

Tagungsband

bauphysiktagung 2002



Tagungsband zur Bauphysiktagung 2002 am 18. Oktober 2002 an der TU Graz

Konzeption: Dipl.-Ing. Herwig Hengsberger
Design: Heiko Tischler, Jakob Waldhör

Vorwort

Die im Zweijahresrhythmus stattfindende Bauphysiktagung steht diesmal unter dem Motto „Bauphysik – über die Grenzen hinweg“ und soll wie bereits in der Vergangenheit den Dialog nicht nur zwischen den mit bautechnischen/bauphysikalischen Fragestellungen konfrontierten Fachleuten initiieren und fördern - das Programm ist wieder interdisziplinär ausgerichtet, sodass mittelbare oder unmittelbare Anknüpfungspunkte zur Bauphysik bereits aus den Themen ableitbar sind; die Vorträge selbst stellen die Gemeinsamkeiten mit den Wurzeln der Bauphysik her, lassen so das eine oder andere Aha-Erlebnis erwarten und werden in weiterer Folge Verbindungen zu scheinbar fachfremden Disziplinen ergeben.

In diesem Sinne auch unser diesjähriges „Tagungs-Maskottchen“ - der Laubfrosch.

In geradezu idealer Weise symbolisiert er die drei Kernbereiche der Bauphysik: Wärme, Feuchte, Schall. Schalltechnisch gibt er Beispiele für Subjektivität bzw. Individualität. Vermarktetes Quacken („Urlaub am Bauernhof“), da die Kommunikation unter den Fröschen bei vielen Menschen positive, naturverbundene Gefühle hervorruft; andere fühlen sich belästigt (Wilhelm Busch: „Musik wird oft als Lärm empfunden, weil sie mit Geräusch verbunden“). Aber auch wärme- und feuchtigkeitstechnisch ein Phänomen: sein Körper friert im Winter von außen nach innen langsam ein - nur der innerste Kern hält die Lebensfunktionen aufrecht; im Frühjahr taut er wieder auf und der Frosch lebt munter weiter. Für das Wettergeschehen werden ihm prognostische Fähigkeiten zugesprochen – ein Sinnbild für das Aufzeigen von Trends in der Bauphysik!

Sehr geehrte Teilnehmerin, sehr geehrter Teilnehmer! Lassen Sie sich von den Vorträgen, Diskussionsbeiträgen und Pausengesprächen inspirieren - ja provozieren zu fächerübergreifenden Gedanken und Ideen. Finden Sie Anregungen und Antworten für bauphysikalische Fragestellungen - schauen Sie über die Grenzen hinweg. Dazu wünsche ich Ihnen einen interessanten, erkenntnis- und erlebnisreichen Bauphysiktag 2002 an der TU Graz!

Peter Kautsch

Programm und Inhaltsverzeichnis

09:15 Uhr

Eröffnung durch den Rektor der TU Graz

O.Univ.-Prof. Dr.rer.pol. Dr.h.c. Erich Hödl

Vorwort durch den Veranstalter

1 09:30 Uhr

Raumakustik - Neue Bauteile für besseres Hören und weniger Lärm

5

Prof. Dr.-Ing. Helmut Fuchs

Fraunhofer-Institut für Bauphysik - Stuttgart

Abt. Raumakustik, Technische Akustik

2

Brandschutz – Neue Philosophie – Neue Prüfverfahren – Neue Klassifizierung

21

Baurat h.c. Dir. Dipl.-Ing. Klaus Moser

Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung, Linz

Diskussion

10:45 Uhr Kaffeepause

3 11:15 Uhr

Wider den Ökopatschen

37

Prof. Arch. Dipl.-Ing. Roger Riewe

Institut für Hochbau für Architekten

Fakultät für Architektur, TU Graz

4

Integrative Simulationswerkzeuge für die Beurteilung der Gebäudeperformance

41

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Ardeshir Mahdavi

Abteilung für Bauphysik und Humanökologie, TU Wien

5

Gebäudetechnik im Wandel – Voraussetzungen für Telehomecare

47

O.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Helmut Hutten

Institut für Elektro- und Biomedizinische Technik

Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, TU Graz

Diskussion

13:00 Uhr Mittagsbuffet

- 14:30 Uhr**
- 6** **Nichts hält ewig – Anmerkungen zu Architektur und Bauphysik in Kalifornien** 63
O.Univ.-Prof. Arch. Dipl.-Ing. Volker Giencke
Universität Innsbruck, Graz
- 7** **Winderregte Schwingungen an Seilkonstruktionen** 67
VR Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Günter Kern
Institut für Mathematik
Technisch-Naturwissenschaftliche Fakultät, TU Graz
- Diskussion**
- 15:45 Uhr Kaffeepause
- 16:15 Uhr**
- 8** **Medizinsoziologische Befunde zum Wohnumfeld** 71
Ao.Univ.-Prof. Mag. Dr. Gerhard Grossmann
Institut für Soziologie - Universität Graz
- 9** **Entlüftung von Tiefgaragen und Unterflurtrassen in stark verbautem Gebiet** 79
Ao.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Peter-Johann Sturm
Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
Fakultät für Maschinenbau, TU Graz
- 10** **Die Fassade im „Haus der Zukunft“** 85
Ao.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. DDr. Peter Kautsch
Institut für Hochbau und Industriebau
Fakultät für Bauingenieurwesen, TU Graz
- Diskussion**
- 18:00 Uhr**
Schlusswort und Verabschiedung durch den Veranstalter

Raumakustik – Neue Bauteile für besseres Hören und weniger Lärm

Prof. Dr.-Ing. Helmut Fuchs; Prof. X. Zha
Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart
Abteilung Raumakustik, Technische Akustik

1. Einleitung

Die Bekämpfung des Lärms technischer Schallquellen ist zu einem zentralen Anliegen des Umweltschutzes geworden. Für lärmindernde Maßnahmen an der Quelle, auf dem Ausbreitungswege und am Immissionsort stehen leistungsfähige Mess-, Rechen- und Auslegungsverfahren sowie zahlreiche Bauelemente von Schalldämpfern und –kapseln bis hin zu persönlich am Ohr zu tragendem Gehörschutz zur Verfügung. Lediglich bei der Dämmung und Dämpfung der tieffrequenten Geräuschanteile gibt es noch Entwicklungsbedarf für kostengünstige und raumsparende Lösungen und Produkte. Mittlerweile treten die vom Menschen selbst bei Arbeit und Freizeit verursachten Lärmbelastungen gegenüber den sogenannten Fremd- oder Störgeräuschen von Maschinen und Anlagen (insbesondere Straßen-, Schienen- und Luftwegen) in den Vordergrund. Nicht wenige Zeitgenossen schädigen ihre Ohren langsam, aber irreparabel, mit Schalldruck-Pegeln von weit über 90 dB(A), zeitweise bis 110 dB(A) durch laute Musikdarbietungen (live oder von Konserven, mit Lautsprechern oder Kopfhörern). Andere leiden mit unter dieser Belastung, weil sie sich nicht immer verschließen oder ausweichen können. In diesem mit weiter wachsender Technisierung und Motorisierung sowie absichtsvoller Beschallung offenbar unvermeidbar immer lauterem Umfeld, das in wortstarken Lamentos von Besorgten und Betroffenen ständig beklagt wird, ist ein ganz anderes Lärmproblem, auch von der Fachwelt fast unbemerkt, ebenfalls stark angeschwollen:

Dieses Problem hat unmittelbar mit der heute vorherrschenden architektonischen Gestaltung und der üblich gewordenen Bautechnik zu tun. Der Trend zu immer mehr Glas, Beton und Naturstein in Wänden, Decken und Böden ist ungebrochen. Auch der Innenausbau kennt kaum noch faserige oder poröse Materialien, die zB in der Form von Teppichen, Vorhängen, „Akustik“-Decken und -Putzen oder Polster-Möbeln für etwas Dämpfung im Raum sorgen könnten. Stattdessen erfreuen sich glatte, geschlossene Oberflächen, die klinisch sauber bleiben bzw. leicht zu reinigen sind, zunehmender Beliebtheit. Nachdem im Zuge einer immer weiter um sich greifenden Bauteil-Aktivierung für Kühlung und Heizung jede thermische Isolierung an den Raumbegrenzungen verpönt ist, haben es die akustischen Berater schwer, überhaupt noch Flächen zu finden, vor denen sie konventionelle Akustik-Materialien anzubringen empfehlen können.

Gleichzeitig steigen die Anforderungen an Lärmschutz und akustische Behaglichkeit insbesondere in Räumen für kommunikationsintensive Tätigkeiten im Arbeits- wie im Freizeitbereich. Lehrer haben wachsende Verständigungsprobleme in ihren Klassen mit hohem Ausländeranteil, die sie schnell heiser, oft krank und früh pensioniert werden lassen. Musiker verlieren in ihren für ihre anstrengende Arbeit ebenfalls völlig unzureichend konditionierten Probensälen und Orchestergräben frühzeitig ihr wertvolles Hörvermögen. Auch in der übrigen Bevölkerung steigt der Anteil der Schwerhörigen stetig an (in Deutschland mittlerweile auf 20 %).

6

Um so wichtiger wäre es, dass man die Hörsamkeit (die „Akustik“) nicht nur in großen Sälen für hochwertige Musik- und Sprachdarbietungen, sondern auch in kleinen und mittleren Räumen für kommunikationsintensive Nutzungen aller Art durch den Einbau geeigneter Akustikenelemente für den jeweils vorgesehenen Gebrauch optimal einstellt. Es ist eigentlich eine Vergeudung von Ressourcen, wenn man Schulzentren oder Bürokomplexe aufwändig errichtet, aber am Ende die wenigen Prozent der Baumittel einspart, die für eine angenehme akustische Gestaltung notwendig wären. So manchen teuren Gourmet-Tempel möchte man so schnell wie möglich wieder verlassen, weil zwar die Küche exquisit, das Ambiente optisch attraktiv, aber die akustische Behaglichkeit miserabel ist. Da hilft es dem Betreiber solcher Etablissements auch wenig, wenn er unter die Tischplatten etwas Schaumstoff klebt, was auch aus hygienischen Gründen haarsträubend ist. Will man in allen der Kommunikation dienenden Räumlichkeiten nicht nur ein angemessenes Raumklima sondern auch eine angenehme Raum-Akustik schaffen, so kann man dies zeitgemäß nur mit kompakt bauenden Modulen mit glatten, harten und geschlossenen Oberflächen erreichen, die an Decken und Wänden sowie in Nischen (zB hinter Heizkörpern) wie andere Design-Elemente und technische Gebäudeausrüstungen auch im Innenausbau integriert werden können. Hier haben Entwicklungen des Fraunhofer IBP Möglichkeiten geschaffen, das akustische Ambiente allen kommunikativen Ansprüchen anzupassen, ohne dass man zu den faserigen, porösen Dämpfungsmaterialien hinter Folien, Vliesen und Lochabdeckungen zurückkehren muss. Für die früher fast ausschließlich behandelten mittleren und hohen Frequenzanteile haben sich zB auch mikro-perforierte Flächengebilde aus den unterschiedlichsten Materialien ohne jede weitere Auflage bewährt. Innovative Werkzeuge und Bauteile werden helfen, die berechtigten Anforderungen der demnächst erscheinenden neuen DIN 18 041 (Hörsamkeit in kleinen bis mittelgroßen Räumen) im gesamten relevanten Frequenzbereich von 63 Hz bis 8000 Hz ohne falsche Kompromisse zu erfüllen. Diese Norm könnte in einem eher innovationsresistenten Bau-Markt ähnliche Impulse geben wie einst die DIN 4108 (Wärmeschutz im Hochbau) und 4109 (Schallschutz im Hochbau) für die wärme- und schalldämmenden Bauteile. In der Bauphysik erhält damit eine Sparte neue Bedeutung und Dynamik, die bisher nur als „Mauerblümchen“ ein Dasein ohne zwingende Notwendigkeit gefristet hat.

Anderenfalls werden zunehmende Reklamationen bei neu errichteten, aber auch bei teuer restaurierten Gebäuden zu umständlichen Nachbesserungen führen, die erfahrungsgemäß viel kostspieliger sind als rechtzeitig geplante raumakustische Maßnahmen.

2. Raum-Akustik und Ergonomie

Dank immer stärkerer Rationalisierung nimmt die Zahl besonders lauter Arbeitsplätze in Werkhallen ab. Gleichzeitig vermehren sich Arbeitsplätze mit höheren geistigen und kommunikativen Anforderungen. Die Produktivität von Beamten, Angestellten und Führungskräften wird noch stärker als diejenige von Handwerkern und Industriearbeitern durch Lärmstörungen beeinträchtigt. Büromaschinen, Lüftungsanlagen und Telefongespräche des Nachbarn können zwar das Gehör bei Schallpegeln unter 80 dB(A) nicht nachhaltig schädigen, entsprechend der Lärmwirkungsskala in Bild 1 treten aber bereits ab 70 dB(A) vegetative Störungen auf [1].

In Büro- und Besprechungsräumen ist mit steigenden Schalldruckpegeln zwischen 50 und 70 dB(A) ein wachsender Leistungsabfall eindeutig feststellbar. Die Arbeitsstättenverordnung verlangt daher für „überwiegend geistige“ Tätigkeiten die Einhaltung eines Grenzpegels von 55 dB(A). Für eine lärmgerechte Gestaltung neuer und vorhandener Arbeitsstätten empfiehlt zB DIN EN 31 690 (Richtlinien für die Gestaltung lärmarmen Arbeitsstätten) 45 bis 55 dB(A) für „übliche Büroarbeit“ und 35 bis 45 dB(A) für „Arbeiten mit besonderer Konzentration“. Diese Zielvorgaben werden leider regelmäßig durch laute Drucker, Kopierer, Lüfter und Klimaanlage überschritten. Aber auch die Nutzer, zB von Großraumbüros, erzeugen oft höhere Störpegel durch laute Unterhaltung und Ferngespräche.

Zur Lärminderung kommen in diesem beispielhaft herausgegriffenen Bau-Bereich folgende Maßnahmen in Betracht:

- a) Maßnahmen an den Schallquellen selbst, die die Schallentstehung verhindern oder mindern.
- b) Kapselungen und Abschirmungen durch raumhohe Abtrennungen, um Schallübertragungen zu reduzieren.
- c) Raumakustische Dämpfungsmaßnahmen an Decke, Wänden und Raumteilern.

Die dritte Gruppe von Maßnahmen hat, bei richtiger Auslegung nach dem neuesten Stand der Erkenntnisse [2], drei wesentliche Vorteile:

- sie wirken lärmindernd auf alle im Raum fest installierten Schallquellen ebenso wie auf Geräusche, die von außen in den Raum dringen,
- sie sorgen für ein angenehmes akustisches Ambiente, das Sprache (auch am Telefon) besser verständlich und jede Art der Kommunikation weniger anstrengend macht,
- sie können die Nutzergeräusche erheblich senken, weil eine klare, transparente Akustik nicht zum lauten Sprechen provoziert, sondern eher zu verhaltenen Äußerungen animiert.

Die nur bei hohen und mittleren Frequenzen wirksamen porösen oder faserigen Akustik-Materialien, wie üblich hinter Lochplatten versteckt, erfüllen die schalltechnischen Anforderungen nur unzulänglich, machen den Raum oft nur „dumpf“. Auch die konventionellen „Akustik“-Decken, weiche Gehbeläge und selbst dicke Vorhänge helfen oft nicht weiter. Akustische Behaglichkeit stellt sich erst ein, wenn auch die tiefen Frequenzen durch geeignete Resonatoren breitbandig bedämpft werden.

An eine ausreichende Schalldämmung gegenüber Außengeräuschen wird im Sinne eines Schallschutznachweises, zB nach DIN 4109 (Schallschutz im Hochbau – Anforderungen und Nachweise), in der Regel rechtzeitig gedacht. Auch die Standard-Anforderungen an Wände und Decken zwischen benachbarten Räumen werden bei der Ausführungsplanung regelmäßig berücksichtigt. Die Raum-Akustik hat für die meisten Baubeteiligten aber etwas „Okkultes“, das man schlecht fassen, kaum beschreiben und deshalb auch nicht recht planen kann. Allenfalls bei Sälen, die einem großen Auditorium Kunstgenuss durch Schauspiel, Oper oder Konzert vermittelt werden sollen, leihen die Bauherren und Planer einem (dann möglichst namhaften) Akustiker ihr Ohr. Selbst in professionellen Audio-Räumen für die Produktion hochwertiger Tonkonserven lässt die Raum-Akustik bei tiefen Frequenzen oft zu wünschen übrig. Die Missachtung ergonomischer Anforderungen an die Raumakustik gipfelt aber im üblichen Innenausbau von Schulräumen, Konferenzimmern und Büros. Hier begnügt sich der schalltechnische Berater, wenn er überhaupt gehört wird, meistens mit der Empfehlung einer Unterdecke, die mindestens 200 mm von der Rohdecke abgehängt sein sollte. Aber selbst wenn diese einen bewerteten Schallabsorptionsgrad α_w von zB über 80 % (entsprechend Klasse B nach DIN EN ISO 11 654 (Schallabsorber für die Anwendung in Gebäuden – Bewertung der Schallabsorption)) aufweisen sollte, garantiert diese Maßnahme allein noch kein gutes Ergebnis, weil sie vor allem den Frequenzbereich oberhalb 250 Hz bedämpfen würde. Auch wenn alle Wände mit leichten Gipskarton-Schalen beplankt sind und große Fensterflächen den Raum begrenzen, lösen diese das raumakustische Problem nicht, weil sie bei den tiefen Frequenzen nur sehr schmalbandig absorbieren.

3. Das Problem der tiefen Frequenzen in kleinen Räumen

Konventionelle raum- und bauakustische Anforderungen konzentrieren sich entsprechend geltenden Normen auf den Frequenzbereich zwischen 125 Hz und einigen kHz. Für Räume, deren Abmessungen in allen Richtungen größer als ca. 10 m sind, gelten dann die Gesetze geometrischer Akustik; bei stationärer Anregung bildet sich ein homogenes („diffuses“) Schallfeld aus, das an den Raumbegrenzungen mit üblichen Schallabsorbern bedämpft werden kann. Bei tieferen Frequenzen reagieren kleinere Räume dagegen bei ganz bestimmten Frequenzen nach Art von Hohlraum-Resonatoren. Das Schallfeld ist wie in stehenden Wellen vor reflektierenden Wänden ausgesprochen inhomogen [3] mit Pegeldifferenzen über 20 (bis 40) dB. Weil der unbedämpfte Raum zwischen den tiefsten Eigenfrequenzen praktisch nicht anregbar ist, resultiert aus dieser anomalen Raumantwort eine massive Verfärbung des Klangbildes je nachdem, wo sich Schallerzeuger und –empfänger befinden.

Der für die Verständlichkeit wichtigste Frequenzbereich ist durch hellere Vokale und stimmhafte Konsonanten männlicher wie weiblicher Stimmen auf etwa 500 bis 4000 Hz konzentriert. Darunter schließt sich der für die Deutlichkeit weniger wichtige, durch das Schnarren der Stimmbänder angeregte, Grundtonbereich bis etwa 63 Hz herunter an, der zur Verständigung wenig beiträgt, aber die Eigenfrequenzen des Raumes stark anregen kann. Die Sprachverständlichkeit wird zum einen natürlich beeinträchtigt, wenn Störgeräusche im „wertvollen“ Spektralbereich eindringen. Hohe Frequenzen werden aber außerdem bei gleichzeitigem Ertönen tiefer Frequenzanteile grundsätzlich schwächer wahrgenommen, sozusagen verdeckt oder maskiert. Wenn daher Frequenzanteile auch weit unterhalb von 500 Hz, zB bei 63 oder 50 Hz, noch stark vorhanden sind, so kann man nachweisen, dass diese die Sprachverständigung zusätzlich stark beeinträchtigen und eine Unterhaltung unter mehreren Personen sehr anstrengend machen können. Die gleiche Gesprächsrunde mit 3 oder mehr männlichen Teilnehmern hört sofort den Unterschied, ob der Raum bei tiefen Frequenzen, insbesondere auch unter 100 Hz, ungehindert dröhnt oder entdröhnt wurde, gleichgültig, wie stark die hohen Frequenzen (etwa oberhalb 500 Hz) bedämpft wurden.

4. Neue Norm definiert Anforderungen

In den einschlägigen Standardwerken zur Bau- und Raumakustik [4, 5, 6] kann man nachlesen, dass der Raum, für jede Art der anspruchsvollen Nutzung, umso weniger nachhallen sollte, je kleiner er ist. Alle Experten sind sich auch seit langem einig, dass die niedrigsten Nachhallzeiten stets für überwiegende Anregung durch Sprache zu fordern sind. Mit den Sollkurven der Nachhallzeiten für normale und etwas höhere Anforderungen an die Sprachverständlichkeit gibt die in Kürze erscheinende neue DIN 18 041 daher nur die durch Erfahrung gesicherten Werte wieder. Man sollte bei ihrer Anwendung aber berücksichtigen, dass ihnen Messungen in und Auslegungen für Quader-Räume zugrunde liegen, deren Querabmessungen nicht sehr viel größer als ihre Höhe sind. Für ausgesprochene Flachräume, wie sie zB oft für Mehrpersonen-Büros zur Anwendung kommen, sollte man für eine sichere Planung ein entsprechendes Teil-Volumen für die Festlegung der Nachhallzeit T_{soll} bei mittleren Frequenzen ansetzen.

Für musikalische Darbietungen ist nach allen anerkannten Lehrmeinungen eine höhere Nachhallzeit nicht nur zulässig, sondern sogar wünschenswert, weil man dabei zumindest bei Live-Veranstaltungen, die Raumumgebung „mithören“ möchte. Das genaue Gegenteil ist aber in Klassenzimmern ebenso wie in Büros und anderen von Menschen gleichzeitig genutzten Räumen der Fall. Hier sollte Sprache möglichst ohne störende Einflüsse des Raumes zum Zuhörer oder Telefonhörer übertragen werden. Andernfalls müssen alle am Gespräch beteiligten oder unabhängig Sprechenden sich lauter als nötig artikulieren bis zu dem leider allzu oft zu beobachtenden Zustand, dass jeder kaum noch sein eigenes Wort verstehen kann. Trotzdem wird, selbst bei der Sanierung eklatanter Fehlplanungen, von manchem Architekten argumentiert, man habe schließlich keinen (nach seiner Meinung anspruchsvolleren) Konzertsaal, sondern „nur“ einen für Sprache tauglichen Konferenzraum oder ein nur mit elektroakustischen Hilfsmitteln benutztes „Call Center“ bauen wollen.

Dagegen steht die Erfahrung aus zahlreichen Beratungs- und Sanierungsfällen, dass für die natürliche, aber noch mehr für die elektroakustisch verstärkte Sprache ein möglichst niedriger Nachhall eindeutig von Vorteil ist. Immer wieder muss man auch der „eingefleischten“ Meinung widersprechen, für Sprache genüge es, sich mit Frequenzen bis 250, allenfalls bis 125 Hz überhaupt zu befassen. Dabei haben alle Autoren in [4, 5, 6] betont, dass die Nachhallzeit, insbesondere zu den tieferen Frequenzen hin, auf keinen Fall um mehr als 20 % gegenüber dem Sollwert bei 500 und 1 000 Hz ansteigen sollte. Wenn man damals schon geeignete Tiefen-Absorber zur Verfügung gehabt hätte, wären von denjenigen, die täglich mit diesen Problemen zu tun hatten, unter 250 Hz sogar abfallende Sollkurven empfohlen worden.

Die Norm gibt daher mit ihrem Toleranzbereich (s. Bild 2) nur wieder, was seit langem unter Fachleuten unumstritten war: Schallanteile unter 125 Hz enthalten keine nützlichen Informationen und sollten deshalb, auch durch den Raum, nicht verstärkt werden. Mit der ausdrücklichen Forderung, „Berechnungen und Messungen grundsätzlich in den Oktaven von 63 bis 4 000 Hz“ durchzuführen, schließt sich die neue Norm einem längst bekannten Stand des Wissens an. Weniger verbreitet ist allerdings die Erkenntnis, wie stark das unartikulierte tieffrequente „Dröhnen“ des Raumes die Sprachverständlichkeit reduziert [2] und was man praktisch tun kann, um mit den tiefen Frequenzen unter den Bedingungen im Bau zurecht zu kommen, ohne die Raumnutzung einzuschränken.

5. Zur Lösung eines allgegenwärtigen Problems

Da es sich insbesondere bei den störenden Eigenfrequenzen um ein klar definiertes räumliches Problem handelt, liegt es nahe, dieses auch durch geometrische Maßnahmen zu lösen, die aus der klassischen Raumakustik abgeleitet sind:

Schrägstellen von Wänden

Wenn man Wände kleiner Räume etwas schräg stellt, so lassen sich bekanntlich „Flatterechos“ vermeiden. Diese bei höheren Frequenzen tatsächlich wirkungsvolle Maßnahme hat aber mit notgedrungen dünnen schallabsorbierenden Wand- und Deckenauskleidungen gemeinsam, dass sie bei tiefen Frequenzen fast nichts bringen.

Anbringen von Diffusoren

Man könnte daran denken, durch Installation spezieller Diffusoren die Raumakustik kleiner Räume zu verbessern. Aber hier gilt, dass diese erst dann etwas brächten, wenn ihre Abmessungen von der Größenordnung der Wellenlänge wären, also das kostbare, wichtige Raumvolumen weiter eingeschränkt würde.

Wahl der Raumgeometrie

Das Problem der kleinen Räume tritt verschärft in Erscheinung bei ungünstiger Raumgeometrie und solchen, die ganz oder teilweise von konkaven (zB kugelförmigen, zylindrischen, elliptischen) Flächen begrenzt werden. Sofern der Akustiker überhaupt frühzeitig (dh. vor Baubeginn) Einfluss auf die Grundrissgestaltung und Formgebung der Räume ausüben kann, so sollte er zu quaderähnlichen Geometrien mit *nicht* ganzzahligen Seiten-Verhältnissen raten, weil dann die Eigenfrequenzen des Raumes tendenziell gleichmäßiger verteilt auftreten. Wo dies nur mit Verlusten an umbautem Raum und/oder Einschränkung der Nutzungsmöglichkeiten möglich wäre, sollte man bei ungünstiger Raumgeometrie unbedingt geeignete Absorber konsequent zum Einsatz bringen.

Die nachstehend beschriebenen Bauteile versprechen in jedem Falle deutlich hörbare Verbesserungen – nur wird bei ungünstig geschnittenen kleinen Räumen der Aufwand etwas größer oder, bei gleichem Aufwand, das Ergebnis etwas schlechter als bei optimalen geometrischen Vorgaben durch den Rohbau.

In Beratungs-, Auslegungs- und Sanierungsprojekten konnte das IBP eine besonders raumsparende Variante seiner Alternativen Faserfreien Absorber ALFA [7, 8] für tiefe Frequenzen optimieren. Die konsequente Anwendung des neuartigen Dämpfungsprinzips baut Resonanzüberhöhungen des Raumes ab und hebt die Anregung zwischen den Eigenfrequenzen an, so dass eine gleichmäßigere Übertragungsfunktion von 50 Hz aufwärts realisiert wird, ohne dass voluminöse „Kassettendecken“, „Kantenabsorber“, oder „Bassfallen“ [9] Raum wegnähmen und dem Innenarchitekten das Design zerstörten. Im Folgenden sollen neuartige ALFA-Bauelemente kurz angesprochen werden, die sich besonders zur Behandlung des unteren Frequenzbereichs in anspruchsvollen Umgebungen bereits vielfach bewährt haben.

Zuvor soll aber einem (auch unter Akustikern) verbreiteten Vorurteil widersprochen werden: Dem Raum seine individuellen Eigenheiten zu nehmen, heißt keinesfalls, dass in ihm danach Sprache und Musik leblos, stumpf oder dumpf klingen würde. Ein mit geschulter Artikulation, gezielter Dynamik und individueller Klangfarbe vorgetragenes Schallereignis braucht keine (je nach den Raumabmessungen) zufällige Anhebung und Unterdrückung in unverrückbaren, schmalen Frequenzbändern. Die pompöse Verstärkung, die etwa eine Bassstimme im rundum schallharten Badezimmer bei bestimmten Tönen erfährt, wird wohl kaum als Verbesserung des Klangbildes wahrgenommen.

6. Mikroperforierte Flächengebilde

Großflächige Bauteile aus Metall, Holz oder Kunststoff, die mit einer Vielzahl sehr kleiner (bevorzugt < 1 mm) Löcher versehen sind, die dem Schall mit nur einigen Prozent offen stehen, können über 80 % der einfallenden Schallenergie schlucken. Bild 3 zeigt zB den Absorptionsgrad eines nur 0,1 mm dicken mikroperforierten Bauteils bei variablem Abstand von einer schallharten Rückwand. Inzwischen liegen praktische Erfahrungen mit einer neuartigen Akustikdecke vor, die im Gegensatz zu herkömmlichen, mit Mineralwolle, Vlies und Putz gestalteten Decken nach den geltenden Normen und Richtlinien nicht besonders qualifiziert erscheint, die aber in der Ausführung sehr gute Ergebnisse erzielt hat [10]. In einem 10 x 7 x 3 m großen Raum mit schallharten Wänden und Boden sowie karger Möblierung wurde eine 0,5 mm dicke mikroperforierte Metallkassetten-Decke 40 cm unter der Decke abgehängt. Auch ohne Personen liegt die Nachhallzeit ab 125 Hz bereits innerhalb des zu fordernden Bereiches (Bild 4).

Die Vorteile der im Allgemeinen weiß lackierten Deckenelemente,

- gute Schallabsorption (oberhalb 125 Hz),
- hohe Lichtreflexion (> 99 % geschlossene Fläche!),
- leichte Montage (ohne hinderliches Dämpfungsmaterial!)
- beste Reinigungsfähigkeit (trocken oder nass!)

machen dieses ALFA-Bauteil besonders attraktiv für alle Informations- und Kommunikations-Arbeitsplätze, Präsentationsräume und Empfangshallen. Vor Fenstern und Fassaden haben sich vielfach schon mikroperforierte Vorsatzschalen aus Acrylglas bestens bewährt [11]. Da die Luft in den nur 0,5 bis 0,8 mm kleinen Löchern pulsiert, setzen sich diese auch in rauer Umgebung nicht zu. Mit kaum 0,2 mm dicken, noch feiner mikroperforierten Kunststoff-Folien, die nach Bedarf transparent, farbig oder bedruckt geliefert werden können, lassen sich zB hochabsorbierende Rollos vor Fensterflächen oder Besspannungen von Raumteilern anfertigen, die ebenfalls die mittleren und hohen Frequenzanteile in Büroräumen bedämpfen können. Der Anstieg der Nachhallzeit unter 125 Hz in Bild 4 verrät aber, dass man allein mit dem mikroperforierten Ersatz für die diversen porösen und faserigen Akustik-Materialien die Forderungen gemäß DIN 18 041 nicht immer erfüllen kann.

7. Verbund-Platten-Resonatoren

In Räumen, deren Decken nicht vollflächig abgedeckt werden können und in denen auch die tiefen Eigenfrequenzen nachhaltig bedämpft werden müssen, hat sich der Einbau von speziellen Akustik-Modulen in den bevorzugten Abmessungen 1,5 x 1,0 m bereits vielfach bewährt. Sie wurden bisher mit stabilen Lochblechrahmen geliefert und bevorzugt in den Kanten montiert, weil sich hier die Schallenergie bei den tiefen Frequenzen konzentriert. In den meisten Fällen wird Absorption im Frequenzbereich zwischen 50 und 500 Hz mit sogenannten Verbund-Platten-Resonatoren VPR [7, 8] eingebracht. Die VPR-Module bieten dem Schallfeld eine 1 bis 2,5 mm dicke ebene Frontplatte aus Stahl zum Mitschwingen an. Sie „schwimmt“ vollflächig auf einer porösen oder faserigen Rückenplatte mit hoher innerer Dämpfung. Ihre Stirnflächen bleiben in der Regel, zumindest teilweise, schalldurchlässig.

Wenn Absorption auch bei den höheren Frequenzen verlangt wird, kann die Schwingplatte zwischen zwei Dämpfungsschichten in einer Art „Sandwich“-Konstruktion beidseitig eingebettet werden [8]. Mit diesem Breitband-Kompakt-Absorber BKA und dem VPR wurden nicht nur Schallabsorber geschaffen, die den gesamten für alle Kommunikationsräume entscheidenden Frequenzbereich in nur einem Bauelement abdecken (Bild 5).

Ihre Modul-Bauweise ermöglicht auch dort die Gestaltung einer optimalen akustischen Umgebung, wo Decken, Wände und Fußböden für flächige Belegungen mit faserigen oder porösen „Akustik“-Materialien (zB besonderen Putzen oder Gehbelägen) aus architektonischen, energetischen oder haptischen Gründen nicht genutzt werden können. Besonders die aktuelle Bauteil-Aktivierung hat den Bedarf für kompakte Akustik-Bausteine in Büro- und Verwaltungsgebäuden erhöht, die große Flächen zum Heizen, Kühlen und Klimatisieren freilassen.

8. Umsetzungs-Beispiele

Für ein Fraunhofer IBP ist es wichtig, dass nicht nur ein Problem erkannt, analysiert und exemplarisch gelöst werden konnte. Noch bedeutsamer ist es für den Praktiker, dass jetzt eine ganze Palette von innovativen Werkzeugen und Materialien zur Verfügung steht, mit denen alle Baubeteiligten und Nutzer kommunikationsintensiver Arbeitsplätze sich ein behagliches akustisches Ambiente schaffen können. Dass dies unter ganz unterschiedlichen baulichen und ergonomischen Randbedingungen gelingen kann, zeigen einige musterhaft ausgeführte Demonstrations-Projekte:

Vortragsraum in einer Volkshochschule

In dem denkmalgeschützten Raum (Bild 6) konnte die Nachhallzeit bei 63 Hz von 5 auf 1,5 s gesenkt und ab 80 Hz auf konstant 1 s eingestellt werden [12]. Die steigende Lärmbelastung bei Lehrern und Schülern mit Mittelungspegeln bis 85 dB(A) [13] stellt nicht nur für den Trockenbau sondern auch für das Malerhandwerk ein neues Betätigungsfeld mit vorgefertigten VPR-Modulen dar [14].

Büroräume im Fraunhofer IBP

Weil die Überzeugungsarbeit im Bereich Akustik am besten über das Ohr selbst erfolgt, wurden im Institut der Autoren fünf Büro- und Besprechungsräume allein mit VPR-Modulen an Decke und Wänden unterschiedlich stark bei tiefen und mittleren Frequenzen bedämpft [15, 16]. Bisher blieb noch kein Besucher von den Unterschieden in der Sprachverständlichkeit in diesen Demo-Räumen unbeeindruckt. Allerdings meinten manche der Interessenten, das Problem anders lösen zu können – mit zweifelhaftem Erfolg und oft teuren Nachbesserungen.

Glasumschlossene Kabinen

Auch in zeitgemäßen Bürolandschaften und offenen Kundenhallen muss es auch in Zukunft rundum geschlossene Bereiche für vertrauliche Gespräche, Konzentration und Entspannung geben. Um den optischen Kontakt mit der Umgebung zu behalten, werden solche Kabinen gern rundum von Glas umschlossen. Das daraus resultierende Dröhnen lässt sich ebenfalls durch den Einsatz neuartiger faserfreier Schallabsorber mildern, indem die Nachhallzeit auch hier breitbandig weit unter 0,5 s abgesenkt wird [17].

Umbau einer Werkhalle zum Büro- und Schulungszentrum

Selbst große und hohe Räume lassen sich, auch mit Rücksicht auf den Denkmalschutz, akustisch optimal herrichten. In [18] wird exemplarisch vorgeführt, wie die Nachhallzeit in einer 2 400 m³ großen Werkhalle von fast 8 s auf sehr angenehme 1,3 s zwischen 63 und 1 000 Hz abgesenkt werden kann, ohne dass die akustischen Maßnahmen überhaupt in Erscheinung treten müssen (Bild 7).

Office Innovation Center

Das gemeinsam mit anderen Fraunhofer-Instituten in Stuttgart betriebene Office Innovation Center OIC demonstriert seit Jahren nicht nur elektronische und organisatorische Techniken für das Büro der Zukunft, sondern auch die Kommunikation unterstützende Raumgestaltung. So sind im Konferenzraum nicht nur die jeweils aktuellsten Präsentations-Medien installiert. Es wurden auch lärmarme Geräte ausgewählt und die Raumakustik mit mikroperforierten Bauteilen unter der Decke und vor den Fenstern sowie VPR-Modulen an den Wänden optimiert. Außerdem wurden hier eine große Mehrzweckhalle mit frei aufgespannten Folien bedämpft und „Denker-Zellen“ raumakustisch nach dem neuesten Stand der Erkenntnisse aus dem täglichen Beratungsgeschäft behandelt.

9. Literatur

- 1 Fuchs, H. V.: Kostengünstiger Lärmschutz durch fortschrittliche Schalldämpfertechnologien. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 42 (1995), H. 3, S. 61 - 71
- 2 Fuchs, H. V.; Zha, X.: Bessere Kommunikation durch „transparente“ Raumakustik. Gesundheitsingenieur 120 (1999), H. 4, S. 159-168
- 3 Fuchs, H. V.; Hunecke, J.: Der Raum spielt mit bei tiefen Frequenzen. Das Musikinstrument 42 (1993), H. 8, S. 40 - 46
- 4 Winkler, H.; Reichardt, W.: Raumakustische Maßnahmen in Auditorien von Kultur- und Gesellschaftsbauten. In: Taschenbuch Akustik (Hrsg. Fasold, W.; Kraak, W.; Schirmer, W.). Berlin: VEB Verlag Technik, 1984, Kap. 9.4
- 5 Fasold, W.; Sonntag, E.; Winkler, H.: Bau- und Raumakustik. Berlin: VEB Verlag Bauwesen, 1987, Kap. 10.1
- 6 Kultruff, H.: Raumakustik. In: Taschenbuch der Technischen Akustik (Hrsg. Heckl, M.; Müller, H.A.). Berlin: Springer, 1994, Kap. 23.4.1
- 7 Fuchs, H. V.; Zha, X.: Wirkungsweise und Auslegungshinweise für Verbund-Platten-Resonatoren. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 43 (1996), H. 1, S. 1 - 8

- 8 Fuchs, H. V.: Alternative fibreless absorbers – New tools and materials for noise control and acoustic comfort. ACUSTICA 87 (2001), H. 3, S. 414 - 422
- 9 Fuchs, H. V.: Zur Absorption tiefer Frequenzen in Tonstudios. Rundfunktechnische Mitteilungen 36 (1992), H. 1, S. 1 - 11
- 10 Fuchs, H. V.; Häusler, C.; Zha, X.: Kleine Löcher, große Wirkung. Trockenbau Akustik 14 (1997), H. 8, S. 34 - 37
- 11 Fuchs, H. V.; Zha, X.: Transparente Vorsatzschalen als Schallabsorber im Plenarsaal des Bundestages. Bauphysik 16 (1994), H. 3, S. 69 - 80
- 12 Fuchs, H. V.; Zha, X.: Raum-Klang: Akustisches Design für Schul- und Kommunikationsräume. Architektur Innenarchitektur Technischer Ausbau 104 (1996), H 5, S. 100 - 104
- 13 Schick, A.; Klätte, M.; Weis, M.: Die Lärmbelastung von Lehrern und Schülern. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 46 (1999), H. 3, S. 77 - 87
- 14 Fuchs, H. V.: Für eine bessere Raumakustik. Malerblatt 72 (2001), H. 1, S. 58-61
- 15 Fuchs, H. V.; Zha, X.; Schneider, W.: Zur Akustik in Büro- und Konferenzräumen. Bauphysik 19 (1997), H. 4, S. 105 - 112
- 16 Fuchs, H. V.: Raumakustische Gestaltung von Büroarbeitsplätzen. In: Handbuch für Büro-Arbeitsplätze, (Hrsg. H. Frenzel), Landsberg: Ecomed, 1999, Kap. II-5.6
- 17 Fuchs, H. V. Zha, X.; Zhou, X.; Castor, F.: Raum-Akustik mit System. Glas-Verarbeitung 8 (2001), H. 3, S. 59 - 64
- 18 Fuchs, H. V.; Zha, X.; Drotleff, H.: Schallschutz und Akustik. Innovative Lösungen für neue Anforderungen. Deutsche Bauzeitschrift 49 (2001), Sonderheft „Büro + Architektur“, S. 48 – 53

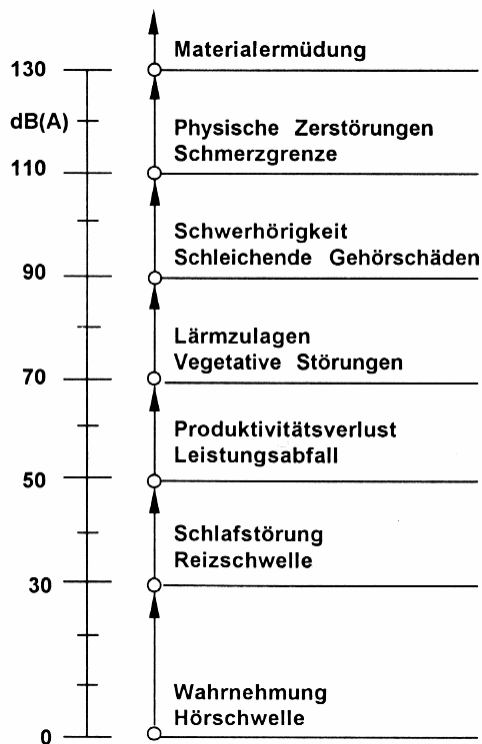


Bild 1: Die Wirkungen von Lärm auf den Menschen [1]

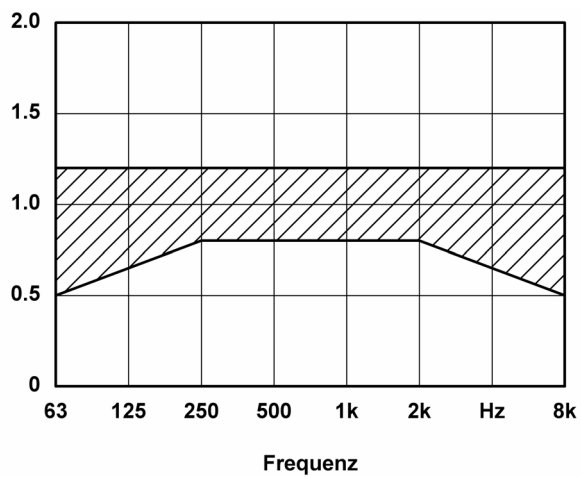


Bild 2: Toleranzbereich der Nachhallzeit, bezogen auf den Sollwert nach der neuen DIN 18 041, als Funktion der Frequenz für Sprache

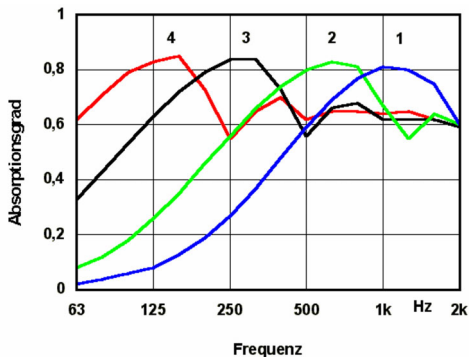


Bild 3: Absorptionsgrad α_s für diffusen Schalleinfall, berechnet für ein 0,1 mm dickes Flächengebilde (mit 0,15 mm großen Löchern im Abstand von 2 mm) 100 (1), 200 (2), 500 (3) und 1 000 mm (4) vor einer schallharten Rückwand

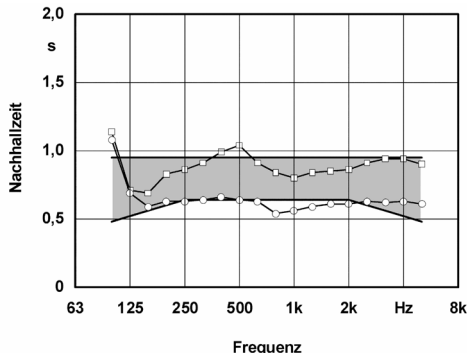


Bild 4: Nachhallzeit in einem 210 m³ großen Raum mit mikroperforierter Decke [10]
 ----□---- ohne Personen
 —●— mit Personen
 Bereich der nach DIN 18 041 geforderten Nachhallzeit

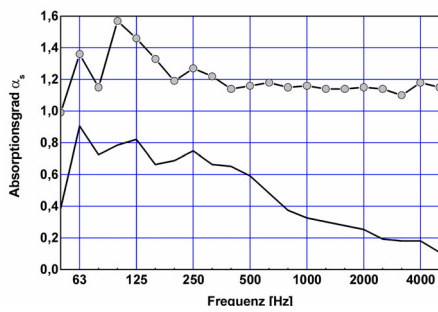


Bild 5: Absorptionsgrad α_s , gemessen im bedämpften Hallraum nach DIN EN 20 354 für 1 mm Schwingbleche in
 □□ VPR-Modulen (1,5 x 1,0 x 0,1 m)
 ● BKA-Modulen (1,5 x 1,0 x 0,25 m)

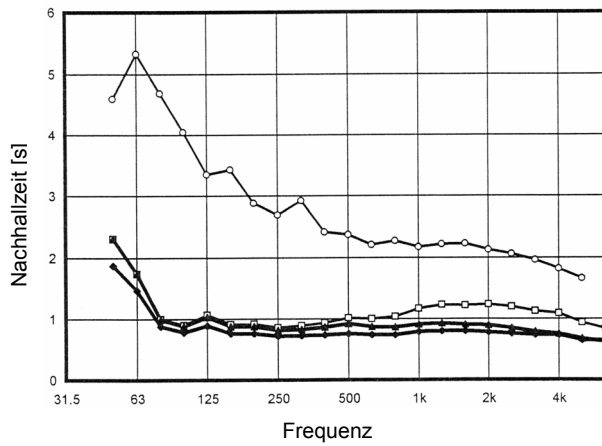


Bild 6: VPR-Module an Wänden und Decke eines Schulungsraumes und Nachhallzeit
 —○— im Ausgangszustand
 —□— mit 28 VPR-Modulen
 —△— mit zusätzlich 15 Personen (Sommerkleidung)
 —◆— mit zusätzlich 15 Personen (Winterkleidung)

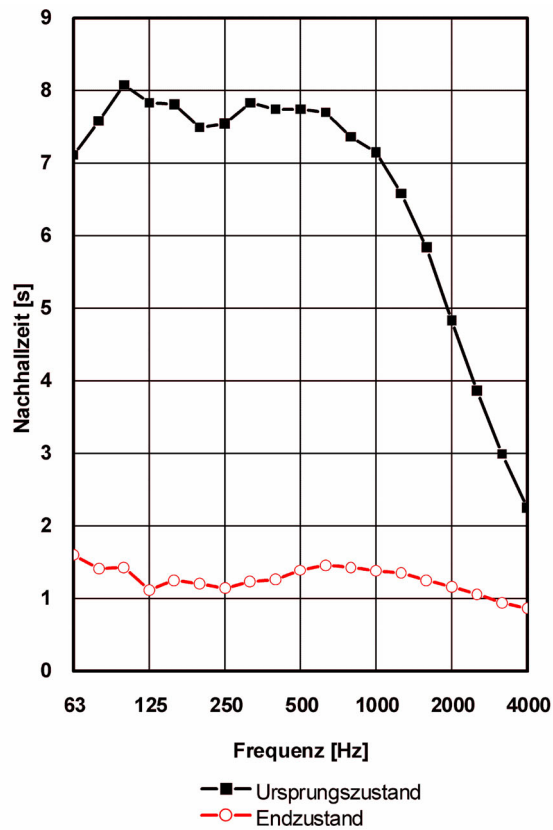


Bild 7: Nachhallzeit vor (!) und nach (-) der Restaurierung einer Werkhalle

Brandschutz – Neue Philosophie - Neue Prüfverfahren - Neue Klassifizierung

Baurat h.c. Dir. Dipl.-Ing. Klaus Moser
Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung GmbH, Linz

Weltweit werden allgemeine Schutzinteressen der Gesellschaft mit negativen Einflusszahlen, wie Todesopfer, Schadenszahlen, etc. belegt. Dabei wird schon bei den Todesopfern eine Verharmlosung dargestellt, da Verkehrstote, „Brandtote“ und andere Unfalltote durchaus mit dem natürlichen Tod gleichgesetzt werden. Nur außergewöhnliche „Todesursachen“ wie in jüngster Zeit „Lawinentote, Tunneltote“ werden weltweit von unserer Gesellschaft in unseren Medien diskutiert und es wird von höchsten Stellen „tätige Prophylaxe“ verlangt.

Die Schutzziele des Brandschutzes hingegen werden allgemein von untergeordneter Bedeutung eingestuft obwohl bei mangelndem Brandschutz

- Menschenleben
- Tiere
- Sachen (Kulturgüter, Kommunikation, Energieversorgung, etc.)
- Umwelt
- wirtschaftliche Interessen
- etc.

betroffen sind.

Dabei sind die Probleme des Brandschutzes so wie die Menschen das Feuer kennen. Viele der ersten Verhaltensregeln der Menschen in allen Kulturen haben sich mit dem Feuer befasst.

Der aktuelle Stand der Brandschutznormung in Europa lässt sich vereinfacht so darstellen:

Anzahl der EU-Mitgliedsstaaten = Anzahl nationaler Brandschutzregelungen

Erst die Idee des „vereinten Europas“ hat dazu geführt, dass über den Umweg des Abbaues von Handelshemmnissen über die „Bauproduktenrichtlinie“ der Brandschutz an Bedeutung gewonnen hat.

Eine der von den europäischen Gemeinschaften für den Binnenmarkt geforderten Grundfreiheiten ist der freie Warenverkehr. Dieser ist derzeit im Bereich des Bauwesens noch durch die sogenannten nicht tarifarischen Handelshemmnisse – nämlich unterschiedliche gesetzliche Bestimmungen und unterschiedliche technische Normen – behindert. Zum Zweck des Abbaues nicht tarifarischer Handelshemmnisse wurde die Richtlinie des Rates der EG von 21. Dezember 1988 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten über Bauprodukte (89/106/EWG), kurz „Bauproduktenrichtlinie“ genannt, erlassen.

Die Bauproduktenrichtlinie stützt sich im Wesentlichen auf:

- europäische harmonisierte Normen, erarbeitet von CEN und
- europäische technische Zulassungen, erarbeitet von den diesbezüglichen nationalen Zulassungsstellen (mit oder ohne Leitlinien der European Organisation for Technical Approvals, EOTA).

Diese wesentlichen Anforderungen an „Bauwerke“, die spezifische Merkmale eines Produktes beeinflussen können, betreffen Folgendes:

- Mechanische Festigkeit
- Brandschutz
- Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz
- Nutzungssicherheit
- Schallschutz
- Energieeinsparung

Für den Brandfall wurde festgelegt, dass Bauwerke derartig entworfen und ausgeführt werden müssen, dass bei einem Brand

- die Tragfähigkeit des Bauwerkes während einer bestimmten Zeit erhalten bleibt,
- die Entstehung und Ausbreitung von Feuer und Rauch innerhalb des Bauwerkes begrenzt werden,
- die Ausbreitung von Feuer auf benachbarte Gebäude begrenzt wird,
- die Bewohner das Gebäude unverletzt verlassen oder durch andere Maßnahmen gerettet werden können und
- die Sicherheit der Rettungsmannschaften berücksichtigt ist.

Diese neuen Regelungen und vor allem die verheerenden Unglücksfälle der letzten Jahre (Mont Blanc Tunnel, Tauerntunnel, Kaprun, 11. September 2001, etc.) haben bewirkt, dass die Angelegenheiten des Vorbeugenden Brandschutzes und die damit verbundenen Risikoüberlegungen im Sinne von akzeptierten Risiken an Bedeutung gewonnen haben.

Der Begriff des „akzeptierten Risikos“ muss Bestandteil bei sämtlichen Gesamtbetrachtungen von Bauwerken werden, da sonst eine sinnvolle Sicherheitsbetrachtung nicht mehr möglich ist. Störfälle müssen in ihrer Dimension abgegrenzt werden, so dass eindeutig klare „Szenarien“ als akzeptierte Einflüsse im Sinne von Risiko definiert werden können. Derartige Szenarien, hier natürlich für den Brandfall, sind nur im Ansatz festgelegt und besitzen vor allem keinen wissenschaftlichen Hintergrund. Das betrifft sämtliche Bereiche des Brandschutzes, sei es das Brandverhalten von Baustoffen, sei es das Brandverhalten von Bauteilen oder die meisten Bereiche aus der brandschutztechnischen Planung. Die existierenden Regelwerke sind fast ausschließlich auf Erfahrungswerte aufgebaut, die dann noch vielfach von verschiedensten Einflüssen, sei es wirtschaftlicher oder politischer Natur so angepasst werden, dass gezielte Interessen verfolgt werden können. Hier fehlt es an wissenschaftlicher Grundlagenarbeit im gesamten Bereich des Brandschutzes, so dass generell nur auf „Erfahrungen“ für neue, große, zukunftsorientierte Projekte zurückgegriffen werden kann.

Der „Brandschutz“ hat somit gegenüber früher einen höheren Stellenwert erlangt, da diese Anforderungen der Bauproduktenrichtlinie in das nationale Baurecht der europäischen Gemeinschaften übergeführt werden müssen. Damit gewinnen auch die bestehenden brandschutztechnischen Regeln, im Besonderen die nationalen Normen als „Regeln der Technik“ neuerlich eine wesentlich höhere Bedeutung in unserer Gesellschaft.

Die Verwaltung in den europäischen Gemeinschaften wird sich im vermehrten Maße mit den Regelungen und Formulierungen der europäischen Normung auseinandersetzen müssen um den „öffentlichen Interessen“ der Sicherheit (Brandsicherheit) in den normativen Bereichen ausreichend Geltung zu verleihen.

Europäische harmonisierte Normen werden von CEN auf Grund von Mandaten der Kommission der europäischen Gemeinschaften erarbeitet. Für das Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen ist im Rahmen von CEN das TC „Fire safety in buildings“ zuständig. Dieser Ausschuss hat bereits sehr früh – ohne Vorliegen von Mandaten – Normentwürfe im Bereich des Brandverhaltens von Baustoffen und Bauteilen zu erarbeiten begonnen.

Baustoffe

CEN/TC 127 war im Bereich der Normung des Brandverhaltens von Baustoffen kein durchschlagender Erfolg beschieden. Wiewohl die Normung von Prüfmethoden im Bereich der hohen und der niedrigen Brennbarkeitsklassen weitgehend unproblematisch war, spießte es sich bei der Festlegung einer Prüfmethode für die „Schwerbrennbarkeit“. Hier differieren die in Europa verwendeten Prüfmethoden ganz wesentlich und kein Mitgliedsstaat erklärte sich bereit, eine Methode zu akzeptieren, die bereits in einem anderen Mitgliedsstaat verwendet wird. Auch aus heutiger Sicht eher skurrile Lösungen wie zB die „Three-Sisters-Solution“ (gleichzeitige Anwendung der diesbezüglichen Prüfmethoden von Deutschland, Frankreich und Großbritannien) führten nicht zum Erfolg.

Auf Grund des glücklosen CEN/TC 127 hat die Kommission der Europäischen Gemeinschaften – noch vor dem Beitritt Österreichs zum EWR – die „Fire Regulators Group“ (RG) ins Leben gerufen, in der die einzelnen Mitgliedsstaaten durch Brandschutzexperten aus dem gesetzgebenden Bereich bzw. auch der Prüfstellen vertreten sind. Auf Grund von Vorarbeiten der RG wurden für Baustoffe mit Entscheidung der Kommission vom 9. September 1994 zur Durchführung von Artikel 20 der Richtlinie 89/106/EWG über Bauprodukte (94/611/EG) die sogenannten europäischen Klassen A – F (für Bauprodukte allgemein) und die Klassen A_{fl} – F_{fl} für Fußbodenbeläge geschaffen. Während man sich im Rahmen dieser Entscheidung bei Prüfmethoden und den Grenzwerten für die Klassifizierung im Wesentlichen auf Vorarbeiten von CEN/TC 127 stützte, war das Kernstück – nämlich die Prüfung der Schwerbrennbarkeit und damit auch maßgebend für niedrigere Klassen – noch durch die RG zu erarbeiten. Für die „Schwerbrennbarkeit“ wurde der umstrittene „Single Burning Item“ Test (SBI-Test) geschaffen. Ausgangspunkt der Überlegungen war, für die Überprüfung brennbarer Produkte die Methode gemäß ISO 9705 (Fire tests – Full-scale room test for surface products) heranzuziehen (die – wie der Name sagt – primär für Wand- und Deckenbeläge gedacht ist), diese jedoch durch den einfacheren SBI-Test zu ersetzen.

Die Prüfmethode nach ISO 9705 war als Referenzszenario ausersehen, wobei naturgemäß die Korrelation bei manchen Produkten nicht sehr gut ist. Da ISO 9705 in erster Linie für die Prüfung von Wand- und Deckenbelägen dient, werden derzeit noch Prüfmethoden für spezielle Anwendungsbereiche wie zB Rohre oder Fassadenverkleidungen diskutiert.

Derzeit steht die „Entscheidung der Kommission zur Durchführung von Artikel 20, Absatz 2 der Richtlinie 89/106/EWG des Rates betreffend die Klassifizierung des Brandverhaltens von Bauprodukten“ knapp vor der Verabschiedung und dient als Auftrag an CEN, Prüf- und Klassifizierungsnormen auszuarbeiten.

Schwierig ist die künftige Anwendung der neuen Euroklassen vor allem aus folgenden Gründen:

- (a) Insbesondere bei den brennbaren Baustoffen gehen die Prüfmethode im Vergleich zur DIN bzw. ÖNORM von einem bereits etwas fortgeschrittenerem Stadium eines Brandes aus. Dies führt dazu, dass es im Allgemeinen kaum möglich ist, aus dem bisherigen Wissen über das Brandverhalten von Baustoffen eine Aussage über die Einstufung gemäß den neuen Euroklassen zu treffen. Sofern zB nicht eine eigene Prüfmethode für Dämmstoffe erarbeitet werden wird (die üblicherweise ja nicht als Wand- bzw. Deckenbelag eingesetzt werden), können beispielsweise B1-Dämmstoffe mehrfach nur in relativ niedrigere Euroklassen eingereiht werden.
- (b) Da der SBI-Test erst kürzlich entwickelt worden ist, fehlt natürlich eine ausreichende Erfahrung sowohl in der Handhabung als auch hinsichtlich des Umstandes, wie bisher brandschutztechnisch bewährte Baustoffe künftig eingestuft werden.

So wie in nationalen Normen Baustoffe aufgelistet sind, die ohne besonderen Nachweis in eine bestimmte Brennbarkeitsklasse eingeordnet werden können, gibt es Ähnliches im Rahmen der Kommission:

- (a) Nichtbrennbare Baustoffe
Entscheidung der Kommission vom 4. Oktober 1996 zur Festlegung eines Verzeichnisses von Produkten, die in die Kategorien A „Kein Beitrag zum Brand“ gemäß der Entscheidung 94/611/EG zur Durchführung von Artikel 20 der Richtlinie 89/106/EWG des Rates über Bauprodukte einzustufen sind (96/603/EG), Abl.Nr. L 267 vom 19.10.1996, S. 23.
- (b) Dacheindeckungsmaterialien
Eine ähnliche Liste wie im vorstehenden Punkt ist auch für Dacheindeckungsmaterialien in Ausarbeitung.

Bauteile

Auf Grundlage der Bauproduktenrichtlinie und des Grundlagendokumentes Nr. 2 (Brandschutz) hat die Kommission an CEN ein Mandat zur Erarbeitung von Normen – den Brandschutz von Bauteilen betreffend – erteilt („Horizontale Ergänzung zu den Aufträgen an CEN/CENELEC über Normen für die Bewertung des Feuerwiderstandes von Bauprodukten und Bauteilen“ – Construct 96/207 Rev. 2). Wie bereits eingangs erwähnt, hat sich CEN/TC 127 bereits sehr frühzeitig mit der Normung für Bauteile befasst und es ist in absehbarer Zeit mit den diesbezüglichen Normen zu rechnen.

Grundsätzlich gilt auch hier das zu den Baustoffen Gesagte, wenngleich bei den Bauteilen die Situation wesentlich günstiger ist, da trotz neuer Prüfmethode und Begriffe das bisherige Brandschutzsystem weitgehend beibehalten werden kann.

Wie bei den Baustoffen gibt es auch bei den Bauteilen eine Trennung der Normen für die Prüfmethode und die Klassifizierung. Im Wesentlichen ergeben sich die folgenden Änderungen gegenüber dem nationalen Prüf- und Klassifizierungssystem:

- (a) Während bisher mit einem einzigen Buchstaben (zB F 30) die Anforderungen an einen Bauteil charakterisiert wurden, wird nunmehr differenziert. Während beispielsweise eine tragende Wand mit 30 Minuten Brandwiderstandsdauer die Bezeichnung F 30 erhielt, würde die Wand nunmehr mit „REI 30“ zu bezeichnen sein. Dabei bedeuten die einzelnen Buchstaben folgendes:
- | | |
|---|---------------|
| R | Tragfähigkeit |
| E | Raumabschluss |
| I | Wärmedämmung |
- (b) Mit den im vorstehenden Punkt erwähnten Buchstaben ist es allerdings noch nicht getan, es werden für besondere Eigenschaften bzw. Bauteile noch weitere Buchstaben wie folgt angeführt:
- Strahlung W
 - Mechanische Einwirkungen M
 - Selbstschließvermögen C
 - Rauchdurchlässigkeit S
 - Aufrechterhaltung der Energieversorgung und/oder der Signalübermittlung P/PH
 - Russbrandbeständigkeit G
 - Rauchschürzen D
 - Maschinell betriebene Rauch- und Wärmeabzüge (Ventilatoren) V
 - Natürliche Rauch- und Wärmeabzüge B
- (c) Folgende Temperaturkurven sind möglich:
- Einheits-Temperaturkurve
 - Schwelfeuerkurve
 - „Halbnatürlicher“ Brand
 - Beanspruchungskurve bei einem Brand von außen
 - Andere Erwärmungskurven

- (d) Konstante thermische Einwirkung – Verschiedene Bauteile werden auch anhand fiktiver konstanter Temperaturen bewertet:
- 200 °C bei Rauchschutztüren
 - 300 °C und 400 °C bei Wärme- und Rauchabzugsanlagen
 - 500 °C bei Unterdecken
 - 600 °C bei manuell betriebenen und natürlichen Rauchabzügen, Rauchabzugsleitungen, Rauchabzugsklappen und Rauchschürzen
 - 842 °C für elektrische Kabelanlagen und Lichtwellenleiter mit geringerem Durchmesser und mit Brandschutzausrüstung
 - 1000 °C für die Russbrandbeständigkeit von Rauchfängen

Äquivalenztabelle

Angesichts der neuen Prüfmethode und Klassen erhebt sich die Frage, ob nicht eine Beziehung zwischen den nationalen Klassen im Brandschutz und den neuen europäischen Klassen möglich ist.

Baustoffe

Bei den Baustoffen ist der Versuch einer Äquivalenztabelle aller Voraussicht nach zum Scheitern verurteilt. Dies ist durch den andersartigen Ansatz bei den Brennbarkeitsklassen und durch die neuen Prüfmethode begründet. Soweit derzeit absehbar – die Prüfmethode und die Klassifizierung liegen ja noch nicht endgültig fest – lassen sich in etwa nur folgende Beziehungen herstellen:

BRENNBARKEIT:

- (a) Baustoffe der Brennbarkeitsklasse A nach ÖNORM bzw. DIN werden zumindest der Euroklasse A 2 entsprechen.
- (b) Bodenbeläge der Klasse B 1 und B 2 gemäß ÖNORM bzw. DIN entsprechen der Euroklasse C_{fl} bzw. D_{fl}.
- (c) Soweit einer kürzlich durchgeführten Prüfung entnommen werden kann, entsprechen Holz- bzw. Holzwerkstoffe der Brennbarkeitsklasse B 1 und B 2 den Euroklassen C bzw. D.

QUALMBILDUNG:

Bei der Qualmbildung ist auf Grund der unterschiedlichen Prüfmethode eine Äquivalenz kaum feststellbar.

TROPFENBILDUNG NEUE KLASSE:

Hier ist eine Zuordnung der Tropfenbildungsklassen Tr 1, 2 und 3 gemäß ÖNORM zu den Euroklassen D 0, 1 und 2 möglich.

Bauteile

Bei den Bauteilen sieht es viel besser aus als bei den Baustoffen. Begünstigend wirkt, dass grundlegende Dinge wie die Temperaturkurve bzw. die Brandwiderstandsklassen – die Dauer betreffend – den Normen entsprechen; nachteilig wirkt sich – hinsichtlich der Übertragung von bestehenden Prüfergebnissen – der Umstand aus, dass die Prüfmethode selbst und die Rahmenbedingungen vielfach von den bisher gewohnten Vorstellungen abweichen.

Mit der Tabelle „Bauteile für die es äquivalente Klassen gibt (Bauteil-Äquivalenztabelle)“ wurden den Klassen der ÖNORM bzw. DIN jeweils die ungefähr gleichwertigen Klassen aus einer Vielzahl der Klassen des europäischen Normenwerks gegenübergestellt. Dem liegt der Gedanke zugrunde, das bisherige Brandschutzsystem beizubehalten und auch zu vermeiden, dass im Bewilligungsverfahren Klassen vorgeschrieben werden, die nicht erhältlich sind bzw. mit denen man keine Erfahrung hat. Welche Varianten im Einzelnen denkbar sind, wird nachstehend am Beispiel einer Brandschutztüre mit 30 Minuten Feuerwiderstandsdauer gezeigt:

E 30	E-E 30
EI ₁ 30	EI ₁ -C 30
EI ₂ 30	EI ₂ -C 30
EW 30	EW-C 30

Wünscht man eine weitgehende Übereinstimmung mit den nationalen Normen müsste die Forderung nach einer Brandschutztüre T 30 nunmehr „EI₂-C 30“ lauten.

Umsetzung der europäischen Brandschutznormen

Umsetzung der europäischen Prüf- und Klassifizierungsnormen in das nationale Normenwerk.

In der bereits erwähnten Fire Regulators Group wurden bereits Vorschläge vorgelegt, wie die europäischen Brandschutznormen insbesondere hinsichtlich des zeitlichen Rahmens in das nationale Normenwerk umgesetzt werden können bzw. ab welchem Zeitpunkt alte Prüfmethode bzw. Prüfberichte ungültig werden sollen. Seitens der Kommission der europäischen Gemeinschaften ist ebenfalls beabsichtigt ein diesbezügliches „Guidance paper“ – allerdings nicht nur auf Brandschutznormen beschränkt – zu erarbeiten.

Es liegt auf der Hand, dass eine Umstellung insbesondere im Bereich der Brandschutznormen für Hersteller und Prüfstellen – und nicht nur in finanzieller Hinsicht – sowie auch für Planer, Ausführende und Behörden nicht einfach werden wird. In der Umstellung werden sich die folgenden Stufen ergeben:

STUFE 1:

Gemäß den CEN-Regeln ist jedes Mitglied verpflichtet, nach Erscheinen der deutschsprachigen Fassung einer europäischen Norm binnen sechs Monaten diese als EN herauszugeben und entgegenstehende nationale Normen zurückziehen. Soweit derzeit abgesehen werden kann, wird aller Voraussicht nach mit Hinblick auf die besondere Problematik diese Frist auf 18 Monate angehoben werden. Es darf auch nicht übersehen werden, dass in zahlreichen Produktnormen brandschutztechnische Anforderungen gestellt werden und hier eine Anpassung erforderlich ist.

STUFE 2:

Es wird ein Stichtag festzulegen sein, nach dem nur mehr Prüfungen nach den neuen Normen durchgeführt werden dürfen.

STUFE 3:

Es wird zu den bei der vorhergehenden Stufe erwähnten Zeitpunkten noch zahlreiche gültige Prüfberichte nationaler Normen für Baustoffe und Bauteile geben. Weiters kann von Baustoffherstellern aus finanziellen Gründen und von Prüfstellen aus Gründen der Kapazität nicht verlangt werden, dass innerhalb einer sehr kurzen Zeit sämtliche Bauprodukte nach den neuen Normen geprüft und klassifiziert werden. Es wird deswegen wohl zweckmäßig sein, innerhalb einer Übergangsperiode ab den in der vorhergehenden Stufe genannten Stichtagen davor ausgestellte Prüfberichte noch anzuerkennen.

STUFE 4:

Festlegung von Stichtagen in Zusammenhang mit den angenommenen Daten der vorhergehenden Stufen 2 und 3, ab denen nur mehr Prüfberichte gemäß den neuen Normen Gültigkeit haben.

Neue Brandschutzphilosophie am Beispiel „Tunnel“

(vom Experiment zur Realität)

Die Häufung von schweren Brandunglücken in Verkehrstunnel in Europa hat in den letzten Jahren zu einer starken Sensibilisierung im Hinblick auf Aspekte der Tunnelsicherheit von Tunnelbauwerken geführt.

Die Betriebssicherheit als umfassender Begriff wird dabei von verschiedenen Parametern wie Infrastruktur (Bauwerkskonstruktion), Strichmitteln (Fahrzeugladung), Nutzern (Fahrzeuglenker) und von Betrieb und Organisation beeinflusst. Das Ausmaß der Betonzerstörung im Brandfall ist bei konventionellen Betonen auf mehrere Schadensmechanismen zurückzuführen. Die einzelnen Schadensbilder überlagern sich in der Regel und können wie folgt eingeteilt werden:

- Wasserdampfentwicklung
- Chemische Umsetzung
- Armierungsversagen
- Thermische Längenänderungen

Speziell die Wirkungsweise des Wassers in Beton erfolgt in vielfältiger Weise, wobei die schädigenden Einflüsse überwiegen. Der Phasenübergang „flüssig – gasförmig“ des Wassers, der bekannter Weise bei 100 °C erfolgt, ist mit einer entsprechenden Energieaufnahme verbunden. Neben der Energieaufnahme beim Phaseübergang „flüssig – gasförmig“ kommt es zu einer massiven Volumszunahme, die für das Abplatzen von Beton verantwortlich ist.

Der rasche Temperaturanstieg bringt bei feuchten Betonen die obersten Schichten zum Abplatzen, sodass die 1. Bewehrungslage freiliegt bzw. unbewehrter Beton schichtweise abgetragen wird. Die eindringende Temperaturfront verschlechtert sukzessiv die Festigkeit und Formungseigenschaften des außenliegenden Betons und Stahls. Eine Tragsicherheit geht in diesem Bereich ganz oder teilweise verloren.

Da dieses Volumen im Beton nicht zur Verfügung steht, kommt es zum Druckaufbau im Beton, der sich bis zum Erreichen der Zugfestigkeit des Betons aufbaut und sich beim Abplatzen schlagartig entspannt.

Bei einem kleinen Brand mit einem geringen Energieeintrag und einer entsprechend hohen Porosität sind weniger Schäden zu erwarten als bei einem Großbrand im Bereich eines dichten Betons.

Die aus konstruktiven Überlegungen gerechtfertigter Weise gestellten Forderungen nach einem Beton mit hoher Festigkeit und Dichtigkeit zur Erzielung einer ausreichenden Beständigkeit erweist sich demnach im Hinblick auf die Brandbeständigkeit als kontraproduktiv.

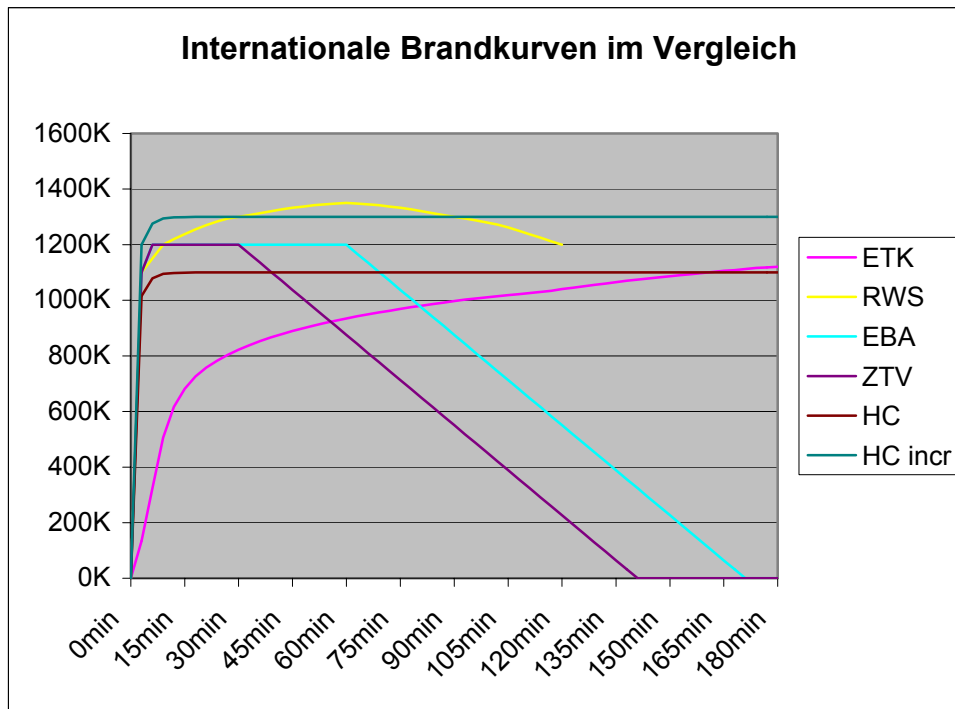
Auch im Bereich der Armierung nehmen mit ansteigender Temperatur die Festigkeitseigenschaften der Werkstoffe ab. Im Temperaturbereich bis 200 °C weist das Spannungs- und Dehnungsverhalten von Stahl keine Temperaturabhängigkeit auf. Ab der Temperaturgrenze von 200 °C kommt es zu einem Abfall der Tragfähigkeit, die bei 700 °C 20 % des Wertes bei Normaltemperatur beträgt. In der Praxis werden geringfügige Tragvermögensverluste toleriert, sodass Temperaturgrenzwerte im Bereich von 250 °C – 300 °C festgelegt werden.

Brandlasten

Ausgehend vom angenommenen Brandfall sind europaweit bisher sehr unterschiedliche Brandlastkurven, die für Prüfungen herangezogen werden, definiert worden. Es hängen die Dauer der einzelnen Phasen und das absolute Niveau der erreichten Temperaturen von der Art der zur Umsetzung gelangenden Brennstoffe ab. Bei der Einheitstemperaturkurve bzw. Brandlastkurve gemäß ISO 834 hängt der Kurvenverlauf von der Brandentwicklung und Brandfortschreitung, wie sie zB in Wohnungen oder Gewerberäumlichkeiten zu erwarten sind, ab.

Bei den Tunnelbrandunglücken in den vergangenen Jahren liegen die Temperaturen natürlich deutlich höher, worauf auch ein Überspringen von Feuer und das damit zeitlich gestaffelte Abbrennen von Schienenfahrzeugen zurückzuführen ist.

Zur Dimensionierung von Schutzmaßnahmen gegen Brandlasten werden Zeit-Temperaturverläufe angenommen, die sich zum Teil massiv voneinander unterscheiden. Herkömmliche Brandverläufe, wie sie bei einem Fahrzeugbrand vielfach vorzufinden sind, werden durch den Kurvenverlauf der Einheitstemperaturkurve ETK nach ISO 834 nur unzureichend repräsentiert. Die Erwärmungsphase schrumpft auf einige Minuten zusammen, nachdem die Maximaltemperatur erreicht wird. Die übrigen, in Europa gebräuchlichen und im Bild 1 dargestellten Kurven berücksichtigen diesen schnellen Anstieg. Der Abplatzungsprozess wird durch die Geschwindigkeit der Wärmeeinleitung in den Beton und durch die Wasserdampfbildung wesentlich beeinflusst.



Die höchsten Anforderungen werden in den Niederlanden von der Rijkswaterstaat (RWS) gestellt. Dieser Anforderungskurve liegt der Brand eines Treibstofftankwagens im Tunnel zugrunde. Die exponierte Lage der Niederlande mit Tunnel im Grundwasser und einem großen Teil der Landesflächen unter dem Meeresspiegelniveau führt zu höchsten Sicherheitsanforderungen.

Prüfverfahren

Prüfungen von Tunnelquerschnitten oder mögliche Tunnelauskleidungen erfolgen nur an wenigen Stellen in ganz Europa. Zur Abklärung anstehender, offener Fragen bezüglich des baulichen Brandschutzes beauftragte die Österreichische Straßenforschung ein Forschungsprogramm zur Brandbeständigkeit von Faser-, Stahl- und Spannbeton. Beteiligt sind neben namhaften Herstellern von Spannstählen und Fasern Baufirmen, Ingenieurbüros und das Institut für Brandschutztechnik und Sicherheitsforschung GmbH.

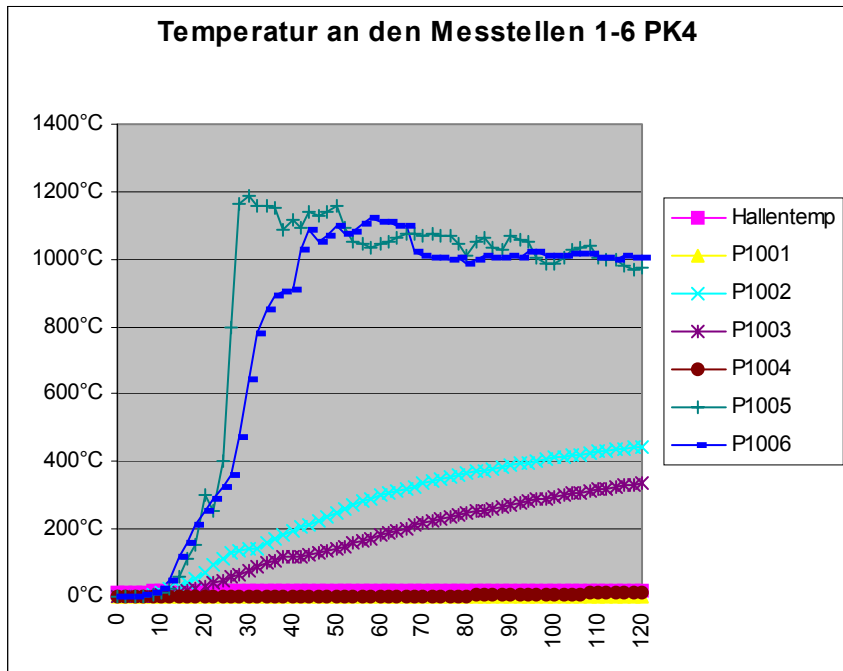
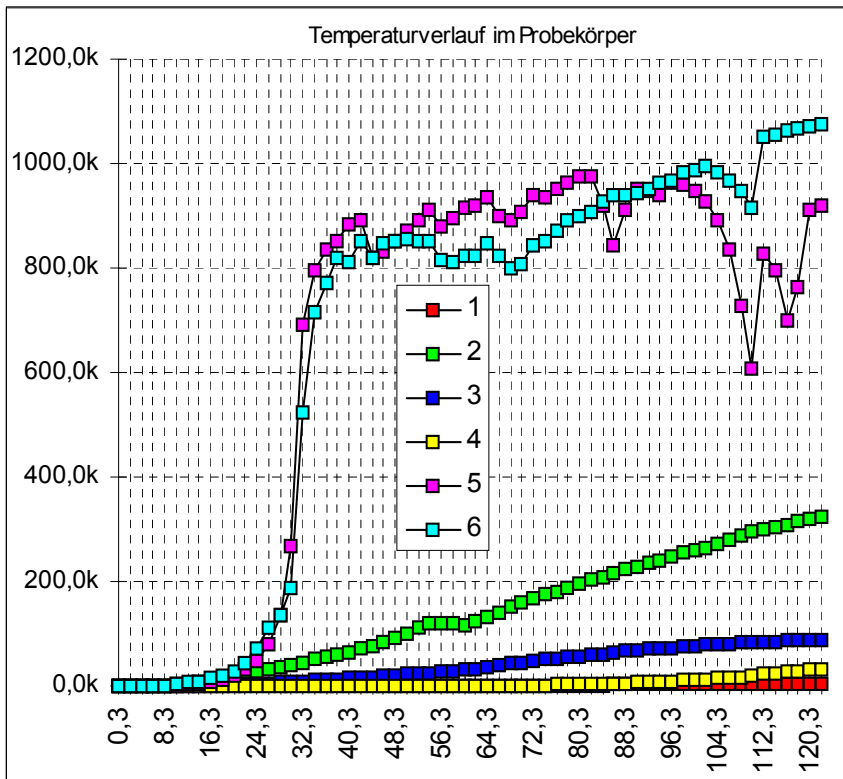
Ziel sind die Verringerungen der Abplatzungen durch Zugabe von Kunststofffasern und Fasercocktails und die Abklärung des Verhaltens von Monolitzen im Brandfall. Dazu ist auch eine Abschätzung der wesentlichen Einflussparameter (zB Spannungszustand an brandzugewandten Bauteiloberflächen, Feuchte, mineralogische Zusammensetzung des Zuschlags, Betonfestigkeitsklassen) notwendig. Eine möglichst geringe Temperaturerhöhung der Bewehrung soll sichergestellt werden, um die Tragfähigkeit des Querschnitts lange zu erhalten. Alternativ werden zu diesem Zweck auch nachträglich aufgebraute Brandschutzschichten untersucht.

Plattengrößen

180 x 140 x 50 cm mit entsprechenden Netzbewehrung und eingebauten Thermoelernen in den unterschiedlichsten Querschnitten.

Unterschiedliche Spannungszustände an brandzugewandter Plattenseite, unterschiedliche Lagerbedingungen und Betonfeuchtegehalte, verschiedene Beton- und Faserbetonmischungen, unterschiedliche Lage- und Temperaturbeanspruchung der Spannstelle (Monolitzen), unterschiedliche Putz- und Plattenverkleidung an der Unterseite der Probekörper.

Die Beurteilung und Bewertung der Beständigkeit bzw. der Schutzwirkung des Systems erfolgt auf Grund der gemessenen Temperaturen an der, der Brandseite zugewandten, Armierung und allfälligen Abplatzungen an der Oberfläche sowie unter Berücksichtigung der maximalen Vorspannung (Belastung) der einzelnen Elemente.



Mögliche Schutzmaßnahmen

Ist der Bauteil einer Brandbeanspruchung ausgesetzt und soll im Brandfall ein Versagen des Bauteils vermieden werden, bestehen unterschiedliche Schutzmöglichkeiten. Bei der Wahl eines Schutzsystems sind die Kriterien technischer Erfordernisse und die der Wirtschaftlichkeit zu beurteilen und abzuwägen. Alle Isolationssysteme verlangsamen den Wärmeeintrag in dem darunter liegenden Beton. Ihre Auswahl und Dimensionierung muss sich demnach nach der maximalen, möglichen Branddauer und der Temperaturhöhe richten.

Bei der Festlegung und Dimensionierung von Bauteilen und damit auch bei der Beurteilung von Prüfanforderungen sind demnach das Gefahrenpotential und das daraus resultierende Risiko abzuschätzen.

In der 1. Phase eines Brandfalls muss gewährleistet sein, dass die Personen sich im Brandbereich aufhalten, weiters diesen ohne Gefährdung verlassen. Aber auch bereits nach wenigen Minuten der Brandentwicklung besteht bei einer Temperatur von mehr als 100 °C für Lebewesen keine Überlebenschance mehr. In diesen Bereichen kann auf Grund der geschlossenen Räumlichkeiten die Wärme nicht entweichen. Ein interessanter Temperaturanstieg ist demnach die Folge.

Trotz aller Erfolge auf dem Gebiet des Brandschutzes von Bauteilen bleiben auch für die Zukunft noch viele Fragen offen, die es gilt, zu beantworten und um Schutzziele für alle Anwendungsbereiche zweckgerichtet und auch sicher erstellen zu können.

Neben den technischen Fragestellungen gilt es auch, die Prüf- und Beurteilungsvorschriften oder Normen so zu gestalten, dass sie die effektiven Verhältnisse erfassen.

Zusammenfassung

Die Wirtschaft wird sich in vermehrtem Maße den Harmonisierungsbestrebungen in Europa anpassen müssen, wobei neben Verbesserungen im Bereich des Brandschutzes neue Anforderungen – neue Produkte, auch Verschlechterungen (Findung eines gemeinsamen Nenners) zu erwarten sind, was wiederum vom nationalen „Sicherheitsbedürfnis“ über die nationale Gesetzgebung beeinflusst werden kann.

Der Verbraucher wird sich im vermehrten Maße anfangs wohl mit großer Verwirrung auf Grund vieler Veränderungen auch hinsichtlich der Kennzeichnungen „DIE NEUEN KLASSEN“ (R, E, I; - 360, A1, A2, B, C, D, E, F) abfinden müssen, jedoch langfristig aus der Harmonisierung der Normung auch im Hinblick auf die Brandsicherheit durch genormte Produkte einen Nutzen ziehen können.

Die derzeit gültigen Brandschutznormen der ÖNORM bzw. DIN entsprechen im Wesentlichen den Anforderungen der in Entwicklung stehenden Normen, so dass derzeit und auch in naher Zukunft kein besonderer Handlungsbedarf hinsichtlich einer Abänderung der bestehenden Normen auf Grund der europäischen Entwicklung besteht.

Die Übergangsphase von den derzeit bestehenden nationalen Normen zu Europannormen wird bei Übertragung der Bauproduktenrichtlinie in nationales Recht keine wesentlichen Veränderungen für Verwaltung, Wirtschaft und Verbraucher bewirken.

Die jetzt gültigen Normen als Regeln der Technik reichen aus, um das bestehende Sicherheitsbedürfnis auch hinsichtlich des Brandschutzes im Hinblick auf die gesetzten Schutzziele im Interesse der Menschen zu erfüllen.

36

Derzeit sind keine Änderungen in unseren „Brandschutzregelwerken“ nötig. Neue und künftige Regelungen können diese jedoch bewirken, so dass im Hinblick auf eine Kontinuität im Bereich der Brandsicherheit in Europa ein stetiges Mitwirken bei der Erarbeitung neuer Regeln nötig sein wird und nur eine rege Teilnahme an derartigen Entwicklungen von Verwaltung, Wirtschaft und Verbraucher die nationalen Interessen der „Brandsicherheit“ und die damit verbundenen normativen Größen mitbestimmt werden können.

Wider den Ökopatschen

Prof. Arch. Dipl.-Ing. Roger Riewe
Institut für Hochbau für Architekten
Fakultät für Architektur, TU Graz

Bauphysik ist für die meisten Architekten eine trockene Sache.

Aber das soll nicht heißen, dass ich sie deshalb für unwichtig erachte, oder sie gar ablehne. Nein, ganz im Gegenteil!

Ich bin kein Bauphysiker, ich bin Architekt, und als Architekt möchte ich hier die Gelegenheit nutzen, Forderungen nicht nur an die Bauphysik zu stellen, Forderungen, die der Architektur und den Architekten dienlich sind.

Was hat nun ein (Birkenstock)Hauspatschen (Ökopatschen) mit Bauphysik, bzw. mit meinen Forderungen an die Bauphysik zu tun?

Er ist zu einem Label der Ökologen geworden, er ist ein Synonym der Ökologiebewegung. Man kann ihn tragen, zu hause, bei der Heimarbeit, fast überall hin, manche tragen ihn sogar tatsächlich überall. Er ist nach wie vor das Erkennungsmerkmal einer bestimmten Sprachgruppe im Ausland. Man sieht ihn in Spanien, in der Türkei oder sogar in Japan. Ihn gibt es pro Größe in drei Breiten, er ist immer bequem, er ist nicht zu zerstören, hält ewig, er ist jedoch - unansehnlich!

Wir haben es hier also mit den Problemfeldern der Nachhaltigkeit und der Ästhetik zu tun.

Nicht zuletzt durch immer knapper bemessene Budgets, die im Zusammenhang mit unserem Versicherungssystem eine erhöhte Bereitschaft zum Klagen induziert haben, geraten Architekten, als Generalverantwortliche eines Projekts, immer mehr in die Defensive, sowohl bei der Ausübung ihres Berufs, wie auch bei der Erfüllung des Anspruchs, nämlich das kulturelle Umfeld einer Gesellschaft mit zu gestalten. Es ist unbestritten, dass Architekten weit mehr sind als reine Dienstleistende, sie sind Kulturschaffende. Hierdurch wird das Spagat zwischen Nachhaltigkeit und Ästhetik gewissermaßen offenbar, wenn wir vereinfacht die Nachhaltigkeit dem Dienstleistenden zuordnen und die Ästhetik dem Kulturschaffenden. Es ist sicherlich notwendig, den Begriff der Nachhaltigkeit dahingehend zu erweitern, dass er nicht mehr rein quantitativ verstanden wird, sondern auch zu bewertende qualitative Merkmale erhält.

Die Nachhaltigkeit ist auch ein Thema unter vielen im Komplex des Kulturschaffens. Deshalb darf sie nicht immer nur wirtschaftlich, monetär gesehen werden. Auf diese rein wirtschaftliche Betrachtung eines Projektes hat sich jedoch ein neuer Berufszweig spezialisiert, das Facility Management (FM).

Seit einigen Jahren macht sich das Aufgabenfeld des Facility Management im Baugeschehen und in der Architektur breit. Die Notwendigkeit mag unbestritten sein, jedoch die Wichtigkeit und die Gewichtung des Facility Management im Planungsprozess muss diskutiert werden.

Im Unterschied zum bekannten Gebäudemanagement, das sich auf die reine Nutzungsphase eines Gebäudes konzentriert, umfasst das Facility Management den gesamten Lebenszyklus eines Gebäudes, von der Planung über die Erstellung bis zum Abriss, somit ist auch inbegriffen, die Abschätzung der Nachhaltigkeit.

Jetzt machen die Herstellungskosten im Gesamtzyklus eines Gebäudes ca. 10 % aus, womit die Frage erlaubt sei, in wie fern es von Bedeutung ist, wenn der Architekt sich nicht an die zahlreichen Vorgaben hält, die ihm vom Facility Manager vorgegeben werden.

38

Auf der Suche nach einer Optimierung werden zahllose Kriterien definiert. Datenbanken werden gefüllt mit endlosem Datenmaterial. Um das zusammengetragene Zahlenmaterial jedoch anwenden zu können, müssen Kriterien aufgestellt, gewertet und gewichtet werden, und genau in dieser Gewichtung liegt der Schwachpunkt des gesamten Systems.

Ob Klopapier einlagig oder dreilagig eingekauft wird, kann bewertet werden. Ob verschiedenste Längen an Leuchtstoffröhren eingebaut, bzw. nachgekauft werden müssen oder doch nur eine Länge für ein gesamtes Projekt vorgesehen wird, kann bewertet werden. Aber welchen Stellenwert nimmt die Ästhetik, die Fassadengestaltung, die Farbe, das natürliche Licht, die Freude am neuen Gebäude oder gar das Gebäude, wenn es gut angekommen ist, als Corporate Product eines Unternehmens ein?

Wie sieht die Abwägung zwischen dem quantifizierbaren und dem Qualifizierbaren aus? Kann es überhaupt eine Abwägung geben, die alle Beteiligten zufrieden stellt?

Mindestens 10 % der Nutzfläche müssen Fenster sein, mindestens 5 % müssen zu öffnen sein. Energieoptimierer empfehlen eine maximal 30%ige Öffnung der Fassade, und die Ökologen empfehlen an den Süd, Süd-Ost oder an den Süd-West-Fassaden auch noch Wintergärten.

Wenn all diese Vorgaben umgesetzt sind, scheint das Haus eine gewisse Richtigkeit zu suggerieren. Beheizt werden kann es auch, nur mit dem Lüften gibt es noch einige Probleme, die aber mit viel persönlichem Einfühlungsvermögen zu beheben sind. Das Haus erscheint im Grossen und Ganzen nachhaltig, kann aber in seiner Ästhetik nicht im Geringsten überzeugen. Womit wir wieder beim Ökopatschen wären – bequem und unansehnlich!

Ein Haus, das in seinen Grundzügen falsch oder schlecht konzipiert worden ist, kann man zwar durch verschiedenste (wärmedämm)technische Eingriffe in den Griff bekommen, so dass es rechnerisch zufriedenstellend ist, aber dadurch wird es noch längst kein gutes Haus.

Neben der Entwicklung eines Konzepts, das bedingt durch seine Komplexität längst nicht mehr alleinig durch den Architekten erarbeitet werden kann, ist auch die Materialwahl, -kenntnis und -anwendung von elementarer Bedeutung für die Entwicklung innovativer Architektur. Auch dies ist ein Bereich, der von der Architektur allein nicht mehr bearbeitet werden kann, wo die Architekten auf ein Team von Experten, zu denen auf jeden Fall auch die Bauphysiker zu zählen sind, angewiesen sind.

Auf der einen Seite ist unser Betätigungsfeld als Architekt begrenzt durch Gesetze und Verordnungen, durch Bauherrenwünsche, Baubudgets und durch Facility Management-Vorgaben. Auf der anderen Seite haben wir nicht nur eine Sehnsucht, sondern auch eine Verpflichtung, das Neue auszuprobieren, neue Materialien und Baustoffe einzusetzen, Fassaden nicht nur nach konstruktiven, sondern auch nach ästhetischen Prinzipien zu entwickeln. Wir haben nicht die Forschungsbudgets, neue Baustoffe zu entwickeln, oder in ihrer Zusammensetzung und Anwendung auszuprobieren. Uns bleiben nur die 1 : 1 Modelle, und wir dürfen nicht außer Acht lassen, dass jedes Projekt, wenn es nicht von der Stange kommt, ein Prototyp und ein Unikat ist.

In diesem sehr dichten Geflecht an Zuständigkeiten und Verantwortung sind wir Architekten angewiesen auf das innovative Potential aller am Planungsprozess beteiligten Partner.

Facility Manager, Bauphysiker und alle anderen am Planungsprozess beteiligten Partner müssen den Architekt nicht nur in den quantifizierbaren sondern auch und insbesondere in den qualifizierbaren Aspekten des Planens und Bauens unterstützen. Es geht nämlich nicht um das immer mehr um sich greifende Bewirtschaften von Architektur, sondern darum, neue Architekturen zu fördern!

Meine Forderung an die am Planungsprozess beteiligten, also Statiker, Bauphysiker, Haustechnikplaner, Facility Manager, Lichtplaner etc. geht dahingehend, dass ein vertieftes Wissen in dem weiter gefassten Bereich der Architekturkultur aufgebaut werden muss, um die Architektur und auch die Architekten in diesen komplexen Situationen unterstützen zu können, um nicht mehr oder weniger unwissend oberflächlich und präjudizierend in Entscheidungsfindungen einzugreifen.

Ich hege sehr hohe Erwartungen in die Bauphysik, da mit ihrer Unterstützung Fassaden und die Fassadentechnik revolutioniert werden können. Ich selber habe bei verschiedenen Projekten schon diese Erfahrung machen können, wenn die Bauphysik mit der Architektur und insbesondere mit der Architekturtechnologie mitgehen kann. Ich möchte sogar so weit gehen zu behaupten, dass die Bauphysik einer der Schlüsselfunktionen zukünftigen architekturtechnologischen Planens einnehmen werden, wobei sich ihr Gewicht positiv wie auch negativ auswirken kann. Dieser Verantwortung müssen sich die Bauphysiker bewusst sein.

Integrative Simulationswerkzeuge für die Beurteilung der Gebäudeperformance

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Ardeshir Mahdavi
Abteilung für Bauphysik und Humanökologie
TU Wien

1. Einführung

Die Forschungs- und Entwicklungsbemühungen zur Herbeiführung integrativer Simulationswerkzeuge für Entwurfsunterstützung gehen im Wesentlichen von folgenden Annahmen aus:

- i) Der Gebäudeentwurfsprozess kann vor allem in der anfänglichen Entwurfsphase von Performance-Simulation profitieren. So könnten die Entwerfenden eine größere Anzahl von Entwurfsalternativen in Betracht ziehen und bewerten.
- ii) Die multidisziplinären simulationsgestützten Methoden der Performance-Analyse kommen vor allem den kollaborativen Entwurfsprozessen zu Gute.
- iii) Derzeit wird Performance-Simulation nicht oder wenig im Entwurfsprozess eingesetzt. Ein Grund dafür dürfte die fehlende Integration von Simulationsinstrumenten in der Gebäudeplanung sein.

Dieser Beitrag

- bespricht einige Gründe für die relative Stagnation in Integrationsbemühungen im Bereich simulationsbasierter Entwurfsunterstützung;
- beschreibt ein aktuelles Forschungs- und Entwicklungsprojekt (das SEMPER-Projekt) und seinen Ansatz zur Behandlung der Integrationsfrage.

2. Motivation und Hintergrund

Die potenziellen Vorteile einer integrierten Simulationsumgebung für Gebäudeperformance scheinen auf der Hand zu liegen. Dazu gehören:

- i)* Beseitigung von Redundanz und Mehrdeutigkeit bei der Eingabe von Gebäudemodellen; *ii)* bessere Kontrolle der Entwurfskonsistenz; *iii)* Bereitstellung von rechtzeitigem Performance-Feedback.

Obwohl die wesentlichen Aspekte dieser Problemstellung seit langem Gegenstand zahlreicher Forschungsaktivitäten gewesen sind (siehe, zB, Eastman 1979, ISO 1992, Augenbroe 1992, Mellotte et al. 1995, Pohl and Reps 1988, Sanvido 1992, BLISS 1997, Fenves et al. 1994), stehen wirksam integrierte und kommerziell zugängliche Simulationswerkzeuge noch immer nicht zur Verfügung.

Die Idee der Integration in Simulationsforschung und CAD („computer-aided design“) impliziert die nahtlose Zusammenfügung mehrerer Fachleute und ihrer Werkzeuge. Kommunikation zwischen den an komplexen Bauprojekten beteiligten Fachleuten fand natürlich auch vor der Einführung komputationaler Instrumente statt. Die von dieser Einführung erhoffte Vertiefung und Rationalisierung des interdisziplinären Informationsaustausches und der fachübergreifenden Kollaboration ist allerdings kaum eingetreten. Die Bemühungen zur Integration von verschiedenen Simulationswerkzeugen innerhalb einer einheitlichen CAD-Umgebung wurden möglicherweise durch die sehr unterschiedlichen Sichtweisen der beteiligten Fachrichtungen (Architekten, Ingenieure, CAD-Entwickler, etc.) erschwert. Darüber hinaus verliefen sich mehrere Forschungsprogramme in diesem Bereich in fruchtlose Bemühungen, ein allgemeingültiges (quasi universelles) Gebäudeproduktmodell zu etablieren, das den diversen informatorischen Anforderungen aller beteiligten Fachleute genügen sollte (Khemlani and Kalay 1997).

3. Das SEMPER-Projekt

Im Rahmen des SEMPER-Projekts (Mahdavi 1999, Mahdavi et al. 1999) wurde eine prototypische komputationale Umgebung zur integrierten simulationsbasierten Analyse der Gebäudeperformance entwickelt. SEMPER ist software-technisch objekt-orientiert, repräsentationsmäßig raum-basiert und fachlich multi-disziplinär. Die folgenden Grundsätze waren bei der Entwicklung von SEMPER wichtig:

- ein methodologisch kohärenter (auf erste Prinzipien basierender) Ansatz zur Performance-Simulation;
- nahtlose, dynamische und teilweise automatisierte Informationsübertragung von einer gemeinsamen Gebäuderepräsentation („Shared Object Model“ oder SOM) zu mehreren fachspezifischen Repräsentationen („Domain Object Models“ oder DOMs);
- möglichst umfassende Performance-Simulation (thermische, akustische, visuelle, und ökologische Entwurfsanalyse).

Zwei Eigenschaften des SEMPER-Systems verdienen nähere Erläuterung:

- i) Die gemeinsame Gebäuderepräsentation in SEMPER (SOM) wurde quasi „bottom-up“ und aufgrund von intensiven Kommunikationen und Abstimmungen zwischen mehreren disziplinären Fächern im Bereich Bauphysik und Bauökologie entwickelt. SOM erlaubt zwar auf einer fundamentalen Ebene eine allgemein zugängliche Notation der konstitutiven Gebäudeelemente und ihre Relationen, erhebt aber nicht den Anspruch, ein universell gültiges Produktmodell für alle denkbaren Disziplinen zu sein. SEMPERs gemeinsame Gebäuderepräsentation kann daher als ein empirisch getestetes Modell angesehen werden, das den informatorischen Bedürfnissen einer Reihe von Performance-Simulation Applikationen vor allem für die anfängliche Entwurfentwicklungsphase genügen kann. SOM enthält als solches nicht alle semantischen Details über sämtliche Elemente des Gebäudemodells, sondern enthält sogenannte „Pointer“, die auf korrespondierende Datensätze verweisen. Im Zuge des Entwicklungsprozesses von SOM stellte es sich heraus, dass bestimmte Eigenschaften für die Effektivität von einer gemeinsamen Gebäuderepräsentation von entscheidender Bedeutung sind. Beispielsweise die Existenz von wohldefinierten Raumidentitäten ist zur Befriedigung der informatorischen Anforderungen von thermischen und akustischen Simulationsapplikationen unbedingt notwendig. Überraschenderweise fehlten bis vor kurzem in kommerziellen CAD-Applikation explizit definierte räumliche Einheiten. Noch immer ist schwierig (wenn überhaupt) aus CAD-Gebäudemodellen explizite und eindeutige geometrisch-topologische Informationen über Räume und ihre Beziehungen zu extrahieren.
- ii) SOM erlaubt zwar die von SEMPER-Applikationen benötigten Informationen über Geometrie, Materialien, und Kontext zu extrahieren, ist aber alleine für die Aktivierung von Performance-Simulation nicht ausreichend. Jede fachspezifische Domain (DOM) muss via Filtration und Transformation der in SOM enthaltenen Informationen generiert werden. Darüber hinaus müssen fachspezifische Entitäten (wie etwa „finite control volumes“ in numerischen Berechnungen) zu den von SOM geerbten Informationen dazu kommen, damit die Durchführung von Simulationsläufen ermöglicht wird. Die SEMPER-Entwicklung zeigte aber, dass man den Abbildungsprozess von SOM zu DOM zumindest teilweise automatisieren kann.

Denn obwohl die diversen fachlichen Disziplinen unterschiedliche räumliche Repräsentationen für Ihre Berechnungen gebrauchen, sind sie aufgrund strukturelle Homologie (oder Isomorphie) von SOM ableitbar (Mahdavi 1999, Mahdavi and Wong 1998, Mahdavi and Mathew 1995).

Es wird nicht behauptet, dass der SOM-zu-DOM-Abbildungsprozess unabhängig von Disziplin und der Resolution der vorhandenen Gebäudeinformation funktioniert. Das SEMPER-Projekt konnte jedoch demonstrieren, dass eine automatisierte homologie-basierte Abbildungsmethode für eine wichtige Klasse der Simulationsapplikationen und für einen bestimmten informatischen Resolutionsbereich der Gebäuderepräsentation erfolgreich angewendet werden kann.

4. Schlusswort

Das SEMPER Projekt konnte zeigen, dass eine integrative Simulationsumgebung durch eine ausgeglichene Arbeitsverteilung zwischen einer gemeinsamen Gebäuderepräsentation und mehreren davon ableitbaren fachspezifischen Modellen realisiert werden kann. Darüber hinaus konnte ein Folgeprojekt (das S2-Projekt) demonstrieren, dass eine integrierte multi-disziplinäre Umgebung auch in geographisch verteilter Form Web-basiert (dh. im Internet) realisiert werden kann.

Natürlich konnte SEMPER nur eine begrenzte Anzahl bautechnischer Applikationen berücksichtigen. Derzeit genügt die Gebäuderepräsentation in SEMPER den informatischen Anforderungen von zwei der drei Hauptklassen von Simulationsmodellen, die wir als *a)* komponentenbasiert, *b)* raumbasiert und *c)* netzwerkbasierend bezeichnen wollen. Es ist wahrscheinlich, dass künftig alle diese Repräsentationstypen innerhalb eines Gebäudebeschreibungsschemas vereinheitlicht werden können. Damit käme man dem Ziel eines effektiven und umfassenden komputationalen Systems zur performance-basierten Entwurfsunterstützung einen weiteren Schritt näher.

5. Literatur

Augenbroe, G. (1992): Integrated Building Performance Evaluation in the Early Design Stages, *Building and Environment*, Vol. 27, No. 2, pp. 149 - 161

BLISS (1997): Building Performance Assurance; Building Life-Cycle Information Systems, Energy and Environment Division, Lawrence Berkeley National Laboratory, US Department of Energy

Eastman, C. (1979): The Computer as a Design Medium, Research Report, Institute of Building Science, Department of Architecture, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, USA

Fenves, S. - Flemming, U. - Hendrickson, C., et al. (1994): Concurrent Computer-Aided Integrated Building Design, Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, NJ

ISO (1992): Product Data Representation and Exchange – Part 1: Overview and Fundamental Principles. STEP Document ISO TC184/SC4/PMAG

Khemplani, L. and Kalay, Y. (1997): An Integrated Computing Environment for Collaborative, Multi-Disciplinary Building Design, Proceedings of the 7th International Conference on Computer Aided Architectural Design Futures (CAAD Futures 1997), Munich, Germany, pp. 389 - 416

Mahdavi, A. (1999): A comprehensive computational environment for performance based reasoning in building design and evaluation. Automation in Construction 8 (1999) pp. 427 – 435

Mahdavi, A. and Wong, N. (1998): From Building Design Representations to Simulation Domain Representations: An Automated Mapping Solution for Complex Geometries. Computing in Civil Engineering; Proceedings of the International Computing Congress, 1998 ASCE Annual Convention. pp. 1 - 10

Mahdavi, A. and Mathew, P. (1995): Synchronous Generation of Homologous Representation in an Active, Multi-Aspect Design Environment, Proceedings of the Fourth International Building Performance Simulation Association (IBPSA), Madison, Wisconsin, pp. 522 - 528

Mahdavi, A. – Ilal, M. E. – Mathew, P. – Ries, R. – Suter, G. – Brahme, R. (1999): The architecture of S2. Proceedings of Building Simulation '99. Sixth International IBPSA Conference. Kyoto, Japan. Vol. III, ISBN 4-931416-03-9. pp. 1219 - 1226

Mellotte, M., Flynn, J. and Monaghan, P. (1995): Integration of Energy Simulation and HVAC Design Tools in the COMBINE Project, Proceedings of the Fourth International IBPSA (International Building Performance Simulation Association) Conference, Madison, Wisconsin, pp. 437 – 453

Pohl, J. and Reps, I. (1988): An Integrated Intelligent CAD Environment, Proceedings of the fourth International Conference on Systems Research, Informatics, and Cybernetics, Baden-Baden, Germany

Sandivo, V. (1992): Linking Levels of Abstraction of a Building Design, Building and Environment, Vol. 27, No. 2, pp. 195 - 208

Gebäudetechnik im Wandel – Voraussetzungen für Telehomecare

O.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Helmut HUTTEN
Institut für Elektro- und Biomedizinische Technik
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, TU Graz

1. Einleitung

Die meisten Industriegesellschaften sind durch dramatische Entwicklungen gekennzeichnet. Im Vordergrund steht dabei die drastische Veränderung in der Altersstruktur bei noch immer steigender Lebenserwartung. Mit zunehmendem Alter kommt es zu einer zunehmenden Multimorbidität, insbesondere zu einer Zunahme chronischer, pflegebedürftiger, jedoch nicht akut lebensbedrohlicher Erkrankungen. Eine der unmittelbaren Folgen ist die daraus resultierende finanzielle Belastung für die Erwerbstätigen, aber auch deren unvermeidbar stärkere Einbindung in die pflegerische Betreuung von vorübergehend oder dauerhaft Pflegebedürftigen in Privathaushalten. Das sind vor allem Menschen mit Behinderungen, Patienten in der Phase der Nachversorgung nach einem Krankenhaus-Aufenthalt, bestimmte chronisch Kranke (zB Parkinson, Asthma, Diabetes) oder Angehörige einer besonderen Risikoklasse, zB Schlaganfallpatienten (deren Zahl allein in Deutschland bei 350 000 pro Jahr liegt), Patienten nach einem ersten Herzinfarkt oder mit häufig auftretenden und nicht beherrschbaren Herzarrhythmien.

47

2. Statistische Daten und sozio-medizinische Randbedingungen

Die Abb. 1 und 2 zeigen die zwischen 2000, 2030 und 2050 zu erwartenden Veränderungen in der Altersstruktur der österreichischen Bevölkerung. Es ist offensichtlich, dass der Anteil der über 60jährigen sowohl absolut als auch prozentual im Vergleich zur Gesamtbevölkerung deutlich zunimmt. In Absolutzahlen bedeutet das, dass 2050 in Österreich voraussichtlich 2 800 000 Menschen über 60 Jahre leben werden.

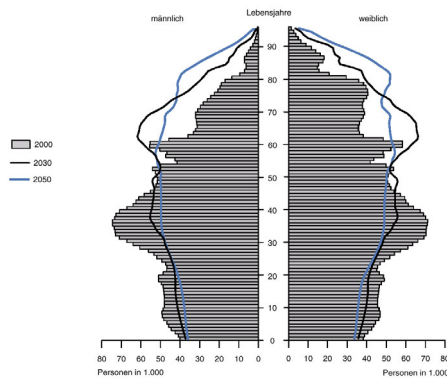


Abb. 1: Bevölkerungspyramide 2000, 2030 und 2050 [1]

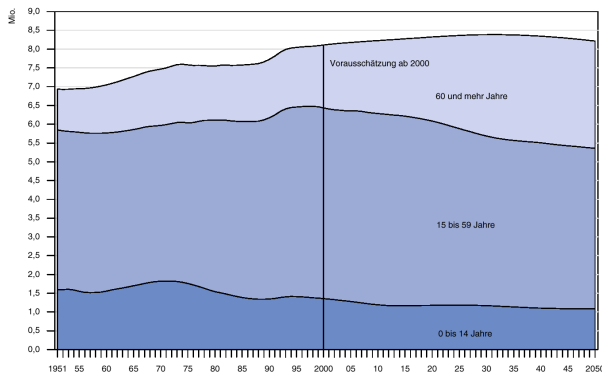


Abb. 2: Veränderungen in den Altersgruppen 0 – 14, 15 – 59 und über 60 Jahren von 1951 bis 2050 [1]

48

Die Bedeutung der Veränderungen in der Bevölkerungsstatistik wird noch deutlicher, wenn sie auf die Zahl der Erwerbspersonen bezogen werden, wie Abb. 3 zeigt. Die Erwerbspersonen müssen in der überwiegenden Zahl der Fälle sowohl die Kosten für die älteren Menschen und deren Ansprüche an Sozialleistungen aufbringen als auch die weitergehend damit verbundenen Dienst- und Pflegeleistungen erbringen.

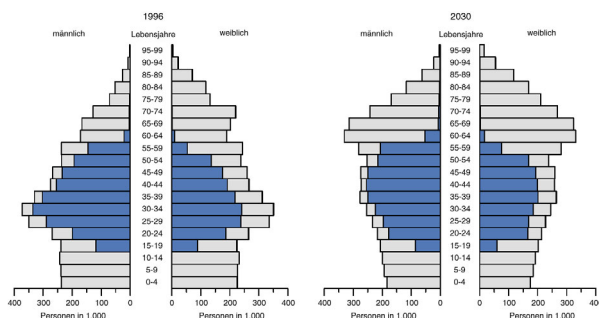


Abb. 3: Anteil der Erwerbstätigen und ihre Verteilung in der Bevölkerungspyramide 1996 und 2030 [1]

Bisher ist es in Österreich noch gelungen, trotz des absoluten Anstieges den prozentualen Anteil der Sozialausgaben am Bruttoinlandsprodukt von 1978 bis 1999 mit einem Anstieg von 26 % auf 27,8 % einigermaßen konstant zu halten, wie die Abb. 4 zeigt

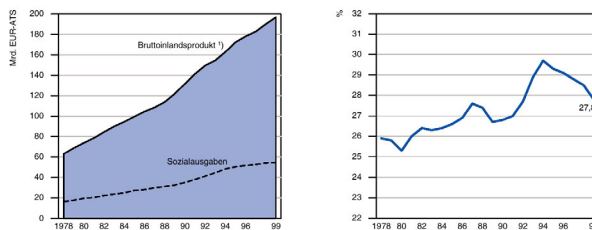


Abb. 4: Veränderung des Bruttosozialproduktes und der Sozialausgaben zwischen 1978 und 1999 (links). Sozialquote zwischen 1978 und 1999 (rechts) [1]

Die Struktur der Sozialausgaben hat sich zwischen 1980 und 1999 nur unwesentlich verändert. Der Anteil der Alterspensionen ist von 36 % auf 38 % gestiegen, der Anteil der Krankenversicherung zusammen mit den Invaliditätspensionen von 34 % auf 35 %.

Die Frage ist jedoch, wie lange diese Situation noch einigermaßen stabil gehalten werden kann, da von einer weiter steigenden Lebenserwartung auszugehen ist, wie Abb. 5 deutlich macht. Danach können die im Jahr 2000 Geborenen mit einer durchschnittlichen Lebenserwartung von 78 Jahren rechnen, dh. um ca. 8 Jahre mehr als die im Jahr 1970 Geborenen.

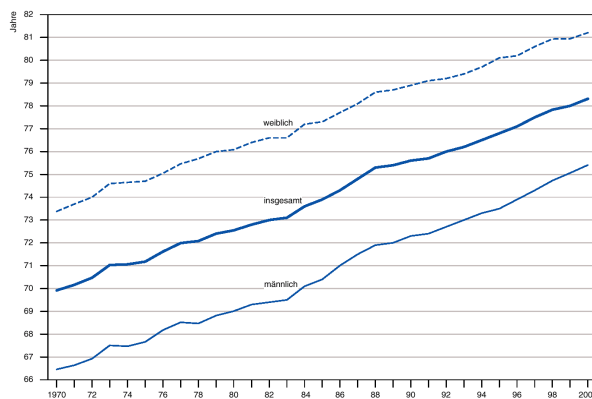


Abb. 5: Anstieg der Lebenserwartung bei der Geburt zwischen 1970 und 2000 [1]

1995 lebten 96,7 % der über 60jährigen in Privathaushalten und nur 3,3 % in Alters- oder Pflegeheimen. Von den in den Privathaushalten lebenden über 60jährigen waren ca. 60 % behindert und von diesen wiederum ca. 27 % auf ständige Hilfe und Betreuung angewiesen. In 2/3 dieser Fälle kam die Hilfe und Unterstützung aus der Familie.

Nach nicht näher spezifizierten Angaben (zB Kleine Zeitung vom 21.07.2002, ZIB 2 vom 29.08.2002) leben derzeit in Österreich 500 000 Pflegebedürftige außerhalb der Spitäler und Heime, also in Privathaushalten, und werden überwiegend von Angehörigen betreut. Die Zahl der Pflegebedürftigen soll innerhalb von 10 Jahren auf 800 000 anwachsen.

Zugleich wird sich die Veränderung im Lebensstil mit Auswirkungen auf den Pflegebereich fortsetzen. 1951 lag die Zahl der Ein-Personen-Haushalte bei 17,5 % und ist bis 2002 auf 30,9 % angestiegen. 2030 wird ihr Anteil bei 34,8 % liegen. Diesen statistischen Unterlagen sind jedoch keine Angaben über die Altersstruktur und Pflegebedürftigkeit der Bewohner von Ein-Personen-Haushalten in Österreich zu entnehmen.

Deshalb sollen hier Untersuchungen aus der Schweiz zugrunde gelegt werden, da die Relativ-Verhältnisse recht gut vergleichbar und die Absolutzahlen entsprechend der Bevölkerungszahlen nur geringfügig verschieden sein sollten. In der Schweiz lebten 1997 insgesamt 790 000 Menschen über 15 Jahren, das sind 13,5 % der Gesamtbevölkerung, mit schweren körperlichen und/oder psychischen Behinderungen in Privathaushalten. Davon waren 153 000 schwer gehbehindert, 310 000 hör- bzw. sehbehindert. Der Anteil der körperlich Behinderten lag bei den über 65jährigen bei 29 %. Von den körperlich Behinderten haben 60 000 Schwierigkeiten bei täglichen Verrichtungen wie aus dem Bett Steigen, An- und Auskleiden, Essen. 20 000 sind dazu nicht allein in der Lage, dh. sie sind auf eine hohe Pflege- und Versorgungsintensität angewiesen. 31 % der körperlich Schwerbehinderten leben in Ein-Personen-Haushalten, dh. bezogen auf die genannte Zahl von 790 000 Menschen mit Behinderungen leben über 200 000 in Ein-Personen-Haushalten. Die Zahl dürfte altersbedingt eine stark steigende Tendenz haben. Bereits jetzt leben nach einer EU-Statistik 5 % der über 65jährigen allein.

Behinderung kann nicht grundsätzlich mit Pflegebedürftigkeit gleichgesetzt werden kann. Jene Definition von Behinderung, die in Deutschland im Bundessozialgesetz verwendet wird, ist lediglich zur Klärung von Sozialversicherungsansprüchen brauchbar: „Behinderung im Sinne dieses Gesetzes ist die Auswirkung einer nicht nur vorübergehenden Funktionsbeeinträchtigung, die auf einem regelwidrigen körperlichen, geistigen oder seelischen Zustand beruht. Regelwidrig ist der Zustand, der von dem für das Lebensalter typischen abweicht.“ Es ist offensichtlich, dass diese Definition auf ältere Menschen mit alterstypischer Behinderung, dabei handelt es sich überwiegend um Mehrfachbehinderung, nicht anwendbar ist. Die altersbedingte, für das jeweilige Alter typische Einschränkung der körperlichen, geistigen und seelischen Leistungsfähigkeit sollte nicht mit „Behinderung“ gleichgesetzt werden, auch wenn sie zur Pflegebedürftigkeit führt.

In den USA wird unterschieden zwischen:

- Impairment, das ist ein Schaden bezogen auf eine Körperfunktion oder Körperstruktur,
- Disability, das ist eine Einschränkung im selbst-bestimmten autonomen Handeln,
- Handicap, das ist eine nachteilige Auswirkung auf das Einbezogensein in die verschiedenen Lebensbereiche.

„Disability“ entspricht eher jenem Verständnis, das für eine Betrachtung im Rahmen des hier behandelten Themas geeignet erscheint:

„Disability means, with respect to an individual, an impairment that substantially limits one or more of the major life activities of such an individual.“

Noch weitergehend ist die Interpretation des Deutschen Forums Behinderter Juristinnen und Juristen: „Eine Behinderung ist eine Maßnahme, Struktur oder Verhaltensweise, die Menschen mit Beeinträchtigungen Lebensmöglichkeiten nimmt, beschränkt oder erschwert.“

Insbesondere die letzte Definition ist ohne Diskriminierung auf ältere Menschen anwendbar, da sie altersbedingte Beeinträchtigungen nicht mit „Behinderung“ gleichsetzt. Behinderung wird hier nicht auf die körperliche, geistige und seelische Leistungsfähigkeit eines Individuums bezogen, sondern auf die Einschränkung von Lebensmöglichkeiten im Zusammenhang mit Beeinträchtigungen. In diesem Sinn kann bereits eine nicht altersgerecht eingerichtete Wohnung oder eine nicht altersgerechte Betreuung in dieser Wohnung, zB durch sinngemäße Einbindung technischer Geräte und Vorrichtungen, zur Ursache einer „Behinderung“ werden. Gewissermaßen im Umkehrschluss kann dann auch durch geeignete Wohnungsgestaltung mit geeigneter technischer Einrichtung sowie angemessener Betreuung eine Behinderung vermieden werden.

Pflegebedürftigkeit kann auch im Zusammenhang mit der Nachversorgung nach einem vorhergehenden Krankenhaus-Aufenthalt vorliegen. Deshalb zunächst einige Angaben zur Krankenhaussituation in Österreich, welche das Problem verdeutlichen:

Die Zahl der vorhandenen Krankenhausbetten betrug 1970 noch 79 316 und ist bis 1999 auf 73 577 gesunken. Im selben Zeitraum ist die Zahl der jährlichen Patientenaufnahmen von 1 183 447 auf 2 607 980, dh. auf mehr als das Doppelte angestiegen. Wenn Veränderungen der Krankheitslandschaft und der Betten-Auslastung in dieser Zeit unberücksichtigt bleiben, dann bedeutet das, dass die durchschnittliche Aufenthaltsdauer im Krankenhaus auf etwa 40 % gesenkt worden ist, von etwa 24,4 Tage auf 9,3 Tage in 1999.

Damit verbunden ist eine Steigerung des ärztlichen Personals von 5 786 auf 16 997 und des Pflegepersonals von 24 421 auf 71 991. Es kann angenommen werden, dass die Wirtschaftlichkeit trotz der höheren Personalkosten und anderer leistungsbezogener Kosten durch die mit der höheren Patientenfrequenz verbundenen höheren Einnahmen insgesamt verbessert worden ist. Keine Angaben gibt es zu eventuellen Einsparungen bei den Kostenträgern dadurch, dass die kürzere Krankenhaus-Aufenthaltsdauer auch zu einer Verkürzung der gesamten Dauer des Krankenstandes und damit bei Erwerbstätigen zu einer Verminderung von krankheitsbedingten Ausfällen an Arbeitstagen führt.

Ein Krankenhaus-Aufenthalt wird in der Regel dann beendet, wenn der Patient die besonderen Ressourcen des Krankenhauses hinsichtlich der ärztlichen und pflegerischen Betreuung sowie der gerätegebundenen Leistungen nicht mehr benötigt bzw. der Verzicht darauf möglich ist, ohne dass der Patient einer akuten Gefährdung ausgesetzt oder der weitere Heilungsprozess verzögert oder verhindert wird. Das Verkürzungspotential dürfte inzwischen weitgehend ausgeschöpft zu sein. Eine weitere Verkürzung der kostenintensiven Krankenhaus-Aufenthaltsdauer erscheint nur möglich, wenn die Anforderungen an einen „risikoarmen“ Patientenzustand zum Entlassungszeitpunkt gesenkt werden. An dieser Situation wird auch die konsequente Einführung der Fallkosten-Pauschale nicht viel ändern. Lediglich durch eine sehr tiefgreifende Änderung der Struktur des Versorgungssystems und der Leistungsbereitstellung können die Voraussetzungen für eine weitere Verkürzung des stationären Aufenthaltes im Krankenhaus und damit für eine Steigerung der Wirtschaftlichkeit geschaffen werden.

In diesem Zusammenhang wird ausdrücklich nicht von potentiellen Kostensenkungen im Gesundheitssektor gesprochen, dh. von geringeren Belastungen für die Versicherten. Kostensenkungen und damit Einsparungen sind zwar grundsätzlich in einzelnen Bereichen möglich, aber sie werden praktisch nie als solche realisiert, sondern zumeist zur Verbesserung der Versorgungsqualität, dh. zur Erweiterung des Leistungsspektrums oder zur Steigerung der Leistungshöhe, genutzt. Die durch eine weitere Verkürzung erreichbare Steigerung der Wirtschaftlichkeit ermöglicht ein erweitertes Leistungsspektrum und eine Steigerung der Leistungshöhe, die schlussendlich auch den Patienten zugute kommen.

Im Hinblick auf die Versorgungsqualität bei stationärer Unterbringung im Krankenhaus ist zwischen ärztlich-pflegerischer Versorgungsqualität und Lebensqualität zu unterscheiden. Zur letzteren gehören zB die Qualität des Essens einschließlich der zeitlichen Auslieferung an die Patienten, die Möglichkeit des Fernsehens, die „Wohnqualität“ im weiteren Sinn.

Die Erfahrung zeigt, dass die Unzufriedenheit mit der Lebensqualität im Krankenhaus umso größer ist, je weniger ein Patient die Notwendigkeit seiner weiteren Unterbringung im Krankenhaus einsieht, und dass dies vor allem auf ältere Patienten in der Phase der stationären Nachversorgung zutrifft. Ältere und vor allem alleinstehende Patienten sind jedoch häufig bereit, das im Laufe ihres Lebens erworbene Vermögen einzusetzen, wenn sie damit eine Verbesserung ihrer Lebensqualität erreichen können. Sicherheit und Lebensqualität im Alter gewinnen an Bedeutung vor dem Ansparen eines Vermögens zum Vererben.

Basierend auf dieser Analyse sollen hier Anstöße zu Überlegungen gegeben werden, wie längerfristig durch entsprechende Maßnahmen in der Gebäudetechnik die Voraussetzungen geschaffen werden können, absehbar notwendige Strukturänderungen im Gesundheitswesen zu ermöglichen. Eine große Bedeutung dürfte dabei der flächendeckenden Einführung von Telehomecare, also Tele-Heimpflege, zukommen. Telehomecare oder Home Telemedicine ist definiert als „a means of providing care, monitoring and education to a patient in his home, using telecommunications technology.“ Telehomecare schließt das Telemonitoring, also die Fernüberwachung, die Telerehabilitation, also die Unterstützung aus der Ferne bei der Durchführung von Rehabilitationsmaßnahmen, sowie bestimmte Formen der Telekonsultation, also der Beratung in schwierigen Situationen, ein. Telehomecare bedeutet somit auf jeden Fall ein deutlich höheres Leistungsniveau als das derzeit in Österreich in knapp 20 000 Fällen verwendete Alarmsystem, mit dem hilfsbedürftige Personen in Notfällen eine Alarmzentrale (Rotes Kreuz, Caritas, Telealarmcare) benachrichtigen können und eine Sprechverbindung aufgebaut wird.

Bei den Überlegungen ist zu berücksichtigen, dass Gebäude im Allgemeinen eine deutlich längere Lebensdauer haben als technische Gerätegenerationen und eine nachträgliche Anpassung in der Gebäudetechnik oft einen unverhältnismäßig großen Kostenaufwand erfordert.

3. Das virtuelle Krankenhaus

Erfahrungen aus den USA und einigen anderen Ländern belegen, dass auch bei Gewährleistung einer gleichen ärztlich-pflegerischen Versorgungsqualität deutliche Einsparungen zB im Bereich der Intensivmedizin möglich sind, wenn die Patienten früher auf eine Station mit geringerer Pflegeintensität verlegt werden. Die Patienten werden hierbei mit einem mobilen und flexiblen Überwachungssystem entsprechend ihren aktuellen Bedürfnissen ausgestattet, das sie begleitet, wenn sie von einer Station auf eine andere verlegt werden.

Die Versorgungshöhe einer Station ist nicht nur durch die Zahl und Ausbildung des ärztlichen und pflegerischen Personals, sondern auch durch die dort vorhandene Geräteausstattung insbesondere zur Überwachung bestimmt. Das Verlegen von einer Station mit hoher auf eine mit geringerer Versorgungshöhe bedeutet daher eine verminderte Überwachung, was zu einer erhöhten Gefährdung des Patienten durch Nichterkennung einer Zustandsverschlechterung führen kann. Dieser Übergang in der Überwachungsintensität soll durch die flexible Überwachung eingeschliffen werden. Ähnliche Untersuchungen gibt es auch schon zur vorgezogenen Entlassung von Patienten nach Hause. Dafür sind allerdings sichere und leistungsfähige Datenverbindungen zwischen dem Krankenhaus und dem Privathaushalt erforderlich, wie sie im Krankenhaus vorausgesetzt werden.

Die Einbindung von Privathaushalten mit Hilfe der elektronischen Kommunikationstechnologie in den Versorgungsbereich des Krankenhauses hat zum Begriff des „virtuellen Krankenhauses“ geführt. Die technischen Voraussetzungen für eine leistungsfähige Vernetzung von Krankenhäusern sowohl untereinander als auch mit Privathaushalten, Arztpraxen und anderen Versorgungseinrichtungen wie dem Roten Kreuz im Sinne eines virtuellen Krankenhauses sind schon jetzt weitgehend vorhanden. Die Leistungsfähigkeit kann durch die Integration von Komponenten aus dem Bereich der „virtual reality“ noch gesteigert werden. Ein virtuelles Krankenhaus kann wesentliche Aufgaben der Patientenversorgung, der Pflege von Bedürftigen und der Betreuung von Behinderten außerhalb des eigentlichen (physikalischen) Krankenhauses übernehmen.

Das virtuelle Krankenhaus ist als eine Einrichtung zu verstehen, welche alle funktionellen ärztlichen und pflegerischen Dienste anbietet, die nicht direkt an dem zu versorgenden Menschen vorgenommen werden müssen und zu ihrer Durchführung nicht die physische Anwesenheit im Krankenhaus als Gebäude voraussetzen. Dazu gehören vor allem Maßnahmen wie die „Beobachtung“ einschließlich der Verlaufsbeobachtung und die Beratung. Allerdings gibt es auch Bedenken gegen das Konzept des virtuellen Krankenhauses, zB wenn darauf hingewiesen wird, dass viele Maßnahmen der Gesundheitsfürsorge in erster Linie als zwischenmenschliche Beziehungen von Bedeutung sind. Daher muss auch im virtuellen Krankenhaus die ärztlich-pflegerische Betreuung in erster Linie auf den Patienten und nicht auf die Krankheit ausgerichtet sein. Untersuchungen lassen bei vielen Patienten, insbesondere bei leichten Pflegefällen, eine hohe Akzeptanz für die Möglichkeit erkennen, von zu Hause aus jederzeit im Bedarfsfall über eine bi-direktionale Fernsehverbindung mit einem Arzt oder einer Pflegekraft im Krankenhaus Kontakt aufnehmen zu können.

4. Der aktuelle Stand der Nachrichten- und Informationstechnik

Bei vielen Maßnahmen im Krankenhaus geht es vornehmlich um die Erfassung, Verarbeitung und Zusammenführung von Daten. Ein modernes Krankenhaus ist heute zugleich ein datenverarbeitender Betrieb, bei dem große Mengen unterschiedlicher Daten anfallen, von den medizinisch-diagnostischen Daten über patienten-administrative Daten bis zu internen Betriebsdaten. Die Organisation eines virtuellen Krankenhauses mit der Einbindung von Privathaushalten basiert auf einer Vernetzung im Sinne des Datenaustausches.

Die moderne Informations- und Kommunikationstechnologie hat die Voraussetzungen geschaffen, um nahezu beliebig große Datenmengen in vernachlässigbar kurzer Zeit über frei herstellbare Datenverbindungen zwischen zwei oder mehr beliebig voneinander entfernten Orten auszutauschen. Derartige Datennetzwerke können auf Fest- oder Mobilnetzen wie Telefon, auf Computernetzen wie Internet, auf Satellitenbasis oder auf Mischsystemen beruhen. Die Leistungsfähigkeit dieser Systeme wird technologiegetrieben in naher Zukunft noch erheblich ansteigen. Der Übergang von GSM- zur UMTS-Technologie bringt eine deutliche Steigerung in der Datenübertragungsrate und damit in der Signalbandbreite, so dass Videosignale übertragen werden können. UMTS wird im Frequenzbereich von 2 GHz betrieben. Das bedeutet eine relativ geringe Reichweite sowie Störungen durch Hindernisse und Reflektionen. Es ist daher eine ausreichende Dichte von Sende-Empfangsvorrichtungen erforderlich.

Die Internettechnologie ist wegen ihrer im Grunde chaotischen Struktur, aber gestützt auf hochwirksame Datenübertragungsprotokolle, ein nahezu ausfallsicheres Übertragungsmedium. Die Verschlüsselungssystematik hat heute ein Sicherheitsniveau erreicht, das ein unbefugtes Mithören praktisch unmöglich macht. Auf derselben Protokollschiene sind Intranets aufgebaut, die ein noch höheres Sicherheitsniveau gegen ein unbefugtes Eindringen in Datenübertragungs- und Speichersysteme bieten als die bestehenden Firewallkonzepte. Während das Internet und überwiegend Intranets als Wide Area Networks (WANs) bezeichnet werden können, entstehen immer mehr Local Area Networks (LANs) und zunehmend Metropolitan Area Networks (MANs). Die beiden Letzteren zeichnen sich durch eine erhöhte Datenübertragungsrate, zB über Glasfaser-Verbindungen, aus.

Mit fortschreitender Technologie wachsen leitungsgebundene Übertragungssysteme wie das Festtelefon-Netz oder das Internet mit seinen Abkömmlingen und leitungsungebundene Übertragungssysteme wie Mobiltelefone mit der Erweiterung Personal Digital Assistant (PDA) oder Bluetooth immer mehr zusammen. In Kliniken sind die ersten sog. Wireless Local Area Networks (WLAN) bereits eingerichtet.

Durch zellulär angeordnete Sende-Empfangsvorrichtungen vergleichbar jenen beim Mobiltelefon, nur mit deutlich geringerem Abstand wegen der erzielbaren Reichweite, wird eine Verbindung zwischen dem Absender einer Nachricht und einem oder mehr Empfängern hergestellt. Sowohl der Absender der Nachricht als auch die Empfänger können mobil sein, müssen sich jedoch im Versorgungsbereich zumindest einer der Sende-Empfangsvorrichtungen befinden.

Die aus der Sicht des virtuellen Krankenhauses vielleicht interessanteste Technologie mit dem höchsten Entwicklungspotential ist derzeit die Bluetooth-Technologie. Es handelt es sich dabei um einen offenen Standard, dh. viele Firmen arbeiten an der Festlegung der Spezifikationen mit und können bei entsprechender Lizenzierung Produkte mit dem Bluetooth-Label auf den Markt bringen. Die Übertragungsfrequenz von Bluetooth liegt mit von 2,4 GHz knapp oberhalb des UMTS-Bandes. Wegen der geringen Abstrahlleistung ist die Reichweite mit etwa 10 m recht gering. Die Datenübertragungsrate erreicht derzeit einige hundert kBit/s. Damit ist eine vollwertige Sprachübertragung und eine, gegenwärtig noch eingeschränkte, Videoübertragung möglich. Bluetooth-Bausteine stehen bereits in Einschubtechnik zur Verfügung und lassen sich problemlos in einem PC oder Notebook unterbringen, so dass damit eine Anbindung an das Internet ohne Kabelverbindung möglich ist. Bluetooth-Systeme sind insoweit intelligente Systeme, als dass sie autonom untereinander verkehren, dh. sich erkennen und unter der Kontrolle eines Masters Nachrichten miteinander austauschen können. Daher können mit Bluetooth bestückte Geräte untereinander kommunizieren und mit einem mobilen Gerät, das neu in den Versorgungsbereich gelangt, Kontakt aufnehmen.

5. Konsequenzen für das Gebäude und die Gebäudetechnik

Auf der Basis bereits vorhandener Technologien gibt es zahlreiche Untersuchungen zum Thema „Smart House“, in dem das Wohnen und Leben durch den Einsatz computer-gesteuerter Geräte vereinfacht oder sogar erst ermöglicht werden soll. Die zu steuernden Geräte sind untereinander verbunden, können „intelligent“ miteinander kommunizieren und über eine Schnittstelle auch Daten mit der Außenwelt austauschen. Die Datenübertragung kann entsprechend der verfügbaren Technologien leitungsgebunden über Metallkabel und Glasfaser oder leitungsungebunden über Infrarot oder Funk erfolgen. Ultraschall ist nur in Sonderfällen geeignet, da im Allgemeinen zu störanfällig und von geringer Leistungsfähigkeit. Die anzusteuernenden Geräte können stationär oder mobil sein.

Kabelverbindungen sind praktisch nur für stationäre Geräte geeignet und erfordern eine dauerhafte Verbindung, die nachträglich nur noch eine geringe Flexibilität erlaubt. Infrarot ist praktisch nur geeignet bei direkter Sichtverbindung, dh. bevorzugt bei Geräten, die innerhalb eines Raumes stationär angeordnet sind. Die größte Flexibilität ermöglicht die Funkverbindung. Allerdings gibt es hierbei immer wieder unversorgte Bereiche. Wände oder Böden mit starker Metallarmierung oder gar mit Metallbelägen, aber auch metallbeschichtete Fenster, wie sie zur Reflexion starker Sonneneinstrahlung verwendet werden, können für diese hohen Frequenzen undurchlässig sein. Metalle, wie sie zB für Türrahmen oder Treppengeländer verwendet werden, können zu einer Verzerrung der Feldausbreitung führen und die flächendeckende Versorgung erschweren.

Bei überwachungsbedürftigen Personen, die sich frei in der Wohnung bewegen, aber sich auch außerhalb, zB auf dem Balkon oder im Keller, aufhalten können, muss eine Überwachung überall möglich sein. Bei einigen Vitalfunktionen wie beim EKG ist eine kontinuierliche Überwachung erforderlich. In der Überwachungszentrale kann ein unzureichender Empfang zu einer Alarmauslösung führen, wenn keine eindeutige Ursachenerkennung möglich ist. Bei Personen, die während des Schlafes überwacht werden sollen, kann es bewegungsbedingt zu einer Ablösung von angebrachten Sensoren und somit zu einer Alarmauslösung kommen. Bei einer Alarmauslösung sollte daher über eine Videoverbindung vom Überwachungszentrum zunächst überprüft werden können, ob tatsächlich ein handlungsbedürftiger Zustand vorliegt. Über die Sprechverbindung kann die zu überwachende Person darauf hingewiesen werden, dass sich ein Sensor abgelöst hat und wieder angebracht werden soll.

In vielen Fällen wird eine bidirektionale Video-Verbindung mit dem Krankenhaus oder der sonst mit der Kontaktpflege beauftragten Stelle nötig sein. Kameras sollten so angebracht werden, dass sie einen großen Teil des Raumes erfassen, notfalls gekoppelt mit einer Schwenkbewegung, die möglichst autonom und ohne Zutun des kontaktierten Arztes oder Pflegekraft ausgeführt wird. Die verfolgende Überwachung einer Person von einem Raum in einen anderen sollte auf der Basis der Bluetooth-Technologie kein großes Problem darstellen. Dafür können entweder mehrere stationär angebrachte oder eine mobile Videokamera eingesetzt werden. Probleme sind einerseits von der Videokamera nicht erfasste Totzonen, aber vor allem die Anordnung des Monitors, auf dem die zu versorgende Person die Kontaktperson sieht. Die bidirektionale simultane Videoverbindung ermöglicht der Kontaktperson einerseits die unmittelbare Vorführung zB von bestimmten Handgriffen beim Umbetten einer bettlägerigen Pflegeperson durch Angehörige, das Anlegen eines Verbandes oder das Aufziehen einer Spritze. Andererseits gestattet sie auch die Kontrolle, ob die Maßnahme richtig durchgeführt wird.

Dazu sollte die eingewiesene Person ihren Platz, zB am Bett der zu versorgenden Person, nicht verlassen müssen. Schwenkbar angeordnete Projektoren nach Art der Videoprojektoren sind dafür den üblichen Bildschirm-Monitoren (auch in der Form von Flachbildschirmen) vorzuziehen. Verfügbar sind bereits Kameras hinter halbdurchlässigen Spiegeln, auf die das Bild des jeweiligen Gesprächspartners projiziert und damit ein direkter Augenkontakt hergestellt werden kann, was zur Schaffung einer Vertrauensbasis beiträgt.

Ein Beispiel einer schon kommerziell verfügbaren Patientenstation ist in Abb. 6 gezeigt



Abb. 6: Kommerziell verfügbare Patientenstation mit Mikrofon, Lautsprecher, Kamera, Monitor und verschiedenen Vorrichtungen zur Erfassung medizinisch-klinischer Daten [2]

58

Im Gegensatz zu anderen Ländern hat die Heimdialyse in Österreich und Deutschland bisher kaum Verbreitung gefunden, obwohl die chronische Dialyse in der Klinik den Transport der Patienten oft über große Strecken mehrmals in der Woche erfordert und zunehmend zu einer enormen finanziellen Belastung wird. Aus diesem Grund werden in einigen, auch europäischen Ländern die Kosten der Dialyse nicht mehr von den eigentlichen Kostenträgern übernommen. Es ist zu befürchten, dass andere Länder früher oder später diesem Vorgehen folgen werden. Die Durchführung der Heimdialyse wird bisher, nachdem die gerätetechnischen Vorrichtungen ein recht hohes Sicherheitsniveau erreicht haben, überwiegend mit den unzureichenden häuslichen Voraussetzungen begründet, angefangen von der Stellfläche für das Gerät über die Wasseraufbereitung und Dialysatentsorgung bis zur ausfallsicheren Stromversorgung. Ein von der EU mit 1 Mill. € unterstütztes multinationales, teleüberwachtes Dialyse-Projekt (Homer D – Home Rehabilitation Treatment – Dialysis) wurde 1999 mit dem Vermerk „erfolgreich“ abgeschlossen, aber bisher sind keine auswertbaren Einzelheiten bekannt geworden.

Ein weiterer Aufgabenbereich für das virtuelle Krankenhaus, der nur vorübergehend wahrgenommen werden muss und deshalb an die Flexibilität des Systems besondere Anforderungen stellt, ist die pränatale Schwangerschaftsüberwachung bei erkennbaren Risikogeburten.

Ein wichtiger Ort der Datengewinnung könnte in Zukunft der Sanitärbereich werden. In der Badewanne angebrachte Elektroden ermöglichen die Erfassung des EKG, ohne dass das Anbringen von Elektroden am Körper erforderlich ist. Mit Sensorsystemen, die in die Toilette integriert sind, können aus dem Urin und dem Stuhl viele Parameter gewonnen werden, die in besonderer Weise den Zustand des betreffenden Menschen beschreiben. Körperwaagen können dazu verwendet werden, außer der Körpermasse wichtige Teilkomponenten zu bestimmen. Dadurch sind Beurteilungen des Ernährungszustandes möglich, zB der Körperfettmasse oder des Hydratationszustandes, der besonders bei älteren Menschen mit eingeschränkter Flüssigkeitszufuhr eine kritische Zustandsgröße ist.

Erforderlich könnte auch der Einsatz von Robotern zur Unterstützung bei täglichen Routineaktivitäten sein, angefangen von der Körperpflege und dem Aus- und Ankleiden bis zu Aufgaben, die nicht unmittelbar der Patientenversorgung dienen, zB für die Raumreinigung oder die Überführung von Wäsche aus der Waschmaschine in den Trockner. Es stehen schon jetzt unterschiedliche Steuermöglichkeiten zur Verfügung, zB Joystick oder Sprache. Die Steuerung kann durch die pflegebedürftige Person selbst oder die Überwachungszentrale erfolgen. Die Überwachungszentrale kann bei der Durchführung von Rehabilitations- und Trainingsmaßnahmen durch Systeme der „virtual reality“ unterstützt werden. So kann die Videoinformation durch haptische Informationen ergänzt werden. Dafür geeignete Vorrichtungen stehen bereits zur Verfügung. In den meisten Fällen werden solche Roboter mobil sein und zusätzlich bewegliche Elemente enthalten. Der notwendige Freiraum zur Ausführung der Bewegungen sowohl zum Standortwechsel als auch zur eigentlichen Dienstleistung muss vorhanden sein. Hindernisse wie Treppen, Stufen und sogar Schwellen sind manchmal nur schwer zu überwinden.

Grundsätzlich müssen pflegebedürftige und behinderte Personen, insbesondere in Ein-Personen-Haushalten, in die Lage versetzt werden, sich ihr Raumklima selbst vorgeben zu können, dh. die Temperatur einstellen oder eine Lüftung vornehmen zu können. Ebenso sollte die Verwendung bestimmter Geräte, die heute zu den Grundansprüchen eines selbst-bestimmten Lebens gehören wie Radiohören, CD-hören, Fernsehen mit der Möglichkeit der Umschaltung auf das ausgewählte Programm, eine Selbstverständlichkeit sein.

Auch pflegebedürftige und behinderte Personen möchten Besucher empfangen, sind aber oft nicht in der Lage, sich zur Eingangstür zu bewegen. Eine quasi blinde und ferngesteuerte Öffnung scheidet aus und könnte durch eine videoüberwachte Kontrolle der Eingangszone ersetzt werden, wobei auch die Identität des Besuchers festgestellt werden kann. Ferner können an geeigneten Stellen angebrachte Bewegungsmelder eingesetzt werden, um insbesondere in der Nachtzeit zusätzlichen Schutz zu bieten.

Ganz allgemein ist das Schutzbedürfnis im Hinblick auf die zumeist wehr- und hilflosen Bewohner in einer Zeit zunehmender Einbruchskriminalität sehr hoch anzusetzen.

Eine wichtige Bedeutung kommt der Schaffung einer informationellen Umgebung zu. Vorrichtungen wie Rauch- und Brandmelder sollten ebenso vorgesehen sein geeignete Bekämpfungssysteme, zB Rauchabzüge, Löschsysteme usw. Behinderte oder Pflegebedürftige sind häufig nicht in der Lage, im Bedarfsfall die notwendigen Gegenmaßnahmen zu veranlassen. Zur besseren Mobilität von blinden und stark Sehbehinderten kann eine Wohnung mit einem geeigneten Leitsystem ausgestattet werden. Entsprechend ist bei tauben oder stark hörbehinderten Personen die Einrichtung eines Versorgungssystems zu überlegen, das zB wichtige akustische Informationen wie das Klingeln des Telefons oder der Türklingel im gesamten Wohnbereich durch visuelle oder andere Übermittlung wahrnehmbar macht. Ferner sollten behinderte Personen im Notfall von jedem Ort innerhalb des Wohnbereiches wie bei einer Freisprecheinrichtung zumindest akustischen Kontakt mit dem Betreuungszentrum aufnehmen können. Stationär angebrachte Bewegungsmelder sowie mobile Bluetooth-Geräte können ebenso wie die Sprachverarbeitung eingesetzt werden, um viele Steuervorgänge vorzunehmen, zB beim Betreten eines Raumes die informationelle Umgebung zu aktivieren, Licht einzuschalten usw.

Grundsätzlich ist ein hohes Sicherheitsniveau zu wählen, da davon auszugehen ist, dass der behinderte oder pflegebedürftige Mensch von der einwandfreien und sicheren Funktion der Geräte entscheidend abhängig ist.

6. Schlussfolgerungen

Der hier immer wieder verwendete Begriff „Überwachung“ löst – durchaus verständlich – nahezu reflexartig Abwehrreaktionen aus. Die informationelle Intimsphäre stellt heute ein Gut von hohem Wert dar. Jede Maßnahme, die mit einer Einschränkung dieser informationellen Intimsphäre und der informationellen Selbstbestimmung verbunden ist, muss sorgfältig abgewogen werden.

Hier wird von einer aus ärztlich-pflegerischer Sicht angebrachten Überwachung gesprochen, die ausschließlich dem Nutzen der überwachten Person dienen darf. Die so gewonnenen Daten und Informationen müssen wie andere medizinische Daten dem Datenschutz unterliegen. Die Voraussetzungen dafür sind von den politischen Verantwortungsträgern zu schaffen. Die Auseinandersetzung damit war nicht Gegenstand dieser Betrachtung.

Bereits heute sind wesentliche technische Voraussetzungen zur Einrichtung eines virtuellen Krankenhauses, das die Unterstützung von behinderten oder pflegebedürftigen Personen in deren häuslicher Umgebung übernehmen kann, vorhanden. Manche gerätetechnischen Voraussetzungen insbesondere auf der Patientenseite sind derzeit noch verbesserungsbedürftig, aber Gegenstand vielfältiger Entwicklungsprojekte. Die baulichen Voraussetzungen sind wegen der nachträglich oft schwierigen Anpassung von Baustrukturen frühzeitig zu klären und eventuell vorzusehen. In Anbetracht der sich abzeichnenden gesellschaftlichen Veränderungen und der Kostensituation im Gesundheitswesen ist die Einrichtung des virtuellen Krankenhauses eine zumindest diskussionswerte Überlegung.

Der Wirkungsbereich des virtuellen Krankenhauses wird nicht auf private Wohnungen oder Eigenheime beschränkt bleiben, sondern könnte ebenso Pflegeeinrichtungen und Behindertenheime einschließen, die auf diese Weise effektiver unterstützt werden können.

Für viele Menschen, die bisher kostenaufwendig im Krankenhaus untergebracht worden sind und damit oft verbundene Einschränkungen an Lebensqualität hinnehmen mussten, könnte in Zukunft als Alternative ohne Minderung der medizinischen Versorgungsqualität eine umfassende Heimbetreuung angeboten werden. Zugleich könnten Einsparungen bei den Betreuungskosten erreicht werden.

Notwendige Entwicklungen auf der Technologieseite sind vor allem die ausreichende Standardisierung im Hardware- und Software-Bereich sowie geeignete Ein-Ausgabe-Geräte. Dabei ist eine einfache oder besser intuitiv zu bedienende Nutzerschnittstelle von großer Bedeutung.

Bisher fehlen überzeugende Vergleichsstudien, da bei den bisherigen Studien – auch bei den EU unterstützten Studien – im Wesentlichen lediglich die technische Machbarkeit untersucht worden ist. Hingegen ist die Frage der Wirtschaftlichkeit entweder unberücksichtigt geblieben oder nur gestreift worden ist. Es fehlt fast immer eine vollständige Erfassung aller erforderlichen Investitions- und Betriebskosten sowie der möglichen Einsparungen. Die Bauseite ist dabei bisher noch kaum einbezogen worden.

Hier konnten keine Lösungsvorschläge unterbreitet werden, dafür fehlt dem Vortragenden jegliche Problemlösungskompetenz, sondern es sollten Entwicklungen aufgezeigt werden, die zumindest von der gerätetechnischen Seite her eine hohe Dynamik haben und auf ein zunehmendes Problemvolumen auf der gesundheitspolitischen und medizinischen Seite treffen.

7. Literatur

- 1 <http://www.statistik.gv.at>
- 2 <http://www.americantelecare.com/atiprogram03a1010.html>

„Nichts hält ewig“ - Anmerkungen zu Architektur und Bauphysik in Kalifornien

O.Univ.Prof. Arch. Dipl.-Ing. Volker Giencke
Universität Innsbruck, Graz

Antifüsiekalische Gedanken zu Los Angeles auf dem Weg nach Las Vegas

Spätestens mit der Erfindung des Kühlschranks hatte Kalifornien alle anstehenden Probleme gelöst (die bauphysikalischen nebenbei).

Natürlich lebt niemand aus dem Kühlschrank allein.

Was wäre der Mensch ohne „Subway“ und „Burger King“, ohne Cola und Ad-TV?
Zumindest wäre er kein Amerikaner.

Kalifornier sein, ist etwas ganz anderes. Los Angeles - das ist die Stadt, in der das Auto Teil der Lebensphilosophie ist, in der George W. Bush nicht wohnt. Dort sind Sharon Stone, Kim Basinger, Nicole Kidmann und Zeta Jones zuhause.

Fantasie ist in Kalifornien keine ungünstige Eigenschaft und auch kein Schimpfwort. Savoir Vivre wird erwartet und verlangt. Temmel Eis LA-Graz ist eine Wohltat und on the rocks ist alles und jedes.

Mullholland Rd., Berverly Hills, Hollywood, Santa Monica, Venice Beach, Malibu, Schatzi on Main, John Lautner, Frank Gehry, Silver Lake, Sunset Blvd., Cadillac Hotel –sind nicht bloß Namen, es sind Begriffe.

Strand, Sand, flaches Land,
eine Dose in der Hand,
Cola frisch gekühlt in Alus
und der Cadillac im Malus

Los Angeles, Kalifornien – das ist eine andere Auffassung von Zeit, von Lebenseinstellung und Wohnmentalität. Nirgends auf der Welt wird mehr Wert auf gutes Wohnen gelegt als eben da.

Bauphysik ist, war dort noch nie ein Begriff. Ein Fremdwort ist sie und wird es wohl immer bleiben.

Die Sonne ist in Kalifornien kein Feind. Im Gegenteil. Sie bräunt die Haut, wärmt den Pool und färbt die Bougainville in einem Rot, das den azurblauen Himmel blass werden lässt, -genau so impressiv und erregend wie das Werbemonument mit der Hollywoodschönheit, das den Mercury mit den dunklen Scheiben zu einem 10m langen Stück Wüste werden ließ – als er vom Highway abkam auf dem Weg nach Palm Springs.

Architektur lebt in Los Angeles vom kongenialeren Umgang mit physikalischen Randbedingungen als bei uns. Um es banal zu sagen: Ist es im Haus zu heiß, sitzt der Kalifornier im Schatten im Freien, springt in den Pool, der, so glaubt man als Europäer, zumindest die Hälfte des Grundstücks einnimmt oder rennt in Redondo Beach mit den Wellen um die Wette. Und genau dafür, für dieses Stück Lebensglück, würde er sein letztes Hemd verkaufen (das er sowieso nicht braucht).

Wer in LA nicht zuhause oder nicht mit dem Auto unterwegs ist, - selbst der kleinste Toyota hat eine Klimaautomatik eingebaut - hängt sich Klimageräte in die Fenster. Das ist effektiv und stört niemanden.

Der Mitteleuropäer wendet sich an den Bauphysiker, damit er dann eine grüne und schraffierte Welt sieht, wenn er aus dem Fenster blickt. Die Physik, die Chemie schaffen es inzwischen, Eis in der Wüste zu erzeugen - wir aber brauchen Panzergläser als Sonnenschutz und Flugzeugflügel als Lamellen, um das Bisschen Sonnenlicht zu reflektieren, das die Welt trifft.

Los Angeles bezeichne ich als einen Slum der Kategorie 10 auf der Slumskala von 1 bis 10.

Los Angeles ist ein sympathischer Slum.

Sogar die Hochhäuser und Megamarkets sehen hier anders aus als in Houston oder Atlanta, selbst wenn sie vom gleichen Generalunternehmer gebaut wurden. Aber Hochhäuser haben keine Bedeutung in der, flächenmäßig gesehen, größten Stadt der Welt.

Was heute nicht mehr taugt, sich nicht mehr adaptieren lässt, nicht mehr gefällt, ist morgen vergessen. Fix sind nur die Freeways, die im unendlichen Lichtermeer des abendlichen LA als fließende rote Bänder wie Lavaströme wirken.

Die Konstruktion aus doppelseitig beplanktem Holz- oder Metalltragwerk ist eine Leichtkonstruktion im einfachsten und im besten Sinne - den Tag über gebaut und über Nacht abgetragen. Freies Land für die nächste temporäre Architektur.

Wände sind vor allem Sichtschutz, weniger Schallschutz und weniger Wärme- bzw. Kälteschutz. Die Primärkonstruktion trägt, die Sekundärkonstruktion verkleidet.

Jede darüber hinaus führende Bauleistung ist additiv, ein architektonischer Big-Mac oder Doppel-Burger sozusagen – teurer, besser, großartiger.

Die Bauverfahren, die heute in LA angewendet werden, wurden vor mehr als hundert Jahren in der gleichen Art und Weise angewendet – seit damals dem Grundsatz der Ökonomie der eingesetzten Mittel folgend.

Normale Familienhäuser in Los Angeles bekommt man um US Dollar 100.000,-, dh. man kann in Los Angeles die billigsten Wohnhäuser der westlichen Welt erstehen.

Es steht nicht die Bauphysik im Vordergrund, sondern die Architektur.

Nicht der Baupolizist, nicht der Brandschutzbeauftragte und auch nicht der Ortsbildsachverständige bestimmen, wie das Gebäude aussieht.

Es ist der Architekt, der sich, entsprechend den funktionellen Abhängigkeiten und ethischen Funktionen der Architektur, Ingenieure und Planer zu Hilfe holt und der seine Vorstellungen umsetzt, nach Maßgabe der finanziellen Mittel.

Neben den hingezimmerten und hingenagelten Häusern stehen die großartigsten modernen Häuser dieser Welt in Los Angeles.

Das heißt, der höhere kreative Freiheitsgrad führt zu einem Mehrwert der Architektur, der bei uns und unseren Nachbarn nicht mehr passiert. Sein Verlust führt zu Gleichartigkeit und Mittelmäßigkeit. Bildlich gesprochen, ist es ein gefräßiger Schleim, der als Ergebnis planerischer Unfähigkeit und Ignoranz die Landschaft überzieht.

Die Fassaden unserer Büro-, Kranken- Wohn- und Geschäftshäuser sind deshalb vollkommen, weil sie brandbeständig, schalldicht, wärmegeklämmt und kugelsicher sind. Verglichen mit der Technologie, die zB unsere Haut besitzt, sind die Fassaden dieser Häuser der Beweis, dass Bauphysik und Gebäudetechnik am Anfang einer Entwicklung stehen.

Sie sind Zeugnisse eines Standards, den die Technik vorgegeben hat. Sie sind keine Zeugnisse des Zusammenspiels von Wissenschaft und Kunst. Sie sind keine Architektur.

Winderregte Schwingungen an Seilkonstruktionen

VR Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Günter Kern
Institut für Mathematik
Technisch-Naturwissenschaftliche Fakultät, TU Graz

Mit der zunehmend schlankeren Bauweise freistehender länglicher Konstruktionen erhöhen sich auch die Schwingungsgefährdungen, denen diese Bauwerke ausgesetzt sind. So werden unter anderem hohe Schornsteine, Sendetürme, Flutlichtmasten, Hängebrücken, elektrische Freileitungen, aber auch Tiefseekabel, um nur einige schlanke Konstruktionen zu nennen, durch ein aerodynamisches Phänomen beansprucht, das in Zusammenhang mit den dabei auftretenden Materialermüdungen bzw. -zerstörungen immer mehr an Bedeutung gewinnt. Gemeint sind die durch Wind oder im Allgemeinen durch eine Strömung induzierten Schwingungen, die im Wesentlichen zwei verschiedene Ursachen haben:

Man unterscheidet zwischen den sogenannten Tanzschwingungen („galloping“) und den Schwingungen infolge Wirbelablösung („aeolian vibrations“). Entsprechend den beiden Erscheinungen und damit auch den Anregungsmechanismen führen diese zu unterschiedlichen Erscheinungsformen der Schwingungen. Beiden Schwingungsarten ist jedoch gemeinsam, dass die für die Anregung notwendige Luftströmung eine dominierende Geschwindigkeitskomponente quer zum Objekt besitzen muss, so dass sich Schwingungen vorwiegend in der vertikalen Ebene senkrecht zur Windrichtung bilden können.

Am Beispiel von Seilen auf elektrischen Freileitungen werden die Phänomene erläutert und neue Ergebnisse für den Fall von Selbstanregungsmechanismen an Leiterbündeln, den sogenannten Teilleiterschwingungen, mit Hilfe der Verzweigungstheorie angegeben („chaotic vibration“).

1. Schwingungen induziert durch Wirbelablösung:

Schon seit langem ist bekannt, dass sich von der Oberfläche eines ruhenden Körpers, der quer zu seiner Längsachse angeströmt wird, wechselseitig Wirbel ablösen, die sich mit der Strömung stromabwärts bewegen. Im Altertum besaß man bereits Kenntnisse von den Tönen, die von einem gespannten Draht (Saite, Äolsharfe) im Wind emittiert werden („aeolian tones“).

Eine Erklärung dieses Phänomens wurde von Strouhal (1878) gegeben, nämlich dass eine Abhängigkeit zwischen der Ablösefrequenz der Wirbel und der Anströmgeschwindigkeit besteht, die durch die Strouhalzahl zum Ausdruck kommt. 1879 fand Lord Rayleigh, dass eine Violinensaiten im Wind vorherrschend in einer senkrechten Ebene zur Windrichtung vibriert und dass die Frequenzen der Töne sehr nahe bei den Eigenfrequenzen der Saite liegen. Von Karman (1912) lieferte den theoretischen Nachweis für die Stabilität der nach ihm benannten Wirbelstraße für niedrige Reynoldszahlen. Die durch die Wirbelablösung entstehenden Druckschwankungen an der Ober- und Unterseite wirken sich bei der ebenen Strömung um glatte kreiszylindrische Körper am stärksten aus. Bei mittleren Windgeschwindigkeiten zwischen 2 und 10 m/s und bei typischen Seildurchmessern von etwa 30 bis 50 mm stellen sich somit Schwingfrequenzen ein, die zwischen 5 und 100 Hz liegen können. Die maximal auftretenden Schwingungsamplituden sind, im Gegensatz zum Galloping, sehr klein und erreichen maximal die Größenordnung eines Seildurchmessers. Bedenkt man, dass die tiefste Eigenfrequenz des Seils bei ca. 0,1 Hz liegt, so sind mit den Wirbelablösungen Querschwingungen mit hohen Ordnungszahlen verbunden ($30 < n < 500$), man spricht daher von hochfrequenten Schwingungen.

Die resonanzartigen Querschwingungen werden zudem durch eine Mitnahmeerscheinung wesentlich verstärkt. Da der Abstand zwischen den benachbarten Eigenfrequenzen ca. 0,1 Hz beträgt, bedeutet dies, dass bei einer geringfügigen Änderung der Windgeschwindigkeit eine vorliegende Eigenform sofort in eine benachbarte Eigenform überspringt („lock in“ Effekt) und damit die anregenden Windkräfte im Bereich zwischen 1 bis 10 m/s synchron mit den Systemfrequenzen laufen.

In praktischen Fällen können die Seilschwingungen zu erheblichen Schäden in den Tragmasten und zu Leitungsbrüchen führen. Aufgrund des steigenden Energiebedarfes und der damit verbundenen Notwendigkeit, die Spannung der Freileitungen zu erhöhen (zB 380kV), ergaben sich eine Reihe von Problemen, die mit Hilfe von Bündelleitern gelöst werden können. Werden diese durch den Wind zu mechanischen Schwingungen angeregt, so bedeutet die notwendige Distanzierung der Leiter durch Feldabstandhalter natürlich eine gegenseitige Beeinflussung der einzelnen Schwingungsformen. Damit kann nicht mehr davon ausgegangen werden, dass die Schwingbewegung nur in senkrechter Ebene zur Windrichtung stattfindet. Weiters werden die Leiter, die im Windschatten stehen, unter bestimmten Bedingungen (Windgeschwindigkeit, Gelände, usw.) aerodynamisch instabil. Es kommt zu einem Selbstanregungsmechanismus (flutter-type of vibration) durch den abschirmenden Effekt des windzugewandten Leiters zu dem Leiter im Windschatten. Mathematisch gesehen handelt es sich dabei um ein Verzweigungsproblem (Hopf-Verzweigung).

Diese Phänomene machen ein Bündelleitersystem zu einem derart komplexen System, dass eine vollständige analytische Betrachtung praktisch undurchführbar ist und nur eine partielle analytische Betrachtung brauchbare Resultate liefert.

2. Niederfrequente Schwingungen: Seiltanzen bzw. Galloping

Das Galloping mit Frequenzen zwischen 0,1 bis 3 Hz und Amplituden je nach Wellenlänge bis zur Größe des Seildurchhanges können durch veränderte aerodynamische Charakteristiken infolge nichtrotationssymmetrischer Eisablagerungen an den Seilen verursacht werden. Dabei können die Leiterseile um mehrere Meter in vertikaler Richtung ausgelenkt bzw. auf komplexe ellipsenförmige Bahnkurven gebracht werden. Seiltanzen tritt nur sporadisch auf, macht dann jedoch zur Vermeidung von Erd- und Phasenkurzschlüssen eine Abschaltung der Leitung erforderlich und führt darüber hinaus zu exzessiven mechanischen Beanspruchungen und Beschädigungen. Das Problem des Seiltanzens kann mit erweiterten Theorien der hochfrequenten Schwingungen nicht gelöst werden. Die Theorie des Physikers Den Hartog führt eine neue Komponente, einen nichtrotationssymmetrischen Seilquerschnitt, infolge Vereisung ein, die in der Modellierung zu tragflügelähnlichen Querschnittprofilen führte. Es wurden von Den Hartog Kriterien angegeben, die zur Instabilität der Bewegung führen können. Problematisch an dieser Theorie ist, dass sie die mit Filmaufnahmen nachgewiesene Torsion des Leiterseils nicht berücksichtigt. Eine Vielzahl von neueren Arbeiten und noch laufenden Untersuchungen beschäftigt sich mit der Erweiterung der Den Hartogschen Theorie, die zusätzlich die Dämpfung, die Torsions- und die Schwingbewegungen des Leiterbündels berücksichtigt.

69

3. Literatur

EPRI: „Transmission Line Reference Book; Wind-induced conductor motion“, Palo Alto 1979

Den Hartog, J.P.: „Transmission line vibration due to sleet“; Transactions AIEE, Volume 51, 1932

von Karman und Rubach, H.: „Über den Mechanismus des Flüssigkeits- und Luftwiderstandes“; Physikalische Zeitschrift 13, 1912

Kern, G. and Maitz, A.: „Normal form transformation and an application to a flutter-type of vibration“; Int. J. Non-linear Mechanics, Volume 33, No. 5, pp. 741-751, 1998

Rayleigh, L.: „Acoustical Observations“; Philosophical Magazine 5, 1879

Strouhal, V.: „Über eine besondere Art der Tonerregung“; Annalen der Physik und Chemie 5, 1878

Medizinsoziologische Befunde zum Wohnumfeld

Ao.Univ.-Prof. Mag. Dr. Gerhard Grossmann
Institut für Soziologie, Universität Graz

1. Einleitung

In den letzten Jahren hat sich vermehrt ein Gesundheitsverständnis entwickelt, das vor allem auch umweltinduzierte Wohlbefindlichkeitsbeeinträchtigungen in den Mittelpunkt des aktuellen Forschungsinteresses rückte (vgl. Grossmann, 1998).

Der nicht mehr wegzuleugnende Umstand über die Auswirkungen des „Belastungssettings“ auf eine Vielzahl von Krankheitssensationen, verlangt eine Abkehr der bisherigen Gepflogenheiten Gesundheitssicherung zu praktizieren.

Dieses neue Gesundheitsverständnis kann auch als Teil des Wertewandels verstanden werden, der auch durch die großen Umweltkatastrophen der jüngsten Vergangenheit eine Aktualisierung erfahren hat.

Die sukzessive Zerstörung des Lebensraumes zeitigt bereits fatale Auswirkungen auf Luft-, Boden- und Wasserqualität, sowie auf das Klima im selbst.

Die daraus resultierenden Erkrankungen, die im Wesentlichen auf das Urbanisierungstrauma (Umweltbelastung, schlechte Wohnqualität, hohe Bebauungsdichten etc.) zurückzuführen sind, können als untrüglicher Indikator für die Schadstoffeinwirkung auf die Gesundheit und das Wohlbefinden gewertet werden.

Dieser Tatsache allein genügt offenbar noch nicht, denn wie sonst wäre es erklärbar, dass man sogenannten „Biochemischen-Reparatur-Modellen“ eher den Vorzug zur Erklärung komplexer Erkrankungsprozesse einräumt, als beispielsweise einem polyätiologischen Erklärungsmodell, dh. der Erkrankungsprozess wird durch das Zusammenwirken von vielen Faktoren ausgelöst, die wiederum untereinander verschieden starke Interaktionsmuster aufweisen. (vgl. Abholz 1982, Holfeld 1981, Holzkamp 1972).

Daraus ergibt sich die absurde Konsequenz, dass Krankheiten nicht nach ihrem tatsächlichen Ursprung behandelt werden, sondern einzig und allein nach ihren offensichtlichen Gesundheitsdefekten, also sind einer „Neuaufgabe der Beschwerdemuster“ Tür und Tor geöffnet.

Die Lebensraumgestaltung und die effiziente therapeutische Intervention umweltbedingter Erkrankungen wird ohne sozialepidemiologische Befunde nicht auskommen.

2. Die Untersuchung und ihre Ergebnisse

Der Ausgangspunkt der vorliegenden Untersuchung findet sich in der Fragestellung, inwieweit sich ein messbarer Zusammenhang zwischen dem Vorhandensein einer Störgröße und dem Auftreten einer bestimmten Krankheitssensation in einer Population nachweisen lässt.

Die Hauptaufgabe besteht also in der zuverlässigen Ermittlung der regional wirksamen Belastungsintensität sowie in der akribischen Dokumentation der konstatierbaren Krankheitssensationen.

Da es aus technischen und besonders aus ethisch-moralischen Überlegungen in der Umweltforschung faktisch unmöglich ist, Experimente zur Beweisführung des Zusammenhanges zwischen Umwelteinflüssen und den daraus resultierenden medizinischen, biologischen und sozialen Auswirkungen durchzuführen, muss auf Beobachtungswerte zurückgegriffen werden (vgl. Becker/Frentzelt-Beyme/Wagner 1984).

Zur Interpretation der Wirkungsunterschiede muss angemerkt werden, dass bei der Beurteilung der Auftrittswahrscheinlichkeit bestimmter Erkrankungen unter Berücksichtigung der lokalspezifischen Umweltbelastung immer nur ein signifikanter Wirkungsunterschied bei stärkerer Umweltbelastung gegenüber einer schwächeren geprüft werden kann.

Wenn auch mit umweltepidemiologischen Studien nicht immer eine Dosis-Wirkungsbeziehung im klassischen Sinne nachgewiesen werden kann, so muss man dennoch mit einem fließenden Übergang von der Gesundheit zur Krankheit oder der Verschlechterung einer Erkrankung bei einer konstatierten Umweltbelastung gerechnet werden (vgl. Grossmann 1998).

Analyse der Wohnumfelqualität

Unter Zuhilfenahme der deskriptiven als auch der mathematisch-statistischen Datenanalyse konnten die Auftrittswahrscheinlichkeiten von Erkrankungen in Belastungs- und Vergleichsgebieten ermittelt werden.

Differenziert wurde bei den rettungsdienstlichen Notfallinterventionen zwischen drei Hauptdiagnosegruppen und zwar zwischen „kardiovaskulären“, „pulmonalen“ und neurologischen Erkrankungen. Zusätzlich ermittelt wurde noch der „Unfall in versperonter Wohnung“ und „am Notfallort tot angetroffene Personen“.

Auf die Verwendung konventioneller medizinalstatistischer Daten (Krankenhaus, Sozialversicherung etc.) wurde zugunsten der Notfalldaten verzichtet, da der Notfallort ja immer auch der Wohnort war, konnten die wohnbezogenen Belastungsindizes erfasst werden.

Um eine eindimensionale Betrachtung der verschiedenen Belastungsfaktoren zu vermeiden, wurden für die gesamte Untersuchungsregion Synergismusindizes ermittelt, um auch der Koinzidenz verschiedener Belastungsfaktoren Rechnung zu tragen.

Im nachstehenden Beispiel soll ein Synergismuseffekt bei kardiovaskulären Notfällen an drei ausgewählten Belastungsfaktoren illustriert werden.

In einer bestimmten Region X lassen sich hohe Luftverschmutzungswerte erkennen, bei einer ersten Belastungsanalyse ergibt sich folgendes Belastungsprofil:

Kohlenmonoxidbelastung (CO)	sehr stark
Staub/Ruß (SR)	sehr stark
Lärm (L)	sehr stark

Ermittelter Synergismus-Index für CO-Belastung/Staub- Ruß /Lärm:

Synergismus-Index: 4.4

Prüfwert : 1 (alle Werte über 1 sind ein Hinweis für den Additiv-Effekt der angesprochenen Belastungsfaktoren).

Zusätzlich zu den Umweltparametern wurden dann noch die Variablen; sozioökonomischer Status, Geschlecht, Alter, Zustand der Wohnung, Sexualproportionen, Age-children-ratio (ACR), Altenbelastungsquoten, Grünflächenanteil, Vorerkrankungen, Wohndauer, Freizeitgewohnheiten, Selbstmedikation berücksichtigt.

Notfallhäufigkeiten und Wohnumfeldqualität

Bei einer Vielzahl von epidemiologischen Untersuchungen wird darauf hingewiesen, dass eine exakte Grenzziehung zwischen einem „no effect level“ bei bestimmten Umweltbelastungsfaktoren und einer Auswirkung auf das Krankheitsgeschehen nicht möglich ist (vgl. Roths Schuh 1976).

Dies bedeutet jedoch nichts anderes, als dass der Übergang von der Gesundheit zur Krankheit oder die Verschlimmerung einer Krankheit als fließender Prozess zu verstehen ist.

Außerdem muss noch darauf hingewiesen werden, dass die Wirkung von Umwelt- und Wohnumgebungsnoxen am deutlichsten bei vorgeschädigten, geschwächten oder sich in Entwicklung befindlichen Menschen zu beobachten ist.

Die regionalspezifische Analyse der Notfallinterventionen hat gezeigt, dass die Diagnosegruppe der kardiovaskulären Erkrankungen (ohne Differenzierung nach Alter und Geschlecht) in den Belastungsgebieten **62** Notfallpatienten auf 1 000 Einwohner zu verzeichnen hat, während in den sogenannten „schwach belasteten Gebieten“ die Notfallrate bei **33** Notfallpatienten auf 1 000 Einwohner liegt.

74

Wenn man das Überschussrisiko berechnet, also jene Größe des vermeidbaren Krankheitsgeschehens, so pendelt sich der Wert des Attributablen Risikos (AR-Rate) auf beachtliche **47 %** ein. Dies würde bedeuten, dass **47 %** der registrierten Erkrankungen in den stark Belastungsgebieten vermieden werden könnten (Vergleichswert: schwach belastete Wohngebiete).

Ein differenzierteres Bild zeigt sich bei der alters- und geschlechtsspezifischen Analyse des „Betroffenheitsgrades“ bei den kardiovaskulären Erkrankungen der exponierten, respektive nicht exponierten Bevölkerung. Hier zeigt sich, dass bei allen Altersgruppen bei der männlichen wie auch bei der weiblichen exponierten Bevölkerung signifikant höhere Erkrankungsraten als bei der nicht exponierten Bevölkerung vorliegen.

So weist beispielsweise das Attributable Risiko (AR) für die männliche exponierte Bevölkerung in der Altersklasse der 40 - 50jährigen eine Wert von AR = **38 %** (vermeidbares Krankheitsgeschehen) auf.

Die Werte des Attributablen Risikos lassen also eine Quantifizierung des Ausmaßes eines vermeidbaren Krankheitsgeschehens zu, und ermöglichen damit neue Perspektiven für die künftige Konzeption des „Urbanen Lebensraumes“.

Auch bei der alters- und geschlechtsspezifischen Betrachtung der pulmonalen Erkrankungen ergeben sich deutliche Unterschiede zwischen den Erkrankungsraten bei der exponierten und bei der nicht exponierten Bevölkerung.

Eine Reduktion des pulmonalen Krankheitsaufkommens in den Belastungsgebieten um **48 %** (AR = 48 %) wäre dann denkbar, wenn die Wohnumfeldqualität in den „stark“ belasteten Gebieten auf das Niveau jener in den „schwach“ belasteten Gebieten angehoben werden würde.

Die Betrachtung der Verteilungsprofilen neurologischer Erkrankungen unterstreicht ebenfalls den Trend, dass in den „stark“ belasteten Wohngebieten statistisch signifikant mehr rettungsdienstliche Notfallinterventionen in Anspruch genommen werden, als in den „wenig“ belasteten Vergleichsgebieten.

Die prozentuellen Steigerungsraten liegen im Schnitt bei der männlich exponierten Bevölkerung bei **64 %**, bei der weiblichen exponierten Bevölkerung sogar bei **76 %**.

Eine besondere rettungsdienstliche Intervention, der „Unfall in versperonter Wohnung“ wurde ebenfalls einer Detailanalyse unterzogen. Insgesamt gelangten 959 Einsätze zur Auswertung. Bei diesem Notfalltyp hat sich gezeigt, dass die Notfallhäufigkeit neben der Umweltqualität auch eng mit dem Wohnungsstandard korreliert.

Interessant ist der Umstand, dass das Phänomen sozialer Isolation bei alten und gebrechlichen Leuten in jenen Regionen besonders stark vorherrscht, in denen eine auffallend hohe Wohndichte zu konstatieren ist. Ein Indiz für die „Soziale Vereinsamung“ findet sich in der Auflistung der sogenannten „Auffindezeiten“, also jenem Zeitintervall, das vom Auftreten der ersten Symptome bis zum Auffinden der Patienten verstrichen ist. In dicht verbauten Gebieten (Verbauungsdichte 1,2 und mehr) wurden innerhalb von 24 Stunden nur **21 %** der Notfallpatienten entdeckt, während es in den Regionen mit aufgelockerter Verbauung (Verbauungsdichte 0,3 – 0,8) immerhin **79 %** der Patienten waren.

Die letzte Diagnosegruppe, die einer epidemiologischen Untersuchung unterzogen wurde, war der „Exitus letalis“. Hier hat sich ebenfalls herausgestellt, dass in den Belastungsgebieten die rettungsdienstlichen Interventionen bei der Diagnosegruppe „Exitus letalis“ in den Belastungsgebieten um **24 %** höher waren, als in den weniger belasteten Gebieten.

Es ist selbstverständlich, dass der Zusammenhang zwischen der Umweltexposition und der Mortalitätsgefahr nicht monokausal erklärt werden kann. Allerdings erscheint eine Koinzidenz zwischen Umweltexposition und sonstigen Belastungsfaktoren (Krankheit, Stress etc.) im Sinne eines Additiveffektes plausibel.

Auch die raum- und zeitbezogene Datenanalyse (Tages-Wochen-Monatsdynamik) hat einen signifikanten Zusammenhang zwischen Umweltexposition und dem Auftreten erwähnter Erkrankungen gezeigt.

Zu den umweltinduzierten Krankheitsfolgekosten muss noch abschließend erwähnt werden, dass sich erwartungsgemäß die kardiovaskulären Erkrankungen und die neurologischen Erkrankungen als sehr kostenintensiv herausgestellt haben, da besonders die Gruppe der 16 – 59jährigen Männer eine hohe Anfälligkeitsrate aufwiesen, und die Mehrheit dieser Altersgruppe Angehörigen sich in der Ausbildung bzw. im Beruf befindet.

Eine planvolle Steuerung einer nach den Bedürfnissen der Bevölkerung ausgerichteten Umweltqualitätsplanung muss auch in der Lage sein, einerseits eine wirksame Einflussnahme auf die Standortentscheidungen von Unternehmungen, Haushalten oder Straßenbauvorhaben, etc. auszuüben und andererseits auch als zentrale Koordinationsstelle für die verschiedenen Fachressorts auf Bundes-, Landes- oder Gemeindeebene zu fungieren (vgl. Freisitzer/Maurer 1985).

Die gegenwärtigen politisch-administrativen Rahmenbedingungen für eine präventive Umweltpolitik begünstigen nicht unbedingt die Beseitigung struktureller Hemmnisse für eine wirkungsvolle Umweltqualitätsplanung. Die Auswüchse versäumter prospektiver Umweltplanungen haben sich auch bei der jüngsten Hochwasserkatastrophe in Österreich wiewohl auch in weiten Teilen Europas gezeigt.

3. Literatur

Abholz, A. (1982), Hrsg., Risikofaktorenmedizin – Konzept und Kontroverse, Berlin/New York

Becker, N./Frentzelt-Beyme, R./Wagner, G. (1984), Krebsatlas der BRD, Berlin/Heidelberg/New York/Tokio

Freisitzer, K./Maurer, J. (1985), Hrsg., Das Wiener Modell. Erfahrungen mit innovativer Stadtplanung. Empirische Befunde aus einem Großprojekt, Wien

Grossmann, G. (1998), Das langsame Sterben. Eine medizinsoziologische Ökologiestudie über den Zusammenhang zwischen Wohnumfeldbelastung und Krankheit, Frankfurt a. M./Berlin/Bern/New York/Paris/Wien

Holfeld, R. (1981), Das biomedizinische Modell, in: Herbig, J., Hrsg., Biotechnik, Reinbek

Holzkamp, K. (1972), Kritische Psychologie, Hamburg

Entlüftung von Tiefgaragen und Unterflurtrassen in stark verbautem Gebiet

Ao.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Peter-Johann Sturm
Ao.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Raimund Almbauer
Mag.rer.nat. Dr.rer.nat. Dietmar Öttl
Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik
Fakultät für Maschinenbau, TU Graz

1. Hintergrund

Verkehrsträger stellen im innerstädtischen Bereich ein Konfliktpotential dar, da sie einerseits notwendig zur Aufrechterhaltung der Mobilität und der Infrastruktur sind, andererseits jedoch Quellen von Emissionen an Luftschadstoffen und Lärm sind. Es ist nun vorrangiges Ziel die negativen Aspekte des hier hauptsächlich angesprochenen Straßenverkehrs in Bezug auf Lärm- und Schadstoffentwicklung zu minimieren. Betrachtet man den fließenden Verkehr, so besteht das Bestreben große Verkehrsträger immer öfter in Unterflurtrassen zu verlegen um somit die Flüssigkeit des Verkehrs zu gewährleisten und damit Lärm und Schadstoffemissionen zu reduzieren. Als positiver Nebeneffekt ergibt sich, dass dadurch in bewohnten Gebieten Rückverbauungen von Straßen bzw. manchmal sogar Rückgewinnungen von Grünflächen erzielt werden können. Beim ruhenden Verkehr versucht man durch gezielte Anordnung von Parkhäusern eine Minimierung des Parksuchverkehrs zu erzielen bei gleichzeitiger Aufrechterhaltung bzw. sogar Verbesserung der Parkmöglichkeiten für private und gewerbliche Zwecke.

Eines haben jedoch diese beiden scheinbar so unterschiedlichen Maßnahmen gemeinsam. Anstelle einer großräumigen Verteilung von Schadstoffen erfolgt die Freisetzung von Schadstoffen nun eher punktförmig, das heißt zB bei Tunnel und Unterflurstraßen an den Portalsituationen oder bei Parkgaragen natürlich im Bereich der Garagenabluft. Dies wirft nun die Problematik auf, dass großflächige Entlastungen von Gebieten einer punktuellen Verschlechterung der Luftgütesituation entgegenstehen. Es ist daher genauestens zu prüfen, wie diese Abluft an die Umgebung freigesetzt werden soll, um übermäßige Belastung der anrainenden Bewohner zu verhindern. Der gegenständliche Vortrag beschäftigt sich daher mit der Thematik der Belüftung von Garagen und unterirdischen Verkehrsanlagen mit dem Ziel der Minimierung der Schadstoffbelastung.

2. Straßentunnel und Unterflurtrassen im städtischen Bereich

Wie bereits erwähnt erfolgt immer öfter eine Verlegung von Straßen in Unterflurtrassen oder in Straßentunnel. Dadurch erreicht man, dass Umweltbelastungen durch den Lärm größtenteils vermieden werden können und gleichzeitig ein Raumgewinn erzielt werden kann. Ein weiterer positiver Aspekt ist auch, dass die zuerst linienförmig erfolgte Freisetzung von Luftschadstoffen nun auf meistens zwei Punkte reduziert werden kann. Nachteilig ist jedoch, dass an diesen beiden Punkten – meistens den beiden Portalen – eine erhöhte Freisetzung von Luftschadstoffen erfolgt.

Leider kommt es bei verbauten Gebieten oft zu einem Nutzungskonflikt von Verkehrsweg und Wohnbebauung in jenen Bereichen in denen die Portale der Tunnelanlage bzw. Unterflurtrasse vorgesehen sind. Diesen Bereichen ist bei der baulichen Gestaltung aber auch bei der Definition und Auslegung des Lüftungssystems besonderes Augenmerk zu schenken. Bauliche Gestaltungen sind oft nur eingeschränkt machbar und betreffen vor allem den Lärmschutz. Durch Errichtung von Lärmschutzwänden ist es möglich die Auswirkungen der Lärmquellen so zu minimieren, dass sie keinen umweltrelevanten Aspekt mehr darstellen. Anders ist dies bei Luftschadstoffen. Luftschadstoffe werden mit der Luft transportiert und somit stellen bauliche Hindernisse wie zB Lärmschutzwände nur eine beschränkte Möglichkeit zur Steuerung der Schadstoffausbreitung dar. Oft wird es hier notwendig sein gezielte Maßnahmen lüftungstechnischer Natur kombiniert mit baulichen Maßnahmen zu setzen.

Zuerst zu einigen Grundzügen der Schadstoffausbreitung. Optimal wäre natürlich die Freisetzung der Luftschadstoffe an einem Punkt an dem eine gute Durchlüftung vorliegt. Dies ist allgemein in größeren Höhen der Fall. Das heißt im Konkreten, dass eine Emission über einen Abluftschacht einer Freisetzung über die Portale vorzuziehen wäre. Hier stößt man aber meistens auf den ersten Interessenskonflikt. Schachtbauten werden sowohl von städteplanerischer Seite als auch von der anrainenden Bevölkerung im Allgemeinen nicht gutgeheißen, da dabei der Eindruck einer industriellen Emissionsquelle entsteht. Daraus folgt, dass in den meisten Fällen die Luftfreisetzung über die Portale durchgeführt wird. Hier hat man nun aber die Schadstoffe in einer sehr niedrigen Höhe über Grund und in Regionen wo niedrigere Windgeschwindigkeiten vorliegen. Es ist in den meisten Fällen daher zu untersuchen, wie weit sich die Emissionen über Portale negativ auf die Immissionssituation der anrainenden Bevölkerung auswirkt. Da nun das Steuerungsmittel der Freisetzungshöhe der Emissionen ausfällt, muss oft auf eine Optimierung der Schadstoffausbreitung mit Hilfe der Ventilationssteuerung zurückgegriffen werden.

Hier muss zunächst angeführt werden, dass die Ventilation von Straßentunneln im Allgemeinen aufgrund der Schadstoffkonzentration innerhalb des Straßentunnels oder der Unterflurtrasse erfolgt. Das heißt, es muss mit Hilfe der Ventilation gewährleistet werden, dass die Luftqualität im Straßentunnel den internationalen Kriterien entspricht. Die hier zu erzielenden Luftqualitätswerte sind jedoch im Konzentrationsbereich deutlich höher als jene Werte die in den diversen Immissionsschutzgesetzen zum Schutz der Bevölkerung außerhalb der Tunnelanlagen vorgeschrieben werden. Dies hat zur Folge, dass mit Lüftungen die für die Tunnelinnenluft ausgelegt werden oft nicht das Auslangen gefunden wird, um die Ziele des Immissionsschutzes der anrainenden Bevölkerung zu erreichen. In solchen Fällen ist es daher notwendig über die grundsätzlichen Anforderungen einer Lüftung von Straßentunnel hinauszugehen und Vorschriften zu machen, die die Immissionsschutzkriterien erfüllen. Diese Vorschriften stehen meistens im Widerspruch zu den Forderungen der Ersteller und Betreiber von unterirdischen Straßenanlagen. Die gültigen Rechtsvorschriften und Richtlinien gehen nämlich derzeit ausschließlich davon aus, dass die Luftqualitätskriterien innerhalb des Tunnels erfüllt werden müssen. Es ist daher oft ein langer Diskussionsprozess notwendig, um die Notwendigkeit einer für Außenluftkonzentrationen ausgelegten Ventilation darzulegen und die notwendigen Mittel freizugeben.

Als Beispiel einer derartigen Lüftung sei die Unterflurtrasse Kalvarienberggürtel im Norden von Graz genannt. Dieses Straßenstück stellt einen Lückenschluss im Grazer Verkehrsnetz dar und dient vor allem zur Entlastung von Nebenstraßen, auf denen sich bis vor kurzem ein großer Teil des Ost-West-Verkehrs im Norden von Graz abgewickelt hat. Die Situierung dieser Tunnelanlage ist jedoch derart, dass das Ostportal im Bereich einer dichten Wohnbebauung liegt. Zudem befindet sich dieses Ostportal auch im unmittelbaren Kreuzungsbereich mit einer weiteren Hauptverkehrsstraße. Die verkehrstechnische Lösung dieses Kreuzungsbereiches mit weitreichenden Rückstaubereichen in den Tunnel hinein, stellt sicherlich keine optimale technische Lösung dar. Der Tunnel ist zweiröhrig ausgeführt und hat eine Länge von ca. 600 m. Zur Einhaltung der Luftqualitätskriterien innerhalb des Tunnels wäre nur eine Lüftung mit relativ geringen Lüftungsleistungen notwendig. Zudem würde über lange Betriebszeiten, die durch die Fahrzeuge selbst indizierte Luftströmung ausreichen, um die notwendige Frischluft in den Tunnel hineinzutransportieren. Das Problem stellt jedoch in diesem Fall die unmittelbare anrainende Wohnbebauung im Bereich des Ostportales dar. Luftgütemessungen haben im Bereich dieses Ostportales bereits vor dem Bau der Unterflurtrasse gezeigt, dass vor allem beim Schadstoff NO_2 eine relativ hohe Istbelastung vorliegt. (Anmerkung: Diese Istbelastung liegt zwar nicht höher als bei anderen verkehrsnahen Messstellen im Grazer Raum, bis zum Erreichen des entsprechenden Grenzwertes bleibt jedoch nur ein relativ geringer Freiraum.)

Die Zusatzbelastung aus dem Tunnelportal muss nun so limitiert werden, dass es zu keinen Überschreitungen von Grenzwerten im Bereich der Anrainer kommt. Dazu reicht es jedoch nicht aus die Tunnelabluft mit den Konzentrationen bzw. Geschwindigkeiten aus dem Tunnel austreten zu lassen, die sich aufgrund der relativ geringen Tunnellüftung oder des Selbstbelüftungseffektes einstellen würden. Es ist also notwendig hier erstens durch eine erhöhte Luftmenge im Tunnel eine erhöhte Vorverdünnung der Schadstoffe zu erzeugen und zweitens den Impuls der austretenden Tunnelabluft zu erhöhen, wodurch der Abluftstrahl nun weitere Bereich der Umgebung erfasst und es somit zu einer besseren Durchmischung mit der Umgebungsluft kommt. Numerische Berechnungen zeigten, dass hier Luftgeschwindigkeiten im Tunnel von mehr als 5 m/s notwendig sind, um die gewünschten Verdünnungseffekte zu erzielen. Zur Erreichung dieser hohen Geschwindigkeit bedarf es jedoch bei stockendem Verkehr im Bereich des Ostportales einer relativ großen Lüfterleistung, die im gegebenen Fall durch Strahlventilatoren aufgebracht wird. Gleichzeitig ist es aber auch notwendig eine komplexe Steuerung des Lüftungssystems vorzusehen, die die Parameter, Luftqualität im Tunnel, Luftqualität außerhalb des Tunnels, Verkehrsstärke und die meteorologischen Einflüsse berücksichtigt. Dazu ist es notwendig, diese Daten messtechnisch zu erheben, was einen weiteren nicht zu unterschätzenden Aufwand darstellt.

82

Der Tunnel ist mit der entsprechenden Lüftung seit April 2002 in Betrieb und erfüllt bis jetzt die notwendigen Ansprüche. Dieses Beispiel stellt klar, wie negative Auswirkungen notwendiger Verkehrsträger minimiert werden können. Derzeit befinden sich in Österreich mehrere Straßentunnel in Planung bzw. in Ausführung, die bereits die Außenluftkonzentration in die Lüftersteuerung und in die Auslegung der Lüftung miteinbeziehen um so die Schadstoffbelastung in den Bereich der Tunnelportalen zu minimieren.

3. Lüftung von Garagen

Garagen stellen eine weitere Emissionsquelle dar, die bei ungünstiger Führung der Abluft zu einer merklichen Belastung anrainender Personen führen kann. Größere Garagen werden entsprechend der gesetzlichen Vorgaben und den zutreffenden ÖNORMEN mittels einer mechanischen Belüftung ausgestattet. Diese mechanische Belüftung bezieht in ihre Regelung die CO-Konzentration im Innenraum dieser Garage ein. Kohlenmonoxid (CO) ist ein Schadstoff, der vor allem beim Startvorgang von Fahrzeugen aufgrund des nicht betriebswarmen Motors bzw. des dazugehörigen Abgasreinigungssystems freigesetzt wird. Da sich der Emissionsstandard der Fahrzeuge aufgrund der verbesserten Technologie während der letzten Jahre extrem gebessert hat, sind die zu erwartenden Emissionsmengen an Kohlenmonoxid relativ gering.

Dies führt natürlich auch zu entsprechend niedrigen Frischluftmengen die zur Aufrechterhaltung der Luftgütekriterien für Garagen notwendig sind und zu relativ geringen Auslösezeiten (Betriebszeiten) der Lüftung. Während Kohlenmonoxid vor allem bei Startvorgängen emittiert wird, treten Emissionen an Stickoxiden sowohl beim Einfahren in die Garage mit betriebswarmem Motor als auch beim Ausfahren mit kaltem Motor auf. Immissionsseitig betrachtet stellt Kohlenmonoxid für die anrainende Bevölkerung kein Problem dar. Dies ist jedoch nicht der Fall für die zu erwartenden Zusatzbelastungen an Stickstoffdioxid.

Es tritt nun der Fall ein, dass die Garagenlüftung in erster Linie dann aktiviert wird, wenn Fahrzeuge ausfahren dh. wenn höhere Kohlenmonoxidkonzentrationen in der Garage anfallen. Der Schwellenwert zur Aktivierung der CO-bedingten Lüftung liegt jedoch relativ hoch (50 ppm). Dies führt dazu, dass bei sehr vielen gewerblich genutzten Garagen die Lüftung während großer Teile der Betriebszeit nicht läuft. Daher entweichen in diesen Zeiten die emittierten Stickoxidemissionen unkontrolliert sowohl bei Zu- als auch Abluftöffnungen die Garage in die Umgebungsluft auf. Es ist daher aus immissionsschutztechnischen Gründen anzustreben, Lüftungen nicht mehr ausschließlich auf die Kohlenmonoxidkonzentrationen in der Garage, sondern auch auf die Stickoxidemissionen abzustimmen.

Da in Garagen größere Mengen an Emissionen auftreten, ist eine gezielte Abführung dieser Emissionsmengen anzustreben. Dies sollte vorzugsweise über Dach der Betriebsanlage bzw. der anrainenden Gebäude erfolgen, da nur so eine gute Durchmischung mit der Umgebungsluft gewährleistet wird, und somit höhere Schadstoffbelastungen vermieden werden.

Es tritt nun das Problem auf, dass zwar bei sehr vielen Anlagen eine zentrale Abluftanlage mit Abluffreisetzung über Dach vorgesehen ist, die dazugehörige Lüftungsanlage aber aufgrund einer CO-geregelten Lüftung sehr oft wie gesagt nicht in Betrieb ist. Daher wird die Abluft sowohl über die Zuluftöffnungen als auch über mögliche Abluftöffnungen diffus an die Umgebung freigesetzt. Zuluftöffnungen sind jedoch sehr oft in den unteren Gebäudebereichen angeordnet und haben somit oft nur geringe Abstände zu Fenstern von Nachbarwohnungen, Nachbarhäusern oder Gärten und Parkanlagen. Durch die nichtaktive mechanische Belüftung wird die Abluft nun unkontrolliert über diese Öffnungen an die Umgebung abgegeben. Da diese Abluffreisetzung auf niedrigem Niveau erfolgt, liegen auch sehr ungünstige Ausbreitungsbedingungen vor, sodass Belästigungen der anrainenden Bevölkerung nicht mehr ausgeschlossen werden können.

Die derzeit in Überarbeitung befindlichen Regelwerte zur Auslegung von Lüftungen für Garagen nehmen bereits auf diesen Umstand Rücksicht und sehen spezielle Anforderungen für die Zuluftöffnungen und für die Steuerung der Lüftung vor. So sollen Zuluftöffnungen einen Mindestabstand von 5 m zu den nächsten Wohnbebauungen und/oder Fenstern aufweisen. Gleiches gilt für stark frequentierte Aufenthaltsplätze öffentlicher Anlagen. Zudem werden Vorgaben gemacht, die eine Regelung der Lüftung auch über die normalerweise vorhandene CO-Steuerung hinaus vorgeben.

Ein weiterer Konfliktpunkt ist oft die Situierung des Abluftkamins von Garagen. Auch wenn davon ausgegangen werden kann, dass bei größeren Anlagen die Abluftfreisetzung über Dach erfolgen soll, befindet man sich oft im Spannungsfeld zwischen technisch notwendigen und architektonisch erwünschtem Aussehen des Abluftkamins. Aus immissionstechnischer Sicht ist es unbedingt notwendig die Abluftführung so anzulegen, dass Wohnungen in der Umgebung des Abluftschachtes, auch wenn sie sich zB im Dachbereich befinden bzw. auch jene der angrenzenden Gebäude, nicht durch Garagenabluft belastet werden. Dies erfordert oft, dass der Abluftkamin über die Firsthöhe von Dächern hinausgezogen wird. Dieses Übertreten des Abluftkamins von Dächern widerspricht oft den Vorgaben seitens der Architektur. Hier obliegt es dann dem Lüftungsplaner in Zusammenarbeit mit dem Architekten eine gemeinsame, für beide tragbare Lösung zu finden.

Die Fassade im „Haus der Zukunft“

Ao.Univ.-Prof. DDr. Peter Kautsch
Dipl.-Ing. Herwig Hengsberger
Institut für Hochbau und Industriebau
Fakultät für Bauingenieurwesen, TU Graz

Das Impulsprogramm „Nachhaltig Wirtschaften“ des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie forciert nachhaltigkeitsorientierte Forschung und technologische Entwicklung und unterstützt richtungsweisende Projekte in den Themenbereichen effiziente Energienutzung, nachwachsende Rohstoffe, ökoeffiziente Verfahren und Produkte, etc. In der Programmlinie „Haus der Zukunft“ werden neu errichtete oder sanierte Wohn- und Bürobauten sowie Technologie- und Komponentenentwicklungen gefördert, die im Vergleich zum heutigen Standard in Österreich hohen ökologischen, energetischen und sozialen Anforderungen entsprechen, Vorbildcharakter haben und trotz innovativer Aspekte und hoher Wohn- und Arbeitsqualität zu vergleichbaren Kosten errichtet oder saniert werden.

Das im Folgenden vorgestellte Forschungsvorhaben wurde im Rahmen der 2. Ausschreibung „Haus der Zukunft“ durchgeführt.

85

GlasDoppelFassaden - GDF

Obwohl bereits Anfang des 20. Jahrhunderts einzelne Gebäude mit einer doppelschaligen Glasfassade ausgeführt wurden (zB Steiff-Fabrik in Giengen bei Ulm, 1903), und diese seit den 60er Jahren etwas häufiger bzw. ab den 80er Jahren verstärkt errichtet werden, beschäftigt sich die internationale Fachliteratur erst seit etwa 1990 intensiv mit diesen, nunmehr „GlasDoppelFassaden“ genannten, Konstruktionen. Der Schwerpunkt der Veröffentlichungen liegt abgesehen von wenigen Ausnahmen bis Mitte der neunziger Jahre in gestalterischen und ästhetischen Belangen. Dabei werden - verbunden mit Bestrebungen zur Ökologisierung des Bauwesens - Begriffe wie „Synergie-, High-Tech- oder intelligente Fassade“, „Twin face“ oder „Kristallhaut mit Firmament-Reflektor“ verwendet.

Ab 1996 häufen sich kritische Stimmen, welche bauphysikalische Nachteile, nicht vorhersehbare energetische Auswirkungen sowie erhöhte Investitions- und Betriebskosten betonen. Ein wesentlicher Grund für die zum Teil nicht unberechtigte Kritik ist der Umstand, dass die geometrische Gestaltung der Fassaden meist nicht nach strömungsmechanischen, akustischen oder energetischen Gesichtspunkten vorgenommen wird, sondern oftmals primär vom ästhetischen Empfinden bestimmt ist.

GDF - Einsatzgebiete

In Deutschland werden seit einigen Jahren rund die Hälfte aller großen Büro- und Verwaltungsgebäude mit einer Höhe von mehr als 100 m sowie eine Vielzahl kleinerer Gebäude mit doppelschaligen Fassaden ausgeführt [Zöllner]. Bei konventionellen Fassaden ist das Öffnen von Fenstern in Gebäuden größerer Höhe aufgrund der Witterungsverhältnisse oft nicht möglich. Hohe Windgeschwindigkeiten erzeugen Druckdifferenzen am Gebäude, die zu starken Zugscheinungen im Gebäude führen können. Eine zweite Außenschale kann den Einfluss der Windkräfte maßgeblich mindern, sodass über weite Teile des Jahres natürliche Fensterlüftung möglich wird. Im Fassadenzwischenraum können Sonnenschutz- und Lichtlenkungseinrichtungen vor Witterungseinflüssen geschützt installiert werden – ein Umstand der insbesondere bei hohen Häusern von Bedeutung ist und kostengünstigere Konstruktionen sowie längere Wartungsintervalle ermöglicht.

Bei Gebäuden, die hohen Außenlärmbelastungen ausgesetzt sind und bei denen auf eine Vollklimatisierung verzichtet werden soll, kann mit Hilfe doppelschaliger Fassadenkonstruktionen ein höherer Schallschutz bei gleichzeitiger Möglichkeit natürlicher Fensterlüftung erreicht werden, als dies mit konventionellen Lochfassaden möglich wäre. Allerdings sind im Sommer in der Regel nicht so komfortable Raumtemperaturen wie bei einer Vollklimatisierung erzielbar.

Durch die wachsende Verkehrslärmbelastung und die zunehmende Ausnutzung von Baulandrestflächen ist in Zukunft – parallel zum Ansteigen der „Glasarchitektur“ insgesamt - mit einem vermehrten Einsatz von GlasDoppelFassaden zu rechnen, welche diese extremen Lagen nicht nur erst bebaubar machen, sondern, wie anhand des Düsseldorfer Stadttowers gezeigt wurde, sogar wirtschaftlich sein können [Oesterle].

Für Bauwerke mit schützenswerten Fassaden, an denen keine außenseitige Wärmedämmung angebracht werden darf, ist der Einsatz einer transparenten, vorgesetzten Schale neben ihrer Funktion als Witterungsschutz eine Möglichkeit den Heizenergiebedarf zu senken. Die bestehenden, meist massiven Außenmauern und der begrenzte Fensterflächenanteil der Primärfassade schützen dabei vor Überhitzung. Derartige Sanierungsmaßnahmen können – im Gegensatz zu Innendämmmaßnahmen - ohne Beeinträchtigung des laufenden Betriebes des Gebäudes durchgeführt werden.

Doppelschalige Fassaden bestehen grundsätzlich aus der Innenfassade (Primärfassade), dem Fassadenzwischenraum und der Außenfassade (Sekundärfassade). Der bis dato meist unter Ausnutzung des thermischen Auftriebs (freie Konvektion) entlüftete Fassadenzwischenraum kann sehr unterschiedlich gestaltet sein. Die Konstruktionstypen reichen vom wenige Zentimeter tiefen Luftspalt über begehbare Zwischenräume bis hin zu wintergartenähnlichen Aufenthaltsräumen. Der minimal erforderliche Platzbedarf für Wartungsarbeiten einerseits und wirtschaftliche Faktoren andererseits schränken diese Vielfalt jedoch meist auf Spalttiefen von 50 – 100 cm ein.

Typologie

Der vermehrte Einsatz von GlasDoppelFassaden hat in den letzten Jahren eine geradezu unüberschaubare Vielfalt an Ausführungsvarianten hervorgebracht. Erfolgt die Einteilung der GlasDoppelFassaden zB nicht anhand architektonischer Gesichtspunkt, sondern anhand der Segmentierung des Fassadenzwischenraumes, können folgende fünf Typen unterschieden werden:

Unsegmentierte Vorhangfassaden als einfachste Form der Doppelfassade, die weder in horizontaler noch in vertikaler Richtung unterteilt sind; diese kommen vor allem aus Schallschutzgründen zum Einsatz und sind in der Regel nach allen vier Seiten offen. Soll darüber hinaus ganz gezielt eine Verbesserung des winterlichen Wärmeschutzes erreicht werden, wird die Fassade an beiden Seiten durch vertikal verlaufende Lisenen geschlossen sowie oben und unten mit regelbaren Klappen versehen (Beispiel: Verwaltungsgebäude des Deutschen Ring in Hamburg - Architekten von Bassewitz, Hupertz, Limbrock)

Bei der Umlufffassade erfolgt mittels horizontal verlaufender Metall- oder Glaslisenen eine Unterteilung des Fassadenzwischenraumes nach zwei bis drei Geschossen – ein, das ganze Gebäude umfassender Fassadenkorridor entsteht. Ventilatoren wälzen die Luft im Fassadenzwischenraum in horizontaler Richtung um. Dieser Umluftbetrieb führt im Winter dazu, dass das Gebäude an allen Fassadenorientierungen mit einer weitgehend homogen temperierten Pufferschicht umgeben ist bzw. gelangt im Sommer die relativ kühle Luft der Fassadennordseite in die Südfassade (Beispiel: Verwaltungsgebäude der Götz GmbH, Würzburg - Architekten Webler und Geissler).

Bei der Korridorfassade wird nach jedem Geschoss eine horizontale Trennebene eingezogen, sodass im Fassadenzwischenraum geschosshohe Korridore entstehen. Die Zu- und Abluftöffnungen der einzelnen Geschosse sind versetzt angeordnet. (Beispiele: Düsseldorfer Stadttor - Architekten Petzinka und Partner; Bürogebäude am Halensee/Berlin - Architekten Leon und Wohlhage; als Sonderfall einer Korridorfassade das Bürogebäude der Daimler Benz „debis“- Hauptverwaltung am Potsdamerplatz/Berlin - Architekten Renzo Piano Building Workshop mit Christoph Kohlbecker).

Die Kasten-Kasten-Fassaden als Fortführung der Korridorfassade hat zusätzlich zur vertikalen, geschossweisen Unterteilung vertikal angebrachte Lisenen, wobei zur Vermeidung von Kurzschlussströmungen zwei benachbarte Fensterkästen zusammengefasst werden (Beispiele: RWE Gebäude in Essen - Architekten IOP Ingenhoven, Overdiek und Partner; Victoria-Versicherung in Düsseldorf - Architekten HPP Hentrich, Petschnigg und Partner).

Ausgehend vom System der Kasten-Kasten-Fassaden werden bei der Schacht-Kasten-Fassaden alle übereinander liegenden Fensterkästen in jedem zweiten Achsabschnitt durch das Entfernen der horizontalen Trennelemente zu einem Schacht zusammengefasst. Daraus ergibt sich eine alternierende Rasterung des Fassadenzwischenraumes in durchgehende Fassadenschächte und geschossweise unterteilte Fensterkästen (Beispiel: Bausparkasse Schwäbisch Hall - Architekten HENN Architekten Ingenieure).

Ausblick

Speziell hohe „Häuser der Zukunft“ werden also vermehrt Häuser mit GlasDoppelFassaden sein. Das vorgestellte Forschungsvorhaben, das in Kooperation mit dem Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz, Abteilung Bauphysik der TU Wien (O.Univ.-Prof. DI Dr. Jürgen Dreyer) und den beiden Instituten der TU Graz, Institut für Wärmetechnik (Ao.Univ.-Prof. DI Dr. Wolfgang Streicher) und Institut für Strömungslehre und Wärmeübertragung (Ass.-Prof. DI Dr. Walter Meile) durchgeführt sowie von der Fa. Morocutti Stahlbau unterstützt wird, soll einen österreichischen Beitrag zu der hauptsächlich im europäischen Ausland - oftmals äußerst kontroversiell - geführten Diskussion über die Wirkungsweise derartiger Konstruktionen leisten. Den Schwerpunkt bilden die messtechnische Erfassung der kombinierten Wärmetransportmechanismen im Fassadenzwischenraum über einen Zeitraum eines Jahres sowie die Untersuchung der Korrelation zwischen den Messergebnissen und den thermodynamischen und fluidmechanischen Simulationsberechnungen. Insbesondere die CFD-Simulationen (Computational Fluid Dynamics) können – durch Vorort-Messungen validiert – wertvolle Aufschlüsse über die komplexen strömungstechnischen Vorgänge im Fassadenzwischenraum liefern. Dadurch können die überaus wichtigen aber oftmals schwer zu bestimmenden Ausgangsparameter zukünftiger Simulationsmodelle realistischer gewählt und in weiterer Folge präzisere Vorhersagen zum energetischen Verhalten von GlasDoppelFassaden getroffen werden.

Untersuchungen zur Gesamtenergiebilanz des Gebäudes mussten vorerst ebenso ausgeklammert werden wie die Klärung brand- und schallschutztechnischer Fragen und bleiben einem eventuellen Nachfolgeprojekt vorbehalten. Der Endbericht des Forschungsvorhabens wird voraussichtlich zu Jahresbeginn 2003 unter www.hausderzukunft.at abrufbar sein.

Literatur

Oesterle; Lieb; Lutz; Heusler: Double-Skin Facades, Prestel Verlag, München (2001)

Zöllner, Andreas: Experimentelle und theoretische Untersuchungen des kombinierten Wärmetransports in Doppelfassaden. Diss. München, 2001

Ein weiteres zentrales Forschungsgebiet im Bereich „Fassade und Haus der Zukunft“ stellt die Notwendigkeit der thermischen Optimierung im Neubau, insbesondere aber auch der bestehenden Bausubstanz dar.

Anknüpfend an die Bauphysiktagung 2000 werden die Ergebnisse eines Forschungsprojektes präsentiert, welches im Rahmen der 1. Ausschreibung der Programmlinie „Haus der Zukunft“ in Zusammenarbeit mit Joanneum Research und der Firma CPH - Cellulose Produktion Hartberg durchgeführt wurde.

Das Projekt wird ab November 2002 in der 3. Ausschreibung der Programmlinie mit dem Forschungsvorhaben „Innendämmung ohne Dampfsperre – Untersuchungen zur grundsätzlichen Eignung aufgespritzter und verputzter Zellulosedämmschichten“ fortgesetzt.

90

Grundlegende bauphysikalische und werkstofftechnische Untersuchungen zu aufgespritzten Zellulosedämmschichten mit Putzauflage für Außenfassaden

Die sogenannte Zellulosedämmung wurde Ende des 19. Jahrhunderts im Zuge des sprunghaften Anstiegs des Zeitungswesens in den USA entwickelt und besteht im allgemeinen je nach Hersteller zu 80 - 90 Gew.-% aus zerkleinertem und vermahlenem Tageszeitungspapier, das mit 10 - 20 Gew.-% Brand- und Insektenschutzmitteln versehen wird. Das Material zeichnet sich neben einem äußerst geringen Primärenergieaufwand durch hervorragende Dämmeigenschaften und gute Recyclierbarkeit aus. Der weitaus häufigste Anwendungsfall ist das Ausblasen von Hohlräumen wie zum Beispiel Holzständerwänden oder Dachschrägen.

Daneben gibt es seit einigen Jahren international Bestrebungen, das Aussprühen von einseitig beplankten Konstruktionen zu forcieren. Dies hat zum einen den Vorteil der leichten Überprüfbarkeit des Arbeitsergebnisses zum anderen eröffnen sich neue Anwendungsgebiete wie zum Beispiel die Akustikdämmung.

Das Ziel des abgeschlossenen Projektes war die Ermittlung grundlegender bauphysikalischer und werkstofftechnischer Parameter für aufgespritzte und verputzte, bindemittelverstärkte Zellulosedämmschichten für die Außenfassade.

Die Dämmschichten wurden durch die in der Praxis übliche Verfahrenstechnik unter Verwendung verschiedener Bindemittel in Kombination mit marktüblichen Zelluloseflocken aus Altpapier hergestellt. Ein Wärmedämm-Verbundsystem auf Basis aufgespritzter Zellulosedämmstoffe mit darüber liegendem, ebenfalls aufgespritzten Deckputz stellt eine absolute Innovation dar.

Besondere Bedeutung kommt der Wahl geeigneter Bindemittel zu, wobei besonderes Augenmerk auf die Umweltverträglichkeit der verwendeten Zusätze gelegt wurde. Folgende organische Bindemittel wurden getestet: Guar-Gum, Jaguar, diverse Stärken, CMC (Carboxy-Methyl-Cellulosen), Casein, PVA (Polyvinylalkohol), Spezialzement, Magnesiumoxid und Wasserglas - wobei die organischen Bindemittel die mineralischen in der Wirksamkeit deutlich übertrafen, was auf die Entwässerung der mineralischen Lösungen durch die starke Wasseraufnahmefähigkeit der Zellulosefasern zurückgeführt wird. Weiters wurde die Anwendbarkeit von Thermoplasten als Bindemittel für industriell hergestellte Dämmplatten im Labormaßstab getestet.

Für die Vor-Ort-Aufspritzversuche wurden herkömmliche Fördermaschinen, wie sie üblicherweise zum Einblasen von Zelluloseflocken verwendet werden, mit Spritzköpfen und Mischdüsen aus zum Teil „artfremden“ Bereichen wie der Spritzbetontechnologie kombiniert.

Untersuchungen zum Trocknungsverhalten haben gezeigt, dass Schichten von 8 cm Dicke bei einseitiger Belüftung etwa vier Wochen für ein vollständiges Austrocknen benötigen. Diese Zeitspanne wird als baupraktisch gerade noch akzeptabel - wenn auch verbesserungswürdig - erachtet.

Bauphysikalische und mechanische Laborversuche

	Dämmstoffeigenschaft	Ist-Wert	Soll-Wert gemäß ÖNORM B 6035	Bezugs- norm ÖNORM B
1	Allgemeine Beschaffenheit, Ebenheit	-	-	EN 825
2	Länge und Breite	35 x 35 cm	± 2 mm	EN 822
3	Dicke	3,4 cm	+ 5mm - 2mm	EN 823
4	Rechtwinkeligkeit	-	≤ 4mm/m	EN 824
5	Rohdichte ρ_c	98 kg/m ³	± 15% od. ± 2,5 kg/m ³ v. Nenndichte	EN 1602
6	Wärmeleitfähigkeit 10°, trocken $\lambda_{10, tr}$	0,043 W/mK ¹⁾	-	6015-1
	Baustoffspezifischer Zuschlag Z_b	20 %	-	6015-2
	Baustoffspezifische Wärmeleitfähigkeit λ_b	0,052 W/mK	-	6015-2
7	Brandverhalten	B2/B1	unbeschichtete Produkte: A, Q1, Tr1	3800-1
8	Wasserdampf-Diffusionswiderstand (ungeb. Material) μ	1 - 2	1 – 1,2	EN 12086
9	Zugfestigkeit in Probenebene (bei MW-PT nicht erf.) σ_t	78,0 kPa	-	EN 1608
10	Zugfestigkeit normal zur Probenebene σ_{mt}	12,0 kPa	≥ 12,0 kPa	EN 1607
11	Druckspannung bei 10% Stauchung σ_{10}	55,0 kPa	≥ 30,0 kPa	EN 826
12	Scherfestigkeit (bei MW-PT nicht erforderlich) τ	29,0 kPa	-	EN 12090

Die Auswertungen der Materialprüfungen, welche an der Technischen Versuchs- und Forschungsanstalt (TVFA) der TU Graz durchgeführt wurden, zeigen, dass aufgespritzte Zellulosedämmstoffe durchaus jene Zugfestigkeiten normal zur Probenebene ($\geq 12,0$ kPa) erreichen können, die für Mineralfaserplatten für den Fassadenbereich (MW-PT) gefordert werden. Die Dichten der aufgespritzten Zellulosedämmschichten betragen dabei 70 bis 150 kg/m³. Kann die Homogenität der aufgespritzten Schichten durch eine Verbesserung der Aufspritstechnik gesteigert werden, ist eine weitere Verbesserung der mechanischen Parameter zu erwarten.

In Anputzversuchen wurde die grundsätzliche Eignung der Dämmschichte als Putzgrund für Fassadenputze wie ThermoPutz, ThermoExtra und FaserLeichtPutz untersucht.

Die Versuche zeigten, dass ein kraftschlüssiger Auftrag von Putzen auf Zellulosedämmstoffe möglich ist. Nach der vorgeschriebenen Trocknungszeit wurde die Verbundwirkung des Systems Ziegel - Dämmstoff - Putz durch Abzugsversuche an den verputzten Probeflächen geprüft. Die Ergebnisse zeigten, dass der Wassergehalt an der Anputzfläche vor allem wegen der stark saugenden Eigenschaften der Dämmschicht optimiert werden muss, um einen guten Haftverbund zwischen Putz und Dämmschicht herzustellen.

Fazit

Die durchgeführten Aufspritzversuche und die Ergebnisse der Materialuntersuchungen haben gezeigt, dass das Material grundsätzlich zur Herstellung kompakter, ausreichend druckfester Dämmkörper, welche als Putzgrund für Spezialfassadenputze dienen können, geeignet erscheint. Weiterer Entwicklungsbedarf besteht hinsichtlich der Verbesserung der Homogenität und der Reduktion des Wassergehalts der aufgespritzten Zellulosedämmschichten.

Die Ergebnisse haben auch gezeigt, dass die Kraftübertragung an den Grenzflächen zwischen Wand und Dämmstoff bzw. Dämmstoff und Putzschicht weitere systematische Untersuchungen erfordert. Ein besonderer Stellenwert kommt in diesem Zusammenhang der Abstimmung des Putzes auf den speziellen Putzgrund zu. Die Eigenschaften der Deckputzschicht haben wesentlichen Einfluss auf den Feuchtehaushalt der Dämmschicht sowie auf die Wärmeleitfähigkeit des Gesamtsystems und werden unter anderem Gegenstand des Folgeprojektes „Innendämmung ohne Dampfsperre“ sein.

Diese Veranstaltung wird unterstützt von

ALUKÖNIGSTAHL®

AUSTROTHERM
Dämmstoffe

ecotech
Rechnen Sie mit uns

clima®
super

Eternit

fermacell
Trockenbau

FOAMGLAS®

KLÖBER
Always on Top

LAAS
LEICHT-DACH-SYSTEME

Promat

sto

STRABAG


SYNTHESA

VELOX®
BAU-SYSTEME

Teilnehmerliste

Aichbauer Eva; 8010 Graz
Aldrian Michaela; 8541 Schwanberg
Alexakis Evangelos, Dipl.-Ing.; Österreichisches Institut für Bauwerksdiagnostik, 8051 Graz
Angerbauer Viktor, Dipl.-Ing.; Architekt, 8010 Graz
Bachinger Lukas; 8010 Graz
Bachmaier Martin; 8020 Graz
Bachmann Jens, Arch. Dipl.-Ing.; Peter Zinganel Architekten, 8010 Graz
Balbier Herbert, Ing.; Ventax technische Produkte GmbH, 2324 Rannersdorf
Baumgartner Johann, Dipl.-Ing.; NÖ Gebietsbauamt I - Korneuburg, 2100 Korneuburg
Baumgartner Thomas, Dipl.-Ing. HTL-Ing.; Amt der Stmk. LR, FA 20A, 8010 Graz
Bogensperger Thomas, Dipl.-Ing. Dr.techn.; Institut für Baustatik, TU Graz
Brandstätter Christoph; 8010 Graz
Bucar Gerhard, Dipl.-Ing.; Grazer Energieagentur Ges.m.b.H., 8010 Graz
Buhrandt Hermann, Dipl.-Ing.; Architekt, 9400 Wolfsberg
Debartoli Zdenka, Dipl.-Ing.; Saint-Gobain Isover Austria AG, 2000 Stockerau
Deopito Marcus, Dipl.-Ing.; Neue Heimat - Gemn. Wohn- u. Siedlungsges., 8010 Graz
Edegger Kurt; 8010 Graz
Egger Harald, em.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn.; Institut für Tragwerkslehre, TU Graz
Eisendle Horst; 8010 Graz
Eisenschien Martin, Dipl.-Ing.; Immorent AG, 1060 Wien
Endstrasser Andreas, Ing.; Steinbacher Dämmstoff GmbH, 6383 Erpfendorf in Tirol
Felbinger Jürgen, Ing.; SV für Lärmschutz und Bauphysik, 5020 Salzburg
Fellner Thomas, Ing.; Magistrat der Stadt Wien, Magistratsabteilung 25, 1194 Wien
Frauwallner Robert, Ing.; LokaleEnergieAgentur, 8330 Feldbach
Friedl Johannes, Dipl.-Ing.; OIB - Österreichisches Institut für Bautechnik, 1010 Wien
Friedrich Helmut, Dipl.-Ing.; Architekt, 8020 Graz
Fritsch Karlheinz, Dipl.-Ing. Dr.techn.; Mag. Graz, A 8/5 - Liegenschaftsverw., 8010 Graz
Frühwirth Thomas; 8010 Graz
Fuchs Helmut, Prof. Dr.-Ing.; Fraunhofer-Institut für Bauphysik, 70569 Stuttgart
Fuchslueger Franz, BM, Bauplanungsbüro; 8793 Trofaiach

Galka Alfonsie, Oberbaurätin Dipl.-Ing.; Amt der Stmk. LR, FA 20, 8010 Graz

Gary Gisela, Mag. Dr.; „Konstruktiv“, 2380 Perchtoldsdorf

Gaugl Markus; 8230 Hartberg

Geißler Manfred, Ing.; Lenikus Bauträger GmbH, 1010 Wien

Gemeinhardt Peter, Ing.; Gemeinhardt - Planungs- u. Bauberatungs GmbH, 5280 Braunau

Giencke Volker, O.Univ.-Prof. Arch. Dipl.-Ing.; Architekt, 8010 Graz

Giglmayr Isidor, Dr.; MAB - Anlagenbau Austria, 1230 Wien

Gritsch Herbert, Dipl.-Ing.; HTL - Ortweinschule, 8013 Graz

Grobbaauer Michael, Dipl.-Ing.; Institut für Hochbau für Architekten, TU Graz

Grossmann Gerhard, Ao.Univ.-Prof. Mag. Dr.; Institut für Soziologie, 8010 Graz

Gummerer Christian; 8045 Graz

Haberl Regina, Mag.; Haus der Baubiologie, 8010 Graz

Habian Wolfgang, Dipl.-Ing.; Zivilingenieur für Hochbau, 1060 Wien

Haidl Heimo, Ing.; Durisol Werke Ges.m.b.H., 8010 Graz

Hammerschmid Erwin, Ing.; Steinbacher Dämmstoff GmbH, 6383 Erpfendorf in Tirol

Harrer Vinzenz; Vinzenz Harrer GesmbH, 8130 Frohnleiten

Hasewend Gunther, Landesbaudirektor Dipl.-Ing.; Amt der Stmk. LR - LBD, 8010 Graz

Haubner Johann, Ing.; Amt der OÖ LR, Abteilung Wohnbauförderung, 4021 Linz

Hebbel Roland, Mag.; Steinbacher Dämmstoff GmbH, 6383 Erpfendorf in Tirol

Hengsberger Herwig, Dipl.-Ing.; Institut für Hochbau und Industriebau, TU Graz

Hofbauer Konrad; 8010 Graz

Hofmann Daniel, Ing.; Steinbacher Dämmstoff GmbH, 6383 Erpfendorf in Tirol

Holzer Franz, Dipl.-Ing. Dr.; Forschungs- und Technologieinformation, 8010 Graz

Hödl Erich, O.Univ.-Prof. Dr.rer.pol. Dr.h.c., Rektor der TU Graz

Hösele Elke; 8010 Graz

Huber Marie-Sophie; 8010 Graz

Hutten Helmut, O.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.; Inst. f. Elektro- u. Biomed. Technik, 8010 Graz

Ibler Arnulf, Dipl.-Ing.; Zivilingenieur für Bauwesen, 8042 Graz

Jahrmann Hermann, Mag., Ecotech Software GmbH; 4020 Linz

Jandl Johann, Dipl.-Ing.; Austrotherm GmbH, 2454 Waldegg/Wopfing

Jausner Helmut; 8010 Graz

Jocham Markus; Synthesa Chemie Gesellschaft m.b.H.; 4320 Perg

Johannsen Christiane, Dipl.-Ing.; Architekturbüro DI Gerd Johannsen, 9020 Klagenfurt
Johannsen Gerd, Dipl.-Ing.; Architekt, 9020 Klagenfurt
Jost Josef, Dipl.-Ing.; Österreichische Heraklith GmbH, 9702 Ferndorf
Jost Wolfgang; Bauer Architekten, 7000 Eisenstadt
Käfer Peter; 8410 Wildon
Kainberger Reinhard; TAS Bauphysik GmbH, 4060 Leonding
Kainmüller Ernst, Dipl.-Ing.; Zivilingenieurbüro Dipl.-Ing. Dr.techn. R. Woschitz, 1010 Wien
Kandutsch Günther, Dipl.-Ing.; Magistrat Klagenfurt, Abteilung Hochbau, 9020 Klagenfurt
Kapper Andrea; Leppa & Partner Ziviltechniker GmbH, 1020 Wien
Kautsch Peter, Ao.Univ.-Prof. DDr.; Institut für Hochbau und Industriebau, TU Graz
Kern Erich, Dipl.-Ing.; Vasko + Partner, 1140 Wien
Kern Günter, VR Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn.; Institut für Mathematik, TU Graz
Klampfl Heinz, Dipl.-Ing.; Stadtgemeinde Leibnitz, 8430 Leibnitz
Klenovec Monika, Arch. Dipl.-Ing., Österreichisches Normungsinstitut; 1020 Wien
Kletzenbauer Martina; 8010 Graz
Knapp Rudolf, Expt.-Kfm. Ing.; Styrian Hartglas GesmbH, 8055 Graz
Knappitsch Thomas; 8042 Graz
Kompein-Moitzl Sylvia, Dipl.-Ing.; Architekturbüro BEHF, 1040 Wien
König Josef, Ing.; Zimmerei König & Gruber, 8061 St. Radegund
Konrad Gerlinde; 8010 Graz
Kornhoff Heinz, Dr.; Patentverwertung Kornhoff, 9300 St. Veit/Glan
Kossdorff Gert, Arch. Dipl.-Ing.; FH Joanneum GesmbH, 8020 Graz
Kraut Bernd; 8010 Graz
Krioff Rene, 8010 Graz
Kristan Siegfried, Hofrat Dr.; Amt der Stmk. LR, A15 - Wohnbauförderung, 8010 Graz
Kriz Heidemarie; 8020 Graz
Laas Alfred, KR, Laas-Dach & Wand GesmbH & Co KG; 9100 Völkermarkt
Lackner Günter, Dipl.-Ing.; Architekturbüro Dipl.-Ing. Amadeus Piantino, 8010 Graz
Lackner Wolfgang, Ing.; clima super Zellulosedämmung, 8295 St. Johann/Haide 20
Lagar Herbert, Dipl.-Ing.; VA TECH ELIN EBG GmbH, 1141 Wien
Lang Andreas, Mag. arch.; Architekturbüro Andi Lang, 7111 Parndorf
Langenmantel Joachim; 8010 Graz

Lässer Hans-Jörg, Ing.; Amt der Stmk. LR, FA 20A, 8010 Graz

Laubenstein Astrid, Dipl.-Ing.; Zivilingenieurbüro Dipl.-Ing. Habian, 1060 Wien

Lechner Herbert, Dipl.-Ing.; WSB Bauträger GmbH, 8010 Graz

Lechner Ingomar, Dipl.-Ing.; Magistrat Linz, 4020 Linz

Leiter Christian, Dipl.-Ing.; HTL - Ortweinschule, 8013 Graz

Lenz Karin, Ing.; Post & Telekom Immobiliengesellschaft mbH, 4020 Linz

Leonhartsberger Doris; Amt der OÖ LR, Abteilung Umwelt und Anlagentechnik, 4021 Linz

Lettner Birgit, Dipl.-Ing.; Ingenieurbüro Lettner, 5026 Salzburg

Lobmaier Gottfried, Ing., Fels-Werke GmbH; 2351 Wiener Neudorf

Löcker Markus, Ing.; Saint-Gobain Isover Austria AG, 2000 Stockerau

Mahdavi Ardeshir, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn.; TU Wien, 1040 Wien

Maier Adolf, Ing.; Stadtgemeinde Fürstenfeld, 8280 Fürstenfeld

Maierhofer Wolfgang, Laas-Dach & Wand GesmbH & Co KG; 9100 Völkermarkt

Mandl Peter, Dipl.-Ing. Dr.techn.; Ingenieurkonsulent für Bauwesen, 8010 Graz

Marchner Edmund, Hofrat Dipl.-Ing. Dr.techn.; Amt der Stmk. LR, 8010 Graz

Martischnig Anne; 8042 Graz

Mayrhofer Ingrid; LandesEnergieVerein Steiermark, 8010 Graz

Meißnitzer Martin, Dipl.-Ing.; Haus der Baubiologie, 8010 Graz

Morak Matthias; 8010 Graz

Morocutti Hannes, Ing.; Magistrat Wien, MA 24 - Hochbau, 1190 Wien

Moschner Harald, Bmstr. Dipl.-Ing.; Zivilingenieur für Bauwesen, 4451 Garsten

Moser Klaus, BR h.c. Dir. Dipl.-Ing.; IBS GmbH, 4017 Linz

Muhr Johann, Sto GmbH; 8055 Neu-Seiersberg

Musi Klaus, Ing.; Wietersdorfer & Peggauer Zementwerke, 9020 Klagenfurt

Neugebauer Jürgen, Dipl.-Ing.; Institut für Tragwerkslehre, TU Graz

Niederl Ewald, Oberbaurat Dipl.-Ing.; Baubezirksleitung Feldbach, 8330 Feldbach

Nigst Peter, Arch. Dipl.-Ing.; FH Technikum Kärnten, 9800 Spittal/Drau

Nistelberger Peter, Dipl.-Ing.; Stadtgem. Bruck/Mur, Abt. Raumplanung, 8600 Bruck/Mur

Nussmüller Werner, Dipl.-Ing.; Architekt, 8010 Graz

Obrist Angela; 8010 Graz

Oster Johann, Dipl.-Ing.; Architekt, 8413 St. Georgen an der Stiefing

Oswald Gudrun, Dipl.-Ing.; Institut für Tragwerkslehre, TU Graz

Pacher Simone; 8010 Graz

Pachner Andreas, Dipl.-Ing.; Stadtgem. Bruck/Mur, Abt. Baurecht, 8600 Bruck/Mur

Paier Werner, Arch. Dipl.-Ing.; Burgstaller-Paier-Schmölzer ZT-GmbH, 8054 Graz

Painer Peter, Klöber Vertriebs GmbH; 3130 Herzogenburg

Panzhauser Erich, Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn.; TU Wien

Pasch Dagmar; Gemeinhardt - Planungs- und Bauberatungs GmbH, 5280 Braunau/Inn

Paul Jan, Dr.; MAB - Anlagenbau Austria, 1230 Wien

Peer Wolfgang, Ing.; Tondach Gleinstätten AG, 8443 Gleinstätten

Perchinig Andreas; 8010 Graz

Perner Norbert, Dipl.-Ing.; Amt der Stmk. LR, A 17, 8010 Graz

Pfeifer Yvonne; Köberl Bau-GmbH, 8311 Markt Hartmannsdorf

Pfeiffer Johann; Johann Pfeiffer GesmbH - Bauplanung & Innenarchitektur, 8160 Weiz

Pfneiszl Hannes; Pfneiszl - Bau GmbH, Holz- und Massivbau, 7372 Drassmark

Piffl-Percevic Peter, Hofrat Dr.; Amt der Stmk. LR, A 6, 8010 Graz

Pilz Paul Michael, Dipl.-Ing.; Architekt, 8010 Graz

Pirker Hermann, Ass.-Prof., Dipl.-Ing. Dr.; Institut für Thermische Turbomaschinen, TU Graz

Pirstinger Ida, Dipl.-Ing.; Grazer Energieagentur Ges.m.b.H., 8010 Graz

Plankensteiner Georg, Arch. Dipl.-Ing. Dr.techn.; Architekt, 8010 Graz

Platzer Eduard, Ing.; Amt der Stmk. LR, FA 13A, 8010 Graz

Pölzl Siegfried; 8010 Graz

Posch Kristina, Oberbaurätin Dipl.-Ing.; Amt der Stmk. LR, FA 20A, 8010 Graz

Preininger Robert, Dipl.-Ing.; Bautechnische Versuchsanstalt Salzburg, 5020 Salzburg

Prügger Gernot; 8010 Graz

Ramharter Martin, Ing., Fels-Werke GmbH; 2351 Wiener Neudorf

Raser Josef, Baumeister; Singer & Co BaugesmbH, 8230 Hartberg

Reichert Paul, Dipl.-Ing.; Bundesmin. für Wirtschaft und Arbeit, Sektion V/6, 1010 Wien

Reichl Franz, Dipl.-Ing.; Amt der Stmk. LR, FA 17C, 8010 Graz

Reimann Franz; Alu König Stahl, 1150 Wien

Reisinger Daniela, Dipl.-Ing.; 8020 Graz

Riewe Roger, Prof. Arch. Dipl.-Ing.; Institut für Hochbau für Architekten, TU Graz

Romm Thomas, Dipl.-Ing., A-Null; 1050 Wien

Rothdeutsch Jörg, Sto GmbH; 8055 Neu-Seiersberg

Rupprecht Manfred, w. Hofrat Dr.iur.; Amt der Stmk. LR, A 13, 8010 Graz

Schachner Friedrich; Schachnerholz GmbH, 8960 Niederöblarn

Scherpke Gernot, Dr.; Ingenieurkonsulent für Technische Physik, 1150 Wien

Schilchegger Franz, Hofrat Dipl.-Ing.; Heeresbauverwaltung WEST, 5061 Elisabethen

Schlemmer Martin; 8160 Weiz

Schneider Ursula, Arch. Dipl.-Ing.; pos architekten, 1080 Wien

Schnitzer Michael; 8010 Graz

Seer Philipp; 8010 Graz

Semmelrock Gerhard, Dipl.-Ing. Dr.; Amt der Stmk. LR, FA 17C, 8010 Graz

Senarclens de Grancy Alice, Mag., Büro des Rektors; TU Graz

Senoner Erich, Ing., Pittsburgh Corning GesmbH; 8075 Hart bei Graz

Siegesleitner Alois, Ing.; Oberösterreich. Gemeinn. Bau- und Wohngesellschaft mbH, 4020 Linz

Simon Gerd, Prof. Dipl.-Ing. HTL - Ortweinschule; 8010 Graz

Sixl Roger, Arch. Dipl.-Ing.; WSB Bauträger GmbH, 8010 Graz

Sonnek Rudolf Ingo, Dipl.-Ing.; Zivilingenieur für Maschinenbau, 8160 Weiz

Spiessberger Johann, Ecotech Software GmbH; 4020 Linz

Stachel Maria, Dipl.-Ing.; HTL - Ortweinschule, 8013 Graz

Stallinger Anita; 8010 Graz

Stani Mathias, Hofrat Prof. Ing. Mag.; TGM, 1200 Wien

Steiner Ingo, Dr.; Zivilingenieurkanzlei, 9300 St. Veit/Glan

Stelzer Rene; 3130 Herzogenburg

Stockner Peter, Ing.; Amt der Stmk. LR, FA 20A, 8010 Graz

Stückler Heidrun, Dipl.-Ing.; LandesEnergieVerein Steiermark, 8010 Graz

Sturm Peter-Johann, Ao.Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn.; TU Graz

Summer Helmut, Ing.; Knauf Gesellschaft m.b.H, 1050 Wien

Tappauf Ernst, Dipl.-Ing.; HTL - Ortweinschule, 8010 Graz

Tauss Manuela, Dipl.-Ing.; 8160 Weiz

Tazl Helmut; Immobilien Tazl, 8160 Weiz

Tichelmann Martin, Dipl.-Ing.; Mischek ZT-GesmbH, 1190 Wien

Tomantschger-Stessl Ursula, Dr., Büro des Rektors; TU Graz

Tomberger Gerhard, Dr.; Dr. Tomberger Ziviltechniker Gesellschaft m.b.H., 8010 Graz

Trimmel Mario; 8010 Graz

Tritthart Gregor, Dipl.-Ing.; Architekt, 8010 Graz

Tritthart Michael, Dipl.-Ing.; LK für Land- und Forstwirtschaft Stmk, Bauabt., 8010 Graz

Tropper Andreas, Dipl.-Ing.; Amt der Stmk. LR, Fachabteilung 18 B, 8010 Graz

Vallant Gerhard; Velox-Werk, 9422 Maria Rojach

Veitsberger Hannes, Dipl.-Ing.; Velox-Werk, 9422 Maria Rajach

Viehböck Erich, DDipl.-Ing.; 4131 Obermühl a.d. Donau

Wallner Markus, Dipl.-Ing.; Institut für Tragwerkslehre, TU Graz

Wallnöfer Peter, Dipl.-Ing., A-Null; 1050 Wien

Wehsinger Leopold, Dipl.-Ing.; Baumeister, Sachverständiger, 1100 Wien

Weingrill Walter, Synthesa Chemie Gesellschaft m.b.H.; 4320 Perg

Weinzettl Martina; 8010 Graz

Weiss Klaus, Dipl.-Ing.; Architekt, 8010 Graz

Weiss Peter J., DDipl.-Ing. Dr.techn.; Zivilingenieur für Maschinenbau, 8020 Graz

Weissenböck Walter; TAS Bauphysik GmbH, 4060 Leonding

Werlberger Tamira; 8063 Eggersdorf b. Graz

Wiener Helmut, Dipl.-Ing.; Magistrat LH ST. Pölten, 3100 St. Pölten

Wieser Andrea; 8010 Graz

Wilthan Boris, Dipl.-Ing.; Institut für Experimentalphysik, TU Graz

Winkler Karl Peter, Dipl.-Ing.; Wohnungsanlagen Gesellschaft m.b.H., 4026 Linz

Witsch Christoph, Dipl.-Ing. Dr.; Mag. Salzburg, Bau- und Feuerpolizeiamt, 5024 Salzburg

Wohlschlager Elisabeth; 8010 Graz

Wüllner Elisabeth; 8010 Graz

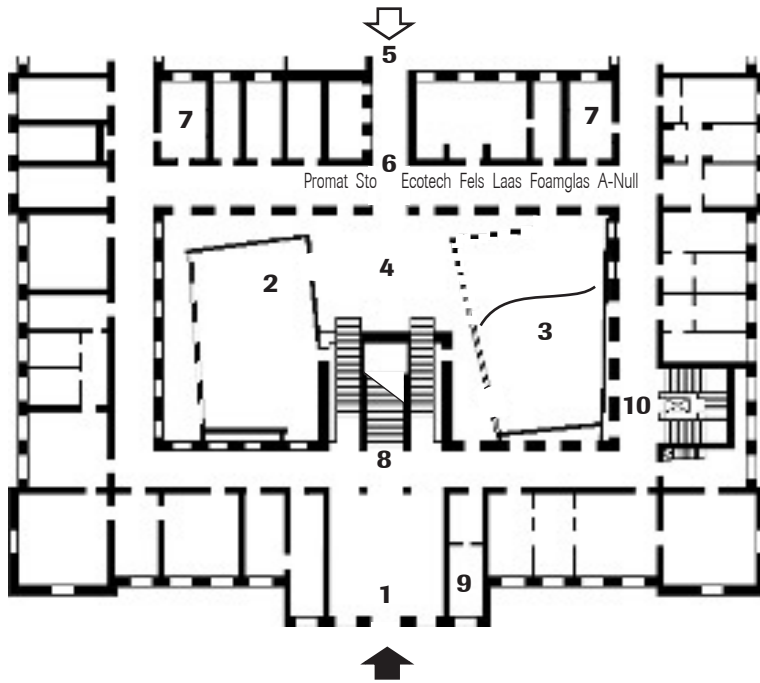
Wurst Heinrich, Ing.; Ingenieurbüro für Bauphysik, 3400 Klosterneuburg

Zaic Michael, Arch. Dipl.-Ing., Wimmer Zaic Architekten; 5020 Salzburg

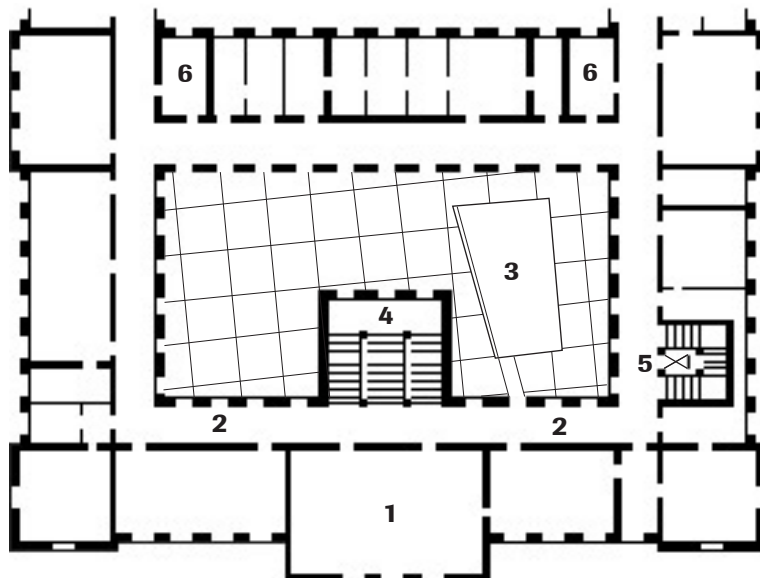
Zechner Wilhelm, Dir. Ing.; Sozialbau - Gemeinn. Wohnungsaktiengesellschaft, 1070 Wien

Zha X., Prof.; Fraunhofer-Institut für Bauphysik, 70569 Stuttgart

Zwachte Heinz-Jörg, Ing., Eternit-Werke Ludwig Hatschek AG; 8010 Graz



EG
UG



OG

