AIC 9681565

Zur theoretischen Beschreibung der Druck- und Luftmassenstromverteilung in natürlich und maschinell gelüfteten Gebäuden

Die Forschungsarbeiten wurden am Hermann-Rietschel-Institut der Technischen Universität Berlin durchgeführt.

Von Dr.-Ing. Helmut E. Feustel, Berkeley (California)

Ausgehend von den meteorologischen und strömungstechnischen Einflüssen wird ein Rechenprogramm zur Simulation der Druck- und Luftmassenstromverteilung in Gebäuden vorgestellt. Dieses Programm, das nach der Methode der nichtlinearen Netzwerke arbeitet, kann neben den Einflüssen der Wind- und Auftriebskräfte auch solche Raumlufttechnischer Anlagen (RLT-Anlagen) berücksichtigen. In dem vorliegenden Bericht werden einige, für die Praxis wichtige Fälle vorgestellt: Freie Lüftung von hohen Gebäuden mit und ohne RLT-Anlagen, Schutzdruckhaltung am Beispiel eines Krankenhauses sowie die Berechnung der Jahresheizarbeit für Lüftung.

Überblick

Kenntnisse über die Luftdurchströmung von Gebäuden sind aus verschiedenen Gründen wichtig. Als wesentlichste Beispiele seien genannt:

- Austausch von Außenluft mit der Raumluft, der der Lüftung des Gebäudes dient und damit zur Aufrechterhaltung eines aus hygienischen und bauphysikalischen Gründen notwendigen Luftwechsels
- Energieverbrauch, der zum Aufheizen der eindringenden Außenluft auf Raumtemperatur benötigt wird
- Verbrennungsluftzuführung und Abgasabführung für Feuerungen
- Transport von Luftverunreinigungen innerhalb der Gebäude, z.B. der aerogene Keimtransport in Krankenhäusern, Transport von Gerüchen in Wohnhäusern oder Ausbreitung von Brandgasen.

Bezüglich der Luftströmung stellen Gebäude beliebig kompliziert vernetzte Systeme von Strömungswegen dar. In diesen Netzwerken geben die Knotenpunkte die Räume des Gebäudes und die Kanten des Graphen die Strömungswege wieder. Letzteren sind die Strömungswiderstände, wie sie durch offene oder geschlossene Fenster und Türen gegeben sind, zugeordnet. Die Druckrandbedingungen werden durch die Knotenpunkte außerhalb des Gebäudes beschrieben, durch die dem System von außen her Drücke aufgeprägt werden können.

Die Luftdurchströmung von Gebäuden ist eine Folge von Druckdifferenzen, die vom Windangriff, dem thermischen Auftrieb und von Raumlufttechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) hervorgerufen werden. Die Öffnungsverteilung der Gebäudehülle und der inneren Verkehrswege beeinflussen die Luftdurchströmung ebenfalls. Diese Öffnungsverteilung kann durch die Benutzer erheblich verändert werden (Öffnen von Fenstern und Türen), was jeweils eine Änderung der Druckverteilung innerhalb des Gebäudes hervorruft. *Bild 1* gibt die einzelnen Einflüsse auf die Luftmassenströme wieder.

Physikalische Grundlagen

Der Wind ist eine instationäre, turbulente Luftströmung, deren Schwankungen in Geschwindigkeit und Richtung durch Änderungen der Luftdruckverteilung und durch Oberflächeneinflüsse hervorgerufen werden. Winde entstehen in der Hauptsache infolge barometrischer Druckunterschiede der Atmosphäre, die durch verschieden starke Einstrahlung bzw. Absorption der Sonnenenergie auf der Erdoberfläche hervorgerufen werden. In großen Höhen hängt die Ausgleichsströmung vom höheren Druckniveau zu Gebieten niedrigeren Druckes nur vom Druckgradienten, der Corioliskraft und der Zentrifugalkraft ab (Gradientenwind) [1].

Die erdnahe Reibungsschicht der Troposphäre, die bis zu einer Höhe von 600 m auftritt, ist gekennzeichnet durch eine die Luftströmung hemmende Reibungskraft. Diese wird durch die turbulente Viskosität der Luft und die Rauhigkeit des Grundes hervorgerufen [2]. Die Geschwindigkeitsverteilung in der Reibungsschicht ist der einer turbulenten Grenzschicht ähnlich, die sich bei der Umströmung von Körpern bildet. Infolge der Bodenreibung nimmt die Windgeschwindigkeit mit der Höhe über Grund zu. Eine allgemeingültige Gesetzmäßigkeit hierfür läßt sich nicht angeben, da die Art des Geschwindigkeitsprofils von vielen Einflußgrößen, wie der Windgeschwindigkeit, der Rauhigkeit der Bodenoberfläche, der Temperatur und der Temperaturschichtung, abhängig ist [3; 2]. Das vertikale Windgeschwindigkeitsprofil wird in der Literatur in der Regel durch zwei Gleichungen dargestellt: dem in der Technik bevorzugten Exponentialgesetz und dem in der Meteorologie gebräuchlichen Logarithmusgesetz [3].

Die Druckverteilung an Gebäuden infolge von Windanströmung ist an wirklichen Gebäuden meßtechnisch nur schwer erfaßbar, da der Wind ständig mit unterschiedlicher Frequenz in Richtung und Stärke wechselt. Dazu kommen mannigfaltige Einflüsse durch die Umgebungsbebauung, die ebenfalls die Druckfelder beeinflussen und somit das Erkennen von Gesetzmäßigkeiten erschweren [1]. Aus diesem Grunde sind nur wenige systematische Untersuchungen an wirklichen Gebäuden bekannt. Einen besseren Einblick in die Gesetzmäßigkeiten geben die im Windkanal durchgeführten Druckverteilungsmes-

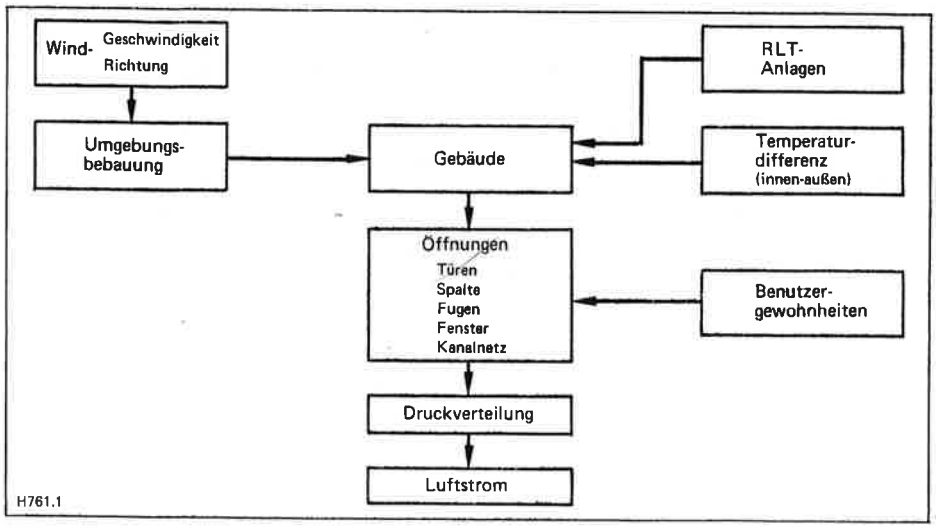

Bild 1: Einflußgrößen auf die Druck- und Luftmassenstromverteilung innerhalb eines Gebäudes

sungen an Modellgebäuden. Erste Meßergebnisse über die Druckverteilung an Gebäuden infolge von Windanströmung wurden bereits 1893 [4] veröffentlicht.

Auf einen Körper, der sich in einem Strömungsfeld befindet, wirken aerodynamische Kräfte. Dabei treten auf der dem Wind zugewandten Seite des Gebäudes Überdrücke, an den Fassaden parallel zur Strömungsrichtung und an den windabgewandten Seiten Unterdrücke gegenüber der ungestörten Strömung auf. Gegenüber den senkrecht zu den Körperoberflächen gerichteten Kräften infolge des Über- und Unterdrucks sind die durch die Viskosität hervorgerufenen Reibungskräfte vernachlässigbar klein. Die Druckverteilung um angeströmte Körper wird mit Hilfe von dimensionslosen Druckbeiwerten beschrieben. Diese stellen das Verhältnis aus der gemessenen statischen Druckdifferenz an der Körperoberfläche zu dem dynamischen Druck des Windes dar.

In Gebäuden, deren Innentemperatur von der Außentemperatur abweicht, bilden sich aufgrund der unterschiedlichen Dichten der Luft zwischen dem Gebäudeinnern und der Außenluft Druckdifferenzen [2; 5; 6] aus. In durchgehenden Schächten ist demnach das thermische Druckgefälle nur von der Differenz der Dichten der Luft infolge von Temperaturunterschieden abhängig. Der Absolutwert des thermischen Überdruckes hängt weiterhin noch von der Verteilung der Durchlässigkeiten über der Gebäudehöhe ab, wodurch sich die Höhe der neutralen Zone bei Windstille ergibt.

RLT-Anlagen lassen sich ebenfalls in dieses Netzwerk einbeziehen. Das Kanalnetz wird dabei in der gleichen Weise behandelt wie die anderen Strömungswege des Gebäudes auch. Denen gegenüber besteht aber beim Kanalnetz der Vorteil, daß hier die Abmessungen, die Strömungsgesetzmäßigkeiten und auch die Anbindungen an die einzelnen Räume des Gebäudes bekannt sind. Kanalnetze von RLT-Anlagen stellen verzweigte, in der Regel nicht vermaschte Leitungssysteme dar. Für jeden Stromfaden eines solchen Leitungssystems tritt auf dem Weg vom Ventilator bis zum Auslaß der gleiche Druckverlust auf. Die Druckverluste der Lüftungszentralen treten in Reihenschaltung für alle Stromfäden des Kanalnetzes auf und haben deshalb keinen Einfluß auf die gleichmäßige Luftverteilung [7]. Gegenüber Rohrnetzen besteht bei Kanalnetzen der Hauptunterschied in der größeren Bedeutung der Einzelwiderstände, die den Gesamtdruckverlust von Kanalnetzen bestimmen. Demgegenüber treten die Reibungsverluste zurück [8]. Bei der Berechnung des Druckverlustes wird dieser in Reibungsverluste gerader Teilstrecken und Verluste, die durch Einzelwiderstände hervorgerufen werden, unterteilt.

RLT-Anlagen beeinflussen die Druckverteilung innerhalb eines Gebäudes dadurch, daß das Kanalnetz eine Koppelung der Räume untereinander bewirkt, und auch eine Verbindung der Räume mit dem äußeren Druckfeld des Gebäudes herstellt. Unter Berücksichtigung der Druckverluste in den Kanalnetzen und der durch die Ventilatoren aufgeprägten Druckdifferenzen ergibt sich hierdurch ein zusätzlicher Einfluß auf die Innendruckverteilung und damit auf die Luftmassenstromverteilung des Gebäudes. Je nach der Druckstabilität der RLT-Anlage können sich Änderungen der Außendrücke an den Ansaug- und Ausblasöffnungen auf die Innendrücke auswirken [9].

Die Luftdurchlässigkeit der Raumumschließungsflächen wird, sachgemäße Verarbeitung vorausgesetzt, maßgeblich von den Fugen der Fenster und Türen sowie bei Gebäuden mit Fassadentafeln, von den Bauteilfugen bestimmt. Neben diesen mit dem Auge erkennbaren Durchlässigkeiten besitzen Gebäude sogenannte Hintergrundsdurchlässigkeiten, die durch poröses Baumaterial, Risse und Spalte verursacht werden.

Die Widerstände bei der Durchströmung von Öffnungen, wie von Verkehrswegen und Raumquerschnitten, können in der Regel gegenüber den in Reihe geschalteten Widerständen von Tür- und Fensterfugen vernachlässigt werden. Sind die Gesetzmäßigkeiten für den Zusammenhang zwischen Strömungswiderstand und Luftstrom für alle Strömungswege des Netzwerkes bekannt, so ist die Durchströmung des Netzwerkes bereits eindeutig bestimmt.

Wegen der nichtlinearen Abhängigkeit des Volumenstromes von der treibenden Druckdifferenz läßt sich die Druckverteilung innerhalb des Gebäudes und die daraus resultierende Luftmassenstromverteilung nur iterativ lösen. Die dazu notwendigen Rechenprogramme benötigen zur Beschreibung von Gebäuden beliebiger Grundrißformen und zur Lösung des nichtlinearen Gleichungssystems Großrechenanlagen. Da diese Programme sehr rechenzeit- und speicherplatzintensiv sind, ergibt sich selbst für Großrechenanlagen die Notwendigkeit der optimalen Anpassung des Lösungsalgorithmus an die spezielle Form der Nichtlinearität. Wegen der großen Schwierigkeiten einer allgemeinen mathematischen Beschreibung wurde, um eine Lösung für die Aufgabe zu finden, von zahlreichen Autoren der rein empirische Weg beschritten.

Freie und maschinelle Lüftung von hohen Gebäuden

Der Einfluß von Wind- und Auftriebskräften auf die Luftmassenstromverteilung hoher Gebäude wird anhand eines 12geschossigen Hochhauses dargestellt. Dabei wurde ein Gebäude mit quadratischem Grundriß bezüglich der Durchlässigkeitsverhältnisse der Gebäudehülle und von der Etage zum zentral gelegenen Schacht hin modifiziert. Weitere Parameter sind die Windgeschwindigkeit und die Außentemperatur. Da Gebäude mit gleichen Durchlässigkeitsverhältnissen bezüglich der Luftmassenstromverteilung, gleiche Witterungsbedingungen und Gebäudehöhe vorausgesetzt, gleich sind, sind auch die Ergebnisse auf andere Gebäude übertragbar. Aus der Literatur sind bisher analytische Untersuchungen nur über Grenzfälle bekannt [10; 11; 12]; das gilt sowohl für die Durchlässigkeitsverhältnisse des Gebäudes als auch für die Außenlufttemperatur. Deshalb sind diese Ergebnisse auch nur bedingt auf andere Verhältnisse zu übertragen.

Das Beispiel zeigt, daß sich der Einfluß des thermischen Auftriebes besonders in den unteren Geschossen bemerkbar macht, während der Windeinfluß in den oberen Stockwerken dominiert. Der Großteil des Unterschiedes des in das Gebäude eindringenden Luftmassenstromes zwischen den Gebäudearten ist nur von der Größe des Auftriebes abhängig. Die Durchlässigkeiten zum Schacht hin sind, besonders bei geringen Windgeschwindigkeiten und großen Temperaturdifferenzen „innen/außen", für die ungleichmäßige Verteilung der eindringenden Luftmassenströme über die Höhe des Gebäudes verantwortlich. Für alle hier untersuchten Fälle stellen entweder das Geschoßtypgebäude und/oder das Schachttypgebäude die Grenzfälle für den maximal eintretenden Gesamtluftmassenstrom dar. Vereinfachungen des Rechenansatzes können

erhebliche Unterschiede in der Luftmassenstromverteilung gegenüber der Berechnung nach der exakten Methode der nichtlinearen Netzwerke hervorrufen.

Für ein Hochhaus mit maschineller Be- und Entlüftung wird die Verteilung der maschinell geförderten Luftmassenströme und der Massenströme infolge von Fugenlüftung anhand verschiedener Witterungsbedingungen untersucht. Variiert wurde hierbei die Anordnung der Ansaug- und Ausblasgitter in Höhe und Fassadenzugehörigkeit sowie zusätzliche Druckverluste in den horizontalen Verteilleitungen. Weiterhin wurde die Durchlässigkeitsverteilung für den Fall des maximalen Einflusses der Auftriebskräfte verändert. Der Einfluß, den ein offenes Fenster auf die Massenstromverteilung der RLT-Anlage hat, wird anhand einer Anlage mit obenliegenden Ventilatoren exemplarisch dargestellt. Die in dieser Untersuchung gewonnenen Ergebnisse bestätigen die aus der Literatur bekannten Aussagen, die unter vereinfachenden Bedingungen getroffen wurden [11; 13].

Hier zeigt sich ein deutlicher Einfluß der RLT-Anlage auf die Luftmassenstromverteilung der Fugenlüftung; dabei ist zu beachten, daß das Druckniveau eines jeden Geschosses, gleiche Öffnungsverteilung vorausgesetzt, praktisch nur vom Abluftkanalnetz bestimmt wird. Dies gilt allgemein für Niederdruck-Abluftkanalnetze.

Für die Verwendung von Wärmerückgewinnungsanlagen ist es angebracht, die Außenluft- und Fortluftströme der Zentralanlage möglichst dicht beieinander zu führen. Dies ist ohne zusätzliche Leitungsführung nur bei Anlagen möglich, bei denen die Ventilatoren auf gleichem Höhenniveau liegen.

Die Fassade sollte so dicht wie möglich ausgeführt werden, um die Fugenlüftung, die bei Vorhandensein von RLT-Anlagen einen zusätzlichen Energieverbrauch im Winter mit sich bringt, zu minimieren. Dadurch wird weiterhin die Luftmassenstromverteilung der RLT-Anlage vorteilhaft beeinflußt. Die horizontale Unterteilung des Gebäudes durch dichtschließende Wohnungstüren dämpft die Druckeinflüsse, die z.B. durch Öffnen eines Fensters innerhalb einer Wohnung entstehen, erheblich.

Schutzdruckhaltung in Krankenhäusern

Die Aufgabe von RLT-Anlagen in Krankenhäusern ist außer dem Abführen von Raumlasten die Schutzdruckhaltung zur Unterbindung von Luftströmungen entgegen dem Gefälle des hygienischen Standards [14 bis 18].

Da die Richtung einer Luftströmung gleich der Richtung des Druckgradienten ist, wird in dem zu schützenden Bereich hierzu ein relativer Überdruck gegenüber der Umgebung aufgebaut. Das geschieht dadurch, daß diesem Bereich mehr Luft maschinell zugeführt wird, als maschinell Abluft aus ihm abgezogen wird. Die Differenzmenge, der Sperrluftstrom, strömt über die Summe der Durchlässigkeiten der Raumumschließungsflächen ab und baut dabei den angestrebten relativen Überdruck gegenüber den Nachbarräumen auf.

Mit Hilfe des Rechenprogramms konnte das Zusammenwirken baulicher und lüftungstechnischer Maßnahmen auf die Luftdurchströmung einer OP-Abteilung dargestellt werden. Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, daß Schutzdruckhaltung mit Hilfe von RLT-Anlagen nur solange möglich ist, wie keiner der Strömungswiderstände der Abströmöffnungen unterhalb der einzuhaltenden Druckdifferenz gegenüber der Umgebung liegt. Verkehrswege und Transportöffnungen sind also die Schwachstellen dieses Systems. Ein Zusammenbruch der Schutzdruckhaltung infolge Öffnens dieser Verkehrswege kann nur dann verhindert werden, wenn diese als Luftschleusen mit gegenseitig verriegelten Türen ausgebildet sind.

Ein Beispiel mit einem Ringflur um den Schutzbereich zeigt, daß geeignete bauliche Maßnahmen den Einfluß von Wind- und Auftriebskräften auf die Druckverteilung für den betrachteten Schutzbereich ausschalten können. Dadurch verringern sich auch die Betriebskosten für die maschinelle Lüftung erheblich.

Berücksichtigung der Jahresheizarbeit für Lüftung bei der Bestimmung des Jahreswärmeverbrauchs von Heizanlagen

Bei der Berechnung der Kosten von Wärmeerzeugungsanlagen geht der Rechenansatz der VDI 2067 [19] von der Annahme aus, daß die Jahresheizarbeit für Lüftung hauptsächlich von der Fugenlüftung beeinflußt wird. Die Ergebnisse von Jahressimulationen für Ein- und Mehrfamilienwohnhäuser zeigen jedoch, daß unabhängig von der Gebäudehöhe die Luftwechsel für Fugenlüftung weit unter denen liegen, die aus bauphysikalischen und hygienischen Gründen zu fordern sind. Wegen des geringen Luftaustausches bei geschlossenen Fenstern ist zu erwarten, daß die Bewohner die Außenluftwechsel durch Öffnen der Fenster erheblich gegenüber dem Luftwechsel infolge von Fugenlüftung erhöhen werden. Wegen der geringen Regelfähigkeit heutiger Lüftungssysteme wird bei Dauerlüftung allerdings ein weit über den Erfordernissen liegender Luftwechsel erzielt. Daß dennoch die Lüftung von Wohngebäuden bezüglich der Luftqualität zufriedenstellend funktioniert, hat seinen Grund darin, daß die Luftqualität mit zunehmendem Luftstrom besser wird [20]. Eine Bestimmung der exakten Jahresheizarbeit für Lüftung wird damit allerdings unmöglich. Deshalb erscheint es sinnvoll, für die Jahresheizarbeit für Lüftung eine untere Abschätzung vorzunehmen, der ein personenbezogener Außenluftwechsel zugrunde gelegt wird, wie er für maschinell gelüftete Räume eingeführt ist. Damit ist die Ermittlung der Jahresheizarbeit allerdings nicht mehr allein an Hand des Norm-Wärmebedarfs nach DIN 4701 möglich.

Schrifttum

[1] *Wolfseher, U.*, u. *K. Gertis*: Bodennahe Aerodynamik. Teil 1: Beschreibung des natürlichen Windes in Bodennähe. Gesundheits-Ingenieur 99 (1978) Nr. 9, S. 259/74. Teil 2: Simulation von bodennahen Windströmungen. Umströmung von Gebäuden und Gebäudegruppen. Gesundheits-Ingenieur 99 (1978) Nr. 11, S. 321/32.

[2] *Zuranzki, J.*: Windbelastung von Bauwerken und Konstruktionen. Köln-Braunsfeld: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller 1969.

[3] *Davenport, A. G.*: A rationale for the determination of basic design wind velocities. ASCE-Proceedings 86 (1960) S. 36/38.

[4] *Irminger, J.*: Experiments in wind pressure. ICE-Proceedures 118 (1893/94) S. 468/83.

[5] *Tamura, G. T.*, u. *A. G. Wilson*: Pressure difference caused by chimney effect in three high buildings. ASHRAE-Transactions 73 (1967) Part II, S. II.1.1-II.1.10.

[6] *Tamura, G. T.*, u. *A. G. Wilson*: Buildings pressures caused by chimney action and mechanical ventilation. ASHRAE-Transactions 73 (1967) Part II, S. II.2.1—II.2.12.

[7] *Schmidt, P.*: Entwicklung von Algorithmen zur Durchströmung von Kanalnetzen raumlufttechnischer Anlagen. Diplomarbeit am HRI, TU Berlin (1973). Unveröffentlicht.

[8] *Rietschel/Raiß*: Heiz- und Klimatechnik. 15. Auflage, Bd. II. Berlin/Heidelberg/New York: Springer Verlag 1970.

Zur theoretischen Beschreibung der Druck- und Luftmassenstromverteilung in natürlich und maschinell gelüfteten Gebäuden

[9] *Esdorn, H., H. Feustel,* u. *M. Schmidt*: Bericht Teilprojekt F2. Jahresbericht Sonderforschungsbereich 159 — Krankenhausbau, Technische Universität Berlin (1978).

[10] *Brinkmann, W.*: Zur Bestimmung des Lüftungswärmebedarfs hoher Gebäude. Dissertation, TU Berlin (1980).

[11] *Esdorn, H.*: Luftdurchlässigkeit der Fenster und Druckverteilung im Gebäude. In: Das Hochhaus der BASF „Planung, Ausführung, Erfahrungen". J. Hoffmann, Stuttgart (1958).

[12] *Esdorn, H.*, u. *W. Brinkmann*: Der Lüftungswärmebedarf von Gebäuden unter Wind- und Auftriebseinflüssen. Gesundheits-Ingenieur 99 (1978) Nr. 4, S. 81/116.

[13] *Hayakawa, S.*, u. *S. Togari*: Air flow rate variation of HVAC caused by stack effect and opening a window. Kajima Institut of Construction Technology, Japan Report Nr. 30 (1979).

[14] *Esdorn, H.*: Luftströmungen und Druckhaltung in Krankenhäusern. Gesundheits-Ingenieur 94 (1973) Nr. 10, S. 289/99.

[15] *Esdorn, H.*: Klimatisierung von Krankenhäusern. Deutsche Bauzeitung (1973) Nr. 2, S. 154/61.

[16] *Esdorn, H., H. Feustel, K. Giese* u. *M. Schmidt*: Bauliche und lüftungstechnische Maßnahmen gegen unerwünschten Luftaustausch zwischen Räumen unterschiedlichen hygienischen Standards. Abschlußbericht des Teilprojekts F2, Sonderforschungsbereich 159 — Krankenhausbau. Technische Universität Berlin (1977).

[17] *Feustel, H.*: Schutzdruckhaltung — ein Mittel zur Reduktion des aerogenen Keimtransportes. 5. Fachtagung Krankenhaustechnik, Medizinische Hochschule Hannover, Tagungsband (1978) S. 7/18.

[18] *Jest, A.*: Zentren für Schwerverbrannte. HLH 17 (1966) Nr. 8, S. 301/05.

[19] VDI 2067: Berechnung der Kosten von Wärmeversorgungsanlagen. Blatt 1: Betriebstechnische und wirtschaftliche Grundlagen. (Entw. 1979); Blatt 2: Raumheizung/Entw. 1979.

[20] *Esdorn, H.*, u. *H. Feustel:* Maschinelle und freie Lüftung von Wohngebäuden — ein Vergleich. Kongreßbericht XXI. Internationaler Kongreß für Technische Gebäudeausrüstung, Teil 1, (1980). [H 761]

Rechtsprechung

Zur Duldungspflicht des Stromabnehmers

Für die Frage, ob und unter welchen Voraussetzungen ein Stromabnehmer verpflichtet ist, das Anbringen eines der örtlichen Versorgung mit Elektrizität dienenden Transformators auf seinem Grundstück unentgeltlich zu dulden, sind seit dem 1. April 1980 die als Rechtsverordnung des Bundesministers für Wirtschaft mit Zustimmung des Bundesrates erlassenen „Allgemeinen Bedingungen für die Elektrizitätsversorgung von Tarifkunden" vom 21. Juni 1979 (BGBl I S. 684) maßgebend. Es ist in jedem Einzelfall unter Abwägung der beiderseitigen Interessen zu prüfen, ob bei der im Interesse der Allgemeinheit erfolgten Inanspruchnahme des einzelnen Grundstückseigentümers der verfassungsrechtliche Grundsatz der Verhältnismäßigkeit gewahrt ist, d.h. ob der in Anspruch genommene Grundstückseigentümer nicht mehr als notwendig und nur in zumutbarem Umfang belastet wird. Ist die Grenze des Zumutbaren im Einzelfall überschritten, und kommt es nicht zu einer Einigung über das zu zahlende Entgelt, so ist das Elektrizitätsversorgungsunternehmen darauf angewiesen, ein Enteignungsverfahren einzuleiten (vgl. BGH, Urteil vom 14. Januar 1981 — VIII ZR 397/79 — MDR 1981, 751 — ZMR 1981, 175 — BLGBW 1982, 16 — BB 1981, 875; vgl. auch BGHZ 68, 62).

Dr. Hugo Glaser [H 670]

Haftpflichtversicherungsschutz für Feuchtigkeitsschäden

Ein Installateur hatte zunächst für ein Bauvorhaben die Heizungs- und Sanitärinstallation durchgeführt. Er nahm in der Folgezeit auch Wartungs- und Reparaturarbeiten an der Heizungsanlage vor und ließ wegen aufgetretener Wasser- und Druckverluste mehrfach Wasser nachfüllen. Schließlich installierte er eine Nachfüllarmatur. Ein Jahr später zeigten sich an verschiedenen Stellen erhebliche Feuchtigkeitsschäden. Untersuchungen ergaben eine Leckstelle im Rohrsystem der Heizungsanlage, und zwar im Fußbodenbereich. Der Grundstückseigentümer nahm den Installateur auf Schadensersatz in Anspruch. So entstand die Frage, ob dafür die Betriebshaftpflichtversicherung des Installateurs eintreten mußte. Sie machte geltend, der Schaden beruhe auf einer allmählichen Einwirkung von Feuchtigkeit, und nach ihren Versicherungsbedingungen müsse sie bei einem solchen Sachverhalt nicht zahlen.

Nun setzt eine allmähliche Einwirkung eine gewisse Dauer des Entwicklungsprozesses voraus, während das Schadensereignis plötzlich auftreten kann. In dem fraglichen Falle war aber bereits nicht bewiesen, daß in dem Rohr längere Zeit vor dem Schadeneintritt Risse entstanden waren. Da es sich um einen Biegeermüdungsbruch handelte, mußten die Risse jedenfalls erhebliche Zeit nach der Installation der Heizungsanlage aufgetreten sein. Es bestand zwar die Möglichkeit, daß das Leck nicht erst kurz vor dem Auftreten der Durchfeuchtung entstanden war, sondern schon längere Zeit vorher. Die aufgetretenen Druck- und Wasserverluste in dem Kreislauf der Heizungsanlage in der schon weiter zurückliegenden Zeit waren aber nicht mit hinreichender Sicherheit auf Rohrundichtigkeiten zurückzuführen, sondern konnten auch bei einem intakten Rohrsystem auftreten. Damit stand aber nicht fest, daß austretendes Wasser über längere Zeit hin nach und nach auf das Mauerwerk eingewirkt hatte. Auch wenn aber das Wasser aus Rissen im Rohr längere Zeit hindurch ausgetreten sein sollte, was nicht auszuschließen war, dann hatte es sich nach den Berechnungen eines Sachverständigen nur um äußerst geringe Mengen (etwa zwei bis drei Tropfen pro Minute) gehandelt, und so geringe Mengen konnten die Feuchtigkeitsschäden an den Wänden nicht verursacht haben. Vielmehr wäre die dadurch entstehende Feuchtigkeit im Fußboden verdunstet.

Der Schaden war vielmehr nach dem Gutachten dadurch entstanden, daß eine neue Armatur eingebaut wurde, die das Nachfüllen erleichtern sollte und nach jedem Nachfüllen wieder hätte geschlossen werden müssen, aber aus Bequemlichkeit oder Nachlässigkeit ständig geöffnet geblieben war, so daß der Wasserdruck in der Heizungsanlage von normal 0,5 atü auf ständig 1,5 atü anstieg und nunmehr anstelle der zwei bis drei Tropfen stündlich etwa sechs Liter Wasser aus den Rissen im Rohr austraten, wobei die Risse möglicherweise erst durch diesen überhöhten Druck entstanden waren. Beim Austreten von sechs Litern Wasser pro Stunde kann aber von allmählicher Feuchtigkeitseinwirkung keine Rede mehr sein. So hat das Oberlandesgericht Hamm die Versicherung verurteilt, dem Installateur für den geschilderten Schaden Versicherungsschutz zu gewähren (Urteil vom 18. 6. 1982 — 20 U 26/80 —).

Dr. O. [H 654]