der Hersteller-Anweisung, schriftlich festgelegt.

Zu den Aufgaben gehören:

- Inventarisierung der Geräte
- Dokumentation der Pflege- und Wartungsanweisungen
- Abrüsten der Geräte nach jedem Patienteneinsatz
- Reinigen und Desinfizieren der Geräte
- Funktionsprüfung
- Bereitstellung von Sauerstoff-Flaschen, auch außerhalb der normalen Dienstzeit.

Betrieb und Prüfung der elektrischen Anlagen nach  
weiteren Vorschriften

Hierzu gehören die erstmaligen und wiederkehrenden Prüfungen und Wartungen nach:

- der Niedersächsischen Hochhaus-, Arbeitsstätten-, Versammlungsstätten-, Garagen- und Blitzschutzverordnung,
- verschiedenen VDE-Bestimmungen, DIN-Normen, VDMA-Einheitsblättern, Aufzugsverordnung, Auflagen der Feuerwehr, Wartungsanweisungen der Hersteller und Unfallverhütungsvorschriften des Gemeinde-Unfallversicherungsverbandes Hannover.

Ein Teil der vorgenannten Vorschriften und Bestimmungen ist in der "Vorläufigen Dienstanweisung für die Betriebsüberwachung durch die niedersächsische Staatshochbauverwaltung - DABÜ -" enthalten.

Wir bemühen uns, die Vorschriften aufeinander abzustimmen und auch einzuhalten. Mit Sicherheit sind uns nicht alle Vorschriften, zum Teil in der zuletzt gültigen Fassung, bekannt.

Die Einhaltung sämtlicher Vorschriften, Bestimmungen und Wartungsanweisungen setzt eine EDV-gestützte Arbeitsvorbereitung und ausreichendes technisches Personal voraus.

Werner Wawra  
c/o Medizinische Hochschule  
Technische Verwaltung  
3000 Hannover

## EDV-gestützte Instandhaltung elektrotechnischer Anlagen auch im Krankenhaus?

---

H. Glöckle, Hannover

### 1. Funktionen betrieblicher Instandhaltung

Durch Instandhaltungsmaßnahmen wird

- die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit von Anlagen erhöht,
- die Nutzungsdauer von Anlagen verlängert und damit der betriebswirtschaftliche Substanzverlust verlangsamt.

Eine Anlage muß also so instandgehalten werden, daß sie über die geplante Nutzungsdauer mit der geplanten und benötigten Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit arbeitet.

Sind die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit höher als benötigt, kann der Instandhaltungsaufwand gesenkt werden, sind sie zu niedrig, so müssen geeignete Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

Bild 1 zeigt den Instandhaltungskreis.

Von der Instandhaltungsabteilung sind zwei Aufgaben zu erfüllen:

- a) Die Planung und Durchführung der Instandhaltungsmaßnahmen und
- b) die Erfolgskontrolle durch Auswertung der an den Anlagen und Geräten anfallenden Daten.

Mit welchen Methoden diese Funktionen erfüllt werden können, ob manuell oder EDV-gestützt, ob mit intuitiver Improvisation oder mit einer systematisierten Ablauforganisation hängt von den speziellen Gegebenheiten ab. Das Ziel dieses Vortrags ist es, für den Bereich der elektrotechnischen Anlagen im Krankenhaus die Voraus-

setzungen darzustellen, die für eine EDV-gestützte Instandhaltung erforderlich sind und zu beurteilen, ob und in welcher Weise sich die Einführung einer solchen Organisationshilfe in diesem speziellen Fall lohnt.

## 2. Grundvoraussetzungen für den EDV-Einsatz

Grundsätzlich gilt, daß ein EDV-Einsatz zu erwägen ist, wenn

- große Datenmengen anfallen, auf die häufig zurückgegriffen wird,
- Daten in immer wiederkehrenden Abläufen verarbeitet werden,
- komplizierte Verarbeitungsschritte durchgeführt werden müssen.

Sind diese Kriterien erfüllt, dann ergibt sich ein wirtschaftlicher Nutzen aus dem EDV-Einsatz vor allem durch

- die sichere, fehlerfreie Bereitstellung aktueller Informationen als Grundlage für Entscheidungs- und Planungsprozesse,
- die Optimierung des Personaleinsatzes.

Am Anfang muß also eine Betrachtung der anfallenden Datenmenge und der Verarbeitungsschritte stehen, die mit diesen Daten durchgeführt werden.

## 3. Datenmengengerüst einer Instandhaltungsabteilung

Für die folgenden Betrachtungen wird als Beispiel zuerst die Instandhaltungsabteilung "Hochspannung, Aufzüge, Rohrpost" der Medizinischen Hochschule Hannover herangezogen. Die von dieser Abteilung betreuten Anlagen sind aus Tabelle 1 zu ersehen. Verantwortlich für diese Anlagen ist ein Meister mit ca. zehn Mitarbeitern.

Die einer Terminplanung unterliegenden Instandhaltungsmaßnahmen sind ebenfalls in Tabelle 1 aufgeführt. Es ergibt sich also, daß

- wöchentlich wiederkehrende Maßnahmen  
an ca. 230 Baugruppen
- monatlich wiederkehrende Maßnahmen  
an 6 Anlagen
- vierteljährlich wiederkehrende Maßnahmen  
an 8 Baugruppen
- jährlich wiederkehrende Maßnahmen  
an ca. 120 Baugruppen
- weniger als einmal/Jahr wiederkehrende  
Maßnahmen an ca. 100 Baugruppen

durchzuführen sind. Hinzu kommen noch fortlaufende Maßnahmen, wie Kontrolle der Rohrpostanlagenweichen und Kontrollmaßnahmen am Netz. Voll fremd-gewartete Anlagen wie Aufzüge müssen bei der Terminplanung mit berücksichtigt werden, wenn bei der Durchführung von Arbeiten eigenes Instandhaltungspersonal verfügbar sein muß.

Als Summe ergeben sich für diese Abteilung also etwas mehr als 450 Terminplanungen, die zum Teil als Sammel-aufträge erstellt werden, für wiederkehrende Wartungs- und Inspektionsarbeiten. Diese Arbeiten müssen koordiniert werden mit den anfallenden Instandsetzungen, die schätzungsweise etwa 10-20% der vorhandenen Arbeitszeit in Anspruch nehmen, jedoch naturgemäß eine hohe Priorität besitzen.

#### 4. Der Planungsprozess

Im folgenden soll nun der Informationsbedarf, der dem Planungsprozess zugrunde liegt, näher erläutert werden. Daheben wird dargestellt, wo diese Informationen im betrachteten Beispiel bezogen werden.

Grundlage jeder Planung sind Kenntnisse darüber, welche Anlagen instandgehalten werden müssen. Ein Bestandsverzeichnis gewährleistet, daß z.B. nicht einige Anlagen im Laufe der Zeit bei der Planung übersehen werden. An der Medizinischen Hochschule Hannover ist der Aufbau eines allgemeinen Bestandsverzeichnisses im Gange; gegenwärtig sind jedoch diese Daten nur als Allgemeinwissen in der Abteilung verfügbar.

Für die Instandhaltungsplanung müssen selbstverständlich die Wartungs- bzw. Inspektionsintervalle definiert sein, die oft durch Vorschriften vorgegeben werden. Hierzu gehören auch Informationen über die Qualifikation und Anzahl der für die Ausführung der Arbeit notwendigen Instandhalter. Dieses Wissen ist in unserem Beispiel durch die Kenntnisse und Erfahrungen des für die Planung verantwortlichen Meisters verfügbar.

Das Material, das bei Instandhaltungsarbeiten benötigt wird, muß vorgehalten und im laufenden Betrieb verwaltet werden. Hier ist an der Medizinischen Hochschule Hannover ein EDV-gestütztes Materialwirtschaftssystem im Einsatz, das jedoch vorwiegend die kaufmännische Seite abdeckt, nicht jedoch Daten z.B. über die Zuordnung von Ersatzteilen zu Anlagen usw. enthält.

Bei der Instandhaltungsplanung sind die für jede Anlage gültigen Vorschriften ebenfalls mit zu beachten. Im allgemeinen - wie auch im betrachteten Beispiel - besteht hier bei den Betroffenen eine gewisse Unsicherheit, ob diese Vorschriften tatsächlich alle bekannt sind und in der neuesten Version berücksichtigt werden.

Wie schon aus Bild 1 folgt, ist es zur Beurteilung des Anlagenzustands notwendig und sinnvoll, einen Datenbestand über die an einer Anlage angefallenen Instandsetzungen, also einen "Lebenslauf", zu führen, da sich daraus in Verbindung mit dem Wartungs- und Inspektionsaufwand sowohl Rückschlüsse auf die Effektivität der Instandhaltungsmaßnahmen, gemessen an der angestrebten

Anlagenverfügbarkeit, als auch auf die Kosten, die jede Anlage verursacht, gezogen werden können. Diese Daten sind, soweit es nicht gesetzlich für bestimmte Anlagen anders vorgeschrieben ist, im wesentlichen nur als persönliche Erfahrung der Instandhalter vorhanden und somit nicht quantifizierbar.

Die Planungsarbeiten werden bislang manuell durchgeführt. Größere Probleme waren dabei, bedingt durch die überschaubare Zahl von Anlagen, bisher nicht erkennbar.

5. Welchen Vorteil kann eine EDV-Unterstützung der Instandhaltungsabteilung bringen?

Das bestehende Instandhaltungssystem weist hauptsächlich den Nachteil auf, daß der Informationsrückfluß mit Daten über den Zustand und die Verfügbarkeit der Anlagen, über durchgeführte Maßnahmen sowie dafür benötigtes Material und aufgewendete Zeit nicht ausreichend gewährleistet ist. Damit ist weder eine objektive Erfolgskontrolle der durchgeführten Instandhaltungsmaßnahmen, noch eine Erfassung von Aufwand und Kosten für einzelne Anlagen möglich, obwohl diese Daten für die Betriebsverwaltung und die Leitung der Instandhaltungsabteilung zur Instandhaltungsplanung, Kostenrechnung und Personalplanung von grundlegender Bedeutung sind.

Wenn man davon ausgeht, daß für die Erfassung und Aufbereitung der benötigten Daten gegenwärtig keine Zeit zur Verfügung steht, so muß der EDV-Einsatz so erfolgen, daß diese Zeit an anderer Stelle gewonnen wird. Vorrangig bietet sich hier die Terminplanung und Arbeitsvorbereitung an.

Die wiederkehrende Planung von Instandhaltungsterminen stellt mit einer EDV-Anlage kein Problem dar. Wenn für die auszuführenden Arbeitsschritte zusätzlich realistische Zeitangaben und Angaben über den Personalbedarf gemacht werden, so läßt sich durch ein rechnergestütztes Planungssystem neben der reinen Terminierung von Arbeiten auch die Kapazitätsauslastung der Abtei-

lung mit berücksichtigen. Interessant wird dies vor allem, wenn größere Instandsetzungen vorgenommen werden müssen, und so eine zeitliche Neuplanung, eine sog. dynamische Terminierung, der Inspektions- und Wartungsarbeiten mehrfach notwendig wird. Der Zeitgewinn, der in solchen Fällen durch ein EDV-System im Vergleich zur manuellen Planung erzielt werden kann, wird immer ausreichen, um die relativ geringe Anzahl an notwendigen Rückmeldedaten am EDV-Terminal einzugeben, da im Grunde nur die Planvorgaben bestätigt und evtl. einige Zusatzinformationen wie z. B. Ersatzteilnummern benötigt werden.

Weitere Rationalisierungseffekte, z. B. durch sofort verfügbare Informationen über den Lagerbestand benötigter Ersatzteile usw., sind bei einem EDV-Einsatz in unserem Fall kaum zu erwarten, da die Anzahl der elektrischen Anlagen, die von der betrachteten Abteilung instandgehalten werden, noch zu gering ist.

Der Nutzen, der sich aus der Einführung einer EDV-gestützten Instandhaltung für die elektrotechnischen Anlagen im betrachteten Beispiel somit ergibt, besteht in einer Verbesserung der Informationsbasis über den Zustand und den Lebenslauf der Anlagen. Die Hauptnutznießer sind die technische Leitung der Instandhaltungsabteilung sowie die Betriebsverwaltung, da sie Informationen erhalten, die ihnen in dieser Form bisher nicht zur Verfügung stehen und ihnen eine verbesserte und objektivierete Übersicht über die Instandhaltungsaktivitäten und den Erfolg ergriffener Maßnahmen geben. In der betroffenen Abteilung wird sich durch eine EDV-Einführung eine gewisse Aufgabenverschiebung von Planungsaufgaben zu Rückmeldungen und damit verbunden zur Tätigkeitsanalyse ergeben.

## 6. Einbeziehung medizintechnischer Geräte in die EDV-unterstützte Instandhaltung

Bezieht man neben den elektrotechnischen Anlagen zur allgemeinen Energieversorgung, wie sie bisher betrachtet wurden, auch die medizintechnischen Geräte mit in die Betrachtung ein, so ergibt sich ein wesentlich anderes Bild. An der Medizinischen Hochschule Hannover sind mehrere Tausend medizintechnischer Geräte im Einsatz, die zum Teil von der Instandhaltungsabteilung "Medizinische Geräte" betreut oder durch die Herstellerfirmen über Wartungsverträge instandgehalten werden. Allein bedingt durch die große Zahl der Geräte und dem damit verbundenen Datenaufkommen, ist eine manuelle Bearbeitung ohne EDV-Hilfe nicht sinnvoll. Während im vorher betrachteten Beispiel über eine EDV-Einführung letztlich die Frage entscheidet, ob die Nutznießer den erzielbaren Nutzen so hoch einschätzen, daß sie die Kosten zu tragen bereit sind, jedoch kein unmittelbarer Zwang zu einer Änderung des bestehenden Systems besteht, kann man im Falle der elektromedizinischen Geräte von einem solchen Zwang ausgehen.

## 7. Beschaffung der EDV-Hilfsmittel

Die Einführung einer EDV-gestützten Instandhaltung erfordert die Beschaffung geeigneter Rechner und - was meist noch schwieriger ist - die Auswahl bedarfsge-rechter Programme. An die Software sind dieselben Qualitätsforderungen zu stellen, wie sie auch sonst an Produkte gestellt werden, d. h., neben dem günstigen Preis-Leistungsverhältnis, hohe Wartungsfreundlichkeit, Ausbaufähigkeit und nicht zuletzt eine ausreichende Garantie.

Ebensowenig wie am Markt verfügbare Geräte in der haus-eigenen Werkstatt noch einmal entwickelt werden, sollte man sich darauf einlassen, dies im Bereich der Soft-ware zu tun - zumindest nicht, wenn man als Ziel auch hier eine hohe Verfügbarkeit bei niedrigen Instandhal-tungskosten anstrebt.

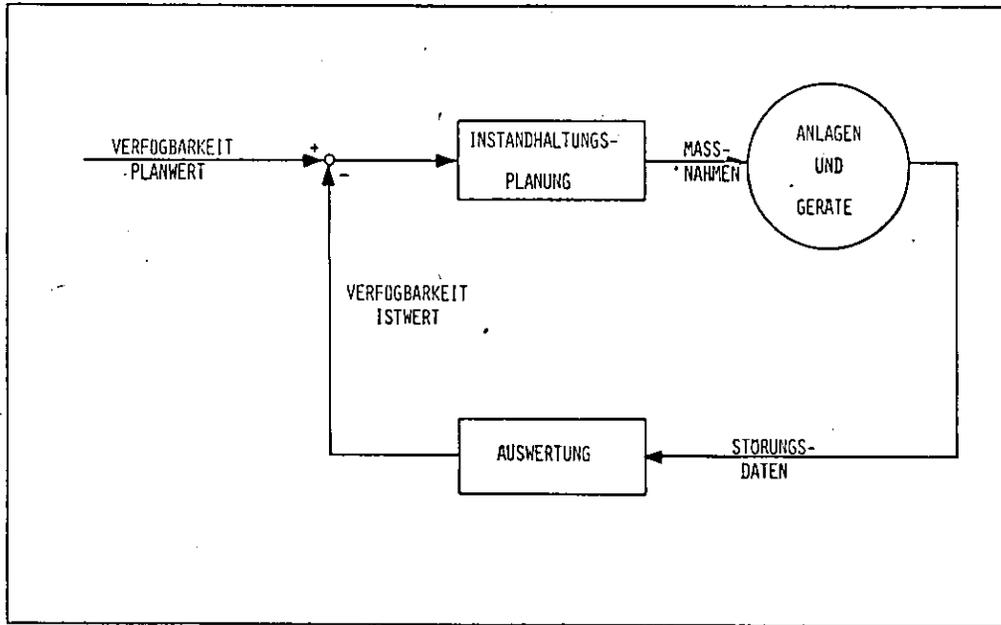


Bild 1: Instandhaltungsregelkreis

Anlagen	Anzahl	Baugruppe	Anzahl	Maßnahme	Zeitabstand	eigen/fremd
Hochspannungs-Anlagen	15	Hochspannungsleistungsschalter Netzschutz Batterien, 110 V (für Fernsteuer.)	80	prüfen	5 Jahre	fremd
			15	prüfen Kapazitätsprüfung Säure/Wasser	5 Jahre 1x/Jahr	fremd eigen
		40	Inspektion	1x/Woche 1x/Jahr	eigen eigen	
Notstrom-Diesel	6	Notstrom-Diesel	6	Probelauf	1x/Monat	eigen
				Ölwechsel	1x/Jahr	eigen
		Pressluftflaschen Tank		Wasserwechsel prüfen	2 Jahre 5 Jahre	eigen fremd
Netz		Kabel etc.		Sichtkontrollen u. Wartungsmaßnahmen	1x/Monat	eigen
Notbeleuchtung	50	Batterien	60	Kapazitätsprüfung Säure/Wasser	1x/Jahr	eigen
			8	Kapazitätsprüfung Säure/Wasser	1x/Woche 4x/Jahr	eigen eigen
		OP-Batterien			1x/Woche	eigen
Stromerzeug.-Aggregate				Vollwartung	2 1/2 Jahre 20 000 Betriebsstd.	fremd
	- UBF	1	}	Vollwartung	50 000 Betriebsstd.	
	- Bettenhaus - Kinder-Klinik	1				
Netz		FI-Schutz	150	prüfen	1x/Woche	eigen
Aufzüge	123			Inspektion		fremd (w.-Vertrag)
Rohrpost-Anlagen		Rohrpost-Anl.-Weichen	400	Inspektion	fortlaufend	eigen/fremd

Tabelle 1: Instandhaltungsarbeiten einer elektrotechnischen Abteilung

Dr.-Ing. H. Glöckle  
 Medizinische Hochschule Hannover  
 Abt. für Biomedizinische Technik  
 speziell Krankenhaustechnik  
 Postfach 610 180  
 3000 Hannover 61

Welche Qualifikation sollte das technische Personal einer technischen Abteilung im Krankenhaus haben?

---

von M. Ellrich, Gießen

In Beantwortung dieser Frage möchte ich mich wie folgt einschränken: Sie soll sich beziehen auf Krankenhäuser in der Größenordnung von 300 bis 600 Betten beziehungsweise auf die Betreuung mehrerer Krankenhäuser unterhalb der genannten unteren Bettenzahl, und sie soll sich auch auf die technische Leitung beschränken.

1. Welche Qualifikation ist für die technische Leitung erforderlich?

Hier muß ich zurückkommen auf die Zahlen, die ich in einem Vortrag an anderer Stelle bereits genannt habe. Nehmen wir als Beispiel das Krankenhaus mit 500 Betten, so wird nach heutigen Maßstäben mit einem Technikanteil von etwa 70 Mio. DM in diesem Haus zu rechnen sein. Die Energiekosten in einem solchen Gebäude werden im Jahr ca. 1,5 Mio. DM betragen. Die Kosten für Instandhaltung und Betrieb werden zwischen 2 und 3 Mio. DM liegen. Angesichts dieser Zahl liegt es für mich auf der Hand, daß für die verantwortliche Leitung des technischen Betriebs eine Ingenieurqualifikation notwendig ist. Ob diese nun auf schulischem Weg oder durch entsprechende Befähigung und praktische Tätigkeit erworben wurde, sei zunächst hintangestellt.

2. Ausbildung - Fortbildung

Meines Wissens ist die Fachhochschule Gießen zur Zeit die einzige Hochschule in Deutschland, an der Ingenieure für Krankenhausbetriebstechnik ausgebildet werden. Wir haben diese Ausbildung im Jahre 1972 aufgenommen und mittlerweile haben etwa 80 Ingenieure erfolgreich dieses Studium abgeschlossen. Über den Berufsweg aller Absolventen haben wir im Moment keine exakten Zahlen; diese werden jedoch in ca. einem halben Jahr vorliegen. Nach meiner Vermutung - bzw. etwas konkreter gesagt - nach meinen subjektiven Informationen dürfte etwa die Hälfte unserer Absolventen als technische Leiter in Krankenhäuser gegangen sein. Der zweite Teil ist heute in Planungsbüros oder Behörden tätig. Das Echo, was wir von

draußen erhalten, ist ausgesprochen positiv, das heißt, wir fühlen uns bestärkt darin, daß wir mit dieser Ausbildungsrichtung auf dem richtigen Weg sind. Die Nachfrage ist seit Jahren größer als die Anzahl der Absolventen, die unsere Hochschule verlassen.

Aus vielen Gesprächen mit Ingenieuren, die heute in Krankenhäusern als Technische Leiter tätig sind, und die eine andersartige Ingenieurausbildung - beispielsweise als Elektroingenieur oder Maschinenbau-Ingenieur - sowie Berufserfahrungen in der Industrie hinter sich hatten, ehe sie die Stelle im Krankenhaus angetreten haben, weiß ich, daß von diesen das Fehlen geeigneter Fortbildungsmöglichkeiten besonders beklagt wird. Logischerweise haben diese Ingenieure in den ersten Jahren besondere Probleme mit zunächst für sie artfremden Techniken, aber auch mit dem Verständnis für die komplexe Funktion eines Krankenhauses, seiner Hierarchie, seinem Rechnungswesen u.ä. Es gibt zwar sporadisch Fortbildungsveranstaltungen, wie beispielsweise auch diese hier in Hannover, jedoch können diese Veranstaltungen nur sehr spezielle Informationen und keine abgeschlossene Behandlung eines Fachgebietes bieten. Hier ist in der Tat eine Lücke, die es zum Beispiel über Fernstudium oder mehrwöchige Seminare auszufüllen gilt.

### 3. Einstufung - Höherstufung

In Anbetracht der schwierigen und verantwortungsvollen Aufgabe, die einem Technischen Leiter in einem Krankenhaus zukommt, ist es umso erstaunlicher, wie schlecht teilweise diese Verantwortung entlohnt wird, insbesondere, wenn man auch die enorme psychische und physische Belastung berücksichtigt. Wenn wir das Krankenhaus der Versorgungsstufe 2 mit 500 Betten als Maßstab nehmen, so bin ich der Meinung, daß es keine Utopie sein kann, hier für einen Technischen Leiter die Besoldungsstufe BAT II a zu verlangen. Daß dies möglich ist, weiß ich, jedoch tun sich hier insbesondere kommunale und staatliche Krankenhausträger sehr schwer. Mir scheint es manchmal auch so, daß eifersüchtiges Konkurrenzdenken von Verwaltungsleitern im einen oder anderen Fall die entscheidende Gehaltsbremse darstellt.

#### 4. Bedarfszahlen

Eine repräsentative bundesweite Erfassung des Bedarfs an Krankenhaus-Ingenieuren ist meines Wissens bisher nicht vorgelegt worden. Ich kann daher nur etwas nach meiner subjektiven Einschätzung sagen, was bereits vorhin angeklungen ist, nämlich, daß auf absehbare Zeit der Bedarf nach qualifizierten Ingenieuren im Krankenhaus nicht abgedeckt werden kann. Dies ist eine Chance für alle die, die bereits dort tätig sind, auch im Hinblick auf das, was zur Gehaltsentwicklung gesagt worden ist.

Autor:

Prof. Dr.-Ing. Manfred Ellrich  
FB-Technisches Gesundheitswesen  
Fachhochschule Gießen  
Wiesenstrasse 14  
6300 Gießen

Qualifikation des Personals einer Technischen Abteilung  
im Krankenhaus aus der Sicht Betriebstechnischer Dienste

von O. Körtge, Göttingen

1. Aufgaben Betriebstechnischer Dienste

Bevor Ausbildung, Fortbildung, Einstufung, Höherstufung und Bedarfszahlen erörtert werden, ist kurz zu umreißen:

- was sind die Aufgaben Betriebstechnischer Dienste?
  - wie sind sie aufgrund ihrer Aufgabenstellung gegliedert?
- Hiervon sind Bedarf, Ausbildung und Einstufung in erheblichem Maße abhängig.

Von Betriebstechnischen Diensten (BTD) wird gefordert:

1. Die Nutzungsfunktion ist zu erfüllen und je nach Nutzungsart in einem höheren oder geringeren Grade zuverlässig zu gewährleisten.
2. Sicherheit gegen Gefahren für Leib und Leben ist zu garantieren.
3. Ein wirtschaftlicher Einsatz von Haushaltsmitteln ist sicherzustellen.

Aus den vorgenannten Forderungen und der Wertung ihrer Bedeutung ergeben sich die Aufgabenstellung an die BTD und der Aufgabenumfang.

Die Hauptaufgaben (oder "ständigen" Aufgaben) sind:

1. Betätigen (nach VDI 3801 (1)),
2. Inspektion und Warten,
3. Instandsetzen und Ersatz sowie
4. Änderung, Ergänzung, Erweiterung und Erwerb.

Diese Tätigkeiten haben sicherzustellen, daß eine den Vorgaben entsprechende Nutzung gewährleistet ist. Sie werden an den bekannten gebäudetechnischen Anlagen ausgeübt, auf deren Anführung hier verzichtet werden kann.

Neben den genannten "ständig" auszuübenden Hauptaufgaben sind "zeitweise" Aufgaben und (je nach Struktur und Organisation der Hochschule oder des Klinikums) auch Sonderaufgaben zu erfüllen.

Zu diesen "zeitweise" anfallenden Aufgaben gehören:

1. Übernehmen und Inbetriebnehmen,
  2. Außerbetriebnehmen und Ausmustern,  
sowie im Bereich des Instandsetzens (nach VDI 3005 (2))
  3. "mittlere" und "große" Instandsetzung (soweit hierfür nicht andere Stellen, bspws. die Bauverwaltung, tätig werden).
- Zu den Sonderaufgaben können bspws. die Betreuung des Gerätebereiches (einschl. des medizin. Gerätes) und der Betrieb zentraler "wissenschaftlicher" Werkstätten gehören.

Aus Aufgabenumfang und Größe des zu betreuenden Objekts (Anlagenumfang) ergeben sich der Personalbedarf und die Organisation der Betriebstechnischen Dienste.

Aus der Sicht des Betreibers wird daher für die Darlegung die Reihenfolge  
Bedarfszahlen/ Ausbildung/ Einstufung/ Höherstufung/ Fortbildung  
gewählt.

## 2. Bedarfszahlen

Der Personalbedarf läßt sich grob über Bedarfszahlen ermitteln, die sich an Anlagenwerten oder Hauptnutzflächen orientieren, wie bspws. in der Empfehlung des ATV des ZHB (3). Diese Zahlen geben jedoch nur einen groben Anhalt. Sie beziehen sich meist nur auf Betätigten (Bedienen), Inspektion und Warten (n. VDI 3801) und schließen bspws. selbst das für die zentralen Ver- und Entsorgungseinrichtungen benötigte Personal nicht ein.

Der an Hand derartiger Parameter ermittelte Personalbedarf ist im allgemeinen nicht ausreichend, wenn alle Aufgaben so erfüllt werden sollen, wie dies heute Rechts- und Verwaltungsvorschriften vorschreiben. Außerdem sind den so ermittelten Bedarfswerten die sehr erheblichen Ansätze zuzuschlagen, die sich aus der Wahrnehmung der o.a. anderen Aufgabenbereiche (Instandsetzen, Ersatz, Änderung, Ergänzung, Erweiterung, Erwerb) zwangsläufig ergeben.

Eine zuverlässige Ermittlung des Personalbedarfs ist daher nur möglich, wenn eine Bestandsaufnahme der Anlagen vor Ort und auf dieser Grundlage eine Betriebsplanung (insbesondere für Betätigten, Inspektion und Warten) durchgeführt wird.

Diese Betriebsplanung muß Ansätze bringen für

- planbare, zu erledigende Arbeiten,
- planbare, jedoch aufgrund der Prioritätenbildung nicht zu erledigende Arbeiten sowie
- nicht vorplanbare Arbeiten, wie bspws. Instandsetzungen, Änderungen, Erweiterungen usw., für die ein Verfügungsansatz nach Mannjahren und Gewerken (bzw. Ing.-/Meister-Bereichen) aufgrund langjähriger Feststellungen gemacht werden muß.

Das Ergebnis einer derartigen Ermittlung wird in vielen Fällen die zunächst negative Feststellung sein, daß allen Anforderungen (Rechts- und Verwaltungsvorschriften, Nutzerforderungen usw.) nicht entsprochen werden kann. Die positive Auswirkung müßte die Erkenntnis sein, daß aufgrund betriebs- und volkswirtschaftlicher Überlegungen eine Reduzierung der Anforderungen (auch in Rechts- und Verwaltungsvorschriften) erfolgen muß und auch Nutzerwünsche kritischer zu überprüfen sind.

Unter Berücksichtigung dieser Einschränkungen müssen die BTB, die normalerweise heutzutage bereits Inspektion und Wartung nicht mehr den Vorschriften entsprechend erfüllen können, einen Prioritätenkatalog erhalten, der -weil er auf die vorgegebene Kapazität abgestimmt wird- zu mehr Sicherheit und Effektivität führt, aber auch das nicht zu bewältigende Volumen und die hieraus entstehenden Folgen nachweist. Zweifellos gibt es bei den dann wegfallenden Arbeiten jedoch auch in größerem Umfange Tätigkeiten, die z.Zt. zwar vorgeschrieben, aber nicht unbedingt notwendig sind.

Nicht unberücksichtigt bleiben darf bei der Bedarfsermittlung die Frage, inwieweit die zu erledigenden Arbeiten als Eigen- oder Fremdleistungen erbracht werden. Grundsätzlich sollten "Stoß"-Belastungen (bei Planung und Instandhaltung) durch Fremdvergabe abgedeckt werden sowie Arbeiten, die spezielle Kenntnisse (und z.T. auch Risiken) beinhalten. Es gibt darüberhinaus noch verschiedene Gründe, die die Vergabe von Fremdleistungen erforderlich machen, zumindest aber wünschenswert erscheinen lassen. Ihre Erörterung würde hier jedoch zu weit führen.

aus dem festgestellten speziellen Bedarf (an Personal und

ABB. 1: GRÖSSENORDNUNGEN ( A/B/C ) DER BTD

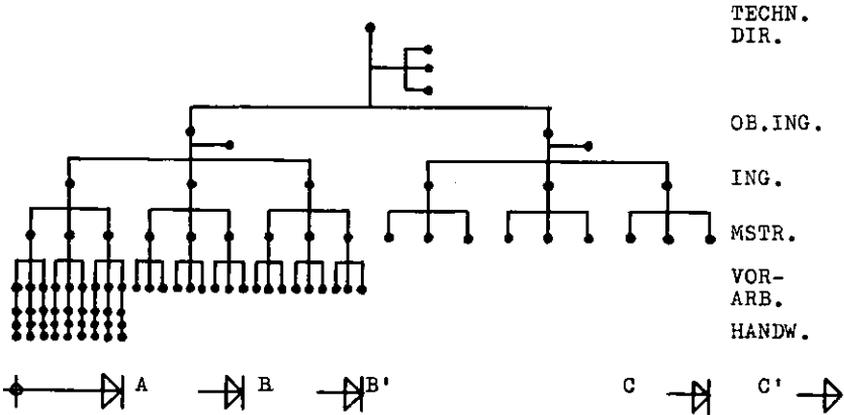
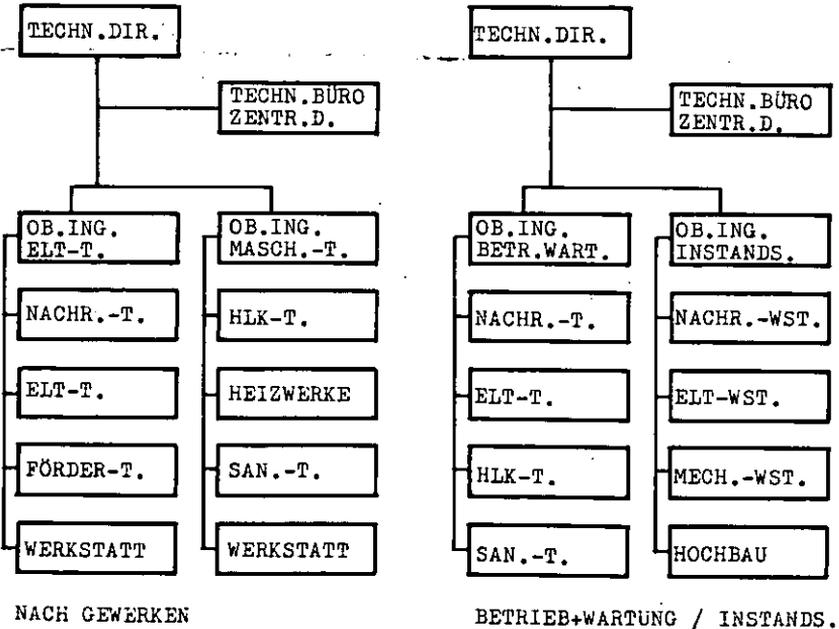


ABB. 2: GLIEDERUNGSMÖGLICHKEITEN



Mitteln für Fremdleistungen), der von den Aufgaben (bzw. Anforderungen) sowie von Anlagen-Umfang und -Struktur bestimmt worden ist, ergeben sich Größeaordnung u. Gliederung der BTD (siehe Abb. 1 und 2). Hierbei ist im Normalfall bei Kliniken und Hochschulen (im Gegensatz zu Produktionsstätten) nur eine Gliederung nach Gewerken zweckmäßig.

### 3. Ausbildung

Aus dem Aufgabenumfang und damit der Organisation der jeweiligen BTD ergeben sich die Ausbildungsanforderungen für Ingenieure, Meister/Techniker und Facharbeiter. Auf die Behandlung der ebenfalls benötigten Verwaltungs-, Schreib- und Sonderdienste muß wegen der Kürze der Darstellung verzichtet werden. Aus dem gleichen Grunde kann auch auf die einzelnen Fachrichtungen der Ingenieure und Ausbildungsberufe nicht eingegangen werden. Generell ist jedoch festzuhalten:

1. Die Hauptaufgabe Betrieb (Betätigten mit Entstörung und Instandhaltung) macht es erforderlich, daß fast ausschließlich erfahrenes Personal beschäftigt und in der Regel auch eingestellt wird. Dies gilt sowohl für Ingenieure als auch für Meister und Handwerker. Es hat mit zur Folge, daß es zweckmäßig ist, mancherorts auch auf im Normalfall Universitätsingenieuren vorbehaltene Stellen (BAT-Verg.Gr.) Fachhochschulingenieure einzusetzen, da einerseits deren Studiengang praxisorientierter ist und andererseits für die unteren, den TU-Ingenieuren vorbehaltenen Vergütungsgruppen Universitätsingenieure mit entsprechender Erfahrung infolge der Höhe der gebotenen Vergütung nicht gewonnen werden können.
2. Bei Handwerkern ist der Einsatz von erfahrenem Personal notwendig, da der Handwerker der BTD weitgehend zu selbständiger Entstörung ( und dies insbesondere im Rufbereitschaftseinsatz außerhalb der normalen Dienstzeit) eingesetzt werden muß.
3. Für Meister und insbesondere Ingenieure ist darüberhinaus zu beachten, daß nicht nur fundierte Fachkenntnisse vonnöten sind, Beurteilungs- und Entscheidungsfähigkeit vor Ort sondern auch die Fähigkeit, Tatbestände im Schriftverkehr (bei Übernahmen, Gewährleistungverfolgung usw.) ana-

lytisch klar, schlüssig und zäh vorzutragen, um das notwendige Ergebnis zu erreichen. Zu bedenken ist hierbei, daß zwar bei größeren Technischen Abteilungen auch schon eine gewisse fachliche Spezialisierung möglich wird, aber dennoch auf der Hersteller- und selbst Ersteller-Seite vergleichsweise hoch spezialisierte Ingenieure gegenüberstehen. Außerdem gehört leider auch eine gewisse Anpassungsfähigkeit an die für einen "Betrieb" in vielen Fällen kaum tragbaren, oft zu starrem Verwaltungsverfahren dazu, da im Regelfall nur über diese der vom Dienstherren geforderte Erfolg erreicht werden kann.

#### 4. Einstufung

Die Einstufungsmöglichkeiten werden von den Tätigkeitsmerkmalen und zugeordneten Vergütungs-/Lohngruppen der Tarifverträge bestimmt. Grundsätzlich gesehen erscheint die Eingruppierung der einzelnen Tätigkeitsgruppen (TU-Ingenieure, FH-Ingenieure, Meister/Techniker, -Handwerker) richtig geregelt (Abb 3).

Unbefriedigend sind jedoch:

1. Eine zu starke Abgrenzung zwischen den Bereichen der TU- und FH-Ingenieure. Hier müßte - analog zur Bewertung in der Industrie - eine größere Durchlässigkeit geschaffen werden, die selbstverständlich bei den für die betr. Stelle in Frage kommenden FH-Ingenieuren dann auch eine gleichwertige Leistung und Verwendbarkeit voraussetzt (siehe auch Abschn. 2.3).
2. Die bestehenden Tätigkeitsmerkmale für Meister/Techniker und insbesondere für Handwerker sind nicht ausreichend differenziert. Sie müssen erheblich erweitert und verfeinert werden, um den im Vergleich zu Bau (Erstellung) und Herstellung komplexeren Betriebserfordernissen gerecht werden zu können. Insbesondere gilt dies bei den Handwerkern für die MTL-Gruppen VII bis IX.

#### 5. Höherstufung

Eine Höherstufung ist innerhalb der jeweiligen BTB nur in sehr geringem Maße möglich: im Meisterbereich kaum, im Ingenieurbereich sehr beschränkt (Ing./Obering.), im Handwerkerbereich weitaus am meisten, da hier aufgrund der Stellenan-

**ABB. 3: TARIFLICHE EINGRUPPIERUNG  
DES BEI DEN BTD BENÖTIGTEN PERSONALS**

AUSBILDUNG					VERGÜTUNG			ORGANIS. EBENE				
TU-ING.	FH-ING.	MEISTER (1)	HANDWERKER	VERW. ANG. (2)	BEAMTEN- BESOLDUNG	ANGEST. BAT	HANDWERKER MTL	TECHN. DIR.	OB. ING.	ING.	MEISTER (1)	HANDWERKER
■					A 16	I		■				
■	▨				A 15	Ia		■	▨			
■	▨				A 14	Ib			■			
■	▨				A 13	IIa			■	▨		
	▨				A 12	III				▨		
	▨				A 11	IVa				▨	▨	
	▨				A 10	IVb				▨	▨	
	▨				A 9	Va					▨	
		▨		▨	A 9	Vb					▨	
		▨		▨	A 8	Vc	IX				▨	▨
		▨		▨	A 7	VIb	VIIIa				▨	▨
		▨		▨	A 6	VII	VIII					▨
		▨		▨	A 5	VIII	VII					▨
			▨	▨	A 3	IXb	VI					▨
			▨		A 2		V					▨

1 MEISTER + TECHNIKER

2 VERW. ANG. + SCHREIBKR. + TELEF. VERMITTLUNG



KERNBEREICH



NEBENBEREICH

zahl höherwertigere Tätigkeiten leichter erreicht werden können. Die Folge ist - auch als Auswirkung zu lang wählender Verfahren bei Stellenhebungen - ein Ausweichen befähigterer Mitarbeiter auf Meister- und Handwerker-Ebene in den stellenmäßig bevorzugten "wissenschaftlichen" Bereich.

Weitere Mißverhältnisse können sich durch die Einführung und Praktizierung der sogenannten "Bewährungsaufstiege" ergeben. Überhaupt ist anzumerken, daß dem Leistungsprinzip (Berücksichtigung von Mehr- oder Minderleistung) nicht so entsprochen werden kann, wie das im Gesamtinteresse der Aufgabenerfüllung notwendig wäre. Auf verschiedenen Gebieten verschiebt sich daher der Leistungswettbewerb zugunsten der Fremdleistung, die oft zu effizienteren Ergebnissen führt.

#### 6. Fortbildung

Die Fortbildung wird im gesamten technischen Bereich (für alle Ebenen: Ingenieure, Meister/Techniker, Handwerker) grob vernachlässigt. Die Industrie ist sich der "Halbwertzeiten" bewußt und betreibt im Unternehmensinteresse konsequent Fortbildung (s.a.VDI 3004 (4)). In der öffentlichen Verwaltung steht hingegen einer Fortbildung der BTD oft das kameralistische, falsch verstandene Sparsamkeitsdenken entgegen.

Während für die Ausbildung der Handwerker - zumindest im Zusammenhang mit der Übernahme neuer Anlagen - durch Entsendung zu Einweisungskursen bei den Herstellerfirmen noch etwas getan wird, unterbleibt die gezielte Fortbildung bei Meistern und Ingenieuren nahezu ganz. Das Halten von Fachzeitschriften und die Beschaffung von Fachliteratur (oft völlig unzureichend) ist hierfür kein Ersatz. Im Interesse eines wirkungsvollen Einsatzes des mit hohen Kosten verbundenen eigenen Personals müssen mittelfristig geplant Weiterbildungsmöglichkeiten (durch Kurse, Lehrgänge) geschaffen werden, die eine umfassende Einführung in neue Technologien oder mit Schwerpunktbildung die Aktualisierung alter Kenntnisse gestatten. Hierzu müssen in 4 Bereichen (Ebenen) Fortbildungsveranstaltungen durchgeführt werden:

1. Im Bereich der BTD durch eigene Kräfte.
2. Zentral im Bereich der Hochschulen/Kliniken durch Bedien-

stete der Hochschulen (oder auch Fremdkräfte).

3. Zentral im Bereich des Landes (für Angehörige der BTD, Bauverwaltung usw.).
4. Bei Herstellern (und ggf. Erstellern) als Spezialeinweisungen (auch insbesondere mit praktischen Bedienungs- und Entstörungen-/Instandsetzungs-Anleitungen).

Zu beachten ist ferner, daß in stärkerem Maße als bisher bei Investitionen (Bau- und Liefer-Aufträgen) gründlichere Einweisungen und Schulungen als Nebenleistung mit verlangt oder zusätzlich beauftragt werden.

#### 7. Zusammenfassung und Ausblick

Eine Betrachtung des Ist-Zustandes Betriebstechnischer Dienste nicht nur in Kliniken sondern allgemein in der öffentlichen Verwaltung zeigt, daß

- der Personal- (und Mittel-) Bedarf nicht adäquat zum derzeitigen Aufgabenumfang gedeckt werden kann,
- die Anforderungen in Rechts- und Verwaltungsvorschriften überprüft und den vorgegebenen Kapazitäten angepaßt werden müssen,
- Bestandsaufnahmen und Instandhaltungsplanungen Voraussetzungen durch Prioritätenbildung für einen sichereren, aber auch effizienteren Betrieb schaffen können,
- in Haushalts- und Personalvorschriften Erleichterungen für die Betriebsführung geschaffen werden müssen und
- der Fortbildung erhöhte Bedeutung zukommt.

#### Anmerkungen:

1. VDI 3801 (Entwurf 10.1979):  
Betreiben von Raumlufotechnischen Anlagen.
2. VDI 3005 (10.1977):  
Organisation der Instandhaltung
3. Empfehlungen des Arbeitskreises "Technische Versorgung" des Zentralarchivs für Hochschulbau zur Ermittlung des Personalbedarfs Zentraler Betriebstechniken an wissenschaftlichen Hochschulen (10.80) in: HIS, Kurzinformationen Bau und Technik (März 1981).
4. VDI 3004 (Entwurf 7.1978):  
Personalplanung im Instandhaltungsbereich.

Dipl.-Ing. Dipl.-Arch. Otto Körtge  
Gutenbergstraße 47, 3400 Göttingen

Welche Qualifikationen sollte das Personal einer Technischen Abteilung im Krankenhaus haben?

Ausbildung, Fortbildung

Einstufung, Höhergruppierung

Bedarfszahlen

von H.Ruttkowski, Hamburg

### Einleitung

Ein Kurzreferat über dieses umfangreiche und explosionsgeladene Thema zu halten ist fast unmöglich, denn in der nachfolgenden Podiumsdiskussion sollen ja nicht nur die Schlagwortthemen für die Führungsebene der Technischen Leitung, sondern schlechthin über die Qualifikation des gesamten technischen Personals gesprochen werden. Lassen Sie mich, wie im Programm gegliedert, meine Ausführungen nach dieser Vorgabe vortragen:

### Ausbildung

Das Berufsbild des Krankenhaus-Betriebs-Ingenieurs hat Herr Prof. Ellrich als Inhaber eines Lehrstuhles am Institut für Krankenhausbetriebstechnik in Gießen bereits dargelegt. Aus der Sicht eines 18 Jahre im-Krankenhaus-tätigen-Technischen Leiters-würde-ich-sehrwohl meinen, daß die Führung einer Technischen Abteilung einem Kollegen mit einer derartig breitgefächerten Ausbildung wie die der Krankenhaus-Betriebs-Ingenieure am optimalsten sein dürfte. Die Zeit, in der der früher zur See gefahrene Schiffingenieur das Ruder der Technischen Abteilung in der Hand hat, wird langfristig vorbei sein. Wenn es überhaupt eine Alternative gibt, dann bleibt der Dipl.Ingenieur der allgem. Elt. oder des Maschinenbaues. Die neuen Ausbildungsberufe wie Ingenieur für Biomedizinische Technik oder Ingenieur für Umwelt- und Hygienetechnik sind m.E. in ihrer Ausbildung in Theorie und Praxis für die Leitung einer Technischen Abteilung zu einseitig. Als Mitarbeiter und Gruppenleiter für das weite Feld der Betreuung der med.-techn. Geräte ist der Bio-Ing. eine wünschenswerte Ergänzung.

Eine der für die Technische Abteilung wichtigsten Mitarbeiterebenen ist die der Meister. Selbst bei einem kleinen Krankenhaus, ab ca. 300 Betten, sollte mindestens ein Meister für das Elektroh Handwerk (ausgenommen, wenn der Technische Leiter aus diesem Fach kommt) und ein Meister

des allgemeinen Maschinenbaus, der auch allgemeine Haustechnik und die vereinfachten hochbaulichen Aufgaben abdeckt, vorhanden sein. Gerade der Meister ist für die tägliche Praxis der direkte Ansprechpartner von den Krankenstationen und Verwaltungsabteilungen zum einen, von den Fachmeistern der Fremdfirmen zum anderen. Er ist derjenige, der den Arbeitsumfang ermittelt und bei der Eigen- oder Fremdinstandsetzung die ordnungsgemäße Bauüberwachung durchführt.

Daß wir heute wieder tüchtige Handwerker, die ihr Fach verstehen und bereit sind, für die vom Träger festgesetzten Tarife zu arbeiten, einstellen können, ist durch die Arbeitsmarktlage bedingt.

### Fortbildung

Die Fortbildung, die fast immer mit einem finanziellen Aufwand für das Krankenhaus verbunden ist, beschränkt sich in wohl den meisten Fällen aus Informationen der Fachzeitschriften. Auch hier werden für die Technische Leitung vom Krankenhaus nur selten spezielle Fachliteraturen aus Sparsamkeitsgründen angeboten. Die Anträge der Techniker für den Besuch von Fachmessen, wie z.B. der Interhospital, der Sanitär-Heizung-Klimamesse in Frankfurt oder andere Spezialausstellungen sowie die Teilnahme an Fachtagungen wie dieser hier in Hannover oder den Technischen Akademien in Esslingen und Wuppertal fallen aus Kosteneinsparungsgründen immer häufiger dem berühmten Rotstift der Verwaltung zum Opfer.

Da aber im heutigen schnellebigen Zeitalter der Technik - dem Zeitalter der techn. Gesetze, Verordnungen und Normungen - für eine wirtschaftliche Wartung und Instandsetzung bei Neuinvestitionen von techn. und med.-techn. Anlagegütern sowie im Bereich der Gebäudetechnik der Techn. Leiter - und möglichst auch das Meisterteam - ein umfangreiches Fachwissen haben muß, ist ein ständiges Weiterbilden und Arbeiten an sich selbst unerlässlich. Es genügt nicht, aus der großen Flut der angebotenen Fachliteratur die bestehenden techn. Probleme zu analysieren, sondern durch das Gespräch, durch die Diskussion, durch das gemeinsame intensive Nachdenken wird sich die optimale Lösung ergeben.

Diesen Wunsch nach Erfahrungsaustausch, nach der gemeinsamen Problemlösung, haben viele meiner Kollegen mit mir gleich gehabt. Aus diesem

Grunde haben sich vor einigen Jahren viele Technische Leiter überregional, d.h., bundesweit zu einem Interessenverband, der "Fachvereinigung Krankenhaus-Technik e.V." - FKT -, zusammengeschlossen. Wenn- gleich auch wir eine Fachzeitschrift, die "Krankenhaus-Technik" als offizielles Organ ausgewählt haben, so ist die eigentliche Basisarbeit in den Regionalgruppen zu finden. Bei 5 - 6 sogenannten kleinen Tagungen p.a. werden die technischen Themen und Problemstellungen vorher von den Mitgliedern selbst aufgeworfen, um dann bei den Zusammenkünften mit Fachleuten diese zu analysieren und mit den Kollegen gemeinsam zu diskutieren - Erfahrungsaustausch -. Der große Vorteil dieser Regionaltagungen der FKT liegt darin, daß relativ kurze Anfahrtswege notwendig sind und damit Übernachtungskosten für den Träger entfallen. Der Informationsgrad dieser Veranstaltungen ist m.E. durch das persönliche Gespräch und den direkten Kontakt mit Kollegen, jeder berichtet von seinen vielen guten und schlechten Erfahrungen aus dem Bereich der Technik, besonders hoch einzustufen.

### Bedarfszahlen

Lassen Sie mich vor dem Thema "Einstufung und Höhergruppierung" zunächst das Problem der Bedarfszahlen aussprechen.

Um es vorweg zu sagen, es gibt keine beweisbare Formel für die Errechnung der Anzahl der Mitarbeiter für eine Technische Abteilung. Die Vielfältigkeit der Einflußgrößen, die den Personalbedarf mitbestimmen, sind so groß und je Krankenhaus so unterschiedlich, daß für die Bemessung der Bedarfszahlen für die haustechnischen Berufe wohl gewisse Berechnungsgrundlagen vorhanden sind, für die Bereiche Technisches Büro (mit oder ohne techn. Einkauf), Bauhandwerk, Betreuung med.-techn. Geräte, Instandhaltung Fuhrpark usw. auf Erfahrungswerte zurückgegriffen werden muß. Was ist eigentlich der richtige Bedarf? Kann es nicht sein, daß nur einige wenige hochqualifizierte Mitarbeiter - Ingenieur, Meister und techn. Verwaltungspersonal - mit einem ausreichend bemessenen Finanzvermögen ausschließlich mit Fremdfirmen einen störungsarmen Krankenhausbetrieb bewirtschaften?, (eventuell zusätzlich einen oder zwei Allroundhandwerker für Sofortmaßnahmen). Oder das Gegenteil: Ist die Bemessung des technischen Mitarbeiterbedarfs dann richtig, wenn alle anfallenden Wartungen, Instandhaltungen, Instandsetzungen aber auch kleine Neu-, Um-

und Erweiterungsbauten in eigener Regie durchgeführt werden und damit das Auftragsvolumen an Fremdfirmen äußerst minimal ist. Sicherlich liegt die richtige Lösung irgendwo in der Mitte dieser beiden Extreme. Unsere Aufgabe als Technische Leitung ist es, daß wir mit einem wirtschaftlich vertretbaren Aufwand für eine größtmögliche Betriebssicherheit und Lebensdauer unserer Gebäude und Einrichtungen sorgen.

Wie Sie, sehr verehrte Damen und Herren aus Veröffentlichungen und Vorträgen wissen, gibt es für die Ermittlung des Personalbedarfs des techn. Dienstes Richtwerte für einen Personalschlüssel, dessen Bemessungsgrundlage

die Bettenzahl (z.B. 3,1 Handwerker auf 100 Krankbetten) (1)

die Nettonutzfläche

der Energieverbrauch oder aber

das Anlagevermögen des Krankenhauses sein kann.

Bei allen diesen Ergebnissen ist aber davon auszugehen, daß hier nur grobe Anhaltswerte errechnet werden; denn die Technisierungsart, der Technisierungsgrad sowie die örtlichen Gegebenheiten oder andere Einflußgrößen gehen immer nur zu einem Teil in das Ergebnis ein.

Soweit mir bekannt ist, gibt es lediglich eine relativ sichere und genaue Methode zur Ermittlung der Bedarfswerte für den technischen Dienst, und zwar wurde in einer Arbeitsgruppe unserer FKT eine Formel entwickelt, in der fast alle Fakten, die für die Personalbemessung von Bedeutung sein können, berücksichtigt. (2) Da die Erläuterung dieser, nennen wir sie ruhig nach dem Urheber, Janßen-Formel hier den Rahmen meines Vortrages sprengen würde, darf ich Sie im Bedarfsfall bitten, sich an mich zu wenden. Aber wie gesagt, auch hier handelt es sich nur um die Errechnung des betr. techn. Personals, wobei die bereits vorher genannten Bereiche unberücksichtigt bleiben.

#### Einstufung und Höhergruppierung

Bevor die Beantwortung der Frage nach der richtigen Einstufung der Mitarbeiter der Technischen Leitung betrachtet wird, sollte überlegt werden, welche Gebäude- sowie techn. und med.-techn. Anlagenwerke mit wieviel Mitarbeitern betreut werden. Ohne in Anbetracht der Kürze

der Zeit genaue Angaben machen zu wollen, steht fest, daß die finanziellen Aufwendungen für Inspektion, Wartung und Instandsetzung zuzüglich der Löhne der Eigenhandwerker selbst bei einem kleinen Krankenhaus schnell in die Millionenhöhe geht. Unter der Voraussetzung, daß von der Technischen Abteilungsleitung eine wirtschaftliche Energieversorgung und eine optimale Instandhaltungsstrategie durchgeführt wird, muß eine leistungsgerechte Eingruppierung selbstverständlich sein. Von dem Technischen Leiter werden stets schnelle und ziel-sichere Entscheidungen, Organisationstalent und gute Führungseigenschaften erwartet. Es ist selbstverständlich, daß er neben den Verwaltungsvorschriften noch möglichst Gesetze, Bestimmungen und Normen der Technik kennt und außerdem noch ein guter Ingenieur ist. Nur eines sollte er besonders und zwar "in seinen Gehaltsforderungen und der Darstellung seines Berufsbildes bescheiden" sein. Daß dieses von fast allen meinen Kollegen und mir bedacht wird, ist doch dadurch bewiesen, daß in den meisten Ländern der BRD die Einstufung nach BAT IV b, teilweise noch nach BAT V a erfolgt, um dann nach einigen Berufsjahren bis max. BAT III oder aber in seltenen Fällen bei größeren Häusern bis BAT II a aufzusteigen.

Eine tabellarische Einstufungsliste, bemessen nach der Bettenzahl oder anderen Kriterien eines Krankenhauses aufzustellen ist nicht möglich; denn Grundlage jeder Eingruppierung sollte die Arbeitsplatzbeschreibung in Verbindung mit den fachlichen und persönlichen Qualitäten des Stelleninhabers sein.

In Anbetracht der großen Verantwortung, die letztendes direkt immer der Technische Leiter und nicht der Verwaltungsdirektor zu tragen hat; denn bei Ausfall oder Störung von techn. Anlagen ist vielfach eine unmittelbare Gefährdung von Mitarbeitern oder Patienten gegeben, sollte in den Reihen der Organisatoren und der Verwaltungsleiter mal darüber nachgedacht werden, ob bei seinem Stellenwert der betriebs- und med.-techn. Bereich neben dem ärztlichen, pflegerischen und Verwaltungsdienst als vierte selbständige Säule dem Direktorium zuzuordnen wäre.

Literatur

- (1) Das Krankenhaus -5/74 "Der betriebst.Dienst", Krampe - Bochum
- (2) FKI-Tagung am 2.9.1982 in Berlin, Ref. G.Janßen - Bad Kreuznach

Dipl.-Ing. H. Ruttkowski  
Allgemeines Krankenhaus  
Ochsenzoll 560  
2000 Hamburg 61

Welche Qualifikation sollte das Personal einer technischen Abteilung im Krankenhaus haben?

P. Rüttschilling

In der heutigen Zeit werden Technik und Wissenschaft durch Spezialisten bestimmt. Ist es da nicht ein Anachronismus, wenn an der Fachhochschule Gießen im Fachbereich Technisches Gesundheitswesen Ingenieure für Krankenhausbetriebstechnik (KBT) interdisziplinär, also in ihrem Bereich universell ausgebildet werden? Oder ist eine solche Ausbildung für den Ingenieur gerade richtig?

Die Struktur der Ausbildung KBT

Im Grundstudium die naturwissenschaftlichen Grundlagen in Physik, Chemie und Biologie, die Mathematik und die Technische Mechanik vermittelt.

Im Hauptstudium sind zwei Schwerpunkte gesetzt. Der erste Schwerpunkt besteht aus klassischen Ingenieurfächern wie Elektrotechnik, Bautechnik, Heizungs-, Klima-, Kältetechnik, Sanitärtechnik. Aufgrund der Kürze der Zeit werden im wesentlichen die Grundlagen vermittelt. Sie bieten einerseits eine Basis für die Spezialisierung der KBT-Ingenieure außerhalb des Krankenhauses, andererseits den notwendigen Überblick über die gesamte Technik im Krankenhaus.

Der zweite Schwerpunkt des Hauptstudiums besteht aus Fächern, die die Studenten auf die speziellen Anforderungen des Krankenhausbetriebes vorbereiten. Es sind u. a. Hygiene, Betriebslehre, Betriebsorganisation, Arbeitssicherheit, Instandhaltung. Neben dem speziellen Fachwissen werden in diesen Vorlesungen insbesondere die Vielzahl von Vorschriften vorgestellt, die in den

Krankenhausbetrieb eingreifen und für deren Einhaltung der KBT-Ingenieur sorgen soll.

Neben der technischen und betriebsinternen Verantwortung des Ingenieurs erwächst ihm aus den Vorschriften und Normen auch eine erhebliche rechtliche Verantwortung.

Nun zurück zu der eingangs aufgeworfenen Frage. In die Krankenhausneubauten der letzten Jahre und in die bestehenden Krankenhäuser wurde viel moderne Haustechnik eingebaut.

Das technische Personal blieb aber weiterhin das der alten Schule, Handwerker und Meister, die zwar in ihren Fachgebieten das Notwendige zu leisten vermögen, meist aber mangels Ausbildung die gesamte Technik im Krankenhaus nicht überblicken. Das hat Fehlinvestitionen zur Folge, die bei koordinierender, fachlich übergreifender Planung nicht vorkommen müßten.

Für genau diese Aufgabe gibt es aber heute den KBT-Ingenieur. Seine Ausbildung befähigt ihn, den komplexen Betrieb eines Krankenhauses zu erfassen und für den Krankenhausträger und die Finanziers, die Krankenkassen und öffentlichen Hände, finanziell und technisch effizient zu arbeiten.

Meine Erwartungen an eine Tätigkeit im Krankenhaus

Das größte Problem für einen Studienabgänger im Fach KBT ist, daß er im Krankenhaus keinen Berufskollegen vorfindet, der ihn in seine Aufgaben einarbeitet, wie das in den klassischen Ingenieurrichtungen allgemein anzutreffen ist. Daher kann der Übergang von der PH an ein Krankenhaus für den KBT-Ingenieur wie ein Sprung ins kalte Wasser sein..

Da das Arbeitsgebiet sehr umfangreich ist, erwarte ich vom Arbeitgeber Verständnis in Form einer ausreichenden Einarbeitungszeit von etwa einem Jahr. In dieser "Schonzeit" soll sich der Ingenieur intensiv in seinen Arbeitsbereich einarbeiten. Er wird in dieser Zeit Erfahrung und Routine gewinnen durch die Zusammenarbeit mit den bisherigen Funktionsträgern. Eine gute Einarbeitungszeit kommt der anfänglichen Unsicherheit des Jungingenieurs nicht nur entgegen sondern ermöglicht ihm auch eine sinnvolle Verbindung von Theorie und Praxis.

Für die Tätigkeit des KBT-Ingenieurs halte ich folgende Gehaltsstufen des BAT für eine angemessene Vergütung: Einstellung mit BAT IVb, nach der Probezeit BAT IVa, nach Beendigung der Einarbeitungszeit BAT III. Die Leistungen und die Verantwortung des Ingenieurs und die Tätigkeitsmerkmale nach Tarifverträgen lassen mir diese Forderungen für gerechtfertigt erscheinen.

Autor: P. Rüttschilling,  
Fachhochschule Gießen,  
FB Technisches Gesundheitswesen,  
Hölderlinweg 12  
6300 Gießen

## Derzeitiger Stand des Gerätesicherheitsgesetzes

von A.Krebs, Bonn

Die Verordnung beruht auf den Änderungen des Gerätesicherheitsgesetzes und der Gewerbeordnung aus dem Jahre 1979 und stellt an die Hersteller, Importeure und Betreiber medizinisch-technischer Geräte eine Reihe neuer Sicherheitsanforderungen. Die Geräte sind nach ihrem Gefährdungsgrad in vier Gruppen eingeteilt. Dabei ist für die wegen ihrer Funktionsweise besonders gefährlichen Geräte der Gruppen 1 und 2 eine behördliche Bauartzulassung vorgesehen, der jeweils eine Prüfung der Geräte durch unabhängige Sachverständige der Prüfstellen vorausgeht.

Die Sonderstellung der Geräte der Gruppe 2 war erforderlich, da nicht alle Vorschriften der Verordnung auf Herzschrittmacher und sonstige energetisch betriebene Implantate anwendbar sind; das gilt insbesondere für die Betreibervorschriften, da weder der Implantateur noch der Patient als Betreiber eines Implantates im Sinne der Gewerbeordnung angesehen werden können.

Da der überwiegende Teil aller Störfälle (ca. 70 %) auf Anwendungs- oder Wartungsfehlern beruht, legt die Verordnung besonderes Gewicht auf die vom Betreiber zu beachtenden Pflichten zur regelmäßigen Kontrolle der Geräte und zur gründlichen Einweisung des Personals. Für die weniger gefährlichen Geräte der Gruppe 3 ist vorgesehen, daß sie nur von Personen bedient werden dürfen, die durch einen Fachkundigen anhand der Gebrauchsanweisung und mit Hilfe einer probeweisen Funktionsprüfung des Gerätes in dessen sachgerechte Handhabung eingewiesen werden.

Es ist vorgesehen, daß die Verordnung nach einer angemessenen Übergangszeit in Kraft tritt. Die Übergangszeit

- der Termin für das Inkrafttreten der Verordnung ist noch offen; er hängt zwangsläufig von der Dauer des Verfahrens ab - erscheint notwendig, damit sich alle Beteiligten auf die neuen Vorschriften einstellen können. Da nicht sämtliche heute vorhandenen medizinisch-technischen Geräte vom Zeitpunkt des Inkrafttretens der Verordnung an den neuen Regeln unterworfen werden können, sieht die Verordnung als Übergangsregelung vor, daß die heute vorhandenen Geräte der Gruppe 1 einer einmaligen Prüfung unterzogen werden, mit anschließender regelmäßiger sicherheitstechnischer Kontrolle.

Die durch die Verordnung bedingten Kosten erscheinen im Hinblick auf die angestrebte größere Sicherheit für die Patienten und das Personal vertretbar; sie sind auf das absolut notwendige Minimum reduziert worden.

Die Rechtsförmlichkeit des Verordnungsentwurfs ist vom Bundesminister der Justiz abschließend geprüft.

Die Entscheidung, ob und wann der Entwurf dem Bundesrat zugeleitet werden wird, liegt beim Bundeskabinett.

Dr. med. A.Krebs, Rochusstr. 1, 5300 Bonn 1

## Gerätesicherheit und Technische Service-Zentren - ein Erfahrungsbericht

H. Albrecht, Köln

Seit Mitte 1979 fördert der Bundesminister für Forschung und Technologie im Rahmen eines Modellversuchs die Errichtung und Erprobung "Technischer Service-Zentren (TSZ)" in 11 Krankenhäusern (in den Städten Berlin, Hamburg, Bremen, Wilhelmshaven, Herdecke, Solingen, Gießen, Fulda, Esslingen, Ludwigshafen und Homburg/Saar), wobei das TSZ in Berlin Teilbereiche von 3 Krankenhäusern umfaßt. Nach mehr als drei Jahren Laufzeit befinden sich die TSZ im probeweisen Routinebetrieb. Da sich die Förderung nur über 4 Jahre erstreckt, stand die wirtschaftliche Seite der TSZ-Tätigkeit und deren Auswirkungen auf den Zustand der medizintechnischen Geräte im Krankenhaus im Vordergrund der Diskussion. Positive Auswirkungen auf die Gerätesicherheit wurden in der Diskussion mit den Kostenträgern i. a. als erwünschtes "Abfallprodukt" betrachtet. Die Auswertung des Modellversuchs durch die Begleituntersuchung des Deutschen Krankenhausinstitutes (DKI), Düsseldorf, berücksichtigt jedoch neben den wirtschaftlichen Daten auch Auswirkungen zum Komplex "Gerätesicherheit"; zusätzlich liegen aus einigen TSZ die Ergebnisse ergänzender Analysen zu verschiedenen Teilaspekten vor. Generell bieten diese Ergebnisse durch das Fehlen von Vergleichszahlen über den Zustand der Geräte in Krankenhäusern ohne TSZ gewisse Schwierigkeiten der Interpretation, deshalb sollen neben den quantitativen Aussagen im Zwischenbericht 1982 (1) des DKI auch ergänzende Daten aus den TSZ dargestellt und diskutiert werden. Im Verlauf der weiteren Auswertung bis Mitte 1983 werden auch Aussagen zu zeitlichen Veränderungen des Gerätezustandes durch die TSZ-Tätigkeiten erwartet.

### Gesamtkonzept der Gerätebetreuung

Gerätesicherheit stellt keine isolierte Zielgröße dar, die mit einzelnen Maßnahmen, wie Konstruktions- und Fertigungskontrolle, Bauartprüfung oder Anwenderschulung allein erreicht werden

könnte, sondern muß als Sammelbegriff verstanden werden, der eine Vielzahl von Maßnahmen zur Aufrechterhaltung oder Steigerung der Gerätesicherheit umfaßt. Bei diesen Maßnahmen reichen auch einmalige Aktivitäten oder jährliche Prüfungen nicht aus, da jeder Geräteinsatz eine potentielle Gefährdung für den Patienten, den Anwender und das Gerät in sich birgt. Dieses grundsätzliche Restrisiko in der Medizintechnik erfordert ständige Maßnahmen, wie Kontrollen, Wartung, Reparatur und Schulung, um ein gewisses Sicherheitsniveau entsprechend einem akzeptierten Restrisiko aufrechtzuerhalten, dessen Größe letztendlich auch auf wirtschaftlichen Erwägungen beruht.

Daher muß sich eine wirkungsvolle und wirtschaftliche TSZ-Tätigkeit an einem Gesamtkonzept orientieren, das von der Mitwirkung bei der Geräteauswahl über die Instandhaltung bis zur Anwenderschulung reicht. Die Erfahrungen des Modellversuchs und die Diskussion der letzten Jahre, z.B. zu den Entwürfen der Medizingeräte-Verordnung (MedGV) zeigen, daß der Modellversuch zwar nicht alle Aspekte des Gesamtkomplexes "Gerätesicherheit" abdeckt, dafür wurden aber organisatorische und technische Lösungen zur Gerätdokumentation, Geräteauswahl, Funktionskontrolle, Instandhaltungskontrolle und Benutzereinweisung erarbeitet und erprobt, die die Forderungen der MedGV vorwegnehmen.

#### Daten zur Situation der Medizintechnik

Die TSZ fanden bei ihrer Errichtung entsprechend der Größe, dem Alter und der Funktion des Krankenhauses einen Park von Geräten sehr unterschiedlichen Alters und technischen Standes vor, bei dem sich verbessernde Maßnahmen über die Gerätebeschaffung nur sehr langfristig auswirken können. Hinzu kommt wegen fehlender Investitionsmittel die nur unzureichende Ersatzbeschaffung, die zu einer weiteren Verschlechterung der Altersstruktur führen wird. Bereits heute betragen die Mittelwerte für das Gerätealter der beteiligten Krankenhäuser 4 - 9 Jahre. Die Analyse der Geräteausfälle ergab im Mittel etwa 1-2 Ausfälle pro Gerät und Jahr, wobei die detailliert untersuchte Stichprobe (UP1) höhere Werte als die Gesamtheit der Geräte ergab. Die

größte Ausfallhäufigkeit ergab sich - gemessen in Ausfällen pro Gerät und Jahr als Mittelwert der Stichprobe - bei Röntengeräten 11, Analysesystemen 8 und Dialysegeräten 6. Als Geräteausfall wurden alle Fälle registriert, in denen die Gerätebenutzer Zweifel an der Funktionsfähigkeit und Sicherheit hatten, bzw. die Mängel, die bei der Einsatzvorbereitung oder bei routinemäßigen Kontrollen festgestellt wurden.

Die Auswertung dieser Geräteausfälle nach dem Risiko einer potentiellen Patientengefährdung führt zu Werten von etwa 16%, wobei bei einer Einteilung der Stichprobe in 15 Gerätegruppen die potentiell patientengefährdenden Ausfälle überwiegend in den Gruppen der Dialysegeräte und der Beatmungsgeräte auftraten.

Eine weitere Bewertung der Geräteausfälle erfolgte in Hinblick auf die Ausfallursache. Hier ergaben sich bei den etwa 700 Geräten der Stichprobe ca. 1000 Ausfälle, die zu 81% (69%) gerätebedingt und zu 15% (21%) bedienerbedingt waren (Vorjahreswerte in Klammer, Rest sonstige Ursachen). Gestützt werden diese Ergebnisse der Stichprobe durch die Aussagen der Personal-Multimoment-Untersuchung, bei der aus 10 000 Beobachtungen über alle Geräte der Krankenhäuser die Zeitanteile für die Beseitigung von Gerätestörungen und zusätzlich die Ausfallursache ermittelt wurden. Dabei ergaben sich 81% (72%) geräte- und 11% (16%) bedienerbedingte Störungen. Als Geräte mit den höchsten Anteilen gerätebedingter Störungen wurden Röntengeräte (Generator + Aufnahmegerät), Absauggeräte und Analysesysteme ermittelt; hohe Anteile bedienerbedingter Störungen traten bei Beatmungsgeräten, Defibrillatoren und Inkubatoren auf.

Diese Werte bedürfen einer Interpretation; die Unterschiede zwischen den Werten für 1981 und 1982 rühren wahrscheinlich von der Ausweitung der Stichprobe und von einer stärkeren Einbeziehung von Bagatellfehlern her. Die Unterschiede zwischen der Stichprobe und der PMM-Untersuchung sind eher systematisch, da die Erfassung bei der PMM-Erhebung mit den Zeitanteilen für die Störungsbeseitigung verknüpft ist und sich bedienerbedingte Störungen (Dejustierungen) relativ schnell beheben lassen.

Veränderungen in den Geräteausfällen durch die TSZ-Aktivitäten lassen sich aus diesen Daten bisher nicht ablesen, da sie im

Wesentlichen die Erfassungsdichte der Geräteausfälle und die unterschiedliche Überwachung der einzelnen Gerätearten durch die TSZ widerspiegeln.

Vollerhebungen in einzelnen TSZ ergaben Werte von 65% geräte- und 25% bedienerbedingter Ausfälle (TSZ Herdecke, 1981) bzw. 52% Gerätefehler und 38% Anwenderfehler, wobei im letzten Fall 2000 Serviceberichte des TSZ Esslingen (5) mit einer weiteren Differenzierung der Ausfallursachen zugrunde lagen. Der Anteil von ca. 5% an Geräteausfällen durch Verschmutzung (Bericht: "Gerät total verdreckt") wird auch von anderen TSZ bestätigt. Bei der Diskussion der Werte aus der DKI-Erhebung(1) und den Vollerhebungen in den TSZ tritt wieder die unterschiedliche Bezugsbasis in Erscheinung, da von den teilnehmenden Krankenhäuser offensichtlich ausfallträchtige "Problemgeräte" verstärkt in die Detailuntersuchung einbezogen wurden. Die Zahlen für die einzelnen Gerätearten weisen Schwankungen um  $\pm 20\%$  auf, so daß die Werte im Mittel übereinstimmen.

#### Diskussion der Geräteausfälle

Die von den TSZ ermittelten Daten stehen im scheinbaren Widerspruch zu Angaben in der Literatur (vgl. Tabelle 1), wobei bereits die Bezeichnungen, wie Unfall, Zwischenfall, Störfall, Ausfall, Mängel, Bedienungsfehler die verwendeten Auswahlkriterien erkennen lassen. Hinzu kommen noch die Ausbildung des Untersuchers (Mediziner, Techniker) und der Anwendungsbereich (Intensivmedizin, Narkose, Radiologie) als Filter. Die Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Ausfallursachen, soweit sie anhand der Arbeiten zuordenbar waren. Zu beachten ist ferner die Dunkelziffer, d.h. der Anteil nicht erfaßter Fälle, die bis zu einem Faktor 3-5 betragen kann. Als Beispiel sei die Schwedische Untersuchung von Unfällen und schweren Zwischenfällen (3) erwähnt, bei der ca. 25% der Fälle erfaßt wurden.

Der Ansatz der Begleituntersuchung, alle Gerätestörungen, die den Einsatz eines TSZ- oder Firmentechikers nach sich ziehen, zu erfassen, verfolgt das Ziel, evtl. Schwierigkeiten bei der Meldung von Bedienungsfehlern zu umgehen, um eine möglichst hohe Erfassungsdichte für eine realistische Beurteilung der

Gerätesituation zu erreichen. Neben der Erfassung der Gerätestörungen als einer "neutralen" Größe dient dieser Parameter außerdem zur Diskussion der wirtschaftlichen Seite, da jeder Technikereinsatz - ob interner oder externer Service - Kosten verursacht. Die Anforderungsschwelle für den hauseigenen Service mag zwar niedriger liegen - nicht zuletzt wegen der kürzeren Reaktionszeit der Techniker - , aber jede Störung und jeder Teilausfall kann zu einer Verunsicherung der Anwender und damit zu einer potentiellen Gefährdung führen.

### Maßnahmen der TSZ

Wichtiger als die genauen Zahlenwerte der einzelnen Ausfallursachen erscheint die Strategie zu sein, um die Auswirkungen dieser Ausfälle zu begrenzen. "Gerätebedingter Ausfall" oder genauer "gerätezustandsbedingter Ausfall" besagt nichts anderes, als daß Geräte verschleiben oder altern, insbesondere bei starker Nutzung, und deshalb systematisch gewartet und repariert werden müssen. Ebenso müssen die Anwender in der richtigen Bedienung unterwiesen werden, um in Stress-Situationen Panikreaktionen zu verhindern. Außerdem muß bei der Geräteauswahl darauf geachtet werden, daß die Geräte für die beabsichtigte medizinische Anwendung bzw. für die Umgebung und evtl. Störeinflüsse geeignet sind. Daher wird von den Teilnehmern des Modellversuchs aufgrund eigener Erfahrung auf die Bedeutung der Gesamtkonzeption zur systematischen Gerätebetreuung hingewiesen, die mehrere Aktivitäten umfaßt, z.B.:

- Logistik (Geräteverzeichnis, Gerätelebensläufe, Marktübersichten, Investitionsplanung, Rechnungsprüfung)
- Schulung der Anwender (Neueinweisung, im Fehlerfall, Kurse)
- Inspektion und Wartung (Gerätevisite, Funktionschecks)
- Reparaturen (Trivial- oder Bagatellfehler, weitergehende Reparaturen entsprechend der eigenen Ausbildung).

Die Bedeutung der einzelnen Aktivitäten sei an einigen Beispielen und Zahlen veranschaulicht. Die Bedeutung eines vollständigen Bestandsverzeichnisses - zumindest der Geräte mit einem höheren Anwendungsrisiko - wird durch die Erfahrung eines TSZ

unterstrichen, in dessen Krankenhaus bei der halbjährlichen Wartung von Beatmungsgeräten durch den Herstellerservice der Teil der Geräte schlicht vergessen wurde, der an andere Abteilungen ausgeliehen oder in anderen Räumen abgestellt war. Die "Gerätevisite", d.h. der regelmäßige Rundgang der TSZ-Techniker, erweist sich als sehr wirkungsvolles Instrument, um Gerätestörungen möglichst frühzeitig zu erkennen und um bei Bedienungsunsicherheiten die Anwender vor Ort zu beraten.

Zum Thema "Trivial- oder Bagatellfehler" liegen inzwischen Analysen aus mehreren TSZ vor, in denen die Serviceaufträge bzgl. Arbeitszeit und Materialaufwand untersucht wurden. Im TSZ Gießen (4) wurden ca. 25% der Aufträge vom Firmenkundendienst innerhalb einer Stunde Arbeitszeit ohne Materialeinsatz erledigt, d.h. dieser Anteil dürfte die Bedienfehler und Fehljustierungen enthalten, wobei als echte "Scheidefekte" (Gerät in Ordnung) durch Panik, Verwirrung und Stress etwa 5% gelten können. Betrachtet man die Anteile in Abhängigkeit von der Arbeitszeit allein, so erfordern ca. 40% der Aufträge eine Arbeitszeit bis 1 Stunde und ca. 70% bis 2 Stunden - dies gilt für den Herstellerservice (1980) und für den Eigenservice des TSZ (ca. 2000 Vorgänge).

Die Analyse im TSZ Esslingen (5) erfaßte beim Herstellerservice das Jahr 1981, in dem das TSZ bereits arbeitete. Hier ergaben sich ca. 44% der Aufträge des Fremdservice und etwa 80% des Eigenservice mit einer Arbeitszeit bis 2 Stunden (ca. 2400 Vorgänge).

Mit diesen Zahlen läßt sich der große Anteil an sogenannten "Bagatellservicefällen" aufzeigen, die auch nach Meinung des ZVEI (2) Aufgaben für Medizintechniker im Krankenhaus darstellen können.

#### Erste Auswirkungen in den Krankenhäusern mit TSZ

Im Verlaufe des Modellversuchs wurde beobachtet, daß häufig nach dem Beginn der Eigenservicetätigkeit ein Nachholbedarf auftrat, der bis zu 25% der früheren Zahl von Serviceaufträgen erreichen konnte und sich mit der erwähnten niedrigeren Anforderungs-

schwelle und der Reparatur älterer Ersatzgeräte erklären läßt. Nach dem Übergang in den Routinebetrieb zeigte es sich in den TSZ mit einer günstigen Relation Personalstärke des TSZ zu Größe des Geräteparks, daß die Gesamtzahl der Serviceaufträge unter den Anfangswert zurückgeht, da offensichtlich die Wartungs- und Reparaturmaßnahmen sowie die Anwenderschulung zu einer Verbesserung des Gerätezustandes führen. Mit zunehmender Erfahrung der TSZ-Techniker und Schulung bei den Geräteherstellern verkürzen sich die Reparaturzeiten, so daß die Geräte wieder schneller für den Einsatz am Patienten zur Verfügung stehen. Gleichzeitig läßt sich eine höhere Zufriedenheit der Anwender mit der Leistung der Geräte beobachten, die sich auch in einer niedrigeren Reklamationsquote beim Eigenservice ausdrückt. Die niedrigere Anforderungsschwelle für den Eigenservice und die kurze Reaktionszeit der TSZ zeigen auch nachteilige Wirkungen, wenn sich z.B. die Anwender aus der Verantwortung für den Einsatz der Geräte zurückziehen wollen. In anderen Fällen mußten Schulungsmaßnahmen nach dem Motto: "Wie helfe ich mir ohne TSZ?" entwickelt werden.

Insgesamt lassen sich erste Auswirkungen der TSZ-Aktivitäten auch auf dem Gebiet der Gerätesicherheit feststellen, wobei durch die inzwischen gefestigte Datenbasis weitere Aussagen bis zum Ende des Modellversuchs zu erwarten sind. Durch das Fehlen von Referenzdaten treten zur Zeit noch Interpretationsschwierigkeiten auf.

Die praktische Arbeit in den TSZ zeigt bereits, daß sich durch die vielfältigen Aktivitäten im Rahmen des Gesamtkonzepts ein höheres Sicherheitsniveau bei den medizintechnischen Geräten als durch einmalige Maßnahmen oder Kontrollen in großen zeitlichen Abständen durch den Hersteller allein erreichen läßt. Die Analyse der wirtschaftlichen Daten des Modellversuchs führt darüberhinaus zu dem Ergebnis, daß bei günstiger Gestaltung des TSZ diese Verbesserungen ohne Mehrkosten, bzw. mit einer Senkung der Gesamtkosten erzielt werden.

Tabelle 1: Analyse der Geräteausfälle/Unfälle (Literatur)

AUTOR	TEILBEREICH	ZAHL	URSACHE (%) geräte-/bedienerbed.	
v.d.Mosel 1971	? Unfälle	1463	34	64
Harder 1976	elektr.Unfälle, Expl.,Brände	102	74	26
		41	10	90
Bruner 1972	elektr.Zwischenfälle	55	73	27
Haslam 1973	Monitore, Ausfälle	197	42	58
Abramson 1980	Intensivpflege, Unfälle	145	37	63
Cooper 1978	Narkose,vermeidb. Zwischenfälle	359	18	82
Küttner 1980	Geräteüberprüfg., Mängel	585	95	5
Szehi 1981	Instandhaltung, Störungen	845	88	12
Linnarson 1982	Unfälle, Zwischenfälle	216	83	17
DKI	Gerätестörungen	628	69	21
		1008	81	15

Literatur:

- (1) Deutsches Krankenhaus-Institut (DKI), Zwischenbericht 1982 im Druck
- (2) H.Dörr "Zur wirtschaftlichen Lage der Elektromed. Industrie", Pressekonferenz am 18.11.82 des ZVEI
- (3) D.Linnarson et al. "Accidents and Incidents involving Medical Devices in Sweden - a Four Year Follow Up" Hamburg 1982
- (4) B.Miethe "Kostenentwicklung und adäquate Strategien in der Medizintechnik", im Druck
- (5) H.Müller "Steuerung der TSZ-Aktivitäten anhand von Service-Berichten und Rechnungen", medizintechnik, im Druck

Adresse des Autors:

Dr. Hansjörg Albrecht, DFVLR BPT-NT1, Postfach 906058, 5 Köln 90

## Oberstromschutz in elektrischen Niederspannungsnetzen

von Dr. U. Spindler

Klöckner-Moeller GmbH, Bonn

### Physikalische Grundlagen: Warum Oberstromschutz ?

Die Widerstände eines Stromkreises verursachen beim Fließen eines Stromes Verluste. Hierbei wird elektrische Leistung in Wärmeleistung umgewandelt. Herkömmlicherweise spricht man von "Kupferverlusten". Sowohl für Gleichstrom- als auch für Wechselstromkreise steigen Verlustleistung und Erwärmung mit dem Quadrat des Stromes. Erwärmt werden nicht nur die Leiter selbst, sondern auch ihre Isolation und deren Umgebung.

Geschieht dies im Übermaß, so bringt es zwei Gefahren mit sich:

- Verschlechterung der Isolierung
- Brandgefahr

### In welcher Hinsicht wird die Isolierung verschlechtert ?

Soweit es sich bei Isoliermaterialien um Chemiewerkstoffe handelt, altern sie durch thermische Einflüsse. Dies trifft insbesondere auf die Weichmacher zu. Die Auswirkung in Bezug auf Zugfestigkeit, Flexibilität und Kratzfestigkeit, chemische Beständigkeit und Spannungsfestigkeit bedeuten eine nicht umkehrbare Verschlechterung der Isolierung. Wärme ist daher ein Begrenzungsfaktor für die Lebensdauer der Isolierung. Mithin ist die Strombelastbarkeit des Leiters begrenzt. Nur richtige Bemessung von Leitungen und Kabeln (im folgenden nur Leitungen genannt) nach DIN 57100 Teil 523/6.81/VDE 0100 Teil 523/6.81 (im folgenden nur VDE genannt) sichert eine hohe Lebensdauer im Dauerbetrieb. Um auch im Fehlerfall die Verschlechterung der Leiter-Isolierungen möglichst klein zu halten, dürfen die Obertemperaturen bestimmte Werte nicht überschreiten.

Die festgelegten Grenztemperaturen an der Leiteroberfläche sind vom Isolierstoff abhängig. Sie betragen im Dauerbetrieb:

60°C für Gummi

70°C für Polyvinylchlorid (PVC)

95°C für Mineral-isolierte Leitungen.

Die weiteren Ausführungen werden sich wegen der überragenden Bedeutung auf das meist verwendete PVC beschränken. Die genannte Betriebstempera-

tur von 70°C erlaubt eine Lebensdauer des enthaltenen Weichmachers von etwa 20 Jahren. Diese Lebensdauer wird in jedem Fall verkürzt, wenn die Leitertemperaturen durch Oberströme über die Betriebstemperatur hinaus ansteigt. Als Faustformel gilt eine Halbierung der Lebensdauer pro 10 K Obertemperatur.

Für den Kurzschlußfall mit einer Höchstdauer von 5 Sekunden wurde die maximal zulässige Temperatur PVC-isolierter Leitungen auf 160°C festgelegt. Dieser Wert liegt 40 K unter dem PVC-Schmelzpunkt von 200°C.

### Brandgefahr

Wird eine Höchsttemperatur überschritten, so besteht Brandgefahr. Durch Auswahl geeigneter Materialien wird dieser schon von seiten des Herstellers begegnet. Von seiten des Errichters sind richtige Bemessungen der Leitungen und vorschriftsmäßige Absicherung geeignete Gegenmaßnahmen. Verantwortungsbewußte Hersteller bringen nur flammwidriges Material auf den Markt. Dies wird mit Recht generell gefordert, sowohl für die Isolation von Leitungen als auch für Schaltgeräte und Gehäuse. Das verwendete Material sollte mindestens selbstlöschend sein. Selbst bei Metallgehäusen ist dieser Punkt wichtig; Leichtmetallgehäuse und Lackanstriche dürfen ebensowenig brennen wie Isolierstoffgehäuse.

### Wie kann Oberstromschutz erreicht werden ?

Um im Fehlerfall Schäden zu verhindern, müssen zusätzliche Schutzmaßnahmen gegen Obertemperaturen getroffen werden. Durch angemessene Abschaltzeiten sichern Oberstromschutzorgane die projektierte Lebensdauer. Oberstromschutz wird unterteilt in Schutz bei Überlast und Schutz bei Kurzschluß. Bei der Planung von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V ist VDE 0100 zu beachten. Teil 430/6.81 legt fest:

(4) Als Oberstromschutzorgane können verwendet werden:

1. Einrichtungen, die sowohl bei Überlast als auch bei Kurzschluß schützen.
2. Einrichtungen, die nur bei Überlast schützen.
3. Einrichtungen, die nur bei Kurzschluß schützen.

Schmelzsicherungen und Schutzschalter sind die meistverwendeten Oberstromschutzgeräte. Ihre Nennwerte und Auslösekennlinien werden von den Herstellern angegeben. Angestrebt werden eine hohe Schutzwirkung und

ein hoher Nutzungsgrad. Hohe Schutzwirkung bedeutet, daß der Stromkreis im Fehlerfall schnellstmöglich geöffnet wird.

Hoher Nutzungsgrad heißt, daß die Strombelastbarkeit der installierten Leitungen möglichst gut ausgenutzt wird und betriebsmäßige Stromspitzen ungehindert durchgelassen werden.

### Schutz bei Oberlast

Es gilt folgendes Rezept aus VDE 0100 Teil 430: "(5.2) Die Zuordnung der Leitungsschutzsicherungen und Leitungsschutzschalter zu den Nennquerschnitten isolierter Leitungen... kann für Umgebungstemperaturen bis 30°C Tabelle 1 entnommen werden. Für die Einstellwerte von Leistungsschaltern nach VDE 0660 Teil 1 kann Tabelle 2 aus VDE 0100 Teil 523 herangezogen werden". Die angeführten Tabellen enthalten je 6 Spalten für die Strombelastbarkeit  $I_z$  isolierter Leitungen, bzw. für die Zuordnung von Oberlast-Schutzorganen.

Beide basieren auf einer Umgebungstemperatur von 30°C und unterscheiden drei Gruppen isolierter Leitungen; diese werden jeweils noch in Cu- und Al-Leiter unterteilt.

Nennquerschnitt Cu-Leiter	Strombelastbarkeit $I_z$ für Gruppe 2	Nennstrom $I_N$ von zugeordneten Leitungsschutz- Schmelzsicherungen und -schaltern
[mm <sup>2</sup> ]	[A]	[A]
1	15	10
1,5	18	10 <sup>1)</sup>
2,5	28	20
4	34	25
6	47	35
10	61	50
16	82	63
25	108	80
35	135	100
50	188	125
70	207	160
95	250	200
120	292	250
150	335	250
185	382	315
240	453	400

<sup>1)</sup> Für Leitungen mit nur zwei beidseitigen Adern kann bei endgültigen internationalen Festlegung von deren Strombelastbarkeit weiterhin ein Schutzorgan von 16 A gewählt werden.

Tabelle 1: Strombelastbarkeit  $I_z$  von isolierten Leitungen bei einer Umgebungstemperatur von 30°C sowie Nennströme der zugeordneten Schmelzsicherungen und Schutzschalter nach VDE 0100, Teil 430 und 523/5.81.

In Tabelle 1 sind die Angaben für Cu-Leiter von 1 bis 240mm<sup>2</sup> der Gruppe 2 als die für die Praxis wichtigsten zusammengefaßt. Gruppe 2 umfaßt Mehraderleitungen, z.B. Mantelleitungen, Rohrdrähte, Bleimantel-Leitungen, Stegleitungen, bewegliche Leitungen.

Eine Untersuchung von Tabelle 1 führt zu folgendem Ergebnis: Für Schutzorgane mit genormten, festen Werten des Nennstromes  $I_N$  (Spalte 3) sind

Stromwerte angegeben, die ein oder zwei Stufen unter der zulässigen Strombelastbarkeit  $I_z$  der jeweiligen Querschnitte (Spalte 2) liegen. Die entsprechenden Einstellwerte von Leistungsschaltern nach VDE 0660 sind gleich der zulässigen Strombelastbarkeit der jeweiligen Querschnitte:  $I_N = I_z$

### Schutzwirkung

Eine Beurteilung der Schutzwirkung der verschiedenen Typen von Schutzorganen setzt eine Betrachtung ihrer jeweils unterschiedlichen Auslöse-Charakteristiken voraus. Interessant ist hierbei besonders das niedrigste Vielfache des Nenn- bzw. Einstellstromes, bei dem Abschmelzen bzw. Ansprechen in bestimmter Zeit sichergestellt sein muß.

Wir definieren die Schutzzahl  $S$  als Quotient aus diesem sogenannten grossen Prüfstrom  $I_2$  und Strombelastbarkeit  $I_z$ .

$$S = \frac{I_2}{I_z} \quad (3)$$

Anzustreben ist eine Schutzzahl, die so nahe wie möglich bei eins liegt. Je größer die Schutzzahl ist, desto höher ist die Oberlast, die der Leiter erfährt, bis die Abschaltung erfolgt.

### Nutzungsgrad

Der ständig steigende Bedarf an elektrischer Energie zwingt zu einer immer höheren Ausnutzung bestehender Leiterquerschnitte. Unter Nutzungsgrad  $N$  soll der Quotient aus dem nach Ungleichung 1 größtmöglichen Betriebsstrom  $I_B$  gleich Nennstrom  $I_N$  des Schutzorganes und der Strombelastbarkeit  $I_z$  des Leiterquerschnittes verstanden werden:

$$N = \frac{I_N}{I_z} \cdot 100 \quad [\%] \quad (4)$$

Anzustreben ist eine hundertprozentige Nutzung. Der Schutzgrad der verschiedenen Schmelzsicherungen (bzw. Leitungsschutz-Schalter) zeigt recht erhebliche Streuungen um einen Mittelwert von

$$\bar{S} = 1,26$$

Der mittlere Nutzungsgrad liegt bei

$$\bar{N} = 76\%$$

Die entsprechenden Mittelwerte für Schutzschalter nach VDE 0660 liegen

ohne Streuung bei

$$\bar{S} = 1,20 \quad \bar{N} = 100 \%$$

Die Auswertung dieser Ergebnisse führt zu einer Lebensdauer- und Wirtschaftlichkeits-Betrachtung der installierten Leitungen. Bei Schmelzsicherungen (bzw. LS-Schalter) führt die der mittleren Schutzzahl von 1,26 entsprechende Oberlastung des Leiters von 26% zu einer Erhöhung der Temperatur der isolierten Leitung um 59%.

Gehen wir von der Grenztemperatur von 70°C aus, welche bei 30°C Umgebungstemperatur einer Temperaturerhöhung von 40 K entspricht, so ergibt sich bei Belastung mit  $I_2$  eine Grenz-Temperaturerhöhung von 64 K. Damit liegt die Leitertemperatur bei 94°C. Berücksichtigt man zusätzlich den für Kupfer mit der Leitungserwärmung steigenden Leitungswiderstand, so ergibt sich eine Endtemperatur von 100°C. Demgemäß sinkt die Lebensdauer auf ein Achtel.

In Bezug auf die Wirtschaftlichkeit ist ersichtlich, daß bei einem Nutzungsgrad von 76% das installierte teure Kupfer nur zu etwa drei Vierteln ausgenutzt wird.

Schützt man dagegen die Starkstromanlage durch Schutzschalter nach VDE 0660, so führt die Schutzzahl 1,20 zu einer Oberlastung des Leiters um 44 %. Die für den Dauerbetrieb erlaubte Temperaturerhöhung von 40 K steigt bei Belastung mit  $I_2$  auf 58 K. Damit liegt die Leitertemperatur bei 88°C. Entsprechend weniger wirkt sich die Temperaturabhängigkeit des Kupferwiderstandes aus; die Endtemperatur erhöht sich nur auf 92°C. Es sei angemerkt, daß gute Schutzschalter den nach VDE 0660 erlaubten Toleranzbereich nicht voll ausnutzen, sondern schon bei 16%iger Oberlast mit Sicherheit in bestimmter Zeit auslösen. Die entsprechende Rechnung für  $S=1,16$  führt zu einer Leiter-Endtemperatur von 87°C. Die Lebensdauer würde unter diesen Umständen für alle Leitungen gleichmäßig länger als fünf Jahre sein.

In Bezug auf die wirtschaftliche Ausnutzung wird sofort deutlich, daß mit einem optimalen Nutzungsgrad von 100% die installierten Leitungen bestmöglich ausgenutzt werden.

#### Schutz von Leitungen bei Kurzschluß

Mit Recht wird heute dem Schutz von Leitungen in Kurzschlußfall ein besonderer Raum eingeräumt, nachdem man sich früher auf den Schutz bei

Oberlastung konzentriert hatte. Aufgetretene Schäden an den Leitungen bei Kurzschlüssen haben dazu geführt, daß diesem Schutz wachsende Bedeutung beigemessen wird. Allgemein kann die zulässige Ausschaltzeit  $t$  bis zu 5 s dauern. Sie kann annähernd nach folgender Gleichung bestimmt werden:

$$t = \left( k \cdot \frac{S}{I} \right)^2 \quad (5)$$

Darin bedeuten:

$t$  = zulässige Ausschaltzeit im Kurzschlußfall in s

$S$  = Leiterquerschnitt in  $\text{mm}^2$

$I$  = Strom bei vollkommenem Kurzschluß in A

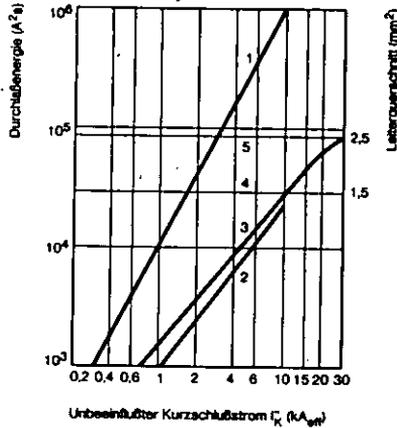
$k$  = Konstante mit dem Wert 115 bei PVC-isolierten Kupferleitern.

Kurzschlußstrombegrenzung ist eine wichtige Voraussetzung für Kabel- und Leitungsnetze. Die kurzschlußstrombegrenzende Schmelzsicherung hat leider eine Reihe von Nachteilen wie Alterung, Lagerhaltung, Verwechselbarkeit u.a... Bei Einsatz von strombegrenzenden Schutzschaltern gibt es diese Nachteile nicht. Die Angabe des Schmelzintegrals ist bei Sicherungen noch nicht ausreichend. Wichtig ist, daß die Hersteller auch das Löschintegral angeben, welches mit zunehmender Betriebsspannung steigt. Erfahrungsgemäß beträgt das Löschintegral guter Sicherungen bei 380 V etwa das Doppelte des Schmelzintegrals. Der Ausschaltvorgang ist natürlich erst mit dem Ende des Stromflusses abgeschlossen, d.h. die Lichtbogendauer verlängert den Ausschaltvorgang.

### Leitungsschutz-Schalter

In Bild 1 werden die Verhältnisse auf dem Gebiet der kleinen Selbstschalter quantitativ dargestellt.

Die bessere Schutzwirkung strombegrenzender Typen wird hier deutlich sichtbar. Der maximale Durchlaßwert des strombegrenzenden Flachautomaten FAZL 16 erreicht selbst bei seinem vollen Schaltvermögen von 10kA nicht die Gefährdungsgrenze (4) der  $1,5\text{mm}^2$ -Leitung.



**Bild 1:** Maximal zulässige Durchlaßenergie für LS-Schalter und maximal auftretende Durchlaßwerte für die strombegrenzende Flachautomaten FAZ und Hochleistungsautomaten AZ.

- 1 Durchlaßwerte für LS-Schalter mit reiner Nullpunktlöschung
- 2 Maximale Durchlaßwerte vom strombegrenzenden Flachautomaten FAZL 16
- 3 Maximale Durchlaßwerte vom strombegrenzenden Hochleistungsautomaten AZL 25
- 4 Gefährdungsgrenze von 1,5  $mm^2$  Leitungsquerschnitten
- 5 Gefährdungsgrenze von 2,5  $mm^2$  Leitungsquerschnitten

Alle diese Anforderungen werden von modernen Hochleistungsautomaten leicht beherrscht. Wie Kurve 1 von Bild 1 zeigt, würde ein herkömmlicher Nullpunktlöscher die 1,5  $mm^2$ -Leitung nicht einmal bis 2 kA schützen. Der strombegrenzende Hochleistungsautomat AZ hat sogar ein Schaltvermögen von 30 kA. Sein Durchlaßwert beträgt nur etwa ein Drittel der nach VDE 0641 zugelassenen Werte. Der aufgrund der neuen VDE 0100 Teil 523/6.81 in weiten Bereichen verlegte Querschnitt von 2,5  $mm^2$  statt 1,5  $mm^2$  Cu-Leitung hat ein maximales Joule-Integral von  $8,3 \times 10^4 A^2 s$  (Bild 1, Linie 5) und ist dadurch noch bis zum vollen Schaltvermögen des Hochleistungsautomaten AZL 25 geschützt.

### Leistungs-Selbstschalter nach VDE 0660

Große strombegrenzende Leistungs-Selbstschalter haben gegenüber Schmelzsicherungen noch zusätzliche vorteilhafte Eigenschaften. So schützt der neue Hochleistungs-Selbstschalter NZMH4-25 bereits Cu-Leitungen mit einem Querschnitt von 2,5 mm<sup>2</sup> bis zu seinem vollen Schaltvermögen von 50kA. Dadurch daß seine magnetischen Schnellauslöser - ebenso wie die thermischen Oberstromauslöser - einstellbar sind, deckt er alle Anwendungsfälle zum Schutz von Kabeln und Leitungen ab und erlaubt so deren hundertprozentige Ausnutzung. Durch die frühzeitige Abschaltung der Überlastströme und kleinen bis mittleren Kurzschlußströme schützen Leistungsschalter isolierte Leitungen erheblich besser als Sicherungen.

### Gemeinsamer Schutz bei Überlast und Kurzschluß

In der Praxis wird die Mehrzahl aller Leitungen durch ein gemeinsames Schutzorgan für den Überlast- und Kurzschlußfall abgesichert. Ihre Koordination ist unproblematisch bei genügendem Ausschaltvermögen. VDE 0100 Teil 430/6.81 legt in Abschnitt 7 fest: "Entspricht das Ausschaltvermögen eines...Schutzorgans für den Schutz bei Überlast mindestens dem-Strom bei vollkommenem Kurzschluß an der Einbaustelle, so gewährleistet es gleichzeitig den Schutz bei Kurzschluß der nachgeschalteten Leitung".

Moderne Leistungsschalter beherrschen durch ihr hohes Schaltvermögen Kurzschlußströme bis 100 kA. Damit erübrigen sich nicht nur aufwendige exakte Kurzschlußberechnungen für die Einbaustelle, sondern man kann auch auf ein zusätzliches Schutzorgan für den Kurzschlußschutz des Schalters verzichten. Moderne Schalter sind den auftretenden thermischen und dynamischen Beanspruchungen gewachsen. Dies ist bei der ständig steigenden Energiedichte von großer Bedeutung für den Anlagenbau. Werden aus speziellen Gründen bei Nennströmen über 630 A - beispielsweise bei besonderen Anforderungen an die Selektivität in Energieverteilungen - Nullpunktlöscher eingesetzt, so ist anhand der Herstellerangaben zu prüfen, ob ihr Schaltvermögen ausreichend ist. Dies ist bei modernen Selektiv-Leistungselbstschaltern NZM...V der Fall: Sie beherrschen Kurzschlußströme von 100 kA bei 380 V.

Haben Nullpunktlöscher ein geringeres als das errechnete Schaltvermögen, so können nach Angaben des Schalterherstellers strombegrenzende Schmelz-

sicherungen vorgeschaltet werden. Hierbei übernimmt der Selbstschalter vorteilhaft die Abschaltung von Oberlastströmen sowie kleinen und mittleren Kurzschlußströmen, gesamthaft der wichtigste Schutzbereich. Lediglich die Abschaltung der extrem seltenen satten Kurzschlüsse wird von den Schmelzsicherungen übernommen. Derartige Schaltkombinationen vermeiden das vorzeitige Altern der Schmelzsicherungen, da sie im Nennstrombereich relativ wenig belastet werden und kalt bleiben. Ein weiterer Nachteil von Schmelzsicherungen wird von Schaltkombinationen ebenfalls vermieden: Die Unterbrechung nur einer Phase. Da die magnetischen Kurzschlußauslöser bei jedem Ansprechen der Sicherungen das Schaltschloß entklinken, werden die Schaltstücke in allen drei Strombahnen auch getrennt. Dies garantiert allpolige Abschaltung im Fehlerfall.

Insgesamt kann gesagt werden, daß durch den Einsatz moderner Schalter mit hohem Schaltvermögen das Vorschalten von Schmelzsicherungen nicht mehr erforderlich ist. Der sichere Schutz bei Kurzschluß ist mit modernen Leistungsschaltern nach VDE 0660 ohne umständliche  $I^2t$ -Rechnung leicht und unproblematisch durchzuführen.

#### Zusammenfassung

Die neuen Bestimmungen VDE 0100 Teil 430/6.81 für den Schutz von Leitungen bei Oberstrom bieten generell einen erhöhten Schutzgrad für Leitungen und Kabel. Eine nähere Untersuchung zeigte, daß bei Oberlast die Schutzwirkung von Schaltern nach VDE 0660 besser ist als die von Schmelzsicherungen. Die Ausnutzung der zu schützenden Leitung ist bei einstellbaren Schaltern hundertprozentig möglich, während Leitungen bei Einsatz von Schmelzsicherungen nur zu etwa drei Viertel ausgenutzt werden können.

Auch im Kurzschlußfall bieten moderne Schutzschalter mit hohem Schaltvermögen bestmöglichen Schutz durch minimale Abschaltzeiten. Die Projektierung ist insbesondere mit strombegrenzenden Leistungsschaltern einfach durchzuführen.

Dr. Ulrich Spindler

Klöckner-Moeller Elektrizitäts-GmbH, Abt.-MAT  
Postfach 18 80 , 5300 Bonn 1

## "Schutzmaßnahmen in elektrischen Netzen"

### Verbesserung des Berührungsschutzes durch Verwenden von Fehlerstromschutzeinrichtungen

von E. Runtsch, Heidelberg

#### 1. Gefährdung durch elektrischen Strom

Die Gefährdung von Personen ergibt sich durch unmittelbaren Einfluß elektrischer Energie (Stromfluß durch den Körper) oder durch mittelbare Einwirkung (Lichtbogen oder Brand). Der Strom fließt durch den menschlichen Körper beim Berühren von unter Spannung stehenden Teilen. Eine Gefährdung für den Menschen durch Körperströme ist gegeben, wenn er eine Berührungsspannung von größer als 50 V Wechselspannung oder größer als 120 V Gleichspannung überbrückt (1). International ist deshalb die Grenze für die dauernd zulässige Berührungsspannung  $U_L$  bei Wechselspannung 50 V und bei Gleichspannung 120 V vereinbart.

Der Stromfluß durch den Körper eines Menschen oder Tiers bewirkt abhängig von der Stromhöhe, der Stromeinwirkdauer und dem Körpergewicht Herzkammerflimmern (2), „dieses ist die Haupttodesursache beim Elektrounfall. Für Nutztiere beträgt die dauernd zulässige Berührungsspannung  $U_L = 25$  V Wechselspannung und  $U_L = 60$  V Gleichspannung. Diese Werte gelten in besonderen Fällen auch für den Menschen, z.B. med. Räume. Zur Brandauslösung ist eine Lichtbogenleistung von 60 W ausreichend.

Um das "direkte Berühren" aktiver Leiter im Normalfall zu verhindern und "bei indirektem Berühren" im Fehlerfall Personen und Nutztiere nicht zu gefährden, müssen bei der Errichtung elektrischer Anlagen Schutzmaßnahmen angewendet werden.

#### 2. Schutzmaßnahmen für den Personenschutz

Schutzmaßnahmen für Niederspannungs-Verbraucheranlagen sind in VDE 0100/5.73 festgelegt, diese werden z.Zt. im Rahmen der internationalen Harmonisierung ersetzt durch DIN 57100/VDE 0100 und als Teile herausgegeben (3).

Für den Personenschutz gilt VDE 0100/Teil 410

"Schutz gegen gefährliche Körperströme".

Schutz "gegen direktes Berühren" wird durch konstruktive Maßnahmen und durch Auslegung der Versorgungseinrichtungen erreicht.

Die Gefährdung "bei indirektem Berühren" erfordert eine Schutzmaßnahme, die durch Abschaltung des Betriebsstromkreises den Fehlerstrom innerhalb einer vorgegebenen Zeit unterbricht. Damit wird das Bestehenbleiben einer gefährlichen Berührungsspannung verhindert.

### 3. Schutzmaßnahmen durch Abschaltung

Für Schutzmaßnahmen durch Abschaltung müssen die Netzformen mit den Schutzschaltgeräten koordiniert werden; die Netzformen sind in VDE 0100, Teil 310 beschrieben. Die verschiedenen Netzformen ergeben sich aus der Kombination der "Erdung an der Stromquelle" und der Erdung der Körper an der Verbraucheranlage. Für den Schutz "bei indirektem Berühren" werden am häufigsten das TN-Netz (bisher Nullung - nach VDE 0100 § 10) und das TT-Netz (bisher Schutzterdung nach VDE 0100 § 9) angewendet (4).

Auf die Behandlung des IT-Netzes (bisher Schutzleitungssystem nach VDE 0100 § 11) wird im weiteren verzichtet. Hier liegt nicht unbedingt eine Schutzmaßnahme mit Abschaltung vor, da erst beim Auftreten eines zweiten Fehlers abgeschaltet wird.

Die Fehlerstromschutzschaltung als eigenständige Schutzmaßnahme ist in DIN 57100/VDE 0100, Teil 410 nicht mehr aufgeführt, sie ergibt sich bei Einsatz eines Fehlerstromschutzschalters im TT-Netz, oder bei entsprechender Änderung im TN-Netz. (Körper erhält eigenen Erder, wird nicht am PEN-Leiter angeschlossen.)

#### 3.1 Abschaltbedingungen

- im TN-Netz:

$$I_a \cdot Z_s \leq U_0 \quad (\text{mit } R_B < 2 \Omega)$$

- im TT-Netz:

$$I_a \cdot R_A \leq U_L$$

- $I_a$  ... Strom, der die automatische Abschaltung innerhalb einer vorgegebenen Zeit bewirkt (neue Regelung anstelle der k-Faktoren),
- $R_B$  ... Gesamterdungswiderstand aller Betriebserdien,
- $Z_B$  ... Impedanz der Fehlerschleife,
- $R_A$  ... Erdungswiderstand der Körper,
- $U_0$  ... Nennspannung gegen geerdete Leiter,
- $U_L$  ... Grenzwert der dauernd zulässigen Berührungsspannung.

Bei Anwendung von Fehlerstromschutzeinrichtungen ist auch im TN-Netz  $I_a$  der Nennfehlerstrom  $I_{\Delta N}$ . Können die Bedingungen für das TN-Netz nicht erfüllt werden, dann ist ein "zusätzlicher Potentialausgleich" notwendig.

### 3.2 Abschaltzeiten

Als Zeiten für das automatische Abschalten durch den Strom  $I_a$  gelten im

- TN-Netz

$\leq 0,2$  s in Stromkreisen mit Steckdosen bis 35 A und in Stromkreisen mit ortsveränderlichen Betriebsmitteln der Schutzklasse 1 (handgeführte Betriebsmittel). Werden Schutzschaltgeräte mit  $I_{\Delta}$ -Auslösern verwendet, dann ist  $I_a = I_{\Delta N}$  und

-  $\leq 5$  s in allen anderen Stromkreisen.

- TT-Netz

$\leq 0,2$  s in allen Stromkreisen.

Bei Verwendung von Fehlerstromschutzeinrichtungen ist  $I_a = I_{\Delta N}$ .

$\leq 5$  s, wenn in besonderen Fällen Überstromschutzeinrichtungen verwendet werden.

$I_a$  ist der Strom, der innerhalb 5 s die Abschaltung bewirkt. Der Strom, bei dem die automatische Abschaltung innerhalb der vorgegebenen Zeit erreicht wird, wird im weiteren wie folgt bezeichnet:

$I_{a5}$  für  $t_a \leq 5$  s und  $I_{a0,2}$  für  $t_a \leq 0,2$  s.

### 4. Schutzschaltgeräte für den Personenschutz

Schließt man wegen der recht seltenen Anwendung die Fehlerstromschutzeinrichtungen aus, dann verbleiben für das TN- und TT-Netz die folgenden Schutzschaltgeräte:

#### 4.1 Überstromschutzeinrichtungen ( $I >$ -Schutz)

Das sind Selbstschalter (Sicherungsautomaten), die in einem Stromkreis eingesetzt werden, mit dem Betriebsstrom beaufschlagt werden und den im Außenleiter fließenden Belastungsstrom messen (Bild 1); sie sollen bei Überlast oder bei einem Isolationsfehler auslösen, wenn der entstehende "Fehlerstrom" (im Sinne VDE 0100, Teil 200, Abschnitt 10 als Überlaststrom, als Kurzschlußstrom oder als Erdschlußstrom) die Strom-Zeit-Werte der Auslösekennlinie überschreitet. Die automatische Abschaltung erfolgt nur bei Lastströmen oberhalb dem Nennstrom des Schutzschalters.

#### 4.2 Fehlerstrom-Schutzschalter ( $I_{\Delta}$ -Schutz)

##### 4.2.1 Funktion

Fehlerstromschutzschalter nach dem Prinzip der Differenzstrommessung sprechen im Gegensatz zu Überstromschutzorganen nicht auf Belastungsströme an, sondern ausschließlich auf Differenzströme (Bild 2). Die Differenzstrommessung erfolgt in einem Differenzstromwandler (auch Summenstromwandler genannt) durch die "vektorielle Summenbildung" aus dem hin- und zurückfließenden Strom. Alle zum Betriebsstromkreis gehörenden Leiter müssen durch den Fehlerstromschutzschalter geführt werden.

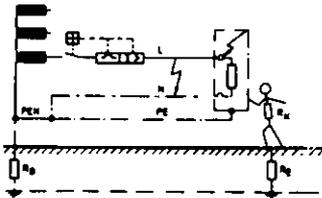


Bild 1: Körperschluß im TN-C-S-Netz  
Abschaltung durch eine Überstrom-  
schutzeinrichtung

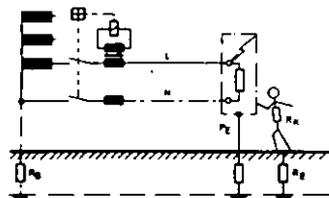


Bild 2: Körperschluß um TT-Netz  
Abschaltung durch eine Fehler-  
stromschutzeinrichtung (Differenz-  
stromauslöser)

Um den Differenzstrom zu erfassen wird durch einen Magnetkern eines Summenstromwandlers die Hin- und Rückleitung des zu überwachenden Stromkreises geführt. Im ungestörten Betrieb heben sich die induzierten Magnetflüsse auf (Stromwaage). Stellt sich zwischen dem hin- und zurückfließenden Strom eine Differenz ein, so induziert der entstehende Differenzfluß in die Sekundärwicklung des Wandlers eine Spannung. An die Sekundärwicklung ist ein Auslöser (Kraftspeicher) angeschlossen, der permanentmagnetisch eine Gegenkraft fesselt, die bei einem vorbestimmten Differenzstrom frei wird und das Schaltwerk des Fehlerstromschutzschalters entklinkt.

Fehlerstromschutzschalter in der klassischen Ausführung arbeiten ohne Fremdspannung, d.h. mit der vom Differenzstrom auf die Wandlersekundärseite "übersetzten Energie" muß der permanente Haltefluß des Auslösers aufgehoben werden.

#### 4.2.2 Einsatzschwerpunkte (5)

Bei der Schutzmaßnahme "Fehlerstrom-Schutzschaltung" nach VDE 0100 § 13 (vergleichbar mit dem TT-Netz) ist die Verwendung von Fehlerstrom-Schutzschaltern, die den Bestimmungen VDE 0664 entsprechen, obligatorisch. Bei der Schutzmaßnahme "Nullung" nach VDE 0100 § 10 (entspricht dem TN-Netz) bedeutet die Verwendung von Fehlerstrom-Schutzschaltern eine Schutzpegelerhöhung für

- den Brandschutz  
(zur Begrenzung der Leistung an der Fehlerstelle soll  $I_{\Delta N} \leq 300$  mA gewählt werden);
- den Schutz bei indirektem Berühren, wenn die Wahrscheinlichkeit besteht, daß sich in einer Anlage die Erdungsbedingungen gegenüber dem Zeitpunkt der Errichtung verschlechtern;
- den Schutz bei direktem Berühren  
(wenn Schalter mit  $I_{\Delta N} \leq 30$  mA verwendet werden).

#### 4.2.3 Unerwünschte Auslösungen von Fehlerstromschutzschaltern

##### - Überspannungen

Durch atmosphärische Einflüsse und Schaltvorgänge können im Wechselstromnetz Überspannungsimpulse auftreten, die über betriebsmäßig vorhandene Kapazitäten gegen Erde oder durch kurzzeitige, selbstlöschende Überschläge

gegen Erde kurzzeitige Fehlerstromimpulse verursachen. Diese können Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen hoher Empfindlichkeit zum unerwünschten Auslösen bringen und so die Versorgung wichtiger Betriebsmittel erheblich stören.

Durch Überspannungsableiter in der Nähe des Hausanschlusses können solche störenden Überspannungen auf unkritische Werte reduziert werden.

#### 4.2.4 Ableitströme (6)

In jeder elektrischen Anlage fließen betriebsmäßig Ableitströme gegen Erde; diese sind in der Wirkung gleichbedeutend mit Fehlerströmen. Sie können je nach Größe der Anlage oder Art der verwendeten Betriebsmittel die Ansprechschwelle von hochempfindlichen Fehlerstrom-Schutzschaltern übersteigen oder aber den Summenstromwandler soweit vormagnetisieren, daß ein kurzzeitiger, geringer Fehlerstromimpuls zur unerwünschten Auslösung führt. Ist die Vorbelastung konstant, kann diese durch entsprechende Wahl von Nennfehlerstrom und Erdungswiderstand berücksichtigt werden. Andernfalls ist eine Aufteilung der Stromkreise erforderlich.

#### 4.2.5 Beeinflussung von Fehlerstromschutzschaltern durch pulsierende Gleich-Fehlerströme

In Betriebsmitteln verwendete ungesteuerte und gesteuerte Halbleiter können unsymmetrische, nicht sinusförmige Fehlerströme verursachen. Diese Ströme können die Ansprechempfindlichkeit von wechselstromempfindlichen Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen nachteilig beeinflussen oder ganz aufheben. Die Ursache dafür liegt im Meßprinzip der Differenzstromerfassung mittels Summenstromwandler.

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen der neuen Generation sind für diese Beanspruchung ertüchtigt und tragen das Zeichen .

#### 4.2.6 Kurzschlußfestigkeit

Fehlerstromschutzschalter nach VDE 0664, Teil 1 (klassische Bauart) haben keinen eingebauten Kurzschlußschutz. Werden FI-Schutzschalter im TN-Netz eingesetzt, dann müssen sie künftig eine erhöhte Kurzschlußfestigkeit haben. Vorgesehen sind Werte von 3000, 6000 oder 10000 A, die zusammen mit einer Vorsicherung von mindestens 63 A gL erreicht werden müssen (Kennzeichnung z.B. -6000-).

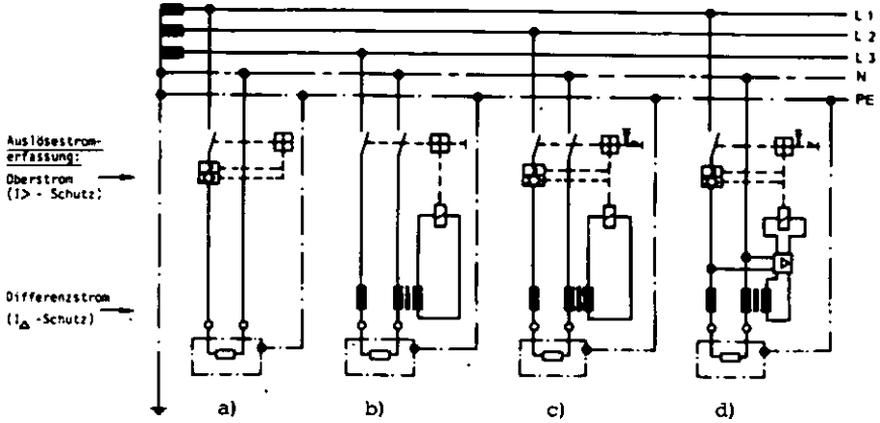
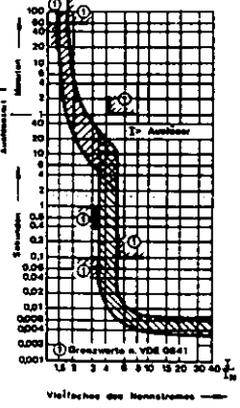
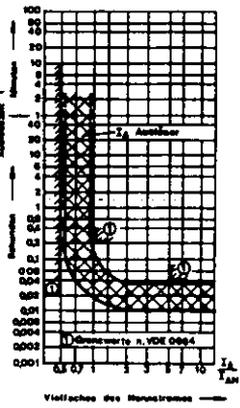


Bild 3: Prinzipschaltbilder von Schutzschaltgeräten nach verschiedenen VDE-Bestimmungen (Darstellung im TN-S-Netz)

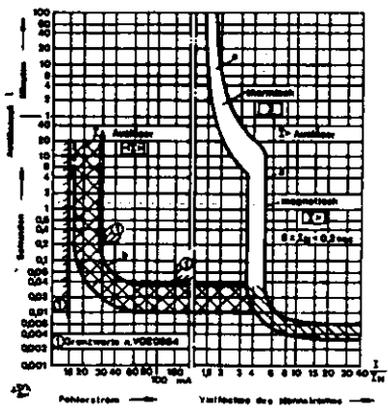
- a) Leitungsschutzschalter (LS-Schalter) nach VDE 0641
- b) Fehlerstromschutzschalter (FI-Schalter) nach VDE 0664, Teil 1
- c) kombinierter Fehlerstrom-Leitungsschutzschalter (FI/LS-Schalter) nach VDE 0664, Teil 2
- d) kombinierter Leitungsschutzschalter mit Differenzstromauslöser (LS/DI-Schalter) nach VDE 0641, Teil 4/E



a)



b)



c) und d)

Bild 4: Auslösekennlinien von Schutzschaltgeräten nach verschiedenen VDE-Bestimmungen

Leitungsschutzschalter der Bauart a) und Fehlerstromschutzschalter der Bauart b) können als die klassischen Schutzschalter bezeichnet werden.

LS-Schalter nur mit Überstromschutz ausgerüstet, werden für die meisten Anwendungsfälle im TN-Netz (bisher Nullung) als ausreichendes Schutzschaltgerät angesehen, obwohl weder Schutz bei direktem Berühren, noch ausreichender Brandschutz im Erdschlußfall gegeben ist.

FI-Schutzschalter nur mit Differenzstromschutz versehen, ermöglichen durch die Differenzstromerfassung kleine Auslöseströme  $I_a$  im Falle eines Erdschlusses; dadurch erfolgt auch noch Abschaltung bei hochohmigen Erdschluß-Fehlerschleifen. Der Schutz "bei direktem Berühren" im TT-Netz (bisher Fehlerstromschutzschaltung) kann damit ebenso sicher erfüllt werden, wie der Brandschutz durch Begrenzung der Zündleistung. Bei entsprechend hochempfindlicher Ausführung ( $\leq 30$  mA) kann Schutz bei direktem Berühren aktiver Leiter erwartet werden. Von Nachteil ist, besonders beim Einsatz im TN-Netz (hohe Kurzschlußströme), daß weder Überlast noch Kurzschlußschutz gegeben wird.

Es lag nahe Schalter der Bauart a) und b) zu kombinieren. Es entstanden:

#### 4.3 Kombinierte Fehlerstrom/Leitungsschutzschalter (7) (FI/LS-Schalter, der Bauart c)

FI/LS-Schalter, die mit Differenzstrom- und Überstromschutz ausgerüstet sind und eine fremdspannungsunabhängige Differenzstromauslösung haben, müssen allpolig abschalten.

FI/LS-Schalter sind als Geräteeinheit für den dezentralen Einsatz vorgesehen, wenn ein hohes Kurzschlußschaltvermögen gegeben sein muß und nur der fehlerbehaftete Betriebsstromkreis abgeschaltet werden soll.

#### 4.4 Leitungsschutzschalter mit Differenzstromauslösung (8) (LS/DI-Schalter, der Bauart d)

LS/DI-Schalter haben die gleichen Funktionsvorteile wie FI/LS-Schalter, die Differenzstromauslösung ist aber netzspannungsversorgt. Die elektronische Verstärkung des Fehlersignals ermöglicht bei kleiner Bauweise

eine noch größere Ansprechempfindlichkeit ( $I_{\Delta N} \leq 10 \text{ mA}$ ).

LS/DI-Schalter sind für das TN-Netz vorgesehen und bewirken dort gegenüber dem LS-Schalter eine wesentliche Schutzpegelerhöhung.

### 5. Einsatz- und Funktionsbereiche

Für den Personenschutz und für den Sachschutz sind in den Errichtungsbestimmungen Maßnahmen vorgesehen für den

"Schutz gegen gefährliche Körperströme"

"Schutz gegen zu hohe Erwärmung" (9).

Nach den neuen Errichtungsbestimmungen werden die Abschalt-Maßnahmen durch die gegebene Netzform bestimmt, wobei für die Netzform TN und TT prinzipiell die gleichen Schutzschaltgeräte zugelassen werden. Theoretisch ist dieses Vorgehen möglich, in der Praxis hat dies bedeutende Schutzwertunterschiede zur Folge, denn die für beide Netzformen zugelassenen Überstromschutzorgane können im besonderen bei Erdschlußfehlerströmen nicht in jedem Fall den Schutz bieten wie Schutzorgane mit Differenzstromauslöser.

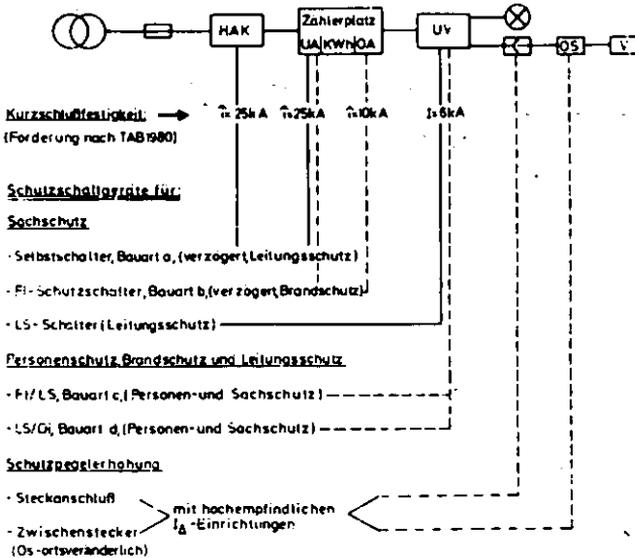


Bild 5: Typische elektrische Verbraucheranlage mit funktionsgerechter Anordnung von Schutzschaltgeräten

Fehlerstromschutzeinrichtungen der verschiedenen Bauarten bieten einen weitaus größeren Schutz als Überstromschutzorgane. Dies gilt sowohl für den Personenschutz als auch für den Sachschutz. Ausreichender Schutz bei Erdschlußfehlerströmen ist nicht durch Überstromschutzorgane, sondern ausschließlich durch Fehlerstromschutzeinrichtungen mit Differenzstromauslöser zu erreichen.

Werden hochempfindliche Differenzstromauslöser ( $< 30 \text{ mA}$ ) gewählt, dann ist auch weitergehender Schutz gegeben, wenn im Ausnahmefall aktive Leiter direkt berührt werden.

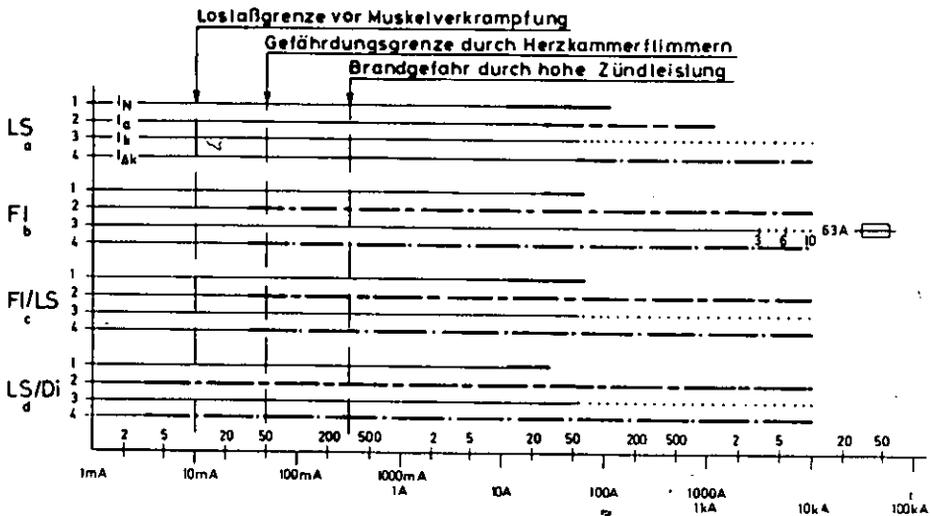


Bild 6: Funktionsbereich verschiedener Schutzschalter

Der höchste Schutz bei steter Betriebsbereitschaft ist gegeben, wenn dezentral, d.h. im Einzelstromkreis kombinierte Fehlerstromschutzeinrichtungen für den Überstrom- und Personenschutz eingesetzt werden. Günstige Voraussetzung dafür bieten FI/LS-Schalter und LS/DI-Schalter.

Der Brandschutz sollte zentral, vorzugsweise am Zählerplatz, durch konventionelle FI-Schutzschalter der Bauart b) mit ansprechverzögerten FI-Schutzschaltern ausgeführt werden, die an dieser Stelle auch leicht mit der notwendigen Kurzschlußfestigkeit ausführbar sind.

Fehlerstromschutzeinrichtungen hinter der Unterverteilung, z.B. steckbare ortsveränderliche Einrichtungen sollten nur übergangsweise und nur dort verwendet werden, wo eine Festinstallation nicht möglich ist.

Literatur:

- (1) Biegelmeier, G.: Körperströme, Berührungsspannungsgrenzen und Schutzmaßnahmen.
- (2) Biegelmeier, G.: Quantitative und qualitative Bemerkungen zum Stand des Wissens über Herzkammerflimmern nach elektrischen Durchströmungen mit Wechselstrom 50/60 Hz; E und M 91. Jahrgang, Heft 5.
- (3) Kahnau, H.W. und Rudolph, W.: Neugestaltung der DIN 57100/VDE 0100 - Errichtung von Starkstromanlagen bis 1000 V; etz, Bd. 102 (1981), Heft 12/13.
- (4) Runtsch, E.: Fehlerstromschutzeinrichtungen für den Personen- und Sachschutz in elektrischen Verbraucheranlagen; de, Heft 14/82.
- (5) Runtsch, E.: Schutzschaltgeräte in Niederspannungs-Gebäudeinstallationen; etz, Bd. 103 (1982), Heft 19, Seite 1087 ... 1089 (1. Teil) und Heft 21, Seite 1203 ... 1205 (2. Teil).
- (6) Hefermann, F.: Ableitströme elektrischer Geräte der Schutzklasse I und ortsfester Leitungen in 220 V-Anlagen bis 16 A; etz, Bd. 100 (1979), Heft 23.
- (7) H. Menges/Stritt: multi-STOTZ ein Gerät für die zukunftsichere Elektroinstallation; "elektro-handel", Heft 4/75.
- (8) V. Neumeyer, W. Scholler: STOTZ-Personenschutz-Automaten für erweiterten Personenschutz; BBC-Nachrichten, Heft 6/1979.
- (9) Haufe H., Oehms K.-J., Vogt D.: Bemessung und Schutz von Leitungen und Kabeln nach DIN 57100/VDE 0100, Teil 430 und 523; VDE-Schriftenreihe Heft 32.

---

Verfasser: .Obering. (grad.) Erhard Runtsch  
c/o BROWN, BOVERI & CIE AG  
Postfach 10 16 80  
D-6900 Heidelberg 1

## Selektiver Schutz - eine Notwendigkeit im Krankenhaus?

E. Pointner, München

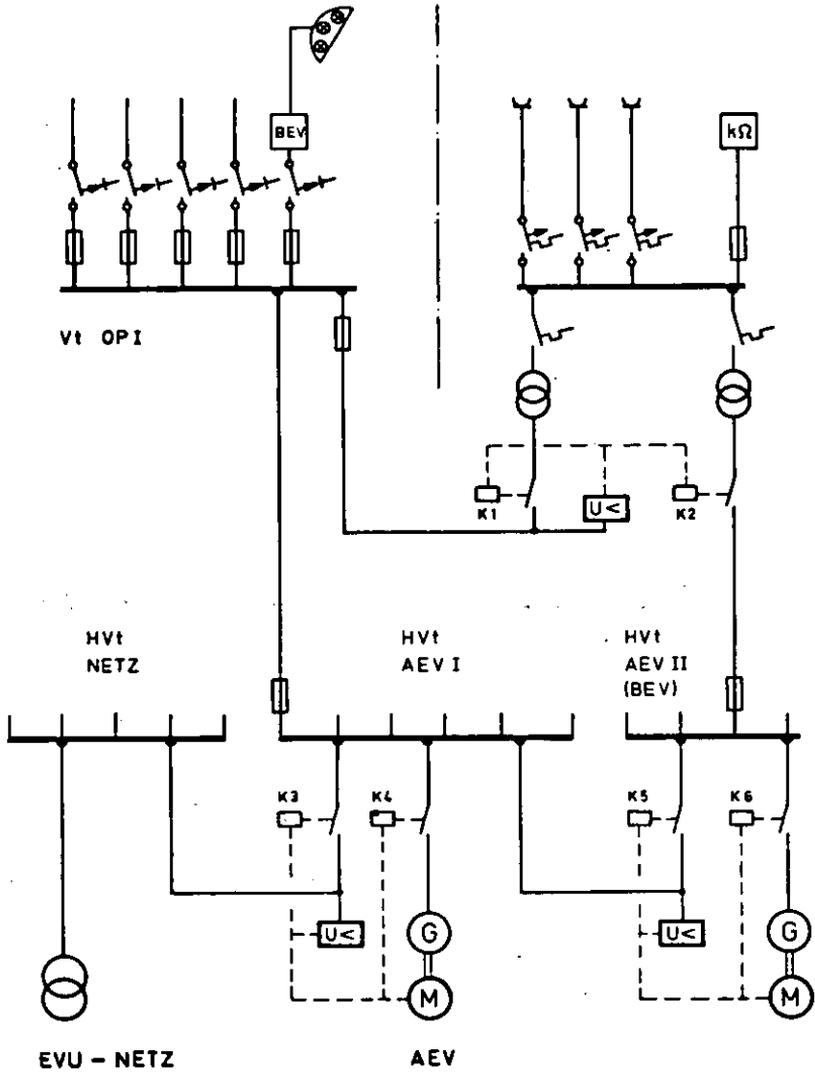
Der Ausfall der Stromversorgung im Krankenhaus verursacht in der Regel erhebliche Störungen des Krankenhausbetriebes, weil wichtige technische Anlagen nicht weiterbetrieben werden können. Gefahren für das Leben oder die Gesundheit von Patienten sind zu befürchten, wenn netzabhängige medizinisch-technische Geräte während der Untersuchung oder Behandlung ausfallen, die operativen Zwecken oder der Aufrechterhaltung lebenswichtiger Körperfunktionen dienen.

Zum Schutz der Patienten und zur Aufrechterhaltung des Krankenhausbetriebes sind technische Maßnahmen erforderlich, die eine hohe Sicherheit der Stromversorgung wesentlicher Teile der elektrischen Anlage gewährleisten. Behördliche Bestimmungen und technische Normen fordern deshalb, daß bestimmte technische Einrichtungen bei Ausfall der allgemeinen Stromversorgung weiterbetrieben werden können. Diesem Zweck dienen selbsttätig einschaltende Ersatzstromversorgungsaggregate und ein Verteilungsnetz, das die Auswirkung von Störungen auf die defekten Anlagenteile begrenzt.

Eine besonders sichere Stromversorgung benötigen Operationsleuchten und mit diesen vergleichbare Sonderleuchten sowie elektromedizinische Geräte, die der Aufrechterhaltung lebenswichtiger Körperfunktionen dienen. Sie müssen sowohl bei Ausfall der Netzspannung in der Hauptverteilung als auch bei Unterbrechung der Stromversorgung in der Zuleitung zur Unterverteilung weiter betreibbar sein. Unterverteilungen, von denen Verbraucherstromkreise für solche Geräte abzweigen, müssen deshalb über zwei Zuleitungen versorgt werden können. Bei einer Störung, z. B. Kurzschluß, in der einen Zuleitung erfolgt die Umschaltung auf die zweite Leitungen, welche die Versorgung entweder aus dem Netz oder der Ersatzstromanlage übernimmt.

Ein Körperschluß, der in einem elektromedizinischen Gerät für operative Zwecke oder mit lebenserhaltender Funktion auftritt, darf nicht zur selbsttätigen Abschaltung des Stromkreises führen, damit die Untersuchung oder Behandlung des Patienten nicht unterbrochen wird. Geräte dieser Art müssen deshalb in Räumen der Anwendungsgruppe 2 E aus einem IT-Netz mit Isolationsüberwachungseinrichtung (Schutzleitungssystem) versorgt werden.

### Beispiel für die Stromversorgung eines OP-Raumes



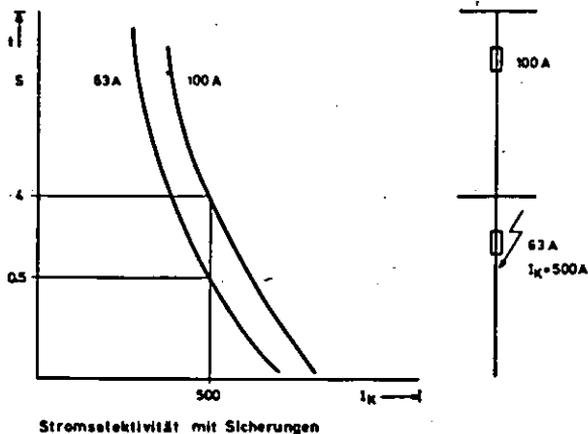
Mit dieser Schutzmaßnahme läßt sich allerdings nur die Abschaltung bei Körperschluß, nicht aber bei Kurzschluß im Stromkreis oder im Gerät vermeiden. Bei Kurzschluß ist die selbsttätige Abschaltung des vorgeschalteten Schutzorganes aus Sicherheitsgründen sogar erforderlich. Der Ausfall der Geräte, die an den betreffenden Stromkreis angeschlossen sind, ist also bei Kurzschluß unvermeidbar. Diese äußerst nachteilige Störung muß jedoch auf den betroffenen Stromkreis beschränkt bleiben, damit an andere Stromkreise angeschlossene Geräte weiterbetrieben werden können. Die Bestimmungen für das Errichten und Prüfen elektrischer Anlagen in medizinisch genutzten Räumen, DIN 57 107/VDE 0107/6.81 fordern deshalb, daß die Überstromschutzschalter in den Verbraucherstromkreisen des IT-Netzes selektiv gegenüber den vorgeschalteten Überstromschutzorganen wirken müssen. Bei Kurzschluß am Einbauort des Leitungsschutzschalters, also beim größten Kurzschlußstrom im Verbraucherstromkreis, darf weder das Überlastschutzorgan des Transformators noch das Kurzschlußschutzorgan des Transformatorstromkreises abschalten. Diese Bedingung muß sowohl bei Versorgung aus dem Netz als auch bei Ersatzstromversorgung erfüllt sein. Bei Netzversorgung ist dies ohne größere Schwierigkeiten möglich, weil relativ hohe Kurzschlußströme zu erwarten sind. Probleme können jedoch entstehen, wenn statische Wechselrichter oder andere Ersatzstromaggregate kleiner Leistung für die besondere Ersatzstromversorgung (BEV) verwendet werden. Deren Kurzschlußstrom ist nämlich verhältnismäßig klein. Zum Schutz von Leitungen und Kabeln bei Kurzschluß sind gemäß DIN 57 100 Teil 430/VDE 0100 Teil 430/6.81 Schutzorgane erforderlich, die den Kurzschlußstrom spätestens nach 5 Sekunden abschalten. Kleine Kurzschlußströme können aber nur mit Hilfe von Schutzorganen kleiner Nennstromstärken innerhalb von 5 Sekunden abgeschaltet werden. Die in Reihe liegenden Schutzorgane können jedoch nur dann selektiv wirken, wenn ihre Nennströme gegeneinander abgestuft sind. Im Leitungsweg von der BEV zum Verbraucher dürfen deshalb nur so viele Schutzorgane in Reihe geschaltet sein, daß beide Bedingungen, also die Abschaltzeit und die Selektivität, erfüllt werden.

Außer den Op-Leuchten und den lebenserhaltenden Geräten müssen auch andere Einrichtungen bei Ausfall der allgemeinen Stromversorgung zur Aufrechterhaltung des Krankenhausnotbetriebes weiterbetrieben werden können. Für diesen Zweck ist zwar eine Ersatzstromversorgung erforderlich, der redundante Netzaufbau wird jedoch in den technischen Normen nicht gefordert. Bei Unterbrechung des Stromweges können somit die nachge-

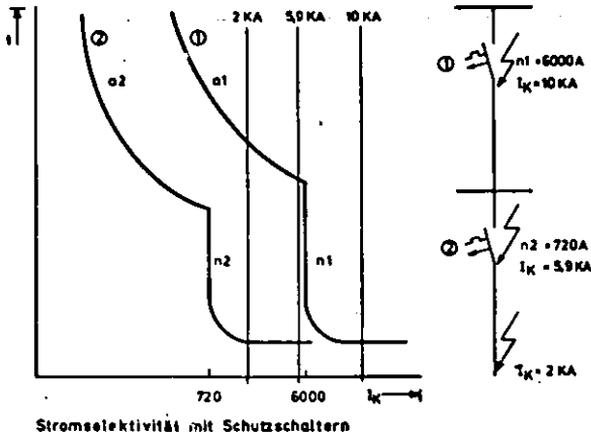
schalteten Verbrauchsgeräte weder aus dem Netz der allgemeinen Stromversorgung noch vom Ersatzstromerzeuger versorgt werden. Es ist selbstverständlich, daß man gerade im Krankenhaus den durch Kurzschluß im Leitungsnetz verursachten Stromausfall auf den nicht vermeidbaren Umfang begrenzen wird. Der selektive Aufbau des Netzes ist deshalb im Interesse der Versorgungssicherheit zumindest der Anlagen, die der Ersatzstromversorgung bedürfen, erforderlich, auch wenn die technischen Normen zur Zeit keine entsprechende Forderung enthalten.

Der selektive Kurzschlußschutz wird durch geeignete Auswahl der in Reihe liegenden Oberstromschutzeinrichtungen erzielt. Man unterscheidet zwischen der Stromselektivität und der Zeitselektivität. Im Verteilungsnetz eines Krankenhauses wird in der Regel die Stromselektivität erreichbar sein. Die Zeitselektivität muß nur dann gewählt werden, wenn die Kurzschlußströme an den Einbaustellen in Reihe liegender Schutzorgane annähernd gleich groß sind.

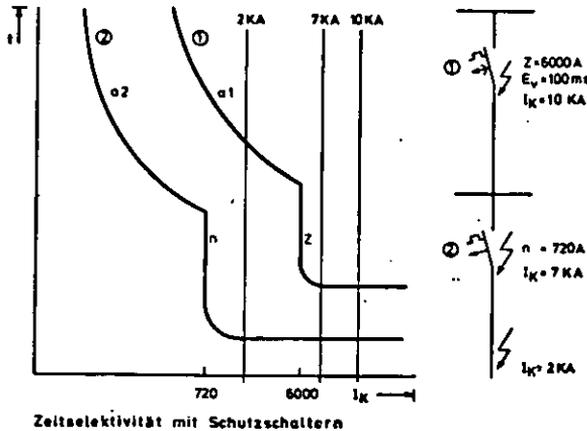
In Reihe liegende Sicherungen verschiedener Nennstromstärken verhalten sich stromselektiv, wenn sich die Streubänder ihrer Stromzeit-Kennlinien nicht berühren. Bei hohen Kurzschlußströmen ist die Selektivität nur dann gewährleistet, wenn der Ausschaltwärmewert  $I^2 t_a$  der kleineren Sicherung kleiner ist als der Schmelzwärmewert  $I^2 t_s$  der vorgeschalteten größeren Sicherung. Im allgemeinen ist dies der Fall, wenn sich ihre Nennströme um den Faktor 1,6 unterscheiden. Eine Sicherung verhält sich mit jeder übernächsten Sicherungsnennstromstärke selektiv.



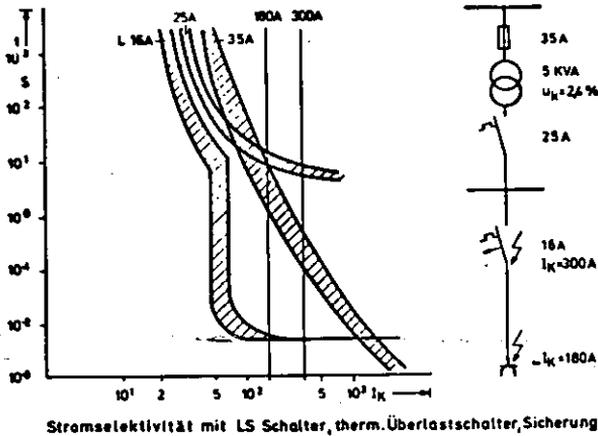
Die Stromselektivität von in Reihe liegenden Schutzschaltern ist gegeben, wenn der Kurzschlußstrom an der Einbaustelle des nachgeschalteten Schalters kleiner ist als der Ansprechstrom des Kurzschlußauslösers im vorgeschalteten Schalter.



Die Zeitselektivität wird durch die zeitliche Verzögerung des Kurzschlußauslösers des vorgeschalteten Schutzschalters erreicht.



Die Kombination Leitungsschutzschalter - thermischer Oberstromschalter - Sicherung wird im Krankenhaus für elektrische Anlagen in Räumen der Anwendungsgruppe 2 E angewendet. Bei Kurzschluß im Verbraucherstromkreis muß der Leitungsschutzschalter selektiv zu den beiden vorgeschalteten Schutzeinrichtungen auslösen. Dies ist dann der Fall, wenn im Strom - Zeit - Diagramm die Auslösekennlinie des LS-Schalters die Streubänder der anderen beiden Schutzeinrichtungen nicht berührt. Diese Bedingung muß bei Netzversorgung und bei Ersatzstromversorgung, die verschieden hohe Kurzschlußströme bewirken, erfüllt sein.



Dipl.-Ing. E. Pointner  
Oberingenieur der Elektroberatung Bayern  
Kaiserstraße 14  
8000 München 40

(089) 386000

Tarif- und Vertragsgestaltung von Energielieferungsverträgen  
aus der Sicht der EVU

von G. Bischoff, Hannover

1. Kostenstruktur der leitungsgebundenen Energiearten

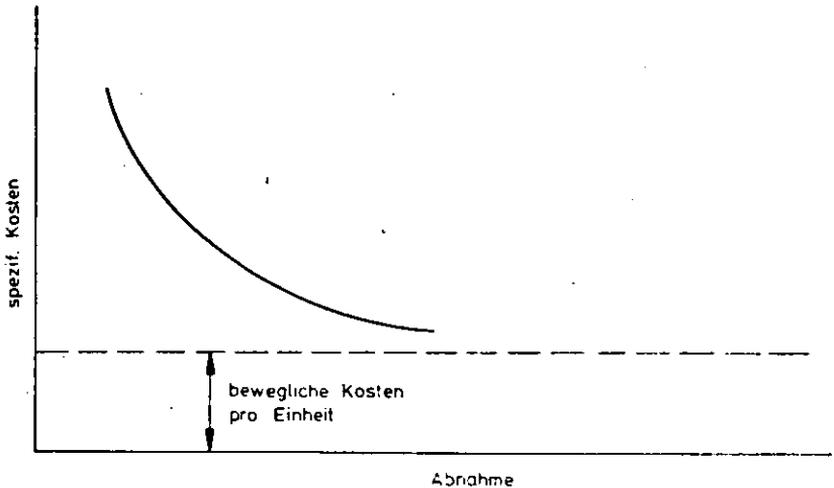
Die vom EVU (Energieversorgungsunternehmen) gelieferten Energiearten sind im wesentlichen: Strom, Gas, Fernwärme. Da es sich hierbei jeweils um leitungsgebundene Energiearten handelt, entstehen hohe Festkostenanteile für die ständige Vorhaltung der Verteilungsanlagen. Zudem müssen diese Energiearten jederzeit verfügbar sein, also in ausreichender Menge kurzfristig bereitstehen - Strom muß sogar jeweils erst exakt zum Bedarfszeitpunkt erzeugt werden -, so daß zusätzlich hohe Festkosten durch die Vorhaltung der Erzeugungsanlagen entstehen. Für den Sektor Strom sind diese Festkosten mittlerweile auf über 2/3 gestiegen.

Diesen Verhältnissen versuchen die EVU auch bei der Kalkulation der Preisregelungen gerecht zu werden: Die Grund- oder Leistungspreise enthalten im wesentlichen die Festkostenanteile, die Arbeitspreise bestehen vorwiegend aus den beweglichen Kosten (also im wesentlichen den Brennstoffkosten).

Wegen der Aufteilung der Kosten der leitungsgebundenen Energiearten in feste und bewegliche kann prinzipiell bei allen Preissystemen eine Kostendegression bei ansteigenden Abnahmemengen bzw. Benutzungsdauerwerten festgestellt werden, s. Bild 1.

Sofern ein EVU mehrere Preisregelungen zur Wahl anbietet, können unterschiedlich stark fallende relative Kosten in Abhängigkeit vom Verbrauchsverhalten des Kunden festgestellt werden: Wenn die tatsächlichen Festkosten nur zum kleineren Teil auf den Grund- oder Leistungspreis und zum größeren auf den Arbeitspreis gelegt werden, hat die Preiskurve eine geringer fallende Tendenz (flache oder weiche Preisstellung).

Bei hohem Leistungspreisanteil und niedrigeren Arbeitspreisen hingegen spricht man von steileren Preisregelungen; diese sind angebracht bei größeren Verbrauchern, da dort eine möglichst verursachungsgerechte Zuordnung der Kosten besonders wichtig ist.



## 2. Rechtliche Grundlagen von Energielieferungsverträgen

Bei der tatsächlich anwendbaren Tarif- und auch Vertragsgestaltung sind auch gesetzliche Bestimmungen zu berücksichtigen.

### 2.1 Energiewirtschaftsgesetz

Das Ziel des EnWiG ist es, die Energieversorgung so sicher und billig wie möglich zu machen. In diesem Sinne regelt das EnWiG im wesentlichen Aufgaben und Pflichten der EVU, legt Befugnisse der Aufsichtsbehörden fest und ist Ermächtigungsgrundlage für weitere Rechtsverordnungen. Im einzelnen bedeutsam ist z. B. die allgemeine Anschluß- und Versorgungspflicht für die EVU im Rahmen der Allgemeinen Bedingungen (AVBEltV) und Allgemeinen Tarifpreise (AT), die allerdings in Fällen wirtschaftlicher Unzumutbarkeit nicht angewendet werden kann.

Bei der Strom- und Gaslieferung (bei letzterer weniger bedeutungsvoll) ist zu unterscheiden zwischen Tarifikunden und Sonderkunden. Tarifikunden werden im Rahmen gesetzlicher Verordnungen beliefert, und zwar nach AVBEltV (Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Elektrizitätsversorgung von Tarifikunden) und nach Allgemeinen Tarifpreisen, die der BTD (Verordnung über Allgemeine Tarife für die Versorgung mit Elektrizität - Bundestarifordnung Elektrizität -) genügen müssen. In der Praxis sind dies kleine Kunden bis etwa 25 oder 50 kW Leistungsbeanspruchung und Abnahmemengen von einigen zigtausend kWh pro Jahr. Es zählen hierzu die Gruppen Haushalt, Landwirtschaft und (Klein-)Gewerbe.

Alle übrigen Kunden sind als Sonderkunden zu bezeichnen (so z. B. auch Haushalte, die den üblichen Sonderpreis für Nachtspeicherheizung eingeräumt bekommen).

Für Sonderkunden gelten keine speziellen Gesetze, insbesondere nicht preislicher Art (wie die BTD für Tarifikunden). Ein Anspruch auf günstigere Preise als bei Tarifikunden besteht andererseits aber auch nicht (s. 5. DVO zum EnWiG.). Allerdings ist aus dem AGB-Gesetz (Gesetz zur Regelung des Rechts der allgemeinen Geschäftsbedingungen) herzuleiten, daß Abweichungen gegenüber wesentlichen Bestimmungen der AVBEltV zum Nachteil der Sonderkunden nicht zulässig sind. Im übrigen ist das Kartellgesetz für die Behandlung von Sonderkunden bedeutsam.

## 2.2 AVBEltV, BTDelt

Die AVBEltV als für alle Tarifikunden verbindliche Rechtsverordnung regelt Rechte und Pflichten der beiden Vertragspartner wie z. B. Lieferpflicht, Gestattungspflichten, Rahmen für technische Bestimmungen und Baukostenzuschüsse etc.

Die BTOElt stellt den Rahmen für vertragliche und preisliche Vorschriften für Tarifikunden dar. Hiernach müssen z.B. zwei Grundpreistarife und ein Kleinverbrauchstarif sowie zusätzlich ein Schwachlasttarif angeboten werden. Der Bereitstellungspreisanteil im Grundpreis richtet sich hierbei nach der Raumzahl oder den Anschlußwerten der Verbrauchsgeräte. Hierbei liegt das verständliche Interesse der EVU darin, mit angemessenem Aufwand möglichst kostenecht die Festkostenanteile zu berechnen. Die Zahl der Haushaltsräume als nicht-elektrische Größe ist für diese Berechnung grundsätzlich zwar wenig geeignet, wird aber für vertretbar gehalten. Viele EVU machen aber von der Möglichkeit Gebrauch, den Bereitstellungspreis nach Raumgruppen oder überhaupt einheitlich zu berechnen, da Untersuchungen der HEA (Hauptberatungsstelle für Elektrizitätsanwendung) und Messungen gezeigt haben, daß die in den Haushalten installierte elektrische Leistung nahezu unabhängig von der Raumzahl ist. Höhere Leistungen - über etwa 25 kW - können aber ohnehin schon nach gemessener Leistung statt mit einem festen Bereitstellungspreis abgerechnet werden.

### 2.3 Kartellgesetz

Das GWB (Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen) verbietet grundsätzlich marktbeherrschenden Unternehmen (also auch EVU), andere Unternehmen unmittelbar oder mittelbar unbillig zu behindern oder gegenüber gleichartigen Unternehmen ohne sachlichen gerechtfertigten Grund unterschiedlich zu behandeln. Es betrifft also nicht so sehr die Tarifikunden, deren Verhältnisse ohnehin weitgehend geregelt sind, sondern die Sonderkunden. Demzufolge schränkt es aber auch gleichzeitig die Vertragsfreiheit für die Nicht-Tarifikunden ein, was darin zum Ausdruck kommt, daß es auch für Sonderkunden schon Normverträge gibt. Diese Normverträge weisen im allgemeinen schon einen recht feinfühligem Preismaßstab auf, wie z. B. verbilligte Arbeitspreise für den Nachtstrombezug, ggf. gezonte (mengenabhängige) Preise, gesonderte Meß- und Schaltzeiten etc.

### 3. Energielieferungsverträge - Aufbau, Schwerpunkte

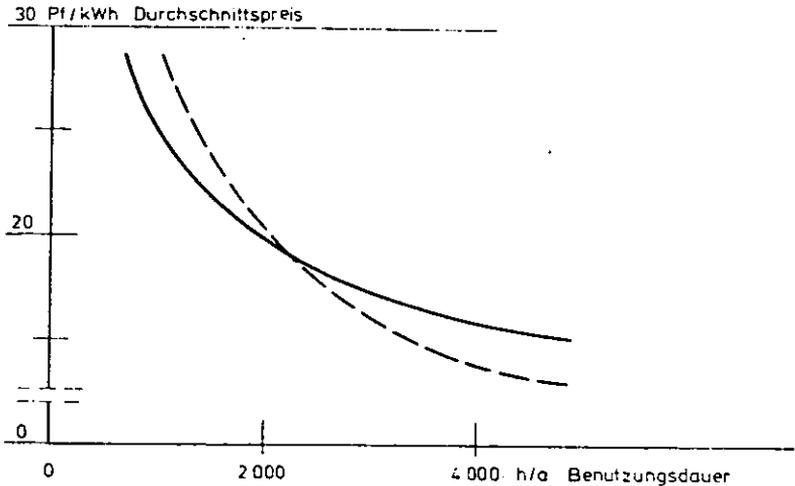
Die wichtigsten Punkte von Energielieferungsverträgen für Sondervertragskunden sind u. a.:

- Art und Umfang der Lieferung
- Anschlußanlage und Eigentumsverhältnisse
- Sonderpreisregelungen
- Preisänderungsklauseln
- Mindestzahlverpflichtungen
- Vertragslaufzeit
- allgemeine Liefervereinbarungen

#### 3.1 Preisregelungen für Sonderkunden

Reine Arbeitspreisregelungen, bei denen die Festkosten in die Arbeitspreise eingearbeitet sind, sind durchaus üblich in Form von Zonen- oder Staffelpreisregelungen. Überwiegend angewendet und kostenechter sind jedoch Leistungspreisregelungen. Hierbei werden nicht nur Arbeitspreise, sondern auch Leistungspreise - monatlich oder jährlich - berechnet, wobei die maßgebliche Leistung bei der Stromlieferung im allgemeinen über eine Viertelstunde des Monats gemessen wird, bei der Gaslieferung über eine Stunde oder einen Tag im Jahr. Hierdurch wird dem Kunden ein Anreiz gegeben, die Energie möglichst gleichmäßig zu beziehen und die Festkosten entsprechend auf viele Energieeinheiten zu verteilen. Der Durchschnittspreis (Pf/kWh) hängt also von der Benutzungsdauer (kWh/kW) ab, s. Bild 2.

Darüber hinaus wird bei Strom-Sonderkunden im allgemeinen der Blindstrom erfaßt und ggf. bei Überschreiten zulässiger, vertraglicher Werte zusätzlich berechnet, sofern nicht ohnehin die Abrechnung nach Scheinleistung (kVA) erfolgt. Hier kann der Kunde aber ggf. durch weitergehende Kompensation seiner eigenen Anlagen zur optimaleren Ausnutzung der EVU-Anlagen auch im eigenen Interesse beitragen.



### 3.2. Sonstige Vertragsregelungen

Besondere Bestimmungen können für die Betreiber von Eigen-  
erzeugungsanlagen gelten. Man kann aber davon ausgehen,  
daß besonders Eigenerzeuger, die auf rationelle Art und  
Weise Energie selbst erzeugen, gegenüber Vollstrombezieher  
nicht benachteiligt werden. Grundsätzlich hat aber der  
Kunde vor Errichtung von Eigenanlagen dem EVU hiervon  
Mitteilung zu machen und muß durch geeignete Maßnahmen  
sicherstellen, daß von seiner Eigenanlage keine schäd-  
lichen Rückwirkungen in das EVU-Netz möglich sind.  
Das Vorhandensein von Notstromanlagen begründet noch kein  
Eigenerzeugerverhältnis. Notstromanlagen haben besonders  
bei dem hier angesprochenen Kundenkreis ihre Bedeutung,  
da Störungen bei der leitungsgebundenen Energielieferung  
nicht in jedem Fall absolut ausgeschlossen werden können  
oder auch nur ausreichend beeinflussbar sind.

#### 4. Allgemeine Betrachtungen zur Energiebereitstellung

Bei Entscheidung zum vollständigen oder teilweisen Energiebezug müssen zwangsläufig die kostenmäßigen und damit preislichen sowie auch technischen Bedingungen des EVU berücksichtigt werden. Nur bei nicht leitungsgebundenen Energiearten und autarker Erzeugung (z. B. Raumwärme oder Dampf aus Kohle) ist der Kunde unabhängig von nicht selbst kalkulierbaren Kosten und Bedingungen. Die Entscheidung über Erzeugung oder Fremdbezug wird aber besonders beim Strom aus betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten im allgemeinen zugunsten des - wenigstens überwiegenden - Fremdstrombezugs ausfallen, da die EVU trotz der beschriebenen Strukturzwänge im allgemeinen kostengünstiger und sicherer die Energie bereitstellen können.

#### Literatur

- Einführung in die elektrische Energiewirtschaft, K. Brinkmann, Verlag Friedrich Vieweg u. Sohn Braunschweig, 1980
- Energiekosten senken! Dr. Deparade, Betriebshandbuch, Technischer Verlag Resch KG, Gräfelfing/München, 1977
- Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen, i. d. F. 24.09.80, BGBI I, S. 1761
- Gesetz zur Förderung der Energiewirtschaft (Energiewirtschaftsgesetz) vom 13.12.35 RGBI I, S. 1451
- Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Elektrizitätsversorgung von Tarifkunden (AVBEltV) vom 21.06.79, BGBI I, S. 684ff
- Verordnung über Allgemeine Tarife für die Versorgung mit Elektrizität, (Bundestarifordnung Elektrizität), vom 26.11.71, zul. 30.01.80 BGBI I, S. 122

#### Adresse des Verfassers:

Dipl.-Ing. G. Bischoff  
Im Rosenhag 5

3004 Isernhagen 4

Stromlieferungsverträge optimal abschließen und nutzen -  
Hinweise aus der Praxis des Energieleiters

J. Hegmans, Krefeld

1. Stromkostensteigerung und wirksame Gegenmaßnahmen

Die jährliche Strompreisstiegrate bei gewerblichen Abnehmern betrug von 1977 bis 1981 durchschnittlich 9,23%. Im Jahre 1980 lag sie bei 13,9; 1981 bei 12,1 und 1982 wird sie voraussichtlich bei ca. 7,3% liegen. Es ist also anzunehmen, daß die Energiepreisstiegrungen im Elektrizitätsbereich auch künftig die allgemeinen Preisstiegrungen übertraffen werden.

Dieser Entwicklung wirksam zu begegnen, werden an erster Stelle alle Bemühungen gelten müssen, den Primärenergieeinsatz nachhaltig zu senken. Hierzu zählen u.a. die Verbesserung des Wärmeschutzes bei Gebäuden und Anlagen sowie Wirkungsgradverbesserungen bei der gesamten Haustechnik einschließlich der Beleuchtungssysteme. Neue Technologien wie Wärmepumpen, Wärmerückgewinnungssysteme, Wärmekraftkopplungsanlagen, betriebsstundenoptimierte und tageslichtabhängiggeschaltete Beleuchtungssysteme werden in Verbindung mit der mikrocomputergesteuerten Regeltechnik sicher den Hauptanteil an dieser notwendigen Reduzierung des Primärenergieeinsatzes haben.

2. Strompreisregelungen

Zur Sicherung der durch all diese sinnvollen technischen Maßnahmen erzielten Verbrauchseinsparungen ist es erforderlich

- a) die Strombezugsbedingungen jeweils mit der vorhandenen Technik abzustimmen und dieser

anzupassen

- b) durch geeignete organisatorische und technische Maßnahmen die bestehenden Strombezugsbedingungen optimal auszuschöpfen.

Die Innen unter dem Stichwort "Bestabrechnung" bekannte Verpflichtung der Energieversorgungsunternehmen (EVU), den jeweils günstigsten Tarif einzuräumen, gilt im gewerblichen Bereich nur für sogenannte Tarifabnehmer, d.h., für solche Abnehmer, die aus dem allgemeinen Niederspannungsnetz beliefert werden und über keine eigene Transformatorenstation verfügen. Krankenhäuser fallen nicht unter diese Bestimmung, da sie im Allgemeinen einen über diesen Rahmen hinausgehenden Strombedarf haben und aus dem Hochspannungs- bzw. Mittelspannungsnetz beliefert werden. Deshalb ist das Krankenhaus für die Wahl der jeweils günstigsten Preisregelung im Rahmen eines Sonderabnehmervertrages selbst verantwortlich. Obwohl regional unterschiedliche Preisregelungen angeboten werden, kann der Abnehmer in der Regel bundeseinheitlich zwischen 3 Grundtypen wählen:

- einer flachen Preisregelung, z.B. Z RWE  
bei der nur der Verbrauch berechnet wird
- einer mittleren (auch ausgewogenen) Preisregelung, z.B. L 55 RWE  
bei der Preisanteile etwa gleichgewichtig auf den Verbrauch (kWh) und die benötigte Leistung (kW) entfallen
- einer steilen Preisregelung, z.B. L 120 RWE  
bei der größere Preisanteile auf die benötigte Leistung (kW) entfallen als auf den Verbrauch (kWh).

Welche der angebotenen Preisregelungen die für den Abnehmer günstigere ist, läßt sich nur durch entsprechende Vergleichsberechnungen mit den Verbrauchswerten des Krankenhauses ermitteln. Das EVU wird solche Vergleichsberechnungen bei der Neuordnung bestehender Verträge oder beim Abschluß neuer Stromlieferungsverträge in der Regel auf Antrag durchführen, ist dazu aber nicht verpflichtet. In letzter Zeit ist zu beobachten, daß die Bereitschaft der Versorgungsunternehmen (EVU), innerhalb der Vertragslaufzeiten auf andere Preisregelungen umzustellen, - im Zeichen sinkender Erträge auch bei den EVU's - deutlich zurückgegangen ist. Daraus folgt, daß der Wahl der "richtigen" Preisregelung beim Vertragsabschluß mit einer Erstlaufzeit von 5 Jahren große Bedeutung beizumessen ist.

Der EVU-Berater kann das Krankenhaus hierbei unterstützen, indem er auf gegebene Verhältnisse reagiert, während es zu den Aufgaben des neutralen Energieberaters gehört, die gegebenen Verhältnisse zu analysieren, Alternativen aufzuzeigen und angrenzende Fachgebiete zu berücksichtigen, die vom Energieberatungs- oder Projektierungsteam erarbeitet wurden.

### 3. Status und Aufgaben des Energieberaters

An dieser Stelle ist ein Hinweis zum Status und zu den Aufgaben eines Energieberaters angebracht, weil hierüber in der Praxis oft sehr unterschiedliche Auffassungen bestehen.

Energieberatung muß von beratenden Ingenieuren, Architekten und Unternehmensberatern gemeinsam durchgeführt werden, weil diese für ihre Leistung ein angemessenes Honorar erhalten, das die Neutralität gewährleistet.

Das Energieberatungsteam muß vielseitige Kenntnisse und Erfahrungen mitbringen, um die Möglichkeiten des

Energieeinsatzes und zur Energieeinsparung umfassend beurteilen zu können: physiologische und bauphysikalische, konstruktive und materialtechnische Kenntnisse, Kenntnisse der Haustechnik einschließlich Steuerung, Regelung sowie Kenntnisse über den Einsatz neuer Technologien und Alternativenergien. Darüber hinaus sind umfassende Kenntnisse in energiewirtschaftlicher und betriebswirtschaftlicher Hinsicht erforderlich.

Um für den Auftraggeber Krankenhaus zu bestmöglichen Ergebnissen sowohl in technischer als auch in wirtschaftlicher Sicht zu kommen empfiehlt sich sowohl bei neuen als auch bei bestehenden Häusern folgende Beziehung:

Auftraggeber Krankenhaus			
Projektierungs- und/oder Energieberatungsteam			
Arch.	Fach-Ing.	Energiewirtschaftler	Spezialisten
Beteiligte Dritte			
Hersteller	Fachfirmen	Versorg.-Untern.	Sonstige

Meine Aufgabe innerhalb dieses Projektierungs- und Beratungsteams ist der energiewirtschaftlich betriebswirtschaftliche Teil, der in der Regel für Sie nur dann nutzbringend eingesetzt werden kann, wenn eine Abstimmung mit den übrigen Mitgliedern des Teams erfolgt. Ob nun die Aufgabe "den Stromlieferungsvertrag optimal abschließen und nutzen" von Ihnen selbst oder von einem externen Berater oder Beratungsunternehmen wahrgenommen wird, ist für die Vorgehensweise unerheblich. Der Berater verfügt zwar im Regelfall über das größere energiewirtschaftliche Wissen. Dies kann aber prinzipiell durch Abstimmung mit den zuständigen Sachbearbeitern anderer Krankenhäuser und einer guten Zusammenarbeit mit den Vertragsfachleuten der Versorgungsunternehmen zum Teil ausgeglichen werden.

4. Die richtigen Schritte auf dem Weg "Stromlieferungsverträge optimal abschließen und nutzen"

4.1 Energiebedarfsstruktur

Es besteht ein wichtiger Kostenzusammenhang zwischen dem

Durchschnittspreis pro verbrauchter kWh (Pf/kWh) und der

Energiebedarfsstruktur des Krankenhauses. Energiebedarfsstruktur meint z.B.

- als wichtigstes Kriterium die Benutzungsstundendauer  $\theta_h$ : das Verhältnis zwischen elektrischer Arbeit (Verbrauch in kWh) und elektrischer Leistung (Leistungsaufnahme innerhalb eines bestimmten Zeitabschnitts in kW),
- die jahreszeitlich bedingten Verbrauchsanteile (z.B. im Sommer hoher Klimatisierungsbedarf, im Winter höherer Wärmebedarf),
- die Verbrauchsanteile von Tag und Nacht,
- die Verbrauchsanteile an den Wochenenden,
- die Verbrauchsaufteilung zwischen Beleuchtung, Wärmestrom und anderen Anlagen,
- das Verhältnis zwischen Wirk- und Scheinleistung kW : KVA.

In Abhängigkeit von der vorhandenen Technik und dem Betriebsablauf können Teile der Bedarfsstruktur durch geeignete organisatorische und technische Maßnahmen kostenmindernd verändert werden. Z.B. Verlegung der elektrischen Warmwasserbereitung von der Tag-Zeit in die Nacht-Zeit durch Nutzung geeigneter Speicher-

systeme. Anschlußleistung 20 kW:Stunden pro Jahr 1000 h.

Bezogen auf die für die Warmwasserbereitung erforderliche elektrische Energie würden sich die Energiekosten für die Warmwasserbereitung im Rahmen eines bestehenden Stromlieferungsvertrages, z.B. mit dem RWE bei Anwendung der Preisregelung L 120, wie folgt verändern

vorher (Tag)

$20\text{ kW} \times 120 \times 1,628037 = 3907,28$   
 $20000\text{ kWh} \times 0,05 \times 2,322128 = 2322,13$

DM 6229,31  
=====

nachher (Nacht)

$20000 \times 0,034 \times 2,322128 =$

DM 1.579,04

./ . B<sub>h</sub>-Rabatt

Eine Kostenminderung auf 25% der ursprünglichen Kosten wurde durch eine relativ einfache Kombination organisatorischer und technischer Maßnahmen erreicht. Die Höhe der hierfür erforderlichen Investition für den Warmwasserspeicher ist von den örtlichen Verhältnissen abhängig. Möglich wurde diese Maßnahme im Rahmen der "optimalen Nutzung bestehender Stromlieferungsverträge" durch die richtige Interpretation einer weitgehend vollständigen Energiedatenerfassung.

#### 4.2 Energiedatenerfassung

Voraussetzung für die optimale Nutzung bestehender Stromlieferungsverträge, aber auch neu abzuschließender Verträge, ist daher eine weitgehend vollständige Energiedatenerfassung, deren Aufbau in mehreren Stufen erfolgen kann.

##### 4.2.1 Stufe 1

In der ersten Stufe müssen aus dieser einfachen Energiestatistik folgende Werte ablesbar sein.

Gesamtkosten	DM
Durchschnittspreis pro kWh	Pf/kWh
Gesamtverbrauch	kWh
davon • Tag	kWh
• Nacht	kWh
Wärme • Tag	kWh
• Nacht	kWh
Verbrauch während der Sommerzeit	kWh
Leistungsaufnahme	kW
Benutzungsstundendauer	h/e
Blindstromverbrauch	bkWh

**Energiestatistik Stufe 1**

Abnahmestelle: \_\_\_\_\_

Zähler Nr.: \_\_\_\_\_ EVU-Kunden-Nr.: \_\_\_\_\_

198\_

	Mon.	Zählerstand	Gesamt	Verbrauch in kWh		Leistung kW	Ges.Kst. o. MwSt. DM	Bemerkungen	
				Tag	Nacht				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Winter	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
Sommer	6								
	7								
	8								
	9								
Winter	10								
	11								
	12								
12Mo	Σ					Ø			
				% v. 3 =		= %			

#### 4.2.2 Auswertung der Energiestatistik Stufe 1

Wird diese Statistik regelmäßig geführt und monatlich beobachtet, können damit bereits vier Dinge erreicht werden.

##### Wirksame Rechnungskontrolle

Die Stromrechnung wird genau kontrolliert.

##### Abweichungen

Abweichungen von den "üblichen" Werten für Verbrauch und Leistungen fallen auf. Es kann rechtzeitig nach den Ursachen geforscht werden.

##### Tarifwahl-Vergleichsberechnungen-Verbrauchsprognosen

Die aus der Statistik ersichtliche Bedarfsstruktur ermöglicht Ihnen, unter Berücksichtigung evtl. geplanter Veränderungen, Vergleichsberechnungen zwischen den von Ihrem Versorgungsunternehmen zur Wahl stehenden Preisregelungen (bei Kenntnis derselben) durchzuführen.

##### Leistungsvergleichmäßigung

Bei einer hohen Differenz zwischen den monatlichen Leistungswerten ergeben sich erste Anhaltspunkte für eine kostenmindernde Leistungsoptimierung durch den Einsatz von Lastwächtern, Maximumüberwachungs- und elektronischer Leistungssteuerungsanlagen.

Der Aufwand für die monatliche Eintragung beträgt ca. 10 Minuten und für die jährliche Zusammenfassung und Auswertung ca. 3 Stunden.

#### 4.2.3 Energiedatenerfassung Stufe 2

Die Statistik der Stufe 1 ist ausreichend, um bei unveränderter Abnahmesituation eine wirksame Kontrolle der Verbrauchs- und Kostenentwicklung zu gewährleisten.

Die Statistik hat den Vorteil, daß sie nach der Ein-  
arbeitung von jedem kfm. Sachbearbeiter oder Sachbe-  
arbeiterin geführt werden kann.

Ist aber beabsichtigt, unter eigener Regie die Voraus-  
setzungen für eine noch bessere Ausnutzung der Strom-  
lieferungsverträge und für weitere technische Einspa-  
rungsmaßnahmen zu schaffen, sind weitere Hilfsdaten  
zur Entscheidungsvorbereitung erforderlich, die nicht  
auf den Elektrizitätsbereich begrenzt bleiben dürfen.  
Hierzu zählt eine möglichst tief gegliederte Erfassung  
der auf die einzelnen Aggregate und Bereiche entfallen-  
de Verbrauchs- und Kostenanteile. Z.B.

Bedarfsart Bereich	Verbrauch		Kosten		Bemerkung
	MWh	%	DM	%	
Heizung					
Klima/Kälte					
Küche					
Beleuchtung					
Warmwasser					
Sonstige					
		100		100	

Die Differenzierung Verbrauchsanteile einerseits und  
Kostenanteile andererseits deshalb, weil oft bei der  
Beurteilung von Energiesparmaßnahmen die Koordinierung  
zwischen Kaufleuten und Technikern fehlt. Hier ein  
Beispiel.

<u>Verbrauch</u>	<u>Bedarfsart</u>	<u>Kosten</u>	<u>Spez.Kosten</u>
kWh		DM	Pf/kWh
300.000	Raumwärme aus Öl	21.000,-	7
100.000	Warmwasser aus Elektrizität	21.000,-	21

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht kann also eine Maßnahme, die 100.000 kWh Elektroenergie spart, bei gleichem Investitionsvolumen absolut und relativ ebenso sinnvoll sein wie eine Maßnahme, die 300.000 kWh Heizenergie spart.

Der Energiedatenerfassung der Stufe 2 muß deshalb ein auf die Bedürfnisse des jeweiligen Krankenhauses zugeschnittenes Meßprogramm vorausgehen, dessen Ergebnisse mit dem Projektierungs- und Beratungsteam abgestimmt werden. Hieraus können dann zusammen mit der technischen und kaufmännischen Krankenhausleitung die Investitionsentscheidungen vorbereitet werden.

## 5. Gesetzliche Grundlagen und Bestimmungen

### 5.1 Rechtsgrundlagen Energielieferungsverträge

Einige der Verhaltensregeln zum Thema "Stromlieferungsverträge optimal abschließen und nutzen" habe ich hier schildern können. Darüber hinaus sind die Rechtsgrundlagen beim Abschluß von Energielieferungsverträgen zu beachten. Z.B.

- Energiewirtschaftsgesetz (EnergG)
  - Allgemeine Versorgungsbedingungen (AVBElt)
  - Bundestarifordnung (BTO)
  - Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB)
- und eine Reihe anderer Gesetze und Bestimmungen.

### 5.2 Förderbestimmungen Energie

Im übrigen sollten die Förderbestimmungen des Bundes und der Länder bekannt sein, wonach Energiesparmaßnahmen steuerlich begünstigt und die Inanspruchnahme der Dienste eines Energieberaters bezuschußt werden können. Auch hierzu einige Beispiele:

- Programm der Bundesregierung zur Förderung heizenergiesparender Investitionen in bestehenden Gebäuden
  - entsprechende Länderprogramme
  - Richtlinien für Beratung, Information und Kooperation in kleinen und mittleren Unternehmen der Industrie, des Verkehrsgewerbes und sonstiger Dienstleistungsgewerbe vom 12.12.1980
  - Investitionszulagegesetz
- die lediglich einen kleinen Teil der geltenden Verordnungen und Gesetze darstellen.

### 5.3 Vereinbarungen zwischen den Wirtschaftsverbänden

Desweiteren gibt es einige Vereinbarungen zwischen den beteiligten Wirtschaftsverbänden der Industrie und der Versorgungswirtschaft, denen aus der Sicht des Abnehmers Rechtscharakter beizumessen ist. Z.B.

- (VIK, VDEW, BDI, usw.) Betr.: Allgemeine Versorgungsbedingungen  
"Unbeschadet bestehender unterschiedlicher Rechtsauffassungen in Einzelfragen der Allgemeinen Versorgungsbedingungen akzeptieren wir Ihre Versorgungsbedingungen mit dem Vorbehalt, daß sie nicht gegen gesetzliche Vorschriften verstoßen. Wir behalten uns ausdrücklich vor, im konkreten Streitfall einzelne Klauseln im Hinblick auf ihre Übereinstimmung mit den gesetzlichen Vorschriften behördlich oder gerichtlich überprüfen zu lassen."  
Diese Klausel sollte bei Abschluß eines neuen Stromlieferungsvertrages als einseitige Erklärung des Abnehmers schriftlich dem EVU mitgeteilt werden.
- (VIK, VDEW, BDI) Betr.: "Grundsätze über die Intensivierung der stromwirtschaftlichen Zusammenarbeit zwischen öffentlicher Elektrizitätsversorgung und industrieller Kraftwirtschaft"

In dieser Vereinbarung sind bisher gesetzlich nicht oder nicht umfassend geregelte Probleme folgender Energiefragen fixiert

- Parallelbetrieb Elektrizität : Reservepreisstellung etc.
- Gleichbehandlung von Zusatz- und Reservestrombezug
- Reservestellung: Muß Reserve bestellt werden: Nein!
- Einspeisung von Überschußstrom in das öffentliche Netz, Preisstellung von 2,2 Pf/kWh - 4,5 Pf/kWh zusätzlich Preisanpassung.

#### 6. Zusammenfassung

Wichtigste Voraussetzung für die optimale Nutzung der Energiebezugsbedingungen sind geeignete Aufzeichnungen über die Energieabnahmestruktur und die Kenntnis der Stromlieferungsverträge; Abstimmung zwischen Technikern und Kaufleuten; sowie schnelle und qualifizierte Reaktion des Abnehmers gegenüber dem EVU auf Änderung der Verbrauchsverhältnisse.

Bei Abschluß von Erstverträgen ist darauf zu achten, daß sowohl die Höhe der Vorhalte- oder Bereitstellungsleistung als auch die zur Anwendung kommende Preisregelung erst nach Ablauf des ersten Jahres endgültig festgelegt wird, da erst dann ein wirklicher Überblick über die tatsächlichen Verbrauchsverhältnisse möglich ist. Gleiches gilt für die Berechnung von Blindstrom. Es sollte eine Regelung erzielt werden, nach der in den ersten 6 Monaten kein Blindstrom berechnet wird, wenn anschließend eine Kompensationsanlage eingebaut wird.

Johannes Hegmans, Betriebswirt HWL  
Geschäftsführer und Vorstandsvorsitzender der  
Energie-Beratungs-Partner eG  
Wachtelstraße 1, Krefeld 29-Hüls

## Juristische Aspekte bei der Delegation verantwortungsvoller Tätigkeiten

R. Höhn, Bad Harzburg

Wenn man von Krankenhausmanagement spricht, ein Begriff, der heute in aller Munde ist, geht man davon aus, daß im Krankenhaus als Organisation die gleichen Prinzipien gelten wie für das Management in der Wirtschaft. Andernfalls dürfte man diesen Begriff gar nicht verwenden.

### Verantwortung und Haftung für die Organisation

Management bedeutet, daß zunächst eine klare hierarchisch gegliederte Organisationsstruktur vorhanden ist, d.h. daß festgelegt ist, welche Aufgaben an der Spitze eines Krankenhauses von dem Kollegium, also der Krankenhausleitung, mit welchen Kompetenzen und welcher Zielsetzung wahrgenommen und welche Aufgaben und Kompetenzen mit der dazugehörigen Zielsetzung auf die übrigen Stufen unterhalb dieser Leitung übertragen werden.

Ist dies nicht geschehen und entsteht aus einem nicht oder unzureichend festgelegten Aufgabenkomplex ein Schaden, so ist derjenige dafür verantwortlich, der die Organisationskompetenz besitzt, und haftet, wie der Jurist sagt, für Organisationsverschulden. Darüber ist man sich gewöhnlich nicht im klaren und glaubt immer noch, daß es genüge, wenn man sich mit allgemeinen Formulierungen begnügt, anstatt durch eindeutige Festlegung von Aufgaben und Kompetenzen in allen Bereichen das Krankenhaus transparent zu machen. An einem Beispiel soll dies erläutert werden:

In einem Krankenhaus ist der Verwaltungsdirektor "zuständig" für die Bereiche Sicherheit, Einkauf, Personal etc., es ist aber nicht festgelegt, ob er selbst oder einer seiner Mitarbeiter oder ein Mitarbeiter auf der nachfolgenden Ebene z.B. die Wartung der technischen Geräte vorzunehmen hat, Kaufverträge abschließt, über die Maßnahmen zur Einstellung, Versetzung und Entlassung entscheidet. Bei evtl. hieraus eintretendem Schaden muß also wegen Organisationsverschulden gehaftet werden.

Sind die Aufgaben mit den dazugehörigen Kompetenzen und klarer Zielsetzung festgelegt, so ergibt sich daraus für den Stelleninhaber die entsprechende Verantwortung, d.h. er hat dafür einzustehen, wenn er bei der Wahrnehmung seines Aufgabenbereiches vorsätzlich oder fahrlässig seine Pflichten

verletzt und daraus ein Schaden entsteht. Darauf, ob und inwieweit der Vorgesetzte dieses Stelleninhabers oder etwa der nächsthöhere Vorgesetzte auch eintreten, also haften muß, soll später eingegangen werden.

### Verantwortung und Haftung des Mitarbeiters

Ist die Organisation festgelegt, d.h. also bestimmt worden, welche Aufgaben mit welchen Kompetenzen unter welcher Zielsetzung jeder Stelleninhaber zu erfüllen hat, so ergibt sich daraus im Rahmen des Managements auch das Zusammenspiel zwischen Vorgesetzten und Mitarbeitern. Für beide Seiten gelten bestimmte Pflichten und Rechte, die über die Regelung der fachlichen Aufgaben hinaus festgelegt werden müssen, um ein sinnvolles Zusammenspiel von Vorgesetzten und Mitarbeitern zu ermöglichen. Zunächst soll auf die Mitarbeiterpflichten eingegangen werden, wobei allerdings nur die juristisch besonders relevanten Pflichten herausgegriffen wurden.

Der Mitarbeiter ist also z.B. verpflichtet, im Rahmen seines Delegationsbereiches selbständig zu handeln und zu entscheiden, und darf nicht rückdelegieren. Die Rückdelegation von Verantwortung ist eine bekannte Erscheinung, die daher rührt, daß das überkommene Vorgesetztenleitbild, nach dem ein Vorgesetzter mehr weiß und mehr kann als seine Mitarbeiter, übernommen worden und noch nicht aufgegeben worden ist. Dieses Leitbild ist heute weitgehend überholt. Dies wird besonders überall da deutlich, wo Spezialisten tätig sind, die auf ihrem Gebiet im allgemeinen mehr wissen und können als ihre Vorgesetzten, denen sie unterstellt sind. Als weitere Pflicht muß von dem Mitarbeiter verlangt werden - und das gilt für ein Krankenhaus ebenso wie in der Wirtschaft -, daß er ständig darüber nachdenkt, wie das, was heute ist, morgen besser gemacht werden kann. Er muß sich also ausgesprochen unternehmerisch verhalten, wie man in der Wirtschaft sagen würde.

Eine weitere Pflicht des Mitarbeiters besteht darin, daß er seinen Vorgesetzten überall da berät, wo seine - des Mitarbeiters - Kompetenzen zu einer eigenen Entscheidung nicht ausreichen, der Vorgesetzte also entscheiden muß. Dies bedeutet, daß er ihm entscheidungsreife Vorschläge vorlegt. Auch zur Information ist der Mitarbeiter verpflichtet, und zwar einmal gegenüber dem Vorgesetzten, zum anderen als Querinformation gegenüber den Kollegen und sonstigen Stellen, die auf die Informationen durch den Stel-

leninhaber zur ordnungsgemäßen Erledigung ihrer eigenen Aufgaben angewiesen sind. In einem Informationskatalog muß deshalb festgelegt werden, worüber der Mitarbeiter seinen Vorgesetzten zu informieren hat. Das gleiche gilt für die Querinformation. Hier muß in einem Querinformationskatalog festgelegt werden, worüber die betreffenden Stellen zu informieren sind, und, soweit dies nicht exakt erfaßt werden kann, eine entsprechende Richtlinie erlassen werden. Information wie Querinformation sind gerade im Krankenhaus, und hier im ärztlichen und pflegerischen Bereich, von großer Bedeutung, um das Wohl des Patienten zu fördern.

Aus diesen Pflichten ergibt sich die entsprechende Verantwortung, d.h. der Mitarbeiter hat für die Verletzung dieser Pflichten durch Tun, Dulden oder Unterlassen einzustehen. Ein Mitarbeiter, der es z.B. unterläßt, die Information oder Querinformation exakt zu handhaben, ist für einen etwa daraus entstehenden Schaden intern verantwortlich. Darüber hinaus gibt ein Mitarbeiter, der sich ständig in der Rückdelegation übt, anstatt da zu entscheiden, wo er entscheiden müßte, die Basis zur Kündigung. Dies gilt erst recht für einen Mitarbeiter, der seinem Vorgesetzten oder gar dem Krankenhaus im allgemeinen die innere Kündigung ausspricht, indem er auf sein Engagement für das Krankenhaus verzichtet, sich vom Betriebsgeschehen distanziiert und sich soweit wie möglich passiv verhält, also keine Eigeninitiative mehr entwickelt.

#### Verantwortung und Haftung des Vorgesetzten

Hinsichtlich der Pflichten des Vorgesetzten bei Delegation von Verantwortung ist folgendes zu bemerken:

Es kann nicht auf nun eben einmal gerade vorhandene Mitarbeiter delegiert werden, sondern man muß sich nach Festlegung der Delegationsbereiche fragen, wer bzw. ob der in Betracht gezogene Mann oder die in Betracht gezogene Frau der richtige Mitarbeiter, d.h. geeignet ist, die mit der Stelle verbundenen Aufgaben und Kompetenzen auch wahrzunehmen. Andernfalls liegt juristisch gesehen Auswahlverschulden vor, für das derjenige, der die Stellenbesetzung vornimmt, einzustehen, d.h. zu haften hat. Übersehen wird dabei immer, daß ständig von seiten des Vorgesetzten geprüft werden muß, ob diese Eignung noch vorhanden ist. Auswahlverschulden liegt also nicht nur bei Übertragung eines Delegationsbereiches, sondern auch dann vor,

wenn ein Mitarbeiter an einer Stelle belassen wird, für die er sich im Laufe der Zeit als ungeeignet erwiesen hat. Nachdem delegiert worden ist, kann sich also der Vorgesetzte nicht auf den Standpunkt stellen: delegieren und resignieren. Er ist vielmehr verpflichtet, Kontrolle darüber auszuüben, ob der Stelleninhaber seine Aufgaben ordnungsgemäß erfüllt. Geschieht dies nicht, so liegt von seiten des Vorgesetzten Kontrollverschulden vor, für das er einzustehen hat und damit persönlich haften muß.

Auswahlverschulden und Kontrollverschulden sind also zwei der entscheidenden juristischen Folgen, die sich für den Vorgesetzten aus der Delegation von Verantwortung ergeben.

Vielfach besteht allerdings immer noch die Ansicht, daß der Vorgesetzte für alles verantwortlich sei, was im Bereich des Mitarbeiters geschieht. Diese Vorstellungswelt resultiert aus der autoritären Führung, bei der nichts getan wurde, wofür nicht der Vorgesetzte eine Weisung erteilt hatte. Bei Delegation von Verantwortung ist dies jedoch anders: Der Vorgesetzte ist keinesfalls für alles verantwortlich, was im Bereich des Mitarbeiters geschieht. Etwas Derartiges würde dem obersten Rechtsgrundsatz widersprechen, daß jeder nur für das einzustehen hat, was er schuldhaft tut, duldet oder zu tun unterläßt. Handelt z.B. im Bereich der Sicherheit ein Mitarbeiter den bestehenden Vorschriften entgegen und entsteht dadurch ein Schaden im Bereich der Gesundheit, so haftet der Vorgesetzte nicht automatisch, sondern nur dann, wenn er es unterlassen hat, Stichprobenkontrollen darüber auszuüben, ob er weiterhin den richtigen Mitarbeiter hat, dieser also für die ordnungsgemäße Erfüllung seines Aufgabenbereiches geeignet war, und weiterhin Stichprobenkontrollen darüber ausgeübt hat, ob der Betreffende seine Sicherheitsaufgaben wahrgenommen hat. Andernfalls ist er von jeglicher Haftung frei. Das gleiche gilt für den Chefarzt, der von seinem Assistenzarzt glaubt, daß er auf einem bestimmten Gebiet Operationen vornehmen kann und sie ihm delegiert. Der Chefarzt kann sich nun nicht mit der Delegation begnügen. Er muß vielmehr in gewissen Zeitabständen Stichprobenkontrollen über die fortgesetzte Eignung des Assistenzarztes ausüben. Tut er dies nicht, so haftet er, wenn dem Assistenten ein Fehler unterläuft und dadurch ein Schaden entstanden ist.

Um den Kontrollaufgaben gerecht werden zu können und das Haftungsrisiko möglichst gering zu halten, ist zu empfehlen, daß die Vorgesetzten zu ei-

ner systematischen Kontrolle übergehen, also anhand eines von ihnen aufgestellten Kontrollplans festlegen, wie oft und in welchen Zeitabständen sie Kontrolle ausüben wollen.

Zur Frage nach der richtigen Anzahl der vorzunehmenden Stichproben ist noch folgendes zu sagen: Es ist keinesfalls so, daß hier das sonst weitgehend zu beachtende Prinzip der Gleichheit herrscht, daß also jeder Mitarbeiter der gleichen Anzahl von Stichproben unterworfen ist. Es gilt vielmehr der Satz, daß vor dem geistigen Auge des Vorgesetzten der Mitarbeiter stehen muß mit seinen Stärken und Schwächen. Es wird delegiert ad rem, also sachbezogen, kontrolliert aber auch ad personam, d.h. personenbezogen. Aufgabe jedes Vorgesetzten ist es deshalb, in bezug auf die Kontrolle sich darüber klar zu werden, wo die Stärken und Schwächen seiner Mitarbeiter liegen, und dementsprechend auch individuell das Ausmaß der Kontrollen zu bestimmen.

Aber nicht nur die Kontrolle ist für den Vorgesetzten wichtig. Von besonderer Bedeutung ist für den Vorgesetzten bei Delegation von Verantwortung, daß er seinen Mitarbeiter im Rahmen der ihm übertragenen Aufgaben und Kompetenzen selbständig handeln und entscheiden läßt, also nicht eingreift und Entscheidungen trifft, wo dieser sie treffen müßte. Andernfalls setzt er durch sein Verhalten das Prinzip der Delegation von Verantwortung außer Kraft und geht zum autoritären Führungsstil über. Damit ist er dann auch wieder für alles verantwortlich, was im Bereich des Mitarbeiters geschieht, und muß für etwa daraus erwachsenden Schaden einstehen.

Ebenso wichtig ist es, daß der Vorgesetzte den Mitarbeiter über alles informiert, was dieser wissen muß, um in seinem Bereich selbständig handeln und entscheiden zu können. Andernfalls liegt Informationsverschulden vor, für das er bei dadurch entstandenem Schaden verantwortlich ist und haften muß.

Aus dem Dargelegten ergibt sich, daß man bei der Delegation von Verantwortung sehr genau unterscheiden muß, welche Verantwortung mit der sich daraus ergebenden Haftung derjenige besitzt, dem delegiert ist, und derjenige, der delegiert hat. Auf die deliktische Seite soll in diesem Zusammenhang nicht eingegangen werden.

Die Geltendmachung der Ansprüche erfolgt gegenüber dem Krankenhaus bzw. der Rechtspersönlichkeit, die hinter dem Krankenhaus steht, und zunächst nicht gegenüber demjenigen, der den Schaden verursacht hat. Ob Regreß genommen werden soll, ist eine Frage, deren Entscheidung bei demjenigen liegt, der in Anspruch genommen worden ist. Inwieweit Regreß genommen wird, ob auch für leichte Fahrlässigkeit oder nur für grobe Fahrlässigkeit und Vorsatz, ergibt sich gewöhnlich aus der Satzung oder sonstigen einschlägigen Bestimmungen.

Prof. Dr.iur. R. Höhn  
Akademie f. Führungskräfte der Wirtschaft e.V.  
Postfach 243  
3388 Bad Harzburg 1

Der elektrische Betriebsunfall - Erfassung von Unfallabläufen und Unfallauswertung -

Dr.-Ing. D. Kieback, Köln

o Vorbemerkung

Unter dem vom Veranstalter formulierten Begriff "Der elektrische Betriebsunfall" soll hier eindeutig der Arbeitsunfall durch elektrischen Strom verstanden werden, und zwar der Stromunfall mit einer Körperdurchströmung oder mit Einwirkung eines Kurzschluß- oder Schaltlichtbogens (Störlichtbogen) auf den Verunglückenden.

1. Häufigkeit von Arbeitsunfällen durch elektrischen Strom und ihre Gewichtung

Stromunfälle haben - Dank der jahrzehntelangen Bemühungen um die Verbesserung der Arbeitssicherheit - keinen großen Anteil an der Gesamtzahl der Arbeitsunfälle. Trotz der allgegenwärtigen weiten Verbreitung und steten Zunahme elektrischer Anlagen, elektrischer Geräte und sonstiger elektrischer Betriebsmittel, beträgt der Anteil der Stromunfälle an den Arbeitsunfällen im engeren Sinne - \*) im Mittel der letzten 12 Jahre nur knapp 0,2 % (Tabelle 1).

Jahr	Stromunfälle		Arbeitsunfälle insgesamt		Anteil der Stromunfälle an den Arbeitsunfällen	
	Anzahl	davon tödlich	Anzahl	davon tödlich	(1) : (3)	(2) : (4)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1970	4.160	112	2.010.395	2.696	▶ 0,21	▶ 4,15
1975	3.121	68	1.406.998	2.069	0,22	3,29
1980	1.960	43	1.541.219	1.807	0,13	2,19
INSTITUT	Stromunfälle - Arbeitsunfälle			617,0/113, 11/82		

Tabelle 1:  
Häufigkeit von  
Arbeitsunfällen

\*) Arbeitsunfälle ohne Einbezug von Dienstwegeunfällen

Stromunfälle fallen aber im Problemkreis der Arbeitssicherheit durch die Schwere der Unfallfolgen und den vergleichsweise großen Anteil tödlicher Unfälle, also durch ihre große Letalität, besonders ins Gewicht (2).

Der Anteil der tödlichen Stromunfälle an den tödlichen Arbeitsunfällen liegt bei etwa 4 % und ist damit rund 20-fach größer als der entsprechende Anteil bei den Gesamtzahlen. Die Letalität beträgt beim Arbeitsunfall durch elektrischen Strom im langjährigen Mittel 2,5 % und ist damit fast 18 x größer als bei der Gesamtheit der Arbeitsunfälle, und sie ist im Mittel mehr als 3 x so groß wie bei den Dienstwegunfällen (Tabelle 2).

UNFALLART	Letalität (L) bei Arbeitsunfällen (einschliesslich Wegeunfällen) (%)		
	1970	1975	1980
Arbeitsunfälle insgesamt (im engeren Sinne *)	0,13	0,15	0,12
Wegeunfälle **)	0,75	0,89	0,65
Arbeitsunfälle durch elektrischen Strom **)	2,69	2,18	2,19

Tabelle 2:  
Letalität bei  
Arbeitsunfällen

\*) Statistische Angaben des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften

\*\*\*) Statistische Angaben des Instituts zur Erforschung elektrischer Unfälle bei der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik

Die durch die große Letalität und - besonders im Hochspannungsbereich - durch einen großen Anteil schwerer Unfälle gekennzeichnete Gefährdungssituation war und ist Anlaß der seit Jahren intensiven Bemühungen aller relevanten Institutionen um die Verbesserung der Arbeitssicherheit.

Auch die Gründung des Instituts zur Erforschung elektrischer Unfälle war Konsequenz dieser Gefährdungs- und Unfallsituation. Eine ständige dauerhafte Verbesserung der Arbeitssicherheit kann nicht ohne langfristige sicherheitstechnische und medizinische Untersuchungen ermöglicht

werden; Untersuchungen, die am besten von einer zentralen Stelle durchgeführt, veranlaßt und gefördert sowie ggf. koordiniert und gesteuert werden. Dementsprechend befaßt sich das Institut zentral für die Träger der gesetzlichen Unfallversicherung mit dem Stromunfall und allgemein mit der Auswirkung von Elektrizität auf den Menschen unter sicherheitstechnischem und medizinischem Aspekt. Es führt eigene Untersuchungen durch, Untersuchungen auf der Basis statistischer Erhebungen und auf der Basis intensiver Literaturrecherchen, und es vergibt Forschungsaufträge an Hochschulinstitutionen und Mitgliedsbetriebe. Außerdem wertet es spezielle Unfalluntersuchungsberichte aus.

## 2. Statistische Erfassung und Auswertung von Unfallabläufen

Eine wichtige Basis für die Ermittlung von Möglichkeiten zur Verbesserung der Arbeitssicherheit stellen sorgfältig und langfristig kontinuierlich durchgeführte statistische Erhebungen über Unfallabläufe dar. Diese Erhebungen haben im Hinblick auf gezielte, aber mit breitem Wirkungsbereich durchsetzbaren ~~Unfallverhütungsmaßnahmen~~ Vorrang gegenüber einer speziellen ganz auf den Einzelfall abgestellten Untersuchung von Unfallabläufen \*) (5).

Die Unfalluntersuchung dient im Hinblick auf die Verbesserung der Arbeitssicherheit vornehmlich der Auswertung der ermittelten Tatbestände durch und für den Betrieb. Sie wird in der Regel dazu beitragen, gleiche Unfälle im "Unfall-Betrieb" zu verhindern. Die Erkenntnisse dringen im allgemeinen nicht über den Betrieb hinaus, sie können daher von anderen Betrieben nicht als Lehre zur Sicherheit

---

\*) Auf eine Fallbeschreibung von Unfallabläufen wird hier bewußt verzichtet, um nicht mit dem Datenschutz im erweiterten Sinne zu kollidieren, da bei notwendigerweise eingehender Falldarstellung ein Wiedererkennen des "Unfallbetriebes" und der beteiligten Personen auch bei Anonymisierung des Falles möglich, aber erfahrungsgemäß unerwünscht ist. Interessenten an Fallbeschreibungen seien auf (5) hingewiesen.

adaptiert werden. Die Untersuchungsergebnisse der statistischen Erhebung des Institutes dagegen werden schlußfolgernd für die Verbesserung der Arbeitssicherheit breit bekannt gemacht.

Trotz der Vielzahl und der Verschiedenartigkeit elektrischer Anlagen und Betriebsmittel und der von Branche zu Branche unterschiedlichen Arbeitssituationen für Elektrofachkräfte und Elektrolaien ergibt sich eine relativ eng begrenzte Varietät von Ursachen für elektrische Unfälle. Die Art der Unfallabläufe und der Unfallursachen können in ihrer Verschiedenartigkeit durch breit angelegte, alle Branchen erfassende Erhebungen ermittelt und in ihren Einzelheiten und deren Häufigkeit gekennzeichnet werden. Das Institut erfaßt daher durch technische und medizinische Fragebogen nicht nur Unfälle in den Mitgliedsbetrieben der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik, sondern "alle" elektrischen Unfälle des gesamten industriellen und gewerblichen Bereichs und des Bereichs der öffentlichen Hand. Es erhält die Unfallunterlagen über die gewerblichen Berufsgenossenschaften und über die Eigenunfallversicherungsträger von Bund, Ländern, Gemeinden und Städten, also von denjenigen Trägern der gesetzlichen Unfallversicherung, die für mehr als 9/10 aller gegen Arbeitsunfälle versicherten Personen zuständig sind. (Die Erhebung erstreckt sich praktisch auf 1,6 Millionen Unternehmen mit mehr als 20 Millionen Beschäftigten. Seit Beginn der Erhebung in den Jahren 1966, 1967 wurden rund 48.000 Unfälle auf diese Weise erfaßt.)

### 2.1.1. Erfassung sicherheitstechnisch relevanter Parameter des Unfallablaufes

Die Erfassung sicherheitstechnisch relevanter Parameter von Unfallabläufen erfolgt mit dem sogenannten "Technischen Fragebogen". Dieser Fragebogen umfaßt mehr als 50 Unfallmerkmale mit über 1.300 Ausprägungen, die EDV-gerecht auf 80 Stellen je Datensatz verschlüsselt werden.

Die erfragten Unfallmerkmale sind in 10 Hauptgruppen unterteilt. Erhoben werden Angaben zur Person, zum Betrieb, zum Energieverteilungsnetz und den installierten Schutzmaßnahmen und Angaben zum Unfallort mit näherer Bezeichnung der Betriebsstätte und des Arbeitsplatzes. Ferner werden erhoben, Angaben zum Unfallgegenstand, d.h. zum elektrischen Betriebsmittel oder zur elektrischen Anlage, die unfallbeteiligt war, des weiteren Angaben zur Tätigkeit bei Unfall Eintritt und vor allem zu den Unfallursachen. Erhoben werden aber auch Angaben zur Art der Berührung von unter Spannung stehenden Teilen, Angaben zu den Unfallfolgen und letztlich Angaben über Erste-Hilfe-Maßnahmen.

Das Erhebungsformular ist fast vollständig standardisiert, d.h. die Antworten sind in einer großen Varietät vorgegeben, so daß die Beantwortung durch Ankreuzen der fallzugehörigen Vorgaben erfolgen kann. Eine kurze Unfallhergangsschilderung in freier Form ergänzt die standardisiert gegebenen Antworten.

### 2.1.2. Erfassung medizinischer Unfallparameter

Mit medizinischen Erhebungsformularen (Durchgangsarztbericht und Ergänzungsbericht bei Unfällen durch elektrischen Strom) werden auch medizinische Informationen zu jedem Stromunfall erfaßt. Die medizinischen Fragebogen erheben Angaben zum Allgemeinzustand des Verunglückten nach dem Unfall, sie beschreiben die chirurgischen Unfallfolgen, die kardialen Be-

funde und Befunde über den Blutdruck sowie neurologische und psychische Befunde; außerdem werden Angaben über die Wiederbelegungsmaßnahmen und über medikamentöse Sofortmaßnahmen nach Unfälleintritt erhoben. Auch diese medizinischen Fragebogen werden zentral im Institut gesammelt und ihr Informationsinhalt EDV-mäßig erfaßt.

## 2.2. Die statistische Auswertung der erhobenen Unfalldaten

Die erhobenen Unfalldaten werden unter sicherheitstechnischem und medizinischem Aspekt ausgewertet. Durch den großen Datenbestand und die Vielzahl und Vielfalt der erhobenen Merkmale können beispielsweise branchenspezifische und auf bestimmte elektrische Betriebsmittel oder bestimmte Personenkreise konzentrierte Untersuchungen mit großen Fallzahlen effizient durchgeführt werden; diese Untersuchungen ermöglichen es, aufgrund von beurteilenden Struktur- und Verlaufsstatistiken ganz konkrete Schlußfolgerungen im Sinne der Verbesserung der Arbeitssicherheit zu ziehen.

### 2.2.1 Die Auswertung der technischen Unfallunterlagen

Die Arbeitsergebnisse der sicherheitstechnischen Untersuchungen, deren Ausgangsdaten über das Unfallgeschehen aus der Praxis kommen, laufen direkt in die Praxis zurück.

Als Anregungen und Empfehlungen fließen sie direkt in die Arbeit der Aufsichtsdienste der Unfallversicherungsträger ein; sie werden in die Diskussion der Fachausschüsse der Berufsgenossenschaften und in die Erörterungen der VDE- und DKE-Gremien eingebracht, und haben ganz maßgeblich ihren Niederschlag in der Unfallverhütungsvorschrift VBG 4 "Elektrische Anlagen und Betriebsmittel" in ihrer letzten Ausgabe vom April 1979 und ihren überarbeiteten Durchführungsanweisungen vom Oktober 1980 gefunden (6).

So wurde durch die statistische Auswertung von Unfallabläufen festgestellt, daß Elektrofachkräfte, unterwiesene Personen, aber auch elektrotechnische Laien besonders häufig verunglücken, wenn Arbeiten in der Nähe von unter Spannung stehenden Teilen durchgeführt werden (3). Deshalb muß künftig durch technische Maßnahmen, in Sonderfällen durch organisatorische Maßnahmen, dafür gesorgt werden, daß die Berührung unter Spannung stehender aktiver Teile bei Tätigkeiten in deren Nähe verhindert wird. Künftig muß entweder die Freischaltmöglichkeit durch geeignete Auslegung der Schalt- und Verteilungsanlage möglich sein, oder es müssen mindestens Einrichtungen und Hilfsmittel vorhanden sein, die es erlauben, zusätzliche Abdeckungen anzubringen (1).

Gefährdungen zeigten sich auch beim Bedienen und bei gelegentlichen Handhabungen an elektrischen Anlagen und an elektrischen Ausrüstungen von Be- und Verarbeitungsmaschinen (4). Es wurde ein erweiterter Schutz gegen direktes Berühren gefordert, eine Forderung, die ebenfalls ihren Niederschlag in der VBG 4 gefunden hat. Sie wurde auch in die Arbeit des DKE-Kreises "Schutz gegen direktes Berühren bei gelegentlichen Handhabungen" eingebracht, dessen Arbeitsergebnisse schließlich in den Normentwurf der VDE-Bestimmung 0100 Teil 750 einmündeten.

Des weiteren wurde festgestellt, daß Schäden an elektrischen Betriebsmitteln, insbesondere an Elektrohandwerkzeugen und elektromotorisch betriebenen Geräten wesentliche Ursachen für elektrische Unfälle darstellen (4). Schäden an elektrischen Betriebsmitteln, wie die defekte Isolation elektrischer Anschluß- und Verlängerungsleitungen, die schadhafte oder fehlende Kapselung unter Spannung stehender Geräte und Anlageteile sind im übrigen die hervorzuhebenden Ursachen bei Stromunfällen im Krankenhausbereich.

Diese Schäden hätten durch eine regelmäßige Prüfung rechtzeitig erkannt und anschließend beseitigt werden können.

Deshalb wurde in die VBG 4 eine detaillierte Regelung für die Prüfung elektrischer Anlagen und Betriebsmittel aufgenommen. Es wurde eine Prüfpflicht eingeführt. Erstmalige Prüfungen und Wiederholungsprüfungen elektrischer Anlagen und Betriebsmittel werden zukünftig mit Sicherheit zu einer weiteren wesentlichen Verminderung der Unfälle beitragen.

Der Anteil der Stromunfälle in Krankenhäusern an den Stromunfällen insgesamt ist seit Jahren gering und rückläufig (Bild 1). Er liegt im Mittel der letzten 12 Jahre bei 0,9 %, was allein das Krankenhauspersonal anbelangt und bei 1 %, wenn man Fremdpersonal mit einbezieht.

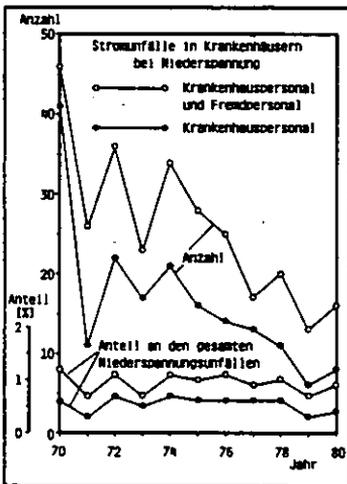


Bild 1: Die zeitliche Entwicklung von Stromunfällen (Niederspannungsunfällen) in Krankenhäusern

### 2.2.2 Die Auswertung der medizinischen Unfallunterlagen

Die Auswertung der medizinischen Unfallunterlagen hat erstmals die gesicherte, verlässliche Darstellung einer Phänomenologie der Unfallfolgen ermöglicht und verlässliche Erkenntnisse über EKG-Befunde nach Stromunfällen gebracht; sie

hat außerdem zu Untersuchungen über neue Behandlungsmethoden von Brandwunden geführt und Impulse für die Sicherstellung einer effizienten Ersten Hilfe bei Stromunfällen gebracht.

### 3. Die spezielle Unfalluntersuchung

Bei schweren und tödlichen Arbeitsunfällen werden im Zuständigkeitsbereich der Träger der gesetzlichen Unfallversicherung unter Hinzuziehung der Technischen Aufsichtsbeamten besonders sorgfältige eingehende Unfalluntersuchungen durchgeführt. Die Untersuchungen sind darauf ausgerichtet, alle die Daten zu erfassen, die für eine technische, psychologische, organisatorische, medizinische und rechtliche Auswertung von Bedeutung sind. Stromunfälle ohne tödlichen Ausgang sind in der Regel einfacher zu beurteilen, als solche mit tödlichem Ausgang, da im Zweifelsfalle die Aussagen des Verunglückten zur Verfügung stehen. Beim tödlichen Unfall ist zunächst grundsätzlich zu entscheiden: Handelt es sich um einen Arbeitsunfall, liegt evtl. ein natürlicher Todesfall vor, oder handelt es sich um einen gewollten Tod? Damit werden sowohl versicherungsrechtliche als auch strafrechtliche Folgen des Unfalles angesprochen.

Beim tödlichen Unfall stützt sich die Ermittlung des Unfallherganges und der Unfallursachen nur auf Zeugenaussagen und auf technische und medizinische Befunde. In der speziellen Unfalluntersuchung wird zunächst ermittelt, wodurch die elektrische Gefährdung eingetreten ist. Bei der technischen Analyse werden die elektrischen Durchströmungsverhältnisse ermittelt; dazu ist es notwendig, die Stromwege festzustellen, die Größe der im Stromweg liegenden elektrischen Widerstände und die der Berührungsspannung zu ermitteln, die Körperstromstärke zu berechnen und unter Berücksichtigung von Frequenz und Stromform sowie seiner Einwirkungsdauer eine rechnerische Abschätzung über die physiologische Wirkung des Stromes zu geben. Diese technische Analyse ist

Voraussetzung für eine medizinische Auswertung, denn der Arzt kann ein fundiertes Gutachten nur erstellen, wenn ihm die Durchströmungsverhältnisse hinreichend genau bekannt sind.

Nach der speziellen Unfalluntersuchung kann auch die juristische Auswertung erfolgen. Seitens der Unfallversicherungsträger muß geprüft werden, ob vorsätzlicher oder fahrlässiger Verstoß gegen eine Unfallverhütungsvorschrift vorliegt und ob vorsätzliches oder grob fahrlässiges Herbeiführen eines Arbeitsunfalles festzustellen ist. Diese Feststellungen sind von Bedeutung für die Festsetzung möglicher Geldbußen und für Erstattungsansprüche. Auch Untersuchungen über strafrechtliche Folgen von Unfällen sind anhand der Ergebnisse der Unfalluntersuchung möglich.

Zur Unfalluntersuchung sollte nach Möglichkeit immer ein erfahrener Elektroingenieur herangezogen werden. Dies gilt auch für die Untersuchung elektrischer Unfälle im Bereich Haushalt und Freizeit. Es sollte von Anfang an eine gezielte Untersuchungsmethodik angewendet werden, um alle Unfallmerkmale richtig zu erfassen. Das methodische Vorgehen sollte nach einer speziellen Checkliste erfolgen. Das Institut zur Erforschung elektrischer Unfälle hat für die Unfalluntersuchung ein spezielles Erhebungsformular, den Fragebogen "Technische Unfalluntersuchung", entwickelt, der vorwiegend im Zuständigkeitsbereich der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik für die Unfalluntersuchung als Richtschnur für die Feststellungen verwandt wird. Dieser Fragebogen wurde eine Zeitlang auch ganz gezielt eingesetzt, um eine statistische Auswertung der damit erhobenen Unfallunterlagen zu ermöglichen. Erste Auswertergebnisse zeigen die bekannten Schwierigkeiten auf, die sich einer Aufklärung von Unfallereignissen im Detail entgegenstellen.

**Anschrift des Autors:**

Dr.-Ing. Dieter Kieback, Institut zur Erforschung elektrischer Unfälle der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik, Gustav-Heinemann-Ufer 130 5000 Köln 51

Schrifttum

- (1) Egyptian, H.H.; Schliephacke, J.; Siller, E.: "Elektrische Anlagen und Betriebsmittel", Herausgeber: Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik, Köln S. 9, 88, 95, 1981
- (2) Kieback, D.: Ursachen elektrischer Unfälle - notwendige Maßnahmen  
Moderne Unfallverhütung H. 25, S. 76-83, 1981
- (3) Kieback, D.: Stromunfälle beim Arbeiten an Niederspannungsverteilungen,  
Technischer Bericht 1978, Institut zur Erforschung elektrischer Unfälle,  
Köln, 1978  
und  
Konsequenzen aus untersuchten Unfällen, Die Berufsgenossenschaft, H. 2  
Februar 1978, S. 87-92
- (4) Kieback, D.: Elektrische Unfälle beim Umgang mit Elektrohandwerkzeugen  
und beim Arbeiten an elektrischen Ausrüstungen von Ba- und Verarbeitungsmaschinen, Zbl. Arbeitsmed. 1976/9, S. 169-180  
und  
Unfälle durch elektrischen Strom im Bereich der Eisen- und Metallindustrie,  
Technischer Bericht 1974 des Instituts zur Erforschung elektrischer Unfälle,  
Köln
- (5) Sam, U.: Problematik der Untersuchung elektrischer Unfälle  
etc-b, Bd. 28 (1976), H. 6/7, S. 153-156
- (6) Unfallverhütungsvorschrift "Elektrische Anlagen und Betriebsmittel"  
Gültig ab 1.4. 1979 mit Durchführungsanweisungen vom Oktober 1980  
Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik, Köln und  
Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V.Bonn

Der konkrete Fall: Rechtliche Konsequenzen nach einem  
Elektrounfall mit Todesfolge

von Wolfgang Tingler, Richter am Amtsgericht in Burgdorf/Hann.

1. Sachverhalt

Die Firma KALI & SALZ AG betreibt in Niedersachsen mehrere Bergwerke, in denen Kali und Steinsalz (Kochsalz) abgebaut werden. Ein Bergwerk liegt etwa 30 km nordöstlich von Hannover zwischen Hänigsen und Wethlingen. Dieses Werk zeichnet sich dadurch aus, daß es das Kalibergwerk mit der größten Tiefe ist. Zur Zeit geht es ca. 1.300 m tief.

Strom ist auch unter Tage der wichtigste Energieträger. (Alle KPZ unter Tage haben dagegen Dieselmotoren). So befinden sich unter Tage in zu diesem Zweck in den Berg gehauenen Nischen viele Transformatoren- und Verteilerstationen. Bei Arbeiten und den damit verbundenen Abschaltungen an der Elektroanlage muß Rücksicht auf den Produktionsbetrieb genommen werden. So werden diese Arbeiten in die Nacht oder Arbeitspausen verlegt.

Am Vormittag des 25.Sept. 1980 sollten in der Frühstückspause in 1275 m Tiefe in der Schaltstation 22 Installationsarbeiten durchgeführt werden. Diese Arbeiten sollten u.a. auch an einer aus drei Zellen bestehenden 6 KV- Hochspannungs- Schaltanlage durchgeführt werden. Unter der Leitung und Aufsicht des späteren Angeklagten A sollten sie von dem Hilfeelektriker M , dem Elektriker K und dem Elektromeister H durchgeführt werden.

Dem A oblag es, dafür Sorge zu tragen, daß diese Hochspannungs- Schaltanlage freigeschaltet wurde; dann mußte er die Spannungsfreiheit der Anlage überprüfen und die Anlage freigeben zur Durchführung der erforderlichen Arbeiten.

A legte die an den Vorderseiten der Schaltzellen 2 und 3 befindlichen Schalter um auf die Stellung "aus" und fuhr an der Zelle 3 den Schaltwagen aus, wodurch zusätzlich

noch erreicht wurde, daß alle spannungsführenden Teile im Bereich des Schaltwagens spannungsfrei geschaltet wurden. Aus Unachtsamkeit versäumte er es jedoch, den Schalter an der Schaltzelle 1 auszuschalten. Die Einspeisung in die dreizellige Schaltanlage führt in die Zelle 1. Durch alle drei Zellen führen drei stromführende Sammelschienen. Da der Schalter an Zelle 1 noch eingeschaltet war, standen diese drei Sammelschienen immer noch unter Spannung.

A gab nunmehr die Arbeiten frei. M und H begaben sich an die Rückseite der Zelle 3, von der ein 6 KV- Kabel abgeklemmt werden sollte. Beim Lösen einer Schraube (Linksdrehung) kam M mit der einen Hand gegen die Befestigungsschrauben der unteren Schiene, mit der anderen Hand gegen die Befestigungsschraube der mittleren Sammelschiene, so daß über beide Arme ein Stromkreis durch seinen Oberkörper floß. Mit den Worten: "Verflucht, ich habe einen gewischt gekriegt" sank er nach hinten gegen die Bergwand. Infolge Herzkammerflimmerns und Herzstillstandes trat daraufhin sein Tod ein.

## 2. Ermittlungen

Grundsätzlich werden Ermittlungen im Rahmen von strafrechtlichen Ermittlungsverfahren von der Staatsanwaltschaft geführt, von denen es eine bei jedem Landgericht gibt. Nach dem Grundsatz der Tatortzuständigkeit war die Staatsanwaltschaft bei dem Landgericht Hildesheim zuständig, in deren Bezirk die Gemeinde Hänigsen liegt.

### 2.1. Zuständigkeit des Bergamtes Celle

Bei Sachverhalten, die sich in Sonderbereichen ereignen, gibt es auch besondere Ermittlungsbehörden, so z.B. bei den Zollbehörden, den Finanzbehörden und auch bei den Bergämtern.

Hier führte das Bergamt Celle die ersten Ermittlungen und vernahm die beteiligten Personen, also den späteren Angeklagten A und die beiden überlebenden Elektriker. Darüberhinaus wurde der Unfallort von Mitarbeitern des Bergamtes aufgesucht und fotografiert.

## 2.2. Einschaltung eines Sachverständigen

Einem Juristen wird zugemutet und von ihm wird erwartet, jeden Lebenssachverhalt juristisch nach den jeweils erforderlichen Gesichtspunkten beurteilen zu können. Hierfür ist Voraussetzung, daß der Jurist den Sachverhalt zunächst einmal versteht. Bei komplizierten Sachverhalten kann der Jurist dies nicht aus eigenem Wissen. Er muß sich von einem Fachkundigen den Sachverhalt erklären lassen.

Hier befindet sich die Nahtstelle zwischen dem geisteswissenschaftlich denkenden Juristen einerseits und dem naturwissenschaftlich denkenden Sachverständigen andererseits, eine probelmbeladene Kontaktstelle der beiden unterschiedlichen Berufsgruppen. Karikierend dargestellt haben aus der Sicht des Juristen Sachverständige nie Zeit, brauchen zu lange zur Erstellung des Gutachtens, können sich nicht verständlich ausdrücken, haben die Fragestellung verkannt und erheben zu hohe Honorarforderungen.

Medizinische Fachausdrücke sind dem jungen Juristen, der weder altgriechisch noch latein gelernt hat, unerklärlich und unverständlich. Fachausdrücke, die nach Ansicht eines Ingenieurs zum allgemeinen Sprachgebrauch gehören, versteht der Jurist nicht. Fragen Sie einmal einen Juristen, was ein Kilowatt, ein Kilovolt, ein Drehmoment, ein Impuls, ein Drall, ein Nulleiter ist. Sie werden überrascht sein von der sichtbar werdenden Unkenntnis.

Der bequeme Jurist geht dann dazu über, das Gutachten "von hinten" zu lesen. Er nimmt die beiden zusammenfassenden Schlusätze zur Kenntnis, die ja die Antwort auf die gestellte Frage enthalten und kann so gar nicht überprüfen, ob die sachverständigen Überlegungen dieses Ergebnis tragen.

Daher auch hier wieder die Bitte eines auf Sachverständige angewiesenen Juristen: Bitte möglichst keine berufsgruppenspezifischen Fremdwörter oder Fachausdrücke benutzen, unvermeidbare Fachausdrücke erklären und nicht über die Fragestellung hinausschießen: Die Frage nach Schuld oder Un-

schuld oder Schuldunfähigkeit ist an den Juristen gerichtet, wird aber vom Sachverständigen am Ende des Gutachtens nicht selten gleich mitbeantwortet.

Im vorliegenden Fall war ein Dipl.-Ing. der Elektrotechnik damit beauftragt worden, gutschichtlich zu der Frage Stellung zu nehmen, wie der Handwerker M zu Tode kam und in wessen Verantwortungsbereich dieses Ereignis fiel.

Der Sachverständige hat in seinem Gutachten dargelegt, daß M den Stromtod erlitt, weil die durch die drei Zellen führenden Sammelschienen noch unter Spannung standen. Dies sei nur dadurch zu erklären, daß der Schalter an der Vorderseite der Zelle 1 nicht ausgeschaltet gewesen sei.

Der Sachverständige hat weiterhin die einschlägigen VDE-Bestimmungen herangezogen, die besagen, daß bei derartigen Arbeiten ein Elektriker für die Freischaltung Sorge tragen muß, die Spannungsfreiheit prüfen muß und dann erst die Anlage zur Durchführung der Arbeiten freigeben darf. Diese Aufgaben waren dem A übertragen worden.

### 2.3. Aufgaben der Staatsanwaltschaft

Das Bergamt Celle sandte den Vorgang nach Abschluß der bergamtlichen Ermittlungen an die Staatsanwaltschaft Hildesheim. Der zuständige Staatsanwalt stellte fest, daß weitere staatsanwaltschaftliche Ermittlungen nicht mehr erforderlich waren und erhob Anklage vor dem Schöffengericht in Burgdorf wegen fahrlässiger Tötung (§ 222 StGB).

### 3. Gerichtliches Verfahren

Mit der Übersendung der Akten an mich bekam ich es erstmalig mit diesem Fall zu tun. Zunächst stellte ich freudig fest, daß der Angeklagte von einem im Bereich des Bergbaus erfahrenen Anwalt verteidigt wurde. Bei der Betrachtung der bei den Akten befindlichen Fotos, die mir kein vorstellbares Bild vom Unfallort lieferten, hielt ich es für erforderlich, zur Erfassung der Arbeitsbedingungen unter Tage mir den Unfallort anzusehen. Nach Absprache mit der Bergwerksleitung besichtigten der Vertei-

diger, der Staatsanwalt, der später auch an der Hauptverhandlung teilnahm, ein Mitarbeiter des Bergamtes und ich das Bergwerk und den Tatort.

### 3.1. Hauptverhandlung

In der Hauptverhandlung sah ich den Angeklagten zum ersten Mal. Von dritter Seite hatte ich zuvor erfahren, daß er sich das schwebende Strafverfahren sehr zu Herzen nahm und unter dem Druck der Hauptverhandlung sehr litt. Der Angeklagte, etwa so alt wie ich, war unbestraft und ununterbrochen seit dem Jahre 1960 in diesem Bergwerk tätig. Er war seit dem Jahre 1971 als Aufsichtsperson im Elektrobereich eingesetzt, und in seinem Zuständigkeitsbereich war noch nie etwas vorgefallen.

Eine fahrlässige Tötung zu verhandeln ist schwierig. Zum einen ist ein Mensch getötet worden, also das höchste Rechtsgut unserer Rechtsordnung angegriffen worden. Aus diesem Grunde könnte man meinen, daß die entsprechenden Strafsanktionen auch entsprechend hoch liegen müssen, etwa bei Freiheitsstrafe mit evtl. Strafaussetzung zur Bewährung. Am Strafrahmen des § 222 StGB (Geldstrafe oder Freiheitsstrafe bis zu fünf Jahren), der dem des Diebstahls oder Betruges entspricht, ist zu erkennen, wie der Gesetzgeber die Fahrlässige Tötung bezüglich ihrer Strafwürdigkeit eingeordnet hat.

Andererseits ist das deutsche Strafrecht in erster Linie ein Schuldstrafrecht, das heißt, der Täter wird entsprechend dem Gewicht seiner Schuld bestraft, wobei der eingetretene Erfolg grundsätzlich eine untergeordnete Rolle spielt.

Maßstab für das Verschulden des Angeklagten sind die VDE-Vorschriften, denn diese normieren die Sorgfaltspflichten, die der Angeklagte beachten mußte. Hier werden also von einem Privat-Verein aufgestellte Normen herangezogen als Maßstab für die Arbeitssorgfalt des angeklagten Elektrikers. Denn das Strafgesetzbuch besagt nicht über die Sorgfaltspflichten eines Elektrikers oder Arztes oder Architekten.

Die VDE- Vorschriften selbst sind nicht strafbewehrt. Ein folgenlos gebliebener Verstoß gegen VDE- Normen kann nie zu einer Bestrafung des Elektrikers führen. Die VDE- Normen sind nur so sehr wichtig, weil sie die Sorgfaltspflichten eines Elektrikers normieren. Denn ein Elektriker, der unter Verletzung der VDE- Normen arbeitet, handelt schuldhaft und wird strafrechtlich zur Verantwortung gezogen, wenn durch seine Arbeit ein Dritter zu Schaden kommt.

Der auch zur Hauptverhandlung geladene Sachverständige erklärte den beteiligten Personen (Schöffen, Staatsanwalt, Verteidiger, Vorsitzender) aus elektrotechnischer Sicht den Vorfall und legte auch dar, daß der Angeklagte die Anweisung zur Arbeitsaufnahme erst nach Überprüfung der Spannungsfreiheit hätte geben dürfen.

Der Angeklagte ließ sich dahingehend ein, daß er überzeugt gewesen sei, die Anlage sei von ihm selbst vollständig freigeschaltet worden. Seiner Überzeugung nach habe er alle drei Zellen ausgeschaltet. Er wisse nicht, warum er es unterlassen habe, auch die Zelle 1 auszuschalten. Der Verteidiger beantragte für den Angeklagten keinen Freispruch, sondern eine angemessene, milde Bestrafung.

### 3.2. Strafzumessung

Unter Berücksichtigung des gesetzlichen Strafrahmens ( 5 Tagessätze Geldstrafe bis 5 Jahre Freiheitsstrafe) flossen folgende Kriterien in die Strafzumessungserwägungen ein:

- Berufserfahrung des Angeklagten
- bisherige Fehlerfreiheit seiner Arbeit
- Arbeitsbedingungen unter Tage (Lärm, Hitze, Enge, Zeitdruck, knöcheltiefer Salzstaub)
- fehlendes Mitverschulden des Getöteten
- Verhalten des Angeklagten unmittelbar nach der Tat
- ganz offensichtlicher Leidensdruck des Angeklagten .

### 3.3. Erkannte Strafe

Unter Berücksichtigung der oben genannten Kriterien beantragte der Staatsanwalt eine Geldstrafe von 30 Tagessätzen zu je DM 50,-- . Das Gericht erkannte auf eine Strafe in



## Sicherheit! Ihre Sorge? Aufgabe? Entscheidung?

**Sicherheit zu verantworten, ist mühsam und nicht ohne Risiko.**

**Wir können Ihnen dabei helfen.**

**Hekatron baut auf viele Jahre Erfahrung. Bauen Sie auf den Spezialisten für Brandmeldung!**

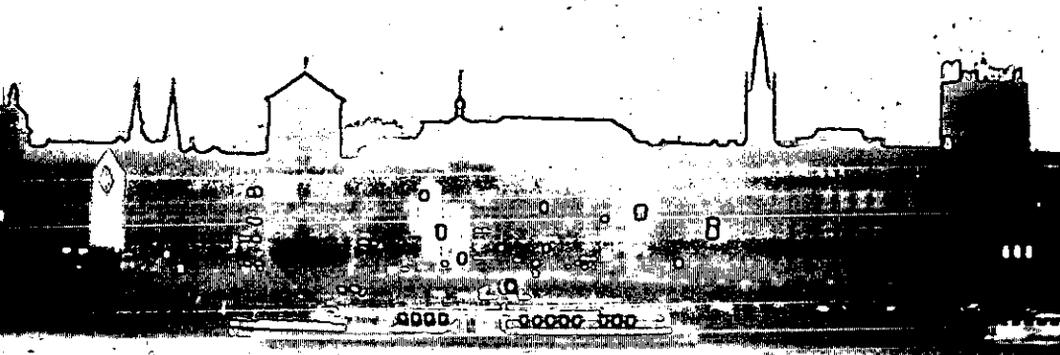
... und am besten sollten Sie alles wissen, denn vergessen dürfen Sie nichts!

Sicherheit verlangt das Wissen um Details auf vielen unterschiedlichen Gebieten. Sie müssen Spezialist sein!

Wir, die Mitarbeiter von Hekatron, sind Experten für den vorbeugenden Brandschutz. Wir entwickeln und produzieren moderne Brandmeldesysteme. Wir analysieren, projektieren und erarbeiten das passende Brandschutzkonzept.

Weil die meisten Brände zuerst einmal langsam schwelen, setzt Hekatron vor allem Rauchmelder nach dem optischen Streulicht-Prinzip ein. So ist sichergestellt, daß ein Brandausbruch schon ganz am Anfang entdeckt wird, bevor viel passieren kann.

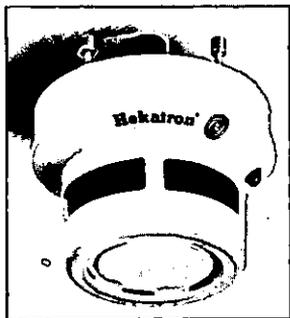
- Hekatron-Brandmeldesysteme
- Hekatron-Feststellanlagen für Feuerschutzabschlüsse





# Die Branddetektoren der Modellreihe 130

## Detektor-Einsätze



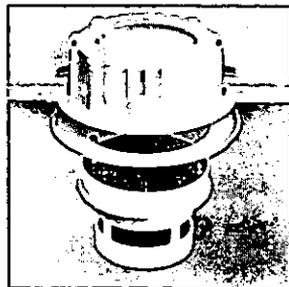
- **Brandrauch-Detektoren** nach dem optischen Streulicht-Prinzip, Typ 130  
Besonders geeignet zur Entdeckung von Schwelbränden (z.B. von Kunststoff- und Kabelbränden).  
Aufgrund der günstigen Konstellation wesentlicher Einflußgrößen ist das Hekatron-Modell 130 in der Lage, jede Art Rauch (auch schlecht reflektierende Rauchpartikel, kleine und dunkle) zu erkennen.
- **Brandrauch-Detektoren** nach dem Ionisationskammer-Prinzip, Typ 131  
In Sonderfällen geeignet in Kombination mit „optischen Streulicht-Detektoren“. Das Modell spricht auf Rauchbedingungen an, wie sie bei hohen Temperaturen und in Verbindung mit Flammen gegeben sind.  
Arbeitet mit radioaktiven Substanzen. Strahlenschutzverordnung beachten!
- **Thermo-Detektoren** (Differential/Typ 215 und Maximal/Typ 216) und **Flammen-Detektoren** (UV/Typ 810 und IR/Typ 811).

Alle Detektoren erfüllen die Anforderungen nach EUROPA-Norm EN 54 und VdS und kommen aus glüteüberwachter Fertigung.

Zwei Bauteile: Einsatz und Montagesockel aus hochwertigem Kunststoff, gegen Beeinträchtigungen von außen geschützt, in fünf Farben. Auf Wunsch auch für den Anschluß an „Nicht-Hekatron-Zentralen“.

## Montage-Sockel

für alle Anwendungsbereiche in enger Zusammenarbeit mit dem Elektro-Handwerk montagefreundlich konstruiert.



- **Aufputzmontage, Sockel 133 A**  
In Fertigungshallen, Lagerhallen, Wirtschaftsräumen, Kellern usw.
- **Unterputzmontage**  
in Bereichen mit Publikumsverkehr, wo technische Einrichtungen mit Rücksicht auf innenarchitektonische Ansprüche mehr in den Hintergrund treten sollen.  
– Sockel UB (Betonmontage)  
wird auf die Schalung montiert und direkt in Beton eingegossen  
– Sockel UH (Hohldeckenmontage)  
Befestigung mit Spreizkrallen im Hohlraum der Decke
- **Hängemontage, Sockel 133 H**  
bei ungünstigen thermischen Bedingungen, in der Regel in hohen Räumen erforderlich
- **Kanalmontage, Sockel 133 K**  
Anflanschung an Luft- und Klimakanäle. Wegen der hohen Windgeschwindigkeit im Kanal nicht für I-Melder geeignet.
- Bei Installationskabeln von mehr als 8 mm ø Typ 133 AS Alu-Guß-Sockel, z.B. für den Einsatz auf Schiffen
- Montage in Zwischenböden, Typ 133 ZWB  
Sockel A mit drehbarer Halterung, Einsatz in Schaltanlagen, Kabelkanälen, vor allem im EDV-Bereich.

In jeden Sockel-Typ passen 6 verschiedene Detektor-Typen. Einfaches Einstecken und Arretieren. Bei späterer Risikoverlagerung können die Einsätze problemlos ausgetauscht werden.

## Fordern Sie Informationen an!

Wollen Sie mehr wissen über Hekatron-Brandmeldesysteme?  
Schreiben Sie an:

Hekatron GmbH  
Brandmeldesysteme  
Postfach 40  
D-7811 Sulzburg/Baden  
Telefon 076 34/7 21-25  
Telex 7 72 903 heka d

## Sofort-Info-Gutschein

... für kostenlose Informationen

Name

Firma

Abteilung

Straße/Postfach

PLZ/Ort

der beantragten Höhe.

#### 4. Schlußbetrachtung

Ich kann mir vorstellen, daß Sie, soweit Sie als technische Ingenieure Verantwortung tragen, von diesem Ergebnis erleichtert sind. Vor Ergebnis her betrachtet kostete die fahrlässige Tötung eines Menschen ein Netto- Monatsgehalt. Das ist genau so viel, wie die durchschnittliche Strafe für eine folgenlose Trunkenheitsfahrt im Zustand der alkoholbedingten absoluten Fahruntüchtigkeit (1,30 Gramm ‰ im Blut und mehr).

Sie dürfen jedoch nicht übersehen, daß eine schuldangemessene Strafe hätte höher ausfallen müssen, wenn eines der oben genannten Kriterien zu Ungunsten des Angeklagten ausgefallen wäre. Wenn der Angeklagte beispielsweise unter Alkoholeinfluß stehend, ohne Zeitdruck, bei übersichtlichen Arbeitsbedingungen gearbeitet hätte und bereits frühere Nachlässigkeiten bei ihm beobachtet worden wären, dann wäre mit Sicherheit auf Freiheitsstrafe erkannt worden.

W. Tingler

Richter am Amtsgericht in Burgdorf/Han.

Baunkamp 2

3101 Eicklingen

Brand und Explosion in elektrischen Anlagen -  
Entstehung, Verhaltensregeln und ihre Abwendung

H.W. Wimmer, Isernhagen

Besonderes Anliegen des Brandschutzes war es schon immer, vor allen Dingen in Gebäuden, in denen sich eine große Zahl von Menschen gleichzeitig aufhält, das Entstehen von Bränden und Explosionen zu verhindern bzw. im Brandfall die Ausdehnung des betroffenen Bereiches auf ein Minimum zu begrenzen.

Da selbstverständlich auch das Krankenhaus zu diesen schutzbedürftigen Gebäuden gerechnet werden muß, haben einige Länder der Bundesrepublik Deutschland durch den Erlaß von Sonderbauverordnungen diesem erhöhten Schutzbedürfnis Rechnung getragen.

In diesen Verordnungen sind u. a. auch eine Vielzahl von Einzelbestimmungen zur elektrotechnischen Ausstattung der Krankenhäuser enthalten, die sich aufgrund der großen Wachstumsrate der Zahl der verwendeten elektrischen Geräte und der zunehmenden Ausdehnung der Kabel- und Leitungsnetze die potentielle Brand- und Explosionsgefahr aufgrund elektrotechnischer Defekte vervielfacht hat.

Es ist sicherlich in erster Linie der fortschreitenden Verbesserung der Qualität der Betriebsmittel und dem hohen Sicherheitsstandard des Technischen Regelwerks, aber auch selbstverständlich den Anstrengungen aller Verantwortlichen, die dieses Regelwerk in der technischen Praxis realisieren, zu verdanken, daß Brandkatastrophen wie die im Kreiskrankenhaus Achern zu den Ausnahmen gehören. Dennoch berichten die Sachversicherer z. B. aus dem industriellen Sektor, daß trotz einer sinkenden Tendenz der Brandhäufigkeit eine Steigerung der entstandenen

Schadenssummen zu beobachten ist. Dieses ist im wesentlichen darauf zurückzuführen, daß zunehmend technisch kompliziertere Anlagen in den Betrieben und sicher auch in den Krankenhäusern angewendet werden; es bedarf hier nur des Hinweises auf den verstärkten Einsatz der elektronischen Datenverarbeitungs-Anlagen.

### 1. Der Brand in elektrischen Anlagen und seine Auswirkung

In elektrischen Anlagen werden betriebsmäßig durch Schaltgeräte Funken beim Abschalten von Stromkreisen erzeugt, so daß unabhängig von Überlegungen zum Schutz von Menschen davon ausgegangen werden muß, daß elektrische Betriebsmittel auch aus Brandschutzgründen immer entweder selbst gekapselt, in Schaltkästen eingebaut oder in Räumen untergebracht werden müssen. Aufgrund der Realisierung dieser Forderung und aufgrund der sachgerechten Auswahl der Betriebsmittel sind Brände in elektrischen Anlagen selbst selten; erheblich höher muß allerdings die Gefahr des Verschleppens von Bränden in Kabelkanälen oder Steigeschächten durch Geschöß und Zwischendecken hindurch in andere Bereiche und - aufgrund der überwiegenden Nutzung der PVC-Isolation von Kabeln und Leitungen - in der Gefahr des Freisetzens von ätzenden Salzsäuredämpfen eingeschätzt werden.

Der Anlagenplaner muß berücksichtigen, daß die Isolierung von Kabel und Leitungen zwar aus schwer entflammarem Kunststoffpolyvinylchlorid (PVC) besteht, aber diese Isolation durchaus bei der Zündung mit ausreichend hoher Zündenergie in Brand gesetzt werden kann. Brennendes PVC entwickelt starke Rauch- und Qualmmengen, die sich durch Versorgungsschächte fortpflanzen können. Die ätzenden Salzsäuredämpfe können über die unmittelbare Gefährdung von Menschen hinaus auch die Bausubstanz angreifen, so daß bei derartigen Bränden mit hohen Folgeschäden gerechnet werden muß.

## 2. Elektrischer Strom als Ursache für Brand und Explosion

Die Wirkung des elektrischen Stromes als Brandursache kann prinzipiell auf zwei Grunderscheinungen zurückgeführt werden:

- zündfähige Funken oder Lichtbögen
- unzulässig hohe Temperatur des Betriebsmittels

Funken oder Lichtbögen entstehen an elektrischen Betriebsmitteln immer dann, wenn entweder betriebsmäßig oder aufgrund eines Defektes eine stromführende Bahn aufgetrennt wird. Da dieser Vorgang durchaus nicht mit einer unzulässigen Erhöhung des Stromes selbst verbunden sein muß, lassen sich bereits hier Schwierigkeiten bei der Vermeidung dieser Brandursache erkennen.

Eine unzulässig hohe Temperatur eines Betriebsmittels, die um als Brandursache wirksam zu werden die Zündtemperatur des umgebenden Mediums überschreiten muß, ist gewöhnlich mit einer Fehlfunktion dieses Betriebsmittels verknüpft. Diesen Fehler zu vermeiden ist wesentliche Aufgabe der Schutzeinrichtungen einer elektrischen Anlage. Die große Gruppe der widerstandsbehafteten Verbindungen mit einem hohen lokalen Wärmeumsatz ist allerdings kaum durch Schutzmaßnahmen zu erkennen oder gar zu beseitigen.

## 3. Vorbeugender Brandschutz in elektrischen Anlagen

Versteht man als elektrische Anlage eine Kombination von elektrischen Betriebsmitteln mit ihren zugehörigen Leitungsverbindungen, die in verschiedener Anordnung und Zusammenschaltung diese Anlage bilden, so richten sich die Forderungen des vorbeugenden Brandschutzes an die Auswahl und Dimensionierung der Betriebsmittel, an die Installation, die Verlegung von Kabel und Leitungen und schließlich an den Betrieb und die Instandhaltung dieser Anlage.

### 3.1 Auswahl und Dimensionierung elektrischer Betriebsmittel

Das für diese Aufgabe vorhandene Technische Regelwerk und hier insbesondere die VDE 0100 fordern, daß durch die Wahl einer geeigneten Bauart des Betriebsmittels verhindert sein muß, daß Umgebungstemperatur, Feuchtigkeit, Staub, Gase, Dämpfe und mechanische Beanspruchung am Verwendungsort auf das Betriebsmittel schädigend wirken können. Das bedeutet im Sinne des vorbeugenden Brandschutzes, daß das Betriebsmittel auch durch die genannten Umgebungseinflüsse sein ursprüngliches Qualitätsniveau nicht verlieren darf und damit eventuell zur Ursache eines Brandes werden könnte. So muß das Betriebsmittel entsprechend den betrieblichen Beanspruchungen am Verwendungsort z. B. hinsichtlich Spannungsfestigkeit, Kurzschlußstromfestigkeit, Isolationsvermögen etc. richtig ausgewählt werden. Der planende Ingenieur muß sich also von vornherein über die Randbedingungen der Verwendung dieses Betriebsmittels Klarheit verschaffen und darüber hinaus mögliche Fehler anderer Betriebsmittel und deren Auswirkungen berücksichtigen. Betrifft die Forderung nach der Auswahl der geeigneten Bauart ausschließlich das Betriebsmittel selbst, so umfaßt die Verhinderung von Fehlerauswirkungen das Anwendungsgebiet der Schutzmaßnahmen gegen unzulässige Erwärmung, Kurz- und Erdschlüsse etc.

### 3.2 Installation, Verlegung von Kabeln und Leitungen

Obwohl die Montage elektrischer Betriebsmittel in den einschlägigen VDE-Bestimmungen keinen sehr breiten Raum einnimmt, kommt ihr insbesondere unter dem Gesichtspunkt des vorbeugenden Brandschutzes große Bedeutung zu. Daher wurden konsequenterweise die mehr pauschalen Forderungen der VDE 0100/5.73 für bestimmte Anwendungsfälle wie z. B. Einbau elektrischer Betriebsmittel in Möbel oder Verlegen von Leitungen in Gebäuden aus vorwiegend brennbaren Baustoffen in den Teilen 724/6.80 und 734/5.82 zu VDE 0100

detailliert und konkretisiert. Darüber hinaus enthalten die Sicherheitsvorschriften des Verbandes der Sachversicherer eine Vielzahl von Einzelfestlegungen für z. B. Brandschutz in Räumen für elektronische Datenverarbeitungsanlagen, Brandschutz bei der Anbringung von Leuchten etc. Hinsichtlich der Auswahl, Dimensionierung, Schutz gegen zu hohe Erwärmung und Verlegung von Kabeln und Leitungen gilt es besondere Sorgfalt walten zu lassen, da gerade hierbei durch zu hohe Erwärmung Brandursachen gegeben sein können. Falsche Querschnittsbemessung, zu hohe Absicherung gegen Überlastung oder Auswahl der falschen Außenisolation können zu überhöhten Außentemperaturen am Leiter und damit zu einer Schädigung des Außenmantels oder zur Verletzung der Isolation und damit zu Erdschlüssen führen. Kabelhäufungen auf Kabelbahnen lassen die Erwärmungsüberlegungen des planenden Ingenieurs nachträglich hinfällig werden und führen ebenfalls u. U. zu Überwärmungen.

### 3.3 Betrieb und Instandhaltung

Der Betrieb und die Instandhaltung der elektrischen Anlage werden üblicherweise unter rein betrieblichen Gesichtspunkten gesehen; dennoch kommen ihnen auch im vorbeugenden Brandschutz Bedeutung zu.

Regelmäßige Wartung, Inspektion und Instandsetzung vermeiden oder helfen frühzeitig zu erkennen:

- Verminderung von Luft- und Kriechstrecken durch Verschmutzung
- mechanische Beschädigungen der Außenisolation
- Überschlüge aufgrund von Feuchtigkeit
- Überlastung von Betriebsmitteln
- falsche Zuordnung oder Einstellung von Überstromschutzorganen

Jeder dieser Mängel kann zu einer Brandursache werden; daher fordert die Unfallverhütungsvorschrift "Elektrische Anlagen und Betriebsmittel" (VBG 4 v. 1.4.79) im Hinblick

auf mögliche Prüffristen, daß elektrotechnische Anlagen und Betriebsmittel in so kurzen Zeitabständen geprüft werden müssen, daß "entstehende Mängel, mit denen gerechnet werden muß, rechtzeitig festgestellt werden". Die Definition des Begriffes "rechtzeitig" wird ausdrücklich in den Verantwortungsbereich des einzelnen Unternehmers bzw. des Vorgesetzten verwiesen, da nur er die spezifische Beanspruchung und die besonderen Einsatzbedingungen seiner elektrotechnischen Anlage beurteilen und bewerten kann.

#### 4. Vorbeugender Explosionsschutz

Die explosionsgefährdeten Bereiche in den medizinisch-genutzten Räumen eines Krankenhauses werden entsprechend der Wahrscheinlichkeit des Auftretens explosionsfähiger Atmosphäre in zwei Bereiche eingeteilt:

- Zone G (umschlossene medizinische Gassysteme)
- Zone M (medizinische Umgebung)

Entsprechend den Definitionen der Verordnung über elektrische Anlagen in explosionsgefährdeten Räumen (ElexV) vom 27.02.80 umfaßt die Zone G Hohlräume, in denen dauernd oder zeitweise explosionsfähige Gemische in geringen Mengen erzeugt, geführt oder angewendet werden, während die Zone M den Teil eines Raumes umfaßt, in dem explosionsfähige Atmosphäre durch Anwenden von Analgesiemitteln oder medizinischen Hautreinigungs- oder Desinfektionsmitteln jedoch nur in geringen Mengen und nur für kurze Zeit auftreten kann. Die nähere Abgrenzung dieser Zonen findet sich in dem Merkblatt der Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (Merkblatt M 639). Als Maßnahme des primären Explosionsschutzes wird im wesentlichen die Lüftung angewendet, so daß das Entstehen von explosionsfähiger Atmosphäre vermieden oder die explosionsfähige Atmosphäre in ihrer Konzentration so verändert wird, daß eine Explosionsgefahr nicht mehr gegeben ist.

Ist davon auszugehen, daß sich explosionsfähige Atmosphäre nicht vermeiden läßt, so sind in den explosionsgefährdeten Zonen von medizinisch-genutzten Räumen ausschließlich elektromedizinische Geräte in "AP-G" bzw. "AP-M"-Ausführung zu verwenden, wobei in Zone M auch andere elektrische Betriebsmittel, die nach den Sonderbestimmungen des Anhanges A aus VDE 0165/6.80 ausgeführt sind eingesetzt werden können.

Schließlich muß bei medizinisch-genutzten Räumen auch die Zündquelle "statische Elektrizität" beachtet werden. Entsprechend der Unfallverhütungsvorschrift ZH 1/200 "Richtlinien für die Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladung" darf sowohl der Oberflächenwiderstand der Arbeitskleidung als auch der der sonstigen verwendeten Textilien einen Oberflächenwiderstand von  $10^9$  Ohm nicht überschreiten, der Ableitwiderstand des Fußbodens darf nicht größer als  $10^7$  Ohm bei frisch verlegten Fußböden und nach 4 Jahren nicht größer als  $10^8$  Ohm sein. Zur Vermeidung von Potentialunterschieden und damit von weiteren möglichen Zündquellen in medizinisch-genutzten Räumen ist durch Verbinden aller leitfähigen-berührbaren Teile von ortsfesten und beweglichen Einrichtungsgegenständen untereinander und mit dem Fußboden ein wirksamer Potentialausgleich herzustellen. Narkosegeräte, Hocker, Tritte, fahrbare Krankentragen und ähnliches müssen durch Rollen bzw. Fußkappen aus leitfähigem Werkstoff mit dem Fußboden verbunden sein. Darüber hinaus soll leitfähige Fußbekleidung mit einem Ableitwiderstand kleiner  $5 \times 10^4$  Ohm getragen werden.

##### 5. Maßnahmen zur Verhinderung der Ausbreitung von Bränden

Zur Verhinderung der Ausbreitung von Bränden ist aus elektrotechnischer Sicht insbesondere auf den Brandschutz in Kabel- und Leitungsnetzen hinzuweisen.

Insbesondere bei Krankenhäusern ist es entscheidend wichtig, bereits bei der Neubauplanung auf diesen Aspekt zu achten; aber auch bei vorhandenen Bauten kann die nachträgliche Abschottung von Kabeldurchführungen vorgenommen werden und eine wirksame Hilfe darstellen. Der Verband der Sachversicherer hat in seinem Merkblatt "Brandschutz in Kabel-, Leitungs- und Stromschienenanlagen" einige Maßnahmen beispielhaft dargestellt, wie die Abschottung von Kabeldurchbrüchen in Decken und Wänden vorgenommen werden kann.

Die Frage, an welchen Stellen der Kabelbahn derartige Abschottungen in den Baukörper eingebracht werden sollen und wie häufig sie im Zuge von Kabelkanälen angewendet werden, muß in enger Abstimmung mit der für den Brandschutz zuständigen Behörde festgelegt werden. Darüber hinaus empfiehlt sich insbesondere für Kabel und Leitungen von hochempfindlichen oder betriebswichtigen Anlagen ortsfeste Löschanlagen anzubringen.

#### Zusammenfassung

Der Brandschutz im Krankenhaus stellt wegen des besonderen Schutzbedürfnisses und wegen der verstärkten Anwendung elektrotechnischer Geräte eine besonders wichtige Aufgabe dar. Aus elektrotechnischer Sicht ist hierbei insbesondere die Gefahr des Entstehens von Bränden durch zündfähige Funken oder Lichtbögen elektrotechnischer Schaltgeräte und die Gefahr des Entstehens zu hoher Temperaturen an elektrischen Betriebsmitteln zu beachten.

Der vorbeugende Brandschutz aus elektrotechnischer Sicht schlägt sich nieder in der Auswahl und Dimensionierung der Betriebsmittel, in dem Schutz der Betriebsmittel vor zu hoher Erwärmung, in einer sorgfältigen Installation und schließlich in der Instandhaltung der elektrotechnischen Anlagen. Die routinemäßige Wartung und Prüfung der elektrotechnischen Betriebsmittel muß das hohe Qualitätsniveau auch auf Dauer sicherstellen.

Hinsichtlich des vorbeugenden Explosionsschutzes ist zunächst zu klären, wo im Krankenhaus explosionsgefährliche Atmosphäre auftreten kann. Zur Vermeidung von Explosionen kann als Maßnahme des primären Explosionsschutzes die Lüftung im allgemeinen leicht realisiert werden. Die Maßnahmen des sekundären Explosionsschutzes umfassen im wesentlichen die fachgerechte Auswahl der Betriebsmittel, insbesondere die ausschließliche Verwendung von Geräten mit "Anästesiemittel-Prüfung" der Klasse G (AP-G) in der Zone G und solche der Klasse M in der Zone M.

Andere Zündquellen wie statische Entladung müssen besonders bei der Auswahl der Kleidung, bei der Verlegung des Fußbodens und bei dem Herstellen eines vollständigen Potentialausgleiches beachtet werden.

Auch im Zusammenhang mit dem Explosionsschutz wird auf die Gewährleistung eines ordnungsgemäßen Betriebes auf längere Sicht hingewiesen. Entsprechende Wartung und regelmäßige Prüfung der Anlagen sind hierzu unabdingbar.

Um die Ausbreitung von Bränden zu verhindern, sind insbesondere die Kabeldurchführungen durch Geschoßdecken durch geprüfte Abschottungen zu sichern.

Schließlich wird darauf hingewiesen, daß Feuermelde- und Alarmanlagen bzw. automatische Löschanlagen auch bei ausgedehnten Kabelanlagen helfen können, die zum Teil für die Funktion des Krankenhauses wichtigsten Kabelstränge zu schützen.

Dipl.-Ing. H. W. Wimmer  
Lahriede 53  
3004 Isernhagen 1

Literaturverzeichnis

- 1 Brand- und Explosionsschutz in Operationseinrichtungen  
Merkblatt der Bg für Gesundheitsdienst und Wohlfahrts-  
pflege, M 639 Stand 3.78
- 2 Elektrische Anlagen und Betriebsmittel, VBG 4  
BG der Feinmechanik und Elektrotechnik, Stand 1.4.79
- 3 Richtlinien für die Vermeidung von Zündgefahren infolge  
elektrostatischer Aufladungen, ZH 1/200 Ausgabe 4.80
- 4 Verordnung über elektrische Anlagen in explosions-  
gefährdeten Räumen (ElexV) v. 27.02.80

Errichtungsmaßnahmen für Kabel- und Leitungsanlagen beim Krankenhausumbau  
von O. Guthmann, Ladenburg

1. Leitlinien für die Elektroinstallation

Die gestiegenen Anforderungen an Krankenhäuser bedingen zunehmend eine Modernisierung der vorhandenen Altbauten. Art und Umfang der Modernisierung können von Nutzung oder Komfort bestimmt sehr unterschiedlich sein. Auf die Kabel- und Leitungsanlagen in medizinisch genutzten Räumen können aber bereits geringfügige Nutzungsänderungen einschneidende Auswirkungen haben. Maßgebend hierfür ist in erster Linie der Grad der Gefährdung des Patienten durch gefährliche Fehlerströme und der dadurch bedingte besondere Schutz. Weitere Veränderungen können sich aus den seit der Ersterichtung erschienenen neuen Auflagen und Bestimmungen ergeben.

Unabhängig von der jeweiligen Ausgangssituation muß grundsätzlich vor Planungsbeginn zwischen dem Krankenhausbetreiber und dem Elektroplaner eine eindeutige und zukunftsbezogene Entscheidung über die medizinische Nutzung von Räumen oder Raumgruppen getroffen werden. Nur unter dieser Voraussetzung kann eine sicherheitstechnisch einwandfreie und wirtschaftlich ausgewogene Ausführung der elektrischen Anlagen gewährleistet werden. In dieser Planungsphase ist gründlich zu bedenken, daß spätere Änderungen an den in das Bauwerk fest eingebrachten Kabel- und Leitungsanlagen kostspielig und immer mit zeitweiligen Betriebsbehinderungen oder -unterbrechungen verbunden sind. Jedem Betreiber muß daran gelegen sein, seine Anlagen entsprechend dem in den Normen aufgezeigten Entwicklungsstand so aufzubessern, daß er von einem zukünftigen Einsatz verfeinerter elektromedizinischer Geräte und den damit gebotenen Therapien nicht ausgeschlossen bleibt.

Für die Errichtung der elektrischen Anlagen ist zu beachten, daß alle sich aus Nutzungsänderungen oder Umbau ergebenden Änderungen oder Erweiterungen als eine Neuinstallation zu bewerten sind. Somit sind für Planung und Ausführung neben den in den einzelnen Bundesländern teils unterschiedlichen baurechtlichen und arbeitsschutzrechtlichen Auflagen die jeweils gültigen Normen und Errichtungsbestimmungen einzuhalten. Für An-

derungen oder Erweiterungen können also keine der für den unveränderten Altbau zugestandenen Anpassungsprivilegien in Anspruch genommen werden.

Trotz dieser scheinbar eindeutigen Klarstellung bleiben in der Praxis Fragen über die verantwortbare Grenzziehung zwischen alt und neu. Die VDE-Bestimmungen können nicht jeden Einzelfall abdecken. Selbstverständlich stehen bei derartigen Entscheidungen häufig die Umrüstungskosten im Vordergrund der Betrachtung. Die Belange der Betriebssicherheit in bezug auf Personenschutz, Anlagenverfügbarkeit und Betriebsinstandhaltung dürfen bei diesen Entscheidungen aber nicht zu kurz kommen. In diesem Zusammenhang sollte nicht übersehen werden, daß Kabel- und Leitungsanlagen in Altbauten infolge wiederholter Änderungen oder Erweiterungen oft die Grenze eines noch zumutbaren Kompromisses erreicht haben.

Im Interesse der späteren Betriebssicherheit sollte nach Möglichkeit der Ausgangspunkt für Errichtungsmaßnahmen beim Umbau zumindest das Überstromschutzorgan des jeweiligen Verbraucherstromkreises sein.

## 2. Übersicht über VDE-Bestimmungen

Gemäß der Zweiten Durchführungsverordnung zum Energiewirtschaftsgesetz ist der Elektrofachmann verpflichtet, elektrische Energieanlagen und Energieverbrauchsgeräte ordnungsgemäß nach den anerkannten Regeln der Elektrotechnik einzurichten und zu unterhalten. Die VDE-Bestimmungen sind derartige anerkannte Regeln. Durch die ständige Anpassung dieser Bestimmungen an den gültigen Stand der Technik ergibt sich für den Fachmann die Verpflichtung, sich laufend über die für seinen Bereich gültigen Bestimmungen zu informieren. Für das Errichten elektrischer Anlagen in Krankenhäusern sind vorrangig die allgemeinen Errichtungsbestimmungen VDE 0100, VDE 0101 und VDE 0800 sowie VDE 0107, VDE 0108 und VDE 0165 zu beachten. Zum hier behandelten Thema sei auf die übergeordnete Norm für Kabel u. Leitungen verwiesen, die unter dem Titel "DIN 57 298/VDE 0298 VDE-Bestimmung für die Verwendung von Kabeln und Leitungen" in vier Teilen vorgelegt wird. Die Teile 1 und 3 enthalten allgemeine Festlegungen über Begriffe, Kurzzeichen, Verwendung, Lagerung und Transport, Legung, Prüfungen und Fehlersuche, die Teile 2 und 4 empfohlene Werte für die Strombelastbarkeit unter Beachtung der unterschiedlichen Verlegungsarten.

Im Zuge der Neugliederung der VDE-Bestimmung 0100, sind folgende, für die Kabel- u. Leitungsanlagen wichtigen Teile, zu erwähnen:

- DIN 57 100 Teil 430/VDE 0100 Teil 430/6.81  
Schutz von Leitungen und Kabeln gegen zu hohe Erwärmung
- DIN IEC 64 (CO) 112/VDE 0100 Teil 482/..82 Entwurf 1  
Auswahl von Schutzmaßnahmen, Brandschutz
- DIN 57 100 Teil 523/VDE 0100 Teil 523/6.81  
Bemessung von Leitungen und Kabeln, mechanische Festigkeit, Spannungsfall und Strombelastbarkeit
- DIN 57 100 Teil 523 A1/VDE 0523 A1/..81 Entwurf 1  
Änderung 1
- DIN IEC 64 (CO) 115/VDE 0100 Teil 523 A2/..82 Entwurf 1  
Verlegen von Kabeln und Leitungen, Strombelastbarkeit.  
Anmerkung: Dieser Teil wird später nach DIN 57 298 Teil 4/VDE 0298 Teil 4 übernommen.

Weiterhin ist in VDE 0100 vorgesehen, alle allgemein gültigen Aussagen über das Verlegen von Kabeln und Leitungen in dem Teil 520 zusammenzufassen, ähnlich wie bisher in § 42.

### 3. Anforderungen

Kabel und Leitungen sind die notwendigen Bindeglieder zwischen Erzeugung, Verteilung und Anwendung elektrischer Energie. Aufgrund dieser überbrückenden und verbindenden Funktion berühren sie entlang ihrer Verlegestrecke Bereiche unterschiedlicher Beanspruchungen. Deshalb müssen die Installationen so ausgeführt werden, daß sowohl die in diesen Bereichen befindlichen Personen und baulichen Anlagen als auch die Kabel und Leitungen selbst vor Gefahren oder Beschädigungen geschützt sind. Die Auswahl der richtigen Mittel und Maßnahmen für eine einwandfreie Kabel- und Leitungsanlage fallen teils bei der Projektierung an, teils bei der Errichtung der Anlagen vor Ort. Die Mehrzahl aller Entscheidungen kann und muß jedoch bereits bei der Anlagenprojektierung getroffen werden, damit das richtige Material und die günstigsten Verlegebedingungen rechtzeitig ermittelt werden können.

Betriebssicherheit und Lebensdauer von Kabeln und Leitungen basieren auf

bestimmten Voraussetzungen. Eine besondere Bedeutung kommt dabei der Wärmeabführung zu. Der Errichter muß wissen, daß dieses Problem ausschließlich in seine Verantwortung fällt und ihn kein Überstromschutzorgan vor Nachlässigkeiten schützen kann. Das gilt vor allem für nicht beachtete Anhäufungen oder hohe Umgebungstemperaturen in kurzen Verlegungsbereichen. Die entsprechenden Untersuchungen müssen sich zunächst an dem Verbraucherstromkreis oder der Funktionsgruppe "Leitung" für das zu versorgende Einzelbetriebsmittel orientieren. Weitere Untersuchungen bezüglich des Zusammenwirkens bei mehreren Betriebsmitteln, wie Häufungen, gegenseitige Beeinflussung, Sicherheitsstromkreise u. a. folgen im nächsten Schritt.

Für alle mit der Planung oder Errichtung verbundenen Tätigkeiten gilt die Grundsatz-Anforderung:

Elektrische Betriebsmittel und Anlagen müssen so ausgewählt, dimensioniert und errichtet sein, daß sie allen zu erwartenden elektrischen und aus Umwelt und Betrieb bedingten Beanspruchungen gewachsen sind.

Daß diese Forderung bei einem Umbau mit teils unveränderbaren baulichen Gegebenheiten großen Einfallsreichtum mit praktischem Gespür abverlangt, liegt auf der Hand.

#### 4. Sondermaßnahmen für Kabel und Leitungen

##### 4.1 Grundsätzliche Anforderungen

In medizinisch genutzten Räumen dürfen in gemeinsamer Umhüllung (Kabel, Leitung, Rohr) nur die Adern eines Hauptstromkreises geführt werden. Die Adern verschiedener Hilfsstromkreise mit oder ohne den Adern des zugehörigen Hauptstromkreises dürfen in einer gemeinsamen Umhüllung nur dann zusammengefaßt werden, wenn sie zu einem Gerät gehören und aus der Stromversorgung desselben Gerätes gespeist werden.

In Räumen der Anwendungsgruppe 2 E dürfen –auch in abgelängten Decken– nur Kabel und Leitungen zu Betriebsmitteln dieser Raumgruppe verlegt werden.

Grundlage für eine übersichtliche Kennzeichnung sind die in VDE 0107 und VDE 0108 geforderten Übersichtsschalt- und Installationspläne. Besonders bei teilweise modernisierten Altbauten empfiehlt es sich, außer der an

den Verteilern vorgeschriebenen Kennzeichnung von Kabeln und Leitungen (Stromkreiszugehörigkeit) eine weitere Kennzeichnung entlang der Verlegestrecke durchzuführen, wenn die Art der Verlegung eine gute Übersicht erschwert. Dieser geringe Mehraufwand bietet sicherheitstechnische und wirtschaftliche Vorteile für den späteren Betrieb.

#### 4.2 Schutzleiter und besonderer Potentialausgleich

In VDE 0107 sind zu diesem Problemkreis gravierende Zusatzbestimmungen enthalten, die z. B. bei Umwandlung eines herkömmlichen Bettenraumes in einen medizinisch genutzten Raum der Anwendungsgruppe 1 erhebliche Veränderungen an der vorhandenen Elektroinstallation erfordern. Ziel dieser Bestimmungen ist der besondere Schutz des Patienten gegen Spannungverschleppungen oder das Auftreten höherer Spannungsdifferenzen über bzw. an Schutz- und Potentialausgleichsleitern.

Die wesentliche Voraussetzung für "saubere" Schutzleiter ist die konsequente Errichtung eines TN-S-Netzes, in dem Schutzleiter und Neutralleiter ab Hauptverteiler voneinander getrennt und isoliert verlegt werden. Unter dieser Betrachtung ergab sich auch die Forderung für das Mitführen eines Neutralleiters bei rein symmetrisch belasteten Drehstromkreisen in medizinisch genutzten Räumen mit Fehlerstromschutzschaltung, um Ableitströme, z. B. von Entstörgliedern, über den Schutzleiter zu begrenzen. Der in den Räumen der Anwendungsgruppe 2E auf max. 0,2  $\Omega$  begrenzte Widerstand zwischen Anschlußstelle und PE-/PA-Sammelschiene wird bei Umbauten häufig den Einbau von Zwischenkästen mit PE-/PA-Sammelschienen erfordern, weil die Unterverteiler nicht nahe genug an die Räume versetzt werden können.

Sowohl die Isolierung und die definierte Zuordnung der Schutz- und Potentialausgleichsleiter als auch die Bereinigung der Altanlagen von Fehlverbindungen dieser Leiter verlangen vom Errichter eine gewissenhafte Ausführung und Prüfung.

#### 4.3 Brandschutz

Im Krankenhaus kommt dem Brandschutz sowohl für die Anlagenverfügbarkeit als auch für die erschwerten Räumungsbedingungen eine sehr hohe Bedeutung

Zu. Bei bestimmungsgemäßer Errichtung, d. h. bei anforderungsgerechter Auslegung der Leiterquerschnitte und der Überstromschutzorgane bzw. Schutzeinrichtungen (Fehlerstromschutzschalter, Isolationsüberwachungsgeräte) sowie bei fachgerechter Ausführung der Leiteranschlüsse und -verbindungen, können die Kabel- und Leitungsanlagen als Brandursache ausgeschlossen werden.

Unterstützend zu den hohen Anforderungen für Ersatzstromversorgungsanlagen muß jedoch verhindert werden, daß die Anlagenverfügbarkeit durch Brandeinwirkungen auf die Kabel- und Leitungsanlagen in kurzer Zeit aufgehoben wird. VDE 0107 fordert für BEV-Anlagen: Kabel und Leitungen müssen von allen übrigen elektrischen Leitungen einen Abstand von mindestens 5 cm haben oder von ihnen durch eine nicht brennbare Wand getrennt sein. Eine gute Alternative hierfür sind schwerbrennbare, halogenfreie Sicherheitskabel z. B. funktionsfähig für 3 Stunden bei 1000 °C Flammentemperatur und Betriebsspannung. Prüfmethode sind in IEC 331 aufgezeigt. VDE 0108 fordert für die Einspeisekabel oder -leitungen der ersatzstromberechtigten Stromversorgung, soweit sie nicht im Erdreich verlegt sind, eine gesondert feuerbeständig geschützte Verlegung. Vorrangig für die Ausführung sind die Auflagen der Bauaufsichts- und Brandschutzbehörden. Dies gilt gleichermaßen für Vorkehrungen gegen die Verschleppung von Bränden über die Kabel- u. Leitungsanlagen, z. B. durch Schottung und Abmauerung. Einschlägige VDE-Bestimmungen sind in Bearbeitung. Brandkritische Bereiche der Kabel- u. Leitungsanlagen können im Rahmen des vorbeugenden Brandschutzes durch den Einbau spezieller Brandmeldegeräte wirksam überwacht werden.

#### 4.4 Elektrische und magnetische Beeinflussungen

In VDE 0107 A1/11.82 werden Maßnahmen gegen die Beeinflussung von elektromedizinischen Meßeinrichtungen behandelt. Während elektrische (kapazitive) Störungen weitgehend durch Bauart und Verlegungssystem der Leitungen kompensiert werden können (Abschnitt 7.2), müssen magnetische (induktive) Störungen durch entsprechende Abstände der Leitungen vom Patientenplatz verhindert werden.

## Sicherheitsbeleuchtung im Krankenhaus

R. Schneppendahl, Arnsberg

### 1. Begriffsbestimmung

Bei Ausfall der allgemeinen Stromversorgung und Einschaltung der Ersatzstromversorgung im Krankenhaus ist bisher die dann einsetzende Beleuchtung als "Sicherheitsbeleuchtung" bezeichnet worden.

#### 1.1 Notbeleuchtung

Nach neuester lichttechnischer Normung ist für die Beleuchtung im Störfall der Begriff "Notbeleuchtung" festgelegt worden. In DIN 5035 Teil 5 (1) ist die Notbeleuchtung als eine Beleuchtung definiert, "die bei Störung der Stromversorgung der allgemeinen künstlichen Beleuchtung rechtzeitig wirksam wird". Nach dieser allgemeingültigen Definition wird bei der Notbeleuchtung unterschieden zwischen "Sicherheitsbeleuchtung" und "Ersatzbeleuchtung".

#### 1.2 Sicherheitsbeleuchtung

Die Sicherheitsbeleuchtung soll bei Störung der Stromversorgung der allgemeinen künstlichen Beleuchtung Rettungswege, Räume und Arbeitsplätze mit vorgegebenen Mindestbeleuchtungsstärken beleuchten, die aus Sicherheitsgründen notwendig sind. Sie wird unterteilt in "Sicherheitsbeleuchtung für Rettungswege", die das gefahrlose Verlassen der Räume und Anlagen ermöglicht und in "Sicherheitsbeleuchtung für Arbeitsplätze mit besonderer Gefährdung", die das gefahrlose Beenden notwendiger Tätigkeiten und das Verlassen des Arbeitsplatzes gestattet. Die Sicherheitsbeleuchtung soll demnach den Menschen ermöglichen, sich bei Ausfall der allgemeinen künstlichen Beleuchtung in Sicherheit zu bringen.

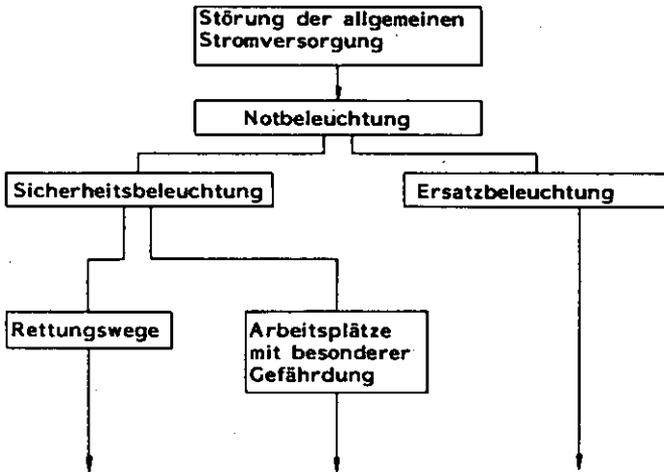
Diese Zielsetzung trifft beim Krankenhaus nur für den äußersten Notfall zu, bei dem die Räumung des Krankenhauses erforderlich wird und gleichzeitig die allgemeine Stromversorgung ausfällt.

### 1.3 Ersatzbeleuchtung

Sieht man von dieser ganz seltenen Notsituation ab, so muß die Sicherheitsbeleuchtung im Krankenhaus ausschließlich als "Ersatzbeleuchtung" bezeichnet werden. Sie ist in DIN 5035 Teil 5 definiert als Notbeleuchtung, die für die Weiterführung des Betriebes über einen begrenzten Zeitraum ersatzweise die Aufgaben der allgemeinen künstlichen Beleuchtung übernimmt.

### 1.4 Zusammenfassung

#### Notbeleuchtung, Begriffsbestimmung und Zielsetzung



Ziel:

Gefahrloses  
Verlassen  
des Raumes  
oder der  
Anlage

Gefahrloses  
Beenden der  
notwendigen  
Tätigkeit und  
Verlassen des  
Arbeitsplatzes

Weiterführen des  
Betriebes über  
einen begrenzten  
Zeitraum

## 2. Notbeleuchtung im Krankenhaus

Daß die Definition der Ersatzbeleuchtung am ehesten für das Krankenhaus zutrifft, beweist die übergeordnet maßgebende "Krankenhausbauverordnung". Dort wird eine Ersatzstromversorgung verlangt, "die für eine Dauer von mindestens 24 Stunden weiterbetrieben werden kann", also zur Weiterführung des Betriebes dient. Es wird eine Beleuchtung gefordert, bei der in allen zur Aufrechterhaltung des Krankenhausbetriebes notwendigen Räumen mindestens eine Leuchte weiterbetrieben werden kann.

Folgt man dem Sinngehalt der Krankenhausbauverordnung, daß die Notbeleuchtung im Krankenhaus der Weiterführung des Betriebes dient und bezeichnet sie definitionsgemäß als "Ersatzbeleuchtung", so hat das nicht unerhebliche lichttechnische Konsequenzen.

In DIN 5035 Teil 5 heißt es: "Für die Ersatzbeleuchtung gelten sinngemäß die gleichen lichttechnischen Anforderungen, die auch an die allgemeine künstliche Beleuchtung gestellt werden. Für das Weiterführen der Arbeiten ist im allgemeinen mindestens eine Beleuchtungsstärke von 10 % des Wertes der Nennbeleuchtungsstärke  $E_n$  erforderlich." Das heißt, bei auf minimal 10 % abgesenktem Beleuchtungsniveau sind alle übrigen Gütemerkmale der künstlichen Beleuchtung wie Blendungsbegrenzung, Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke, Lichtrichtung, Schattigkeit, Lichtfarbe und Farbwiedergabe voll zu berücksichtigen.

Es gelten nicht die reduzierten Forderungen der DIN 5035 Teil 5 für die "Sicherheitsbeleuchtung für Rettungswege" mit einer Mindestbeleuchtungsstärke von 1 lx und einer minimalen Gleichmäßigkeit  $E_{\min} : E_{\max} = 1 : 40$ , sondern mindestens 10 % des in DIN 5035 Teil 5 geforderten Beleuchtungsniveaus für Flure und Treppen im Krankenhaus von 250 lx am Tage bis 30 lx bei Nacht, das heißt, zwischen 25 und 3 lx als Beleuchtungsstärke im Störfall.

Das geforderte minimale Beleuchtungsniveau für die Sicherheits-

beleuchtung an "Arbeitsplätzen mit besonderer Gefährdung", zu denen man durchaus z. B. OP-Räume, Untersuchungsräume und Räume der Intensivpflege zählen könnte, ist identisch mit den Anforderungen an die Ersatzbeleuchtung, nämlich  $0,1 \cdot E_n$ . Jedoch erfordert die Sicherheitsbeleuchtung hier nur eine Brenndauer von minimal 1 min, die Ersatzbeleuchtung eine unbegrenzte Brenndauer, und die stark reduzierten Forderungen der Blendungsbegrenzung für die Sicherheitsbeleuchtung gelten nicht für die Ersatzbeleuchtung.

Als einziger Widerspruch zur vorstehenden, der lichttechnischen Normung folgenden Definition der Ersatzbeleuchtung im Krankenhaus ergibt sich in der VDE-Bestimmung 0108/12.79 der Abschnitt 11.2.1 a (2). Dort wird die Beleuchtung der Verkehrswege bei Ausfall der allgemeinen Stromversorgung mit einer Beleuchtungsstärke von mindestens 1 lx in den Achsen der Verkehrswege gefordert. Hier scheint weniger der Gedanke an das Weiterführen des Betriebes zugrunde gelegen zu haben als vielmehr die Forderung nach der Möglichkeit zum gefahrlosen Verlassen der Anlage. Denkt man an das Weiterführen des normalen Krankenhausbetriebes bei Notbeleuchtung, so dürfte es zu erheblichen Störungen und Orientierungsproblemen kommen, wenn z. B. ein Arzt aus einem Untersuchungsraum oder einem Raum des Operationsbereiches (mit einem Notbeleuchtungsniveau von mindestens 100 lx) tritt und einen Flur mit einem mittleren Beleuchtungsniveau von weniger als 1 lx durchheilen will. Die Zeit für die Dunkeladaptation (= Anpassung des Auges auf das niedrige Helligkeitsniveau) liegt beim genannten Beispiel im Minutenbereich!

### 3. Vorschriften

Die Krankenhausbauverordnung der Bundesländer (im Folgenden wird beispielhaft aus der des Landes Nordrhein-Westfalen vom 21.02.78 (3) zitiert) verlangt für Krankenhäuser eine Ersatzstromversorgung, die sich selbsttätig innerhalb von 15 Sekunden einschaltet.

Folgende Beleuchtungseinrichtungen müssen davon weiterbetrieben werden können:

1. "Die inneren und, soweit erforderlich, die äußeren Verkehrswege. Hierzu gehören auch die Verkehrswege zu Wohnungen und Unterkünften von Ärzten und Pflegepersonal auf dem Krankenhausgrundstück."

VDE 0108 zitiert denselben Text mit der - wie vorher ausgeführt - nicht zweckentsprechenden Zusatzbemerkung: "Die Beleuchtungsstärke muß in den Achsen der Verkehrswege mindestens 1 lx betragen." Diese lichttechnische Aussage gehört nicht in eine Errichtungsbestimmung des VDE. Sie ist ungenau und stellt nur eines der vielen eine Beleuchtung beschreibenden lichttechnischen Merkmale heraus. Dagegen enthält sich die Krankenhausbauverordnung jeglicher lichttechnischer Forderung und zwingt damit Planer und Betreiber, sich nach dem Stand der Technik, also der DIN 5035, zu richten. Die Teile 5 "Notbeleuchtung" und 3 "Krankenhausbeleuchtung" (4) beschreiben in Verbindung mit Teil 1 "Allgemeine Anforderungen" (5) und Teil 2 "Richtwerte" (6) alle erforderlichen Beleuchtungskriterien.

---

## 2. "Beleuchtete Schilder zur Kennzeichnung der Rettungswege"

In der Anlage 2 zur oben zitierten Krankenhausbauverordnung sind Angaben zur farblichen und bildlichen Gestaltung der Schilder (Piktogramme) gemacht sowie deren Größen je nach erforderlicher Sichtweite festgelegt. Die Schilder können hinterleuchtet oder beleuchtet sein. Die weitergehende lichttechnische Spezifikation für diese Schilder, insbesondere deren erforderliche Leuchtdichte, müssen der DIN 5035 Teil 5 und DIN 4844 (7) entnommen werden.

3. "Alle für die Aufrechterhaltung des Krankenhausbetriebes notwendigen Räume für die Unterbringung, Pflege, Untersuchung und Behandlung von Kranken. In jedem Raum muß mindestens eine Leuchte weiterbetrieben werden können."

Die VDE 0108 erweitert den an die Ersatzstromversorgung anzuschließenden Bereich um "notwendige Betriebsräume" und

fordert zugleich insgesamt weniger durch Anschluß "... mindestens einer Lampe".

Folgt man der Definition, daß es sich bei der Notbeleuchtung im Krankenhaus um eine "Ersatzbeleuchtung" handelt, so ergeben sich aus den oben zitierten Teilen der DIN 5035 konkrete lichttechnische Forderungen.

Eine Besonderheit bildet aus lichttechnischer Sicht die Notbeleuchtung im Krankenzimmer. Beim Einschalten der Ersatzstromversorgung sollte die geforderte Notleuchte in "Sicherheitsbedarfsschaltung" angeschlossen sein. Sie schaltet nur bei eingeschalteter Allgemeinbeleuchtung auf die Ersatzstromversorgung um oder kann im Notfall vom Personal eingeschaltet werden. Darüber hinaus sollte die Orientierungsbeleuchtung im Krankenzimmer in Dauerschaltung sich automatisch auf die Ersatzstromversorgung umschalten, damit Kranke sich auch während der Zeit des Netzausfalles ohne Gefahr im Krankenzimmer zurechtfinden können.

#### 4. "Operationsleuchten"

Hiermit wird die Möglichkeit zum wenigstens 12stündigen vollen Weiterbetrieb der Operationsleuchten gegeben. Darüber hinaus erfordert die Operationsleuchte einen weiteren Notanschluß: "Die Operationsleuchten müssen zusätzlich zu der Ersatzstromversorgung eine besondere Ersatzstromversorgung mit der Wirkung haben, daß die Stromunterbrechung bei Ausfall der allgemeinen Stromversorgung nicht länger als 0,5 Sekunden andauert. Die besondere Ersatzstromversorgung muß einen mindestens 3stündigen Betrieb gewährleisten." Damit wird ein gefahrloses kontinuierliches Fortsetzen des chirurgischen Eingriffes ermöglicht.

Die VDE 0107 (8) erweitert die Forderung nach Anschluß an die BEV auf "jeden Operationsplatz oder mit diesem vergleichbaren ärztlichen Arbeitsplatz", also auf z. B. Notaufnahme oder Intensivpflegebereiche, wo Operationsleuchten außerhalb

der eigentlichen Operationsräume installiert sind.

Daneben fordert die VDE 0107: "An eine BEV sind auch Sonderleuchten anzuschließen, wenn bei Ausfall der Allgemeinbeleuchtung eine Gefährdung der Patienten entstehen kann."

Dies kann z. B. bedeuten, daß die Überwachungsbeleuchtung für Patienten in der Intensivpflege ebenfalls an die BEV anzuschließen ist.

Eine Vielzahl von Bereichen eines modernen Krankenhauses sind in den bisher zitierten gesetzlichen Regelungen der Notbeleuchtung nicht angesprochen. Hier ergibt sich die Möglichkeit, die in VDE 0108 erwähnte Forderung nach Ersatzstromversorgung der Beleuchtung "notwendiger Betriebsräume" auf das gesamte Krankenhaus auszudehnen. Dies wird zur Notwendigkeit, wenn man das Ziel der Verordnungen: "Aufrechterhaltung des Krankenhausbetriebes bei Ausfall der allgemeinen Stromversorgung" beachtet.

Dr.-Ing. R. Schnependahl  
TRILUX-LENZE GmbH + Co KG  
5760 Arnsberg 1

(02932) 3010  
Bräuer

17.10.132

Literatur

- (1) DIN 5035 Teil 5 Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht.  
Notbeleuchtung. Dezember 1979
- (2) VDE 0108/12.79 (DIN 57 108)  
Errichten und Betreiben von Starkstromanlagen in baulichen Anlagen für Menschenansammlungen sowie von Sicherheitsbeleuchtung in Arbeitsstätten
- (3) Verordnung über den Bau und Betrieb von Krankenhäusern  
- Krankenhausbauverordnung - (KhBauVO)  
veröffentlicht im "Gesetz und Verordnungsblatt für das Land Nordrhein-Westfalen", Ausgabe A, 32. Jahrgang, Nummer 19  
am 18. April 1978
- (4) DIN 5035 Teil 3 Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht  
Spezielle Empfehlungen für die Beleuchtung in Krankenhäusern. Februar 1974
- (5) DIN 5035 Teil 1 Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht  
Begriffe und allgemeine Anforderungen.  
Oktober 1979
- (6) DIN 5035 Teil 2 Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht  
Richtwerte für Arbeitsstätten. Oktober 1979
- (7) DIN 4844 Teil 2 Sicherheitskennzeichnung; Sicherheitsfarben.  
November 1982
- (8) VDE 0107/6.81 (DIN 57 107)  
Errichten und Prüfen von elektrischen Anlagen in medizinisch genutzten Räumen

## Anforderungen an die Operationsfeldbeleuchtung

W. Koog, Hanau

Stellen wir uns zuerst die Frage: "Weshalb ist eine besondere Operationsfeldbeleuchtung notwendig"?

Schon aus dem Altertum wird über chirurgische Eingriffe berichtet. Diese wurden unter freiem Himmel durchgeführt. Und zu dieser Zeit waren die Probleme der chirurgischen "Werkzeuge" und das medizinische "Nicht"-Wissen größer, als sich Gedanken über eine bessere Beleuchtung zu machen.

Heute dagegen werden die chirurgischen Eingriffe in besonderen Räumen durchgeführt. Es ist notwendig, zu jeder Tages- und Nachtzeit zu operieren. Die Eingriffe selbst werden immer feiner und komplizierter, denken wir zum Beispiel an die Neurochirurgie, Gefäßchirurgie u.a. Es war daher notwendig, eine "besondere Arbeitsplatzbeleuchtung" für die immer höheren Anforderungen der Chirurgie zu entwickeln. Ja, wir können sagen, daß ohne diese Entwicklung einige der heute möglichen Operationen nicht durchgeführt werden könnten.

---

Welche Anforderungen stellt die Chirurgie heute an eine Operationsleuchte?

Die besondere Sehaufgabe des Chirurgen erfordert eine spezielle, vom Üblichen abweichende Beleuchtung des Operationsfeldes. Das bedeutet, daß Lichttechnik, Kinematik und Hygiene auf die Erfordernisse der Arbeit des Chirurgen abgestimmt sein müssen.

Für die Lichttechnik sind folgende Voraussetzungen zu erfüllen:

- hohe Beleuchtungsstärke
- verstellbares Leuchtfeld
- keine Schlagschatten
- gute Tiefenausleuchtung
- optimale Farbtemperatur
- geringe Wärmebelastung

Die wesentlichsten Punkte für die Beweglichkeit sind:

- Aktionsradius
- Höhenverstellung
- leichte Einstellbarkeit
- anschlagfreie Drehbewegung
- Kippwinkel der Leuchtenkörper

Für die Hygiene gelten die Kriterien:

- glatte, geschlossene Oberflächen
- einfache Desinfizierbarkeit
- sterilisierbare Handgriffe

Für den Einzelfall sind die speziellen Anforderungen unterschiedlich zu bewerten. Außerdem sollte ein OP-Leuchtensystem ausbaufähig sein, um es auch nach Jahren den vielfältigen, sich ändernden Bedingungen anpassen zu können, z.B. Kombination mit Satellit (R) - Leuchten, Einbau von TV-Kameras u.a.

Wir wollen jetzt die bereits genannten wichtigsten Forderungen im einzelnen betrachten.

### 1. Beleuchtungsstärke

Für die Sehbedingungen bei der Operation ist die Leuchtdichte im OP-Feld entscheidend für das gute Erkennen kleinster Details und zur kontrastreichen, plastischen Darstellung von Gefäßen, Gewebe, Nervenbahnen und Organen. Die Leuchtdichte ist direkt abhängig von der auf das Operationsfeld gestrahlten Beleuchtungsstärke. Deshalb kann als Maß für die Leuchtdichte, die im OP-Feld gemessene Beleuchtungsstärke herangezogen werden. Die Angaben über die wünschenswerte Beleuchtungsstärke in der Mitte des OP-Feldes reichen von 20.000 bis 100.000 Lux. Das ist im Vergleich zu einer Arbeitsplatzbeleuchtung in der Feinmechanik mit ca. 1.500 Lux außerordentlich hoch. Doch liegt der Grund für diesen hohen Wert in der großen Lichtabsorption und damit dem geringen

Reflexionsgrad des Gewebes; ein großer Teil des einfallenden Lichtes wird absorbiert und steht damit für den Sehvorgang nicht mehr zur Verfügung. (s. Abb. 1)

Wir ersehen daraus, daß die Beleuchtungsstärke regulierbar sein muß, um sie an die Reflexionsverhältnisse der verschiedenen Gewebe und Organe anzupassen und der individuellen Sehfähigkeit der Chirurgen gerecht werden zu können.

Für nicht in die Tiefe gehende Eingriffe (Untersuchungen, Wundversorgung, Indikationen der Ambulanz usw.) sind Leuchten mit geringerer Beleuchtungsstärke ausreichend.

Die erforderliche Beleuchtungsstärke für Operations- und Umfeld ist in DIN 5035 Teil 3 festgelegt.

## 2. Leuchtfeldgröße

Eine hohe Beleuchtungsstärke mit harmonischer Helligkeitsverteilung schafft die Voraussetzung für optimale Arbeitsbedingungen des Chirurgen. Neben der Höhe der Beleuchtungsstärke in der Mitte des Feldes, ist auch der Durchmesser des ausgeleuchteten Feldes wichtig. Der günstigste Felddurchmesser wird durch die Art des Eingriffes bestimmt. Er soll nicht größer als die Operationswunde sein. Denn die meist höhere Reflexion der Abdecktücher führt dazu, daß sich das menschliche Auge auf diese hellere Fläche einstellt und als Folge in der "dunkleren" Operationswunde noch weniger sieht. Daraus ergibt sich, daß die Leuchtfeldgröße einstellbar sein muß, um sie dem jeweiligen Eingriff anpassen zu können.

Als Leuchtfeldgröße wird von allen Herstellern der Durchmesser des ausgeleuchteten Feldes angegeben, innerhalb dessen die Beleuchtungsstärke 10 % des Maximalwertes beträgt bzw. übersteigt. (s. Abb. 2) Aus dieser Abbildung ist auch zu ersehen, daß für ein größeres Leuchtfeld bei vorgegebener Beleuchtungsstärke z.B. 100.000 Lux mehr elektrische Energie aufgewandt werden muß. Deshalb sind bei einem Vergleich verschiedener Operationsleuchten-Systeme die Werte für Beleuchtungs-

stärke, Feldgröße und Farbtemperatur, auf die wir jetzt eingehen, im Zusammenhang zu sehen. Das richtige Verhältnis dieser drei Faktoren zueinander bestimmt zum größten Teil die Lichtqualität einer OP-Leuchte und ist entscheidend für die notwendige elektrische Energie.

### 3. Farbtemperatur

Umfangreiche Untersuchungen und jahrelange Erfahrungen in der Praxis haben gezeigt, daß die günstigste Farbtemperatur für die OP-Feldbeleuchtung - je nach Disziplin und persönlicher Farbsehfähigkeit - zwischen 4.000 und 5.000 K liegt. DIN 5035 Teil 3 schreibt für die OP-Feldbeleuchtung eine Farbtemperatur  $\geq 4.000$  K vor. Diese Werte liegen ausreichend nahe an der Farbtemperatur des Tageslichtes und bewirken genau die Farbwiedergabe, die der während seiner gesamten Praxis an künstliches Licht gewöhnte Chirurg als natürlich empfindet.

Die in modernen Operationsleuchten eingesetzten Halogenlampen haben jedoch nur eine Farbtemperatur von ca. 3.200 K. Diese muß mit besonderen Filtern auf über 4.000 K angehoben werden. Die Filter lassen den kurzwelligen blauen Anteil des Lichtes fast ungehindert passieren, von dem längerwelligen Rotanteil wird jedoch soviel absorbiert, daß das Licht nach dem Passieren des Filters eine spektrale Zusammensetzung hat, die der gewünschten Farbtemperatur von z.B. 4.300 K entspricht. Bei der Filterung wird zugunsten der Erhöhung der Farbtemperatur von 3.200 K auf 4.300 K, bei sonst gleicher Anordnung, die Beleuchtungsstärke um etwa 40 % reduziert. (s. Abb. 3)

Bei einem Vergleich verschiedener Operationsleuchten ist diese physikalische Abhängigkeit immer zu berücksichtigen.

### 4. Schlagschattenfreies Licht und Tiefenausleuchtung

Zur Gewährleistung einer ausreichenden Leuchtdichte im Operationsfeld muß die Abschattung des Lichtes durch die Hände und den Kopf des Chirurgen möglichst gering gehalten werden. Das läßt sich nur lösen, wenn das Licht aus einem ausreichend großen Raumwinkel auf das OP-Feld trifft. Es kommt darauf an, diese im Prinzip unvermeidlichen Schatten

auf ein Mindestmaß zu begrenzen, sowohl bezüglich der Schattenausdehnung als auch der Schattentiefe. Die für das "plastische Sehen" notwendigen Konturschatten müssen erhalten bleiben. Für eine objektive Charakterisierung der Schatten und ihre Wichtung gibt es bisher nur Ansätze. Die bekannteste Methode zur Prüfung von Schattenbildung und Tiefenausleuchtung ist die amerikanische IES-Empfehlung (Illumination Engineering Society). (s. Abb. 4)

Am Boden des Tubus, der den Wundkanal darstellt, wird die Beleuchtungsstärke gemessen. Nun wird eine lichtundurchlässige Scheibe, die simuliert den Kopf eines Chirurgen, in den Strahlengang gebracht und danach wieder die Beleuchtungsstärke gemessen. Diese muß nach IES-Empfehlung noch mindestens 1/10 des Wertes ohne die Behinderung durch die Scheibe betragen. In der Praxis erreichen einige Modelle das 6 - 8fache des geforderten Mindestwertes. Die Höhe des erreichten Wertes kann als Maß für die Qualität der OP-Feldbeleuchtung bezüglich Schattenbildung und Tiefenausleuchtung angesehen werden.

##### 5. Geringe Wärmebelastung

Halogen- und Spezialglühlampen, die in modernen Operationsleuchten eingesetzt werden, wandeln weniger als 10 % der aufgenommenen elektrischen Energie in sichtbares Licht und mehr als 90 % in unerwünschte Wärmestrahlung. (s. Abb. 3) Diese muß durch hochwertige Filtersysteme reduziert werden, um das Austrocknen des Wundgewebes zu verhindern und die Wärmebelastung des OP-Teams möglichst gering zu halten. Aber auch die "Lichtstrahlen" (400 - 800 nm Wellenlänge) werden, wenn sie auf eine Fläche treffen, absorbiert und in Wärme umgewandelt. So würde sich eine mit 100.000 Lux beleuchtete Fläche um 12°C erwärmen. Meßtechnisch läßt sich die Erwärmung mit einer geschwärzten Kupferplatte nach VDE 0710 sehr gut nachweisen. Die damit gemessenen Werte, die heute auf dem Markt erhältlichen Operationsleuchten, liegen zwischen 14°C und 27°C. Wobei die 14°C nur von einem Modell erreicht werden.

Die Erwärmung am lebenden Organismus ist geringer, da die eingestrahlte Wärme über das Gefäßsystem und durch Verdunstung abgeführt wird.

Diese Meßmethode bringt jedoch eine gute Aussage über die thermische Belastung des Gewebes im OP-Feld und damit auch ein Maß für die Güte des OP-Lichtes.

## 6. Beweglichkeit

Da in einem OP-Raum meistens Eingriffe der verschiedensten Disziplinen durchgeführt werden, ist für Operationsleuchten ein großer Aktionsbereich bei leichter Beweglichkeit notwendig. (s. Abb. 5)

Das trifft sowohl für den Bewegungsradius als auch für die Höhenverstellung zu. Die für die Einstellung notwendige Kraft muß gering sein, um bei Komplikationen schnell eine Verstellung vornehmen zu können. Dazu müssen alle radialen Gelenke endlos drehbar, d.h. ohne störende Anschläge sein. Für die Stromübertragung müssen deshalb Schleifringe eingesetzt werden.

Der Leuchtenkörper muß so mit der Aufhängung verbunden sein, daß die Schwenkwinkel der verschiedenen Achsen es ermöglichen, auch bei extremen Einstellungen jede Operationswunde optimal ausleuchten zu können.

In Europa hat sich die zentrale Deckenbefestigung durchgesetzt. Andere Aufhängungen, wie z.B. Schienen, sind noch heute in den USA und Japan anzutreffen. Diese Schienensysteme bringen jedoch hygienische Probleme, da sich auf ihnen Staub und pathogene Keime ablagern, die beim Bewegen der Leuchte in die Wunde gelangen können.

Somit kommen wir zum abschließenden Punkt.

## 7. Hygiene

Diese wird nicht nur, wie soeben erwähnt, durch die Art der Aufhängung gefördert, sondern auch die heute bei fast allen OP-Leuchten vorhandenen sterilisierbaren Handgriffe dienen ihrer Verbesserung.

Die Oberflächen sollen glatt und geschlossen sein. Das macht sie reinigungsfreundlich und verhindert das Eindringen von Staub und pathogenen Keimen. Die Oberflächen müssen gegen die heute üblichen Desinfektions-

mittel beständig sein.

Nur wenn eine Operationsleuchte alle angesprochenen Kriterien erfüllt, kann sie den Anforderungen, die heute an die OP-Feldbeleuchtung gestellt werden, genügen.

Willi Koog  
c/o W.C. Heraeus GmbH  
Produktbereich Original Hanau  
Heraeusstraße 12-14  
6450 Hanau

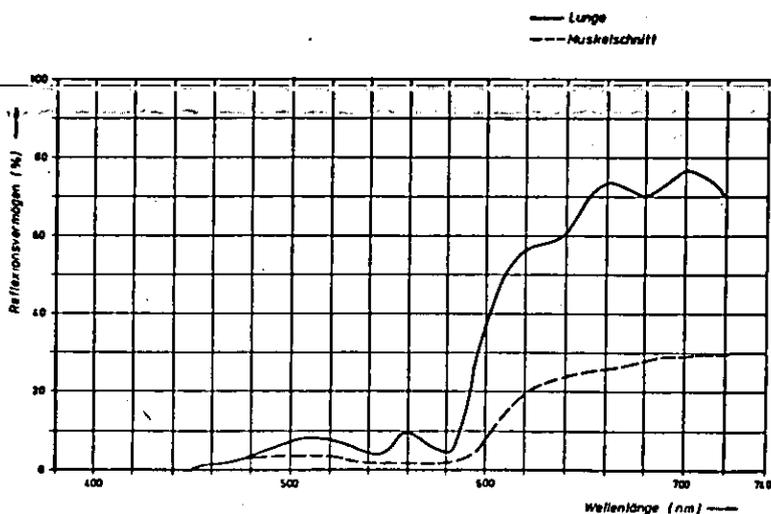


Abb. 1 Reflexionsvermögen von lebendem Gewebe (Schäferhund)

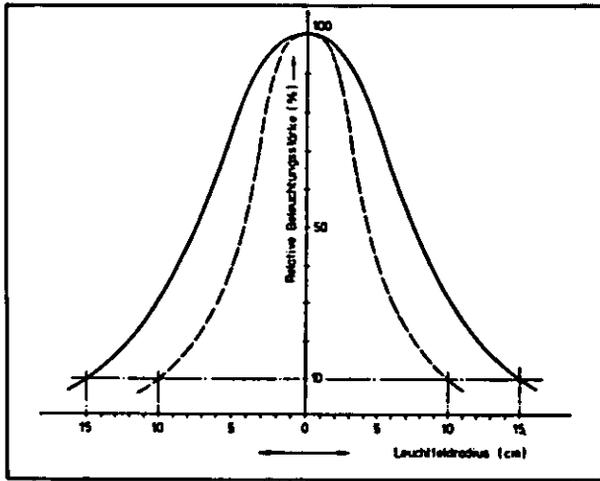


Abb. 2 Unterschiedliche Felddurchmesser bei gleicher Beleuchtungsstärke

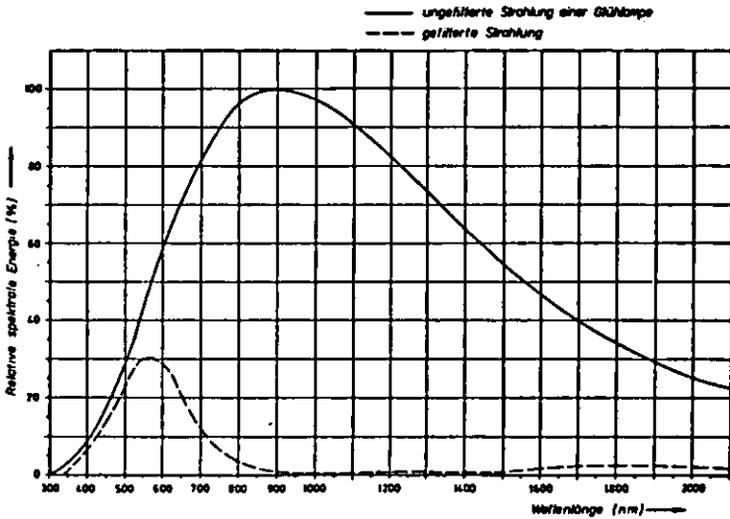


Abb. 3 Relative spektrale Energie von ungefilterter und gefilterter Glühlampenstrahlung



## Inwieweit lassen sich Kosten bei der Krankenhausbeleuchtung einsparen?

von J. Krochmann

### 1. Aufgabe der Beleuchtung

Die Beleuchtung beeinflusst durch ihre Qualität die Sehleistung, die Aktivierung, das Wohlbefinden und die Arbeitssicherheit des Menschen. Die Beleuchtung ist deshalb so auszuführen, daß sie ihre jeweiligen Aufgaben erfüllt und sich harmonisch in den Raum einfügt<sup>1)</sup>.

Die für die jeweiligen Aufgaben zu stellenden Anforderungen an die Beleuchtung beziehen sich auf die folgenden lichttechnischen Güteermkmale:

- Beleuchtungsniveau
- Leuchtdichte Verteilung
- Blendungsbegrenzung
- Lichtrichtung und Schattigkeit
- Lichtfarbe und Farbwiedergabe.

Für Arbeitsstätten werden je nach der Art des Raumes und der Tätigkeit Forderungen aufgestellt für<sup>2)</sup>:

- Nennbeleuchtungsstärke
- Lichtfarbe
- Stufe der Farbwiedergabe
- Güteklasse der Begrenzung der Direktblendung
- Schattigkeit.

Forderungen an die Kontrastwiedergabe werden z.Z. entwickelt.

Für die Beleuchtung im Krankenhaus wurden spezielle Empfehlungen ausgesprochen<sup>3 4 5</sup>). Die deutschen Empfehlungen<sup>3)</sup> werden z.Z. überarbeitet.

### 2. Wirtschaftlichkeit und Kosten

Grundsätzlich gilt für alle Gebäude - und damit auch für Krankenhäuser - die Forderung nach Wirtschaftlichkeit. Bei derartigen Wirtschaftlichkeitsberechnungen auf der Basis

einer Kosten- und Nutzenanalyse können Bau- und Betriebskosten nicht getrennt behandelt werden.

Eine echte Wirtschaftlichkeitsberechnung kann für Beleuchtungsanlagen nicht aufgestellt werden, da zwar die Kosten der Beleuchtung exakt bestimmt werden können, der Nutzen einer guten Beleuchtung aber kaum in Mark und Pfennig beschrieben werden kann. Kostenvergleiche von Beleuchtungsanlagen können nur auf der Basis einer Erfüllung der gestellten lichttechnischen Forderungen durchgeführt werden. Kosteneinsparungen bei der Krankenhausbeleuchtung sind daher nur dort möglich, wo durch Sparmaßnahmen die Qualität der Beleuchtung nicht verringert wird. Eine Formel für die Kostenberechnung ist in der Norm<sup>1)</sup> angegeben.

### 3. Tageslicht

Aufenthaltsräume sollen ausreichend Tageslicht erhalten und eine angemessene Sichtverbindung nach außen haben. Dazu sind Mindestfenstergrößen erforderlich, die jetzt neu definiert sind<sup>6)</sup>. Größere als Mindestfensterflächen können die Kosten der elektrischen Beleuchtung (Einschalt-dauer) herabsetzen, aber gleichzeitig auch die Kosten für Kühlung und Heizung heraufsetzen. Mit den jetzt entwickelten Berechnungsverfahren lassen sich für Neubauten die Fenstergrößen optimieren<sup>7)</sup>.

Außenseitige Sonnenschutzeinrichtungen können in der warmen Jahreszeit das Klima im Innenraum verbessern und in gekühlten Räumen die Kühllast verringern. Innenseitige Sonnenschutzeinrichtungen - besonders lichtstreuende, gut durchlässige Vorhänge - können in Arbeitsräumen störende direkte Besonnung verhindern und gleichzeitig die durch Fenster bedingten Heizungsverluste durch "passive" Solar-energienutzung verringern und die Beleuchtungsqualität verbessern.

### 4. Raumausstattung

Die Raumausstattung kann die Beleuchtungsverhältnisse im Innenraum erheblich beeinflussen. Hellere Raumbegrenzungs-

flächen und Möblierungen gestatten das Erreichen des geforderten Beleuchtungsniveaus mit weniger Lichtstrom und damit auch geringerer elektrischer Leistung. Dabei sind die Regeln für die zulässigen Bereiche der Reflexionsgrade zu beachten.

Als Beispiel sei für einen kleineren Raum (Raumindex  $k=1$ , Lichtverteilung der Leuchte A 30.2 nach <sup>8</sup>) angegeben, daß bei einem Wechsel von niedrigen Reflexionsgraden ( $q_{\text{Decke}} = 0,5$ ,  $q_{\text{Wand}} = 0,3$ ,  $q_{\text{Boden}} = 0,1$ ) auf höhere Reflexionsgrade (0,8; 0,5; 0,3) fast 30 % an installiertem Lichtstrom gespart werden können.

Helle Fenstervorhänge verbessern den Indirektanteil der Beleuchtungsstärke und vermindern damit ebenfalls die zu installierende elektrische Leistung; sie sind daher neben ihrer Bedeutung für den winterlichen Sonnenschutz wichtig.

#### 5. Lampen

Zum Erreichen eines vorgegebenen Beleuchtungsniveaus muß ein bestimmter Lampenlichtstrom installiert werden. Die Kosten dafür werden desto geringer, je höher die Lichtausbeute der eingesetzten Lampen ist. Mit der neuen Generation von Dreiband-Leuchtstofflampen mit 26 mm Kolbendurchmesser steht heute ein wirtschaftlicher Lampentyp mit hoher Lichtausbeute, guter Farbwiedergabe und langer Lebensdauer zur Verfügung. Ein Einsatz dieser Lampen ist trotz des - im Vergleich zur älteren Generation von Leuchtstofflampen - höheren Lampenpreises dringend zu empfehlen, da der größte Teil der Beleuchtungskosten für die aufzuwendende elektrische Energie verbraucht wird. Der Einsatz dieser Lampen scheint heute auch da sinnvoll, wo häufiger geschaltet wird, wie in Toiletten und Treppenhäusern, da diese Lampen heute gute Schaltunempfindlichkeit aufweisen.

Leuchtstofflampen müssen besonders dort eingesetzt werden, wo die Beleuchtung ständig eingeschaltet ist, wie z. B. in Fluren.

In mit Glühlampen ausgestatteten bestehenden Anlagen ist deren Ersatz durch moderne Energiesparlampen (z.B. OSRAM Circulux, PHILIPS Prismatic) zweckmäßig. Diese Lampen verfügen über eingebaute Vorschaltgeräte und können in normale Glühlampenfassungen eingesetzt werden. Sie entsprechen mit ihrer Lichtfarbe der von Glühlampen und weisen bei hoher Lichtausbeute gute Farbwiedergabeeigenschaften auf. Damit lassen sich trotz höherer Lampenpreise erhebliche Kosten einsparen.

#### 6. Vorschaltgeräte

Konventionelle Vorschaltgeräte weisen eine Verlustleistung in Höhe von etwa 20 % der Gesamtleistung, die für die Beleuchtung auszubringen ist, auf. Der Einsatz neuer Vorschaltgeräte mit verringerter Verlustleistung kann bis zu 50 % der in den Vorschaltgeräten verbrauchten elektrischen Leistung erbringen<sup>9</sup>).

In Zukunft werden elektronische Vorschaltgeräte die Vorschaltgeräteverluste weiter herabsetzen. Sie betreiben die Lampen mit einer Frequenz von etwa 30 kHz, wodurch eine höhere Lichtausbeute (etwa 8 %) erreicht wird. Einsparungen gegenüber konventionellen Vorschaltgeräten von 23 % der Gesamtenergiekosten werden angegeben<sup>10</sup>).

Vollelektronische Vorschaltgeräte weisen weitere Vorteile auf<sup>10</sup>):

- keine störenden Geräuscheffekte
- schneller, flackerfreier Start
- kein Starter notwendig, damit kein Starterwechsel
- zulässige Netzfrequenz 0 - 60 Hz (Gleichstrombetrieb möglich)
- Sicherheitsabschaltung der Lampe am Ende ihrer Lebensdauer
- sofortiges Wiedereinschalten nach Lampenwechsel.

#### 7. Leuchten

Die in der Beleuchtungsanlage verwendeten Leuchten beeinflussen durch ihren Leuchtenwirkungsgrad und ihre Licht-

stärkeverteilung den Beleuchtungswirkungsgrad<sup>11)</sup>). Durch den Einsatz moderner Leuchten lassen sich mit weniger Lampen und Leuchten gleiche Quantität und Qualität der Beleuchtung erreichen, als das früher der Fall war. In der lichttechnischen Literatur, besonders in der Zeitschrift LICHT, sind im Laufe des letzten Jahres zahlreiche Beispiele für die Wirtschaftlichkeit einer Umrüstung von Beleuchtungsanlagen angeführt, die zeigen, daß trotz der Anlagekosten für eine neue Beleuchtung die aufgewendeten Kosten in Kürze amortisiert werden können. Die lichttechnische Industrie erarbeitet Vorschläge für eine Umrüstung mit einer Wirtschaftlichkeitsberechnung im allgemeinen als kostenlosen Service.

#### 8. Schalten

Die elektrische Beleuchtung wird im allgemeinen durch die Raumbenutzer an- und ausgeschaltet. Englische Untersuchungen zeigen, daß in mit Tageslicht beleuchteten Räumen das Abschalten der elektrischen Beleuchtung in vielen Fällen nicht rechtzeitig erfolgt<sup>7)</sup>. Eine helligkeitsgesteuerte Schaltung der elektrischen Beleuchtung kann hier erhebliche Vorteile haben.

Oft wird die elektrische Beleuchtung beim Verlassen des Raumes durch den Benutzer nicht abgeschaltet. In Zukunft werden Infrarotsensoren diese Schaltaufgabe übernehmen können. Nicht unerhebliche Energiekosten können dadurch gespart werden.

Für Flure ist eine Tag/Nachtschaltung des Beleuchtungsniveaus empfehlenswert. Diese Schaltung sollte mit einem außenseitigen Helligkeitsfühler erfolgen. Damit werden Kosten gespart und die Beleuchtungsverhältnisse verbessert.

#### 9. Wartung

Das durch elektrische Beleuchtung erzeugte Beleuchtungsniveau im Innenraum vermindert sich im Laufe der Betriebszeit durch Lampenalterung und Verschmutzung. Kürzere, regelmäßige Wartungsperioden ermöglichen die Verwendung ei-

nes geringeren Planungsfaktors<sup>1)</sup> bei der Beleuchtungsplanung und damit geringere Anlage- und Betriebskosten für die Beleuchtung. Zur Wartung gehört besonders auch die Reinigung der Leuchten, die oft vernachlässigt wird. Um sinnvolle Wartungsperioden festzusetzen, sollten vereinfachte Betriebsmessungen der Beleuchtungsanlage ausgeführt werden, die mit preiswerten Beleuchtungsstärkemeßgeräten auch vom Hauspersonal durchgeführt werden können. Diese Messungen sollten in erster Linie zur Festlegung von Wartungsperioden dienen. Empfehlungen dazu werden jetzt veröffentlicht<sup>12)</sup>. Die Wartung kann erleichtert werden, wenn möglichst wenige Lampentypen im Krankenhaus eingesetzt werden. Starter, die beim Ende der Lebensdauer von Leuchtstofflampen diese abschalten, werden zweckmäßigerweise verwendet.

Die Bedeutung einer konstanten Netzspannung ist für den Betrieb der Anlage erheblich. Ein gesonderter Beleuchtungsstromkreis kann die Verhältnisse verbessern.

#### 10. Folgerungen

~~Ei-der-notwendigen-Einhaltung-der-für-die-verschiedenen~~  
Räumarten und Tätigkeiten im Krankenhaus aufgestellten lichttechnischen Forderungen können in bestehenden Anlagen wesentliche Kosten eingespart werden durch:

- Einsatz von Dreibanden-Leuchtstofflampen mit 26 mm Kolbendurchmesser
- Ersatz von Glühlampen durch "energiesparende" Leuchtstofflampen mit eingebautem Vorschaltgerät
- Ausschalten der Beleuchtung bei ausreichendem Tageslicht oder bei Verlassen des Raumes
- rechtzeitige Wartung (Reinigung, Lampenwechsel) der Beleuchtungsanlagen.

Ein Umrüsten bestehender Anlagen mit modernen Leuchten kann die Betriebskosten erheblich senken.

#### Literatur

- 1) - DIN 5035 Teil 1 Innenraumbelichtung mit künstlichem Licht. Begriffe und allgemeine Anforderungen.

- 2) - DIN 5035 Teil 2 Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht. Richtwerte für Arbeitsstätten
- 3) - DIN 5035 Teil 3 Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht. Spezielle Empfehlungen für die Beleuchtung von Krankenhäusern
- 4) J.Krochmann Tageslicht und künstliches Licht im Krankenhaus  
db Deutsche Bauzeitung (1973) S.146-151
- 5) - Lighting Guide: Hospitals and Health Care Buildings  
The Chartered Institution of Building Services (CIBS), London, 1979
- 6) - DIN 5034 Teil 1 (als Norm verabschiedet)  
Tageslicht im Innenraum. Allgemeine Anforderungen
- 7) J.Krochmann Quality aspects of daylight and its integration with artificial light  
CIE-Bulletin Nr. 41 (Okt. 1981) S. 12-18
- 8) K.Stolzenberg Projektierung von Beleuchtungsanlagen für Innenräume, 4. Auflage  
Lichttechnische Gesellschaft, 1973
- 9) M.Günther Neuheiten beim Zubehör von Lichtquellen  
Licht 34 (1982) Nr. 11, S. 620-628
- 10) M.Hartlieb Kostensparende Vorschaltgeräte  
J.Koller Licht 35 (1983) Nr. 1, S. 28-29
- 11) - DIN 5031 Teil 4 Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik. Wirkungsgrade
- 12) - DIN 5035 Teil 6 (als Norm verabschiedet)  
Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht. Messung und Bewertung

Verfasser:

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Krochmann  
Institut für Lichttechnik der Technischen Universität Bln.  
Einsteinufer 19, 1000 Berlin 10

# Von der Stromversorgung bis zur Personenrufanlage: AEG-TELEFUNKEN. Der Krankenhaus-Ausrüster mit dem kompletten Programm. (Und dem weltweiten Service).

Komplexe Gebäude – und Krankenhäuser sind wohl eine der typischsten Formen – können heute nicht mehr ohne moderne (und vor allem zukunftsichere) elektrotechnische Infrastruktur gebaut und betrieben werden. AEG-TELEFUNKEN liefert diese hochdifferenzierten Anlagen und die Automatisierungsperipherie inklusiv Wartung und Service. Was Sie alles von AEG-TELEFUNKEN aus einer Hand – und aus einem Guß – erwarten können, hier, in kurzen Stichworten:

■ Wir planen und liefern **elektrotechnische und leittechnische Ausrüstungen** für Krankenhäuser jeder Größenordnung. Diese umfassen z. B. Automations- und Leitsysteme, Hoch- und Niederspannungsschaltanlagen, Transformatorstationen, Ersatzstromversorgungen, Hauptverteilungen, Unterverteiler, Beleuchtungsanlagen und Installationsgeräte, Sicherheitsanlagen, komplette Kabel- und Leitungsnetze, Elektroakustik, Kommunikationssysteme, Antennenanlagen, Uhrenanlagen, TV-Anlagen sowie Alarm- und Feuermeldealanlagen. Für die **optimale Betriebsführung** ist eine anwenderorientierte Systemtechnik unumgänglich. AEG-TELEFUNKEN hat deshalb die Leitsystemfamilie GEAZENT entwickelt. Diese in der Praxis bewährte Systemfamilie entspricht dem neuesten techno-

logischen Standard (Microelektronik) und löst alle Aufgaben der zentralen Überwachung und Steuerung einschließlich der Energieoptimierung. Und das zahlt sich in barer Münze aus.

■ Professionelle periodische **Wartung und verlässlicher technischer Service** sind weitere Kriterien für niedrige Betriebskosten. Wir bieten Ihnen problemgerechte Lösungen, mit denen Sie Instandsetzungs- und Prüfungskosten senken und Risiken minimieren können. Bei einer Pauschalpreisgarantie – versteht sich.

■ Ein weiterer wichtiger Aspekt ist **die Sicherheit im Brandfall**. Wir sind seit Jahren Sicherheitsexperten, wenn es z. B. um baulichen Brandschutz geht. Mit FLAMRO, einem Leichtbauschott, und FLAMMADUR, einem Festmörtelschott für höchste Sicherheitsanforderungen, haben Sie die Gewähr, alles unternommen zu haben, was der Gebäudesicherheit, dem Sach- und Personenschutz dient: gegen Ausweitung eines Brandes über Kabel- und Lüftungsschächte, Rohr- und Kanalsysteme; und vor allem gegen Zerstörung sicherheitsbedürftiger Anlagen.

■ Aber Ihre **Vorsorge im Sicherheitsbereich** sollte noch weiter gehen. Wir meinen die Risikominimierung. Und dafür

gibt es die BRV, eine Beratungsgesellschaft für Risikovorsorge im industriellen Bereich. Die speziellen Arbeitsgebiete umfassen u. a. den Brandschutz – mit allem drum und dran, die Produzentenhaftung, die spezielle Technologie-Risiko-Absicherung und die Objektsicherung. Bei der BRV haben Sie es mit „alten Hasen“ zu tun, die Ihnen viel Geld und Ärger ersparen können.

■ Ein wichtiger Schwerpunkt im Krankenhausbereich: **die Ersatzstromversorgung**. AEG-TELEFUNKEN liefert besonders zuverlässige und energiesparende Systeme, die speziell den Anforderungen von OPs und Intensivstationen entsprechen. Unsere KR-Stromrichter arbeiten z. B. bei Netzausfall als Wechselrichter, und bei der Batteriekapazitätsprobe wird die Ladung energiesparend ins Netz zurückgespeist. Für Wechselrichter- Gleichrichter-Betrieb wird derselbe Stromrichtersatz benutzt. Das bedeutet: weniger Bauelemente und damit weniger Störmöglichkeiten.

■ Last not least kann ein effektiver und reibungsloser Krankenhausbetrieb nur mit Hilfe einer gut abgestimmten, funktionsstüchtigen **Kommunikationstechnik** aufrecht erhalten werden. Auch auf diesem Gebiet hat AEG-TELEFUNKEN alles zu bieten, was die Praxis erfordert: Anlagen jeder Größenordnung für die Bereiche Diagnose, Therapie, Pflege, Verwaltung und Betriebstechnik; vom einfachen Funkruf (Piepser) über Sprachdurchsage bis zum drahtlosen Selbstwählen oder zu zifferncodierten 10stelligen Informationen auf der Digitalanzeige des Rufempfängers.

Lassen Sie sich zu diesen Themen ausführliches Informationsmaterial senden. Testen Sie unsere Leistungspalette – fragen kostet nichts.

## AEG-TELEFUNKEN



AEG-TELEFUNKEN  
Fachbereich Gebäudeausrüstungen  
und Infrastruktursysteme  
Theodor-Stern-Kai 1  
D-6000 Frankfurt 70

"Welchen Beitrag kann die Videotechnik im Krankenhaus leisten?" von H. Husemann und G. Wilhelm, Fürth

Für Millionen Menschen ist die Videotechnik durch das öffentliche Fernsehen und seine Aufzeichnungsmöglichkeit inzwischen ein fester Teil des täglichen Lebens geworden.

In der Breite weniger bekannt, jedoch im Handel und Gewerbe der Industrie, Forschung und Lehre ebenfalls seit Jahren erfolgreich eingesetzt, werden videotechnische Anlagen und Systeme für:

- Überwachung und Prozesscontrol - Objektschutzaufgaben
- die Lehre und Ausbildung - Kommunikation und Information
- die Programm-Produktion.

Auch beim Einsatz der Videotechnik im Krankenhaus stellen sich annähernd gleiche Anwendungskategorien:

1. Unterhaltung

1.1 Patientenfernsehen

Im System einer Gemeinschaftsantennenanlage werden die entsprechenden Antennenanschlußdosen in den Krankenzimmern installiert. Bei der Festlegung der Aufstellungspunkte für die Fernsehgeräte ist zu berücksichtigen, daß der Patient eine optimale Bildbetrachtung aus der liegenden Position erhalten muß. Eine bei einem solchen System gebotene Bereicherung ergibt sich durch die Einspeisung von Videorecorderprogrammen in die Kopfstation der Antennenanlage, d.h. die Klinikverwaltung hat die Möglichkeit, den Patienten über das übliche Fernsehprogramm hinaus ein oder mehrere weitere Programme speziell während der programmfreien Zeiten zur Verfügung zu stellen. Bei Mehrbettzimmern ist nicht sichergestellt, daß sich alle Patienten auf ein gleiches Programm einigen. Es ist daher erforderlich, den Ton über Kopfhörer auszustrahlen.

Das Thema der Programmwahl vom Bett aus ist heute durch den drahtlosen Fernbedienungsstandard gelöst. Häufiger stellt sich allerdings die Frage der Amortisation solcher Unterhaltungssysteme. Hier bieten sich Wege über Leihgebühren pro Gerät und Tag oder über spezielle Fernsehgeräte mit Münzautomaten an.

## 2. Überwachung

Auf dem Gebiet der Rationalisierung durch Überwachung ergeben sich naturgemäß heute in einem Krankenhaus eine Vielzahl von Ansatzpunkten für die Videotechnik. Hier können zwangsläufig nur einige beispielhaft gestreift werden:

### 2.1 Zugangskontrolle

Eine einfache Torbeobachtung, die es ermöglicht, durch Einsatz einer wetterfesten Fernsehkamera einen direkten Torpförtner einzusparen und daneben natürlich auch die damit verbundenen Bauinvestitionen für Pförtnerhaus etc. In einem größeren Krankenhauskomplex mit 3 oder 4 Toren kann eine Fernsteuerung bei Einsatz von Fernsehkameras z.B. durch einen einzigen Pförtner vorgenommen werden.

### 2.2 Patientenbeobachtung

Eine Entlastung des Pflegepersonals und schnelle Hilfe durch den Arzt, bietet die laufende Beobachtung der Patienten durch Fernsehkameras. Auf den zentralen Überwachungsmonitoren sind die Neugeborenen im Brutkasten, frisch Operierte oder Schwerkranke auf den Intensivstationen, ständig unter Sichtkontrolle des in der Zentrale überwachenden Pflegepersonals. Besondere Bedeutung hat die Fernsehüberwachung bei der Beobachtung der Patienten während der Strahlentherapie. Sie kann ohne Strahlenbelastung des Personals erfolgen. Videocontroller melden jede Veränderung des Bildes und lösen Alarm aus, wenn der Patient beispielsweise seine vorgeschriebene Lage verändert und somit Gefahr für seine Gesundheit besteht.

Im psychiatrischen Bereich dienen Video-Systeme als Hilfsmittel bei Einzel- und Gruppen-Explorationen. Hochempfindliche Aufnahmerröhren liefern selbst bei Dämmerlicht und stark abgedunkelten Räumen brillante Fernsehbilder. Fernseh-Monitore in anderen Räumen bieten Ärzten oder Studenten die Beobachtungsmöglichkeit, ohne durch ihre Anwesenheit zu stören. Die einzelnen Sitzungen können auf Videoband gespeichert und später in aller Ruhe ausgewertet werden.

### 2.3 Diagnostik

Im medizinisch-technischen Bereich eines Krankenhauses erfolgt z.B. die Aufzeichnung von Röntgenbildern auf Videorecorder. Ein Röntgengerät, ausgestattet mit einer hochauflösenden S/W-Fernsehkamera liefert dem Röntgenarzt eine Direktbetrachtung über einen Monitor, gleichzeitig ermöglicht ein entsprechend qualifizierter Videorecorder die Speicherung dieser Bilder. 1"-Videorecorder mit einer Auflösung von 10 MHz bieten bei veränderten Situationen die Möglichkeit einer Folgebetrachtung der verschiedenen Zustände und damit eine Optimierung der Diagnose.

Jedes Elektronenmikroskop ist serienmäßig mit Fernsehkamera und Monitor ausgestattet, um eine einfachere und umfassendere Mehrfach-Betrachtungsmöglichkeit zu bieten. Diese Vorzüge werden auch durch Einsatz von Farb-Fernsehkameras und Monitoren für die Mikroskope im klinischen Labor realisiert. Die Adaption einer Farbkamera zusammen mit einem Monitor bietet bessere Arbeitsbedingungen mit Kontrollmöglichkeit und damit ein qualifizierteres Ergebnis.

---

### 3.0 Lehre und Ausbildung

Universitätskliniken, aber auch andere Krankenhäuser, die auf die Weiterbildung und Schulung besonderen Wert legen, haben bereits in der Anfangszeit des Fernsehens erkannt, welche enormen Vorzüge gerade die Videotechnik hier zu bieten in der Lage ist:

#### 3.1 Fernsehen im Operationsaal

Der Blick der Kollegen, Studenten, auszubildenden Schwestern etc. über die Schultern des Operateurs sollte ein für allemal der Vergangenheit angehören. Die strengen Forderungen der Asepsis und die oftmals drangvolle Enge der technischen Apparaturen verbannen heute den "Zuschauer" aus dem Operationsaal. Mit Hilfe der Fernsehtechnik ist jedoch auch ein größerer Kreis hart am Geschehen. Während in der Vergangenheit Fernsehkameras für Operationsmitschnitte meistens in Operationsleuchten eingesetzt wurden, erlauben neuere Techniken den flexibleren Einsatz hochwertiger Fernsehkameras. Fahrbare Operations-Video-Systeme, bestückt mit einer hochwertigen 3-Röhren-Farbkamera sind auf

die speziellen Bedürfnisse hin entwickelt worden. Zwischenoptiken und drehbar gelagerter Spiegel an der Frontseite des Teleskop-Objektives (10...100 mm) ermöglichen den direkten Einblick in das Operationsfeld, ohne daß der Operateur dadurch behindert oder belästigt wird. Dabei ist noch besonders hervorzuheben, daß die Kamera außerhalb des aseptischen Bereiches bleiben kann und nur das Spezialobjektiv mit motorisch angetriebenem Spiegel an die besonderen Forderungen der Asepsis angepaßt werden muß.

Aber nicht nur die Studenten im Hörsaal, auch für den Anästhesisten, für die OP-Schwester, ist der im OP-Raum zusätzlich montierte Fernsehschirm eine wesentliche Hilfe. Zusätzliche im OP-Saal installierte fahrbare oder auf Schwenk- und Neigeköpfe montierte Farbkameras, erfassen das Umfeld, also das gesamte Geschehen im OP-Saal. Besonders wichtig ist dies für die Aufzeichnung von Lehrprogrammen für die studentische Ausbildung oder die Schwesternschulung.

Durch den Anbau von FS-Kameras an Operations-Mikroskope kann die Mikro-Chirurgie optimiert und dem OP-Team bzw. einem größeren Kreis von Interessenten zugänglich gemacht werden. Neben der Qualität spielen Gewicht und Volumen der Farbkamera eine wesentliche Rolle. Einen leistungsfähigen Kompromiß bietet die Trennung einer hochwertigen 3-Röhren-Farbkamera in Kamerakopf und Prozessor.

Es liegt in der Natur der endoskopischen Unerersuchungsverfahren, daß niemals mehrere Personen gleichzeitig das Untersuchungsfeld einsehen können. Ärzte oder Studierende können nur nacheinander einen Blick durch dieses Instrument in das Körperinnere der Patienten werfen. Dabei besteht die Gefahr der Bildverschiebung. Außerdem wird der Patient durch die zeitliche Ausdehnung der Untersuchung zusätzlich belastet. Die Adaption einer Farbfernsehkamera an endoskopische Untersuchungsgeräte löst auch dieses Problem. Ein beliebig großer Personenkreis kann die Untersuchung genau verfolgen. Die Belastung des Patienten bleibt minimal, eine Aufzeichnung des Geschehens gestattet beliebig viele Wiederholungen. Nachdem speziell bei den extrem dünnen und oftmals sehr langen Fiberskopen hohe Lichtverluste auftreten, sind an die Empfindlichkeit der Farbkamera höchste Anforderungen zu stellen.

Der Einsatz speziell hochempfindlicher Kamera-Aufnehmeröhren des Typs Ultricon, löst dieses Problem. Dazu kommt an OP-Mikroskopen und Endoskopen eine optisch gute Auskopplung, verbunden mit einer Blendenautomatik, die die Aussteuerung der Kamera in Abhängigkeit des zur Verfügung stehenden Lichtes, der gewählten Vergrößerung und des Betrachtungsabstandes verändert.

#### 4. Kommunikation und Information

Es wurden Kliniken ausgerüstet mit umfassenden Informations- und Kommunikationssystemen, die es z.B. erlauben, die Bilder aus dem OP vom Mikroskop oder vom Röntgenschirm direkt dem Oberarzt oder Chefarzt auf Knopfdruck an den Schreibtisch oder ins Behandlungszimmer zu übertragen. Genauso können Operationsabläufe in Seminarräumen oder im Hörsaal vom Videorecorder abgerufen werden.

##### 4.1 Bildschirmtextsystem (BTx)

Zukünftigen videotecnischen Informations- und Kommunikationssystemen im Krankenhäus werden u.a. das neue umfassende Bildschirmtextsystem der Deutschen Bundespost mit zu berücksichtigen haben. Bei BTx werden Texte und/oder grafische Informationen über das öffentliche Telefonnetz in Form eines Dialogs zwischen Zentralrechner der Post und den BTx-Teilnehmern - auf ein Fernsehgerät oder Monitor übertragen. Für den Dialog wird eine Tastatur angeschlossen. Bereits heute sind ca. 2.000 Informationsanbieter an das System angeschlossen. Bei dem geplanten Ausbau des BTx-Systems und nach der offiziellen Eröffnung des Dienstes Ende '83 rechnet die Postverwaltung für 1985 mit mehreren Tausenden Anbietern und ca. 450 Tausend Teilnehmern!

Für die Bereiche Krankenhaus - Medizin - Pharmazie ist der BTx-Dienst insbesondere im Rahmen von sog. "geschlossenen Benutzergruppen" (in denen ausschließlich die der Gruppe angehörig Mitglieder Zugriff zu bestimmten abgespeicherten Informationen haben) von größtem Interesse. Die pharmazeutische Industrie (als Infoanbieter) hat bereits die ersten Schritte in Richtung BTx-Informationdienst getan oder wird ihn in

Kürze tun und übermittelt den interessierten Ärzten Informationen und Daten über ihr Präparatsortiment, über Neuheiten, Entwicklungen etc.

Selbstverständlich können auch Bestellungen der Präparate über das BTx-System vorgenommen werden. Aktueller können Informationen nicht sein. Schneller können Bestellungen nicht abgewickelt werden. BTx ist 24 Stunden am Tag bereit. Weitere Informationsanbieter werden sich in naher Zukunft speziell für die o.g. Bereiche etablieren.

Ein schneller, verschlüsselter Zugriff der Ärzte zu anderen spezifisch fachlichen Informationen und "Datenbanken" wird unter Ausnutzung der vorhandenen Telefonleitungen und des BTx-Rechnerverbundes kostengünstig möglich.

Auch für den Patienten im Krankenhaus ist BTx eine in Zukunft hoch interessante Entwicklung. Stellt man im Krankenhaus z.B. ein von jedem bedienbares BTx-Terminal auf, kann der Patient darüber seine Bankgeschäfte abwickeln, z.B. Kontostände abfragen, Geldüberweisungen vornehmen usw. Auch andere Dinge des täglichen Lebens können vom Krankenhaus aus weitergeführt werden: Bestellungen von Reisen, Versandartikel und vieles mehr.

Bildschirmtext ist, wie an diesen Beispielen deutlich wird, für den privaten wie auch für den professionellen Einsatz ein besonders kostengünstiges und einfach zu handhabendes Datenübertragungssystem; ohne eigenen Rechner, ohne eigenes Leitungsnetz. Bereits heute wird daher bei der Planung von hausinternen Informationssystemen der neue BTx-Standard und damit der kostengünstigste Zugriff zu einer Vielzahl von "Datenbanken" in Deutschland und in Europa mit zu berücksichtigen sein.

Anschriften:

Dipl.-Ing. Heinrich Husemann  
Vertriebsdirektor

Dipl.-Ing. Gerd Wilhelm  
Verkaufsleiter Nachrichtentechnik

GRUNDIG AG  
GB Electronic  
Würzburger Str. 150  
8510 Fürth/Bay.

GRUNDIG AG  
GB Electronic  
Würzburger Str. 150  
8510 Fürth/Bay.

Erhöhte Sicherheit und Wirtschaftlichkeit durch Personenrufanlagen  
Jürgen v. Broecker, Wolfenbüttel

Drahtlose Personenrufanlagen gehören heute in allen Krankenhäusern zur Standardausrüstung. Ihr Einsatz im pflegerischen und technischen Bereich ist inzwischen eine Selbstverständlichkeit und die Erfahrungen aus diesem Einsatz hatten und haben einen wesentlichen Anteil an der ständigen Verbesserung und Weiterentwicklung der Systeme, die die Industrie entwickelt und produziert.

Der Schwerpunkt der Weiterentwicklung lag zunächst in dem ständig wachsenden Bedürfnis nach Sicherheit, doch auch die Notwendigkeit der Rationalisierung im Pflege- und Technikbereich der Krankenhausorganisation war gerade in den letzten Jahren für Innovationen ausschlaggebend.

Betrachten wir zunächst die Personenrufanlagen unter dem Aspekt der Sicherheit.

Diese Funkanlagen müssen so aufgebaut werden, daß sie auf dem gesamten Krankenhausgelände in allen Gebäudeteilen sicheren Funkempfang gewährleisten. Die von der Deutschen Bundespost genehmigte Senderausgangsleistung von 5 W reicht in den modernen Krankenhausbauten bei weitem nicht zur Versorgung der Gesamtfläche mit einem Sender aus, vor allem nicht der diversen stark armierten Kellergeschosse einschließlich besonderer Schutzräume und der in verzweigten Großkliniken vorhandenen Transportwege unter Nullniveau.

Der notwendige Einsatz von mehreren Sendern erfolgt mit speziellen Synchronisierverfahren, die sicherstellen, daß alle Sender frequenz- und phasensynchron auf einer einzigen Betriebsfrequenz laufen können. Nur hierdurch kann sichergestellt werden, daß alle analogen oder digitalen Nachrichtentelegramme fehlerlos und in hoher Güte empfangen werden können. Die zur betriebssicheren Funktion geforderte

lückenlose Funkversorgung kann bei entsprechend sorgfältiger Projektierung garantiert werden.

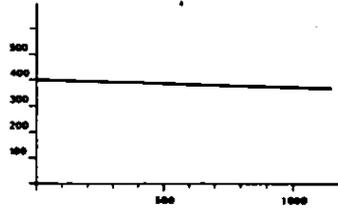
Für diese Funkversorgungsaufgaben eignen sich im besonderen Maße Frequenzen des UHF-Bandes (468 MHz), nicht allein aufgrund der guten Durchdringung innerhalb von Gebäuden, sondern es lassen sich wegen der kurzen Wellenlänge sehr anpassungsfähige in den mechanischen Abmessungen kleine Sendeantennensysteme aufbauen.

Ärzte und Pflegepersonal, aber vor allem das technische Personal, müssen sicher sein können, daß es keinen Bereich im Krankenhaus gibt, in dem wichtige Informationen nicht empfangen werden. Dies ist vor allem bei Empfangsgeräten, die nicht über Quittungssender verfügen, von äußerster Bedeutung.

Empfangsgeräte mit Quittungssender müssen dann weniger unter dem Gesichtspunkt der einfachen Empfangsbestätigung betrachtet werden, sondern mehr unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit. Die unmittelbare Aufnahme der Kommunikation am Empfangsort des Rufsignals mit dem Rufenden erspart nicht allein Wegezeiten zum nächsten Telefon - oder zum Intercomapparat -, sondern führt auch zu kürzeren Belegungszeiten des Gesamtsystems und damit zum rationelleren Einsatz und einer hohen Verfügbarkeit des Rufsystems.

Durch den Einsatz von digitalen Anruf- und Nachrichtentelegrammen mit Belegungszeiten von max. 200 ms pro Teilnehmerruf, können selbst bei größeren Anlagen mit 400 Rufempfängern bei einer mittleren Belegungszeit von ca. 15 sec. Sprachdurchsage und Quittungssender eingesetzt werden, ohne daß es zu Überbelegungen und Wartezeiten kommt. Bei größeren Systemen mit noch größeren Teilnehmerzahlen bietet es sich jedoch an, nur bestimmten Teilnehmergruppen Sprachberechtigung zu erteilen. In derartigen Systemen lassen sich dann neben den max. 400 Teilnehmern mit Sprachberechtigung weitere 500 Empfänger und mehr mit Ruf und digitaler Nachricht über einen Frequenzkanal versorgen. Damit bleibt selbst in größten Kliniken die hohe Wirtschaftlichkeit, die Anlagen mit Sprachdurchsage und Rücksprechen bieten, voll erhalten.

$N_0$  Teilnehmer mit Ruf, Nachricht u. Sprache  
 BMR = 0,6 HT = 15 s



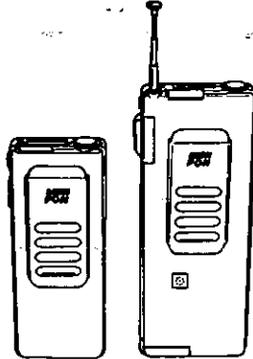
$N_0$  Teilnehmer Ruf u. Nachricht  
 BMR = 0,6 HT = 0,2 s

$$N = \frac{3600 \times \epsilon}{BMR \times HT}$$

$N$  Anzahl der Teilnehmer  
 3600 Sekunden pro Stunde  
 BMR Rufe pro Teilnehmer in der Hauptverkehrsstunde  
 HT Belegungszeit des Systems pro Ruf  
 $\epsilon$  Leistungsfähigkeit des Systems

<b>MINIFON</b> Kapazitätsverteilung in Systemen mit Ruf, Nachricht und Sprache	<b>K11-WF</b>
--	---------------

Empfangsgeräte mit eingebautem Sender sind heute nur noch unwesentlich größer, als die Empfangsgeräte allein.



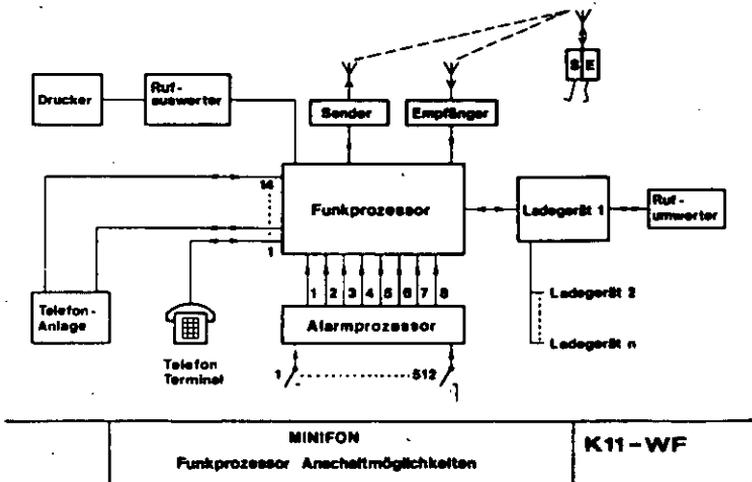
<b>MINIFON</b> Digital Empfänger Digital Sender/Empfänger	<b>K11-WF</b>
---	---------------

Sie schaffen auch die Möglichkeit, vom mobilen Gerät aus einen Verbindungsaufbau herzustellen. So kann der Arzt oder die Schwester am Krankenbett sofort gezielte Maßnahmen in Notsituationen einleiten und auch der Techniker sofort und ohne Umwege Hilfe anfordern oder wichtige Informationen übermitteln.

Die Deutsche Bundespost plant jedoch, in ihren neuen Richtlinien diese Betriebsart einzuschränken und wird nur noch das Aussenden des Quittungssignals nach erfolgtem Anruf zulassen.

Die Interventionen der Rufanlagenhersteller haben keine Änderung in der Haltung der Deutschen Bundespost erzielt. Dies wird heute schon von einigen Anwendern - gerade in Krankenhäusern - bedauert, weil damit der freie Zugriff zum Rücksprechkanal vom mobilen Gerät aus nicht möglich ist.

Ein hohes Maß an Wirtschaftlichkeit wird erreicht, wenn allen Mitarbeitern eines Betriebes der Zugriff auf die Rufanlage ermöglicht wird. Moderne Anlagen verfügen deshalb über die Ankoppelungsmöglichkeit an das interne Telefonnetz oder an das Intercomsystem.



Schnelle Verarbeitung der eingehenden Informationen stellt den jederzeitigen Zugriff auch von anderen, vorhandenen Kommunikationsmitteln sicher.

Diese Vielfalt der Eingabequellen schließt dabei Maschinen oder andere Hilfsmittel nicht aus. Auch der Dialog Maschine/Mensch ist in modernen Anlagen realisierbar, wobei zifferncodierte Informationen übertragen und in dem Rufempfänger angezeigt werden.

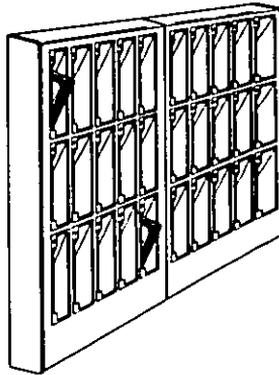


	SIEMENS Digital - Rufempfänger	K11-WF
--	-----------------------------------	--------

Inhalt und Bedeutung der zifferncodierten Informationen können leicht und schnell den jeweiligen internen Organisationsstrukturen angepaßt werden. Sie können zur Kennzeichnung bestimmter Notsituationen, beim Herbeirufen eines bestimmten Teams, aber auch zur Übermittlung von Absenderinformationen, wie z.B. Telefonnummern der Rufenden oder der Station und Bettensnummer des Kranken verwendet werden. Im Einsatz für den Dialog "Maschine/Mensch" sind die technischen Einrichtungen der Intensivstationen zu jeder Tages- und Nachtzeit, an die Rufanlage gekoppelt, in der Lage, wichtige Daten an Ärzteteams und Pflege-

personal zu übertragen. Hierdurch wird durch Benutzung ohnehin vorhandener Einrichtungen die Wirtschaftlichkeit erhöht und darüber hinaus auch die Sicherheit verbessert, die im Krankenhausbetrieb an primärer Stelle steht.

Der wirtschaftliche Einsatz der Personenrufanlage wird jedoch in Frage gestellt, wenn die krankenhausinterne Organisation und die Anlage selbst nicht die Abwesenheitskontrolle als integralen Bestandteil des Gesamtsystems vorsehen.



	<b>MINIFON</b> Ablage mit Abwesenheitskontrolle und Ladegerät	<b>K11-WF</b>
--	---	---------------

Nicht allein zur Aufladung der Betriebsbatterien gehören also die Rufempfänger des abwesenden Personals in Ablagefächer, sondern auch, damit im Falle einer Abwesenheit diese sofort und zuverlässig an den Rufenden signalisiert wird. Moderne Systeme bieten darüber hinaus die Möglichkeit der Rufumwertung, d.h. der automatischen Weiterleitung des Rufes an einen Stellvertreter. Auch sind individuelle Lösungen im Krankenhaus realisiert worden, bei denen die Ärzte im OP-Bereich ihre Rufempfänger ablegen und eine gezielte Information "Arzt im OP" an die Rufenden signalisiert wird im Unterschied zum normalen Abwesenheitssignal.

Bei der Planung und Projektierung der Rufanlagen für Krankenhäuser sollte das jeweilige, gesamte betriebliche Umfeld analysiert werden, um die Kommunikationsmöglichkeiten der Ruf- und Informationsanlagen zur Optimierung der innerbetrieblichen Kommunikation auszuschöpfen.

Bei den kommerziellen Überlegungen sollte berücksichtigt werden, daß der gezielte Einsatz moderner Technik im Organisationsbereich den Charakter von Querinvestitionen erhält. Mit einer vergleichsweise geringen Anzahl von Maßnahmen läßt sich daher ein hoher Nutzen erreichen.

Rufanlagen sollen deshalb nicht allein an den Anschaffungskosten gemessen werden, sondern an ihrem Rationalisierungseffekt im gesamten Umfeld.

Im Vordergrund steht immer die schnelle, zielsichere individuelle Betreuung von Kranken und Hilfebedürftigen, wobei im besonderen Maße Aspekte der zwischenmenschlichen Kommunikation auch in den modernsten Systemen berücksichtigt bleiben.

Juergen von Broecker  
AEG-TELEFUNKEN NACHRICHTENTECHNIK GMBH  
Lincener Straße 15  
3340 Wolfenbüttel  
Tel.: 05331/83-283

Kennen Sie die Bestimmung VDE 0107?

F. Hartig, Erlangen

1. Allgemeines und Gliederung der Bestimmung

- 1.1. VDE 0107/6.81 "Errichten und Prüfen von elektrischen Anlagen in medizinisch genutzten Räumen" ist seit dem 1. Juni 1981 gültig und hat die Bestimmung VDE 0107/3.68 abgelöst.

Entsprechend VDE 0100/5.73 Teil IV sind medizinisch genutzte Räume als "Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art" anzusehen, für die Abweichungen von den allgemeinen Bestimmungen zum Beispiel aus folgenden Gründen erforderlich sind:

- Patienten sind durch Körperströme, insbesondere bei der Herzkatheterisierung sowie Untersuchungen und Behandlungen im Herzen oder am freigelegten Herz besonders gefährdet,
- die menschliche Reaktionsfähigkeit gegen die Wirkung elektrischer Ströme kann durch Medikamente aufgehoben sein,
- elektromedizinische Geräte können besondere Installationsmaßnahmen erforderlich machen, z. B. Begrenzung der Netzimpedanz bei Röntgengeräten,
- Starkstromanlagen dürfen die sichere Aufnahme von Körperaktionsspannungen nicht beeinträchtigen,
- die Stromversorgung für lebenserhaltende Geräte und OP-Leuchten muß auch in Störungsfällen gesichert sein.

- 1.2. Die Bestimmung VDE 0107/6.81 ist wie folgt aufgebaut:

Beginn der Gültigkeit

1 Geltungsbereich

- 2 Mitgeltende Normen und Unterlagen
  - 3 Begriffe, Einteilung und Zuordnung medizinisch genutzter Räume
  - 4 Grundsätzliche Anforderungen
  - 5 Maßnahmen zum Schutz bei indirektem Berühren und besonderer Potentialausgleich
  - 6 Maßnahmen für Explosionsschutz und Brandschutz
  - 7 Maßnahmen gegen Störungen von elektromedizinischen Meßeinrichtungen
  - 8 Besondere Ersatzstromversorgung (BEV)
  - 9 Prüfung der Anlagen
- Anhang A Auszug aus den "Richtlinien für die Vermeidung der Gefahren durch explosible Atmosphäre mit Beispielsammlung "Explosionsschutz-Richtlinien" (EX-RL)"
- Bildteil
- Erläuterungen

## 2. Hinweise zum Inhalt der Abschnitte

### 2.1. Beginn der Gültigkeit

Neben den Übergangsfristen für Anlagen in Bau oder Planung (sie enden am 31.5.83) sind Angaben über Umfang und Fristen für die Anpassung bestehender Anlagen an die neue Bestimmung enthalten. Damit wird einer Richtlinie der DKE (1) entsprochen, wonach Umrüstungen zu fordern sind, wenn das Weiterbestehen des bisherigen Zustandes mit dem Maßstab der geänderten Bestimmung als nicht ausreichend sicher zu bewerten ist.

### 2.2. Geltungsbereich

VDE 0107 wird häufig als Krankenhausbestimmung bezeichnet, gilt jedoch allgemein für medizinisch genutzte Räume, d.h. auch außerhalb von Krankenhäusern und auch für die dental- und veterinärmedizinischen Bereiche.

Maßnahmen nach VDE 0100 sind ausreichend, wenn keine elektromedizinischen Geräte verwendet werden, oder der Patient mit den Geräten nicht in Berührung kommt oder die Geräte zum Gebrauch außerhalb von medizinisch genutzten Räumen zugelassen sind. Für veterinärmedizinisch genutzte Räume gelten ebenfalls nach praktischer Erfahrung und Erfordernis erleichternde Ausnahmen (2).

### 2.3. Begriffe, Einteilung und Zuordnung medizinisch genutzter Räume

Die Begriffsdefinitionen wurden aktualisiert und erweitert, z. B. durch Herzkatheterisierungsräume. Die dem Techniker ungewohnten medizinischen Begriffe bzw. die Art der medizinischen Nutzung der Räume und die jeweils notwendigen elektrotechnischen Maßnahmen wurden in tabellarischer Form gegenübergestellt. Mit Hilfe der Tabelle kann der Techniker die vom Arzt festgelegte medizinische Nutzung des Raumes in die entsprechenden Installationsmaßnahmen für den Raum umsetzen.

### 2.4. Grundsätzliche Anforderungen

Aufgrund von Erfahrungen wurden Anforderungen an das Leitungsnetz und die Verteiler neu aufgenommen. So dürfen in Räumen der Anwendungsgruppe 2E nur Leitungen zur Versorgung dieser Raumgruppe verlegt sein. Damit werden Einflüsse elektrischer und magnetischer Störfelder verringert. Außerdem wird der medizinische Betrieb in diesen Räumen bei Arbeiten am allgemeinen Kabelnetz der Anlage nicht beeinträchtigt.

Für medizinisch genutzte Räume sind eigene Verteiler vorzusehen. Im Falle der Anwendungsgruppe 2E müssen die Verteiler direkt ab Niederspannungshauptverteiler bzw. Hausanschluß eingespeist werden, in großen Anlagen gegebenenfalls über Zwi-

schenverteiler. Damit wird die Versorgungssicherheit der medizinischen Einrichtungen erhöht.

## 2.5. Maßnahmen zum Schutz bei indirektem Berühren und besonderer Potentialausgleich

Die zulässige Berührungsspannung beträgt für alle medizinisch genutzten Räume 24 V~, d. h. auch für Bettenräume, da hier in zunehmendem Maße elektromedizinische Geräte eingesetzt werden.

Die Auswahl der Schutzmaßnahmen dürfte im allgemeinen zu folgenden Kombinationen führen:

In Räumen der Anwendungsgruppen 1 und 1E

- Fehlerstromschutzeinrichtungen nach VDE 0664 im TN-S-Netz (3), gegebenenfalls auch TT-Netz(3)
- Potentialausgleich entsprechend der Anwendungsgruppe
- gegebenenfalls Schutzisolierung oder Schutzkleinspannung für einzelne Betriebsmittel

In Räumen der Anwendungsgruppe 2E

- IT-Netz (3) mit Überstromschutzeinrichtungen und Isolationsüberwachungseinrichtung für den Teil der Anlage, der im Störfall über eine BEV versorgt wird.
- Fehlerstromschutzeinrichtungen nach VDE 0664 im TN-S-Netz (3), gegebenenfalls auch TT-Netz (3) für Großgeräte, Röntengeräte, allgemeine Raumbeleuchtung und sonstige, nicht medizinisch genutzten Geräte.
- Potentialausgleich entsprechend der Anwendungsgruppe.
- Gegebenenfalls Schutzisolierung oder Schutzkleinspannung für einzelne Betriebsmittel.

Einzelheiten über die Schutzmaßnahmen und den Potentialausgleich sollen hier nicht näher er-

läutert werden. Notwendig erscheint aber der Hinweis, daß der Einsatz von Fehlerstromschutzeinrichtungen im TN-S-Netz, die übliche Netzform in Krankenhäusern, nicht mit der Fehlerstrom-(FI-)Schutzschaltung nach VDE 0100/5.73 § 13 gleichzusetzen ist. Als Erdungswiderstand  $R_E$  dient der am Hausanschluß oder am Hauptverteiler geerdete Schutzleiter.

## 2.6. Maßnahmen für Explosions- und Brandschutz

Explosionsgefahr tritt nur in räumlich und zeitlich begrenztem Umfang auf. In der Zone G (umgeschlossene medizinische Gassysteme) dürfen nur elektromedizinische Geräte mit Anästhesiemittel-Prüfung in der Ausführung AP-G nach VDE 0750 Teil 1/6.77 verwendet werden. In der Zone M (medizinische Umgebung) Geräte in der Ausführung AP-M oder nach VDE 0165/6.80. Damit ergeben sich wesentliche Erleichterungen für die Starkstromanlagen. Sind die Bedingungen der Zonen G und M nicht erfüllt, z. B. in älteren Anlagen, gilt VDE 0165. Die Brandschutz-Maßnahmen wurden ohne wesentliche Änderungen aus VDE 0107/3.68 übernommen.

## 2.7. Maßnahmen gegen die Beeinflussung von elektromedizinischen Meßeinrichtungen durch Starkstromanlagen

VDE 0107 A1/11.82 (2) enthält Maßnahmen gegen elektrische und magnetische Störfelder als Anwendungshilfen für Fälle, in denen Transformatoren, Kabel, Motoren, Schaltanlagen u. ä. in der Nähe elektromedizinischer Meßeinrichtungen Störungen erwarten lassen. Bei sachkundiger Planung, hier sind Architekten und Elektro-Planer gleichermaßen angesprochen, können die meisten Räume ohne zusätzliche Maßnahmen störfrei gehalten werden. Hierzu gehört auch die Ausführung des gesamten Leitungsnetzes einschließlich der nicht medizinisch genutzten

Einrichtungen als TN-S-Netz; dies wird in der Praxis meistens beachtet und von der IEC (4) gefordert. Damit wird gleichzeitig die Wirksamkeit des Potentialausgleiches verbessert.

Elektrische Felder werden durch abgeschirmte Leitungen bzw. Leitungsverlegung weitgehend aufgehoben. Gegebenenfalls kann auch der Raum durch Metallfolien in den raumbegrenzenden Flächen entstört werden. Die Abschirmungen sind mit dem Potentialausgleich zu verbinden.

Magnetische Beeinflussung wird durch entsprechende Abstände zwischen Störquelle und Meßeinrichtung vermieden. Weichmagnetische Werkstoffe kommen aus Kostengründen nur selten (Anlagen für Forschungszwecke) in Frage.

## 2.8. Besondere Ersatzstromversorgung (BEV)

Über Ersatzstromanlagen wird an anderer Stelle dieser Fachtagung ausführlich berichtet. Deshalb sollen hier einige grundsätzliche Bemerkungen genügen. Der Mindestumfang des Versorgungsbereiches einer BEV ist in VDE 0107 festgelegt. Art und Größe jedoch nicht. Die Auslegung einer optimalen BEV ist deshalb stets das Ergebnis einer Analyse des Einzelfalles. Die Kosten und die Tatsache, daß auch andere Möglichkeiten der Notversorgung der Patienten denkbar sind, geben Anlaß zu kontroversen Diskussionen und Meinungen (5, 6).

Das Komitee 227 der DKE geht von der auch international gestellten Forderung aus, daß lebenserhaltende Geräte innerhalb von 15 s und OP-Leuchten innerhalb von 0,5 s weiterbetreibbar sein müssen. Dabei werden auch Modelle untersucht, die eine Zusammenfassung der Allgemeinen Ersatzstromversorgung (AEV) und der BEV bei gleicher Sicherheit der Stromversorgung zum Ziel haben.

Dipl.-Ing. Fritz Hartig  
Siemens AG, Abt. I AS  
Werner-von-Siemens-Str. 50  
8520 Erlangen

#### Literatur

- (1) Vorläufige Richtlinien für den Geschäftsgang und die Arbeitsweise der Deutschen Elektrotechnischen Kommission · Fachnormenausschuß Elektrotechnik im DNA gemeinsam mit Vorschriftenausschuß des VDE. Juni 1972
- (2) DIN 57107 A1/VDE 0107 A1/11.82
- (3) DIN 57100 Teil 310/VDE 0100 Teil 310
- (4) IEC 62 A (Secretariat)55 "Requirements for Electrical Installations in Medical Establishments"
- (5) Fachtagung 1979 "Energie im Krankenhaus"  
Tagungsband Seiten 158 ff und 262 ff
- (6) Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land  
Nordrhein-Westfalen Nr. 19, Kh Bau VO v. 21.2.1978

Kennen Sie die VDE-Bestimmung 0108?  
von K. Busch, Essen

Die VDE-Bestimmung 0108/12.79 "Errichten und Betreiben von Starkstromanlagen in baulichen Anlagen für Menschenansammlungen sowie von Sicherheitsbeleuchtung in Arbeitsstätten" geht in ihren Grundzügen auf die Vorschriften für die Errichtung elektrischer Anlagen in Theatern und Warenhäusern aus dem Jahre 1900 zurück. In der Fassung von 1940 erstreckt sich der Geltungsbereich dann auf Theater, Versammlungsräume, feste Zirkusanlagen, Lichtspieltheater, Waren- und Geschäftshäuser sowie Fliegende Bauten unter freiem Himmel. In der Fassung von 1959 wurde der Geltungsbereich auch auf Sport- und Versammlungsstätten im Freien ausgedehnt und in der dritten Fassung schließlich, nämlich der VDE 0108/2.72 "Errichten und Betreiben von Starkstromanlagen in Versammlungsstätten, Waren- und Geschäftshäusern, Hochhäusern, Beherbergungsstätten und Krankenhäusern" fanden auch die Krankenhäuser Eingang in den Geltungsbereich dieser Bestimmung.

Die Schwerpunkte der gültigen VDE-Bestimmung sind die Betriebsmittel, die Sicherheitsbeleuchtung und die Ersatzstromversorgung. Hervorzuheben ist noch, daß diese VDE-Bestimmung zahlreiche Schnittstellen mit entsprechenden baurechtlichen oder arbeitsschutzrechtlichen Vorschriften hat und daß daher auch einzelne Teile dieser Bestimmung z. T. textgleich mit sachlichen Anforderungen des Baurechtes (z. B. EltBauVO) sind.

Im Hinblick auf das Rahmenthema "Elektrizitätsversorgung und elektrotechnische Anlagen im Krankenhaus" soll im folgenden nur noch auf die Teile der Bestimmung eingegangen werden, die für den Krankenhausbereich von Belang sind.

#### 1 Betriebsmittel

Im Vordergrund dieses Abschnittes steht vor allem der Brandschutz und die Betriebssicherheit. Für die Unterbringung der Betriebsmittel mit Nennspannungen über 1 kV, das sind in erster Linie Transformatoren und Schaltanla-

gen, sind grundsätzlich besondere Räume erforderlich, die als abgeschlossene elektrische Betriebsstätte zu errichten sind und die; insbesondere im Hinblick auf den Brandschutz und die Anordnung ihrer Zugänge, besonderen Anforderungen genügen müssen. Transformatoren und Schaltanlagen, und zwar sowohl Hochspannungs- als auch Niederspannungsschaltanlagen, können grundsätzlich in demselben Raum untergebracht werden. Nicht in demselben Raum zusammen mit diesen Betriebsmitteln dürfen dagegen Einrichtungen für die Sicherheitsbeleuchtung, die Ersatzstromversorgung und für den Betrieb anderer Stromerzeugungsaggregate liegen.

Erstaunlicherweise wird gegen eine der am leichtesten verständlichen Anforderung, nämlich Rohrleitungen, die nicht für den Betrieb der elektrischen Anlage benötigt werden, nicht durch die Transformatoren- und Schaltraume hindurchzuführen sehr häufig verstoßen. Glücklicherweise ist es zwar nicht an der Tagesordnung, daß Gas- oder Wasserleitungen ausgerechnet in Hochspannungsschaltanlagen undicht werden, die Auswirkungen eines solchen Schadens sind im Eintrittsfall aber ganz beträchtlich.

Die heute in vielen Errichtungsbestimmungen und auch in der hier zu behandelnden VDE 0108/12.79 enthaltene Forderung einer praktikablen Isolationsmessung aller Leiter gegen Erde wurde im übrigen erstmals in der VDE 0108 aus dem Jahre 1940 in dieser Form erhoben. Während man heute üblicherweise Mittelleiter-Trennklemmen verwendet, wurde aus dieser Forderung die in älteren Anlagen auch heute gelegentlich noch vorzufindende "Kammschiene" geboren. Wie aus dem vorhergegangenen Beitrag über die VDE-Bestimmung 0107 zu entnehmen war, muß in der Einspeisung der entsprechenden Zwischen- und Unterverteilungen für medizinisch genutzte Räume stets ein getrennter Schutzleiter mitgeführt werden. Im allgemeinen Teil des Gebäudes genügt es hingegen, wenn bei einem TN-Netz (früher das Netz mit der Nullung als Schutzmaßnahme) von der letzten Verteilung ab der Schutzleiter (PE-Leiter) getrennt verlegt wird.

## 2 Sicherheitsbeleuchtung

In Versammlungsstätten, Waren- und Geschäftshäusern, in denen eine Vielzahl von Personen in einem oder mehreren großen Räumen zusammenkommen, stehen die Verhinderung einer Panik und die Ermöglichung einer zügigen Räumung durch sofortige Beleuchtung der Rettungswege im Vordergrund. Daher wird für diese Gebäude eine Sicherheitsbeleuchtung gefordert, die innerhalb 1 s nach Stromausfall wirksam sein muß. Für die Speisung einer Sicherheitsbeleuchtung kommen in der Regel nur Akkumulatorenbatterien in Frage.

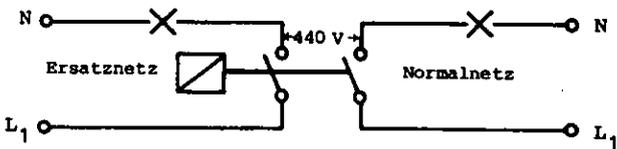
In Hochhäusern, Hotels, Krankenhäusern oder geschlossenen Großgaragen, in denen eine Panik weniger zu befürchten ist, wird eine Zeitspanne von 15 s für das Wirksamwerden einer Ersatzstromversorgung für vertretbar gehalten. Auf die besondere Ersatzstromversorgung (BEV) im Operationsbereich sei aber ausdrücklich hingewiesen.

In Krankenhäusern mit Ersatzstromversorgung ist eine Sicherheitsbeleuchtung im Sinne von Abschnitt 5 der VDE 0108/12.79 in der Regel nicht vorgeschrieben, es sei denn, daß ganz besondere bauliche Umstände gegeben sind oder aber daß zum Krankenhaus eine Versammlungsstätte (also z. B. ein Saal mit 200 und mehr Besucherplätzen) gehört. Im letzteren Falle müssen selbstverständlich die Versammlungsstätte selbst und die zugehörigen Rettungswege mit einer entsprechenden Sicherheitsbeleuchtung ausgestattet sein.

Auf folgende Bestimmungen sei noch besonders hingewiesen:

- Schalter in Verbraucherstromkreisen der Sicherheitsbeleuchtung sind unzulässig.
- Die Beleuchtung der inneren und äußeren Verkehrswege und der Eingänge darf nur an zentralen Stellen schaltbar sein (§ 18 der KhBauVO).
- Zwischen Teilen des von der Ersatzstromversorgung gespeisten Netzes und Teilen des Normalnetzes ist eine lichtbogensichere Trennung erforderlich.

(Ein häufig zu beobachtender Fehler ist die Verwendung von Stromstoßrelais mit nebeneinander liegenden Kontakten für Ersatznetz und Normalnetz entsprechend der untenstehenden Skizze, wobei deren Kontaktbahnen untereinander für eine Betriebsspannung von 380 V isoliert sind. Zwischen diesen Kontakten kann jedoch bei nicht synchronisiertem Betrieb beider Netze (z. B. beim Probelauf) durch Phasenopposition über einen längeren Zeitraum eine Spannung von 440 V anliegen und u. U. zu Überschlägen führen).



### 3 Ersatzstromversorgung

Zur Aufrechterhaltung des Krankenhausbetriebes bei Ausfall der allgemeinen Stromversorgung müssen folgende Einrichtungen über eine Ersatzstromversorgung versorgt und weiterbetrieben werden können:

- Beleuchtung der inneren und - soweit erforderlich - der äußeren Verkehrswege einschließlich der Verkehrswege zu Wohnungen und Unterkünften von Ärzten und Pflegepersonal auf dem Krankenhausgelände,
- Beleuchtung aller Räume der Pflegeeinheiten, der Funktionsräume und der notwendigen Betriebsräume mit wenigstens einer Lampe,
- Sicherheits- und Versorgungsanlagen sowie die Stromversorgung von Rufanlagen, die weiterbetrieben werden müssen. Hierzu gehören:

Operations- und Intensivpflegeeinrichtungen (Einzel- und Besonderheiten hierzu s. VDE 0107), notwendige Bet-

tenaufzüge, Lüftungsanlagen für bestimmte Lagerräume und für Krankenstationen, die nicht natürlich belüftet werden können, zentrale Druckgasversorgungsanlagen, Stationsküchen sowie Kühlanlagen für Lebensmittel, Blutkonserven, Sera und Leichen.

Die Kraftstoffbehälter müssen mindestens für 24stündigen Betrieb bei Nennleistung des Aggregates bemessen sein, größere Vorräte an Kraftstoff können bei möglicherweise behindertem Nachschub erforderlich sein.

Die Stromerzeugungsaggregate sind so auszulegen, daß mindestens der Betrieb der vorgeschriebenen Anlagen und Einrichtungen sowie der für den ordnungsgemäßen Betrieb des Stromerzeugungsaggregates notwendigen Hilfseinrichtungen zuverlässig und dauernd möglich ist. Die Antriebsleistung muß der erforderlichen Gesamtwirkleistung entsprechen, Dieselaggregate sollten 10 % für 1 Stunde überlastbar sein. Bei einer Auslegung des Aggregates ausschließlich für diese Einrichtungen ist je nach Art der Verbraucher (Aufzüge, Pumpen, Stromrichter) wegen des Auftretens möglicher Laststöße oder Oberschwingungen u. U. mit Störungen zu rechnen. Auch beim Anlauf des Stromerzeugungsaggregates unter ungünstigen Bedingungen (tatsächlicher Bedarf von 80 % oder mehr der oben bezeichneten Mindestleistung) ist die sichere Übernahme der Stromversorgung innerhalb von 15 s nicht immer gewährleistet.

Aufgrund der Erfahrungen bei der Prüfung von solchen Stromerzeugungsaggregaten kann nur dringend empfohlen werden, die Antriebsleistung möglichst reichlich zu bemessen. Damit wird die Sicherheit einer Spannungsübernahme schon beim ersten Startversuch wesentlich erhöht, es werden die Auswirkungen von Laststößen einzelner Anlagen erheblich vermindert und vor allem können mit dem Aggregat zusätzliche Anlagen und Einrichtungen betrieben werden, was bei längerem Ausfall der Versorgungsspannung nützlich ist. Diese zusätzlichen Anlagenteile, die nicht zu den oben

aufgezählten Sicherheits- und Versorgungsanlagen gehören, brauchen nicht in die automatische Lastübernahme (und damit in einen der kritischen Betriebspunkte) einbezogen zu werden, sondern können zu einem späteren Zeitpunkt manuell zugeschaltet werden.

Stromerzeugungsaggregate mit ihren Hilfseinrichtungen sind in besonderen Räumen aufzustellen. Schalttafeln der Aggregatautomatik, auch mit Netzumschaltung, dürfen in diesen Räumen ebenfalls untergebracht werden. Neben den aus dem Brandschutz herrührenden Anforderungen bezüglich der Ausführung von Wänden, Zugängen und Türen muß eine mindestens 10 cm hohe Türschwelle vorhanden sein, um eine Ausbreitung evtl. auslaufenden Treibstoffes möglichst zu verhindern. Die in der Vorschrift geforderte Mindesttemperatur von + 5 °C aus Gründen des Frost- und Funktionsschutzes ist ein absoluter Grenzwert nach unten. Zur Verbesserung des Anlaufverhaltens unter Last sollte, trotz Kühlwasservorwärmung, eine höhere Umgebungstemperatur von etwa 15 °C angestrebt werden.

Weitere Einzelheiten über die Anforderungen, insbesondere auch über die Energiespeicher der Anlaßvorrichtung (Druckluft oder Starterbatterien) und deren Ladeeinrichtungen, sowie Einzelheiten über die Ausstattung der Schalttafeln für Aggregatautomatik und Netzumschaltung sind im Abschnitt 6 dieser VDE 0108 ausführlich erläutert. Bei der Versorgung mehrerer Gebäude gemeinsam durch eine zentrale Ersatzstromversorgungsanlage müssen die Kabel zwischen der Erzeugeranlage, der zentralen Hauptverteilung und den Gebäudeverteilungen gegen mechanische Beschädigung ausreichend gesichert sein. Bei hochspannungsseitiger Ersatzstromversorgung müssen im Erdreich verlegte Einspeisekabel für ein Gebäude mindestens auf zwei getrennten Trassen verlegt werden. Die Anlagenteile der Ersatzstromversorgung und der allgemeinen Stromversorgung dürfen nur hochspannungsseitig oder nur niederspannungsseitig miteinander betriebsmäßig gekuppelt werden. Sicherzustellen ist, daß

beim Versagen eines Kuppelschalters in einer Gebäudeverteilung die Ersatzstromversorgung insgesamt nicht gefährdet wird, und daß bei Auftreten eines Fehlers in einem Hochspannungskabel die ersatzstromberechtigten Verbrauchsmittel innerhalb von 15 s versorgt werden.

#### 4 Betrieb

Die Bestimmungen über den Betrieb sind, gemessen am Umfang der Errichtungsbestimmungen, sehr kurz und werden, wie die Erfahrung zeigt, trotz ihrer wenigen und klaren Anforderungen nicht immer eingehalten. Hier sollen nur zwei wichtige Punkte herausgestellt werden:

- Mit Stromerzeugungsaggregaten ist monatlich mindestens 1 Stunde Probelauf mit mindestens 50 % der Nennlast durchzuführen.

Gerade dieser Punkt der Bestimmungen wird in der Regel sehr leger gehandhabt. Oder wie sollte es anders zu erklären sein, wenn in einer Vielzahl von Fällen bei einer wiederkehrenden Prüfung der Anlage der Betriebsstundenzähler über einen Zeitraum von 2 Jahren gerade ein Plus von 4 oder 5 Betriebsstunden aufweist? Die Verkürzung der Probelläufe unter dem Gesichtspunkt "Treibstoffersparnis" ist Sparsamkeit am falschen Platz. Da es ohnehin in vielen Fällen schon schwierig ist, 50 % der Nennlast auch tatsächlich aufzuschalten, erreicht eine Vielzahl von Dieselaggregaten bei diesen Probelläufen praktisch nie ihre Betriebstemperatur. Der Anstieg der Kühlwassertemperatur in wenigen Minuten auf 80 °C ist allein noch kein Kriterium für den thermischen Zustand der Antriebsmaschine. Probelläufe mit zu niedriger Last und zu kurzer Betriebsdauer führen u. a. zu Rußablagerungen und, insbesondere bei langen und ungünstig verlegten Abgasleitungen, zu Kondensatbildungen. Dieses wiederum führt dazu, daß schließlich das Aggregat im Ernstfall (wie durch Versuche nachgewiesen wurde) versagt.

- Zentralbatterien sind über die voll eingeschaltete Sicherheitsbeleuchtung bis zur zulässigen Entladeschlus-

spannung zu entladen, und zwar

in Ruhe stehende Batterien einmal im Monat;  
Batterien mit Erhaltungsladung einmal im Jahr.

Hier stelle ich die - selbstverständlich rein rhetorische -  
Frage: Wer wußte das und wer handelt danach?

##### 5 Zusammenfassung

In diesem Beitrag werden die in VDE 0108/12.79 für den Krankenhausbereich relevanten Bestimmungen für das Errichten und Betreiben von Starkstromanlagen mit den Schwerpunkten Betriebsmittel, Sicherheitsbeleuchtung, Ersatzstromversorgung beispielhaft behandelt. Auf die Abgrenzungen gegenüber Versammlungsstätten, insbesondere im Bereich der Sicherheitsbeleuchtung und gegenüber den besonderen Bestimmungen für medizinisch genutzte Räume (VDE 0107) wird hingewiesen. Abschließend wird, unter Hinweis auf die bei der Prüfung solcher Anlagen gewonnenen Erfahrungen, auf die Bedeutung der Betriebsvorschriften hingewiesen.

Dr.-Ing. Konrad Busch  
Rheinisch-Westfälischer  
Technischer Überwachungs-Verein e.V.  
Essen, Steubenstraße 53

Sicherheitsprüfung elektrotechnischer Anlagen -  
ein Erfahrungsbericht aus der Sicht eines  
Sachverständigen  
W. Kreinberg, Hannover

In der Bundesrepublik Deutschland ereignen sich jährlich etwa 300 elektrische Unfälle mit tödlichem Ausgang. Etwa 20 % aller Brandschäden mit Sachschäden in Milliardenhöhe gehen auf das Konto schadhafter elektrischer Anlagen. Nur durch das rechtzeitige Erkennen von Mängeln und Fehlern können solche Verluste an Menschenleben und Sachwerten erheblich verringert werden.

Während die Prüfung vor Inbetriebnahme (erstmalige Prüfung oder Abnahmeprüfung) den Nachweis erbringen soll, daß die elektrische Anlage in Übereinstimmung mit den bestehenden Vorschriften errichtet wurde, soll die wiederkehrende Prüfung bestätigen, daß der ordnungsgemäße Zustand der elektrischen Anlage erhalten geblieben ist (2).

## 1 Prüfgrundlagen

Definiert man die Prüfung als die Summe aller Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes und zum Vergleich mit den Soll-Werten aufgrund bestehender Bestimmungen, so ist zu klären, welcher Art die Bestimmungen sind und wer die Prüfung durchführen kann.

Bestimmungen für Errichtung und Betrieb von elektrischen Anlagen stützen sich auf Gesetzen und Verordnungen ab, die über Verwaltungsvorschriften auf die allgemein anerkannten Regeln der Technik verweisen.

### 1.1 Gesetzliche Grundlagen

In der Bundesrepublik Deutschland ist das Baurecht fast ausschließlich Ländersache, daher sind auch die speziellen Belange der Krankenhäuser in Landesbauordnungen zu erfassen. So regelt zum Beispiel die Krankenhausbauverordnung (8) in Nordrhein-Westfalen die technischen Anforderungen hinsichtlich

- Beleuchtung und elektrische Anlagen
- Ersatzstromversorgung
- elektrostatische Aufladung usw.

Eine vergleichbare Verordnung liegt für Niedersachsen noch nicht vor (3).

Für den Bau von elektrischen Betriebsräumen gelten spezielle Verordnungen (EltBauVO), (5), (6). Nicht zu vergessen sind die Erfordernisse des Explosionsschutzes (ExeV) (7), wobei die Zonen G und M definiert und der Begriff des primären Explosionsschutzes verankert wurde. Über die Arbeitsstättenverordnung gelten bestimmte Arbeitsstätten-Richtlinien auch für elektrische Anlagen im Krankenhaus (künstliche Beleuchtung - ASR 7/3; Sicherheitsbeleuchtung - ASR 7/4).

## 1.2 Merkblätter der Berufsgenossenschaften

Anforderungen an die elektrische Anlage sind dem Merkblatt M 639 "Brand- und Explosionsschutz in Operationseinrichtungen" zu entnehmen (9).

## 1.3 Technisches Regelwerk

### 1.3.1 Richtlinien der Berufsgenossenschaften

Neueste Erkenntnisse über den Explosionsschutz sind den Richtlinien der Berufsgenossenschaft Chemie bzw. des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften zu entnehmen (10), (11), die für den Praktiker große Hilfen bieten.

### 1.3.2 VDE-Bestimmungen

Gerade für elektrische Anlagen im Krankenhaus sind die Bestimmungen des VDE zu beachten, die in einer großen Zahl von Einzelbestimmungen die Anforderungen an die Sicherheit festlegen.

Neben der Bestimmung für das Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 Volt (12) sind hier insbesondere die Bestimmungen für das Errichten und Prüfen von elektrischen Anlagen in medizinisch genutzten Räumen (13), (14) sowie die Bestimmungen für das Errichten und Betreiben von Starkstromanlagen in baulichen Anlagen für Menschenansammlungen sowie von Sicherheitsbeleuchtung in Arbeitsstätten (15) zu nennen. Weitere Bestimmungen haben nur für Teilaspekte der Anforderungen an elektrische Anlagen im Krankenhaus Bedeutung (16), (17), (18), (19).

## 2. Prüfungsarten

Unbestreitbar ist die Notwendigkeit der regelmäßigen Prüfung elektrischer Anlagen besonders in Krankenhäusern, denn

- Elektrische Anlagen unterliegen dem Verschleiß
- Elektrische Anlagen werden geändert oder erweitert
- Neue Erkenntnisse erfordern eine Anpassung bestehender Anlagen
- Die Betriebsbereitschaft muß kontrolliert werden (2).

Es ist daher nicht sinnvoll, nur auf den Zwang eines Gesetzes oder einer Verordnung bzw. einer Auflage aus dem Bauschein bzw. des Sachversicherers hin, Anlagenprüfungen vornehmen zu lassen. Jeder, der wider besseres Wissen mit seiner Unterschrift elektrische Anlagen ohne vollständige Prüfung in Betrieb gehen läßt, sollte sich seiner Verantwortung bewußt sein. Verantwortung kann bedeuten, daß im Schadensfall ein Strafverfahren eingeleitet wird oder zivilrechtliche Ansprüche in erheblicher Höhe geltend gemacht werden (1).

Die erstmalige Prüfung, Abnahmeprüfung oder Prüfung vor Inbetriebnahme soll den Nachweis erbringen, daß eine elektrische Anlage in Übereinstimmung mit den bestehenden Vorschriften oder - falls diese fehlen - unter Berücksichtigung aller notwendigen Sicherheitsaspekte errichtet wurde. Wie jede Prüfung besteht sie im wesentlichen aus der Besichtigung, der Erprobung und der Messung. Hier ist besonders die Wahl des richtigen Zeitpunktes für die Besichtigung vor der erstmaligen Inbetriebsetzung wichtig. Die Besichtigung ist nur dann möglich, wenn alle Betriebsmittel noch frei zugänglich sind, d.h. Kabel im offenen Kabelgraben, Leitungen ohne Putzabdeckungen oder Verkleidungen und Abzweigdosen, Schalter usw. ohne Abdeckung. Anhand von Unterlagen

und Ausführung ist festzustellen, ob die für den Raum erforderlichen Schutzmaßnahmen gewählt und eingehalten wurden und ob die verwendeten Betriebsmittel für den Verwendungszweck auch geeignet und fachgerecht installiert sind. Dies gilt selbstverständlich auch für Anlagen, die geändert oder instandgesetzt wurden, wobei hier insbesondere neuere und weitergehende Erkenntnisse zu beachten sind, die über das hinausgehen, was bei der ursprünglichen Installation noch Stand der Technik war. Spätere regelmäßige Prüfungen sollen bestätigen, daß der ordnungsgemäße Zustand der Anlage erhalten geblieben ist, wobei besonders in Krankenhäusern die erforderliche, besonders hohe Sicherheit der gesamten Anlage aufrechtzuerhalten ist (13).

Schließlich können Prüfungen in medizinisch genutzten Räumen erforderlich sein, um festzustellen, ob die Anlagen nach Inkrafttreten neuer Regeln der Technik den dort spezifizierten Anforderungen genügen, was erhebliche Auswirkungen auf erforderliche Anpassungen zur Folge haben kann (13).

### 3 Prüfungsvoraussetzungen

Für den ordnungsgemäßen Betrieb und die wiederkehrenden Prüfungen der Anlage und als Nachweis durchgeführter Erstprüfungen sind vom Errichter an den Betreiber zum Beispiel bei medizinisch genutzten Räumen folgende Bestandsunterlagen zu übergeben

- Übersichtsplan (Stromlaufplan in vereinfachter Darstellung) der Schaltanlagen und Verteiler einschließlich einer etwa vorhandenen AEV oder BEV
- Elektroinstallationsplan
- Bedienungs- und Wartungsanleitungen nach VOB / Teil C, nach DIN 18 382

- Prüfbuch und Prüfprotokoll über die Ergebnisse aller erforderlichen Prüfungen nach VDE 0107 Abschnitt 9.2 bis Abschnitt 9.4 mit Unterschrift und Firmenstempel der Prüfenden.

#### 4 Prüfungsablauf

##### 4.1 Vorbereitung

Prüfungen im Krankenhaus unterscheiden sich bei Erstprüfungen nicht wesentlich von Prüfungen in anderen Bereichen. Probleme treten erst bei wiederkehrenden Prüfungen in Betrieb befindlicher Häuser auf. Hier ist nach Auftragserteilung eine umfangreiche Vorbereitung erforderlich, die nur durch Beteiligung von technischem und medizinischem Personal möglich ist. Da der Krankenhausbetrieb nach Möglichkeit nicht gestört werden darf, ist eine Prüfung in einem Termin meist nicht möglich. Dabei können längerfristig Termine vereinbart werden, an denen keine Operationen stattfinden, somit der OP-Raum und die Vorbereitungsräume betreten und geprüft werden können, ohne Patienten zu gefährden. Schwieriger ist es bei Intensivstationen, die oft genug nur "auf Abruf" geprüft werden können. Weiterhin ist mit dem technischen Personal gemeinsam festzulegen, welche Bestandsunterlagen zum Prüfungstermin bereitliegen müssen, um zeitraubende Suchaktionen zu vermeiden. Es hat sich allgemein als sinnvoll erwiesen, Prüfungstermine zum Zeitpunkt von Wartungsmaßnahmen an Klimaanlage anzuberaumen, wozu im allgemeinen mehrere Tage erforderlich sind. Bisherige Erfahrungen mit solchen Prüfungen haben gezeigt, daß immer eine Lösung gefunden werden kann, die allen Beteiligten gerecht wird.

## 4.2 Durchführung

Bei bisher durchgeführten Prüfungen hat sich gezeigt, daß eine Anlage selten voll den Bestimmungen entspricht. Man kann dabei folgende Mängelschwerpunkte setzen:

### 4.2.1 Bestandsunterlagen

Bei der Prüfung der Bestandsunterlagen sind zeichnerische Fehler festzustellen, die nach Rücksprache mit dem Er-richter schnell zu beheben sind. Schwerwiegender sind technische Fehler, wobei falsch dimensionierte Sicherungen, falsche Schutzmaßnahmen, falscher Aufstellungs-ort, falsch dimensionierte Leitungen und fehlende Betriebsmittel hervorzuheben sind.

In Räumen der Raumgruppe 2E nach VDE 0107 dürfen folgende Schutzmaßnahmen Anwendung finden

- Schutzisolierung
- Schutzkleinspannung
- Schutzleitungssystem.

Der Einsatz der FI-Schutzschaltung ist nicht zulässig, stellt damit die Wahl der falschen Schutzmaßnahmen dar, da im Fehlerfall die Sicherungsorgane ansprechen und lebenserhaltene Geräte nicht weiter betrieben werden können.

### 4.2.2 Installation

Bei der Prüfung der Installation werden überwiegend folgende Mängel festgestellt:

- die Installation weicht von den Unterlagen ab
- Verteilungen, Klemmen, Kabel und Leitungen sind falsch oder gar nicht bezeichnet
- Schutzmaßnahmen sind fehlerbehaftet
- die Installation ist nicht fachgerecht ausgeführt.

Es lassen sich die unter 4.2.1 aufgeführten Mängel auch bei der Ausführung feststellen, so daß trotz einwandfreier Pläne die Installation nicht den Bestimmungen entspricht.

Bezeichnungen in Klemmenplänen sind unvollständig oder fehlerhaft, so daß bei späteren Schaltungsänderungen gefährliche Zustände erzeugt werden können oder diese Änderungen nicht ohne weiteres durchgeführt werden können. Bei fehlerbehafteten Schutzmaßnahmen können unzureichende Nullungsbedingungen und Erdungswiderstände sowie falsch installierte Isolationsüberwachungsgeräte aufgeführt werden. Sehr oft sind PE und N falsch angeschlossen. Wie die gute Absicht eines Installateurs zu Fehlern führen kann zeigt folgendes Beispiel:

Zur Erzeugung eines wirksamen Potentialausgleichs wurde eine Leitung mit einem Querschnitt von  $4 \text{ mm}^2$  eingesetzt. Diese läßt sich jedoch nicht ordnungsgemäß am Schutzkontaktanschluß einer Steckdose befestigen, so daß hier unzulässig hohe Übergangswiderstände auftraten.

#### 4.2.3 Betrieb

Unter diesem Begriff lassen sich Fehler einreihen, die trotz einwandfreier Planung und Installation durch Verschleiß im Betrieb zu fehlerhaften Zuständen führen. Dies betrifft insbesondere

- Schutzmaßnahmen
- Betriebsmittel
- Installationsmaterial.

Bei Prüfungen in I oder IE-Räumen wurde festgestellt, daß der FI-Schutzschalter klemmt. Oft ist das Isolationsüberwachungsgerät nicht richtig eingestellt, so daß es zu spät oder gar nicht anzeigt. Schutzleiterkontakte in Steckdosen sind mit Farbe übermalt. Schutzgläser von Sicherungen fehlen. Steckdosen sind aus der Dose herausgerissen, Abdeckungen sind zerbrochen,

Schutzkontakte sind abgebrochen oder umgebogen und geben keinen Kontakt mehr.

## 5 Bericht

Bei der Prüfung festgestellte Mängel werden mit dem technischen Personal vor Ort besprochen und in einem Bericht zusammengefaßt. Der Bericht enthält die Feststellungen, die im Rahmen des Auftrages getroffen wurden. Aus diesem Grunde wird die Aufgabenstellung noch einmal unter Nennung der Prüfgrundlagen zitiert. Nur unter dieser Voraussetzung kann der Bericht gesehen werden. Dem Sachverständigen bleibt dabei überlassen

- den Mangel aufzuzeigen
- den Mangel kurz zu begründen
- die betroffene Bestimmung zu zitieren.

Forderungen kann und darf ein Sachverständiger in seinem Bericht nicht erheben. Es bleibt dem Betreiber als Auftraggeber überlassen, aus dem Mängelbericht heraus Forderungen an den Errichter zu formulieren.

## 6 Nachprüfung

Nachprüfungen werden nur dann durchgeführt, wenn sie aufgrund einer Verordnung vorgeschrieben sind oder bei Auftragserteilung dem Prüfungsumfang zugeschrieben wurden. Ansonsten bleibt es dem Betreiber überlassen, für unverzügliche Mängelbeseitigung und Nachprüfung zu sorgen.

## 7 Zusammenfassung

Prüfungen an elektrischen Anlagen sind gemessen an den festgestellten Mängeln notwendig. Dies wird auch von Auftraggebern bestätigt, die einer Prüfung durch Sachverständige anfangs skeptisch gegenüberstanden, da sie vom ordnungsgemäßen Zustand ihrer Anlagen überzeugt waren.

Dennoch ist festzustellen, daß auch bei gesetzlich vorgeschriebenen Prüfungen diese nur zögernd durchgeführt werden. Dies stimmt gerade im Krankenhaus nachdenklich, da unbestreitbar ist, das nur sichere Geräte bei bestimmungsgemäßer Anwendung und sicherer elektrotechnischer Anlage keine Gefährdung für Patienten, Anwender und Dritte darstellen.

Dr.-Ing. W. Kreinberg

Leiter der Zentralabteilung Medizinische Technik

TÜV Hannover e.V.

Loccumer Straße 63

3000 Hannover 81

Schrifttum

- /1/ Haufe, H.  
Prüfung elektrischer Anlagen vor Inbetriebnahme  
ist immer erforderlich  
de 22/82
- /2/ Hoffmann, H.  
Elektrische Anlagen in Gebäuden, die den Sonder-  
bauordnungen unterliegen  
Schriftenreihe des RW-TÜV, Heft 12, September '81
- /3/ Wimmer, H.-W.  
Übersicht über den gegenwärtigen Stand der Vor-  
schriften für Bau und Betrieb von elektrischen  
Anlagen im Krankenhaus  
in /4/
- /4/ TÜV Hannover-Fachseminar  
"Elektrische Anlagen im Krankenhaus  
7. und 8. Oktober 1980, Hannover
- /5/ Verordnung über den Bau von elektrischen Be-  
triebsräumen (EltBauVO) für Niedersachsen  
vom 26.11.1975
- /6/ Verordnung über den Bau von Betriebsräumen für  
elektrische Anlagen (EltBauVO) für Nordrhein-  
Westfalen vom 15.02.1974
- /7/ Verordnung über elektrische Anlagen in explosions-  
gefährdeten Räumen (ElexV) vom 27.02.1980
- /8/ Verordnung über den Bau und Betrieb von Kranken-  
häusern (KhBauVO) des Landes NRW vom 21.02.1978
- /9/ Merkblatt M 639  
"Brand- und Explosionsschutz in Operationsein-  
richtungen" 5.77  
Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst  
und Wohlfahrtspflege
- /10/ Richtlinien für die Vermeidung der Gefahren  
durch explosionsfähige Atmosphäre mit Beispiel-  
sammlung, Ausgabe 3/79  
Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie
- /11/ Richtlinien für die Vermeidung von Zündgefahren  
infolge elektrostatischer Aufladungen, Ausgabe  
1980  
Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossen-  
schaften
- /12/ VDE-Bestimmungen für das Errichten von Stark-  
stromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V,  
VDE 0100/5.73

- /13/ Errichten und Prüfen von elektrischen Anlagen in medizinisch genutzten Räumen (VDE 0107/6.81
- /14/ Errichten und Prüfen von elektrischen Anlagen in medizinisch genutzten Räumen, Änderung 2 VDE 0107 A2/...82 Entwurf 1
- /15/ Errichten und Betreiben von Starkstromanlagen in baulichen Anlagen für Menschenansammlungen sowie von Sicherheitsbeleuchtung in Arbeitsstätten VDE 0108/12.79
- /16/ Errichten elektrischer Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen VDE 0165/6.80
- /17/ Bestimmungen für das Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen über 1 KV VDE 0101/4.71
- /18/ VDE-Bestimmung für den Betrieb von Starkstromanlagen , Allgemeine Bestimmungen VDE 0105/Teil 1 5.75
- /19/ Elektrische Anlagen und Betriebsmittel VBG 4/4.79

Mängelbeseitigung aufgrund eines Prüfberichtes und Auswirkungen auf die Kosten

A. Flach, Hildesheim

1. Einleitung

Seit 8 Jahren leite ich in einem Krankenhaus mit ca. 700 Betten die Abteilung Technik. Meine Vorstellungen über die technische Führung eines solchen Hauses wurden jäh enttäuscht, als ich außer einem leeren Schreibtisch kaum technische Unterlagen vorfand. Ich war der Meinung, daß gerade ein Krankenhaus auf diesem Sektor hervorragende Unterlagen besitzen müßte, um jederzeit Gefahr für Patienten und Personal abwenden zu können. Trotz dieses Mangels ging es eigentlich erstaunlich gut und Störungen waren relativ selten. Für Auskünfte im Bereich der Elektrotechnik standen uns zwei lebende Pläne, nämlich einer unserer Elektriker, welcher am Bau beteiligt war, sowie ein Meister der ausführenden Firma zur Verfügung. Daß die Situation manchmal recht knifflig war, wenn keiner dieser beiden Herren zur Verfügung stand, brauche ich wohl nicht besonders zu betonen.

Hier einige Beispiele:

Beim Ausfall einer Röntgenfilmentwicklungsmaschine sollte der Strom abgeschaltet werden. Wir konnten jedoch keine Sicherung finden. Nach längerem Suchen wurde diese in einer abgehängten Decke gefunden.

Bei Reparaturarbeiten an einer großen Verteilung für den OP-Bereich stand diese noch immer unter Spannung, obwohl die Sicherungen der Zuleitungskabel im Hauptverteiler gezogen waren.

Von einer Verteilung abgehende Kabel, z. B. für ein Arztzimmer, waren mit dem Namen des damaligen Arztes beschriftet, als die Anlage eingerichtet wurde. Heute kannte ihn niemand mehr.

Unterputz-Elektroverteilungen auf Stationen waren mit Bildern zugehängt oder mit Bücherregalen verstellt, um die Optik zu verbessern.

Um die Stromversorgung transparenter zu machen und Zuordnungen treffen zu können, wurde als erste Maßnahme eine Haus- und Zimmernumerierung durchgeführt. Danach wurde ein zivildienstleistender Elektroingenieur beschäftigt, welcher die Aufgabe hatte, Verteiler zu nummerieren und einen Kabelplan für das gesamte Krankenhaus zu erstellen, Kabelquerschnitte auszumessen und mühsam die Kabelführung zu verfolgen, wo es irgendwie möglich war. Teilweise verschwanden Kabel in Decken und tauchten einfach nicht mehr auf. Mit diesen Arbeiten war er ca. ein Jahr beschäftigt. Auch hierbei wurden viele Mängel festgestellt, z. B., daß

Schaltschränke mit Schützensteuerungen in unverputzten Mauernischen saßen, und in diese Kabeleinführungen mündeten, aus denen Putz- und sonstige Schmutzteilchen rieselten, und somit für eine gleichbleibende Störanfälligkeit gesorgt wurde.

Ein weiterer kritischer Punkt ist die gemeinsame Kabelführung der allgemeinen Stromversorgung, der Ersatzstromversorgung (AEV) und der besonderen Ersatzstromversorgung (BEV) auf einer Kabeltrasse durch weite Teile des Hauses. Bei einem Brandfall ist mit einem Totalausfall zu rechnen.

Auch wurde festgestellt, daß Kabel einfach mit in die Betondecken eingegossen waren.

Aufstellung von Elektro-Hauptverteilungen in Fluren, die auch von Patienten begangen werden und unbefugtes Schalten jederzeit möglich ist.

## 2. Prüfung

Anfang 1981 trat das Bauordnungsamt mit der Forderung der Überprüfung der elektrischen Anlagen an uns heran. Da solch eine Überprüfung noch nie vorgenommen wurde und wir mit dem TÜV Hannover schon auf anderen Bereichen gut zusammenarbeiteten, lag es nahe, ihm auch diese Arbeiten zu übertragen.

Eine Rückfrage ergab, daß der TÜV bereit war, die Sicherheitsprüfung der elektrischen Anlagen durchzuführen. Die Überprüfung bezog sich nur auf die allgemein-elektrotechnischen Anlagen. Die Kosten hierfür in Höhe von ca. 11.000,- DM wurden auf der Haushaltsstelle "Prüfungskosten" (6951) untergebracht.

## 2.1 Prüfungsablauf

Da aus vorausgegangenen Besuchen der Prüffingenieure schon genaue Ortskenntnisse vorhanden waren, wurden die Arbeiten von ihnen größtenteils selbständig erledigt. Nur bei besonders schwierigen Situationen war es erforderlich, eine Begleitperson zur Verfügung zu stellen.

Bis auf wenige Ausnahmen war das Krankenhauspersonal der Prüfgruppe sehr aufgeschlossen, nachdem es über den Sinn und Zweck des Besuches aufgeklärt war. Selbst kritische Bereiche wie Intensivstation und OP-Abteilung machten keine großen Schwierigkeiten.

Schwierigkeiten gab es durch die Art der Installationen und die mangelhafte Beschriftung, z. B.

konnte in verschiedenen Bereichen nicht festgestellt werden, ob der Fußboden in den Potentialausgleich mit einbezogen wurde, da keine Leitungen hierfür gefunden wurden.

Für einige Stromkreise in Operationsräumen konnten keine Sekundärsicherungen gefunden werden.

Auch umgedreht, z. B. von 19 Isolationswächtern in einem Haus konnten nur 9 Trenntransformatoren zugeordnet werden. Wo sich die restlichen verbleibenden befinden, muß noch festgestellt werden.

In einem OP konnte die elektrische Anlage nicht beurteilt werden, da sich in der zuständigen Unterverteilung lediglich eine Sicherung befand. Die Trenntransformatoren sowie zugehörigen Sekundärsicherungen konnten nicht gefunden werden.

Wir waren immer wieder überrascht über die Anzahl und Vielfalt der Mängel: Über falsche Installationen, über das Nichtbeachten der VDE-Vorschriften und über die nachlässige Arbeitsweise des Klinikpersonals. Hinzu kommt auch eine gewisse Lässigkeit der hauseigenen Handwerker gegenüber bestehenden Vorschriften.

<u>2.2 Mängelzusammenfassung</u>		<u>Anzahl</u>	<u>%</u>
1.	Technische Unterlagen		
1.1	Fehlende Unterlagen	11	3,6
1.2	Technische Fehler in Unterlagen (falsche Sicherungen, falsche Schutzmaßnahmen, falscher Aufstellungsort, falsch dimensionierte Leitungen, fehlende Betriebsmittel)	-	-
1.3	Zeichnerische Fehler in Unterlagen	-	-
	1.1 - 1.3 =	11	3,6
2.	Installation		
2.1	Von den Unterlagen abweichende Installation	-	-
2.2	Fehlende Bezeichnung von Verteilungen, Leitungen, Klemmen usw.	40	13,2
2.3	Fehlende Sicherheitsschilder	4	1,3
2.4	Fehlerbehaftete Schutzmaßnahmen (Nullungsbedingungen, Erdungswiderstand, falsch installierte Isolationsüberwachungsgeräte, falsche Anschlüsse von PE und N)	73	24,0
2.5	Nicht fachgerecht ausgeführte Installation (Zwei Adern in einer Klemme, defekte Isolation, falsche Steckvorrichtungen, Schutz- u. Mittelleiter nicht einzeln lösbar angeschlossen)	89	29,3
	2.1 - 2.5 =	206	67,8
3.	Betrieb		
3.1	Fehler in Schutzmaßnahmen (FI-Schutzschalter klemmt, Isolationsüberwachungsgerät nicht richtig eingestellt, Schutzleiterkontakt in Steckdose mit Farbe übermalt)	5	1,7
3.2	Beschädigungen an Betriebsmitteln	22	7,2
3.3	Beschädigungen an Installationsmaterial (Schutzglas bei Sicherungen fehlt, Steckdosen aus der Wand herausgerissen, Abdeckungen zerbrochen, Schutzkontakt in Steckdosen umgebogen)	60	19,7
	3.1 - 3.3 =	87	28,6
	Gesamt	304	100,0

Zu Punkt 1.1 - 1.2 ist anzumerken, daß die Anlagen nicht mit den Zeichnungen verglichen werden konnten, da keine existieren.

### 3. Mängelabstellung

Da wir arbeitskräftemäßig nicht in der Lage sind, alle diese Arbeiten auch nur zum Teil selbst auszuführen, ohne andere Bereiche des Krankenhauses zu vernachlässigen, mußte eine Firma mit der Abstellung der Mängel beauftragt werden.

Schwierigkeiten gab es mit der Beurteilung der entstehenden Kosten. Die Vielzahl der Mängel, die oft einen klaren Arbeitsumfang nicht erkennen lassen, sowie die Eigenarten des Krankenhausbetriebes machten eine auch nur annähernde Kostenschätzung kaum möglich.

Um einen Anfang zu bekommen, entschlossen wir uns, einen Auftrag über 90.000,-- DM zu erteilen. Inzwischen ist ca. ein Jahr verstrichen, und es sind ca. 80.000,-- DM ausgegeben. Nach jetziger Sicht ist ca. 1/3 der Mängel beseitigt.

Bei der Ausführung dieser Arbeiten kann nicht kontinuierlich gearbeitet werden, z. B. Arbeiten an einer Verteilung, die eine Abteilung brachlegen, konnten nur nachts oder am Wochenende erfolgen. Für Arbeiten im OP-Bereich mußten mit der Krankenhausleitung OP-freie Tage vereinbart werden, um hier die Arbeiten halbwegs zügig durchführen zu können. Zur Beseitigung von nicht ausreichenden Isolationswiderständen der Steckdosenstromkreise der Intensivstationen mußten diese zimmerweise geräumt werden.

Einige Großaktionen stehen noch aus, da sie mit erheblichen Kosten und Einschnitten in den Klinikbereich verbunden sind, z. B. das Umsetzen der Trenntransformatoren aus den Treppenhäusern in neu zu schaffende Elektro-Betriebsräume. Kosten dieser Maßnahme ca. 40.000,-- DM. Da diese Arbeiten auch unter die Brandschutzforderungen der Feuerwehr fallen, wurden sie mit in den Antrag auf Gewährung von Fördermitteln nach § 9 KHG für Brandschutzmaßnahmen aufgenommen.

Zur Zeit sind wir damit beschäftigt, einen echten Notstromdiesel-lauf unserer beiden Dieselaggregate für AEV und BEV zu organisieren, d. h., daß wir nicht, wie in der Vergangenheit, die Diesel von Hand in Betrieb nehmen, sondern durch Ziehen der Lasttrennschalter in der Mittelspannungsverteilung das Krankenhaus stromlos machen und somit einen echten Stromausfall simulieren,

so daß das Klinikpersonal auch mit diesen Situationen vertraut gemacht wird und die wirklich notwendigen Bereiche des Krankenhauses an das Notstromnetz angeschlossen werden.

#### 4. Zusammenfassung

Wie aus der Mängelzusammenfassung ersichtlich ist, werden viele Mängel nicht erkannt und der Technischen Abteilung zur Abstellung nicht gemeldet, wie z. B. herausgerissene Steckdosen, verbogene Schutzleiterkontakte, defekte Lampenanschlußschnüre usw. Aus diesem Grunde sind folgende Maßnahmen erforderlich:

Die eigenen Handwerker laufend über die bestehenden VDE-Vorschriften aufzuklären und an eine sachgerechte Ausführung der Reparaturarbeiten zu appellieren und das Sicherheitsbewußtsein zu fördern.

Eine stärkere Kontrolle der ausgeführten Arbeiten durchzuführen, um Mängel gar nicht erst entstehen zu lassen und somit auch Kosten zu sparen; z. B. wurde ein Bestrahlungsgerät zurückgegeben, welches komplett mit Schutzleiterkabel verdrahtet war.

Das Klinikpersonal auf den Stationen und Funktionsbereichen zu schulen und auf die Mängel und die damit verbundenen Gefahren für Betreiber und Patienten hinzuweisen.

Auch sind die Firmen, welche im Krankenhaus Installationsarbeiten durchführen, stärker zu kontrollieren und schon bei der Auftragsvergabe auf die bestehenden VDE-Vorschriften und ihre Einhaltung hinzuweisen, was eigentlich selbstverständlich sein sollte!

Guten Erfolg hatten wir mit der Maßnahme, daß Rechnungen über erledigte Anlagen-Installationsarbeiten, die nicht die geforderten technischen Unterlagen, wie Klemmenpläne, Stromlaufpläne, Stücklisten usw. beinhalten, erst dann bezahlt werden, wenn diese Unterlagen nachgereicht sind.

Wir machen uns z. Zt. Gedanken, ob einmal im Jahr die elektrischen Anlagen von uns begangen werden, um die vielen kleinen sichtbaren Mängel besser in den Griff zu bekommen.

Ing. A. Flach  
Städt. Krankenhaus  
Technische Abteilung  
Weinberg 1

3200 Hildesheim

Verzeichnis der Vortragenden und Vorsitzenden

- Adler, N., Dipl.-Ing., Institut für Biomedizinische Technik und Krankenhaustechnik, Medizinische Hochschule Hannover, Postfach 610 180, 3000 Hannover 61
- Albrecht, H.-J., Dr.-Ing., Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt e.V., Bereich für Projektträgerschaften, Lindener Höhe, Postfach 906 058, 5000 Köln 90 (S. 119)
- Anna, O., Prof.Dr.-Ing., Institut für Biomedizinische Technik und Krankenhaustechnik Medizinische Hochschule Hannover, Postfach 610 180, 3000 Hannover 61
- Becker, H., Ing.grad., Beratendes Ingenieurbüro für Elektrotechnik, Breslauer Straße 5, 6450 Hanau (S. 67)
- Beyer, D., Dipl.-Ing., Technischer Aufsichtsbeamter der Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege, Schäferkampsallee 24, 2000 Hamburg 6
- Bischoff, G., Dipl.-Ing., HASTRA-Hannover, Im-Rosenhag 5, 3004-Isernhagen 4 (S. 153)
- Bock, H., Dipl.-Ing.(FH) VBI, Brunnenbreite 4, 3400 Göttingen-Hetjershausen (S. 1)
- v.Broecker, J., Dipl.-Ing., AEG-Telefunken Nachrichtentechnik GmbH, Lindener Straße 15, 3340 Wolfenbüttel (S. 242)
- Busch, K., Dr.-Ing., Rheinisch Westfälischer Technischer Überwachungsverein e.V., Steubenstr. 53, 4300 Essen 1 (S. 256)
- Canzler, B., Beratender Ingenieur VBI, Postfach 130 280, 4330 Mühlheim/Ruhr 13
- v.Cube, H.L., Dr.-Ing., Cube-Ingenieurunion GmbH, Weinsheimer Straße 65, 6520 Worms/Rhein
- Ellrich, M., Prof.Dr.-Ing., Fachhochschule Gießen, FB. Technisches Gesundheitswesen, Wiesenstraße 14, 6300 Gießen (S. 54 + S. 96)

- Flach, A., Ing., Städt. Krankenhaus Hildesheim, Technische Abteilung, Weinberg 1, 3200 Hildesheim (S. 276)
- Franke-Stehmann W., Dr.jur., Kanzler der Medizinischen Hochschule Hannover, Postfach 610 180, 3000 Hannover 61
- Glöckle, H., Dr.-Ing., Institut für Biomedizinische Technik und Krankenhaustechnik, Medizinische Hochschule Hannover, Postfach 610 180, 3000 Hannover 61 (S. 87)
- Graff, K.-W., Dipl.-Ing., Ministerium für Wissenschaft und Kunst Baden-Württemberg, Postfach 401, 7000 Stuttgart 1 (S. 14)
- Guthmann, O., Ing.grad., Oberingenieur, Brown, Boveri & Cie. AG, Abt. IL/MM1, Wallstadter Str. 59 6802 Ladenburg (S. 206)
- Hartig, F., Dipl.-Ing., Siemens AG, Abt. I AS, Werner-von-Siemens-Straße 50, 8520 Erlangen (S. 249)
- Hartung, C., Prof.Dr.-Ing., Institut für Biomedizinische Technik und Krankenhaustechnik, Medizinische Hochschule Hannover, Postfach 610 180, 3000 Hannover 61
- Hegmans, J., Betriebswirt HWL, (Geschäftsführer und Vorstandsvorsitzender der Energie-Beratungs-Partner e.G., Wachtelstraße 1, 4150 Krefeld 29 (Hüls) (S. 160)
- Höhn, R., Prof.Dr.iur., Akademie für Führungskräfte der Wirtschaft e.V., Postfach 243, 3388 Bad Harzburg 1 (S. 172)
- Husemann, H., Dipl.-Ing., Vertriebs-Direktor der Grundig AG, GB Electronic, Würzburger Straße 150, 8510 Fürth/Bayern (S. 236)
- Kieback, D., Dr.-Ing., Institut zur Erforschung Elektrischer Unfälle der Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik, Gustav-Heinemann-Ufer, 5000 Köln 51 (S. 178)

- Körtge, O., Dipl.-Ing., Dipl.-Arch., Gutenberg-Str. 47, 3400 Göttingen (S. 99)
- Koog, W., W.C. Heraeus GmbH, Produktbereich Original Hanau, Heraeusstraße 12-14, 6450 Hanau 1 (S. 220)
- Krebs, A., Dr.med., Ministerialrat im Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung, Rochusstraße 1, 5300 Bonn 1 (S. 117)
- Kreinberg, W., Dr.-Ing., Leiter der Zentralabteilung Medizinische Technik, Technischer-Überwachungs-Verein e.V., Loccumer Straße 63, 3000 Hannover 81 (S. 264)
- Krochmann, J., Prof.Dr.-Ing., Institut für Lichttechnik der Technischen Universität Berlin, Einsteinufer 19, 1000 Berlin 10 (S. 229)
- Kuhl, A., Dr.med., Medizinische Hochschule Hannover, Postfach 610 180, 3000 Hannover 61
- Mierendorff, J., Dipl.-Ing.(FH), Hohenzollerndamm 69a, 1000 Berlin 33
- Neese, K., Ing.grad., Karstadt AG., Abt. Bautechnische-Einrichtung, Arbeitsgruppe Energie, Postfach 102164, 4300 Essen 1
- Nietsch, K., Ing.grad., Semerteichstraße 60, 4600 Dortmund 1 (S. 60)
- Pira, F., Dipl.-Ing., Ministerium für Landes- und Stadtentwicklung NW, Breitestraße 31, 4000 Düsseldorf
- Pointner, E., Dipl.-Ing., Oberingenieur der Elektro-Beratung Bayern GmbH, Kaiserstraße 14, 8000 München 40 (S. 147)
- Rothmann, H., Dr.-Ing., Cube-Ingenieurunion GmbH, Weinsheimer Straße 65, 6520 Wormy/Rhein (S. 36)
- Rüthschilling, P., cand.ing.(FH), Fachhochschule Gießen, FB. Technisches Gesundheitswesen, Hölderlinweg 12, 6300 Gießen (S. 114)

- Runtsch, E., Ing.grad., Oberingenieur, Entwicklungsleiter für Schutzschaltgeräte, GB. NG., Brown, Boveri & Cie. AG, Postfach 101680, 6900 Heidelberg 1  
(S. 136)
- Rutkowski, H., Dipl.-Ing., Allgemeines Krankenhaus Ochsenzoll, Langenhorner Chaussee 560, 2000 Hamburg 62  
(S. 108)
- Schnependahl, R., Dr.-Ing., Trilux-Lenze GmbH+Co. KG, Postfach 1960/1980, 5760 Arnsberg 1  
(S. 212)
- Seetzen, G., Dipl.-Ing., Technischer Direktor der Medizinischen Hochschule Hannover, Postfach 610 180, 3000 Hannover 61
- Siegle, G., Dr.-Ing., Blaupunkt-Werke, Postfach, 3200 Hildesheim
- Spindler, U., Dr.rer.nat., Klöckner-Moeller Elektrizitäts GmbH, Abt. MAT, Postfach 1880, 5300 Bonn 1  
(S. 127)
- Stein, M., Dipl.-Ing., Bezirksregierung Hannover, Waterlooplatz 11, 3000 Hannover 1
- Thiele, P., Dipl.-Ing., Landis & Gyr GmbH, Friesstraße 20-24, 6000 Frankfurt/Main 60  
(S. 27)
- Tingler, W., Richter am Amtsgericht in Burgdorf (Hannover), Bannkamp 2, 3101 Eicklingen  
(S. 189)
- Ullrich, H., Oberingenieur, Siemens AG, Bereich Med. Technik, Postfach 3260, 8520 Erlangen
- Wawra, W., Technische Verwaltung, Medizinische Hochschule Hannover, Postfach 610 180, 3000 Hannover 61  
(S. 80)
- Weber, G., Ing.grad., Scheffelstraße 4, 7614 Gengenbach  
(S. 74)
- Weber, K., Dr.-Ing., Technischer-Überwachungs-Verein e.V., Locomer Straße 63, 3000 Hannover 81

- Wierny, H., Klöckner-Moeller Elektrizitäts GmbH,  
Direktor der Marketingabteilung, Post-  
fach 1880, 5300 Bonn 1
- Wilhelm, G., Dipl.-Ing., Verkaufsleiter der Grundig  
AG, GB. Electronic, Würzburger Straße 150,  
8510 Fürth/Bayern  
(S. 236)
- Wimmer, H.W., Dipl.-Ing., Lahriede 53,  
3004 Isernhagen 1  
(S. 196)

# FACHLITERATUR KRANKENHAUSTECHNIK

zu beziehen durch:

Fachverlag Krankenhaustechnik

Th. Anna

Postfach 610324

**3000 Hannover 61**

---

Fachtagung Krankenhaustechnik

## »Elektrizitätsversorgung und Elektrotechnische Anlagen im Krankenhaus«

Herausgeber: O. Anna, C. Hartung, N. Adler 1983.

Format DIN A 5. Kartoniert.

Verfügbar ab Mai 1983. 286 Seiten.

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.

DM 65,—

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.

DM 60,—

Fachtagung Krankenhaustechnik

## »Medizinische Geräte im Krankenhaus«

Herausgeber: O. Anna, C. Hartung, H. Klie 1980.

Format DIN A 5. Kartoniert. 235 Seiten.

Tagungsvorträge inklusive Autorenverzeichnis.

DM 50,—

## »Instandhaltung medizintechnischer Geräte«

Herausgeber: C. Hartung, O. Anna 1979/80.

Format DIN A 5. Kartoniert. 222 Seiten.

Vortragssammlung inklusive Autorenverzeichnis.

DM 50,—

Fachtagung Krankenhaustechnik

## »Energie im Krankenhaus«

Medizinische Hochschule Hannover

Herausgeber: O. Anna, C. Hartung, H. Klie 1979.

Format DIN A 5. Kartoniert. 343 Seiten.

32 Vorträge inklusive Autorenverzeichnis.

DM 60,—

5. Fachtagung Krankenhaustechnik

»Klimaanlagen im Krankenhaus«

Medizinische Hochschule Hannover

Herausgeber: O. Anna, C. Hartung, W. Kreinberg 1978.

Format DIN A 5. Kartoniert. 279 Seiten.

34 Vorträge inklusive Autorenverzeichnis.

DM 50,—

4. Fachtagung Krankenhaustechnik

»Wirtschaftliche Instandhaltung im Krankenhaus«

Medizinische Hochschule Hannover

Herausgeber: O. Anna, C. Hartung, W. Kreinberg 1977.

Format DIN A 5, Kartoniert. 231 Seiten.

21 Vorträge inklusive Autorenverzeichnis.

DM 50,—

3. Fachtagung Krankenhaustechnik

»Infektiöser Müll im Krankenhaus«

Medizinische Hochschule Hannover

Herausgeber: O. Anna, C. Hartung, R. Kerl 1976.

Format DIN A 5. Kartoniert. 182 Seiten.

22 Vorträge inklusive Autorenverzeichnis.

DM 30,—

2. Fachtagung Krankenhaustechnik

»Sicherheit im Krankenhaus«

Medizinische Hochschule Hannover

Herausgeber: O. Anna, C. Hartung, R. Kerl 1975.

Format DIN A 5. Kartoniert. 123 Seiten.

13 Vorträge inklusive Autorenverzeichnis.

DM 20,—

1. Fachtagung Krankenhaustechnik

»Einsatz computergesteuerter Leitsysteme im Krankenhaus«

Medizinische Hochschule Hannover

Herausgeber: O. Anna, C. Hartung, R. Kerl 1974.

Format DIN A 5. Kartoniert. 119 Seiten.

12 Vorträge inklusive Autorenverzeichnis.

DM 20,—

**Zusammenfassung wissenschaftlicher Vorträge  
der 3. Jahrestagung für Biomedizinische Technik  
sowie des Fachsymposiums**

»Störunterdrückung bei Biosignalen«

Medizinische Hochschule Hannover

Herausgeber: O. Anna, C. Hartung 1974.

Format DIN A 4. Kartoniert. 253 Seiten.

102 Vortragszusammenfassungen

inklusive Autorenverzeichnis.

DM 30,—

zuzüglich Versandkosten und gesetzliche Mehrwertsteuer