

Mit olf und dezipol zu einer besseren Raumluftqualität

Eine einfache Methode zur Bestimmung von Luftverunreinigungsquellen in Gebäuden

Von P. Ole Fanger und Jan Pejtersen

Eine neue, vereinfachte Methode zur quantitativen Bestimmung der durch Bauteile, Personen und Tabakrauch in Gebäuden verursachten Luftverunreinigung wird im folgenden vorgestellt. Bei diesem Verfahren müssen die Empfundene Luftqualität in dezipol, der Zuluftstrom sowie die CO₂- und CO-Konzentration in der Luft ermittelt werden. Die Methode wurde bei einer Untersuchung von neun Bürogebäuden angewandt, in denen die Empfundene Luftqualität von einer Gruppe geschulter Prüfer beurteilt wurde. Die durchschnittliche Verunreinigungslast durch Bauteile und Lüftungssysteme betrug 0,23 olf/m² Bodenfläche, die anwesenden Personen trugen mit 0,05 olf/m² Bodenfläche zur Verunreinigung bei; Tabakrauch verursachte 0,09 olf/m² Bodenfläche. Der durchschnittliche Zuluftstrom betrug 25 l/s pro anwesende Person, jedoch nur 3 l/s pro olf. Die Identifizierung der Verunreinigungslast ist ein erster Schritt zur Reduzierung unnötiger Quellen der Verunreinigung, die die Raumluftqualität verschlechtern.

Lyngby/Dänemark. Die Auswirkungen jeder Verunreinigungsquelle auf die Empfundene Luftqualität kann quantitativ in der neuen Einheit "olf" gemessen werden [1]. In Feldstudien, die in 15 Verwaltungsgebäuden und Versammlungsräumen [2] und zehn Schulen [3] durchgeführt wurden, hat man nachgewiesen, daß in Bauteilen verborgene Verunreinigungsquellen signifikant zur Verschlechterung der Raumluftqualität beitragen können. Bauteile, Möbel, Teppiche und sogar die Heizungs-, Lüftungs- und Klimasysteme tragen mehr zur Verunreinigung bei als die Bewohner, die in den heutigen Normen für Lüftungssysteme als einzige Verunreiniger angesehen werden. Man stellte fest, daß die verborgenen Quellen von Gebäuden zu Gebäuden im Bereich von 0,1 bis 1,3 olf/m² Bodenfläche variierten. Diese großen Differenzen erklären die gewaltigen Unterschiede in der Luftqualität, die in Räumen bei gleichem Luftaustausch auftreten können. Die bisher unberücksichtigten, verborgenen Verunreinigungsquellen machen deutlich, warum einige Gebäude "krank" und andere "gesund" sind.

Ausdünstungen und des Tabakrauchs an der Luftverunreinigung kann aus Messungen der CO₂- und CO-Konzentration errechnet werden. Die Belastung durch das Gebäude selbst läßt sich dann mit Hilfe der Formel 'Gesamtbelastung minus Belastung durch menschliche Ausdünstungen und Tabakrauch' ermitteln. Es wird wie folgt vorgegangen:
Schritt 1: Man wählt eine ausreichende Zahl von Räumen als repräsentativ für das Gebäude aus. Die Zahl der Räume hängt von der Größe und der Homogenität des Gebäudes ab. Ist das Gebäude klein, können alle Räume in die Untersuchung einbezogen werden.
Schritt 2: Die Empfundene Luftqualität in den ausgewählten Räumen wird von einer Gruppe geschulter Prüfer in dezipol beurteilt [4]. Alternativ könnte man eine Gruppe ungeschulter Prüfer die Akzeptierbarkeit beurteilen lassen [4]. Zwischen den einzelnen Beurteilungen wird der Geruchssinn der Prüfer und deren allgemeine chemischen Sinne in einem nahegelegenen, gut belüfteten Raum regeneriert. Zum Zeitpunkt der

subjektiven Beurteilungen werden die CO₂- und CO-Konzentrationen gemessen. Die gleichen Messungen werden auch im Freien durchgeführt.

Nummer	Alter Jahre	Gebäudefläche m ²	Fläche der untersuchten Räume m ²	Zahl der untersuchten Räume
1	36	1639	487	6
2	84	2585	299	9
3	19	2245	441	5
4	19	2245	728	4
5	19	2245	176	3
6	30	2138	378	12
7	18	2478	748	4
8	18	2478	870	5
9	11	4279	598	9

Tabelle 1
Spezifikation der neun untersuchten Gebäude. Alle Gebäude waren mit einem mechanischen Lüftungssystem ausgerüstet.

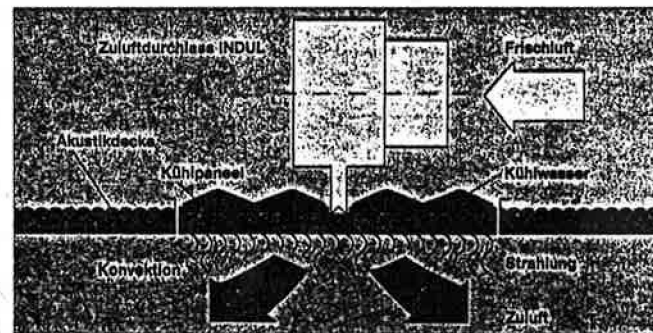
Nummer	Δ CO ₂ ppm	Δ CO ppm	Zuluftstrom l/s · m ²	Empfundene Luftqualität dezipol
1	338	0,18	1,13	4,7
2	244	0,32	1,10	3,9
3	199	0,17	0,87	3,7
4	160	0,16	1,03	3,4
5	410	0,12	1,08	4,2
6	400	0,43	0,98	3,9
7	189	0,10	1,62	2,7
8	212	0,02	1,34	3,6
9	319	0,93	0,53	4,0

Tabelle 2
Mittlere physikalische und sensorische Meßergebnisse in den neun Bürogebäuden

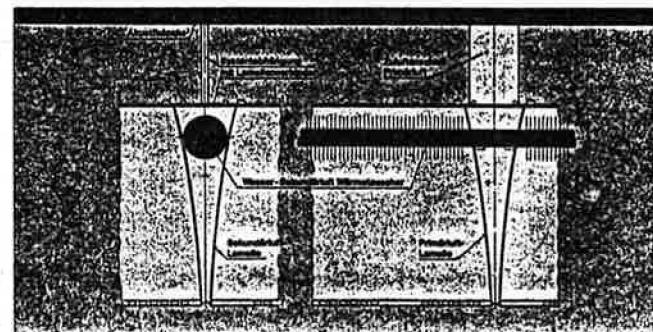
Nummer	Verunreinigungslast in olf/m ² Bodenfläche			Zuluftstrom (Außenluft)		
	Total	Personen	Tabakrauch	Materialien & Lüftungssystem	l/s · p	l/s · olf
1	0,50	0,06	0,06	0,37	18,9	2,4
2	0,39	0,05	0,13	0,21	23,7	2,9
3	0,29	0,03	0,04	0,22	28,3	3,0
4	0,31	0,02	0,04	0,26	48,3	3,3
5	0,42	0,08	0,13	0,20	15,2	2,6
6	0,37	0,08	0,15	0,14	15,9	2,9
7	0,40	0,05	0,05	0,29	32,3	4,2
8	0,40	0,05	0,00	0,35	29,1	3,5
9	0,20	0,03	0,16	0,02	17,2	2,6
Durchschnitt	0,36	0,05	0,09	0,23	25,4	3,0

Tabelle 3
Durchschnittliche Verunreinigungslast in den neun Bürogebäuden

Kühldecken von Kiefer



Neu: INDUCOOL
Hochleistungs-Deckenkühlpaneel, kombiniert mit dem bewährten Luftdurchlaß INDUL[®].



Neu: Spiegelprofil-Kühlrastrer
Kühlrastrer in Kombination mit bewährtem Spiegelprofil-Deckensystem.

Methode

Das Ziel ist, die gesamte Verunreinigungslast durch Ermittlung der Empfundene Raumluftqualität in dezipol und durch Messung des Zuluftstroms zu bestimmen. Der Anteil der menschlichen

* Die Verunreinigungslast in olf ist die Belastung der Raumluft durch sämtliche Verunreinigungsquellen im Raum und in den mit dem Raum verbundenen Teilen der Raumlufttechnischen Anlage.



Maschinenfabrik Gg. Kiefer GmbH · Heilbronner Straße 380-398
D-7000 Stuttgart 30 (Feuerbach) · Tel. 07111 8109-0 · Fax 8109-205

Sonderteil

Schritt 3: Nun wird der Luftaustausch im Gebäude gemessen. Entweder dosiert man Indikatorgas gleichmäßig in die Luftschichte und mißt, sobald der Beharrungszustand eingetreten ist, die Konzentration in der Abluftleitung. Dabei wird indirekt angenommen, daß der Luftaustausch im gesamten Gebäude gleich ist. Oder man mißt den Luftaustausch in jedem Testraum. Der Zulufstrom läßt sich auch aus der CO_2 -Konzentration und der Anzahl der im Gebäude anwesenden Personen errechnen.

Schritt 4: Für jeden Testraum kann die gesamte Verunreinigungslast pro m^3 ermittelt werden. Die Belastung durch menschliche Ausdünstungen und Tabakrauch läßt sich getrennt aus den entsprechenden CO_2 - und CO -Konzentrationen über dem Außenpegel berechnen. Die gesamte Verunreinigungslast wird dann untergliedert in Belastungen durch menschliche Ausdünstungen, Tabakrauch und das Gebäude selbst.

Schritt 5: Man ermittelt die auf die einzelnen Räume bezogenen, durchschnittlichen Belastungen, aus denen sich dann die Verunreinigungslast des Gesamtgebäudes ergibt.

Feldstudie in Bürogebäuden

In neun Bürogebäuden im Bereich von Groß-Kopenhagen wurden die Quellen der Raumluftverunreinigung nach der oben beschriebenen Methode untersucht. Tab. 1 gibt eine Übersicht über die Spezifikationen dieser neun Gebäude.

Prüfer

Die in den Gebäuden vorhandene Empfundene Luftqualität wurde von einer Gruppe von elf geschulten Prüfern in dezipol ermittelt. Alle Prüfer waren zuvor zwei und drei Stunden intensiv in einer Klimakammer trainiert worden [4]. Während dieser Trainingsperiode wurden bei der Beurteilung unbekannter Konzentrationen des Bezugsgases Isoopropanol "Meilensteine" für dezipol-Werte benutzt. Am Ende der Trainingsperiode wurden die Prüfer darin geschult, wie man Luft beurteilt, die durch üblicherweise in Lüftungssystemen und Bürogebäuden verwendete Materialien verunreinigt wird.

Verfahren

An fünf Tagen im November 1989 wurden täglich zwei Gebäude untersucht. Während der Versuchszeit durfte das Prüfersteam morgens, vor der Untersuchung der Bürogebäude, nochmals für eineinhalb Stunden in die Klimakammer. Dann wurde die Gruppe zu den Gebäuden gebracht und in einen gut belüfteten Warteraum geführt. Dieser Raum diente als Erfrischungsraum, in den die Gruppe zwischen den einzelnen Beurteilungen für je zwei Minuten zurückkehrte. Die Gruppe wurde in jeden zu bewertenden Raum geführt. Nach Eintritt in den jeweiligen Raum mußte jeder Einzelne die Empfundene Luftqualität sofort beurteilen.

Sobald das Team den Raum wieder verlassen hatte, kam ein Meßteam und maß die CO_2 - und CO -Konzentration mit einem tragbaren Gasmonitor, der nach dem Prinzip der akustischen Infrarot-Spektroskopie arbeitet (Brüel & Kjaer-Multigas Monitor, Typ 1302).

Der Luftaustausch wurde wie folgt gemessen: Man gab Schwefelhexafluorid (SF_6) in die Zuluftleitung des Gebäudes und maß mit einem Gasmonitor die Konzentration in der Abluftleitung, bis der Beharrungszustand eingetreten war. Am Morgen des Untersuchungstages wurde die SF_6 -Quelle in die Zuluftleitung eingebaut. Die Konzentration in der Abluftleitung wurde vier bis fünf Stunden nach Beendigung der Tests durch die Prüfer gemessen. Die SF_6 -, CO_2 - und CO -Konzentration der Außenluft wurde ebenfalls gemessen.

Ergebnisse

An den fünf Versuchstagen betrug die Außenlufttemperatur zwischen 4 und 9 °C und die relative Luftfeuchte im Freien lag bei 72 bis 94 Prozent. In den

untersuchten Räumen betrug die Lufttemperatur $23,2 \pm 0,9$ °C und die relative Luftfeuchte 36 ± 5 Prozent. Die mittleren physikalischen und sensorischen Meßergebnisse in den neuen Bürogebäuden sind in Tab. 2 aufgeführt. Der für jedes Gebäude genannte Wert ist der mittlere Wert aller untersuchten Räume. Zur Berechnung der Verunreinigungslast wurden die entsprechenden CO_2 -, CO - und dezipol-Werte des jeweiligen Raums verwendet, während als Luftstrom der mittlere Zulufstrom pro m^2

Bodenfläche des Gebäudes eingesetzt wurde.

Die Gesamtbelastung wurde mit Hilfe der von Fanger aufgestellten Behaglichkeits-Gleichung für Raumluftqualität berechnet [5]:

$$Q = 10 \cdot G/c_p - c_a \quad (1)$$

wobei Q der Zulufstrom in l/s , G die Verunreinigungslast in olf , c_p die Empfundene Raumluftqualität in dezipol und c_a die Empfundene Außenluftqualität in dezipol ist.

Die Außenluftqualität wurde nicht gemessen. Es wurde angenommen, daß sie wie in einer früheren, unter ähnlichen Bedingungen durchgeführten Feldstudie [2] 0,3 dezipol beträgt. Die Empfundene Luftverunreinigung durch anwesende Personen wurde aus den gemessenen Kohlendioxidwerten über der Konzentration der Außenluft errechnet. Dabei wurde angenommen, daß pro Person 20 l/h CO_2 produziert werden. Ein dezipol, verursacht durch menschliche Ausdünstungen, entspricht dabei

einer CO_2 -Konzentration von 470 ppm über der Konzentration der Außenluft. Die Empfundene Luftverunreinigung durch Tabakrauch wurde aus der gemessenen Kohlenmonoxid-Konzentration über der Konzentration der Außenluft berechnet. Für diese Berechnung benutzte man die von Cain und anderen [6] aufgestellte Beziehung zwischen Dosis und Reaktion und die Gleichung für die Definition der dezipol-Einheit (1). Bei der Berechnung wurde eine Produktionsmenge von 45 ml CO pro Zigarette

S O S P A R T M A N E N E R G I E :



angenommen. Ein dezipol, verursacht durch Tabakrauch in der Raumluft, entspricht einer CO-Konzentration von 0,18 ppm über der Konzentration der Außenluft.

Die Verunreinigungslast in oll/m^3 Bodenfläche wurde für jeden Raum aus der Behaglichkeitsgleichung (1) errechnet, wobei als Zuluftstrom der durchschnittliche Zuluftstrom pro m^2 Bodenfläche des jeweiligen Gebäudes eingesetzt wurde. Der Durchschnittswert der untersuchten Räume (nach Fläche gewichtet)

ergab dann die Verunreinigungslast in jedem Gebäude. Die Luftverunreinigung durch Materialemissionen (einschließlich Lüftungssystem) wurde ermittelt, indem man die berechnete Luftverunreinigung durch anwesende Personen und Tabakrauch von der gesamten Verunreinigungslast abzog. Die durchschnittlichen Luftverunreinigungen durch Personen, Tabakrauch und Materialemissionen (einschließlich Lüftungssystem) für die neun Gebäude werden in Tab. 3 aufgelistet. Die Zuluft-

ströme bezogen auf die Personenzahl und bezogen auf die Verunreinigungslasten werden ebenfalls in der Tabelle aufgeführt.

Diskussion

Die Verunreinigungslast in den neun untersuchten Bürogebäuden lag im Schnitt etwas unter der Verunreinigungslast, die Fanger und andere in 15 Gebäuden festgestellt hatten [2]. Die Verunreinigung durch Bauteile/Mate-

rialien und das Lüftungssystem betrug in den neun Gebäuden durchschnittlich $0,23 \text{ oll/m}^3$ Bodenfläche, während der entsprechende von Fanger [2] festgestellte Wert bei $0,37 \text{ oll/m}^3$ Bodenfläche lag. Die menschlichen Ausdünstungen trugen in dieser Untersuchung mit $0,05 \text{ oll/m}^3$ Bodenfläche zu der Luftverunreinigung bei, während Tabakrauch $0,09 \text{ oll/m}^3$ Bodenfläche beisteuerte. In den Gebäuden hielten sich offensichtlich weniger Personen auf als in den früher untersuchten Büros. Dies erklärt

die niedrigere Belastung verursacht durch Personen.

In den neun untersuchten Bürogebäuden war die Luftverunreinigung zu 62 Prozent auf Bauteile/Materialien und das Lüftungssystem zurückzuführen. 14 Prozent der Luftverunreinigung wurden durch anwesende Personen, 24 Prozent durch Tabakrauch verursacht. Diese anteilmäßige Verteilung auf die verschiedenen Quellen der Luftverunreinigung stimmt mit dem überein, was Fanger und andere [2] bei ihrer früheren Untersuchung von 15 Bürogebäuden festgestellt hatten.

In den neun Bürogebäuden betrug der durchschnittliche Zuluftstrom 25 l/s pro Person. Dieser Wert liegt weit über dem Wert, den die Normen für Lüftungssysteme vorschreiben. Zieht man jedoch alle Quellen der Verunreinigung in Betracht, so betrug der Zuluftstrom nur 3 l/s pro oll . Ein ähnliches Ergebnis wurde bei der Untersuchung der 15 Bürogebäude [2] erzielt. Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen, daß das Gebäude selbst wesentlich zur Luftverunreinigung beiträgt. Dies wurde bisher von den Normen für Lüftungssysteme außer Acht gelassen.

Mit Hilfe der in der vorliegenden Untersuchung angewandten Methode können die Quellen der Luftverunreinigung in einem Gebäude einfach ermittelt werden. Die versteckten Verunreinigungsquellen sind in vielen Fällen der Grund für abgestandene, muffige und Reize erzeugende Luft in bestehenden Gebäuden. Die Identifizierung der Verunreinigungslast eines Gebäudes ist ein erster Schritt zur Reduzierung der Quellen der Luftverunreinigung und zur Heilung eines "kranken" Gebäudes.

Ein Nachteil der beschriebenen Methode liegt darin, daß sich der Zuluftstrom in die einzelnen Räume aus dem Gesamtluftaustausch im ganzen Gebäude errechnet. Unterschiedliche Belüftung kann durch falsche Abstimmung des Luftverteilungssystems oder durch Eindringen von Falschluf verursacht werden. Die Genauigkeit der Ergebnisse läßt sich daher dadurch verbessern, daß man den Luftaustausch in jedem der untersuchten Räume mißt. Die Lüftungseffektivität sollte ebenfalls berücksichtigt werden.

Mit der vorliegenden Methode ist es nicht möglich, die Verunreinigung durch Bauteile/Materialien von den Verunreinigungsquellen im Lüftungssystem zu trennen. Wenn eine solche Trennung erforderlich sein sollte, muß die Zuluft auch noch sensorisch untersucht werden. Diese Untersuchung kann nach einer von Pejtersen und anderen [7] beschriebenen Methode durchgeführt werden.

Schlussfolgerungen

- Es wird eine neue, vereinfachte Methode zur quantitativen Bestimmung der Luftverunreinigung in Gebäuden durch Bauteile/Materialien, anwesende Personen und Tabakrauch beschrieben. Erforderlich sind Messungen der CO_2 - und CO -Konzentration und des Zuluftstroms.
- Die Methode wurde in neun Bürogebäuden angewandt. Die Verunreinigungslast lag im Durchschnitt bei $0,23 \text{ oll/m}^3$ Bodenfläche, verursacht durch Bauteile/Materialien (einschließlich Lüftungssystem), bei $0,05 \text{ oll/m}^3$ Bodenfläche verursacht durch anwesende Personen und bei $0,09 \text{ oll/m}^3$ Bodenfläche verursacht durch Tabakrauch.
- Die Luftfraten in den neun Bürogebäuden betragen im Mittel 25 l/s pro Person und 3 l/s pro oll .
- Die Ermittlung der Verunreinigungslast ist der erste Schritt zur Verringerung vermeidbarer Verunreinigungsquellen, die die Raumluftqualität beeinträchtigen.

Literatur

- [1] P. O. Fanger: "Introduction of the oll and the decipol units to quantify air pollution perceived by humans indoors and outdoors." In: Energy and Buildings, Bd. 12(1988), S. 1-6.
 [2] P. O. Fanger, J. Lauridsen, P. Bluyssen, G. Clausen: "Air pollution sources in offices and assembly halls, quantified

LEITEN UND ABSCHALTEN.



Buderus
Motorsegler GE 105
mit Blaubrenner.

Wenn das Wetter "nachhilft", stellen Motorsegler ihr Triebwerk einfach ab. Genau wie der Ecomatic Niedertemperatur-Kessel von Buderus. Herkömmliche Heizkessel dagegen laufen mit hohen Temperaturen weiter, auch wenn keine

HEIZEN IN HARMONIE MIT DEM WETTER: JEDER BUDERUS NIEDERTEMPÉRATUR-KESSEL "GLEITET" STUFENLOS BIS 20° C. UND SCHALTET VÖLLIG AB, WENN KEINE ENERGIE GEBRAUCHT WIRD.

Energie benötigt wird. Vergleichen Sie: stufenloses Gleiten, Totalabschaltung und automatische Sommer/Winter-Umschaltung

sind bei Buderus Standard. Ohne Aufpreis. Nähere Informationen erhalten Sie kostenlos bei Buderus Heiztechnik GmbH, Postfach 12 20, 6330 Wetzlar 1.

Buderus
Heiztechnik

by the off unit." In: Energy and Buildings, Bd. 12(1988), S. 7-19.

[3] E. Thorstensen, C. Hansen, J. Pejtersen, G. Clausen, P. O. Fanger: "Air pollution sources and indoor air quality in schools." In: Proc. of Indoor Air '90, Toronto 1990, Bd. 1, S. 531-536.

[4] P. Bluyssen, H. Kondo, J. Pejtersen, L. Gunnarsen, G. Clausen, P. O. Fanger: "A trained panel to evaluate perceived air quality." In: Proc. of CLIMA 2000, Sarajevo 1989, Bd. 3, S. 25-30.

[5] P. O. Fanger: "Ein neues Komfortmodell für Raumluftqualität." In: K1 - Klima Kälte Heizung 16 (1990), Nr. 7/8, S. 315 - 317.

[6] W. S. Cain, B. P. Leaderer, R. Isseroff, L. G. Berglund, R. J. Huey, E. D. Lipsitt, D. Perlman: "Ventilation requirements in buildings - I. Control of occupancy odor and tobacco smoke odor." In: Atmospheric Environment, Bd. 17,6(1983), S. 1183-1197.

[7] J. Pejtersen, P. Bluyssen, H. Kondo, G. Clausen, P. O. Fanger: "Air pollution sources in ventilation systems." In: Proc. of CLIMA 2000, Sarajevo 1989, Bd. 3, S. 139-144, (3061)

Energie- und Umweltbilanz von RLT-Anlagen in Gebäuden

Pionierarbeit für die Zukunft

Von Prof. Dr. Peter Suter

Im Laufe der letzten zwei Jahrzehnte konnten bei der Energiekennzahl (EKZ) von Gebäuden (Jahresenergiebedarf pro Geschossfläche) markante Veränderungen festgestellt werden. Der nachfolgende Artikel gibt Lösungsvorschläge zu dieser Problematik und stellt eine in die Zukunft weisende Methode vor, wobei die genannten Zahlen für die Schweiz gelten und für Wärme und Elektrizität je gesonderte Werte ausgewiesen werden.

Zürich, Wärme wird vor allem für die Heizung im Winterbetrieb benötigt; sie nahm stark ab, siehe Tab. 1, einerseits wegen der besseren Isolierung der Außenwände, andererseits wegen der erhöhten inneren Lasten. Der verbleibende Bedarf wird in hohem Maße durch die Lüftung bestimmt. Elektrizität wird für Beleuchtung, Apparate und (bei Geschäftsbauten) für Kühlung im Sommerbetrieb eingesetzt; für letztere ist der Luftvolumenstrom wiederum ein maßgebender Parameter. Die Daten der Tab. 1 zeigen in den gleichen zwei Jahrzehnten eine deutliche Zunahme. Die Raumlufttechnik beeinflusst die Energiebilanz eines Gebäudes auf verschiedene Art und Weise, wobei die Auswirkungen mehr den Heizbetrieb (H) oder den Kühlbetrieb (K) betreffen können.

a) Der Frischluftvolumenstrom, der durch die Art der Strömungsführung in den Einzelräumen, das heißt durch die Lüftungseffizienz maßgebend beeinflusst wird, wirkt sich auf den Wärme- (H) und Elektrizitätsbedarf (K) stark aus.

- b) Der totale Zuluftvolumenstrom, der auch die Umluft umfaßt, beeinflusst vor allem den Elektrizitätsbedarf (H und K); er hängt sowohl vom Raumluftsystem als auch vom Kühlkonzept (d) ab.
- c) Der Wärmeübergang an Bauteilen hängt von der Lüftungsführung und vom Luftvolumenstrom ab, und er beeinflusst die Wärmeverluste nach außen; der Einfluß ist aber gering, da die Isolationsgüte der Außenwände dominiert.
- d) Mit ihrer Einbindung in das Kühlkonzept kann die Lufttechnik einen wesentlichen Einfluß auf die Energiebilanz (K) haben; entscheidend sind hier etwa die konzeptionellen Entscheidungen:
- Soll Luft oder Wasser die Kühllast abtransportieren?
 - Soll intensive Nachtkühlung angewendet werden?
 - Wie wird die Beleuchtungsabwärme abgeführt?
- e) Spezielle energetische Transportaufgaben obliegen der Raumluft bei der Solararchitektur (H und K), indem sie anfallende Sonnenenergie zu anderen Gebäudezonen oder zu Speichern (zum Beispiel Schüttispeicher) verschieben. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Kenntnis der Strömung durch große Öffnungen.

- f) Das lüftungstechnische Anlagekonzept beeinflusst sowohl den Elektrizitäts- als auch den Wärmebedarf stark (H und K), insbesondere
- Umluftbetrieb,
 - Wärmerückgewinn, wobei eventuelle Zwischenwärmeträger die Dispositionsfreiheit erhöhen,
 - Wärmepumpen/Kühlmaschinen im Luft-/Luftbetrieb,
 - Speicherung von Energie in speziellen Bauteilen (mit Luftkanälen).

Lüftung und Umwelt

Der geschickten Konzeption von Lüftungssystemen kommt also eine hervorragende und steigende Bedeutung bezüglich der Energiebilanz von Gebäuden zu. Sollen nun verschiedene Lösungen gegeneinander abgewogen werden, ist eine energetische Gesamtbetrachtung unerlässlich, das heißt, neben der im Betrieb der Anlage benötigten Energie E_n ist auch die in die Herstellung der Anlage investierte Energie E_i in den Vergleich einzubeziehen, so daß die Gesamtenergie E für die k Lebensjahre der Anlage folgenden Wert annimmt:

$$E = k \cdot E_n + E_i$$

Es kann durchaus eine Variante zwar weniger Betriebsenergie benötigen, diesen Vorteil aber durch erhöhte investierte Energie wieder ganz oder teilweise verlieren.

Nun findet aber, neben dem Energiebedarf, die durch ein Gebäude verursachte Umweltbelastung U mit Recht zunehmende Beachtung.

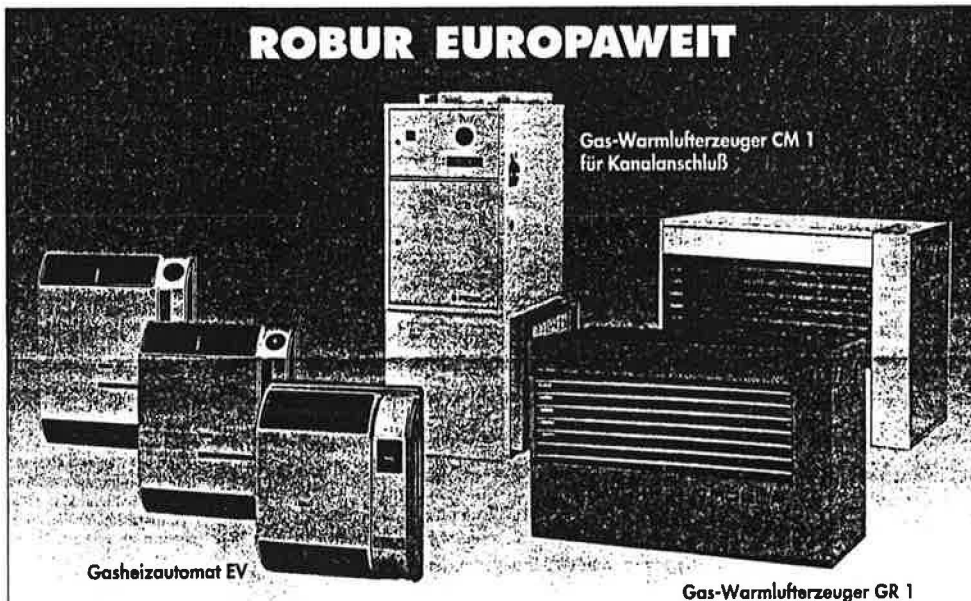
Noch wichtiger als bei der Energiebilanz ist es hier, neben der Belastung U_n im Betrieb die bei der Herstellung und Entsorgung der Anlagen investierte Umweltbelastung U_i zu berücksichtigen, so daß die Gesamtbelastung U lautet:

$$U = k \cdot U_n + U_i$$

Als Beispiele sei auf Reinigungsmittel und Packstoffe hingewiesen, und es sei erwähnt, daß auch bei der Betriebsbelastung U_n zu der die Energieumwandlung meist den Hauptanteil liefert, die vorgelagerten Stufen einbezogen werden müssen (Kraftwerke, Raffinerien, Transporte), ja auch die Herstellung der Kraftwerke selbst (zum Beispiel Beton für Kraftwerksbauten). Die Aufgabe ist gewiß komplex, aber lösbar. So sind Listen der Schadstoffbelastung verschiedener Energieketten unter Berücksichtigung aller vorgelagerten Stufen bekannt oder in Arbeit (sogenannte Emissionsfaktoren) (siehe Abb. 2, [1], [2], [3]).

Äquivalenzfrage

Allerdings stellt sich ein weiteres schwieriges Problem. Während es bei der Energie geht, alles auf Primärenergie



SCHON IMMER VERSTEHEN WIR UNS ALS PARTNER UNSERER KUNDEN

Was für ein Projekt Sie im Bereich der Gaswärmelüftung auch planen, Sie können schon jetzt auf eine vernünftige Lösung setzen.

ROBUR hält für Planer und Installateure die entsprechende Technik bereit. Eine Technik, die innovativ, kreativ und funktionell ist.

ROBUR ist die Antwort! Dies resultiert aus über 30 Jahren Erfahrung. Wir investieren für unsere Kunden mehr als 7% des Umsatzes in Forschungs-

und Entwicklungsarbeit.

100.000 installierte Geräte europaweit sprechen für sich.

ROBUR ist kurz gesagt, der ideale Partner für alle, welche große Projekte mit gutem Resultat durchführen wollen.



GEPRÜFTE SICHERHEIT UND QUALITÄT

ROBUR - eine sichere und konkrete Antwort.

Alle Mitarbeiter unserer Verkaufsorganisation sind Profis, Spezialisten im Heizungsbereich und erfahren in der praxisnahen Anwendung.

Fordern Sie uns!

