

Licht, Luft, Sonne, Wärme und gesundes,
bebagliches Wohnen

F 2043

F 2043

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlußberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen -BMVBW- geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

**Licht, Luft, Sonne, Wärme
und gesundes, behagliches Wohnen**

Ein Querschnittsbericht

Im Auftrag des Bundesministers für
Raumordnung, Bauwesen und Städtebau

Weeber und Partner, Mühlrain 9, 7 Stuttgart 1

Dr.-Ing. Hannes Weeber
Dr. phil. Rotraut Weeber
Dipl.-Ing. Reiner Weber

Schwerpunktbearbeitung:
Dr.-Ing. Hanns Freymuth (Licht)
Prof. Dr.-Ing. Siegm. Hesslinger (Wärme)

Stuttgart 1986

Bitte beachten:

Fehlende Seiten sind **Leerseiten**,
die bei Erstellung
der PDF-Datei für den Download nicht
berücksichtigt wurden

Fraunhofer IRB Verlag

INHALTSVERZEICHNIS

Kurzfassung

Vorwort	1
---------	---

Teil I: Körperliche und psychische Anforderungen

1.	Einführung	3
1.1	Definitionen	3
1.1.1	Gesundheit	3
1.1.2	Wohnen	4
1.1.3	Der Zusammenhang zwischen Wohnen und Gesundheit, methodische Probleme	6
1.1.4	Behaglichkeit	8
1.2	Faktoren für Gesundheit und Wohlbefinden	12
1.2.1	Sonne und Licht	12
1.2.2	Luft	14
1.2.3	Wärme und Kühle	15
1.2.4	Ruhe	17
1.2.5	Sicherheit und Hygiene	18
1.2.6	Kontakt zur Umwelt und zur Natur	24
1.2.7	Persönliche und kulturelle Entfaltung	25
2.	Zur Aktualität des Themas	27
2.1	Gesundes Wohnen früher und heute	27
2.2	Veränderte Denkansätze	27
2.3	Auswirkungen auf den Wohnbereich	28
2.4	Übersteigerte Körper- und Ichbezogenheit	29
2.5	Erklärungen	29

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

3.	Beleuchtung mit Tageslicht	31
3.1	Bewohnererwartung zur Tagesbeleuchtung in Räumen	31
3.2	Raumgeometrische Bedingtheiten	32
3.3	Baurechtliche Vorgaben	32
3.4	Hinweise zur guten Tageslichtnutzung	34
3.4.1	Städtebauliche Voraussetzungen	34
3.4.2	Entwicklung der Gebäudeform	35
3.4.3	Raumzuschnitt, Fensteranordnung und -ausbildung	35
3.4.4	Farbgebung, Einrichtung	38
3.5	Häufige Mängel und Lösungen	39
3.5.1	Nicht befriedigende Raumbelichtung mit Tageslicht	39
3.5.2	Nicht befriedigende Aussicht	45

4.	Besonnung	47
4.1	Besonnungsmaßstäbe	47
4.2	Astronomische und meteorologische Gegebenheiten	47
4.3	Sonnenbezogene Gebäudestellung	49
4.4	Sonnenschutz	51
4.5	Hinweise für sonnengerechtes Bauen	54
4.5.1	Städtebauliche Voraussetzungen	54
4.5.2	Form und Ausführung der Gebäude	55
4.5.3	Anordnung und Ausführung von Lichtöffnungen und Sonnenschutz	55
4.6	Häufige Mängel und Lösungen	57
4.6.1	Fehlende oder unzureichende Besonnung von Räumen oder ganzen Wohnungen im Winter	57
4.6.2	Störungen durch Sonne	58
5.	Lüftung	61
5.1	Bestandteile der Luft	61
5.2	Funktionen der Lüftung	63
5.3	Anforderungen an die Lüftung	64
5.3.1	Ausreichender Luftwechsel für unterschiedlichen Bedarf	64
5.3.2	Lüftungsmöglichkeit bei jedem Wetter	64
5.3.3	Keine ungünstige Geruchs-, Staub- und Schadstoffübertragung	65
5.3.4	Keine ungewollte Zugluft	66
5.3.5	Geräuscharm, bei Bedarf mit Lärmschutz	66
5.4	Kenngrößen und Planungsgrundlagen	67
5.4.1	Außenluftrate	67
5.4.2	Luftvolumenstrom und Luftwechsel	67
5.4.3	Gesetzliche Bestimmungen, Normen und Richtlinien	68
5.5	Freie Lüftung	69
5.5.1	Wirkungsweise	69
5.5.2	Systeme der freien Lüftung	72
5.6	Maschinelle Lüftung	74
5.6.1	Wirkungsweise	74
5.6.2	Wärmerückgewinnung	76
5.6.3	Systeme der maschinellen Lüftung	76
5.7	Häufige Mängel und Lösungen	79
5.7.1	Geruchsbelästigungen zwischen mehreren Wohnungen	79
5.7.2	Keine wirksame Stoßlüftung	82
5.7.3	Unzureichendes Lüften	83
5.7.4	Verhalten der Bewohner	84

6.	Wärme	87
6.1	Thermische Behaglichkeit	87
6.1.1	Allgemeines	87
6.1.2	Wärmeabgabe des Menschen	89
6.1.3	Wärmetransport durch die Kleidung	94
6.1.4	Behaglichkeitsgleichung nach Fanger, graphische Darstellung der Rechenergebnisse	96
6.2	Wirkung der Wärmeverteilungssysteme auf Strahlung und Konvektion im Raum	100
6.2.1	Raumheizkörper	100
6.2.2	Fußbodenheizung	100
6.2.3	Strahlungseinfluß - Vergleich Raumheizkörper und Fußbodenheizung	101
6.3	Wirkung durch Wärmeleitung bei der Fußbodenheizung - Fußkomfort	103
6.4	Temperaturprofile	105
6.4.1	Allgemeines	105
6.4.2	Raumheizkörper	105
6.4.3	Fußbodenheizung	107
6.4.4	Luftheizung	107
6.4.5	Vergleich der Temperaturprofile verschiedener Heizsysteme - ältere Veröffentlichungen	108
6.5	Regelung	109
6.5.1	Raumtemperaturregelung über einen Testraum	109
6.5.2	Einzelraum-Temperaturregelung	109
6.5.3	Witterungsgeführte Vorlauftemperatur-Regelung mit Zeitprogramm	110
6.5.4	Selbsttätige Regelung und persönliche Bedürfnisse	110
6.6	Häufige Mängel und Lösungen	111
6.6.1	Erhöhter Wärmeentzug durch kalte Flächen und Luftbewegung (Zug)	111
6.6.2	Nicht ausreichende Erwärmung einzelner Räume	114
6.6.3	Mängel bei der Regelung zum komfortablen und sparsamen Heizen	116
6.6.4	Konflikte mit der Möblierung	120
6.6.5	Hygienische Probleme	121

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

7.	Die Umgebung des Hauses/Außenklima	123
7.1	Vom Makro- bis zum Mikroklima	123
7.2	Anforderungen an das Außenklima	123
7.3	Einflüsse auf das Kleinklima (Mikroklima)	124
7.3.1	Erwärmung und Luftfeuchtigkeit	124
7.3.2	Windverhältnisse und Schadstoffbelastung	129

7.4.1	Übersicht	132
7.4.2	Bedeutung der Vegetation	134
7.4.3	Bedeutung der städtebaulichen Situation und Anlage des Gebäudes	135
8.	Wände und Geschoßdecken	141
8.1	Stabilisierung der Raumtemperatur	141
8.1.1	Die Rolle der Wärmespeicherung von Außenwänden	143
8.1.2	Wärmedämmung innen oder außen?	144
8.1.3	Die Rolle der Wärmespeicherung von Innenwänden und Geschoßdecken für Klima- stabilität und sommerlichen Wärmeschutz	149
8.1.4	Zusammenwirken mit der Heizung und Regelung	150
8.2	Zusammenhang von Speichermasse und Heizenergieverbrauch	152
8.3	Die Verarbeitung von Luftfeuchtigkeit	153
9.	Das Fenster	155
9.1	Transparenz und Raumabschluß - kontroverse Forderungen	155
9.2	Zusätzliche Funktionen und Funktions- steigerungen durch Sonderverglasung	156
9.3	Zusätzliche Funktionen und Funktions- steigerungen durch Zusatzelemente	159
9.3.1	Zusatzelemente außen	159
9.3.2	Zusatzelemente innen	161
9.4	Fenstergestaltung	162
9.4.1	Fenster und Raumnutzung	163
9.4.2	Fenster und Raumcharakter	164
9.4.3	Fenster und Gebäudegestaltung	168
9.5	Besonderheiten großflächiger Verglasungen	168
9.6	Besonderheiten von Glasvorbauten	170
9.6.1	Erker	170
9.6.2	Wintergärten zum ständigen Bewohnen	171
9.6.3	Wintergärten in einfacher Bauart	172
9.6.4	Glasvorbauten als Puffer	175
10.	Zusammenfassung und Schlußfolgerungen - Aufgaben und Lösungen im Wandel	177
10.1	Licht und Sonne	177
10.2	Luft	178
10.3	Wärme	179
10.4	Gesundes, behagliches Wohnen und wirt- schaftlicher Wohnungsbau	181
	Literaturverzeichnis	187

Kurzfassung

I. Zielsetzung und Arbeitsgrundlagen

Licht, Luft, Sonne, Wärme: Was sind wichtige Anforderungen, Erkenntnisse und Lösungen für gesundes und behagliches Wohnen? Welche neueren Entwicklungen haben sich bewährt? Ergeben sich insgesamt stimmige Lösungen? Der vorliegende Querschnittsbericht soll informieren, Querbezüge herstellen und aktuelle Probleme erörtern.

Grundlage der Arbeit sind Literaturanalyse, Untersuchung von Praxisproblemen an typischen Gebäudetypen, Erörterungen mit Bewohnern und sachkundigen Laien. Das Bearbeiterteam war interdisziplinär zusammengesetzt.

II. Gesundheit beim Wohnen

Beim Wohnen geht es nicht nur um Gesundheit als Abwesenheit von Krankheit. Zielsetzung ist Gesundheit als das physische, geistige und soziale Wohlbefinden im umfassenden Sinne. Körperliches und psychisches Befinden beeinflussen sich gegenseitig. Man kann also nicht unterstellen, daß Wohnbedingungen schon gesund sind, wenn von ihnen keine direkten körperlichen Schäden ausgehen. Zum gesunden, behaglichen Wohnen gehören:

- Sonne und Licht,
- gute Luft,
- Wärme und Kühle,
- Ruhe,
- Sicherheit und Hygiene,
- Kontakt zur Umwelt und Natur,
- Persönliche und kulturelle Entfaltung.

Jedes dieser Bedürfnisse ist physiologisch begründet, es verbinden sich damit aber immer wichtige psychologische Bedürfnisse, wobei das Körpergefühl, das sinnliche Erleben, für die Zufriedenheit eine große Rolle spielt. Licht und Sonne beeinflussen die Stimmung, ihr Fehlen fördert Traurigkeit und Depressionen. Luft bedeutet auch luftig, nicht beengt, Luftbewegung wirkt befreiend und vermittelt Kontakt zum Wetter. Wärme und Kühle beinhalten Geborgenheit und Schutz.

Keine Einheitsbehaglichkeit: Wandel der Einstellungen, Wechsel der Bedürfnisse, unterschiedliche Empfindlichkeiten

Hier sind auch Einstellungs- und Verhaltensänderungen zu berücksichtigen, z.B. mehr Gesundheits- und Körperbewußtsein, mehr Erlebnis- und Genußorientierung im Vergleich zu den 50er und 60er

Jahren, wo Hygiene und Komfort noch ganz im Vordergrund standen. Auch ist Behaglichkeit - körperliches Wohlbefinden - kein Dauerzustand; wir brauchen auch den Wechsel, der uns stimuliert und uns vor Verweichlichung schützt. Nicht zuletzt sind unsere Lebensgewohnheiten und körperlichen und seelischen Voraussetzungen vielfältig, so daß bei Verallgemeinerungen Umsicht nötig ist.

Zum einen ist eine erhöhte Empfindlichkeit gegenüber Mängeln und Problemen zu beobachten, auch eine erhöhte Sensibilität für immaterielle Qualitäten einer Wohnung, andererseits darf der "Überempfindliche" nicht zum Maßstab werden, die Ansprüche müssen im Rahmen bleiben, damit man sich seine Wohnung noch leisten kann.

III. Licht und Sonne

Notwendige Lichtöffnungen

Für die Bemessung der Lichtöffnungen der Wohnungen wird der ungünstige und in unserem Klima häufige Fall des vollständig bedeckten Himmels angenommen, um eine ausreichende Beleuchtung mit Tageslicht zu gewährleisten. Der Tageslichtquotient (also die Helligkeit) in einem Raum hängt immer davon ab, wie weit die Umgebung (z.B. die Verbauung) durch Abschirmen lichtgebender Himmelsflächen den Lichteinfall beschränkt. Er wird aber ebenso auch davon beeinflusst, in welchem Grade das noch von außen kommende Licht im Raum durch die Lage und Größe des Fensters, die Geometrie des Raumes und das Reflexionsvermögen seiner Flächen verfügbar wird.

Wenn die Abstände zwischen Gebäuden nur das baurechtlich geforderte Mindestmaß einhalten, entsprechen die Lichtverhältnisse zumindest im Erdgeschoß, bei üblicher Fensteranordnung, Raumhöhe und -tiefe, nicht mehr dem Helligkeitsbedürfnis der Bewohner und nicht den Forderungen der DIN 5034.

Auflockerung der Bebauung

Schon bei der Bebauungsplanung und Gebäudeplanung sollte eine übermäßige Verbauung vermieden werden. Die Auflockerung überzogener Verdichtung im Gebäudebestand - Entkernung von Hinterhöfen - liegt auch heute noch im Interesse gesunder Wohnverhältnisse.

Größere Fenster

Da die Häuser in der Stadt jedoch meist nicht frei liegen, sind hier oft größere Fenster zu empfehlen. Die Empfehlung kleinerer Fenster, um Baukosten zu sparen, ist wohnmedizinisch problematisch und gefährdet die langfristige Wohnqualität. Bei gut besonnten Fenstern geht auch die Möglichkeit der Heizkostensparnis verloren.

Günstiger Raumschnitt, Fensteranordnung und -form

Auch sollten Raumschnitt, Fensteranordnung und -ausbildung mehr auf Sonne und Licht Rücksicht nehmen, z.B.:

- Wohnräume mit einer schmalen Außenfront dürfen bei starker Verbauung nicht tief sein.
- Erker, Wintergärten, Loggien, Balkone nehmen Licht weg, dies ist auszugleichen.
- Durch Vergrößerung der Fenster nach oben gewinnt man mehr Licht für den Raum als durch gleichflächige Verbreiterungen.
- Helle Oberflächen machen die Raumbeleuchtung gleichmäßiger.
- Fensterbrüstungen, Fensterstürze, gegebenenfalls auch Raumhöhen sind für Beleuchtung, wünschbare Aussicht und Raumgestaltung bewußter auszubilden.
- Fensterlose Flure, Treppen und Sanitärräume sind häufig geworden, bergen aber immer Nachteile, die oft besser ausgeglichen oder vermieden werden können.

Sonne in der Wohnung und auf einem Sitzplatz im Freien

Verbindliche Maßstäbe zur Besonnung von Wohnungen gibt es in der Bundesrepublik nicht. Für die Bewohner ist es aber erheblich, daß die Sonne direkt in die Wohnräume und auf einen Sitzplatz im Freien scheint. Sie nutzen auch ihre Wohnung vielfach entsprechend dem Gang der Sonne ums Haus.

Nord-Süd-Orientierung am günstigsten

Eine behagliche Wohnung soll nach Süden weit geöffnet, aber gegen die steile Sommersonne etwa durch Dach- oder Balkonvorsprünge abgeschirmt sein. So ist es möglich, im Winter die Sonne zu genießen und Wärme zu gewinnen. Diese Orientierung ist auch wegen der im Winter größeren und im Sommer geringeren Sonnenwärmeeinstrahlung der Fassadenorientierung gegen Ost und West überlegen. Im heutigen Städte- und Wohnungsbau werden diese altbekannten Vorteile richtiger Orientierung zu wenig gewürdigt.

Vermeidung von Wärmebelastung durch Sonnenschutz

Das Bemühen, im Winter Sonnenwärme zu gewinnen, erübrigt nicht Überlegungen zum Schutz vor zuviel Sonnenwärmeeinstrahlung in der warmen Jahreszeit. Insbesondere alte Menschen, Kranke, Bewohner von Kleinwohnungen, in denen es keine alternativ nutzbaren kühleren Räume gibt, und Bewohner an Standorten, wo sich die Außenluft stark aufheizt, werden durch sommerliche Wärme gesundheitlich belastet.

Die Strahlung sollte schon außen abgeschirmt werden, möglichst ohne den Lichteinfall bei bedecktem Himmel und die Lüftung zu beeinträchtigen. Oft reichen preiswerte Lösungen aus: der Dach- oder Balkonvorsprung bei Südlage, bei für die Beleuchtung ausreichend bemessenen Fenstern, der Laubbaum, der nur im Sommer die Strahlung

abschirmt. Auch beweglicher Sonnenschutz kann gelegentlich notwendig sein.

Zusatzfunktionen und Funktionssteigerungen durch Sonderverglasungen und Zusatzelemente

Im Übrigen können Fenster durch Sonderverglasungen (z.B. metallbedampfte Isolierverglasung für erhöhten Wärmeschutz, ultraviolett-durchlässiges Glas, Schallschutzverglasung) vielfältige zusätzliche Funktionen erfüllen, sowie durch Zusatzelemente außen (z.B. Rolläden, Klappläden, Pergolen) und innen (z.B. Rollos, Vorhänge), oft mit mehrfachem Nutzen sinnvoll ergänzt werden.

Konzeption der Fenster mehr nach dem speziellen Bedarf, weniger Schematismus

Die Anforderungen an das Fenster - als Bestandteil der Gebäudehülle mit ihren schützenden Eigenschaften und als Öffnung für Licht, Luft und Sonne und die Verbindung nach draußen - sind insgesamt sehr komplex. Alle Forderungen kann es nicht gleich gut erfüllen oder nur mit großem Aufwand. Für eine optimale Fensterkonstruktion und -ausstattung müssen deswegen je nach individuellem Bedarf, je nach Lage und auch von Raum zu Raum, unterschiedliche Prioritäten gesetzt werden. Mehr Differenzierung nach den spezifischen Gegebenheiten eines Raumes sind zu empfehlen, um einerseits gesundes, behagliches Wohnen zu ermöglichen und andererseits unnötige Kosten zu vermeiden.

Auswirkungen der Fenstergestaltung auf Raumatmosphäre und Raumnutzung beachten

Nur zu oft wird vergessen, daß das Fenster auch die Raumnutzung, die Möblierung, die Raumatmosphäre und die Gebäudegestalt erheblich prägt. Für das Raumerlebnis und Lebensgefühl haben Form und Größe der Öffnungen Bedeutung:

- Ruhe liegt in allen symmetrischen Anordnungen,
- Leichtigkeit entsteht, wenn der Sturz fehlt; ein weit herabreichender Fenstersturz wirkt drückend,
- eine besonders intensive Raumverbindung nach draußen entsteht, wenn die Brüstung fehlt oder niedrig ist,
- der Ausdruck ist verschwommen, wenn das Fenster nur von ausgesprochenen Wandresten umgeben ist.

Schlechte Fenstergestaltung - an der oft auch Heizkörper beteiligt sind - führt zu ungünstiger Möblierung und zur Behinderung der Heizung durch Gardinen.

Wohnwert und Energiesparmöglichkeiten durch großflächige Verglasungen, aber stärker wechselndes Raumklima

Um mehr Wohnqualität zu schaffen, werden auch großflächige Verglasungen angebracht. Unter energetisch günstigen Voraussetzungen können sie wirtschaftlicher als konventionelle Fenster sein. Wenn der Überwiegende Anteil der Außenhülle eines Wohnraumes verglast ist, wird jedoch das Raumklima stark von den wechselnden Temperatur- und Strahlungsverhältnissen von außen geprägt. Um die Lästigkeit von Einstrahlung oder zu kühler Innenfläche und den Heizwärmeverlust zu begrenzen, sind regulierende Maßnahmen wie Schattierung, temporärer oder erhöhter permanenter Wärmeschutz, verstärkte Heizung, leistungsfähige Lüftung notwendig.

Wintergärten erhöhen den Wohnwert, Energieeinsparung kompensiert Kosten nicht

Der Bau von Wintergärten wird heute vor allem propagiert, weil er auch als Wärmepuffer dienen kann. Sind Boden und Rückwand massiv ausgebildet (schwere Bauart, gute Wärmespeicherfähigkeit), ergeben sich kleinere Temperaturschwankungen, ein behagliches Raumklima über einen längeren Zeitraum und kürzere Heizphasen. Dadurch kann der Wärmeverbrauch von Gebäuden tatsächlich gesenkt werden, jedoch nicht annähernd so weit, daß sich die Kosten amortisieren. Der entscheidende Nutzen muß im Gebrauchswert liegen.

IV. Luft

Notwendigkeit der Lüftung

Die Raumluft wird durch Personen, Tiere und Pflanzen, Wohnabläufe und chemische Prozesse belastet. Lüftung muß Gesundheitsschäden verhindern, Wohlbefinden sichern und Bauschäden vermeiden helfen. Das Lüften soll über den Luftwechsel hinaus angenehme Körperempfindung, Erfrischung, Kontakt zum Wetter bieten .

Die richtige Luftfeuchte

50% relative Luftfeuchte gelten als Normalwert .Bei zu feuchter Luft entstehen nachteilige Wärmeverluste, erhöhte Verletzungsfahr, Schimmel und Sporen. Bei zu trockener Luft werden die Schleimhäute beeinträchtigt, Staub freigesetzt und chemische Abläufe (z.B. Freisetzung von Gasen aus Klebern, Farben) sowie elektrostatische Aufladung begünstigt. Heute ist vor allem zu feuchte Luft ein Problem, weil bei dicht schließenden Fenstern zu wenig gelüftet wird. Eine dauernd zu trockene Raumluft ist lediglich bei älteren Wohnungen mit sehr undichten Fenstern während der Heizphase ein Problem, da die ständig nachströmende Kaltluft den Wasserdampf aus der Raumluft "wie ein Löschblatt" aufnimmt.

Kriterien guter Lüftung

Bei der freien oder natürlichen Lüftung wird die Luft durch Winddruck oder Temperaturdifferenzen bewegt. Die Windlüftung ermöglicht meist einen Luftaustausch in der ganzen Wohnung, bei der thermischen Lüftung beschränkt sich der Luftaustausch meist auf einzelne Räume. Zur Stoßlüftung für schnelles starkes Lüften sollen die Fenster ganz zu öffnen sein. Zur Dauerlüftung, die eine Mindestlüftung gewährleisten muß, sind fein zu dosierende Beschläge notwendig (Spaltlüfter, regulierbare Schieber u.ä.). Die Möglichkeit der Quer- oder Überecklüftung ist insbesondere zur Entwärmung bei schwülem Wetter notwendig. Ungünstige Staub-, Schadstoff- und Geruchsübertragungen sind zu vermeiden.

Die für normales Lüften erforderlichen Öffnungen sind regelmäßig vorhanden, Lüften zur körperlichen Erfrischung und für vollen Kontakt zur Außenatmosphäre, auch zur Entwärmung im Sommer, erfordert jedoch überdurchschnittliche Öffnungen, z.B. Fenstertüren.

Maschinelle Lüftung

Maschinelle Luftförderung mit Hilfe von Strömungsmaschinen kommt bei ungünstigen baulichen Lösungen in Frage. Sie sollte durch einfache Gebäude- und Grundrißkonzeptionen vermieden werden.

Einzelgeräte-Systeme sind von zentralen Lüftungssystemen zu unterscheiden. Beide sind mit Wärmerückgewinnung ausrüstbar.

Probleme durch dichte Fenster, bewußtes Lüften

Die Lüftung über Undichtheiten an Fenstern und Türen hat bisher in Wohnungen eine wesentliche Rolle gespielt. Bei einer Wohnung mit 10 alten Fenstern werden z.B. ohne Öffnen der Fenster 3 Personen ausreichend mit Frischluft versorgt (66 cbm Luft pro Stunde), mit neuen Fenstern ergibt sich bei diesem Beispiel ein Luftaustausch von 4,5 cbm/h, was nicht mehr für eine Person ausreicht, es muß also aktiv gelüftet werden. Hier sollten Teile der Fugendichtung entfernt werden oder Spaltöffner bzw. Drehkipp-Begrenzer eingesetzt werden. Auch müssen die Bewohner viel besser über die veränderte Situation informiert werden.

Individuelle Bedürfnisse beim Lüften

Die Bemühungen, Energie zu sparen, werden oft durch nicht optimales Lüften vereitelt, nicht nur aus Unverstand der Bewohner, sondern wegen unterschiedlicher Bedürfnisse. Viele wollen z.B. auch bei kaltem Wetter mit offenem Fenster schlafen, oder sie genießen die Sonne in der Übergangszeit bei geöffnetem Fenster, oder sie möchten wegen möglicher Gerüche länger lüften. Hier fehlt es oft an tatsächlich flexiblen Lösungen:

- einfache fein dosierbare Vorrichtungen für Dauerlüftung,
- bequeme und effektive Regulation der Heizung in Verbindung mit der Lüftung (vgl. Abschnitt Heizung).

Einfache Systeme erleichtern die richtige Mitwirkung des Bewohners. Je komplizierter das Gebäude und die Systeme, desto größer wird das Risiko von Benutzerfehlern.

V. Wärme

Thermische Behaglichkeit, wenn 6 Faktoren im Gleichgewicht

Damit man sich thermisch behaglich fühlt, muß ein Gleichgewicht zwischen der im Körper erzeugten Wärme und der gespeicherten bzw. über die Körperfläche abgegebenen Wärme vorhanden sein. Die äußere Wärmeabgabe wird z.B. durch Konvektion, Strahlung, Verdunstung, Atmung, Nahrungsaufnahme und Ausscheidungen bestimmt. Experimentelle Untersuchungen zeigen, daß sich für maximal 95% aller im Raum unter gleichen Bedingungen lebenden Menschen thermisch behagliche Verhältnisse einstellen, wenn die 4 thermischen Raumklimakomponenten (Lufttemperatur, Luftgeschwindigkeit, Umgebungstemperatur, Luftfeuchte) miteinander im Gleichgewicht sind und der Aktivität und Bekleidung des Menschen entsprechen. Allerdings ist dabei das Temperaturniveau relativ hoch. Bei ruhiger Tätigkeit, geringer Luftbewegung und Winterkleidung müßten z.B. Luft- und Umgebungstemperatur 23 Grad C betragen.

Wenn man sparen will und noch eine Empfindung von mäßig kühl akzeptiert, würden z.B. bei sonst gleichen Parametern eine mittlere Umgebungstemperatur von 17 Grad C und eine Lufttemperatur von 20 Grad C ausreichen. Allerdings wären dabei bereits 27% unzufrieden. Auf ein solches Niveau läßt sich die Heizung also nur für den individuellen Bedarf einzelfallbezogen regulieren.

Strahlung und Konvektion bei verschiedenen Wärmeverteilungssystemen und thermisch behagliche Zonen im Raum

Bei jedem Heizungssystem sind Wärmestrahlung und Konvektion im Raum verschieden. Je gleichmäßiger die Lufttemperatur und Wärmestrahlung im Raum, desto größer ist die thermisch behagliche Zone, desto freier kann der Raum auch möbliert und genutzt werden. Ungleichmäßige, unflexible und kostspielige, dafür aber vielleicht interessante Verhältnisse ergeben sich z.B. bei traditionellen Kaminheizungen, bei denen man sich so nah oder fern zur Heizquelle aufhalten muß oder kann, wie es dem Bedarf entspricht.

Bei Heizungen mit Platten oder Radiatoren ist die Konvektion gering, die Strahlung hoch und die Temperaturschichtung im Raum besonders günstig, wenn die Heizflächen relativ groß und die Heizmitteltemperaturen relativ niedrig sind (55-60 Grad C).

Bei der Fußbodenheizung hängt die Konvektion von der Temperaturdifferenz zwischen kalter Außenwand und Heizfläche ab, die Strahlung von der Anordnung, Größe und Temperatur der Umgebungsfläche. In Versuchen ist deutlich zu erkennen, daß ab einer Höhe von 75 cm bis kurz unterhalb der Decke die Temperatur fast konstant bleibt. Im Bereich bis 75 cm über dem Boden nimmt die Temperatur nach unten hin ab (einströmende Kaltluft).

Versuchsergebnisse von Luftheizungen, die für den Niedertemperaturbereich ausgelegt sind, liegen derzeit noch nicht vor. Man kann davon ausgehen, daß bei Luftheizungen, deren Auslässe im Fußboden an der kalten Außenfläche angeordnet sind, die Temperaturprofile etwa denen entsprechen, die für Raumheizkörper mit mittlerer Oberflächentemperatur gelten. Die Temperaturschichtung im Raum wird etwas ausgeprägter sein.

Träge Heizsysteme problematisch

Fußbodenheizungen mit sehr großer erwärmter Masse sowie Warmwasserheizungen mit großem Heizkörpervolumen verhalten sich träge: die Raumtemperaturen können nur sehr schwer im Interesse der Energieeinsparung und Gesundheit differenziert und gesenkt werden. Träge Systeme sollen deshalb heute nur noch als "Grundlastheizung" eingesetzt werden, bei gleichzeitiger Trägheit der raumschließenden Bauteile und hoher möglicher Fremdwärmeeinstrahlung sollen sie ganz vermieden werden.

Regelungsmöglichkeiten

- Raumtemperaturregelung über einen Testraum für alle Räume des Einfamilienhauses oder der Etage (bei geschickter Handhabung auch heute noch geeignet und sparsam, aber ohne zusätzliche Einzelraumregelung nicht mehr vorschriftsmäßig),
- Einzelraum-Temperaturregelung mit thermostatischen Heizkörperventilen,
- Witterungsgeführte Vorlauftemperatur-Regelung mit Zeitprogramm.

Installations- und Benutzungsfehler vermeiden

- Kein Einbau hinter dicken Vorhängen, Holzverkleidungen oder im Boden, neben warmen Steigleitungen u.ä. Wärmequellen, kein Zmöblieren,
- Abstimmung mit der Fensterlüftung, Dauerlüftung mit gekippten Fenstern läßt das Ventil voll öffnen,
- kein sprunghaftes ganz Auf- und Zudrehen, sondern Einregulierung auf den Bedarf.

Weiterdenken über Regelungsbedarf sowohl auf Nutzerseite wie im Wohnungsbau

Die automatisierte Regelung ist für konstante oder regelmäßig wiederkehrende Bedürfnisse geeignet. Spontanen und abweichenden Bedürfnissen wird sie meist nicht gerecht (z.B. "Nachtmenschen", Schichtarbeiter, Frischluftliebhaber). Bei solche wechselnden Bedürfnissen müßte die Automatik gegebenenfalls auch manuell außer Kraft gesetzt werden können. Das Streben nach sparsamem Heizen wird damit nicht unterlaufen, sondern eher unterstützt. Es wird weniger überschüssige Wärme abgelüftet, nicht aus Unsicherheit über die zu erwartende Wirkung zu viel oder beim Lüften unbeabsichtigt geheizt.

Der Regelungsbedarf sollte im Einzelfall geprüft werden, um das geeignete System zu wählen. Für diejenigen, die auf hohen Komfort und hohe Raumtemperaturen Wert legen, sind leistungsfähige Regelungssysteme notwendig, um nicht zu viel Energie und Geld dafür auszugeben. Als Alternative kommen auch einfache Systeme mit geringen Investitionen in Betracht, wenn man bereit ist, kurzzeitige Komfortmängel hinzunehmen und sich auf weniger Beheizung einzustellen.

Im übrigen waren sich Laien und Mediziner weitgehend einig, daß gleichmäßiges, warmes Heizen zwar angenehm, aber nicht sehr gesund sei, weil es verweichliche und Erkältungskrankheiten fördere.

VI. Wände und Geschoßdecken

Abschirmung äußerer Einflüsse, Stabilisierung der Raumtemperatur

Wände und Geschoßdecken haben aufgrund ihrer abschirmenden Wirkung vor unerwünschten äußeren Einflüssen, ihrer mehr oder weniger stabilisierenden Wirkung in Bezug auf Temperatur und Feuchte und ihrem Verhalten bei Veränderungen dieser Faktoren viel mit gesundem behaglichem Wohnen zu tun. Eine hohe Wärmespeicherfähigkeit der Bauteile ist für dauerbenutzte Räume in der Regel vorteilhaft, z.B. haben nach dem Lüften bei kühlem Wetter nur die Raumluft, aber nicht auch die Wände ihre Temperatur verloren, z.B. wird sommerliche Schwüle besser ausgeglichen.

Speicherfähigkeit der Außen- und Innenwände

Bei Außenbauteilen hängt das relevante Speichervolumen von der Lage einer eventuellen Dämmschicht ab. Außenwände machen meist 15-30% der Begrenzungsflächen eines Raumes aus. Wenn sie innen von schwerer Bauart sind und der weitere Innenausbau aus leichten Konstruktionen, können sie das nahezu einzige bedeutsame Speicherpotential darstellen. Je nach Ausführung können Innenwände und Geschoßdecken für die Klimastabilität wichtiger sein.

Aufbau und Beschaffenheit der Innenwände sind oft von Anforderungen bestimmt, die sich nicht auf thermische Eigenschaften beziehen aber diese sehr beeinflussen:

- Wohnungstrennwände können leichte Vorsatzschalen aus Schallschutzgründen benötigen,
- Dachausbauten erlauben sehr oft keine hohen Eigengewichte der Bauteile,
- Dachuntersichten ersetzen als wesentliche raumbegrenzende Flächen viele Wände und sind regelmäßig von leichter Ausführung,
- die Speicherwirksamkeit wird durch dekorative Wandbekleidung und durch Möblierung herabgesetzt.

Daß Dachausbauten von einem besonderen Mangel an Speichermassen betroffen sein können, trifft ungünstig mit der dort oft besonders hohen Einstrahlung und Transmission sommerlicher Wärme zusammen. Umsomehr sollte eine schematische Vereinheitlichung der Wandbauarten in Richtung Leichtbau vermieden und jede Möglichkeit zur Verwendung schwerer Bauteile genutzt werden. Zudem kann hier auf die normalerweise gegebenen schalltechnischen und Kostenvorteile hingewiesen werden.

Die Deckenuntersicht besteht oft aus einer verputzten Stahlbetonmassivplatte ohne stärker dämmende Bekleidung. Damit steht ein Speicher großer Kapazität mit der Raumluft in Verbindung. Die Speicherfähigkeit der Bauteile hat jedoch keinen Einfluß auf den Heizenergieverbrauch, weil dem Wärmegewinn auch Transmissionswärmeverluste gegenüberstehen.

Zusammenwirken der Wand- und Deckenkonstruktionen mit der Heizungsregelung

Als sehr günstig zeigt sich die Verbindung schnell reagierendes Heizsystem mit schwerer Bauart. Die Vorteile sind in der kurzen Aufheizphase und der Reaktion von Heizung und Wand bei Fremdwärme zu sehen. Lediglich die Nachtabsenkung ist durch das träge Wärmeverhalten der Bauteile nicht sehr wirkungsvoll. Die Kombination träges Heizsystem - schwere Bauart erscheint dagegen als sehr ungünstig. Behagliche Raumtemperaturen werden erst sehr spät erreicht. Eine wirkungsvolle Nachtabsenkung und eine wirkungsvolle Reaktion auf Fremdwärme ist nicht möglich.

Atmungsaktive Wände spielen praktisch keine Rolle

Wenn davon gesprochen wird, sind Luftwechsel, Dampfdiffusion und manchmal sogar "Pufferung von Geruchsstoffen" gemeint. Poröse Baustoffe können Wasserdampf aus der Raumluft aufnehmen und wieder abgeben. Ein Austrocknen der Baustoffe darf allerdings nicht dauernd verhindert sein. An diesen Vorgängen sind aber normalerweise nur die ersten 1 bis 2 cm des Wandbaustoffes beteiligt. Die Dampfdiffusion durch die ganze Wand ist normalerweise sehr gering: Bei einem typischen Beispiel, das untersucht wurde, trug sie nur

0,4% zum Luftwechsel bei bzw. 10 Minuten Fensterlüftung (Kippstellung) entsprachen 65 Stunden Dampfdiffusion durch die Wand.

VII. Außenklima

Nutzung aller Möglichkeiten, das Außenklima um das Haus günstig zu gestalten

Die Luft in der Wohnung kann nicht besser sein als die Außenluft. Wärme, Feuchte und Wind am Wohnstandort prägen auch das Wohlbefinden im Haus, auf dem Balkon, im Eingangsbereich. Innen und Außen stehen in engem Wechsel. Das Außenklima ist nur begrenzt beeinflussbar, die Möglichkeiten sollten jedoch genutzt werden. Dazu gehören unter anderem:

- um Übertemperaturen zu verhindern, die Wärmeentwicklung zu reduzieren: z.B. Sonnenschutz, gezielte Farb- und Materialauswahl,
- um die Temperatur zu erhöhen, die Wärmeentwicklung zu steigern: z.B. ungehinderte Sonneneinstrahlung, gezielte Farb- und Materialwahl,
- um Zugerscheinungen zu vermeiden, die Luftbewegung zu verringern: z.B. Windschutz,
- um den notwendigen Luftaustausch zu gewährleisten, die Luftbewegungen sicherstellen: z.B. Offenhalten der Zuluftbahnen,
- um die Luftqualität zu verbessern, die Schadstoffbelastung der Luft zu verringern: z.B. Verminderung und Abschirmung von Emissionen, Durchgrünung, Initiierung ausreichenden Luftaustausches, Vermeidung von Staubaufwirbelungen.

Insgesamt ist besonders die günstige Wirkung von Vegetation auf Luftqualität und Mikroklima hervorzuheben. Es kommt aber auch darauf an, daß städtebauliche Situation und Gebäudeanordnung diesen Zielen entsprechen.

Berücksichtigung der Vor- und Nachteile des Standortes

Die spezifischen Ziele für die Gestaltung des Außenklimas und den gegebenenfalls entstandenen Kompensationsbedarf im Gebäude ergeben sich aus den Vor- und Nachteilen des jeweiligen Standorts. Durch geschickte Wahl der Oberflächeneigenschaften des Gebäudes und der Freiflächen und durch eine günstige Kombination von Bebauung und Vegetation kann man das Mikroklima so beeinflussen, daß es bestimmten Anliegen wesentlich besser gerecht wird.

VIII. Wertung

Verbesserungen im Wohnungsbau sind selten ohne Hindernisse und nachteilige Nebenwirkungen realisierbar, wenn es auch gelegentlich den Anschein hat, als bedürfe es nur des Anstoßes, um Entwicklungen tatsächlich weiterzubringen. Als Beispiel dafür können die dicht schließenden Fenster genannt werden, die auch die oft für Lichtge-

bung und gestalterische Anpassung nachteiligen dicken Fensterprofile mit sich brachten. Sie sind eine überspitzte Entwicklung unter nur einem Gesichtspunkt (Energiesparen), die Nebenfolgen verursachen heute Bau- und Gesundheitsschäden, wenn sie nicht durch zusätzliche Maßnahmen ausgeglichen werden.

Auch wurden Entwicklungen und Intentionen des Wohnungsbaus von Nutzern nicht immer mitvollzogen, z.B. Heiztechnik und Wärmeschutzvorkehrungen in Verbindung mit dem Energiesparen, dem Lüften und der Einregelung eines optimalen behaglichen Wohnklimas.

Schließlich ist auf häufig vorkommende Planungsfehler (z.B. ungünstige Gebäude- und Grundrißorientierung, Fensteranordnung) hinzuweisen. Auch propagierte neue Lösungen und Ideen im Wohnungsbau (z.B. Wintergarten, "atmende" Wände) sind kritisch zu überprüfen.

Insgesamt zeigt die Arbeit, daß es auf das Qualitätsbewußtsein bei den nicht oder schwer zu ändernden Gegebenheiten des Wohnens ankommt: gute Lage, zurückhaltende Verdichtung, günstige Orientierung des Hauses, einfache, nicht zu kompakte und komplizierte Haustypen, ausreichende, auch gelegentlich großzügige Fensteröffnungen, Qualität der Wände und Decken. Der technische Ausbau sollte mehr auch auf die psychologischen Funktionen von Licht, Luft, Sonne und Wärme abgestimmt sein.

Damit zeigen sich insgesamt Grenzen der aktuellen Möglichkeiten der Kostensenkung, die nachhaltige Wirtschaftlichkeit - insbesondere bei dem zu erwartenden entspannteren Wohnungsmarkt - scheint so jedoch am ehesten gewährleistet.

Vorwort

Ziel der Arbeit und Arbeitsgrundlagen

Mit dieser Arbeit wird ein Querschnittsbericht bauphysikalischer, technischer, architektonischer, psychologischer und medizinischer Anforderungen und Erkenntnisse über Licht, Luft, Sonne, Wärme im Wohnungsbau vorgelegt. Den am Bau Beteiligten und interessierten Bewohnern soll damit eine gut verständliche fachübergreifende Information und Diskussion von Problemen und Lösungen gegeben werden. Die Literaturhinweise können als Einstieg zur weiteren Vertiefung dienen.

Zu dieser Arbeit wurde die Literatur aufgearbeitet und erörtert. An häufig verwendeten Gebäudetypen wurden Praxisprobleme untersucht. Die Untersuchungsbeispiele waren ein Einfamilienhaus mit 96 qm Wohnfläche, ein Reihenhauses mit 106 qm Wohnfläche sowie ein Mehrfamilienhaus, Endtyp eines Gebäudekomplexes mit zwei Zweizimmer- und drei Dreizimmer-Wohnungen pro Geschoß (vgl. Anhang). Mit drei Bewohnergruppen wurden Anforderungen und Lösungen ausführlich erörtert. Eine Gruppe waren Bewohner des Untersuchungsbeispiels Mehrfamilienhaus. Eine zweite Gruppe waren Mitglieder eines Altenclubs einer evangelischen Kirchengemeinde in Stuttgart Mitte. Ein dritte Gruppe waren Menschen, bei denen ein besonderes Problembewußtsein zum Thema unterstellt werden konnte, ohne daß sie selbst im Wohnungsbau beruflich tätig sind (Sozialarbeiterin, Praktische Ärztin und Anästhesistin, ein Verkehrsplaner, Redakteurin, Immobilienfachmann, Künstler, u.a.).

Die Beispiele und Bewohnergespräche sollten helfen, bei der Vielfalt erörterungswerter Aspekte und Lösungen Schwerpunkte zu setzen. Es konnte unmöglich eine umfassende, wissenschaftlich vertiefte Darstellung aller relevanten Aspekte des Hauses erarbeitet werden. Es war ein Mittelweg zu suchen zwischen

- ausführlicher Information und wissenschaftlicher Begründung einzelner Fragen,
- einer verständlichen und lesbaren Übersicht über die verschiedenen Aspekte zusammen,
- und der Erörterung von Konflikten und Ansätzen zu ihrer Lösung.

Teil I: Körperliche und psychische Anforderungen

1. Einführung

1.1 Definitionen

1.1.1 Gesundheit

Die Ziele der Gesundheitspolitik richten sich auf ein langes und gesundes Leben. Das Interesse ist darauf gerichtet, Risikofaktoren zu bekämpfen und die Lebenserwartung zu erhöhen. Gesund ist man, wenn man nicht krank oder behindert ist. Dabei gibt es ein weites Spektrum von Zuständen, bei denen die Grenzen zwischen Gesundheit und Krankheit fließend sind. Auch kann man sich trotz einer momentanen Krankheit (z.B. einer vorübergehenden Infektion) oder einer Behinderung (z.B. Blindheit) als insgesamt sehr gesund ansehen.

Krankheit im Sinne der Reichsversicherungsordnung der gesetzlichen Krankenkassen ist "ein regelwidriger Körper- oder Geisteszustand, dessen Eintritt die Notwendigkeit einer Heilbehandlung und Arbeitsunfähigkeit zur Folge hat". Hier wird mit der Arbeitsunfähigkeit also eine funktionale Norm unterstellt. Wann eine Heilbehandlung als notwendig angesehen wird, wandelt sich mit dem Wissensstand, dem Stand der medizinischen Versorgung und dem gesundheitlichen Anspruchsniveau. Wegen der fließenden Grenzen, der Abhängigkeit von individuellen und sozialen Einschätzungen und der Vielzahl der Krankheiten unterschiedlicher Schwere läßt sich nur schwer feststellen, wie gesund ein Mensch oder gar eine Gruppe von Menschen ist.

Gesundheit wurde von der Weltgesundheitsorganisation auch als ein Zustand vollständigen physischen, geistigen und sozialen Wohlbefindens definiert - nicht nur als Abwesenheit von Krankheit und Gebrechen. Physisches, geistiges und soziales Befinden werden also zusammen einbezogen. Dies wird der Erkenntnis von den Wechselwirkungen zwischen diesen Faktoren gerecht. Der Begriff setzt eine hohe Norm, weil es einen Zustand vollständigen Wohlbefindens für die Mehrzahl der Menschen wohl immer nur vorübergehend gibt und es Bestandteil des menschlichen Lebens ist, physische, geistige und soziale Beeinträchtigungen zu bewältigen. Der Begriff ist auch kaum einheitlich operationalisierbar, weil das Wohlbefinden in hohem Maße von individuellen Einstellungen und sich wandelnden gesellschaftlichen Bedingungen und Werten abhängt.

Eine Verkürzung des Gesundheitsbegriffs auf die ausschließlich subjektive Ebene - gesund ist, wer sich gesund fühlt - ist nicht angemessen. Gesundheitliche Beeinträchtigungen können z.B. durch Umweltbelastungen auch bestehen, ohne daß sie der Betroffene bemerkt. Von Wohlbefinden kann dann im objektivem Sinne nicht gesprochen werden.

Teil I: Körperliche und psychische Anforderungen

Beim Wohnen geht es um das umfassende physische, psychische und soziale Wohlbefinden, für das die Wohnungen möglichst günstige Voraussetzungen bieten sollen, insofern muß die hohe Norm der Weltgesundheitsorganisation die Ziele bestimmen. Von Gesundheit bei Personen soll im Interesse begrifflicher Klarheit allerdings nur dann gesprochen werden, wenn es unmittelbar um die Abwesenheit von Krankheit geht.

In der Literatur (z.B. Lotz 1978, S.10) wird häufig das Gebäude als die 'dritte Haut' des Menschen bezeichnet: die erste Haut ist das unseren Körper umgebende Gewebe, die zweite Haut unsere Kleidung, und die dritte unsere Behausung. Dies veranschaulicht die engen Wechselwirkungen und die Bedeutung des Wohnens für unser Leben.

1.1.2 Wohnen

Wohnen ist ein komplexer Vorgang. Es umfaßt

- das Dach über dem Kopf, das vor der Witterung schützt,
- die Tür, die man zumachen kann, um sich zurückzuziehen und vor fremden Menschen geschützt zu sein,
- den Ort für die persönlichen lebenserhaltenden Verrichtungen, wie Schlafen, Essen, Körperpflege usw.,
- den Ort des Familienlebens,
- den Ort eigener Lebensgestaltung als Muße oder Arbeit in der frei verfügbaren Zeit,
- den hauptsächlichen Arbeitsplatz, z.B. bei Hausfrauen und zuweilen bei freiberuflich Tätigen.

Hier verbringt man viel Zeit und das was hier vor sich geht, ist für das Leben eines jeden besonders wichtig. Aufgrund dieser Bedeutungen ist die Wohnung Inbegriff, Symbol des persönlichen Lebens und der sozialen und materiellen Bindungen, die mit diesem Ort verknüpft sind.

"Ohne ein Haus, einen Ort, an dem wir zu Hause sind, fühlen wir uns enturzelt, vereinsamt, allein. Deshalb ist die Wohnung für uns mehr als die Adresse, unter der wir als Einwohner einer Gemeinde registriert sind. Sie ist auch mehr als das "Dach über dem Kopf", das uns vor der Witterung schützt. Die Wohnung ist für uns eine Art "Heimat", der Ort, an dem wir geborgen sind. Dabei ist der Begriff "Wohnung" nicht ganz wörtlich zu nehmen - je nach der Situation kann auch ein ganzes Haus, eine kleine Hütte, nur ein Zimmer oder eben eine Wohnung diese Rolle spielen.

An diese Behausung werden von den Bewohnern die verschiedensten Ansprüche gestellt. Kinderlose Paare leben und wohnen anders als Familien mit Kindern; ältere Leute anders als junge, Arme anders als Reiche. Der Schutzanspruch aber bleibt bei allen gleich: In der Wohnung suchen wir Geborgenheit, Zuflucht nach einem harten Arbeitstag, in einer seelischen Streß-Situation, aber auch in einem glücklichen Moment", (Tempelmann 1981, S.19).

Teil I: Körperliche und psychische Anforderungen

"Was eine Behausung zur Wohnung macht, ist die Atmosphäre, die von den Dingen in dieser Wohnung ausgeht. ... Was eine gemütliche ... Wohnung zu einem Zuhause, zur Heimat steigert, sind die menschlichen Beziehungen, die an diesen Ort geknüpft sind", (Lengert Nr.5, 1982, S.17).

Auf die Frage: "Was bedeutet Wohnen für Sie?" wurde geantwortet (Tempelmann 1981, S.10,11):

"Eine Wohnung muß gemütlich sein",

"Heimelige Atmosphäre",

"Selbstverwirklichung, Geborgenheit, Wärme, Schönheit, Harmonie - alles",

"Wohnen bedeutet Schlafen",

"Familienleben und Erholung".

Entsprechend diesen vielen Funktionen und Bedeutungen des Wohnens sind die Bedürfnisse aufgefächert und im Fluß. Aufgrund kultureller Gegebenheiten, sozialer Stellung und individueller Vorstellungen und Möglichkeiten finden sie sehr vielfältigen Ausdruck.

Komponenten der Beeinflussung von Wohnbedürfnissen:

- | | |
|------------------------|---|
| 1 Vorbild | von bewußt und/oder unbewußt gewählten Vorbildern |
| 2 Erfahrung | von eigenen Wohnerfahrungen |
| 3 Soziales Umfeld | von den im sozialen Umfeld akzeptierten (üblichen) Wohnbedürfnissen |
| 4 Werbung | von den durch Werbung, Fernsehen usw. geweckten Wohnbedürfnissen |
| 5 Physiolog. Bedingung | von den spezifischen physiologischen Bedingungen, denen eine Person unterworfen ist (z.B. Altersstufe: Kind, alte Leute, usw., Motorik: Bergarbeiter, Büroangestellte usw.) |
| 6 Aufgabe/Rolle | durch die Aufgaben/Rolle, die eine Person zu erfüllen hat, erfüllen will (z.B. Mutter-Kind) |
| 7 Einkommen | von der Vorhersagbarkeit ihrer Befriedigung |
| 8 Bildung | von der Erziehung und Bildung im weitesten Sinne |

(Heidemann, Zimmermann, 1978)

Auch was gesundes Wohnen ausmacht, ist vielfältig und die Auffassungen darüber wandeln sich. Viele grundlegende Faktoren gelten jedoch auch sehr allgemein. Dabei können vier Betrachtungsebenen

Teil I: Körperliche und psychische Anforderungen

für gesundes Wohnen unterschieden werden:

1. Die Wohnung muß Schutz vor schädlichen äußeren Einwirkungen bieten. Das bedeutete früher vorwiegend Wetterschutz und äußere Sicherheit. Heute bedeutet es zunehmend auch Schutz vor Umweltbelastungen wie Lärm und Schadstoffe.
2. Die Wohnung soll behaglich sein, Anforderungen des Organismus berücksichtigen, das Gleichgewicht der Körperfunktionen und körperliches Wohlbefinden unterstützen.
3. Die Wohnung soll günstige Voraussetzungen für das psychische und soziale Wohlbefinden bieten. Dazu müssen die Wohnbedürfnisse umfassend berücksichtigt werden:
 - die emotional bedeutsamen (z.B. Geborgenheit, Identifikation, Schönheit)
 - die sozialen (z.B. Rückzug, Kontakt und Entfaltung)
 - die praktischen Anforderungen des alltäglichen Lebens (z.B. Schlafen, Essen, Haushalten)
 - und die materiellen (z.B. tragbare Miete).
4. Das Wohnen muß Bestandteil einer Lebensgestaltung sein, die im Einklang mit den natürlichen Lebensgrundlagen steht. Dazu gehören insbesondere, die Ressourcen (Boden, Wasser, Energie und andere Rohstoffe) zu schonen, aber auch die eigene Natur nicht zu überfordern und die Wechselbeziehungen zwischen Leib und Seele, Mensch und Natur in allen Lebensbereichen zu berücksichtigen.

Die beiden letzten Betrachtungsebenen wurden in den letzten Jahren wieder verstärkt mit dem Thema gesundes Wohnen verbunden, da erkannt wurde, daß eine allzu enge "technokratische" Betrachtung leicht zu problematischen Ergebnissen führt. In dieser Arbeit wird versucht, den Schwerpunkt auf die beiden ersten Betrachtungsebenen zu legen und dabei die Ziele und Zusammenhänge einer ganzheitlichen Betrachtung entsprechend 3. und 4. zu berücksichtigen.

1.1.3 Der Zusammenhang zwischen Wohnen und Gesundheit, methodische Probleme

Von einer kausalen Beziehung zwischen einem Faktor A und einer Krankheit B kann nur dann gesprochen werden, wenn die Krankheit notwendige Folge des Faktors A ist, das Zusammentreffen von beiden nachgewiesen und die Beziehung erklärt werden kann. Dabei kann der Zusammenhang unmittelbar oder über Zwischenglieder (Bluthochdruck - Arteriosklerose - Herzinfarkt) bestehen. Er kann von der Stärke, Dosis, Häufigkeit, Dauer des ursächlichen Faktors abhängen. Die Entstehung der meisten Krankheiten kann nur multifaktoriell erklärt werden. Kausale Analysen sind schwierig und unsicher, weil meist kaum feststellbar ist, welche und wieviele Faktoren im speziellen Fall in welcher Weise mitgewirkt haben. Aufgrund dieser

Teil I: Körperliche und psychische Anforderungen

Schwierigkeiten wurde in der epidemiologischen Forschung der Begriff des Risikofaktors eingeführt, der besagt, daß es bestimmte Prozesse und Zustände in der Außenwelt gibt, bei denen sich eine erhöhte Gefahr ergibt, an einer bestimmten Krankheit zu erkranken.

Zwischen Wohnsituation und Gesundheit kann eine direkte Beziehung vorliegen, wenn die Wohnsituation sich unmittelbar auf den physikalisch-chemischen Vorgang auswirkt (z.B. Luftverunreinigung, Schleimhautreizung, entzündete Schleimhäute). Dies ist vor allem der Fall, wenn hygienische Grundvoraussetzungen nicht gewährleistet sind.

Vielfach handelt es sich um indirekte Beziehungen, d.h. die Wohnsituation begünstigt Verhaltensweisen oder Befindlichkeiten, die wiederum gehäuft zur Beeinträchtigung der Gesundheit führen (z.B. fehlende Aufenthalts- und Bewegungsflächen im Freien für Kinder, seltener Aufenthalt der Kinder im Freien/Bewegungsmangel, Haltungsschäden). Die Verhaltensweisen, d.h. die Reaktion der Bevölkerung auf die Wohnsituation, unterscheiden sich jedoch nach persönlichen und sozialen Merkmalen. Je nach sozialer Lage gibt es auch unterschiedliche Möglichkeiten, ungünstige Bedingungen auszugleichen. Durch die große Anpassungs- und Ausgleichsfähigkeit des Menschen werden viele nachteilige Einflüsse überbrückt, so daß ihre Wirkungen auf die Gesundheit kaum noch empirisch feststellbar sind. Zudem sind in der Regel gesundheitliche Risiken der Wohnbedingungen nur ein Faktor unter vielen anderen und die Dauer des Einflusses kann eine große Rolle spielen.

Je nach Disposition, Einstellungen und Lebensweisen können sich sehr unterschiedliche Reaktionen auf Umweltsituationen ergeben:

- Blütenpollen führen bei dem einen z.B. zu allergischen Erkrankungen, andere reagieren darauf nicht,
- der Nachtarbeiter oder lärmempfindliche Mensch kann schon durch leise Geräusche - z.B. durch einen Summton in der Heizung - in seiner Nachtruhe oder bei seiner Arbeit empfindlich gestört und "verrückt" gemacht werden, der andere ist dadurch in keiner Weise belästigt,
- abwechslungsreiche Lichtverhältnisse und schöne Raumproportionen in der Wohnung steigern für den einen die Raumatmosphäre und sein Lebensgefühl, in langweiligen Räumen fühlt er sich nicht wohl, sie deprimieren ihn, andere reagieren auf diese Reize nicht.

Solche Dispositionen können noch gesteigert werden. Durch die Angst vor gesundheitlichen Risiken entsteht eine erhöhte Aufmerksamkeit. Durch Autosuggestion können sich gesundheitliche Auswirkungen verstärken. Solche Prozesse mögen z.B. bei den umstrittenen Wirkungen der Erdstrahlen eine Rolle spielen: empfindliche Menschen, gegebenenfalls mit Beschwerden, suchen solche Informationen und stellen entsprechende Wirkungen fest. Andere sind in dieser Richtung nicht empfindlich, haben auch keine entsprechenden gesundheitlichen Ängste, bemerken auch keine Wirkungen. Dabei ist festzu-

Teil I: Körperliche und psychische Anforderungen

stellen, daß die Empfindlichkeit gegenüber Umwelteinflüssen (z.B. Staub, Pollen, Strahlen) aufgrund der allgemein hohen Reizbelastung zuzunehmen scheint. Insbesondere allergische Erkrankungen werden vermehrt festgestellt. Auch kann sich Empfindlichkeit negativ oder positiv auswirken: einerseits als Überempfindlichkeit gegen nicht oder nur schwer vermeidbare Umwelteinwirkungen, andererseits als Verfeinerung des Erlebens und Empfindens als Teil der kulturellen Entfaltung.

Mit dem Thema Empfindlichkeit ergibt sich in der Praxis auch die Frage nach der Norm. Solange nicht jeder für sich selbst baut: von wem soll man ausgehen? Zum einen wird man von erhöhten Empfindlichkeiten aufgrund allgemein hoher Belastungen ausgehen müssen. Soweit sie kulturelle Verfeinerung bedeuten - wie das Erleben von Schönheit und der Widerwillen gegenüber Häßlichkeit - wird man sie auch bejahen. Zum anderen muß auch eine ausreichende Toleranz vorausgesetzt werden. Der Überempfindliche kann nicht zum Maßstab für die Allgemeinheit gemacht werden, insbesondere wenn dies mit Kosten oder anderen Nachteilen verbunden ist. Ihm sollte es vielmehr möglich und überlassen bleiben, in einer Vielfalt von Wohnmöglichkeiten das für ihn Passende zu suchen und zu gestalten.

Die dargestellten Schwierigkeiten verdeutlichen, warum es bislang so wenige konkrete wohnmedizinische Forschungsergebnisse gibt. Sie zeigen auch, daß es Gefahren birgt, wenn nur ein enger Gesundheitsbegriff zugrundegelegt wird und damit gesundheitliche Auswirkungen nicht nachgewiesen werden können. Andererseits sollte aber auch vermieden werden, daß durch unbewiesene Behauptungen über nachteilige gesundheitliche Auswirkungen bestimmter Bauweisen oder Materialien Ängste und Verunsicherungen erzeugt werden. Menschen, die sich gegebenenfalls mit viel Engagement eingerichtet haben oder nicht ohne weiteres umziehen können, kann man damit sehr schaden. Solange nicht genügend Anhaltspunkte über tatsächliche Wirkungen und Erklärungen über die Wirkungsketten vorliegen, fehlt dazu die Grundlage.

1.1.4 Behaglichkeit

Allgemein versteht man unter Behaglichkeit die subjektive Empfindung des Wohlbehagens. Sie ergibt sich aus den Wechselbeziehungen zwischen Umwelt und Körper, beeinflußt durch die subjektiven Wahrnehmungen und die Verfassung des Individuums. Behaglichkeit ist der Ausdruck der Harmonie zwischen menschlichem Organismus und Umwelt. Zum Verständnis der komplexen Wirklichkeit ist dies jedoch zu differenzieren.

Mit allen lebenswichtigen Funktionen verbindet sich ein Antrieb. "Die Organisation unseres Körpers und seiner Steuerungen ist so beschaffen, daß wir die Tätigkeit, den Einsatz aller unserer physiologischen Systeme, der Sinnesorgane ebenso wie der Lokomotionsapparate und der verschiedenen Einrichtungen der Erhaltung des physiologischen Gleichgewichts (Temperaturregelung usw.), als

Teil I: Körperliche und psychische Anforderungen

lustvoll erleben, ... Man nennt dies "Funktionslust". Sie ist ein zentraler Motor des Lebens, der selbst beim Bequemen die Sehnsucht weckt, sich zu bewegen, spazierenzugehen, ..." (Eibl-Eibesfeldt und Hass 1985, S.70).

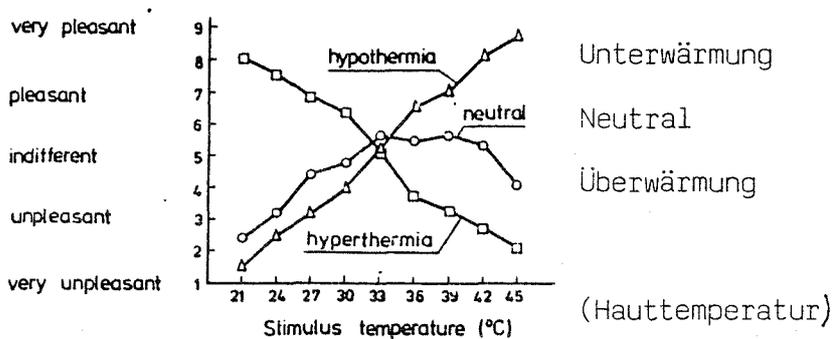
Alle Funktionen wollen gebraucht werden, der Mensch ist von sich aus motiviert, sich in jeder lebenswichtigen Richtung aktiv zu betätigen. Die Befriedigung des Strebens und der Lust, z.B. am Sehen, Hören, Empfinden, bestimmt das Wohlbefinden.

Aus diesen körperlichen Grundbedürfnissen ergibt sich, daß die Wohnumwelt sinnlich erlebbar, für alle körperlichen Funktionen vielfältig gestaltet sein sollte. Die Umsetzung dieser Bedürfnisse in Architektur, Kunst, Handwerk und Gestaltungen der Bewohner ist Beispiel für die zuvor angesprochene Verbindung von Körperlichem und Geistigem, die auch zum gesunden Wohnen im weitesten Sinne gehört.

Viele sehr praktische Probleme behaglichen Wohnens ergeben sich auch aus dem Spannungsfeld zwischen notwendigem Reizwechsel und optimalem Zustand.

Die Wahrnehmung eines Reizes (z.B. der Wärme, des Luftzuges) hängt nicht nur von seiner Art ab, sondern auch vom Zustand der Person. Für das körperliche Gleichgewicht nützliche Reize werden als "lustvoll", als angenehm empfunden, je nach Zustand des Organismus reicht die Empfindung von "lustvoll" angenehm über indifferent bis unangenehm.

Teil I: Körperliche und psychische Anforderungen



		STIMULUS		
		cold	tepid	warm
INTERNAL STATE	hypothermia	U	I	P
	normothermia	U	I	U
	hyperthermia	P	I	U

Thermal vote of subjects in response to peripheral thermal stimuli in hypo-, normo- and hyperthermia. Experimental data (from Mowzer, 1977). Below these, results are expressed as a two dimensional matrix. Framed in heavy black, is the heterogenous population of boxes which correspond to ASHRAE definition of comfort
P – pleasant, *I* – indifferent, *U* – unpleasant

Abb. 1/1: Beurteilung der Wärme bei verschiedenen Temperaturen im Zustand der Unterwärmung bzw. Überwärmung (Cabanac 1981, S.189)

Lustvoll angenehm ist hier nur ein Übergangszustand, wenn der Reiz dem Individuum dazu verhilft, den neutralen Zustand zu erreichen. Danach verlieren Reize diese Wirkung und werden indifferent. Da sich insbesondere der innere Zustand des Organismus z.B. mit der Tätigkeit ändert, ist der Gleichgewichtszustand auch immer nur vorübergehend. Es ist also zwischen dynamischen Stadien, die direkte angenehme Empfindungen erzeugen, indem das Gleichgewicht hergestellt wird, und Neutralität, wenn alle Stimuli indifferent sind, zu unterscheiden.

Es ist ein großer Unterschied,

- ob man bei der Suche nach behaglichen Wohnbedingungen mehr den Zustand des Gleichgewichtes, das Optimum anstrebt,
- oder ob vor allem Situationsvielfalt, Erlebniswechsel gesucht wird.

Im zweiten Fall wird man z.B. vielleicht zum Heizen den Kachelofen bevorzugen: wenn man in seiner Nähe sitzt, bekommt man zwar leicht einen heißen Kopf und einen kalten Rücken, aber man kann sich je nach Wärmebedürfnis nah oder entfernt von ihm setzen und ihn als Wärmequelle unmittelbar wohltuend erleben.

Im ersten Fall wird man vielleicht viele Heizkörper mit niedrigen Temperaturen an den Außenwänden bevorzugen, die ein sehr gleich-

Teil I: Körperliche und psychische Anforderungen

mäßiges, angenehmes Raumklima ohne zugige Ecken und damit eine sehr flexible Raumnutzung ermöglichen. Das gemütliche Sitzen am "Ofen" gibt es dabei allerdings kaum und für ein einzelnes fröstelndes Familienmitglied gibt es kaum eine individuelle Lösung.

Die Alternative "beides" - bei diesem Beispiel Kamin und Zentralheizung - werden viele sicher dem Bereich des Luxus zuordnen: immer mehr Haustechnik, die angeschafft und gepflegt werden muß. Andere mögen sie als Kitsch einstufen, da die "wohlige" Wärme von einer Heizquelle kommt, die für die Wärme in der Wohnung nicht elementar ist.

Die Beispiele zeigen, daß die Bewertungen in der Praxis sehr verschieden sein können. Vielleicht kommt es zur Zeit vor allem darauf an, die vielfältigen Möglichkeiten und ihre jeweiligen Vorzüge und Nachteile wieder verstärkt zu respektieren, Wahlmöglichkeiten zu lassen und nicht nur die optimale Durchschnittslösung zu suchen. Auf einen generellen Nenner gebracht, scheinen die Aussagen des Hygienikers Preuner, der die Bedeutung von Bandbreite und Mittelweg hervorhebt, wichtig:

"Es gibt nicht nur die Behaglichkeit, sondern viele situationsangepaßte Behaglichkeiten, die oft nur für kurze Zeit empfunden werden, und zwar als Übergang aus einer störenden, unbehaglichen Umwelt in ihr Gegenteil. Kommt man zum Beispiel aus der Kälte und ist verfroren, so vermittelt die Durchflutung mit Wärme ein köstliches Behaglichkeitsgefühl. Das gleiche gilt für den Übergang aus quälendem Lärm in die wohltuende Stille, aus der Hitze in die erlösende Kühlung; beliebig viele Beispiele ließen sich zusätzlich anführen. Ist aber die Störung aufgehoben, so können nun die vorher so wohltuende Stille, die Wärme oder die Kühle usw. ihrerseits wieder unbehaglich wirken. ... Es gibt viele Behaglichkeiten, aber keine normierte Dauerbehaglichkeit. Die ständig gleichbleibende, optimale Umweltsituation als erstrebenswertes Ziel für die Erzeugung der Behaglichkeit ist unerwünscht, weil unphysiologisch im weitesten Sinne. Man kann unter übersteigertem Streß zugrunde gehen, man kann sich aber auch zu Tode entspannen.

Wie in der Biologie überall gilt als Optimum der Lebensbedingungen auch auf diesem Gebiet der goldene Mittelweg im Rahmen jener uns physiologisch zur Verfügung stehenden Bandbreite der Umweltbedingungen. Je größer und heftiger die Abweichungen von diesem Mittelwert, desto seltener dürfen diese auftreten und von umso kürzerer Dauer müssen sie sein. Frequenz und Amplitude der Variationen um den grundsätzlichen Mittelwert im Bereich der Umweltbedingungen sind genauso lebenswichtig wie der Mittelwert selbst.

Ein fehlerhaft verschobener Mittelwert - oder zu hohe und zu schnelle Schwankungen um ihn - führen zur Störung, Gefährdung oder sogar zum Schaden bis zur Katastrophe für den einzelnen wie für ein Kollektiv von Menschen. Dieser Satz gilt einschränkungslos für alle menschlichen Lebensäußerungen.

Teil I: Körperliche und psychische Anforderungen

Behaglichkeit in der gebauten, das heißt synthetischen Umwelt, wird empfunden bei situationsgerechten, den menschlichen Eigenschaften angepaßten, niemals ruhenden und ständiger Veränderung unterliegenden Umweltbedingungen", (Preuner 1979, S.24 f).

1.2. Faktoren für Gesundheit und Wohlbefinden

Was gehört zu gesundem, behaglichem Wohnen? Ein Teilnehmer an den Gruppengesprächen, die zu dieser Arbeit mit verschiedenen Personengruppen geführt wurden, brachte es auf einen einfachen Nenner: Gesundes, behagliches Wohnen: das ist Licht, Luft, Sonne und Wärme (das Gesprächsthema) und Ruhe (fügte er hinzu). Damit faßte er viele zentrale Aussagen zum Thema zusammen, allerdings sollte die Sonne als Stichwort an erster Stelle stehen, denn sie spielte bei den Gesprächen eine herausragende Rolle. Auch wären nach den Gesprächen und der Literatur einige Ergänzungen angebracht, mit denen sich folgende Aufstellung ergibt.

Faktoren für Gesundheit und Wohlbefinden:

- Sonne und Licht
- Luft
- Wärme (und Kühle)
- Ruhe
- Sicherheit und Hygiene
- Kontakt zur Umwelt und zur Natur
- persönliche und kulturelle Entfaltung.

Die Wirkungen auf Gesundheit und Wohlbefinden und die physiologischen Prozesse werden in folgenden Abschnitten kurz dargestellt. Gleichzeitig sollen diese Ausführungen über grundlegende Anforderungen an gesundes, behagliches Wohnen die Ausgangsbasis für die folgenden Untersuchungen der technischen Anforderungen und baulichen Lösungen sein und auch die Standpunkte und Bewertungsgrundlagen der Autoren kenntlich machen.

1.2.1 Sonne und Licht

Weil es uns so selbstverständlich ist, vergessen wir gelegentlich, daß wir Licht und Wärme allein der Sonne verdanken. Durch die Stellung der Erde zu ihr bestimmt sie auch Tages- und Jahreszeiten und damit unseren Lebensrhythmus. Die psychologische Wirkung der Sonne kann kaum überschätzt werden. Lichtarme und sonnenlose Tage sind trostlos traurig und fördern den Trübsinn im wahrsten Sinne des Wortes. Sonnige Tage stimmen eher glücklich und fröhlich. Gleiches gilt für die Beleuchtung mit Tageslicht und Besonnung von Wohnungen. Eine helle, sonnige Wohnung hat erheblichen Einfluß auf das körperliche und seelische Wohlbefinden. Viele Gesprächsteilnehmer betonten, daß dunkles Wohnen die Stimmung drückt und an trüben Tagen Depressionen geradezu herausfordert. Auch leben viele sehr eng mit dem Gang der Sonne ums Haus: man hält sich gerne dort auf, wo sie scheint, man öffnet hier das Fenster, sucht einen Platz im

Teil I: Körperliche und psychische Anforderungen

Freien usw. Dabei muß die Wohnung nicht überall hell ausgeleuchtet sein. Sind genügend Sonne und Licht verfügbar, so haben auch dunklere Bereiche, evtl. mit einem gewissen Höhlencharakter, ihren Reiz.

Die Bedeutung der Sonne für das Leben auf der Erde, die auch Inhalt vielfältiger kultureller und religiöser Auseinandersetzungen ist, wird auch im täglichen Leben empfunden. Es ist anzunehmen, daß der "gefühlsmäßige" Wunsch nach Sonne auch zu einem erheblichen Teil durch die unbewußten physiologischen Wirkungen der Sonne - vor allem die austrocknende, die wärmende und die bakterizide Wirkung - bedingt ist (Grandjean 1972, S.257).

Infolge der Sonneneinstrahlung kommt es bei menschlichen und pflanzlichen Organismen zu verschiedenen Reaktionen, die von einzelnen spektralen Anteilen am Sonnenlicht ausgelöst werden. Die bekannteste biologische Reaktion infolge der UV-(Ultraviolett-) Strahlung ist die Bräunung (Pigmentierung) der menschlichen Haut. Hohe Intensitäten der UV-B-Strahlung oder entsprechend lange Bestrahlungsdauer verursachen eine starke Rötung (Erythem) der Haut, bekannt als Sonnenbrand. Eine weitere Eigenschaft der UV-B-Strahlung ist die Bildung von Vitamin D und die keimtötende Wirkung. Die IR-(Infrarot-)Strahlung, als weiteren Bestandteil der Sonnenstrahlung und wichtiger Faktor für den Wärmehaushalt des Menschen, fördert die Durchblutung, steigert den Gewebestoffwechsel und hat eine Tiefenwirkung auf die inneren Organe.

Licht (sichtbare Strahlung) löst nicht nur optische Impulse aus, es hat auch über die Drüsen einen erheblichen Einfluß auf das vegetative Nervensystem. Dabei kommt es hier weniger auf die spektrale Zusammensetzung als auf die Intensität des Lichtes an. Das Licht hat somit eine stimulierende Wirkung auf Stoffwechsel und Organ-tätigkeit.

Obwohl unsere Existenz als Taglebewesen ganz von der Sonne abhängt, sind - abgesehen von Extremsituationen, z.B. ungünstig gelegenen Erdzonen, wie Polargebiete, in denen die Sonne während des ganzen Winterhalbjahrs unter dem Horizont bleibt, - für Tagesbeleuchtung und Besonnung von Wohnungen keine Schwellenwerte bekannt, deren Unterschreitung direkt zu Krankheit führen würde, wenngleich dunkle Wohnungen das psychische Befinden häufig belasten. Hartmann betont sogar, daß Arbeit bei schlechter Beleuchtung - Lesen, Handarbeit usw. - zwar schneller ermüde und die Leistungsfähigkeit des visuellen Systems vorübergehend herabsetze, aber die Augen nicht schädige (Hartmann, 1982, S.16).

Es dürfte allerdings sicher sein, daß man heute auch in Wohnungen nicht nur, weil man feinere, die Augen stärker beanspruchende Arbeiten zu erledigen hat, sondern gewissermaßen auch ausgleichend, weil man sich überwiegend in Gebäuden aufhält, mehr Helligkeit erwartet als zu früheren Jahrhunderten. Damals waren die Menschen tagsüber weit mehr im Freien, sie arbeiteten auch dort, die Wohnungen dienten vor allem als Rückzugsmöglichkeit bei ungünstigem Wetter und zum Schlafen.

Teil I: Körperliche und psychische Anforderungen

1.2.2 Luft

Alles Leben auf der Erde benötigt Luft. Die Luft ist Medium im Kreislauf des Stoffwechselhaushaltes der Natur. Der Kreislauf funktioniert mittels Photosynthese und Atmung. Bei der Photosynthese produzieren die grünen Pflanzen Kohlenhydrate aus Kohlendioxid und Wasser. Dabei wird Sonnenenergie aufgenommen und in Kohlenhydraten gespeichert und Sauerstoff als Abfallprodukt an die Umwelt abgegeben. Bei der Atmung wird die gespeicherte Energie wieder unter Sauerstoffverbrauch zu Kohlendioxid und Wasser "verbrannt", ähnlich wie wir Kohle in einem Ofen verbrennen, um die darin gespeicherte Energie nutzbar zu machen (Breuer, 1978, S.13).

Damit der Mensch seinen Stoffwechsel aufrechterhalten kann, benötigt er den Sauerstoff, den er mit der Luft durch die Atmung in der Lunge aufnimmt. Dort findet ein Gasaustausch zwischen Blut- und Gewebezellen statt. Sauerstoff wird ins Blut aufgenommen und zu den Zellen transportiert, wo es zusammen mit Kohlenhydraten zu Energie und Kohlendioxid umgesetzt wird. Das Kohlendioxid wird wieder vom Blut aufgenommen, zur Lunge transportiert, gegen Sauerstoff ausgetauscht und ausgeatmet. Um den Stoffwechsel sicherzustellen und die Gesundheit des Menschen nicht zu gefährden, darf der Sauerstoff- und Kohlendioxidgehalt in der Luft Grenzwerte nicht unter- bzw. überschreiten. Neben dem Kohlendioxid (oder Kohlenmonoxid) können auch andere Luftverunreinigungen die Luft belasten. Hinzu kommt der Feuchtegehalt der Luft, weder zu feucht noch zu trocken sollte sie sein.

Wenn wir im Alltag von Luft sprechen, wird sie meist auch charakterisiert, z.B. als schlechte oder frische Luft. Frische Luft, staubfrei oder gar salzhaltig, wird als aufbauend und gesundheitsfördernd empfunden; übelriechende, verbrauchte Luft als lästig und krankmachend.

Schadstoffe in der Luft können je nach Konzentration und Einwirkungsdauer zu Kopfschmerzen, Übelkeit und Atembeschwerden, Schlafstörungen, Appetitlosigkeit und im Extremfall bei hoher oder langer Belastung zum Tod oder schweren inneren Erkrankungen führen.

Gute Luft am Wohnstandort ist keine Selbstverständlichkeit. Der Zustand der Raumluft ist stark von dem Zustand der Außenluft abhängig. So kann die Raumluft normalerweise nicht besser als die Außenluft sein. Darüberhinaus kann die Luft im Raum z.B. durch Menschen (besonders durch das Rauchen), Tiere und Pflanzen, Reinigungsmittel, Farben und Ausdünstungen durch Materialien an Qualität gegenüber der Außenluft verlieren. Eine Wohnlage mit guten Luftverhältnissen wurde von den Gesprächsteilnehmern als einer der wichtigsten Faktoren für gesundes Wohnen genannt. Dabei wurden auch sehr viele Beobachtungen zur kleinklimatischen Situation um das Haus gemacht, die die erlebte Luftqualität erheblich mit beeinflusst.

Teil I: Körperliche und psychische Anforderungen

Mit dem Bedürfnis nach Luft, ist aber nicht nur gute Luft gemeint. Es beinhaltet auch luftig, so daß Luft durchstreifen kann, nicht zugig und nicht stickig, nicht verbaut und nicht beengt, Kontakt zu einem "milden" Wetter. Es werden mikroklimatische Verhältnisse gesucht, die über angenehmes körperliches Befinden hinaus auch ein nicht beengtes Lebensgefühl bedeuten.

Der Mensch orientiert sich z.T. mit seinem Geruchssinn über den Zustand der Luft, z.B.

- wenn er zur Hauptverkehrszeit die Schadstoffe der Autos in seiner Straße besonders riecht,
- wenn ihm bei bestimmten Windrichtungen die Emissionen benachbarter Schornsteine besonders auffallen,
- wenn er den Zigaretteruch im Raum bemerkt.

Viele Gerüche sind jedoch harmlos. Gerade schwerste Luftverunreinigungen durch Gase sind fast geruchlos und darum so heimtückisch (Hellpach 1977, S.39, 40).

Die Gespräche ergaben, daß die Gerüche stark nach ihrer Bedeutung bewertet werden. Ein guter Essensduft - auch aus anderen Wohnungen - ist eventuell sehr anregend und "gehört dazu". Gerüche von unsympathischen Leuten oder nach dem Essen sind dagegen belästigend. "Jemanden nicht Riechen können", ist eine tiefwirkende Ablehnung.

Das Riechen vollzieht sich überwiegend unbewußt, vor allem neue Gerüche nehmen wir bewußt wahr, vielfach fehlt uns die Sprache, Gerochenes exakt zu beschreiben. Der Geruchssinn, der ohnehin beim Menschen nicht so ausgeprägt ist, verkümmert aber darüberhinaus mit seiner geringer werdenden Bedeutung für das Überleben. Mit der Information über mögliche Schadstoffe, z.B. in Farben oder Putzmitteln, wächst jedoch wahrscheinlich auch wieder die Empfindlichkeit gegenüber entsprechenden Gerüchen. Es ist auch zu erwarten, daß wegen der eingangs beschriebenen Funktionslust der Sinne, der Geruchssinn (nicht nur für kosmetische, sondern vermehrt auch natürliche Düfte) wieder mehr entdeckt werden wird.

1.2.3 Wärme und Kühle

"Wir Menschen sind von der Evolution her als Wesen aus Warmgebieten mit unserer physiologischen Mitgift besser geeignet, Überwärme zu kompensieren als Untertemperaturen zu ertragen. Folgerichtig können wir unsere Art in Gegenden der Erde, deren Temperaturen unter den von uns tolerierten liegen, nur mit Kleidung und temperierbarer Wohnung erhalten. Der nackte Mensch ist für eine durchschnittliche Umwelttemperatur von ca. +25 Grad Celsius angelegt. Abweichungen von diesem Mittelwert nach oben sind zeitabhängig und in Relation zum Feuchtegehalt der Luft eher ertragbar als Abkühlung. Insgesamt ist das für uns Menschen gut erträgliche Temperaturband auffallend schmal. Die Wohnung soll mit ihren künstlich erzeugten Raumtempera-

Teil I: Körperliche und psychische Anforderungen

turen zu niedrige Außentemperaturen aufzufangen erlauben. In ausgeprägten, sogenannten kontinentalen Klimaten mit niedrigen Winter- und hohen Sommertemperaturen muß die Wohnung des Menschen beiden Anforderungen in gleicher Weise gewachsen sein," (Preuner 1979, S.40).

Die Wärme der Wohnung hat auch komplexe psychologische Bedeutungen: sie steht für Geborgenheit und Gemütlichkeit. Auch die Kühle, die manche Gebäude im Sommer an heißen Tagen bieten, bedeutet Schutz, nicht Ausgeliefertsein. Sie ebenfalls vermittelt Geborgenheit, wengleich sie in unserem Klima nicht gleichermaßen wichtig ist, wie die Wärme im Winter.

Die Wärmeproduktion im Inneren des Körpers - und die Abgabe überschüssiger Wärme - sowie die Umgebungstemperaturen verändern sich laufend. Zwischen dem Körper und seiner Umgebung besteht ein ständiger Wärmeaustausch.

Der Mensch kann seine Temperatur durch physiologische Prozesse und durch sein Verhalten (in die Sonne oder in den Schatten gehen; geeignete Kleidung anziehen) regeln. Darüberhinaus kontrolliert er sein Mikroklima durch das Gebäude und Heizen.

Der Körper gibt über die Atmung und die Haut Wärme ab. Bei der Wärmeabgabe über die Haut wird zwischen trockener Entwärmung durch Leitung, Konvektion und Strahlung und feuchter Entwärmung durch Verdunstung von Wasser unterschieden.

Thermische Behaglichkeit ist in der Regel dann gegeben, wenn man weder schwitzt noch friert, das bedeutet, daß die Wärmeproduktion im Einklang mit der Wärmeabgabe steht. Die Wärmeproduktion ist abhängig vom Aktivitätsgrad der Person. Die Wärmeabgabe ist abhängig von Bekleidung, Luft- und Oberflächentemperatur, relativer Luftfeuchtigkeit und Luftbewegung. Ist die Wärmeabgabe höher als die Wärmeproduktion, kommt es zur Unterkühlung. Der Körper verringert seinen Wärmetransport zur Hautoberfläche (und damit die Wärmeabgabe) durch Gefäßverengung (Hautblässe) und Reduzierung der Blutgeschwindigkeit. Der reduzierte Stoffwechsel beeinträchtigt die Abwehrmechanismen des Körpers und bedingt eine erhöhte Anfälligkeit gegenüber Erkältungs- und Infektionskrankheiten. Übermäßige Wärmeverluste versucht der Körper durch Muskelzittern (Wärmeerzeugung durch mechanische Arbeit der Muskeln) auszugleichen.

Ist die Wärmeabgabe niedriger als die Wärmeproduktion, entsteht im Körper ein Wärmestau, es kommt zu Entwärmungsreaktionen. Der Körper erhöht den Wärmetransport vom Körperinnern zur Hautoberfläche durch Gefäßerweiterung und gesteigerter Blutgeschwindigkeit (Hautröte). Zusätzlich kann die Wärmeabgabe durch Schweißabsonderung (Wasserverdunstung) gesteigert werden. Die Entwärmungsreaktionen des Körpers stellen im Normalfall kein Gesundheitsrisiko dar; wird jedoch der Wärmeüberschuß nicht egalisiert, kann es zum Hitzschlag führen.

"Die Temperaturfindung folgt dem Verlauf der Wärmestromdichte und spricht auf den von den Thermorezeptoren der Hautschicht

Teil I: Körperliche und psychische Anforderungen

registrierten örtlichen Temperaturgradienten auf der Hautoberfläche an. Die Hauttemperatur ist ein sekundärer Effekt und läßt keine eindeutigen Schlüsse auf die Temperaturempfindung zu. Zu unterscheiden ist eine "ursachengerichtete Temperaturfindung" und ein "körpereigenes Temperaturgefühl". Während die ursachengerichtete Temperaturfindung eine intensive, örtliche, rasche Wahrnehmung ob kalt oder warm anzeigt, tritt wegen der Wärmeträgheit des Körpers das körpereigene Temperaturgefühl zeitlich verzögert auf und betrifft den Wärmehaushalt des Körpers (Zustand allgemeiner Durchwärmung oder Auskühlung)," (Klimesch 1982, S.2). Diese verzögerte Wahrnehmung z.B. einer Auskühlung verstärkt die Risiken falscher Umgebungstemperaturen.

Abgesehen von diesen generellen körperlichen und psychischen Zusammenhängen ergeben sich durch die verschiedenen Faktoren der Ent- und Erwärmung und die persönlichen Bedürfnisse sehr komplexe Auswirkungen auf das Wohlbefinden, die noch vertieft werden.

1.2.4 Ruhe

Wohnen bedeutet vor allem, sich zurückziehen können, sich erholen, schlafen. Der periodische Wechsel zwischen Aktivität und Erholung, zwischen Wachen und Schlafen ist für den Organismus notwendig, weil er sich selber regeneriert und dies nur im unbelasteten Organ geschieht. Über diese organischen Bedürfnisse hinausgehend sucht der Mensch in seiner Wohnung auch innere Ruhe. Stille bedeutet auch, nicht abgelenkt sein, innere Sammlung, dies ist Einstieg in Meditation, religiöse, geistige und schöpferische Vertiefung.

Ruhe bedeutet nicht Geräuschlosigkeit. Physikalische Ereignisse - wie Schall - werden nicht einfach durch Transformation in Wahrnehmungsinhalte umgesetzt. Die Wahrnehmung ist ein aktiver psychischer Verarbeitungs- und Bewertungsprozeß, bei dem Gelerntes, soziale Normen, vor allem Situationsbedingungen eine Rolle spielen. Dasselbe physikalische Ereignis kann mal als Lärm und mal nicht als Lärm beurteilt werden (vgl. Schick 1979).

Geräusche der Natur, wie Wind, Wasser oder Vögel können die empfundene Stille sogar oft steigern. Vertraute Geräusche können beruhigend und beheimatend wirken, oft werden sie überhört. Zu viele, zu laute Geräusche, mit unangenehmer harmonikaler Struktur oder negativem Informationsgehalt, die nachts oder während Ruhezeiten oder unregelmäßig immer wieder auftreten, beeinträchtigen Erholung oder konzentriertes Tun und belasten damit die Gesundheit.

Die mechanische Energie wird im Innenohr in bioelektrische nervöse Impulse umgewandelt, die längs des Hörnervs ins Gehirn gelangen. Abzweigungen vom Hörnerv in das sogenannte Aktivierungssystem bewirken eine Alarmierung der ganzen Sphäre des Bewußtseins und gleichzeitig, über das vegetative Nervensystem, der inneren Organe, insbesondere der Kreislauforgane.

Teil I: Körperliche und psychische Anforderungen

Die Alarmreaktion ist an und für sich ein physiologischer Vorgang, der letzten Endes eine Schutzfunktion zur Erhaltung des Lebens hat. Nimmt die Häufigkeit der "Alarmierungen" jedoch so stark zu, daß die lebensnotwendigen Erholungsvorgänge beeinträchtigt werden, dann wird das physiologische Gleichgewicht des Organismus gestört, und ein allmähliches Auftreten chronischer Ermüdungszustände ist zu erwarten. Diese Zustände sind gekennzeichnet durch häufige Ermüdungsempfindungen, Nervosität und Reizbarkeit sowie durch eine ganz allgemeine Abnahme der Vitalität, verbunden mit verschiedenen Unlustgefühlen. Ist die Natur des Lärms derart, daß er auch nach längerer Zeit seine "Schreckwirkungen" nicht verliert, dann sind auch Zeichen von Streßreaktionen zu erwarten; diese äußern sich in starker Nervosität mit einer Tendenz zu Gesundheitsstörungen (Erkrankungen der Verdauungsorgane, hoher Blutdruck und verschiedene Regulationsstörungen des Kreislaufs)", (Grandjean 1972 S.269,285).

Vielfach ist Lärm nur eine Teilkomponente einer Gesamtbelastung, die additiv oder interaktiv mit anderen Belastungskomponenten zusammen wirkt (vgl. Nachreiner, S.211-214, in Schick 1981). Beim Wohnen und Straßenlärm spielen hier vor allem die zusätzliche Schadstoffbelastung sowie die Behinderungen des Lüftens eine Rolle.

1.2.5 Sicherheit und Hygiene

Beim Wohnen muß man sich besonders sicher fühlen können, sonst könnte man sich hier nicht entspannen, sein persönliches Leben führen und Rückhalt für seine übrigen Tätigkeiten finden.

Sicherheit bedeutet vor allem körperliche Unversehrtheit. Aufgrund seiner elementaren Bedeutung verbindet sich damit auch ein komplexes Verlangen nach Geborgenheit, Behütung, den Gefahren nicht ausgesetzt zu sein.

Die Sicherheit beim Wohnen kann durch Naturgewalten (Blitz, Hagel, Überschwemmung), Kriminalität und Unfallgefahren bedroht sein. Die körperliche Unversehrtheit beim Wohnen kann darüberhinaus auch durch schädliche Wirkungen des Umfeldes gefährdet sein. Früher war dies z.B. oft mangelnde Wohnhygiene, heute sind es zunehmend auch Emissionen der Dinge, mit denen wir uns umgeben, bzw. der Mittel, die wir benutzen.

Inwieweit man sich durch diese Gefahren bedroht fühlt, ist nicht nur von den tatsächlichen Risiken abhängig, sondern wird durch psychische Verfassung, Einstellungen und das zeitgeschichtliche Lebensgefühl stark mitbestimmt. Entsprechend unterschiedlich ist es, wie stark das Sicherheitsbedürfnis, das Verlangen nach dem "Höhlen- oder Nesteffekt" der Wohnung ausgeprägt ist und an welchen Merkmalen es festgemacht wird.

Teil I: Körperliche und psychische Anforderungen

Schutz vor Gewalteinwirkung

Die Verhaltensbiologen halten das Bedürfnis nach Sicherheit für angeboren. "Es waren Ängste vor den Naturgewalten, welche aus der sich entwickelnden Fähigkeit der Vorhersage von Ereignissen erwachsen und den Menschen lehrten, daß er eines Schutzes vor diesen Gewalten bedurfte, eine Schutzes, der über das Physische hinausreicht. Man darf mit guten Gründen annehmen, daß diese emotionale Uranlage menschlichen Seelenlebens genetisch verankert ist und sich auch beim heutigen Menschen findet," (Schaefer 1984, S.39). Das uns angeborene Bedürfnis nach Sicherheit äußert sich in einem instinktiven Streben nach Deckung und freiem Ausblick. Wie stark das Verhalten noch davon geprägt ist, zeigt zum Beispiel die Platzwahl in einem Restaurant: Plätze an der Wand, in Nischen werden bevorzugt (Rückendeckung, Überblick über den Raum), (Eibl-Eibesfeldt und Haas 1985, S.69).

Die Haltung "My Home is my Castle" und die juristischen Begriffe "Hausfrieden" und "Hausfriedensbruch" leiten sich von dieser Schutzfunktion ab, sie definieren darüberhinaus aber auch die Wohnung als einen selbstbestimmten Bereich, in dem Eingriffe Fremder nicht geduldet werden müssen.

Nachdem man in der Vergangenheit glaubte, durch verbesserte technische Mittel die Gefahren durch Naturgewalten (z.B. Kanalisation, Rückhaltebecken gegen Überschwemmung) und Kriminalität (z.B. Sicherheitsschlösser, Alarmanlage gegen Einbruch) beherrschen zu können, werden heute verstärkt komplexere Ansätze bedacht (z.B. als Schutz vor Kriminalität: Einsehbarkeit, soziale Kontrolle, keine anonymen Strukturen).

Schutz vor Unfällen in der Wohnung

Das Thema Wohnungsunfälle beginnt mit kleinen Beschädigungen, z.B. Stoßen des Kopfes am geöffneten Fenster, und reicht bis zur Lebensgefahr, z.B. durch Stürze beim Fensterputzen oder auf der Treppe. Grandjean schreibt über Unfälle und Unfallursachen in Wohnungen: "Während in fast allen Ländern die Aufmerksamkeit stark auf die Verkehrsunfälle gerichtet ist und auch die Betriebsunfälle mehr und mehr Beachtung finden, wird die Häufigkeit der Heimunfälle im allgemeinen unterschätzt. Das eigene Heim gilt als sicher...."

Die hauptsächlichsten Unfallarten, die sich im Haushalt ereignen, sind:

- Stürze
- Vergiftungen
- Verbrennungen, Verätzungen, Verbrühungen
- Erstickungsunfälle
- Elektrounfälle
- Verwundungen
- Explosionsunfälle

Teil I: Körperliche und psychische Anforderungen

Statistiken, die die Todesursachen durch Wohnungsunfälle nach dem Alter gruppieren, lassen folgende Zusammenhänge erkennen:

- Kinder unter einem Jahr sind besonders vom Erstickungstod bedroht,
- Kinder zwischen dem ersten und vierten Lebensjahr sterben häufig an Verbrennungen,
- Für Männer von 45 bis 64 Jahren sind die Stürze aus der Höhe, für Männer und Frauen über 65 Jahre sind Stürze auf gleicher Ebene die Haupttodesursache.

Heimunfälle lassen sich auf drei Ursachengruppen zurückführen:

- menschliches Versagen
- mangelhafte Einrichtungen und Gebrauchsgegenstände
- körperliche Behinderung.

Obwohl das menschliche Versagen von vielen Autoren als die wichtigste Ursache angesehen wird, darf jedoch nicht außer acht gelassen werden, daß menschliches Versagen - sei es nun physiologischer (Müdigkeit, Hunger, Einfluß von Drogen usw.) oder emotionaler Natur (Ärger, Angst, Aufregung, Aggressivität, Unvorsichtigkeit usw.) - oft erst in Zusammenhang mit schlechter Gestaltung der Umgebungsfaktoren zu Unfällen führt. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, alle technischen und baulichen Maßnahmen zu verwirklichen, die das Risiko von Heimunfällen reduzieren können" (Grandjean 1972, S.315-329).

Hygiene

Hygiene bedeutet einerseits umfassend präventive Medizin, Gesundheitslehre, Gesundheitsfürsorge und andererseits speziell Sauberkeit, (vgl. Beck, Schmidt, 1982). In dieser begrifflichen Gleichsetzung zeigt sich die Bedeutung, die der Sauberkeit für die Gesundheit beigemessen wird.

Viele Krankheiten haben ihre Ursache in Krankheitserregern, die durch Krankheitsträger zum Menschen gelangen.

Zu den Krankheitserregern gehören:

- Bakterien
- Pilze
- Viren
- chemische, pflanzliche, tierische Giftstoffe.

Zu den Krankheitsträgern gehören vor allem:

- Menschen (auch deren Wäsche und Kleidung)
- Tiere
- Luft
- Lebensmittel.

Um diesen Gefahren aus dem Weg zu gehen, soll durch Sauberkeit der Kontakt mit Krankheitserregern soweit möglich ausgeschlossen werden. Im alltäglichen Leben bezieht sich Hygiene auf:

Teil I: Körperliche und psychische Anforderungen

- Reinigung und Pflege des Körpers
- Reinigung und Pflege von Wäsche und Kleidung
- Reinigung und Pflege der Wohnung, speziell des Küchen- und Sanitärbereichs
- Lebensmittellagerung und -aufbereitung
- Abfallbeseitigung.

Die Bewältigung dieser Aufgabe bereitet uns heute keine allzu großen Probleme. So wird "Reinigung und Pflege" in der Regel durch pflegeleichte Produkte, ein großes Angebot von Reinigungs- und Pflegemitteln, technische Geräte und sanitäre Einrichtungen sehr vereinfacht. Diese Erfolge werden heute wieder zunehmend infrage gestellt. "Die Seuchen verschwinden, die Mikroben bleiben, und Spuren der Erinnerung an die schrecklichen Mikroben hängen denjenigen unter ihnen an, die unschuldig, ja sogar wohltätig auf dem Menschen leben" (Rosebury 1975, S.231). So ist der Erhalt bestimmter Bakterien für Gesundheit und Wohlergehen notwendig (vgl. Lutz-Dettinger 1982, S.109). Sie sind am Aufbau der Schutzschicht unserer Haut und am Fäulnisprozeß im Darmtrakt und in der Mundhöhle beteiligt. Überzogene Sauberkeitsbestrebungen haben oft nachteilige Wirkungen: Nützliche organische Prozesse werden abgetötet, verwendete Reinigungsmittel sind umweltschädlich, Arbeits-, Kosten- und Materialaufwand binden Mittel und Kräfte. Beim Wohnen muß es heute vor allem um ein angemessenes Verhältnis von Pflegeleichtigkeit und anderen Kriterien wie z.B. Nutzungsmöglichkeiten, Schönheit, Pflanzenbewuchs gehen.

Schutz vor negativen Umwelteinflüssen: Strahlung

Zunehmend werden negative Umwelteinflüsse beim Wohnen gefürchtet. Umstritten sind die Folgen der Strahlungseinwirkung für die Gesundheit. Folgende Strahlungsarten werden unterschieden (vgl. Gartner und Winklbaaur, 1985, S.48):

Kosmische Strahlung

Von den unzähligen Strahlungen, die aus dem Weltall auf die Erde treffen, wird der überwiegende Teil in der Erdatmosphäre absorbiert und nur ein kleiner Teil gelangt über "Strahlungsfenster" (bestimmt durch Frequenz und Wellenlänge) bis zur Erdoberfläche. Das sind:

- Sonnenlicht
- Mikrowellen
- Hochfrequenzstrahlung (Ultrakurzwellen, Kurzwellen).

Terrestrische Strahlung

Durch Formationen im Erdreich können Strahlungen entstehen, die an der Erdoberfläche Strahlungsfelder (Störzonen) bilden. Ursachen dafür können sein:

- unterirdische Wasserläufe (Mikrowellenstrahlung)
- geologische Schichtungen, z.B. Erz- und Kohlelagerstätten
- geologische Formationen mit durchschnittlich erhöhter radioaktiver Eigenstrahlung (z.B. Urgestein).

Teil I: Körperliche und psychische Anforderungen

Atmosphärische Strahlung

Innerhalb der Atmosphäre sind, beeinflusst durch die kosmische und terrestrische Strahlung, Strahlungsfelder vorhanden. Dazu gehören:

- Erdmagnetfeld
- luftelektrisches Feld
- Luftionen
- Wetterimpulsstrahlung der Atmosphäre
- Infrarotstrahlung der Erdoberfläche
- radioaktive Strahlung.

Künstliche Strahlung

Neben der natürlichen (kosmische, terrestrische, atmosphärische) Strahlung, die ohne unser Zutun auf den Menschen wirkt, steht der Mensch auch unter dem Einfluß der künstlichen Strahlung, die der Mensch selbst durch technische Anlagen erzeugt:

- künstliche Beleuchtung
- Elektromagnetische Felder, hervorgerufen durch z.B. Anlagen der elektrischen Versorgung, Rundfunk-, Fernsehstationen
- Mikrowellenstrahlung, hervorgerufen durch z.B. Funk- und Fernmeldestationen, Computer, Fernseh-, Radiogeräte und Mikrowellenherde
- Röntgenstrahlung, hervorgerufen durch z.B. Röntgengeräte
- Radioaktivität, hervorgerufen durch Kernspaltung.

Daß Strahlung bei hoher Dosis und langer Einwirkungsdauer gesundheitsschädlich, ja lebensbedrohend ist, ist bekannt. Nicht gesichert sind dagegen die Grenzwerte für den gesundheitlich neutralen und gesundheitlich bedenklichen Bereich. Die Schlußfolgerung, sich in ein Nullfeld (strahlungsfreier Raum) zu begeben, um jeglicher Gefahr aus dem Wege zu gehen, ist jedoch gesundheitlich genauso unsicher. Kein Platz an der Erdoberfläche ist strahlungsfrei. Aufgrund wechselnder Vorkommen und Überlagerungen (Interferenzen) sind strahlungsarme und strahlungsreiche Zonen zu unterscheiden. Ein "absolutes Nullfeld" gibt es in der freien Natur nicht, es kann nur technisch (künstlich) hergestellt werden (vgl. Gartner, Winklbaaur, 1985, S.15). Es hat den Anschein, als sei das natürliche Strahlenmaß für den Menschen nicht gesundheitsschädlich, sondern ein Bestandteil seines Lebens. Da dieses Strahlenmaß den Sockel für jede weitere Strahlenbelastung bildet, muß die künstliche Erhöhung - insbesondere aufgrund der sich zunehmend kumulierenden und teilweise noch völlig unbekanntem langzeitigen Wirkungen - Anlaß zu Bedenken geben.

Schutz vor negativen Umwelteinwirkungen: gesundheitlich bedenkliche Baustoffe

Mit der Entwicklung neuer Baustoffe, die preiswerter herzustellen sind oder differenzierte Anforderungen erfüllen, kommen Produkte auf den Markt, deren Eigenschaften dem Verbraucher und oft den am Bau beteiligten Fachleuten nicht mehr bekannt sind und die meist auch nur durch besondere Analyseverfahren feststellbar sind. Mit den vielen Hinweisen auf problematische Bestandteile und Nebenwirkungen

Teil I: Körperliche und psychische Anforderungen

im Herstellungsverfahren oder bei einer späteren Beseitigung wuchs die Sorge, Baustoffe und Einrichtungsgegenstände könnten die Bewohner gesundheitlich gefährden.

Diese tatsächlichen und vermeintlichen Risiken beeinträchtigen die Sicherheit und das Sicherheitsgefühl. Nur wenn man sich seiner Umgebung sorglos anvertrauen kann, ist man zu Hause geborgen.

In dieser Situation ergab sich eine Klassifizierung der Baustoffe und Einrichtungsmaterialien in "natürlich", im Sinne von gesund, und "künstlich", im Sinne von ungesund. Dem Begriff "natürlich" werden dabei die Eigenschaften "in der Natur entstanden", "unverfälscht" und "dem Menschen angenehm" zugeordnet. Aber die in der Natur entstandenen Stoffe werden diesen Ansprüchen nicht immer gerecht, da es auch hier schädliche Stoffe gibt, z.B. Giftpflanzen und Pflanzengifte wie Mohn, Mescaline, Tollkirsche, Goldregen oder Curare (Halle-Tischendorf, 1983, S.12).

Ähnliches findet man auch bei den als gesund geltenden Baustoffen. Messungen ergaben z.B., daß alte dicke Ziegelmauern mehr Radioaktivität aufweisen als Betonwände. Die höchste Radioaktivität zeigen Mauern aus Granit und aus Gesteinen vulkanischer Herkunft (Leonhardt, 1985, S.7). Fast alle vorkommenden Stoffe auf unserem Planeten enthalten eine gewisse Menge radioaktiver Elemente. In einer Untersuchung über Baustoffe und Strahlenexposition stellt Keller, 1984, fest: "...Die vorgelegten Ergebnisse zeigten jedoch, daß durch die Verwendung von Baustoffen im allgemeinen keine besorgniserregende Erhöhung der Strahlenexposition auftritt. Durch das unbestrittene Gesundheitsrisiko (Krebsentstehung, Schädigung der Erbanlagen, Mutation usw.) sollte aber jede Erhöhung der natürlichen Strahlenexposition soweit wie möglich vermieden werden. Bei der überwältigenden Mehrheit der verwendeten Baustoffe ist dieses Risiko vergleichbar mit dem der unausweichlichen Strahlenbelastung durch die unveränderte natürliche Strahlung. Extremwerte der Strahlenexposition des Menschen, insbesondere durch Radon und seine Folgeprodukte, müssen im Interesse aller vermieden werden." Letztendlich kommt es also wieder auf die Dosis an: In allen Dingen ist auch ein Gift und nichts ist ohne Gift. Allein von der Dosis hängt es ab, ob ein Gift ein Gift ist oder nicht (Paracelsus).

"Wurde z.B. ein Fensterrahmen aus Holz mit dem Holzschutzmittel Pentachlor-Phenol (PCP) behandelt, so wird das für den Bewohner ziemlich bedeutungslos sein. Sind aber Wände, Decken und Fußboden aus Pentachlor-Phenol behandeltem Holz, so können sehr wohl schädliche Konzentrationen auftreten (Beckert, 1985). Allerdings wird der vorsichtige Bewohner in einem solchen Fall jeglichen vermeidbaren Gebrauch solcher Mittel unterlassen. In welcher Art und Weise Baustoff-Emissionen auf den menschlichen Organismus wirken, kann in vielen Fällen nur vermutet werden, da folgende Punkte zur Zeit noch unzureichend geklärt sind (Beckert, 1985):

1. Die Menge der Emission, die aus der Luft über die Außenhaut und Atmungsorgane in den Körper gelangt,

Teil I: Körperliche und psychische Anforderungen

2. der Wirkungsgrad der körpereigenen Schutzbarriere,
3. die Eigenschaften der Emission auf den Organismus (neutral oder gesundheitsschädlich),
4. die Wirksamkeit in Abhängigkeit von der Dosis (Menge und Einwirkungsdauer der Emission).

Ein einfaches und wirksames Mittel um Schadstoffemissionen (z.B. Formaldehyd) oder Radonkonzentrationen in Häusern zu verringern, ist normales Lüften, also ein Luftwechsel von etwa einmal pro Stunde in normal beanspruchten Wohnräumen.

Baumaterialien mit der Beurteilung "baubiologisch" oder "wohngesund" zu versehen, hält Halle-Tischendorf (1983) für problematisch, solange die fachlichen Grundlagen für die Vergabe von Prüf-, Wert- oder Gütezeichen an Hersteller von Baustoffen noch unzureichend sind und wesentliche Eigenschaften (z.B. Entflammbarkeit) nicht oder nur ungenügend geprüft werden. Es wird aber doch darauf ankommen, die Information des Nutzers und der Fachleute am Bau wesentlich zu verbessern. Dies bedeutet vor allem, Information über die verwendeten Grundsubstanzen einschließlich der bei der Herstellung entstehenden. Das entstandene Mißtrauen wird erst abnehmen, wenn die Praxis der Herstellung und Anwendung der Produkte eventuelle Risiken und Nebenwirkungen verstärkt beachtet. Eine Antwort auf allzu schnelle und manchmal bedenkenlose Neuentwicklungen, auf die Ausnutzung aller Ressourcen, auf Unsicherheiten ist der ökologische Ansatz: Bedenken, daß weniger mehr sein kann, Bautraditionen pflegen, einfache und überschaubare Mittel einsetzen, vor allem das verwenden, was Teil regenerativer Kreisläufe sein kann.

1.2.6 Kontakt zur Umwelt und zur Natur

Auch wenn man sich beim Wohnen in seinen privaten Bereich und in das Gebäude zurückzieht, will man hier nicht beziehungslos von der Umgebung abgetrennt sein. Zur Orientierung über das eigene Sein gehört insbesondere der Ausblick auf ein Stück Himmel, Natur oder Besiedlung. In den Gruppengesprächen gab es zahlreiche Hinweise, daß dieser Kontakt zur Umwelt beim Wohnen wichtiger Bestandteil des psychischen und körperlichen Wohlbefindens ist. So wurde z.B. von einer Bewohnerin einer sehr dichten Blockrandbebauung berichtet, daß ihre Wärmeregulation, ihr Tages- und Jahresrhythmus irritiert sei, weil sie aus ihrer Wohnung kein Stück Himmel sieht und sie damit so wenig Bezug zum Wetter hat. Ein anderer berichtete, daß es ganz wichtig sei, von der Wohnung aus nach draußen treten und den Fuß auf die Erde setzen zu können, auch brauche er ein fast ständig geöffnetes Fenster, um die Luft zu spüren. Ein anderer fand es für das Lebensgefühl entscheidend, von der Wohnung aus über ein Stück Stadt hinwegsehen zu können, das umgebende soziale Leben zu spüren und auch einen Bereich Ausblick in die Weite zu haben.

Wesentlicher Bestandteil dieses Umweltkontaktes ist die Vegetation. Die Verhaltensforscher erklären die Suche nach Naturkontakt, die Liebe zu Pflanzen durch biologische Prägung auf zur Existenzeral-

Teil I: Körperliche und psychische Anforderungen

tung wichtige Schlüsselreize. "Weil Pflanzen die Grundlage der Nahrung darstellen, werden sie besonders geschätzt. Die grüne Farbe wird zum Schlüsselreiz für fruchtbares Land, sie zeigt an, wo die beste Nahrung ist, ein günstiges Biotop ist. Besondere Pflanzenliebe zeigt sich im Pflanzenschmuck der Wohnräume, Balkone, Pflanzendekor ziert Tapeten, Stoffe, Geschirr usw.. Wo immer der Mensch sich in Wohnungen zurückzieht, schafft er sich also selbst "Attrappen", die ihm ähnliche positive Empfindungen vermitteln, wie der echte Schlüsselreiz", (Eibl-Eibesfeld und Hass, 1985, S.65).

Dazu gehört auch die Liebe zum Wasser. Das Rauschen des Flusses, das Rieseln des Baches und der Quelle und als Ersatz kleine Teiche, Wasserspiele sind "positiv getönt", erfreuen, tragen zur heimeligen Atmosphäre bei.

Die Bevorzugung des freien Ausblickes erklären die Verhaltensforscher mit dem Sicherheitsbedürfnis: Aus der Deckung des Hauses soll das Vorfeld einsehbar sein. "Wo Gelände und Klima es erlauben, werden die Siedlungen auf Bergrücken und Hängen angelegt. Auch heute noch werden Hausgrundstücke, Türme, Dachterrassen, die Aussicht auf ein weites Umfeld gestatten, sehr geschätzt. Neben der Sicherheit befriedigt der Ausblick auch die Neugier und regt die Phantasie an", (Eibl-Eibesfeld und Hass, 1985, S.69).

Dieser notwendige Umweltkontakt schließt auch die Menschen ein. Bereits flüchtige Kontakte zu anderen Menschen - über Blicke, Hören und Sprechen - können für die erlebte soziale Einbindung, insbesondere bei Menschen, die viel allein sind, ganz wesentlich sein. Darüberhinaus vollzieht sich auch die Bindung an Orte in starkem Maße über soziale Kontakte. Bekanntheit fördert das Vertrauen, öffnet Reserviertheit und fördert die Kommunikation.

1.2.7 Persönliche und kulturelle Entfaltung

Unter diesem Punkt sollen Wohnbedürfnisse zusammengefaßt werden, die das Wohlbefinden wesentlich beeinflussen, wenngleich sie für diese Arbeit nicht im Mittelpunkt stehen.

Funktionalität:

Selbstverständlich sollte die Wohnung den praktischen Anforderungen gerecht werden: sie muß ausreichend groß und gut nutzbar sein, die Miete muß tragbar sein. Aus mangelnder Zweckmäßigkeit für den spezifischen Bedarf können sich vielfältige Konflikte und Einschränkungen ergeben, die stressen oder frustrieren.

Gestaltungs- und Betätigungsspielräume:

Zur Entfaltung der Kräfte sollten die Lebensbereiche, in denen man selber bestimmen, die Dinge nach eigenen Vorstellungen gestalten und sich vielseitig betätigen kann, möglichst groß sein. Je mehr

Teil I: Körperliche und psychische Anforderungen

Zwänge bei der Arbeit, der Ausbildung, bei Freizeit und im Gruppenleben bestehen, umso wichtiger wird der Ausgleich in der eigenen Wohnung. Dies bezieht sich nicht nur auf die Verfügung über die Wohnung durch Eigentum, Mieterrechte und Mitbestimmung. Es betrifft auch die Anpaßbarkeit und Gestaltbarkeit im Detail, wie z.B. das Öffnen der Fenster, das Regulieren der Heizung, der Schmuck des Balkons usw..

Kulturelle Verfeinerung

Wenn materielle Spielräume und Muße gegeben sind, bemühen sich Menschen, das, was ihnen angenehm, wichtig, interessant ist, auszugestalten, zu verfeinern, zu verschönern. "Veredelung und Verfeinerung der uns möglichen Lustgefühle - von den 'animalen' bis zu den sublimsten, edelsten - wurden zum eigentlichen Sinn und Anliegen menschlicher Kultur und Entfaltung. So nehmen wir etwa - um dies an einem einzigen Beispiel zu illustrieren - längst nicht nur Nahrung auf, um uns zu ernähren, ..., sondern intensivieren die durch den Nahrungstrieb vermittelten positiven Empfindungen, indem wir unsere Speisen möglichst schmackhaft zubereiten, würzen, garnieren und in raffinierte Kombinationen bringen. Im Gegensatz zum Tier essen wir nicht allein, sondern verbinden die Eßkultur mit unserem Bedürfnis nach Geselligkeit, nach Konversation. Wer es sich leisten kann, verbindet den Vorgang noch mit Genüssen für das Ohr (durch Musik), für das Auge (durch hübsches Geschirr und Gedeck, schöne Aussicht, Tanzeinlagen usw.), mit dem Vergnügen am anderen Geschlecht (Flirt und Annäherung), mit dem positiven Gefühl des Imponierens und der Rangstellung (durch schöne Kleider, Schmuck, Dienerschaft, Sitzordnung usw.)", (Eibl-Eibesfeld und Hass, 1985, S.77).

Die ästhetische Gestaltung unserer Umwelt ist Teil dieses Bemühens, sie löst positive Empfindungen aus und fördert auch die Identifikation.

Soziale Anerkennung und Identifikation:

Die Wohnung als persönlicher Lebensbereich hat auch erhebliche symbolische Bedeutung. An ihr werden soziale Position und Eigenschaften des Bewohners abgelesen. Dieser möchte sie umgekehrt "vorzeigen können". Er möchte sich mit dem, was sie über ihn aussagt, darstellen, sich mit ihr identifizieren können. Ein angemessenes, stabiles Selbstwertgefühl, eine akzeptierte realitätsgerechte soziale Platzierung bieten sehr viel psychischen Rückhalt, die für die seelische Gesundheit wichtig ist. Eine Wohnung, von der negative Informationen ausgehen oder die ihn zum Niemand, zum anonymen Element einer Masse macht, kränkt dieses Selbstwertgefühl.

Teil I: Körperliche und psychische Anforderungen

2. Zur Aktualität des Themas

2.1. Gesundes Wohnen früher und heute

Das Thema gesundes Wohnen ist heute wieder aktuell geworden. Es hatte auch im Wohnungsbau der 50er und Anfang der 60er Jahre einen hohen Stellenwert. Damals war die Leitvorstellung

- vor allem durch Neubau einen Ersatz für beengtes Wohnen in sanierungsbedürftigen Gebäuden zu schaffen,
- durch aufgelockerte Bauweise Licht, Luft und Sonne in die Wohnungen hineinzulassen
- und durch moderne Technik und Sanitärräume Wohnhygiene und Wohnkomfort zu verbessern.

Nachdem in diesem Sinne ein höherer Standard auf breiter Ebene erreicht wurde, schien gesundes Wohnen kein Thema mehr zu sein und andere Leitvorstellungen traten in den Vordergrund.

Die Wiederentdeckung des Themas Ende der 70er und in den 80er Jahren steht in Zusammenhang mit anderen Zeitproblemen und -strömungen. Es erscheint wert, diesen Hintergrund mitzubedenken. Dies soll das Anliegen der Arbeit - gesundes, behagliches Wohnen - nicht in Frage stellen, wohl aber helfen, Stellenwert, Denkansätze und vielleicht auch zukünftig wichtige Tendenzen besser zu erkennen.

2.2 Veränderte Denkansätze

Die Alternativkultur und Ökologiebewegung haben das Denken in vielen Lebensbereichen beeinflusst, auch wenn extreme Ansätze nicht die breite Zustimmung fanden. Sie entstanden selber auch als Antwort auf bestehende Zeitprobleme. Bedeutsam ist dabei in diesem Zusammenhang zum einen, daß die systemtheoretischen und kybernetischen Denkansätze, die zuvor primär zur Optimierung und besseren Beherrschung der Systeme eingesetzt wurden, neu interpretiert wurden. Selbstregelung der Systeme, bei denen der Mensch Teil der Regelkreisläufe, nicht ihr Beherrscher ist, wurde zur Leitvorstellung.

Zum anderen ist der Stellenwert des Körperlichen verändert: Der Zusammenhang von Leib und Seele, Denken, Fühlen und Tun wird verstärkt gesucht. Die Befreiung von Leibfeindlichkeit und körperverachtenden Haltungen schockierte anfangs das bürgerliche Publikum, spielt aber bis heute z.B. in der feministischen Bewegung noch eine große Rolle.

Dies hat auch zu einem neuen Gesundheitsbewußtsein geführt, die Apparatemedizin wird kritisiert, Ursachen von Krankheiten in den Lebensverhältnissen und in der Ernährung werden zunehmend gesehen. "Natürlichkeit" - auch wenn es sie nur kulturell überformt gibt -

Teil I: Körperliche und psychische Anforderungen

wird verstärkt gesucht: Ernährung mit Vollkornbrot, Verwendung ungemahlener Getreidekörner, ungeschälter Reis, selbstgezogenes Gemüse, selbst gebackenes Brot usw. Die Idee der Natürlichkeit und Einfachheit - nicht neu in der Geschichte - wurde auf viele Lebensbereiche angewendet und steht oft in Zusammenhang mit einer Ablehnung von Technik und der Entwicklung der Industrie- und Dienstleistungsgesellschaft.

Auch in der modernen Alltagskultur breiter Bevölkerungsgruppen, in Konsum, aber auch in der Kunst haben Körperlichkeit und sinnliches Erleben einen größeren Stellenwert erhalten.

"Halten wir fest, daß der Körper "das erste und natürlichste technische Objekt und gleichzeitig technische Mittel des Menschen" zur Naturaneignung ist (Marcel Mauss) und daß dieses Wissen im Laufe der technologischen Entwicklung fast verlorengegangen ist. Körpererfahrung und Körperphantasie sind zur terra incognita geworden, nachdem unsere Denk- und Handlungssysteme sich rationalistisch verselbständigt und vom technisch antiquierten Körper weitgehend "emanzipiert" haben. Der Glücks- und Lebensentzug der damit verbunden ist, rückt jetzt das Körperbewußtsein wieder in den Mittelpunkt des Erkenntnisinteresses. Wir besinnen uns auf ältere Lebensentwürfe, in denen der Körper noch eine Einheit mit dem psychischen und reflektorischen Apparat bildete, Ausdruck und Verständigung noch nicht von den hochkomplizierten industriell gefertigten Verkehrsformen geprägt waren" (Gorsen, 1983, S.63f).

Identität und Selbstgefühl werden in hohem Maße über den Körper gesucht. Dazu gehören einfache körperliche Betätigungen, die z.T. durch modische Ausgestaltung verfeinert werden (Jogging, Aerobic, Jazz-Gymnastik). "I am running, therefore I am" (George Sheeham: Running and Being. The Total Experience, New York 1978). Sehr deutlich wird sie auch am Charakter und Stellenwert des Sports.

2.3 Auswirkungen auf den Wohnbereich

Auch im Wohnbereich wirken sich diese Tendenzen aus. Mit dem Streben nach "Natürlichkeit" erleben vermeintlich überholte Bauformen und Bauteile eine Renaissance: Kachelöfen, Lehm- und Holzbau, Holzbal-kendecken, Anstriche mit natürlichen Farben usw.

Verstärkte Tendenzen, sich zu pflegen, sich selbst wahrzunehmen, körperliches Wohlbefinden zu genießen, führen auch zu veränderten Wahrnehmungen und Erwartungen an die Wohnung. Zum Beispiel die Erlebnisse, barfuß über den warmen Fußboden zu gehen, vor dem offenen Fenster die frische Luft einzuatmen, sich auf dem Balkon oder hinter dem Fenster im Sonnenlicht zu baden oder die Wärme des Ofens zu spüren, können Bestandteile dieses körperbetonten Lebensgefühls sein.

Wohnungsqualität für Behaglichkeit und Gesundheit könnte von daher ganz neu definiert werden. Diese Qualität war in den 50er und

Teil I: Körperliche und psychische Anforderungen

Anfang der 60er Jahre eher funktional verstanden, man war eher technikbegeistert und hatte Freude am Machbaren, sie beruhte weniger auf einer differenzierten Selbstwahrnehmung. Die Veränderung dieser Qualitätsansprüche wird in Zukunft sehr wichtig sein, da diese bei nicht mehr angespanntem Wohnungsmarkt schnell am Markt wirksam werden.

2.4 Übersteigerte Körper- und Ichbezogenheit

Die Beachtung des eigenen Körpers kann jedoch auch übersteigert werden. Gesund und darüberhinaus "fit" zu sein, wurde zum Schönheitsideal. "Fit" wird zur unerläßlichen Vorbedingung für schön. Der Körperkult hat vielfältige narzistische Züge. "In einer Zeit", so Raquel Welch, "in der vieles, was im großen Maßstab geschieht, außerhalb unserer Kontrolle ist, haben wir uns der eigenen Person zugewandt, wo wir etwas ausrichten und wirkliche Veränderungen zustande bringen können." "Sie (Raquel Welch) kehrt der äußeren Welt den Rücken und befaßt sich nur noch mit sich selbst. Willensenergien, die gegenüber der Umwelt ohnmächtig sind - oder so empfunden werden -, tobt der Mensch nun an sich selber aus" (Spiegel Nr. 22 1985).

Nicht zuletzt kann das Streben nach "Fitness", nach Gesundheit und Stärke auch Begleiterscheinung einer Ellenbogen-Gesellschaft sein, in der jeder zur Durchsetzung seiner Bestrebungen stark sein muß. Nicht weit sind hier auch Assoziationen zur Vorstellung vom Edel- und Übermenschen, zu der in Deutschland die erste große Woge eines Körperbewußtseins mit dem Ideal Gesundheit führte.

Auch beim Wohnen können sich zum Teil narzistisch bestimmte Übersteigerungen ergeben:

- mangelnde Toleranz gegenüber vorübergehenden Störungen, Maßlatte für Qualität wird die eigene Empfindlichkeit,
- Anspruchs- und Kostensteigerungen,
- Übertragung von allgemeinen Unzufriedenheiten und Problemen auf das Wohnen, Zuschreibung, daß diese einen krank mache,
- Orientierung der Wohnansprüche an modisch wechselnden, konsumbestimmten Trends (runde Badewannen und Palmen im "Badestudio"), Vermarktung der Sensibilität und körperbetonter Lebensgefühle.

2.5 Erklärungen

Erklärt wird die beschriebene Suche nach einer neuen "Natürlichkeit", "Einfachheit", "Gesundheit", "Körperlichkeit", "Zurück zur Natur", als Gegenbewegung und "Ventil" zur arbeitsteiligen Industriegesellschaft. In ihr herrschen anonyme und schwer überschaubare Beziehungsnetze und streng geregelte Rollen- und Tätigkeitserwartungen vor. Fast alle menschlichen Betätigungen sind in einen wirtschaftlichen Verwertungszusammenhang eingebunden. Der

Teil I: Körperliche und psychische Anforderungen

einzelne Mensch kann sich nur selten ganzheitlich entfalten. Adorno, Horkheimer und Elias beschrieben diese Kulturentwicklung als Funktion der "Körperdistanzierung" (vgl. Rittner 1983).

Eine andere Erklärung sieht diese Tendenzen als Reaktion auf den Verlust von Orientierungssystemen, als Bestandteil von "Sinnkrisen", wie es sie in der Geschichte immer wieder gab.

"Es ist die moderne Zivilisation, diese Zivilisation ohne Gott, welche die Menschen zwingt, ihrer eigenen Haut eine solche Bedeutung beizumessen. Es ist nichts als die Haut, was heute zählt. An Sicherem, an Faßbarem, an Unbestreitbarem gibt es nichts außer der nackten Haut. Sie ist das einzige, was wir besitzen. Was uns gehört. Das vergänglichste Ding, das es in der Welt gibt. Nur die Seele ist unsterblich, o Jammer! Aber was gilt die Seele heutzutage? (Curzio Malaparte in seinem Roman "Die Haut", 1949" (Spiegel Nr. 22/1985).

Unabhängig davon, wie man die beschriebenen Tendenzen einschätzt und erklärt: sie enthalten in jedem Fall wichtige und nachdenkenswertes Anliegen und Lösungskonzepte. Die Erwartungen an das Wohnen und die Baupraxis entwickeln sich auch aus ihnen oder in Auseinandersetzung mit ihnen.

Abgesehen davon ist das Bauen heute vor allem durch die in der Nachkriegszeit, vor allem im Großwohnungsbau entwickelten Standards sowie die aktuellen Bemühungen zum Kosten- und Energiesparen geprägt. Bestandteil der Standards und der Lösungen zu den wirtschaftlichen und energiepolitischen Zielen ist eine hochentwickelte Technik auf der Basis naturwissenschaftlicher Erkenntnisse. Zwischen dieser technischen Rationalität und den Denksätzen aufgrund der beschriebenen ideengeschichtlichen Strömungen besteht oft ein breiter Graben. Die vorliegende Arbeit ist auch ein Versuch, hier eine Verbindung herzustellen.

3. Beleuchtung mit Tageslicht

3.1 Bewohnererwartung zur Tagesbeleuchtung in Räumen

In unserer Zeit bestimmen (Tages-)Licht und Sonne wesentlich den Wohnwert einer Wohnung, wie Befragungen von Bewohnern immer wieder bestätigen,...(Gilgen/Barrier, 1976, Seidl u.a.,1978, Weeber + Partner, 1986).

Die von Sonne und Himmel erzeugten Beleuchtungsstärken hängen von der Tages- und Jahreszeit und von der nicht vorhersehbaren Wetterlage ab und sind daher nicht zeitlich genau vorauszuberechnen. Zu fast zwei Drittel aller Tagesstunden verdecken in Deutschland Wolken die Sonne (Krochmann/Schmid, 1974). Man bemißt deshalb Lichtöffnungen für den ungünstigeren und in unserem Klima häufigeren Fall des (orientierungsunabhängigen) vollständig bedeckten Himmels und gibt anstelle von Beleuchtungsstärken im Raum (üblicher Kennwert für die Raumbelichtung mit künstlichem Licht) nur ihr Verhältnis zur gleichzeitigen Außenbeleuchtungsstärke an. Dieses Verhältnis der Beleuchtungsstärke auf einer Fläche in einem Raumpunkt (E_p) zur gleichzeitigen Beleuchtungsstärke auf waagerechter Fläche im Freien (E_a) bei vollständig bedecktem Himmel ist der Tageslichtquotient D (Daylight Factor; früheres deutsches Kurzzeichen T):

$$D = \frac{E_p}{E_a} \text{ oder meist } D = \frac{E_p}{E_a} \cdot 100 \% .$$

Befragungen und tageslichttechnische Untersuchungen von Seidl und Freymuth (1978) ergaben, daß in halber Tiefe von Aufenthaltsräumen - unabhängig von deren Nutzung - in Wohnungen der Tageslichtquotient auf waagerechter Fläche in 0,85 m Höhe über dem Fußboden und 1 m neben den Wänden mindestens 0,75 % betragen sollte (bei nur einseitiger Fensteranordnung) und der Mittelwert der zwei 1 m neben beiden Seitenwänden gelegenen Punkten wenigstens 0,9 % (bei beliebiger Fensteranordnung). DIN 5034 "Tageslicht in Innenräumen" übernahm diese Ergebnisse im wesentlichen in den Teil 1 "Allgemeine Anforderungen", 1983. Nebenher stellte sich in den Untersuchungen von Freymuth in der Arbeit mit Seidl, 1978, heraus, daß der für Räume in Wohnungen ermittelte Mindestwert des Tageslichtquotienten zu niedrig liegt, wenn jede Verbauung fehlt, besonders also in den oberen Geschossen von Hochhäusern. Hier erhöht offenbar der Ausblick fast ausschließlich auf helle Himmelsflächen (vor allem im Sitzen) das Helligkeitsbedürfnis der Bewohner. Deswegen sollten unverbaute Fenster in oberen Geschossen nicht kleiner sein als es für untere, auch stärker verbaute Geschosse, angemessen ist.

Wie von Seidl 1978 abgeleitet, sollten auch nach Teil 1 von 1983 der DIN 5034 für eine befriedigende Sichtverbindung zur Außenwelt wenigstens 55 % der Fensterwandlänge von Wohnräumen (normale Brüstungs- und Sturzhöhen vorausgesetzt) aus Glas bestehen.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

3.2 Raumgeometrische Bedingtheiten

Durch seine Beziehung auf die gleichzeitige Beleuchtungsstärke im Freien beim - orientierungsunabhängigen - bedeckten Himmel ist der Tageslichtquotient eine jedem Raumpunkt eigene, eher geometrische Größe. Er setzt sich zusammen aus:

- dem Himmelslichtanteil D , erzeugt allein durch direkt auftreffendes Licht des bedeckten Himmels,
- dem Außenreflexionsanteil D , erzeugt durch von Flächen des Außenraums ("Verbauung") reflektiertes Licht dieses Himmels,
- dazu in einem Innenraum dem Innenreflexionsanteil D , erzeugt durch Himmelslicht, das direkt und durch Reflexion von außen auf die Innenraumfläche trifft und von ihnen reflektiert wird.

Die Tageslichtquotienten in einem Raum hängen also immer davon ab, wieweit die Umgebung (die Verbauung) durch Abschirmen lichtgebender Himmelsflächen den Lichteinfall auf die Gebäudeaußenflächen beschränkt. In welchem Grade das noch von außen kommende Licht im Raum verfügbar wird, wird durch die gewählte Fenstergröße, die Geometrie des Raumes und das Reflexionsvermögen seiner Flächen bestimmt.

Die Verbauung (Gebäude, ansteigendes Gelände usw.), die zwar auch den meist recht geringen Außenreflexionsanteil beisteuert, begrenzt hauptsächlich den (direkten) Himmelslichtanteil und in ähnlichem Maße auch den Innenreflexionsanteil. Auch der Innenreflexionsanteil wird daher außer von den Raumeigenschaften unmittelbar von dem außen auf die Öffnungen treffenden Licht mitbestimmt. Damit hängen die Tageslichtquotienten in Räumen vor allem von den städtebaulichen Gegebenheiten oder Vorgaben ab und können, wenn man nicht grundsätzlich die Raumgeometrie verändert, allein durch die Wahl der Fenstergröße und der Farben (der Reflexionsgrade) der Raumflächen nur noch begrenzt beeinflusst werden.

3.3 Baurechtliche Vorgaben

Obwohl die beschriebenen geometrischen Zusammenhänge bekannt waren, hat die Arbeitsgemeinschaft der für das Bau-, Wohnungs- und Siedlungswesen zuständigen Minister der Länder mit der Musterbauordnung von 1981 als Grundlage für die Bauordnungen der Länder Mindestabstände zwischen Gebäuden mit höchstens dem Doppelten der Gebäudehöhe wesentlich geringer festgelegt, als von Seidl u.a., 1978 abgeleitet. Somit ist im günstigsten Falle Grenzabstand gleich Gebäudehöhe verlangt. Wenn die Abstände zwischen Gebäuden nur das baurechtlich geforderte Mindestmaß einhalten, entsprechen im Erdgeschoß, bei höherer Verbauung auch in den Geschossen darüber, tiefere Wohnräume nicht mehr dem Helligkeitsbedürfnis der Bewohner und nicht den Forderungen der DIN 5034, Teil 1 von 1983. Nachgewiesen wurde dies von Freymuth (in Seidl u.a., 1978) am Beispiel langrechteckiger Räume mit üblicher Raumhöhe von 2,5 m und einer sogar die ganze 3,5 m breite Schmalseite einnehmenden Fensterwand hinter einer Loggia, also einem recht häufigen Fall.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Bei nicht beeinflussbaren (städtebaulich-baurechtlich fixierten) Gebäudeabständen könnte man die Tageslichtverhältnisse im Raum am wirksamsten durch nach oben erhöhte Fenster verbessern. In der Regel bedeutet dies auch größere Stockwerks- und Gebäudehöhen. Die Abstände der Häuserzeilen in Abbildung 3.3/1 sind so bestimmt, daß in einem 3,5 m breiten und 6 m tiefen Erdgeschoßraum hinter 1,5 m tiefer Loggia gerade der abgeleitete Mindest-Tageslichtquotient erreicht wird (0,75 % in halber Raumtiefe). Erstaunlich ist, daß dabei trotz der größeren Raum- und Gebäudehöhen geringere Abstände möglich werden. Derartige Erhöhungen würden allerdings andere benachteiligen, stimmte man nicht Fenster- und Raumhöhen auch der jeweils gegenüberliegenden Zeilen darauf ab. Solche wiederum städtebaulichen Festlegungen wird man jedoch kaum erlangen können.

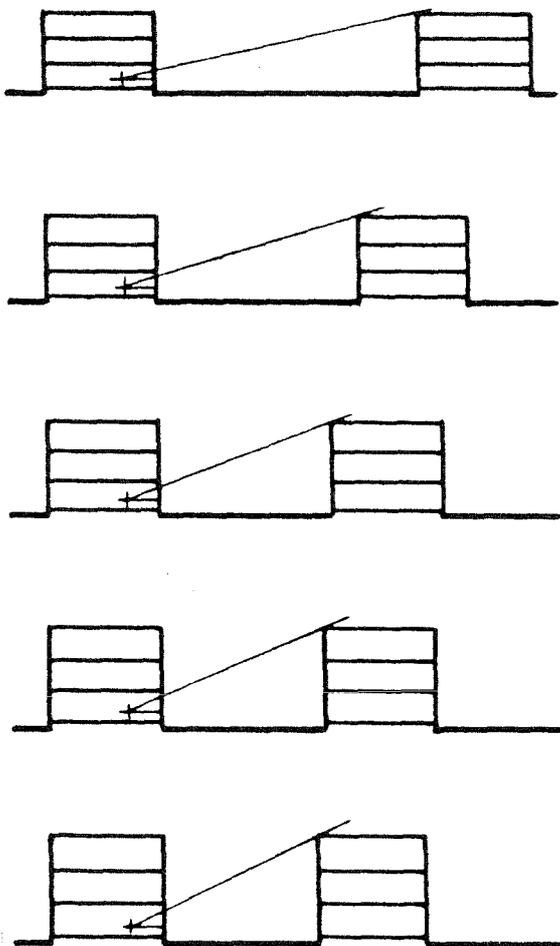


Abb. 3.3/1: Einfluß der Fensterhöhe auf den beleuchtungstechnisch nötigen Abstand (Tageslichtquotient in allen Fällen gleich)

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Auch die nach DIN 5034 für einen befriedigenden Sichtkontakt wünschenswerten Fensterbreiten entsprechen in tiefen Räumen durchaus den üblichen und auch beleuchtungstechnisch notwendigen Größen und erscheinen nur für Räume geringer Tiefe bei großer Fensterwandlänge etwas üppig.

Weder diese Fensterbreiten noch eine besonders bei stärkerer Verbauung beleuchtungstechnisch wünschenswerte größere Fensterhöhe sind rechtlich abgesichert. Baurechtlich verbindlich ist nur, daß die Fensterfläche mindestens 1/8 der Raumgrundfläche betragen muß, unabhängig von der Verbauungssituation, unabhängig davon, ob Balkon oder Loggia den Lichteinfall mindern, und unabhängig von der Proportion (der Höhe) des Raumes. Selbst in nicht oder wenig verbauten Wohnräumen, deren Fenster - ohne Balkon und Loggia davor - diese baurechtliche Mindestforderung gerade erfüllten, beurteilten die befragten Hausfrauen die Raumhelligkeit aber eher negativ als positiv (Seidl u.a., 1978).

3.4 Hinweise zur guten Tageslichtnutzung

3.4.1 Städtebauliche Voraussetzungen

Die städtebaulichen Vorentscheidungen - nämlich die daraus entstehenden Verbauungssituationen - bestimmen also die Tageslichtverhältnisse in den Räumen in erster Linie. Selbst wenn man für innerstädtische Gebiete statt eines hellen Gesamteindrucks nur noch sicherstellen wollte, daß Bereiche in Fensternähe, in denen man vorzugsweise liest, schreibt, näht usw., als noch ausreichend beleuchtet empfunden werden, müßten die Gebäudeabstände bei der heute üblichen Geschoßhöhe von 2,75 m und weniger (Raumhöhe 2,50 m bis herunter zu 2,40 m) deutlich größer sein als das baurechtlich noch zulässige Mindestmaß. Sie könnten aber bei Gebäuden mit im Erdgeschoß deutlich größeren Fenster- und Raumhöhen sogar als Grundlage für einen hellen Gesamteindruck im Raum kleiner werden als baurechtlich gefordert (vgl. folgende Tabelle). Bei mehr als drei- bis viergeschossiger Bebauung kann eine größere Raum- und Fensterhöhe auch für die ersten und weitere Obergeschosse nötig werden.

Die Fensterbemessung soll vom ungünstigeren Fall des orientierungsunabhängigen ganz bedeckten Himmels ausgehen. Trotzdem sollten Bebauungspläne berücksichtigen, daß die Haupträume von Wohnungen möglichst gegen Süden oder zumindest nicht gegen den nördlichen Himmelshalbraum zu richten sind. Im nicht so seltenen Fall des vollständig bedeckten Himmels sind nämlich gleiche Räume bei allen Orientierungen gleich beleuchtet. Im Durchschnitt aller Himmelszustände aber sind Südräume am hellsten und Nordräume am dunkelsten (Wegner, 1975). Deshalb sollen die Bebauungspläne das Ausrichten der Haupträume möglichst nach Süden, mindestens nach Ost oder Westen erlauben.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

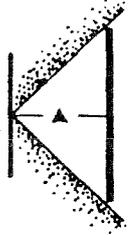
Abstands- flächentyp	Lichte Höhe im verbau- ten Raum	Beleuchtungsanspruch	
		Heller Gesamteindruck im verbauten Raum	Fensternehe Arbeitsflä- che im verbauten Raum ausreichend beleuchtet
90° -Abstands- flächendreieck 	2,50 m	$A = 4,2180 (H - 1,80) \text{ m}$	$A = 2,6125 (H - 2,00) \text{ m}$
	2,75 m	$A = 3,0000 (H - 2,10) \text{ m}$	$A = 2,0000 (H - 2,30) \text{ m}$
	3,00 m	$A = 3,0375 (H - 2,10) \text{ m}$	$A = 1,6870 (H - 2,60) \text{ m}$
	3,25 m	$A = 2,1150 (H - 2,60) \text{ m}$	$A = 1,4480 (H - 2,95) \text{ m}$
	3,50 m	$A = 1,8660 (H - 2,80) \text{ m}$	$A = 1,2720 (H - 3,25) \text{ m}$

Abb. 3.4/I: Gleichungen der Abstände zur Verbauung in Abhängigkeit von der Verbauungshöhe (nach Seidl u.a., 1978)

3.4.2 Entwicklung der Gebäudeform

Je mehr der Lichteinfall auf die Gebäudefronten durch Verbauung eingeschränkt wird, um so kleiner ist die vom Tageslicht aufhellbare Raumtiefe, vorausgesetzt, man kann diesen Nachteil nicht mit größeren Raumhöhen ausgleichen. Enge Bebauung und tiefe Baukörper schließen einander also aus. An sich wünschenswerte Loggien, Balkone und auch Fassadenversätze schränken den Tageslichteinfall für die Fenster darunter oder daneben ein, weil sie lichtgebende Himmelsflächen verdecken: Die beste Tageslichtnutzung läßt sich mit ebenflächigen Baukörpern erreichen. Räume an einspringenden Ecken (Hofecken) sind immer sehr schlecht zu beleuchten, denn besonders für die unteren Geschosse an etwa rechtwinklig anschließender mehrgeschossiger Bebauung wird nahezu die Hälfte der sonst wirksamen Himmelsfläche verbaut.

3.4.3 Raumzuschnitt, Fensteranordnung und -ausbildung

Wohnräume mit einer schmalen Außenfront dürfen bei (zu) starker Verbauung nicht tief sein. Erker und Wintergärten, beliebte Erweiterungen des Wohnraumes, können den Lichteinfall ähnlich schmälern wie Loggien und Balkone vor oder über dem Fenster. Sie setzen bei üblicher Geschoßhöhe von 2,75 m größere als die baurechtlichen Mindestabstände zwischen Gebäuden voraus.

Durch Vergrößern der Fenster nach oben gewinnt man mehr Licht für den Raum als durch eine gleichflächige Verbreiterung (vereinfacht in Abbildung 3.4/2). Auch eine verglaste Brüstung läßt insgesamt mehr Licht in den Raum gelangen, allerdings vorwiegend durch Reflexion, weil das zusätzliche Himmelslicht direkt nur auf Flächen unterhalb der Tischhöhe trifft.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

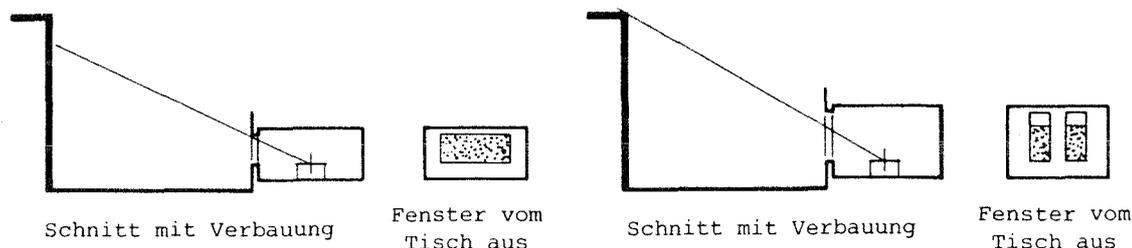


Abb. 3.4/2: Fensterhöhen und Lichteinfall: Auch bei recht hoher Verbaubarkeit lassen hohe Fenster mehr Himmelslicht in den Raum als niedere breite gleicher Fläche.

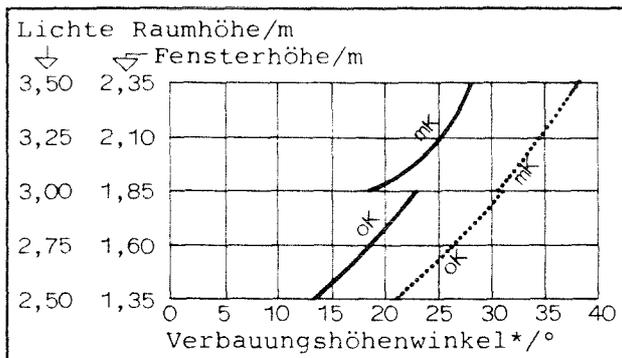
Die nachfolgende Übersicht (Abb. 3.4/3) gibt auf die Höhenwinkel paralleler zeilenförmiger Verbaubarkeit abgestimmte Rohbau-Fenstermaße an (schmale Holzrahmen voraussetzend; die breiteren Kunststoffrahmen erfordern entsprechend vergrößerte Rohbauöffnungen). Diese Übersicht ist zwar stark vereinfacht gegenüber DIN 5034, Teil 4 "Vereinfachte Bestimmung von Mindestfenstergrößen für Wohnräume" (Entwurf 1981), hat aber eine wesentlich größere Anwendungsbreite. Sie berücksichtigt bereits, daß - anders als von Büning, 1953, abgeleitet - Fenster in den oberen Geschossen, besonders auch in Räumen ohne jede Verbaubarkeit wegen des stärkeren Helligkeitsbedürfnisses der Bewohner nicht kleiner werden sollten, als bei durchschnittlicher Verbaubarkeit nötig.

Fenster sollen nicht ungünstig in Raumecken liegen (berühmter Extremfall war das "Berliner Zimmer" Abb. 3.5/2), sondern eher mittig in der Fensterwand oder mehrere über die Wandbreite verteilt. Die Tiefe einseitig befensterter Räume und der fensterferne Eckbereich von Räumen mit zwei aneinandergrenzenden Fensterwänden bieten ohnehin eine Rückzugsmöglichkeit in vielleicht als positiv "bergend" empfundene geringere Helligkeit. In nur wenig tiefen Räumen könnte man gegebenenfalls mit außermittiger Fensteranordnung einen Raumteil dunkler ("gemütlicher") machen für Leute, die es so mögen; aber nicht alle wünschen es so, sondern vielleicht lieber "heiter" (nämlich insgesamt recht hell).

In der Regel sollten Wandflächen neben Fenstern nicht zu breit werden. Ohne direktes Licht (wenn es nur diese eine Fensterwand gibt) sind diese Bereiche nämlich zu dunkel. Schmale Wandpfeiler zwischen Fenstern können aber auch durch zu harte Kontraste zum beidseitig daneben sichtbaren hellen Himmel eine Blendwirkung der Fenster entstehen lassen.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Fensterhöhe (Rohbaumaß) in Abhängigkeit von der Höhe der Verbauung und den Ansprüchen an die Raumhelligkeit



— heller Gesamteindruck
 Fensterhöhe ausreichend hell
 mK = mit Kämpfer, OK = ohne Kämpfer
 bei üblichen Höhen für Brüstung (85 cm) und Sturzfläche (≤ 30 cm)
 * Winkel bei zeilenförmiger Verbauung parallel zum verbauten Fenster, anders als in DIN 5034 gemessen gegen die von einem Punkt 3,5 m hinter der Gebäude-(Loggien-)Außenkante, 1,0 m über dem Raumfußboden, sichtbare Verbauungsoberkante (s. Abb. 3.3/1)

Fensterbreite (Rohbaumaß) in Abhängigkeit von der Raumbeschaffenheit

Fensteranordnung \rightarrow	ohne Loggia davor oder Balkon darüber	hinter Loggia oder unter Balkon
nur in einer Raumwand	$\geq \frac{\text{m}^2 \text{ Raumgrundfläche}}{8,40 \text{ m}}$	$\geq \frac{\text{m}^2 \text{ Raumgrundfläche}}{6,00 \text{ m}}$
nach Bauordnung notwendige Fenster in 2 Raumwänden	1,4fache Breite der für Räume mit Fenstern nur in einer Wand ermittelten, und zwar anteilig für Wände ohne und mit Loggia davor (s. Beispiele)	

Benutzungsbeispiele

Gegebener oder zulässiger Verbauungshöhenwinkel 18° : für hellen Gesamteindruck Fensterhöhe ohne Kämpfer 1,60 m (Raumhöhe 2,75 m), mit Kämpfer 1,85 m (Raumhöhe 3,00 m)

Raumgrundfläche 21 m^2 , baurechtlich notwendige Fenster nur in einer Wand ohne Loggia davor oder Balkon darüber: Fensterbreite $\geq \frac{21 \text{ m}^2}{8,4 \text{ m}} = 2,5 \text{ m}$

Raumgrundfläche 21 m^2 , baurechtlich notwendige Fenster nur in einer Wand mit Loggia davor: Fensterbreite $\geq \frac{21 \text{ m}^2}{6,0 \text{ m}} = 3,5 \text{ m}$

Raumgrundfläche $25,2 \text{ m}^2$, baurechtlich notwendige Fenster verteilt auf zwei Wände, davon eine hinter Loggia: Die Gesamtfensterbreite müßte, lägen beide Wände hinter Loggia oder Balkon, $\geq \frac{25,2 \text{ m}^2}{6,0 \text{ m}} \cdot 1,4 = 5,88 \text{ m}$ betragen, und wenn beide Fensterwände ohne Loggia oder Balkon wären, $\geq \frac{25,2 \text{ m}^2}{8,4 \text{ m}} \cdot 1,4 = 4,2 \text{ m}$. Vorgesehen sei für die Türöffnung zur Loggia eine Breite von 2,25 m, also etwa 38 v. H. der hinter Loggia oder Balkon nötigen Gesamtbreite von 5,88 m; die restlichen 62 v. H. der Gesamtfensterbreite entfallen dann auf das Fenster ohne Loggia davor, nämlich $\geq 4,2 \text{ m} \cdot 0,62 = 2,6 \text{ m}$.

Abb. 3.4/3: Fenstermaße für Räume in Wohnungen und ähnliche Räume (Nach Seidl u.a. 1978; nicht für Räume mit Dach- und anderen geneigten Fenstern) Aus: Lutz u.a. 1985 S.447

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Ausgebaute Dachgeschosse empfangen zwar durch Dachflächenfenster wesentlich mehr Tageslicht als durch gleich große senkrechte Fenster; weil dort meist keine Verbauung den Tageslichteinfall beschränkt, sind senkrechte Fenster in Dacherkern mit halbwegs normaler Brüstungshöhe trotzdem fast immer sinnvoller. Dafür sprechen eine bequemere Sichtverbindung nach außen (nach unten, wo etwas geschieht), ein einfacherer und wirksamerer Sonnenschutz und ein größerer Wohnwert.

Wohnungen sollte man möglichst immer farblos klar verglasen. Sonnenschutzgläser sind weniger lichtdurchlässig und erfordern daher für gleiche Raumhelligkeit (bei manchen Sorten erheblich) größere Fenster; außerdem verändern die meisten Sonnenschutzscheiben sowohl im Raum wie in der Durchsicht nach außen die Farbwahrnehmung.

3.4.4 Farbgebung, Einrichtung

Helle, viel Licht reflektierende Oberflächen machen die Raumbelichtung gleichmäßiger, weil sie den im Raum reflektierten Lichtanteil erhöhen. Dunkle, wenig reflektierende Oberflächen vermindern diesen Anteil und lassen den Raum dann bei härterer Schattenbildung noch weniger gleichmäßig beleuchtet erscheinen, als wir es von Seitenlichträumen als "natürlich" gewohnt sind, das heißt vielleicht "differenzierter", vielleicht auch nur schlecht beleuchtet. Auf der Raumseite dunkel behandelte Fensterkonstruktionsteile, auch dunkle Wandteile daneben verschärfen den ohnehin harten Kontrast zu der durch die Scheiben sichtbaren Außenwelt unangenehm, was allerdings in Arbeitsräumen noch mehr stört als in Wohnräumen, in denen man weniger auf bestimmte Blickrichtungen festgelegt ist.

Für stark verbaute oder andere (z.B. fensterlose) Räume, die nur wenig oder nur künstliches Licht empfangen, sollte helle, das wenige Licht gut nutzende Farbgebung selbstverständlich sein.

Plätze für Arbeiten mit höheren Ansprüchen an die Sehleistung gehören in Fensternähe mit einer der Arbeit gemäßen Lichteinfallrichtung (für Rechtshänder zum Schreiben und Nähen zum Beispiel von links, für manche handwerklichen Arbeiten aber auch von rechts). Solche Plätze sollten wegen der störenden Blendung die Hauptblickrichtung nicht gegen Fenster fixieren, außer wenn starke Verbauung (auch Bäume) ohnehin den normalen Blick gegen Himmelflächen unterbindet.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

3.5 Häufige Mängel und Lösungen

3.5.1 Nicht befriedigende Raumbelichtung mit Tageslicht

Wegen der komplizierten Zusammenhänge kann es viele Ursachen für unzureichende Tageslichtverhältnisse in Räumen geben. Dabei wäre noch zu unterscheiden zwischen einem insgesamt unbefriedigenden Helligkeitseindruck im Raum, der nicht ausschließt, daß man in Fensternähe dennoch auch Arbeiten mit höheren Ansprüchen an die Sehleistungen verrichten kann, und dem allerdings in Räumen mit Fenstern (in Wänden) sehr seltenen Fall, daß ein Raum zwar noch hell wirkt (durch sehr helle Farbgebung), aber für viele Sehleistungen objektiv bereits zu dunkel ist.

Ursache und Lösung:

In der Praxis wirken meistens mehrere der hier (nach dem Grad ihrer Behebbarkeit) notwendigerweise nacheinander aufgeführten Ursachen zusammen:

Blendung, Silhouettensehen

Blendung entsteht, wenn das Auge durch zu harte Kontraste zwischen sehr hellen Flächen (Himmel, besonnte helle Außen- oder Raumflächen) und dunklen Flächen gestört wird und sich nicht mehr anpassen (adaptieren) kann. Das Silhouettensehen ist eine Sonderform davon: man erkennt gegen das Fenster (gegen helle Außenflächen) gesehene Personen oder Gegenstände vom Raum aus nur als Schattenriß.

Beide Erscheinungen sind "normal". Sie stören nur dann, wenn sie durch ungünstige Möblierung fixiert werden: An einem frontal gegen das Fenster gerichteten Arbeitsplatz ermüdet die bei jedem Aufblicken nötige Umadaptation auf helle Außenflächen, besonders des helldunstigen Himmels:

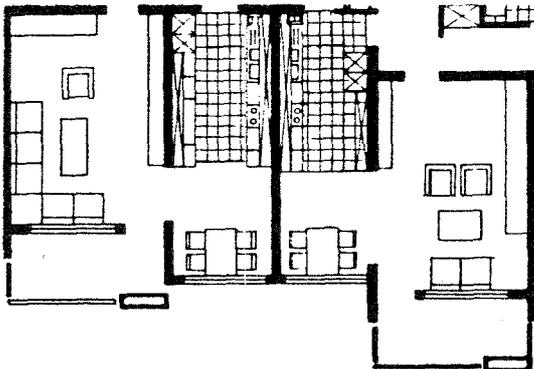


Abb. 3.5/1: Fenster im Rücken eines Sitzplatzes bedingen besondere Maßnahmen gegen Abkühlung, Zug, Blendung

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Dies kann sogar Kopfschmerzen verursachen, wenn die Arbeitsfläche selbst im Verhältnis dazu dunkel ist (besonders bei dunkler Eigenfarbe). Das Silhouettensehen wird gelegentlich bewußt zur Störung der Sichtbarkeit genutzt, wenn jemand einen zu beobachtenden Gesprächspartner auf einen gut beleuchteten Platz im Raum nötigt und sich selbst so vor das Fenster setzt, daß der andere ihn nur als dunklen Umriß erkennt. Bei Sitzgruppenanordnungen wie in Abbildung 3.5/1, die sehr häufig ist, ist dieses Silhouettensehen zumindest etwas irritierend.

Zu dunkle Raumausstattung

Zu dunkle Farben der Raumbooberflächen, der Möbel und Raumtextilien, können bei sehr ungünstigem Zusammenwirken die Beleuchtungsstärken in der Raumtiefe um fast die Hälfte der sonst möglichen vermindern. Sie sind durchweg vom Raumnutzer zu verantworten und könnten auch nur von ihm verändert werden. Bei sehr dunkler (schwarzer oder fast schwarzer) Ausstattung wären auch mit wesentlich größeren Fenstern als üblich weder ein heller Raumeindruck noch befriedigende Sehbedingungen zu erzielen. Auch beim Anbringen von Gardinen ist zu bedenken, daß sie einen erheblichen Lichtanteil schlucken können.

Zu wenig lichtdurchlässige Verglasung

Sonst gerade noch ausreichende Tageslichtverhältnisse können mit Sonnen- oder Wärmeschutzscheiben geringerer Lichtdurchlässigkeit anstelle normaler farbloser Verglasung ungenügend werden. Wenn kein Ausgleich durch sehr helle Raumausstattung möglich ist, ist eine Rückkehr zur farblos klaren Verglasung zweckmäßig. Diese bedingt aber dann häufig auch einen anderen Sonnenschutz.

Zu kleine Fenster

Dieser Fehler wurde in früheren Jahren häufig nachträglich beim "modernisierenden" Ersatz hoher alter Fenster durch niedrigere begangen. Auch durch die heute gegenüber früher massigeren Fensterprofile kann die Lichtdurchgangsfläche einer gegebenen Fensteröffnung zu klein werden. Selbst bei Aluminium ist es kaum, bei Holz und besonders Kunststoff ist es nicht möglich, im Einklang mit den Normen die alten Glasmaße beizubehalten. Ist der Lichtdurchgang erst einmal zu klein, läßt sich dies nur in engen Grenzen durch helle Farben im Raum kompensieren. Falls ein Vergrößern der Fenster überhaupt möglich ist, ist Erhöhen besser als Verbreitern. Auch farblos klar verglaste anstelle lichtundurchlässiger Brüstungen verbessern die Raumbelichtung, wenn auch nur durch Mehrfachreflexion über einen hellen Fußboden und andere Raumflächen.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Raumzuschnitt oder Fensteranordnung ungünstig

Schlechter Raumzuschnitt oder - was fast dasselbe bedeutet - ungünstige Fensteranordnung sind viel seltener die alleinige Ursache unbefriedigender Tageslichtverhältnisse, als meist angenommen wird (Alberts, 1970; Brandt, 1983). Berliner Zimmer (Abb. 3.5/2 links) oder Tagesbeleuchtung allein über eine Loggienseite (Abb. 3.5/2 rechts) wären bei richtiger, Raumgröße und Verbauung berücksichtigender Fensterbemessung gar nicht möglich. In der Regel ist also ein ungünstig geschnittener Raum im Verhältnis zur Fensterfläche zu groß, ein ungünstig angeordnetes Fenster im Verhältnis zur Raumgeometrie zu klein. Zu den Ausnahmen zählen Räume geringer Tiefe, für die sich nach Übersicht 3.4/3 eine so geringe Fensterbreite ergäbe, daß die Raumbereiche an den Schmalseiten und die Fensterwand selbst zu dunkel würden. Diese geringe Fensterbreite widerspricht (vgl. Übersicht 3.4/3). aber auch der Forderung nach ausreichender Sichtverbindung nach außen. Falsche Fensteranordnung beeinträchtigt auch die Möblierbarkeit.

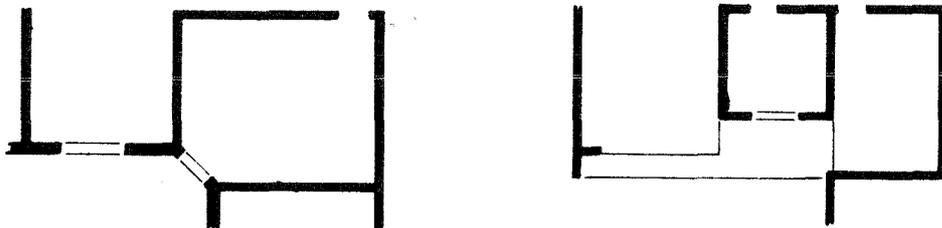


Abb. 3.5/2: "Berliner Zimmer" in einspringender Gebäudeecke - berüchtigtes Beispiel einer schlechten Lösung (links). Ebenso ungünstige Lösung: Raum in einspringender Gebäudeecke gegen Loggia (rechts).

Zu starke Verbauung (zu geringer Lichtempfang der Fenster)

Wie "zu kleine Fenster" und "ungünstiger Raumzuschnitt" tritt zu starke Verbauung als Erscheinung nicht isoliert von anderen auf. Die Verbauungsgeometrie (von Nachbargebäuden ebenso wie von ansteigendem Gelände, von Waldrändern usw.) ist in aller Regel vor Planungsbeginn bekannt, so daß man das Geplante darauf abstimmen kann.

Bei zu starker Fremdverbauung sind folgende Lösungen wichtig:

- extrem helle Farbgebung im Raum und vor dem Raum (Terrassen- oder Balkonbelag); in Sonderfällen - etwa bei eingeschossigen Häusern an zu nahe gelegenen Waldrand - kann man auch vor die dunkle Verbauung eine helle, viel Licht reflektierende Kulisse stellen, z.B. eine höhere weiße Gartenmauer; derart verbesserte Reflexionsverhältnisse können aber nur begrenzt den eingeschränkten Himmelslichteinfall ausgleichen,
- entsprechend breitere Fenster, sofern die angestrebten Raumzuschnitte noch Fensterverbreiterungen zulassen,

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

- Vergrößerung der Fensterhöhe vor allem nach oben (besonders in den unteren Geschossen) und damit in der Regel größere Geschöß- und zwangsläufig auch Gebäudehöhen, falls städtebaulich zulässig,
- Höhersetzen von Loggien- oder Balkonplatten (siehe Abbildung 3.5/3) oder überhaupt Verzicht auf lichtschluckende Loggien- oder Balkonvorsprünge über Fenstern an stark verbauten Gebäudefronten,

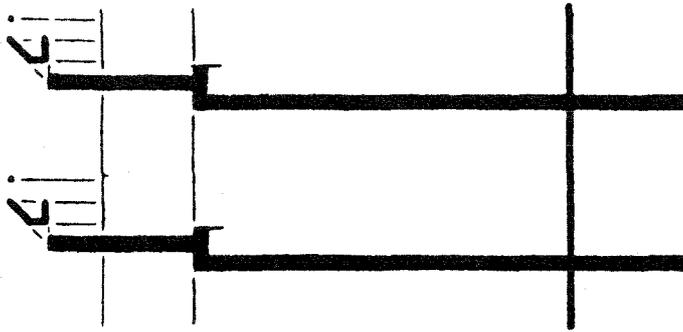


Abb. 3.5/3: Balkon oder Loggia mit angehobener Platte zur Verbesserung der Raumbelichtung mit Tageslicht. Mit angehobener Platte wird eine - gegebenenfalls auch im Brüstungsbereich zusätzlich erweiterte - sehr große Tiefe von Balkon oder Loggia eher vertretbar, besonders wenn Seitenwände nicht soweit vorgezogen sind. Dabei ist aber das Problem der Ausblickbeschränkung durch die vom Raum her sehr hohe Außenbrüstung zu beachten.

- andere Raumzuschnitte (geringere Tiefen bei größerer Fensterwandlänge), was zu anderen Grundriß- und Gebäudeformen führt, falls städtebaulich möglich. Zu starke Eigenverbauung - etwa durch Balkon- oder Loggienvorsprünge, Gebäudeversätze - kann der planende Architekt selbst möglichst vermeiden, notfalls mit Hilfe eines für Untersuchungen herangezogenen Fachmanns.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

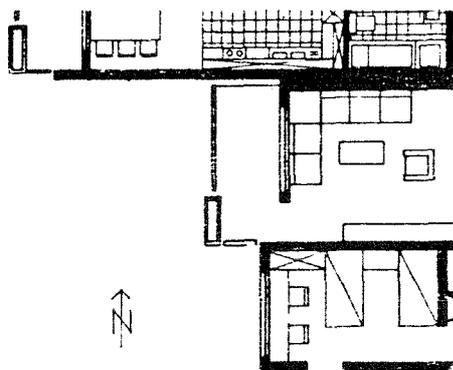


Abb. 3.5/4: Lichteinbußen durch Eigenverbauung

Lichtverluste durch Balkone und Loggien lassen sich teilweise ausgleichen

- durch helle Farben für Loggia oder Balkon, besonders für deren Böden, die auch nicht durch geschlossene Brüstungen verschattet werden sollen,
- durch möglichst große (gegenüber Fenstern in glatter Fassade auf das 1,4fache vergrößerte, vgl. Übersicht 3.4.3) Glasflächen mit niedriger oder ganz ohne Brüstung (evtl. Folgen für die Heizflächenanordnung),
- mit den übrigen als Ausgleich einer Fremdverbauung beschriebenen Maßnahmen.

Zu dunkle Räume in Wohnungen kann man mit überlegter Planung immer, allerdings nicht kostenneutral vermeiden.

Innenliegende Räume ohne Fenster

Fensterlose Flure und Sanitärräume sind häufig anzutreffen. Damit man in innenliegenden Fluren oder Dielen nicht bei jedem Begehen künstliches Licht einschalten muß, kann man die Türen gegen Räume mit Fenstern offen stehen lassen, solange das nicht mit der Nutzung kollidiert, oder man muß oberhalb der Türen Verglasungen anordnen oder die Türen mit Glasausschnitten versehen. Hochliegende Verglasungen führen in den regelmäßig engen Fluren oder Dielen zu unangenehmer Lichtwirkung (vgl. Abb. 3.5/6 Figur a). Auch eine Verglasung von Türen sollte nicht nur oben, wie oft praktiziert, sondern besser ganz erfolgen, damit Licht in den unteren Flurbereich fällt (vgl. Abb. 3.5/6). Geeignet wären Wohn- oder EBzimmertür, Küchentür, in Einfamilienhäusern auch Windfang- und Haustür. In alten Mehrfamilienhäusern verursachen die traditionellen (Wohnungs-) "Glastüren" nachts gegenseitige Belästigungen durch Licht. In Schlafräumen sind Verglasungen von Türen ein unguter Kompromiß, da gegenseitige nächtliche Lichtbelästigungen nicht vermieden werden können und die Verglasungen dann oft auch wieder verschlossen werden. Die Tür zum Bad kann man undurchsichtig verglasen, wie in dem Einfamilienhausbeispiel möglich. Im Reihenhausbeispiel kann eine Verglasung an keiner der Türen empfohlen werden.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

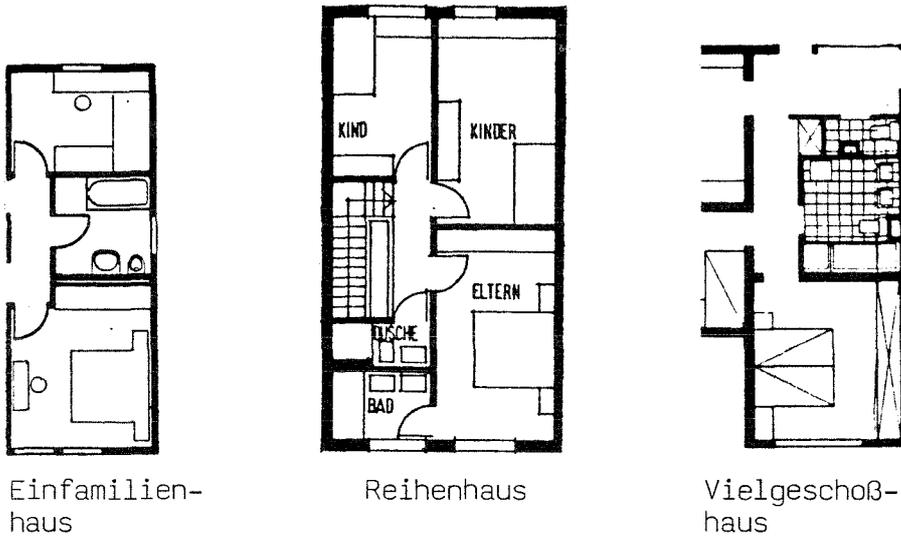


Abb.: 3.5/5: Fensterlose Flure

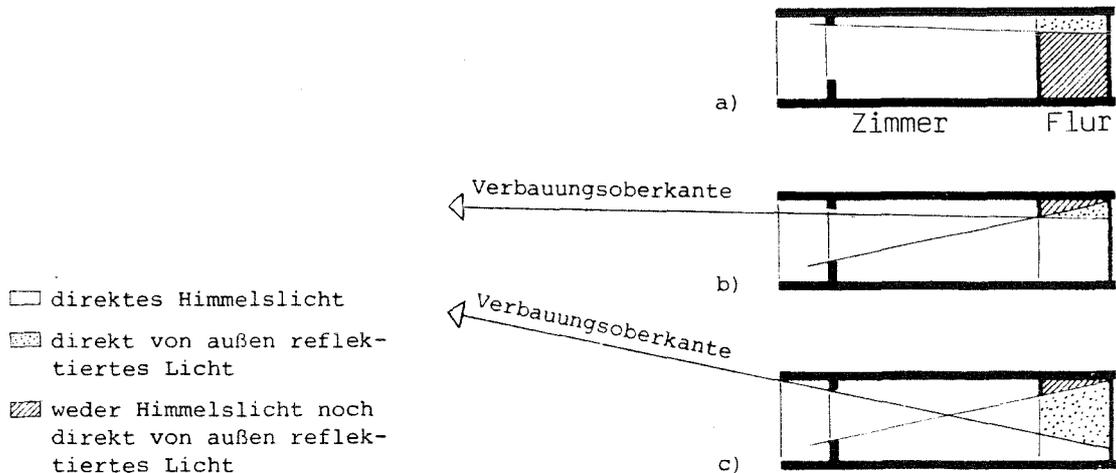


Abb. 3.5/6: Ein fensterloser Flur erhält Tageslicht aus einem angrenzenden Raum
 a) durch ein Oberlicht oberhalb der Tür
 b) durch eine ganz verglaste (gegebenenfalls Ganzglas-) Tür im obersten Geschoß des Verbauungsfalls nach Abb. 3.3/1 (oben)
 c) wie (b), aber im Erdgeschoß

Für alle innenliegenden Räume - auch Sanitärräume - gilt verstärkt (siehe auch Kapitel 3.3.4), daß sie um so heller, weiter, freundlicher wirken, je hellere Farben man für alle Oberflächen (auch den Fußboden) gewählt hat. Daß helle (gut reflektierende) Oberflächen die Lichtausbeute vergrößern, betrifft selbstverständlich auch die künstliche Beleuchtung: man benötigt dann weniger elektrische Ener-

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

gie für gleiche Beleuchtungsstärken bei ganz erheblich (proportional zum Reflexionsgrad der wahrgenommenen Flächen) verbessertem Helligkeitseindruck.

3.5.2 Nicht befriedigende Aussicht

Wenn dem Ende des Abschnitts 3.1 mit Bezug auf DIN 5034 ein "Richtwert" von 55 % Fensteranteil an der Außenwandlänge für eine "befriedigende Sichtverbindung" nach draußen anzuklingen scheint, so muß sich die Raumgestaltung - der architektonische Entwurf - mit den modifizierenden Bedingungen, auch der Möblierbarkeit, befassen. Besondere Gesichtspunkte ergeben sich aus der Raumnutzung, mit der sich die Erwartungen und der Bedarf erheblich ändern; die Bedingungen ändern sich mit dem angenommenen Standort des Nutzers im Raum, mit der Überlegung, welche Rolle eine Erweiterung des Ausblicks nach oben oder unten spielen könnte, schließlich sogar damit, ob ein introvertierter Raum gefragt sein kann. Dies bedeutet wohl, daß die genannten 55 %, beschäftigt man sich mit der jeweiligen Situation, eher ausnahmsweise als regelmäßig eine begründbare Wahl sein können.

In Geschosßwohnungen kommt der Sichtverbindung nach unten - zum Gelände vor dem Haus - und nach oben - zum Himmel, der im allgemeinen schon durch Nachbargebäude begrenzt in Erscheinung tritt - besondere Bedeutung zu. Auch bewegtes Gelände kann zu Präferenzen für den Ausblick nach oben und unten führen. Somit sind Fensterbrüstungen und Fensterstürze, in unteren Geschossen auch Raumhöhen, kritisch zu betrachten. Fensterbrüstungen von 80 bis 90 cm Höhe (Bauordnungsrecht) stellen für eine sitzende Person mit einer Augenhöhe von 100 bis 120 cm schon ein erhebliches Sichthindernis dar, zumal ja die Rahmenstärke mit rund 6 cm hinzugerechnet werden muß. In tiefen Räumen, auch bei vorgelagerten Loggien mit geschlossenen Brüstungen, können die üblichen Brüstungsmaße als besonders störend wahrgenommen werden. Niedrigere Brüstungen sind baurechtlich zulässig, wenn eine entsprechende Umwehrung bei geöffnetem Fenster erhalten bleibt (dann sind die Geländer-Vorschriften maßgebend) oder das Fenster sich im kritischen Bereich nicht öffnen läßt. Der Kultur von Zimmerpflanzen auf der Fensterbank sind nicht selten erhebliche Einschränkungen der Sichtverbindung zuzuschreiben. Gelegentlich mag dies gewollt sein; wenn genügend große Fenster vorhanden sind wird auch die Raumbelichtung davon nicht unzuträglich vermindert. Bessere Bedingungen aber für die meisten Funktionen des Fensters und für die Pflanzenkultur bieten niedrige Fensterbänke oder bis zum Boden reichende Fenster, zweckmäßige Anpassung der Heizung vorausgesetzt. (Zur architektonischen Wirkung vgl. auch Abschnitt 9.4.2).

Weit herabreichende Fensterstürze beschneiden die Sicht besonders unangenehm. Sie sind nur bei breiten Fenstern oder besonderen Deckenkonstruktionen statisch notwendig, von daher sollten sie sich durch bessere Abstimmung im konstruktiven Entwurf vermeiden

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

lassen. Häufig sind es aber Rolladenkästen, die solche Probleme verursachen, woran zweierlei schwer verständlich erscheint: der oft schematische Einsatz von Rolläden unabhängig von der Dringlichkeit des Bedarfs (z.B. in Obergeschossen; wobei die Einbruchshemmung auch in Erdgeschossen nur mit speziellen Konstruktionen erzielt wird) und der Mangel an Ideen und konstruktiven Entwicklungen, einen Rolladenkasten günstiger anzuordnen. Besonders bedenklich sind Pflichtübungen in Fassadengeometrie, bei denen Planverfasser sich gehalten fühlen, allen Fenstern die gleiche Höhe der Oberkante zu geben, wobei sie den ungünstigsten Fall auf alle übrigen übertragen.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

4. Besonnung

4.1 Besonnungsmaßstäbe

Abgesehen von der in Befragungen immer wieder auffallenden hohen Wertschätzung sonniger Wohnungen (vgl. Gilgen/BARRIER, 1970, Seidl u.a., 1978, Weeber + Partner, 1986) und sehr pauschalen, oft mehr gefühls- als erfahrungsbestimmten Erwartungen - etwa von Morgensonne in Schlaf- und Abendsonne in Wohnräumen - gibt es nur wenige konkret verwertbare Aussagen zur Besonnung von Wohnungen, so daß in der Bundesrepublik auch verbindliche Maßstäbe zur Besonnung von Gebäuden oder Freiräumen dazwischen fehlen.

"Der Empfehlung in Teil 1 der (baurechtlich nicht bindenden) DIN 5034 (1983), daß die (bei klarem Himmel)"mögliche Besonnungsdauer in Fenstermitte in mindestens einem Aufenthaltsraum einer Wohnung zur Tagundnachtgleiche 4 Stunden betragen" sollte, liegen zwar sehr viele Antworten zugrunde (fünfstufig zwischen viel zuviel und viel zuwenig) (Klingenberg/Seidl, 1976), die aber nur in Beziehung gesetzt wurden zur Besonnungsmöglichkeit während der willkürlich als kennzeichnend angenommenen Tagundnachtgleichen. Andere Vorschläge zur Mindestbesonnung vor allem von Wohnungen betreffen die wegen der geringen Sonnenhöhe schwieriger zu gewährleistende Winterbesonnung. So schlug Roedler 1953 wegen der geringen Sonnenscheinhäufigkeit eine tatsächliche Besonnungsdauer während des Vierteljahres Dezember bis Februar von insgesamt wenigstens 50 Stunden vor, während Neumann, Reichelt 1954 für den 7. Februar (wie Konz, 1932) als mittleren Wintertag eine Sonnenwärmeeinstrahlung durch die Verglasung des Hauptraums, für Ost-West-Fassaden als Summe der Einstrahlung durch die Fenster auf beiden Seiten einer Wohnung, bei gegebener Sonnenscheinhäufigkeit von wenigstens 300 kcal/qm Tag ungefähr 350 Wh/qm Tag empfohlen, bei klarem Himmel jedoch das Dreifache. Dieser letzte Maßstab erschien in Untersuchungen des Instituts für Tageslichttechnik Stuttgart zu Gebäudeabständen und unüblichen Bebauungsformen (z.B. Heinle u.a., 1969 und Freymuth, 1972) besonders praktikabel" (Aus: Lutz u.a. 1985, S.495).

4.2 Astronomische und meteorologische Gegebenheiten

"Der von der geographischen Lage abhängige jahres- und tageszeitliche Wechsel in der Stellung eines Ortes zur Sonne bedingt große Unterschiede im astronomisch möglichen Empfang von Sonnenstrahlungswärme. Den häufig noch als Überraschung empfundenen wechselnden Strahlungsempfang durch waagrechte und verschieden gerichtete senkrechte Verglasungen, wie er etwa für Mitteleuropa gilt, zeigen die Abbildungen 4.2/1 und 4.2/2: An klaren Tagen ist zum Beispiel durch Südfenster die im Jahreslauf geringste Sonnenwärmeeinstrahlung zur Sommersonnenwende zu erwarten, sowohl im stündlichen Maxi-

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

mum (Abb. 4.2/1) wie sogar in der Tagessumme (Abb. 4.2/2) weniger als um die gleiche Zeit durch Nordost- oder Nordwestfenster. Die meiste Sonnenwärme im Winter gewinnt man dagegen durch Süd-fenster..." (Lutz u.a., 1985, S.491).

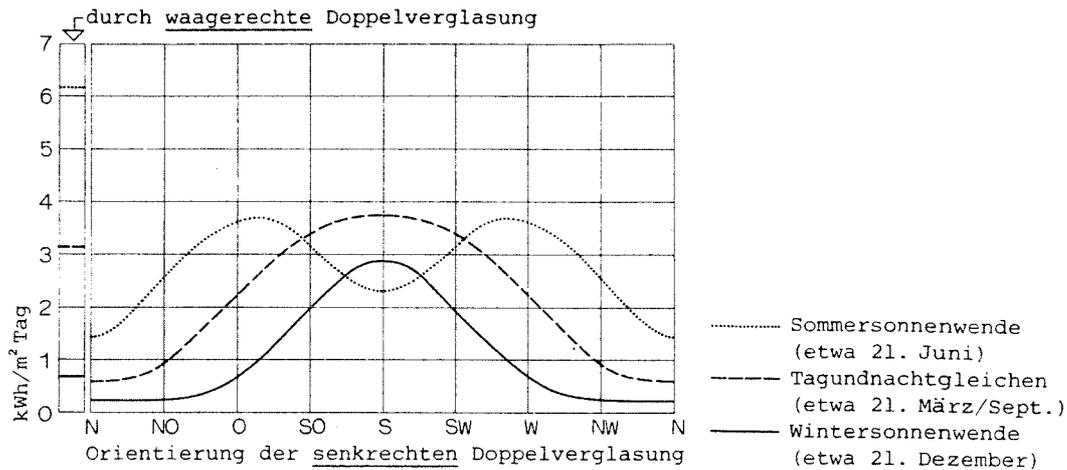


Abb. 4.2/1: Tagessummen der Gesamtenergieübertragung bei klarem Himmel (Trübungsgrad nach Linke $T = 2,75$) durch 1 qm unverbaute waagerechte und verschieden orientierte senkrechte farblos klare Doppelverglasung, ermittelt für 49 Grad nördlicher Breite (Karlsruhe, Regensburg) mit dem aus Daten von Krochmann, Özver und Orłowski, 1975, abgeleiteten Diagrammsatz Sonnenwärme (Freymuth, 1982).

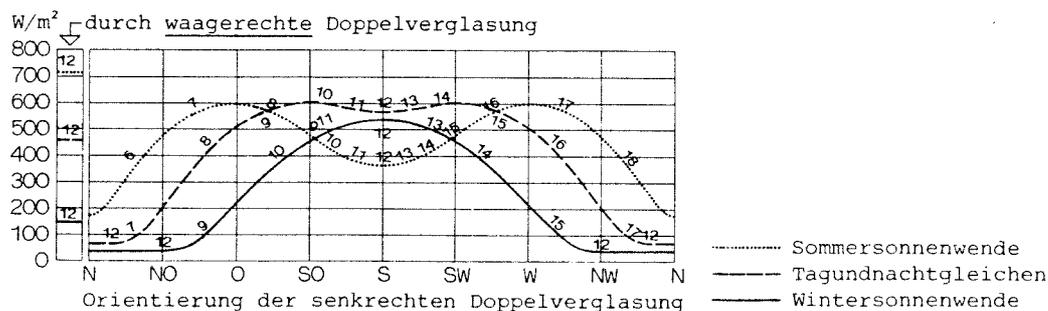
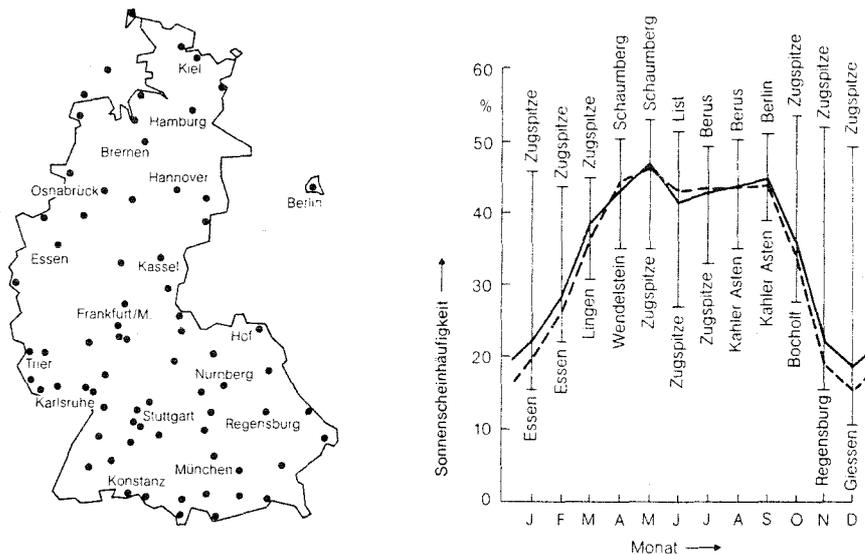


Abb. 4.2/2: Größte stündliche Gesamtenergieübertragung bei klarem Himmel (durch farblos klare Doppelverglasung, wie in der obigen Abbildung angegeben). Die Zahlen an den Kurven bezeichnen die Stunde der größten Einstrahlung (wahre Ortszeit).

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Gerade in unserem Klima mit einer Sonnenscheinwahrscheinlichkeit von etwa 35 % als Jahresmittel und unter 25 % in den Wintermonaten (vgl. Abb. 4.2/3) bestimmt die Gebäudeorientierung wesentlich die Wohnungsqualität mit.



— Monatsmittel und
 I Schwankungsbreite mit Extremwerten aus 71 Stationen

---- Monatsmittel aus den 17 aufgeführten Stationen

Abb. 4.2/3: Sonnenscheinwahrscheinlichkeit (relative Sonnenscheindauer) nach (Krochmann/Schmid, 1974) in der Bundesrepublik Deutschland 1951 - 1960
 Aus: Freymuth, 1977, S.24

4.3 Sonnenbezogene Gebäudestellung

Für das sonnenreiche Griechenland hat schon Sokrates geraten, wie ein behagliches Haus zu bauen sei, im Sommer kühl und im Winter warm: indem man es nach Süden weit öffne, aber durch einen ausreichenden Dachvorsprung gegen die Sommersonne abschirme (Xenophon). Diese Vorzüge der Südlage, die winterlichen Sonnenwärmegewinn mit (bei genügendem Dach- oder Deckenvorsprung: siehe Abbildung 4.4/1) sommerlichem Sonnenschutz vereint, bestätigen die Abbildungen 4.3/4 und 4.3/2 auch für unsere Breiten. Hier liefert die Sonne im Winter nicht so viel Wärme, weil sie mittags zum Beispiel in Stuttgart oder Paris um 11 Grad, in Hamburg um 15,5 Grad niedriger steht als in Athen und zudem häufiger von Wolken verdeckt ist. Daß Gebäude mit Hauptfronten gegen Süd und Nord im Winter wegen der größeren und im Sommer wegen der geringeren Sonnenwärmeeinstrahlung der Fassadenorientierung gegen Ost und West überlegen sind, wurde zwar in unserem Jahrhundert auch in Deutschland oft aufgefrischt, aber im Städtebau kaum befolgt (eine der Ausnahmen: Olympiadorf

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

München). Die Abbildung 4.3/1 gilt nur für die selteneren klaren Tage und verdient vor allem wegen der im Sommer auszugleichenden Sonnenwärmelast Aufmerksamkeit. Die Abbildung 4.3/2 veranschaulicht nochmals, daß die Orientierung gegen Süd und Nord im Winter selbst bei durchschnittlicher (recht geringer) Sonnenscheinhäufigkeit noch günstiger ist; sie bleibt es sogar dann, wenn zeilenförmige Verbauung die baurechlich obere Grenze für Wohngebiete erreicht (Freymuth, 1979). Allerdings müßte man die Süd-Nord-Orientierung auch bei der Raumanordnung berücksichtigen, was - ernstgenommen - zumindest für größere Wohnungen meist dazu zwingt, die in den letzten Jahrzehnten ständig größer gewählte Baukörpertiefe zu vermindern.

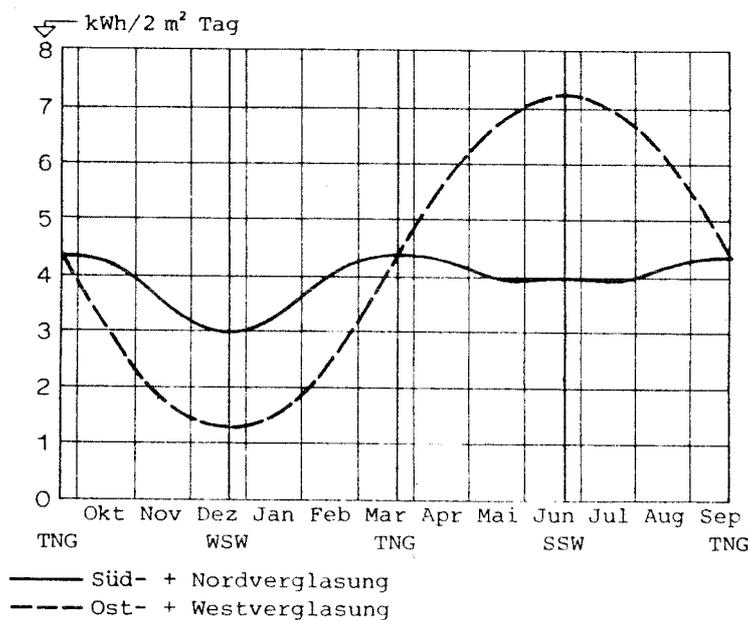


Abb. 4.3/1: Tagessummen der im Jahreslauf eindringenden Gesamtenergie, bei klarem Himmel (Trübungsgrad nach Linke $T = 2,75$), zusammen durch je 1 qm unverbaute entgegengesetzt orientierte farblos klare senkrechte Doppelverglasung, für 51 Grad nördlicher Breite (Köln, Bebra), ermittelt mit dem Diagrammsatz Sonnenwärme (Freymuth/Freymuth 1982), nach Lutz u.a., 1985

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

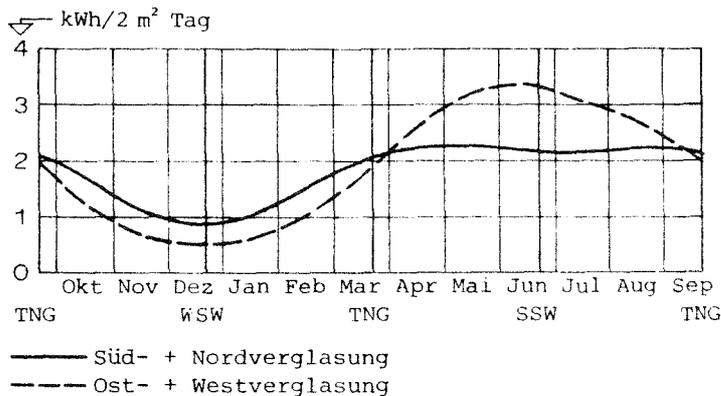


Abb. 4.3/2: Tagessummen der durch entgegengesetzte Doppelverglasung (wie Abb. 4.3/1) bei durchschnittlicher Sonnenscheindauer eindringenden Gesamtenergie (stündliche Sonnenscheindauer nach Aufzeichnungen in Köln, Bot. Garten, 1951 - 1960, korrigiert nach Tonne und Naumann, 1960) nach Lutz u.a., 1985

4.4 Sonnenschutz

Das Bemühen, Sonnenwärme im Winter möglichst zu nutzen, erübrigt nicht Überlegungen zum Schutz vor zuviel Sonnenwärmeeinstrahlung in den warmen Jahreszeiten.

"Licht und Strahlung im allgemeinen ist transportierte Energie. Diese Energie kann, wenn sie absorbiert wird, in andere Energieformen verwandelt werden, zum Beispiel in Wärme oder elektrische Energie" (Keitz, 1967).

Überwiegend absorbieren die Raumflächen (zum Teil erst nach mehrfacher Reflexion) die durch Lichtöffnungen eingestrahelte Energie und wandeln sie in Wärme um. Weil Glas für die langwellige (Sekundär-)Strahlung der so sich erwärmenden Flächen undurchlässig ist, kann die Sonne großflächig verglaste Räume recht schnell aufheizen (Treibhauseffekt), zumal bei dämmend bekleideten Raumbegrenzungen. Heller Blendschutz auf der Raumseite kann zwar - um so wirksamer, je näher er sich hinter der Scheibe befindet - einen bei kleineren Öffnungen und guter Wärmespeicherfähigkeit der Bauteile sogar genügenden Teil der unerwünschten Strahlung direkt wieder nach außen reflektieren. Meist muß man aber die Strahlung schon außen vor der Verglasung abweisen können. Auf Südseiten ist der von Sokrates empfohlene Vorsprung über der Öffnung am einfachsten. Er hält ohne weiteres Zutun die Sonne im Sommer fern und läßt sie im Winter fast unbehindert ein. Für die Übergangs- und Wintermonate muß er durch einen beweglichen hellen Schutz (z. B. weiße oder hellfarbige Vorhänge) ergänzt werden.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Sonnenhöhe zur Südwand

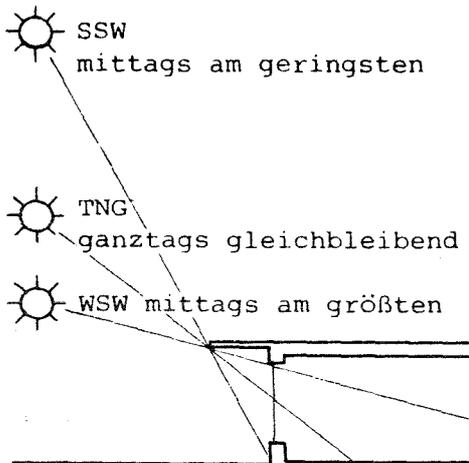


Abb. 4.4/1: Sonnenhöhe zur Südwand:

Auf einer Südwand (hier auf 51 Grad nördlicher Breite: etwa Köln) ist die Schattenlänge eines Vorsprungs zu anderen Tageszeiten im Sommerhalbjahr (hier SSW: Sommer Sonnenwende) noch größer, im Winterhalbjahr (hier WSW: Winter Sonnenwende) noch kleiner als mittags und zu den Tag und Nacht gleichen (TNG) ganztags gleich. Diese einfache Beziehung gilt nur für genau südgerichtete Flächen (südlich des Äquators für genau nordgerichtete).

Starre senkrechte Lamellen, die vor Nordöffnungen seitlich einfallende Sonne abhalten (südlich des Äquators vor Südöffnungen), gewähren sonst auf allen geographischen Breiten nur dann in gleichem Maße Sonnenschutz wie (bei mehr als 30 Grad Abweichung von Süd dazu nur wenig besser geeignete) waagerechte Lamellen, wenn man sie so dicht anordnet, daß sie Tageslichteinfall und Ausblickmöglichkeit indiskutabel einschränken (Freymuth, 1977). Für alle im Verhältnis zum Raum größeren Fenster außer gegen Nord und (bei genügendem starren Schutz) Süd benötigt man also in der Regel bewegliche äußere Sonnenschutzvorrichtungen: dreh- oder verschiebbare Fensterläden, Jalousien oder Jalousetten und Markisen. Sie müssen die Lichtöffnungen ganz frei lassen, wenn die Sonne nicht darauf scheint und sie sind so anzubringen, daß sie die Raumlüftung durch die Fenster nicht behindern (Lutz u.a., 1985, Weeber + Partner 1985 a).

Sonnenschutzverglasungen - für hohe Hochhäuser oft einzige ausführbare Sonnenschutzlösung - eignen sich wegen ihrer geringen Lichtdurchlässigkeit und der Farbveränderungen (siehe auch 3.4.3 Raumschnitt, Fensteranordnung und -ausbildung) kaum für Wohnungen mit meist nicht so großen und dazu oft stärker verbauten Fensterflächen. Sie erfordern immer ergänzende sehr helle bewegliche Sonnenschutzvorrichtungen (Vorhänge, Rollos o.ä.).

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Einige stadtplanerisch Interessierte propagieren neuerdings, Sonnenschutzmaßnahmen seien eine Folge zu großer Gebäudeabstände und erübrigten sich bei engeren Bebauungen (die dann auch "spannungsreichere" Stadtbilder erlaubten). Die zunächst etwas verwirrend erscheinende Abbildung 4.4/2 zeigt die Wirkung sehr geringer Abstände auf die Besonnungsverhältnisse und die Gesamtenergieeinstrahlung an klaren Tagen auf die Fassadenflächen im Vergleich mit der Abbildung 4.3/1 für die oben im Bild skizzierten dreigeschossigen Flachdachzeilen, deren Abstand gleich der Gebäudehöhe ist.

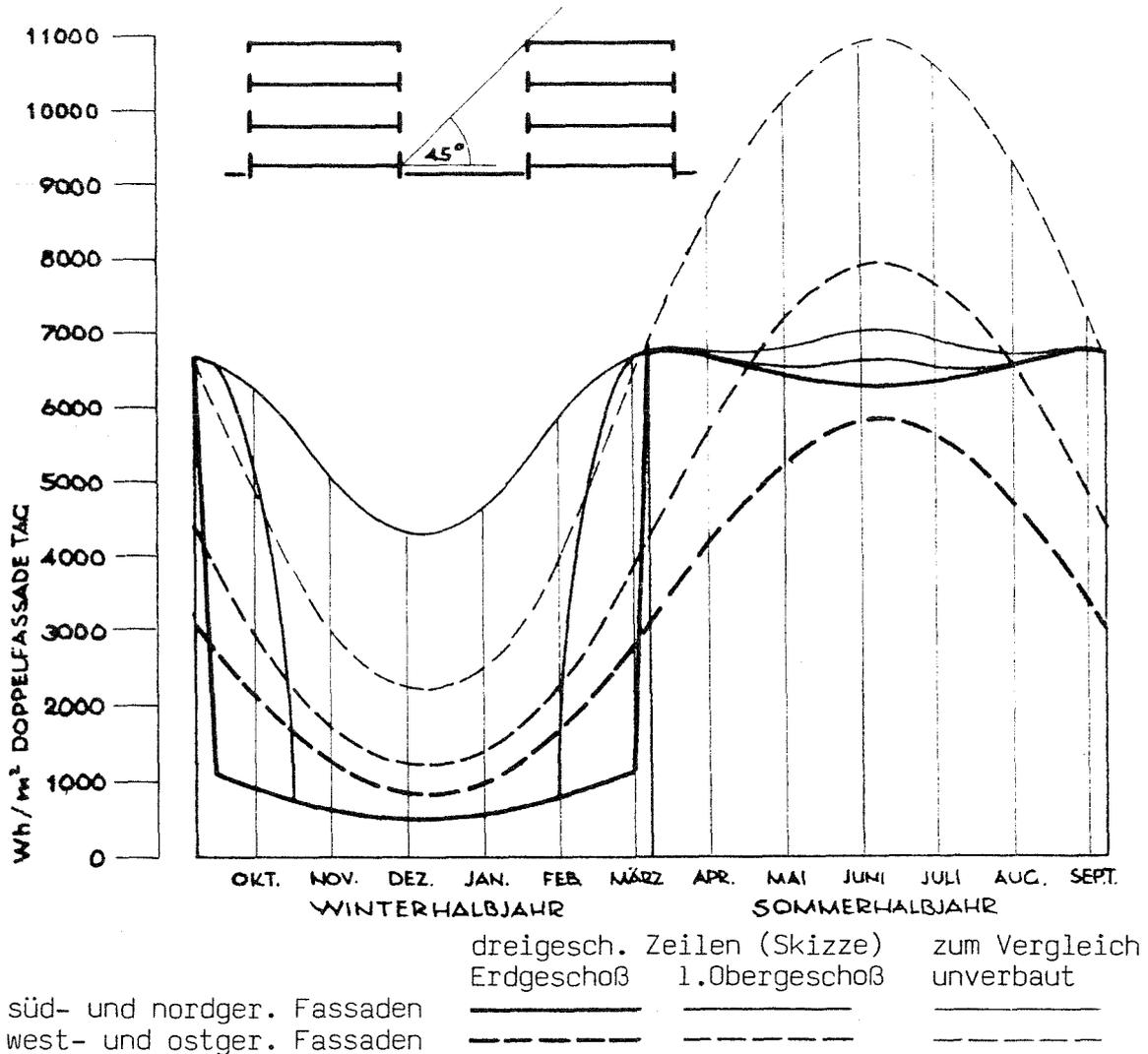


Abb. 4.4/2: Vergleich der Tagessummen bei verbauten und unverbauten Fassaden:
 an klaren Tagen auf je 1 qm zusammen auftreffende Energie

Bei den gestrichelten Ergebnissen für Zeilen mit west-ost-orientierten Fronten fällt auf, daß der geringe Abstand im Sommer wie im Winter tatsächlich mit einer gewissen Kontinuität die mögliche Sonnenwärmeeinstrahlung herabsetzt. Allerdings ist dies im Winter

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

mehr als im Sommer (Erdgeschoß: Dezember auf 37 %, Juni auf 53 %). Schon im mittleren Geschoß ist der Wirkungsgrad so gering (Minderung auf 73 %), daß selbst dieser enge Abstand einen äußeren Sonnenschutz kaum erübrigen kann. Für Zeilen mit süd-nord-orientierten Fronten (durchgezogene Linien) verkehrt eine Verbauung unter diesem Höhenwinkel die Besonnungsverhältnisse schlagartig zu den Tagundnachtgleichen: keine Sonne im Winterhalbjahr (selbst im mittleren Geschoß 4 1/2 Monate lang nicht; den dargestellten sehr geringen Energiegewinn in den sonnenlosen Monaten erzeugt die Strahlung des klaren Himmels). Sogar im Erdgeschoß wird unter diesen Bedingungen kein sommerlicher Sonnenschutz erreicht (nur die Nordfassade empfängt etwas weniger Sonne). Enge Gebäudeabstände bewirken also keinen nennenswerten Sonnenschutz im Sommer, verhindern aber fast jede Winterbesonnung und schaffen - bei den jetzt üblichen Raumhöhen - völlig unzureichende Tageslichtverhältnisse in den unteren Geschossen (Freymuth, 1983, S.4-6).

4.5 Hinweise für sonnengerechtes Bauen

4.5.1 Städtebauliche Voraussetzungen

Auch die Besonnungsmöglichkeiten werden vor allem durch die städtebaulichen Gegebenheiten - Gebäudeanordnung, Orientierung, Abstände - bestimmt.

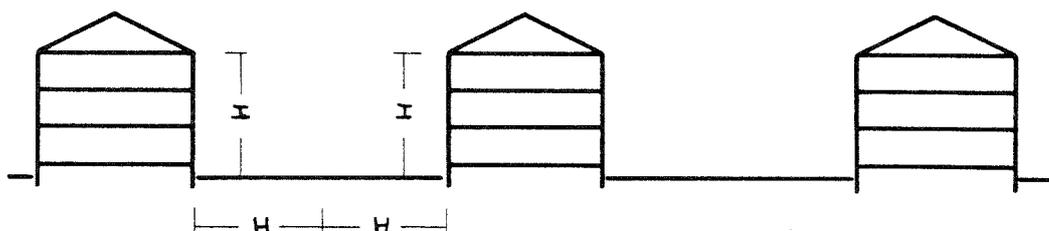


Abb. 4.5/1: Mindestabstand gemäß der Musterbauordnung

In dreigeschossigen Zeilen (Abb. 4.5/1) mit Mindestabstand gemäß der Musterbauordnung von 1981 würden bei genauer Süd-Nord-Orientierung die Erdgeschoßfenster etwa von Mitte November bis Ende Januar überhaupt nicht von Sonne getroffen. Derartige Bebauungen kommen der Empfehlung von wenigstens 50 tatsächlichen Sonnenstunden während des Vierteljahres Dezember bis Februar nicht nach (Roedler, 1953); sie erfüllen aber die Forderung der DIN 5034 (1983) nach 4 Stunden möglicher Besonnung zu den Tagundnachtgleichen und auch den Vorschlag nach 1050 Wh/qm bei klarem Himmel am 7. Februar durch die Fenster eingestrahelter Sonnenwärme (Neumann/Reichelt, 1954). Bei Ost-West-Orientierung dieser Fronten könnten die Fenster auf beiden Zeilenseiten zwar während des ganzen Winters kurzzeitig mit geringer Intensität besonnt werden, aber die Wohnungen würden beson-

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

nungsmäßig keinem dieser drei Maßstäbe (DIN 5034, Roedler, Neumann/Reichelt) genügen.

Die schon wegen der Tagesbeleuchtung der Wohnungen wünschenswerte Vergrößerung der Gebäudeabstände über das in der Musterbauordnung festgelegte Mindestmaß hinaus wäre also auch wegen der Besonnung - unabhängig von der Orientierung - anzustreben. Bei Süd-Nord-Richtung der Hauptfenster würde aber eine nur geringe Abstandsvergrößerung die Winterbesonnung wirksamer verbessern als bei Ost-West-Orientierung.

Heizkostensparnis durch winterliche Sonnenwärmeeinstrahlung und einfache Lösungen für den sommerlichen Sonnenschutz sind gebunden an die Voraussetzung der städtebaulich vorzugebenden Möglichkeit, die Hauptfronten der Gebäude gegen Süden und Norden richten zu können.

4.5.2 Form und Ausführung der Gebäude

Räume an einspringenden Ecken (Hofecken) sind schlecht zu beleuchten. Sie empfangen auch, bezogen auf die jeweilige Orientierung, deutlich weniger Sonne, denn aus dem von höherer, etwa rechtwinklig anschließender Bebauung verdeckten Himmelsbereich kann die Sonne nicht scheinen. Ähnlich schränken senkrechte Fassadenversätze die Besonnungszeit von Fenstern daneben ein (Loggienseiten). Oft wird der Versuch unternommen, durch sägezahnartige Fassadengestaltung eine günstigere Fensterorientierung zu erreichen (z. B. aus einer Nordwestfassade die Fenster gegen Westen herauszuschwenken). Diese Maßnahme verlängert die mögliche Dauer der Besonnung (die erste Ausschwenkung ausgenommen) gar nicht, erhöht ihre Intensität allenfalls unwesentlich und läßt auch die Sonne nicht tiefer in den Raum scheinen.

Waagerechte Vorsprünge über Fenstern bieten auf Südseiten bei ausreichender Ausladung sommerlichen Sonnenschutz, ohne die winterliche Sonnenwärmeeinstrahlung wesentlich zu beschränken (siehe Abbildung 4.4/1. Sie verlieren ihre Vorzüge aber bei mehr als 30 Grad Abweichung vor der Südlage.

Sehr dunkle Gebäudeflächen (schwarze Dächer, Balkonbrüstungen) absorbieren mehr Sonnenwärme, aber leider nicht nur im Winter, sondern auch im Sommer. Große weiße Außenflächen blenden bei Besonnung die Nachbarn. In der Regel sind mittlere Farbtöne (mit weniger extremem Reflexionsverhalten) günstiger.

4.5.3 Anordnung und Ausführung von Lichtöffnungen und Sonnenschutz

Man braucht hier im Grunde nur die schon vor einer Generation ausgesprochenen Empfehlungen der FBW-Veröffentlichung 39 "Licht und Sonne im Wohnungsbau" aus dem Jahre 1955 zu wiederholen (Völkers u.a. 1955): Lichtöffnungen möglichst nach Süden und dann möglichst groß, bei anderen Orientierungen so groß wie beleuchtungstechnisch nötig.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Schrägverglasungen - sei es im Dach, sei es über erkerartigen Vorbauten - erhöhen vor allem die sommerliche Sonnenwärmeeinstrahlung, wobei der Sonnenschutz technisch schwieriger zu bewerkstelligen ist. Im Winter gewinnt man am meisten Sonnenwärme durch senkrechte, allenfalls (bei Südorientierung) nur knapp, bis 15 Grad oben eingekippte Verglasungen. Bei leichten, weniger wärmespeicherfähigen Bauarten und bei größeren Zimmerabmessungen mit ihren größeren Fenstern wird in der Regel ein äußerer Sonnenschutz nötig.

Sonnenschutzmaßnahmen sollen in Wohnungen vor allem einer Überwärmung vorbeugen und daher die Strahlung schon außen abschirmen, ohne die Tageslichtversorgung bei verdeckter Sonne zu beschränken (siehe 4.4), also möglichst voll beweglich und selbstverständlich hell sein. Dunkler Sonnenschutz absorbiert auftreffende Strahlung, erwärmt sich selbst und gibt die Wärme an die umgebende Luft und - vorwiegend im Strahlungsaustausch - an andere Flächen (Verglasung, Balkonflächen) ab.

Die an Südseiten als hochsommerlicher Sonnenschutz genügenden Balkone und Loggien (siehe Abb. 4.4 A) sollten bei den heute üblichen Geschoßhöhen wegen der Tageslichtminderung für die Räume dahinter möglichst nicht weiter als 1.50 bis 1.75 m auskragen. Tiefere Balkone oder Loggien (deren Seiten möglichst nicht ganz so tief sein sollten) behindern den Tageslichteinfall weniger, wenn man sie um ein bis zwei Stufen anhebt. Die äußere Balkonunterkante als obere Begrenzung der lichtgebenden Himmelsfläche muß immer möglichst hoch über dem Zimmerfußboden liegen. Die Fenster unter solchen Balkonplatten sollten einen einfachen beweglichen hellen Schutz (Vorhänge, Rollos o. ä.) erhalten, damit man sich in den Übergangs- und Wintermonaten schützen kann, falls die Sonne durch zu hohe Wärmeeinstrahlung (im Herbst) oder Blendung stören sollte.

Helle Vorhänge oder Rollos sind auch an Öffnungen mit beweglichem Außenschutz sinnvoll, damit man außerhalb der heißen Jahreszeit zum Schutz gegen Blendung nicht die äußeren Vorrichtungen betätigen und mit ihnen zugleich auch die Sonnenwärmeeinstrahlung nahezu ganz ausschließen muß. Da solche inneren Sonnenschutzvorrichtungen um so mehr Sonnenstrahlung direkt wieder nach außen reflektieren, je geringer ihr Abstand zur Verglasung ist, sollten sie sich zweckmäßig möglichst nahe hinter den Scheiben (zwischen Verglasung und Pflanzen) bewegen. Wenn sie als Blendschutz im Winter die Sonnenwärmeeinstrahlung nicht mehr als unumgänglich einschränken sollen, müßten sie dagegen eigentlich möglichst weit entfernt von der Verglasung im Raum angebracht sein, dürfen dort jedoch die Wärmeabgabe der Heizflächen nicht beschränken.

Balkone und auch Loggien, die an Südseiten für die Räume oft als hochsommerlicher Sonnenschutz ausreichen und im Frühjahr und auch im Herbst häufig angenehmen Aufenthalt bieten, sind vor allem im Sommer meist nur dann nutzbar, wenn man sich mit Markisen oder Sonnenschirmen, evtl. auch Pflanzen Schattenbereiche darauf schaffen kann. Die meist besser gegen Wind schützenden Loggien

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

schränken aber Tagesbeleuchtung und Besonnung des Raumes dahinter noch stärker ein als Balkone.

Besondere Maßnahmen zum Gewinn von Sonnenenergie werden im Kapitel "Fenster" besprochen.

4.6 Häufige Mängel und Lösungen

4.6.1 Fehlende oder unzureichende Besonnung von Räumen oder ganzen Wohnungen im Winter

Ursache und Lösung

Schlechte Zuordnung von Fenstern zur Hauptsonnenrichtung

Nicht oder nicht optimales Nutzen der Südlage sollte bei freistehenden Einfamilienhäusern nicht vorkommen. Dies wäre sonst ein Planungsfehler des Architekten, vielleicht auch der Bauherrschaft. Bei mehr oder weniger geschlossenen Bauweisen (Zeilen- und Randbauungen) kann es aber nur in Ausnahmen durch Beeinflussen der meist schon fixierten Stadtplanung vermieden werden.

Bei hohen Mehrwohnungsgebäuden - schon bei Vierspännern, häufiger aber bei Vielgeschoßhäusern mit sehr vielen an ein vertikales Verkehrselement angeschlossenen Wohnungen - beweisen einseitig gegen Norden (oder mit nur geringer Abweichung davon) gerichtete Wohnungen den Vorrang der Rendite gegenüber der (nicht einklagbaren) Besonnbarkeit oder auch nur ein Unvermögen des Architekten.

Wer starke senkrechte oder waagerechte Vorsprünge vermeidet (vgl. Kapitel 4.5.2 und 4.5.3), verbessert die Besonnbarkeit.

Zu hohe Verbauung vor der Sonnenseite

Den meist stadtplanerisch fixierten Mangel zu hoher (im Verhältnis zum Abstand) Nachbargebäude oder Waldränder oder auch eines zu steilen, besonders gegen Süd ansteigenden Hanges kann man nur durch Wahl eine städtebaulich günstiger bedachten (größeren oder günstiger gelegenen) Grundstücks begegnen. Lediglich in leichteren Fällen kann ein Verzicht auf überstehende Balkon- oder Dachvorsprünge oder nur ein Höherlegen dieser Vorsprünge die Situation etwas verbessern.

Für und Wider Städtebaulicher Konzepte

Konsequente Anforderungen an die Besonnung waren zum Teil Bestandteil der städtebaulichen Leitbilder nach dem zweiten Weltkrieg und unterstützten die aufgelockerte, in Zeilen gegliederte Gebäudeanordnung in Neubaugebieten. Der oft langweilige Städte- und Wohnungsbau und andere soziale und städtebauliche Probleme dieser Siedlungen wurden viel kritisiert. Heute steht die Auseinandersetzung mit bestehenden Stadtquartieren, in denen aufgrund vorhandener

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Strukturen Beleuchtung und Besonnung oft eingeschränkt sind, im Vordergrund. Mit der Erkenntnis, wie wichtig dieser Wohnungsbestand für die Versorgung der Bevölkerung mit preiswerten Mietwohnungen, für die sozialen Bindungen und für eine vielfältige Stadtstruktur ist, änderten sich auch die städtebaulichen Leitbilder. Licht und Sonne sind auch nicht das einzige Kriterium gesunden behaglichen Wohnens.

Der Aspekt Beleuchtung und Besonnung geriet damit vielleicht wieder allzusehr in den Hintergrund. Es erscheint auch bei Neubauten oft vergessen,

- wie sehr die Menschen mit dem Licht und insbesondere der Sonne leben,
- daß es am besten ist, wenn man zu jeder Tageszeit einen Raum in der Wohnung hat, der besonnt ist,
- daß die Morgen-, Mittags- oder Abendsonne die Raumatmosphäre jeweils spezifisch schön gestaltet und daß dies den Bewohner positiv stimmt.

Unter dem Aspekt gesundes Wohnen mit Licht und Sonne ist die Auflockerung von Quartieren mit verbauten Hinterhöfen oder die Aufgabe von Wohnungen in Sockelgeschossen in engen Höfen und Straßen nach wie vor wünschenswert. Auch ist es abzulehnen, wenn bei Neubauten um einer interessanten Architektur oder einer maximalen Grundstücksausnutzung willen ungünstig gelegene oder geschnittene Wohnungen in Kauf genommen werden.

Über solche Extremfälle, die noch häufig genug sind, hinaus, kann die Verbauung jedoch nur begrenzt gemildert werden. Die Lösungen werden vor allem in einem differenzierten Einsatz aller architektonischen und städtebaulichen Mittel liegen, um die Sonne optimal zu nutzen und vielfältige Möglichkeiten zu schaffen, sie im und vor dem Haus zu erleben. Je weniger Licht und Sonne die Wohnung erhält, desto entscheidender ist der Außenbereich und die Aussicht. So macht z.B. der Blick auf ein Stück besonnte Stadtlandschaft auch ein Nordzimmer freundlich. So kann z.B. ein warmer, sonniger, gemütlicher Sitzplatz im Hof des Hauses, der schnell erreichbar ist, wenn man die Sonne spüren möchte, einen Ausgleich für eine sonnenlose Wohnung bieten.

4.6.2 Störungen durch Sonne

Das erst durch die sich ausbreitende leichtere (wenig wärmespeicherfähige) Bauart von Gebäuden bei manchmal zu großen Glasflächen auftretende Problem der Störung durch Sonnenwärme ist im Wohnungsbau seltener als (zum Beispiel) in Büro- und Arbeitsräumen. Sonnenwärme kann aber auch in Räumen mit innen aufgebracht zusätzlicher Wärmedämmung lästig werden. Auch in einseitig orientierten kleinen Wohnungen (z.B. in Altenwohnungen), in denen man der Sonne kaum ausweichen und die Wärme meist schlecht fortlüften kann, kann die Sonnenwärme sehr störend wirken. Solche Störungen werden verstärkt, wenn der Außenbereich unmittelbar vor der Wohnung ebenfalls überwärmt ist.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Ursache und Lösung:

Sommerliche Sonnenwärmebelästigung

Die heute meist sehr großen Raumtiefen bei geringer Geschoßhöhe lassen in der Regel kaum kleinere Fensteröffnungen zu. Die Möglichkeit, durch konsequente Süd-Nord-Orientierung der Hauptfenster die sommerliche Sonnenwärmeeinstrahlung auf ein Minimum zu beschränken, scheidet bei städtebaulich vorgegebener anderer Gebäudestellung aus, kann aber zusätzliche Sonnenschutzmaßnahmen nach Kapitel 4.5.3 auch nicht erübrigen. (Daß Rolläden die Fensterlüftung stark beeinträchtigen und daher doch eher eine Einbrucherschwerms als ein guter Sonnenschutz sind, dürfte bekannt sein; sie könnten aber zum wärmedämmenden Schutz gegen nächtliche Wärmeverluste weiterentwickelt werden.)

Die sinnvolle Regelung des Raumklimas setzt Mitdenken voraus: vorbeugendes Schließen des Sonnenschutzes, bevor der Raum zu warm wird; Lüften, solange die Außenluft noch kühl ist (nachts, frühmorgens).

"Eine quantitative Bewertung der Lüftung ist nicht möglich, man kann nur feststellen, ob diese die Temperaturverhältnisse im Raum verbessern kann oder nicht. Während der heißen Jahreszeit verspricht in der Regel nur die Nachtlüftung Erfolg, was aufgrund der Nutzung meist nur bei Wohnbauten möglich ist. In DIN 4108, Teil 2, wird die Möglichkeit der Nachtlüftung als erhöhte natürliche Lüftung bezeichnet." (Lutz u.a. 1985 S.205)

Zur Begrenzung der Strahlung empfiehlt DIN 4108, daß das Produkt aus Gesamtenergiedurchlaßgrad und Fensterfläche folgende Höchstwerte in Abhängigkeit von Lüftung und Innenbauart nicht überschreiten soll:

Innen-Bauart	Empfohlene Höchstwerte ($g_F \cdot f$) Erhöhte natürliche Belüftung	
	ist nicht vorhanden	ist vorhanden
leicht	0,12	0,17
schwer	0,14	0,25

Abb. 4.6/1: Aus: Lutz u.a., 1985 S. 207

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Für die Wirksamkeit von Sonnenschutzvorrichtungen werden in DIN 4108, Teil 2 folgende Abminderungsfaktoren (z) eingeführt:

Sonnenschutzvorrichtung	z
fehlende Sonnenschutzvorrichtung	1,0
innenliegende oder zwischen den Scheiben liegende Jalousien	0,5
außenliegende Jalousien mit feststehenden oder drehbaren Lamellen, hinterlüftet	0,25
außenliegende Jalousien Fensterläden mit feststehenden oder drehbaren Lamellen	0,3

Abb. 4.6/2: Aus: Lutz u.a., 1985 S. 205

In Kapitel 9 "Das Fenster", hinsichtlich der Lüftung auch unter 9.5 "Großflächige Verglasung", wird dieses Thema entwurfsbezogen vertieft. Ergänzungen finden sich in Kapitel 8.1.

Winterliche Erwärmung durch die Sonne

Winterliche Sonnenwärme ist immer wünschenswert und spart Heizkosten. Übererwärmung durch Sonne im Winter - ohnehin nur in Südräumen möglich - wäre ein Indiz für ein schlecht reguliertes oder/und zu langsam reagierendes Heizsystem. Mit thermostatisch geregelten Heizflächen geringer Trägheit (bei Warmwasserheizung mit wenig Volumen bei großer Oberfläche) läßt sich die eingestrahlte Sonnenwärme auch wirklich nutzen. Auch die Sonnenwärmenutzung erfordert jedoch Mitdenken!

Blendung durch Sonne

Nicht nur die Sonne selbst, auch besonnte Verglasungen in der Nachbarschaft oder besonnte weiße Außen- oder Raumflächen können blenden.

Dieses in Wohnräumen harmlose Problem läßt sich mit beweglichen Schutzvorrichtungen beheben. Vor allem im Winter sind innen im Raum hinter der Verglasung (selbst) angebrachte, am besten helle Vorhänge, Rollos, Vertikallamellen o.ä. günstig. Möglich sind aber auch, sofern sie die ganze Öffnungsfläche abdecken, bewegliche äußere Sonnenschutzvorrichtungen (bei dadurch wesentlich verringerter Sonnenwärmeeinstrahlung).

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

5. Lüftung

5.1 Bestandteile der Luft

Luft ist ein Gemisch gasförmiger Stoffe, die in der Erdatmosphäre in folgender Zusammensetzung vorkommen.

Zusammensetzung der Erdatmosphäre

Gas	% des Volumens	% der Masse	Masse in Mrd. Tonnen
Stickstoff (N ₂)	78,09	75,51	3,865.000
Sauerstoff (O ₂)	20,95	23,15	1,184.000
Argon (A)	0,93	1,28	65.000
Kohlendioxid (CO ₂)*	0,03	0,046	2.350
(CO ₂ = 1975)*	0,0326	0,051	2.600
Spurengase	Mill. d. Volumens	Mill. d. Masse	Masse in Mrd. Tonnen
Neon (Ne)	18	12,5	64
Helium (He)	5,2	0,72	3,7
Methan (CH ₄)	1,5	0,94	4,3
Krypton (Kr)	1,0	2,9	15
Lachgas (N ₂ O)**	0,5	0,8	4
Wasserstoff (H)	0,5	0,035	0,18
Ozon (O ₃)	0,4	0,7	3,3
Xenon (Xe)	0,08	0,36	1,8

Dazu kommen wechselnde Mengen (bis zu zwei Prozent) Wasserdampf

* Mit jahreszeitlichen Schwankungen um einige Prozent.

** Nach neueren Messungen beträgt der Lachgasgehalt der Atmosphäre etwa 0,25 bis 0,3 Millionstel des Volumens, was einer Masse von 1,5 bis 2 Milliarden Tonnen entspricht.

Abb. 5.1/1: Aus: Breuer 1978, S.155

Die Luft ist nicht nur ein Konsumgut, sondern das Medium im Kreislauf des Stoffwechselhaushaltes der Natur. Der Kreislauf funktioniert mittels Photosynthese und Atmung.

Bei der Photosynthese produzieren die grünen Pflanzen Kohlenhydrate aus Kohlendioxid und Wasser. Dabei wird Sonnenenergie aufgenommen und in Kohlenhydraten gespeichert und Sauerstoff als Abfallprodukt an die Umwelt abgegeben. Bei der Atmung wird die gespeicherte Energie wieder unter Sauerstoffverbrauch zu Kohlendioxid und Wasser 'verbrannt' ähnlich wie wir Kohle in einem Ofen verbrennen, um die

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

darin gespeicherte Energie nutzbar zu machen (Breuer, 1978, S.13).

Beim Sauerstoff- und Kohlendioxidgehalt der Luft gelten für den Menschen folgende Grenzwerte (Grandjean, 1973, S. 226):

Sauerstoffgehalt:

21% Normalwert in der Außenluft
10%-14% Kurzatmigkeit tritt auf
7% Ohnmacht und Tod

Kohlendioxidgehalt:

0,03% Normalwert in der freien Atmosphäre
3%-4% Normalwert in der ausgeatmeten Luft
2%-4% in der Raumluft, Atemnot tritt auf
10% in der Raumluft, Tod durch Lähmung der Atmungssteuerung

Halten sich Personen in einem Raum auf, wird die Raumluft durch die Atmung verbraucht. Auch tritt eine Luftverunreinigung im Raum durch Körperausdünstungen und chemische oder physikalische Prozesse ein. Die häufigsten und hygienisch bedeutsamen gasförmigen Luftverunreinigungen sind:

- Schwefeldioxid
- Stickstoffdioxid
- Aldehyde
- unvollständig verbrannte Kohlenwasserstoffe
- Kohlendioxid
- Kohlenmonoxid

Hinzu kommt die Luftverunreinigung durch Staub und Bakterien. Eine Gefährdung durch einen zu hohen Kohlendioxidgehalt oder einen zu niedrigen Sauerstoffgehalt aufgrund der Atmung von Menschen im Raum ist unwahrscheinlich, da viel eher eine Geruchsbelästigung durch Ausdünstungen von Menschen und Materialien (z.B. Baustoffe, Gegenstände im Raum, Putzmittel) entsteht und zum Lüften veranlaßt.

Ein nicht unwichtiger Faktor für Befinden und Wohnhygiene ist die Feuchtigkeit in der Raumluft. Die Luft kann bei einer bestimmten Temperatur nur eine ganz bestimmte Menge Wasserdampf enthalten. Dieser Sättigungsgehalt steigt mit zunehmender Temperatur stark an und nimmt mit zurückgehender Temperatur ab. Luft, die mit Wasserdampf gesättigt ist, besitzt die relative Feuchte 1,0 gleich 100%. Sinkt nun die Temperatur, so muß sich Wasserdampf aus der Luft abscheiden, da die Luft die in ihr enthaltene Wassermenge nicht mehr in Dampfform halten kann (Taupunkt). Der Wasserdampf wird in Form von Nebel ausgeschieden oder schlägt sich zum Beispiel an Bauteilen als Tauwasser nieder, wenn deren Oberflächentemperatur unter der Temperatur der Raumluft liegt.

Bei zu feuchter Luft entstehen nachteilige Wärmeverluste, außerdem erhöht sich die Verletzungsgefahr, weil die Hautoberfläche weich wird (vgl. Terhaag, 1984). Feuchte in Verbindung mit Staub stellt einen Nährboden für Krankheitserreger dar. Ebenso kann zu feuchte Luft die Bildung von Schimmel und Sporen fördern (vgl. Terhaag, 1984). Zu trockene Luft ist ebenfalls nicht problemlos. Sie kann

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

die Schleimhäute der Atmungsorgane in Funktion und Struktur beeinträchtigen (Terhaag). Außerdem wird Staub stärker freigesetzt, Staub kann auf Heizkörpern verschwelen und mit der Wärmeströmung in die Luft übergehen. Zu trockene Luft begünstigt die Ausbreitung von Gerüchen chemische Abläufe wie Freisetzung von Gasen aus Klebern, Farben und die elektrostatische Aufladung bestimmter Stoffe (z.B. Teppichböden).

Mit der Frage, ob ein Zusammenhang zwischen der Luftfeuchtigkeit am Arbeitsplatz und Fehlzeiten besteht, hat sich Green, 1985, beschäftigt. Er hat, wie es scheint, alle bekanntgewordenen empirischen Untersuchungen dazu überprüft und kommt zu dem Ergebnis: "...keine Untersuchung wurde durchgeführt, bei der alle Faktoren kontrolliert wurden. Trotzdem deuten die Aussagen bis heute darauf hin, daß erhöhte Luftfeuchtigkeit (nicht über 50 Prozent) dazu neigt, das Auftreten von Erkältungen zu reduzieren. Es gibt mehrere Gründe zu glauben, daß erhöhte, kontrollierte Luftfeuchtigkeit die Anzahl von Erkältungen bei kleineren Kindern signifikant reduzieren würde. Weil es keine Untersuchung ohne Fehler gibt, und weil wir von keiner fehlerfreien Untersuchung gehört haben, muß gesagt werden, daß die Reduktion der Absenzen durch Erhöhung der Innenraumluftfeuchtigkeit im Winter noch nicht vollständig bewiesen werden konnte." Green sieht aufgrund seiner Untersuchungen 50 % relative Luftfeuchte als einen günstigen Wert an. Er wird auch in der übrigen Fachliteratur sehr häufig als normal und besonders behaglich bezeichnet. Einen unteren Grenzwert sieht Terhaag bei etwa 30 %, einen oberen bei etwa 60-70 % relativer Luftfeuchte (vgl. auch Sterling u.a., 1985).

5.2 Funktionen der Lüftung

Lüftung soll

- für den Sauerstoffbedarf und zum Abzug von Luftverunreinigungen einen ausreichenden Luftaustausch sichern,
- unangenehme Gerüche beseitigen
- Übermäßige Luftfeuchtigkeit vermeiden
- Schäden an Gebäuden durch Tauwasserbildung an den Innenseiten der Außenbauteile vermeiden.

Wie die Bewohnergespräche zeigten, lüften Bewohner darüberhinaus auch, um Sonnenstrahlen hereinzulassen, selber einen frischen Luftzug zu spüren, Kontakt zur Außenwelt zu haben. Das Lüften ist darüberhinaus ein Ritual der Gliederung des Tages und fast jeder hat seine Lüftungsgewohnheiten. Lüften gleich nach dem Aufstehen, während des Frühstückens oder beim Betten machen signalisiert den neuen Tag. Für den Berufstätigen beginnt am Nachmittag oder Abend mit dem Lüften die aktive Phase daheim.

Es ist oft nicht bekannt, daß die Luftfeuchtigkeit vor allem über die Lüftung geregelt wird. Luftfeuchte, z.B. durch Kochen, Duschen, Waschen, Blumengießen, Wäschetrocknen sammelt sich in Räumen, wenn

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

unzureichend gelüftet wird. In modernen Wohnungen ist die Luftfeuchtigkeit oft zu hoch, weil ein Feuchteausgleich durch unkontrollierte Lüftung über die Fenster- und Türfugen nicht mehr stattfindet, weil sie zu dicht schließen.

Eine dauernd zu trockene Raumluft ist heute lediglich bei älteren Wohnungen während der Heizphase ein Problem. Ursache sind die alten, undichten Fenster und Türen, die einen übermäßig hohen Luftwechsel mit sich bringen. Die ständig nachströmende Kaltluft, im Raum erwärmt und dadurch relativ trocken, nimmt den Wasserdampf aus der Raumluft "wie ein Löschblatt" auf. Gegen zu trockene Luft können Wasserzerstäuber, Verdampfer und Klimageräte eingesetzt werden.

5.3 Anforderungen an die Lüftung

Bei einer guten Lüftung sind folgende Faktoren zu berücksichtigen (vgl. auch: O.V. Sanitär- und Heizungstechnik 47, 1982):

5.3.1 Ausreichender Luftwechsel für unterschiedlichen Bedarf

Es muß eine Lüfterneuerung in kürzester Zeit (Stoßlüftung) möglich sein. Dies gilt bei starker Feuchte oder Geruchsbelastung durch das Kochen oder für schnelles Lüften bei sehr kaltem Wetter im Winter. Leider scheint in letzter Zeit eine Grundregel der Wohnungslüftung in Vergessenheit zu geraten: daß nämlich einem stoßartigen Feuchteanfall (z.B. beim Kochen) auch durch Stoßlüftung begegnet werden muß (Gertis 1984 b, S.306).

Aber auch in Wohnräumen, die nicht benutzt werden, muß ein Grundluftwechsel erhalten bleiben, der direkt über Fensterfugen, Spaltlüfter oder über ähnliche Einrichtungen, zumindest indirekt über benachbarte Räume stattfindet (Wegener 1984, S. 292, 293). Eine Schadstoffbelastung der Raumluft durch Baustoffe (z.B. Abgabe von Radongas), Putzmittel und eine Feuchtebelastung ist ständig vorhanden. Die Feuchte rührt nicht nur von Menschen und den typischen Wohnabläufen (Kochen, Waschen, Trocknen etc.) her, sondern auch von Zimmerpflanzen und Aquarien. So wird z.B. die Feuchteabgabe eines Veilchens (Viola) mit 5 - 10 g/h angegeben (Gertis 1985 a). Nicht selten werden für die Zimmerpflanzenkultur mehrere Liter Wasser pro Tag verbraucht. Dieses Wasser gelangt fast vollständig in die Raumluft. Daneben muß auch Dauerlüftung möglich sein, z.B. für Menschen, die bei offenem Fenster schlafen.

5.3.2 Lüftungsmöglichkeit bei jedem Wetter

Lüftung soll ebenso bei starkem Wind wie bei Windstille möglich sein und sie soll dem unterschiedlichen Bedarf im Sommer, in der Übergangszeit und im Winter gerecht werden.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Im Winter 20 Minuten zu lüften, kann bereits ein übermäßiger Energieverlust sein, im Sommer dagegen reicht diese Zeit bei gleicher Fensterstellung meistens nicht aus. Der Bewohner muß also Lüftungsdauer und Fensterstellung den Wetterverhältnissen anpassen, trotzdem sind Lüftungsschwankungen nicht zu vermeiden sondern können nur abgeschwächt werden. Dies spricht gegen feste Gewohnheiten bei der Fensterlüftung. Oft werden in diesem Zusammenhang stabile Lüftungsverhältnisse gefordert, bei denen ein möglichst konstanter Luftaustausch unabhängig von der Tages- oder Jahreszeit und von Wettereinflüssen möglich sein soll. Die freie Lüftung könnte dieser Forderung kaum gerecht werden, da die Wetterverhältnisse maßgebend für das Lüftungsergebnis sind. Dagegen ist die maschinelle Lüftung weitgehend unabhängig von den äußeren Einflüssen.

Eine Anpassung des Lüftungsverhaltens durch den Nutzer an das Wetter muß unterstellt werden. Zu spüren, wie das Wetter ist und sich entsprechend verhalten, macht das Wohnen abwechslungsreich (Funktionslust vgl. Kap. 1.4) und gehört zum notwendigen Umweltkontakt beim Wohnen (vgl. Kap. 2.6). Wesentlich sind in diesem Zusammenhang vor allem die Möglichkeiten zur Querlüftung an schwülen Sommertagen sowie geschützte bzw. gesicherte Lüftungsmöglichkeiten bei Sturm und Regen.

5.3.3 Keine ungünstige Geruchs-, Staub- und Schadstoffübertragung

Um Geruchs-, Staub- und Schadstoffübertragung zu vermeiden und aus Gründen des Schall- und Brandschutzes sollen folgende Luftströmungsrichtungen vermieden werden:

- Luftströmung vom Küchen- und Sanitärbereich in den Flur und die Wohnräume,
- Luftströmung von Bad und WC über das System der Luftkanäle in die Küche der betreffenden oder einer angrenzenden Wohnung,
- Querströmung zwischen zwei oder mehreren Wohnungen auf gleicher Etage,
- Luftaustritt aus dem Abluftkanal in den Küchen- oder Sanitärbereich infolge ungünstiger Druckverhältnisse,
- Luftströmung zwischen übereinanderliegenden Wohnungen durch Undichtheiten zwischen Vertikalkanal und Deckenkonstruktion,
- Luftströmungen zwischen übereinanderliegenden Wohnungen durch das Treppenhaus,
- Rückströmung von Rauchgas aus dem Schornstein über eine Einzelfeuerstätte.

Sicher sind nicht alle unangenehmen Luftströmungsrichtungen zu vermeiden, sie lassen sich aber durch geeignete Gegenmaßnahmen auf ein erträgliches Maß reduzieren. Lösungsansätze sind dichte Wohnungstüren, Windfang im Flur, Rückschlagventile in den Luftkanälen, getrennte Be- und Entlüftung des Treppenhauses. Wichtig sind solche

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Überlegungen vor allem in großen Häusern, in denen Gerüche massiert und anonym auftreten können und gegebenenfalls erst dadurch zu einer Belästigung werden (vgl. Kap. 2.2).

5.3.4 Keine ungewollte Zugluft

Dort, wo Luft in Bewegung ist, können Zegerscheinungen auftreten. Auslösendes Moment für die Wahrnehmung von Zegerscheinungen ist die Höhe der Abkühlung des durch den Stoffwechsel erwärmten Körpers aufgrund von Luftbewegungen, der konvektive Wärmeentzug. Mayer trifft aufgrund der durchgeführten Messungen folgende Feststellungen:

"Der konvektive Wärmeübergang nimmt mit dem Produkt aus Turbulenzgrad und mittlerer Luftgeschwindigkeit, gleichzusetzen mit der Standardabweichung der Luftgeschwindigkeitsschwankungen, zu Entscheidend für den konvektiven Wärmeentzug ist die mehr oder weniger starke Störung der körpernahen, aufgrund von Eigenkonvektion aufsteigenden erwärmten Luft, durch das Pulsieren (Schwanken) von Luftbewegungen, durch äußere Einflüsse (z. B. Lufteinführung durch die Klimaanlage)."

Je niedriger dabei die Lufttemperatur, desto lästiger die Zugluft, so zum Beispiel beim Eindringen kalter Außenluft über Fensterfugen oder Zuluftöffnungen oder kühler Treppenhausluft über eine undichte Wohnungstür in den Wohnungsflur und in die angrenzenden Räume. Genauso führt es zu Unbehaglichkeitszonen, wenn kühlere Luft aus dem ungeheizten Schlafzimmer in angrenzende Wohnräume strömt. Auch gut erwärmte Luft kann bei entsprechend hoher Strömungsgeschwindigkeit zur Unbehaglichkeit und Unterkühlung der Haut führen (erhöhte Verdunstung).

5.3.5 Geräuscharm, bei Bedarf mit Lärmschutz

Die Lüftung selber soll möglichst geräuschlos arbeiten. Ventilatorengeräusche z.B. aus Bad oder WC können die Nachtruhe oder das Arbeiten in angrenzenden Zimmern stören. Eigentlich sollte die Wohnlage so ruhig sein, daß der Außenlärm auch bei geöffnetem Fenster noch zumutbar ist. Dies ist jedoch oft nicht der Fall. Z.B. können die Fenster an vielen Hauptverkehrsstraßen wegen des Lärms und meist auch wegen der Schadstoffe nicht mehr ausreichend geöffnet werden. Die Lüftung kann dann oft zum Teil über Fenster in Räumen, die von der Lärmquelle abgewandt liegen, erfolgen. Es ergeben sich aber Einschränkungen der Funktion. Um in solchen Situationen eine ausreichende Lüftung zu gewährleisten und eine störende Lärmbelastung zu vermeiden, können schalldämmende Lüftungseinrichtungen und -geräte oder Lüftungsanlagen eingesetzt werden.

5.4 Kenngrößen und Planungsgrundlagen

Für die Planung der Lüftung sind folgende Kenngrößen wichtig:

5.4.1 Außenlufttrate

Die Außenlufttrate beschreibt die Luftmenge, die in Wohn- und Aufenthaltsräumen einer Person in einer Stunde als frische, unverbrauchte Luft zur Verfügung stehen sollte.

Außenluft- temperatur °C	Mindestaußenlufttrate bei Räumen mit	
	Rauchverbot m ³ /h je Person	Raucherlaubnis m ³ /h je Person
— 20	8	12
— 15	10	15
— 10	13	20
— 5	16	24
0 bis 26	20	30
über 26	15	23

Abb. 5.4/1: Richtwerte für lufttechnische Anlagen aus der DIN 1946 von 1960 (Blatt 1, Tabelle 2)

Bei Hochhäusern mit fest verglasten dichten Außenflächen empfiehlt die DIN 1946, die Außenlufttrate etwa zu verdoppeln.

Eine Außenlufttrate von 20 bis 30 cbm pro Person kann auch als Richtwert für die freie Lüftung angenommen werden, da damit eine Konzentration der Geruchsstoffe unterhalb der Geruchsschwelle in Wohn- und Aufenthaltsräumen zu erreichen ist. Soll die Lüftung aus Energiespargründen auf ein Minimum beschränkt werden, wobei die Luftqualität in einem erträglichen Rahmen bleiben muß, kann bei einem Raumvolumen von 15 cbm pro Person die Außenlufttrate (bei Rauchverbot) auf 12 bis 15 cbm pro Person und Stunde reduziert werden (Huber, Wanner 1982). Nimmt das Raumvolumen pro Person zu, kann die Außenlufttrate verringert werden, sollte aber nicht unter 10 cbm pro Person und Stunde fallen.

5.4.2 Luftvolumenstrom und Luftwechsel

Der Luftvolumenstrom ist die Luftmenge, die einem Raum stündlich zu- oder abgeführt wird. Er kann aus der notwendigen Außenlufttrate mal der Personenzahl im Raum errechnet werden.

Luftwechsel

Der Luftwechsel gibt den Luftvolumenstrom bezogen auf das Raumvolumen an (DIN 1946 Teil 1, Entwurf 1979). Mischungerscheinungen Außenluft-Umluft bleiben unberücksichtigt. Für einen Raum mit 50 cbm Raumvolumen und 100 cbm Außenluftzufuhr pro Stunde ergibt sich ein zweifacher Luftwechsel pro Stunde, also die Luftwechselzahl 2. Der Luftwechsel bei normalen Wohnräumen zur Sicherung der

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Wohnungs- und Raumhygiene wird in der Fachliteratur mit der unteren Grenze 0,4 - 0,5 pro Stunde und als Richtwert 0,8 bis 1,0 pro Stunde angegeben (Gertis, 1984 a, Fröhlich, 1981, Eickenhorst, Görlicke, 1985). Der Luftwechsel in Räumen mit stärkerer Luftbelastung (z.B. Küche, Bad, Wohnräume, in denen geraucht wird) ist zu erhöhen.

5.4.3 Gesetzliche Bestimmungen, Normen und Richtlinien

Bestimmungen über Lüftungsmöglichkeiten von Wohnungen sind in den Landesbauordnungen enthalten. Danach wird gefordert (Daler u.a., 1984, S.67):

- Aufenthaltsräume müssen über unmittelbar ins Freie führende Fenster ausreichend gelüftet werden können.
- In jeder Wohnung soll Querlüftung oder Lüftung über Eck möglich sein.
- Auf eine Querlüftung kann dann verzichtet werden, wenn die betreffenden Wohnungen Entlüftungsanlagen haben. Diese Forderung wird dann erfüllt, wenn Wohnungen über einen innenliegenden Sanitärbereich verfügen, der über eine Entlüftungsanlage entlüftet wird.
- Küchen unter 8 qm müssen eine besondere Lüftungseinrichtung erhalten.

Die wesentlichen technischen Regeln und Empfehlungen zur Wohnungslüftung sind enthalten in:

DIN 1946: Lüftungstechnische Anlagen, Entwurf 1979.

DIN 18017: Lüftung von Bädern und Spülaborten ohne Außenfenster, Vornorm 1983.

VDI 2052: Raumlufttechnische Anlagen für Küchen, 1984.

VDI 2088: Lüftungsanlagen für Wohnungen, 1976.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

5.5 Freie Lüftung

5.5.1 Wirkungsweise

Die häufigste Lüftungsart ist die freie Lüftung, die manchmal auch natürliche Lüftung genannt wird. Darunter ist eine Lüftung mit Förderung der Luft durch Druckunterschiede infolge Wind und/oder Temperaturdifferenzen zwischen außen und innen zu verstehen (DIN 1946, Teil 1, Entwurf 1979).

Zur freien Lüftung gehören die Begriffe

- Windlüftung - Luftförderung bewirkt durch Winddruckdifferenzen am Gebäude (DIN 1946 Teil 1, Entwurf 1979),
- Thermische Lüftung - Luftförderung bewirkt durch Temperaturdifferenzen zwischen innen und außen,
- Fensterlüftung - Luftaustausch durch das geöffnete Fenster (Wind- und thermische Lüftung),
- Fugenlüftung - Luftaustausch durch Bauwerks- oder Bauteilfugen (Windlüftung und thermische Lüftung),
- Schachtlüftung (ohne Ventilator) - Abführen der Raumluft ins Freie mittels eines Lüftungsschachtes (Lüftungssystem hauptsächlich für innenliegende Räume, Wind- und thermische Lüftung),
- Querlüftung - Freie Lüftung von einer Seite des Gebäudes zur gegenüberliegenden (vorwiegend Windlüftung; DIN 1946 Teil 1, Entwurf 1979),
- Stoßlüftung - Hoher Luftaustausch in kürzester Zeit, große Lüftungsöffnungen erforderlich, z.B. Fenster (Wind- und thermische Lüftung),
- Dauerlüftung - Luftaustausch durch Öffnungen geringen Querschnitts über einen längeren Zeitraum, z.B. durch Gitter in Fensterrahmen oder durch Drehkippbegrenzer (Spaltöffner) möglich (Wind- und thermische Lüftung).

Die Windlüftung ermöglicht meist einen Luftaustausch in der ganzen Wohnung, wogegen bei der thermischen Lüftung sich der Luftaustausch auf einzelne Räume beschränkt.

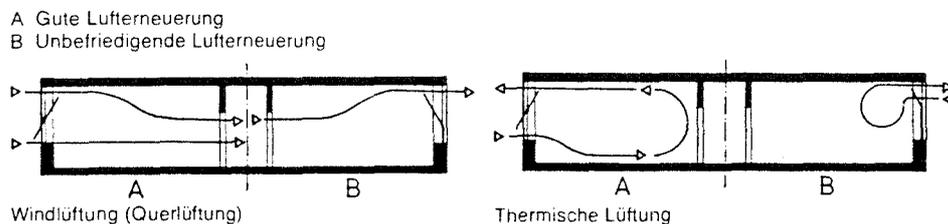


Abb. 5.5/1: Aus: Mährlein 1982, S.54

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Die Größenordnung des Luftwechsels bei freier Lüftung zeigt folgende Tabelle:

Öffnungsart	Öffnungsstellung	Wirksamkeit				
		① keine bis gering	② gering bis gerade ausreichend	③ mittlere	④ große	⑤ sehr große
		Dauerlüftung			Stoßlüftung	
		Luftwechselzahl LZ 0...0,5 h ⁻¹	LZ 0,5...1,5 h ⁻¹	LZ 0,8...4 h ⁻¹	LZ 4...9 h ⁻¹	LZ 9...50 h ⁻¹
Dreh- und Drehkipp	geschlossen	x				
	in Spaltstellung (Dreh) geöffnet		-----			
	in Drehstellung geöffnet				x	
	in Drehstellung geöffnet mit gegenüberliegenden Öffnungen					x
Lüftungseinrichtungen ohne Gebläse	geschlossen	x				
	geöffnet		-----			
	geöffnet mit gegenüberliegenden Öffnungen				x	
Lüftungseinrichtungen mit Gebläse	geschlossen	x				
	Gebläse in Betrieb je nach Stufe			-----		

* Mit Lüftungseinrichtungen sind auch Kombinationsfunktionen wie z. B. Schalldämmung, Wärmerückgewinnung, Regenschutz, Insektenschutz usw. herstellbar. Die Anforderungen sind im einzelnen zu präzisieren.

Abb. 5.5/2: Wirksamkeit der Fensterlüftung im Zusammenhang mit Öffnungsart und Öffnungsstellung
Aus: Fröhlich, Gerdes 1981, S.8, 9

"Die Tabelle soll einen Überblick geben, welche Luftwechselzahlen und Wirksamkeiten für verschiedene Fensteröffnungsarten und Öffnungsstellungen sowie für Lüftungseinrichtungen zu erwarten sind. Da es eine Vielzahl von Einflüssen, wie z.B. Winddruck, Temperatur, Dichtheit innerer Raumabschlüsse (Türen), Anordnung von Fenstern, Verhältnis von Öffnungsfläche zu Raumvolumen usw. gibt, können nur gewisse Richtzahlen, jedoch keine Absolutwerte genannt werden."

Erläuterungen zu Wirksamkeiten ① bis ⑤

- ① "Mit diesen Luftwechseln kann der hygienisch notwendige Luftbedarf für Räume, in denen sich Personen aufhalten, auf Dauer nicht gedeckt werden....
Für die Verbrennungsluftzufuhr zum Betrieb offener Feuerstellen reicht die Wirksamkeit vielfach nicht aus.
- ② Mit diesen Luftwechseln sind für Wohn-, Büro und Übernachtungsräume bereits vielfach die hygienisch notwendigen Luftzufuhrsraten sicherzustellen. Je nach Raumgröße und Raumbelagung kann jedoch auch schon eine höhere Luftwechselzahl erforderlich sein....
- ③ Diese Luftwechsel gewährleisten den hygienisch notwendigen Luftaustausch. Die höhere Wirksamkeit gegenüber ② hat auch höhere Lüftungswärmeverluste zur Folge. Die Anwendung ist deshalb bei niedrigen Außentemperaturen aus Energiespargründen ungünstig.
- ④ Mit diesen Luftwechseln ist eine kurzzeitige (10 bis 20 Minuten) Lüfterneuerung möglich.
- ⑤ Mit diesen Luftwechseln kann eine sehr rasche Lüfterneuerung erreicht werden (je nach Verhältnissen nur wenige Minuten).

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Diese Lüftungsart eignet sich deshalb für Räume mit großen Menschenansammlungen und zur kurzzeitig möglichen Stoßlüftung."

Während die Lüftung über Fugenundichtheiten und Lüftungseinrichtungen auf größere Temperaturunterschiede zwischen innen und außen oder auf Winddruckdifferenzen angewiesen ist, genügen der Fensterlüftung kleinere örtliche Dichtedifferenzen zwischen Raum- und Außenluft, um noch einen hohen Luftwechsel zu gewährleisten. Diese Eigenschaft ist in folgenden Fällen von Vorteil:

- Lüfterneuerung in kürzester Zeit (Stoßlüftung) z.B. bei starker Feuchte- und Geruchsbelastung
- hohe Strömungsgeschwindigkeiten, wenn der Wohnungsgrundriß Querlüftung erlaubt - einzig ausreichend wirksame Lüftungsart an heißen Sommertagen.

Freies Lüften, in der Regel durch zu öffnende Fenster, sollte in jeder Wohnung möglich sein:

Wegen der Effektivität:

- Wirkungsvoller Luftaustausch bei Querlüftung,
- Luftaustausch in kürzester Zeit (Stoßlüftung),

wegen der Wirtschaftlichkeit:

- geringe Investitionskosten,
- keine Betriebskosten, wartungsarm,

wegen der Anpaßbarkeit an individuellen Bedarf:

- einfache Handhabung,
- spontane Handhabung,

wegen elementarer Wohnbedürfnisse:

- Wohlbehagen, "frische Luft" zu spüren
- Kontakt zur Umwelt.

Die freie Lüftung hat aber auch Nachteile:

- stark schwankender Luftwechsel,
- wechselnde Strömungsrichtungen,
- Luftverteilung kaum steuerbar,
- mangelnder Schutz vor Umweltbelastungen (Lärm, Staub),
- Mindestluftwechsel und Lüftungswärmeverluste nur schwer zu kontrollieren,
- Übertragung von Gerüchen innerhalb der Wohnung (Querlüftung).

Die freie Lüftung ist als Lüftungsart ausreichend, wenn folgende Grundregeln beachtet werden:

- Bedarfsgerechte Lüftungsquerschnitte müssen mit dem Fenster einstellbar sein (von Dauerlüftung bis hin zur Stoßlüftung).
- Schmale, horizontale Lüftungsflügel sollten vermieden werden, wenn keine zusätzliche, höhenversetzte Lüftungsöffnung vorhanden ist, da sonst keine wirksame thermische Lüftung eintritt.
- Bei einer Schachtlüftung sollten die starken Schwankungen des Luftvolumenstromes durch ein selbstregulierendes Abluftventil (Volumenstromregler) reduziert werden.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

- Für eine wirksame Lüftung muß bei regulierbaren Lüftungseinrichtungen und dichten Räumen eine zweite Lüftungsöffnung vorhanden sein.

Ist ein ausreichend konstanter Luftstrom bei freier Lüftung nicht zu gewährleisten, muß die Luftförderung maschinell unterstützt werden (Lüftungseinrichtung oder Lüftungsschacht mit Gebläse).

5.5.2 Systeme der freien Lüftung

- Fenster

Das Fenster ist bei Wohnungen die verbreitetste und am häufigsten angewandte Einrichtung zur freien Lüftung. Am gebräuchlichsten ist das Drehkipp-Fenster, das sich nicht nur zur Stoßlüftung, sondern auch zur Dauerlüftung eignet, wenn mittels eines Spaltöffners (Drehkippbegrenzer) der in Kippstellung übliche Spalt von zirka 12 cm auf 0.5 bis 2 cm reduziert wird.

- Regulierbare Lüftungseinrichtungen

Regulierbare Lüftungseinrichtungen sind definiert als Bauelemente, die den Luftaustausch bei geschlossenem Fenster zulassen. Eine Typisierung kann vorgenommen werden in (Daler u.a., 1984, S. 26):

- Kleine Baueinheiten mit Luftführung durch Flügelprofil oder Blendrahmen über verschließbare Spalte.
- Mittlere Baueinheiten mit Luftführung durch Flügelprofil oder Blendrahmen über vergrößerte, durch Verschieben oder Drehen verschließbare Spalte. Meist mit Schalldämmeinrichtung versehen.
- Große Baueinheiten mit Luftführung durch Öffnungen außerhalb des Fensters. Meist im Anschluß an das Fenster angebracht. Überwiegend mit Schalldämmung und der Möglichkeit der maschinellen Luftförderung.

Eine wirksame Lüftung eines Zimmers allein mit Hilfe solcher Lüftungseinrichtungen setzt aber eine Anordnung der Zu- und Abluftwege voraus, die thermische und Windlüftung optimal ermöglicht.

- Schachtlüftung

Für die Lüftung von innenliegenden Räumen ohne Fenster (Bad, WC, Abstellraum) bietet sich die Schachtlüftung an. Die Luftleistung der Schachtlüftung ist von folgenden Faktoren abhängig (Eickenhorst, Göricke, 1985, S. 620):

- Temperaturdifferenz zwischen Raumluft und Außenluft,
- Querschnitt und wirksame Höhe des Schachtes,
- Windrauhigkeit des Schachtes,
- Querschnitt des Zuluftkanals bzw. der Zuluftöffnung,

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

- Strömungsverhältnisse am Gebäude,
- Dichtheit der Gebäudehülle (Zuluft).

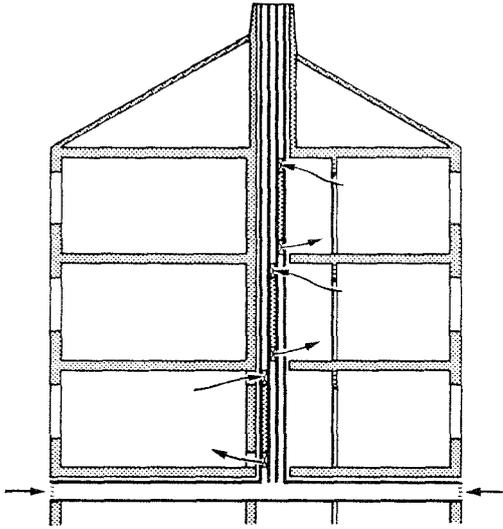


Abb. 5.5/3: Einzelschachtanlage-System Kölner Lüftung
Aus: Eickenhorst, Göricke 1985, S.621

Bei der Kölner Lüftung wird die Zu- und Abluft über Schächte geführt. Der Querkanal, der an zwei gegenüberliegenden Seiten des Gebäudes mündet, soll bei Windeinfall einen Druckausgleich schaffen. In der DIN 18017, Teil 1 (Vornorm 1983) "Lüftung von Bädern und Spülaborten ohne Außenfenster" wird auf die Forderung nach einem durchgehenden Querkanal verzichtet. Die Zuluftöffnungen müssen regelbar und verschließbar sein, um Zugserscheinungen während der Benutzung ausschließen zu können. Gegenüber DIN 18017 Ausgabe 1960 wurde das Schachtlüftungssystem mit Zuluft aus einem Nebenraum (Berliner Lüftung) nicht in die neue Fassung aufgenommen, auch die Sammelschachtanlage blieb unberücksichtigt.

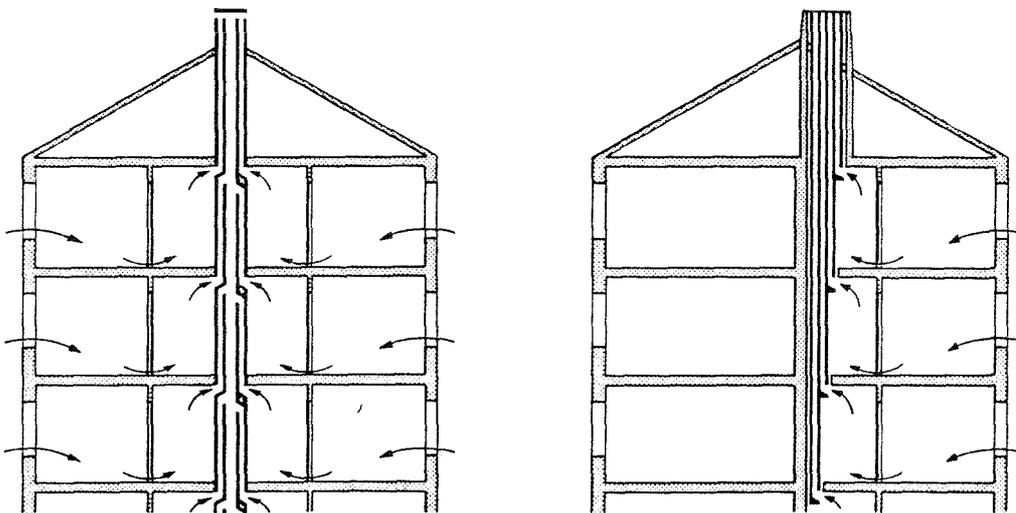


Abb. 5.5/4: Einzelschachtanlage-System Berliner Lüftung (links).
Sammelschachtanlage-System Berliner Lüftung (rechts).
Aus: Eickenhorst, Göricke 1985, S.621

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Bei der Berliner Lüftung wird die Zuluft über Fenster und Türen aus den Nebenräumen herangeführt. Um bei dichten Fenstern und Türen die Zuluft für die innenliegenden Räume sicherzustellen, müssen Zuluftöffnungen vorgesehen werden.

5.6 Maschinelle Lüftung

5.6.1 Wirkungsweise

In manchen Fällen ist der Einsatz einer maschinellen Lüftung sinnvoll oder unumgänglich, wenn z.B.:

- Haus- und Grundrißkonzeption, die freie Lüftung nicht zulassen oder beeinträchtigen (z.B. innenliegende Räume, tiefliegende Küche, einseitig orientierte Wohnung),
- außergewöhnliche Lärm- und Luftbelastungen vorliegen,
- ein bestimmtes Raumklima gefordert ist,
- besondere energietechnische Systeme eingesetzt werden, z.B. Wärmerückgewinnung aus der Abluft, Nutzen solarer Wärme mit Hilfe von Lüftungssystemen.

In der DIN 1946, Teil 1 (Entwurf 1979) wird maschinelle Lüftung wie folgt definiert: "Lüftung mit Förderung der Luft durch Strömungsmaschinen." Strömungsmaschinen können Ventilatoren (meist direkt an der Versorgungsstelle angeordnet) oder zentrale Gebläse (meist im Keller oder Dach angeordnet) sein. Ventilatoren sind für die Versorgung einzelner Räume und zentrale Gebläse für die Versorgung ganzer Wohnungen zuständig. Dabei kann gefördert werden:

- " Außenluft: die gesamte aus dem Freien angesaugte Luft,
- Fortluft: die ins Freie abgeführte Luft,
- Zuluft: die gesamte dem Raum zuströmende Luft,
- Abluft: die gesamte aus dem Raum abströmende Luft,
- Umluft: Abluft, die in derselben Anlage als Zuluft wiederverwendet wird."

Erfolgt eine Zuluftförderung, wird ein Überdruck im Raum aufgebaut. Die Raumluft strömt aufgrund der Druckunterschiede über Abluftöffnungen oder Fugen ins Freie oder in angrenzende Räume. Bei der Fortluftförderung wird ein Unterdruck im Raum erzeugt. In diesem Fall strömt Außenluft oder Luft aus angrenzenden Räumen über Zuluftöffnungen oder Fugendichtheiten in den Raum.

Vorteile der maschinellen Luftförderung sind:

- Kontrollierbarer Luftwechsel, dadurch geringere Lüftungswärmeverluste,
- Schutz vor Umweltbelastungen (Lärm, Staub), wenn dies am Standort erforderlich ist,
- gleichbleibende Strömungsrichtung und damit sichere Beseitigung belasteter Luft,
- nach Räumen variabler Luftwechsel.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Maschinelle Lüftung bietet unter Umständen geeignete Voraussetzungen für:

- Heizenergieeinsparung durch Wärmerückgewinnung,
- rasche Wärmezufuhr bei Luftheizung,
- Luftbehandlung bezüglich Feuchte und Belastungen.

Nachteile der maschinellen Luftförderung sind:

- Fensterlüftung und maschinelle Luftförderung sind unbedingt aufeinander abzustimmen, das Fenster kann nicht mehr beliebig geöffnet werden.
- Stoßlüftung ist mit Hilfe maschineller Luftförderung nicht möglich.
- Für Betrieb und Wartung entsteht Mehraufwand.
- Die Nutzer müssen den Umgang mit maschineller Lüftung erlernen, Fehlbedienung wird zur Ursache von Funktionsmängeln.
- Auch Planungs- und Baufehler können zu Funktionsmängeln führen.

Folgende Punkte sollten bei der Luftführung beachtet werden (Eickenhorst, Göricke, 1985):

1. "Sowohl eine Lüftung mit Luftströmung von unten nach oben - auch von oben nach unten ist möglich.
2. Untere Wandauslässe und Fußbodenauslässe geben leicht Anlaß zu Zugerscheinungen (bei 'freier Kühlung', Zulufttemperatur niedriger als Raumtemperatur), deshalb Vorsicht: keine Luftaustrittsgeschwindigkeiten $> 0,5$ m/s, wo sich Personen aufhalten.
3. Bei der Anordnung von Luftauslässen im Deckenbereich ist darauf zu achten, daß der Luftstrahl nicht durch Bauteile (Pfeiler, Unterzüge u.ä.) behindert wird.
4. Lochgitter sind als Luftauslässe nicht geeignet, nur an Abluftöffnungen.
5. Eine günstige Luftbewegung im Raum ist erfahrungsgemäß bei glatter Decke zu erreichen, wenn die Zuluft in Höhe der Fensterbrüstung senkrecht nach oben ausgeblasen wird.
6. Luftauslässe sollten in Bezug auf Menge und Luftrichtung einstellbar sein.
7. Die Lage der Abluftauslässe ist für eine Luftverteilung von geringerer Bedeutung als die der Zuluft einlässe. Sie sollten im allgemeinen vor allem in Räumen, in denen geraucht wird, oben angeordnet sein.
8. In Räumen mit Geruchs-, Hitze- und Feuchteentwicklung sind die Abluftöffnungen nahe den Quellen anzubringen."

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

5.6.2 Wärmerückgewinnung

Lüften heißt, Außenluft gegen Raumluft zu tauschen. In der Heizperiode wird also warme Luft durch kalte ersetzt, damit geht Wärme aus dem Raum verloren. Wärmerückgewinnung bedeutet, der Fortluft die Wärme zu entziehen und die Wärme der Außenluft zuzuführen. Dies ist bei freier Lüftung nicht möglich, da sich die Außen- und Fortluftströme nicht zusammenfassen lassen. Bei gleichzeitiger Förderung von Außen- und Fortluft kann die Wärmerückgewinnung erfolgen durch (Trepte, 1984):

- Wärmetauscher Fortluft/Außenluft
- Wärmepumpe Fortluft/Außenluft
- Wärmepumpe Fortluft/Brauchwasser.

Dabei sind zentrale Systeme für die Belüftung ganzer Wohnungen oder Gebäude und Einzelgeräte-Systeme zu unterscheiden. Einzelgeräte-Systeme sind für eine Einzelraumbelüftung wie Büroräume, Wohn- und Schlafräume gedacht. Mit der zurückgewonnenen Wärme aus der Fortluft kann die Außenluft vorgewärmt werden. Eine Vorwärmung ist in erster Linie zur Vermeidung von Zugerscheinungen im Aufenthaltsbereich wünschenswert. Soll der Grundheizbedarf oder der gesamte Heizbedarf einer Wohnung über die Lüftungsanlage (kombiniert mit Luftheizung) gedeckt werden, kann die Wärmeerzeugung durch ein konventionelles Heizsystem (z.B. Heizkessel), Wärmepumpe, Sonnenkollektoren oder in verschiedenen Kombinationen miteinander erfolgen.

"Wärmerückgewinnung ist nur mit motorischen Systemen möglich, wobei der zentralen Anlage in diesem Zusammenhang der Vorzug gegenüber den dezentralen gegeben werden muß.

Energieeinsparung ist praktisch nur durch Wärmerückgewinnung möglich. Bei nicht-motorischen Lüftungseinrichtungen gelingt ein sparsamer Energieverbrauch nur dann, wenn es aufgrund der Feinjustierung gelingt, den mittleren Luftwechsel in der Heizperiode niedrig zu halten. Dies erfordert aber ein bewußtes, dosiertes und auf den Bedarf abgestimmtes Lüften.

Eine Wirtschaftlichkeit (Amortisationszeiten < 10 Jahre) durch Heizkosteneinsparung ist bei Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung aufgrund der derzeitigen Preise noch kaum gegeben," (Werner 19815, S.3).

5.6.3 Systeme der maschinellen Lüftung

Eine maschinelle Luftförderung kann durch Einzel- und zentrale Geräte erfolgen. Dabei sind Hauptgruppen nach verfahrenstechnischen Merkmalen zu unterscheiden (Weeber+Partner 1985, S.27):

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Einzelgeräte-System

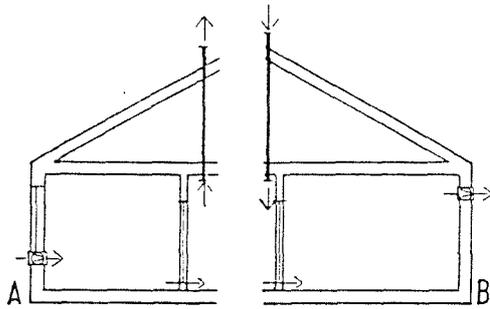


Abb. 5.6/1

A. Außenluftsystem (Einzelraumbelüftung). System, bei dem nur Außenluft maschinell gefördert wird. Die Zuluft strömt über Türundichtheiten in Nebenräume und dort über Tür-, Fensterfugen und Lüftungsschacht ins Freie.

B. Fortluftsystem (Einzelraumbelüftung). System, bei dem nur Fortluft maschinell gefördert wird. Die Zuluft strömt über Tür-, Fensterfugen und Zuluftöffnung aus den Nebenräumen nach.

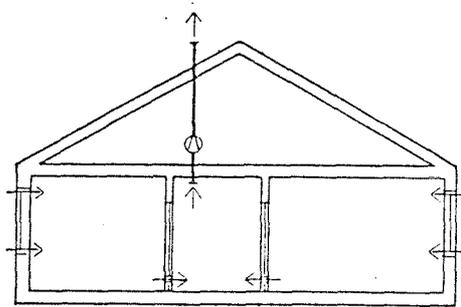


Abb. 5.6/2

Fortluftsystem für innenliegende NaBräume (Einzelraumbelüftung). Nur die Fortluft wird maschinell gefördert. Die Außenluft strömt z.B. über Fensterfugen und Zuluftöffnungen in den Innentüren nach.

⊙ Ventilator

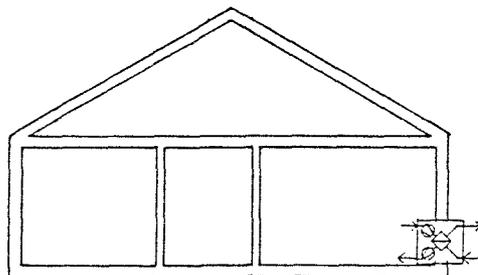


Abb. 5.6/3

Außen- und Fortluftsystem mit Wärmerückgewinnung über Wärmetauscher (Einzelraumbelüftung). System, bei dem Außen- und Fortluft maschinell gefördert werden.

☒ Wärmetauscher

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Zentrale Lüftungssysteme

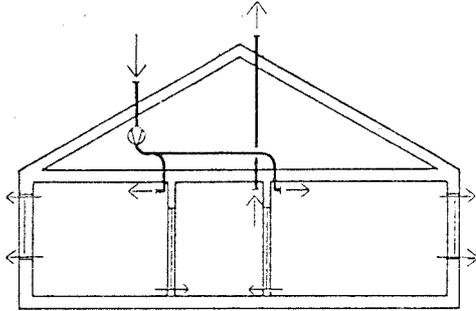


Abb. 5.6/4

Zentrales Außenluft-System (Wohnungslüftung). System, bei dem die Außenluft maschinell gefördert wird. Die Fortluft wird z.B. über Fenster-, Türfugen (verkürzte Türblätter) und Lüftungsschacht (innenliegender Raum) ins Freie geführt.

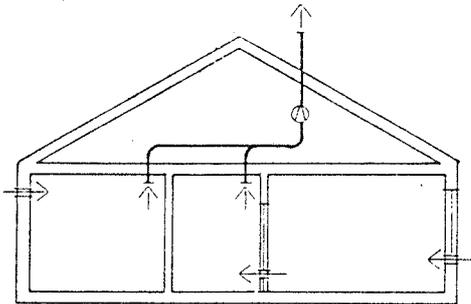


Abb. 5.6/5

Zentrales Fortluft-System (Wohnungslüftung). Nur die Fortluft wird maschinell gefördert. Die Außenluft strömt über die Zuluftöffnungen, z.B. in der Außenwand, der Innentür oder am Fenster, nach.

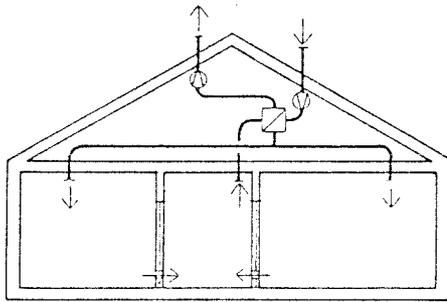


Abb. 5.6/6

Zentrales Außen- und Fortluftsystem (Wohnungslüftung) mit Wärmerückgewinnung. System, bei dem Außen- und Fortluft maschinell gefördert werden kann. Der Luftaustausch innerhalb der Wohnung wird z.B. durch Lüftungsöffnungen in den Innentüren sichergestellt.

In einem zentralen Umluftsystem mit Außen- und/oder Fortluftförderung wird ein Teil der Abluft in derselben Anlage als Zuluft wiederverwendet.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

5.7 Häufige Mängel und Lösungen

5.7.1 Geruchsbelästigungen zwischen mehreren Wohnungen

Problem:

Geruchsbelästigungen (auch Staub- und Schadstoffübertragungen können durch Querströmungen innerhalb der Wohnung oder zwischen mehreren Wohnungen stattfinden:

- Luft aus dem Küchen- und Sanitärbereich gelangt in den Flur und die Wohnräume,
- Luft wird zwischen nebeneinander- oder übereinanderliegenden Wohnungen ausgetauscht,
- Luft aus dem Küchen- und Sanitärbereich gelangt über das Kanalsystem in angrenzende Wohnungen.

Dies führt oft dazu, daß in Mehrfamilienhäusern das Treppenhausfenster auch bei sehr kaltem Wetter ständig geöffnet ist, weil sich Bewohner an den Gerüchen aus den Wohnungen stören. Das Schließen des Fensters wird leicht vergessen, da man sich hier nicht aufhält. Damit verliert das Treppenhaus seine Pufferwirkung für die Wärme.

Ursache:

Durch Windeinfluß entstehen Druck- und Sogbereiche am und auch im Gebäude. Diese unterschiedlichen Druckverhältnisse können Querströmungen im Gebäude bewirken, wenn z.B.:

- Hauszugänge oder Wohnungstüren nicht ausreichend dicht schließen,
- die entstandene Druckdifferenzen nicht durch Be- und Entlüftungsöffnungen im Treppenhaus und in den Wohnungen abgebaut werden können.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

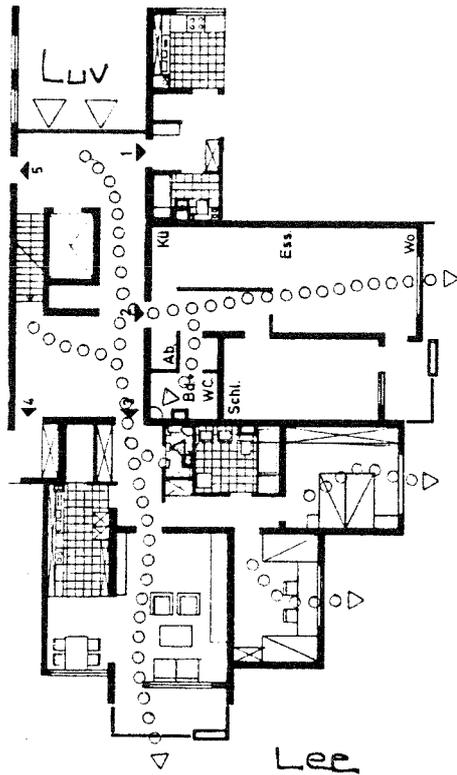


Abb.5.7/1: Die Luft aus dem Treppenhaus strömt durch die Wohnungen

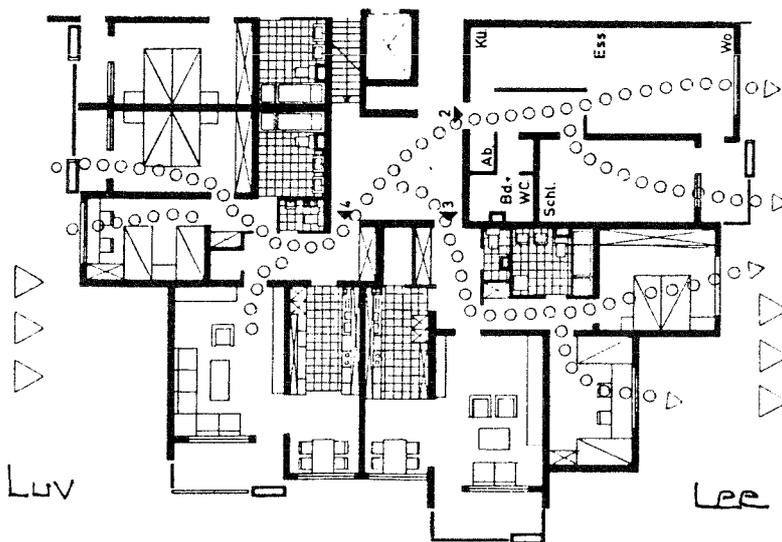


Abb.5.7/2: Die Luft aus den Wohnungen auf der Luvseite strömt durch das Treppenhaus und durch die Wohnungen auf der Leeseite

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Querströmungen in Kanalsystemen können auftreten, wenn z.B.:

- die Anschlüsse an die Schachtanlage nicht vorschriftsmäßig erfolgen,
- zu starke Ventilatoren eingesetzt werden,
- Rückschlagklappen fehlen.

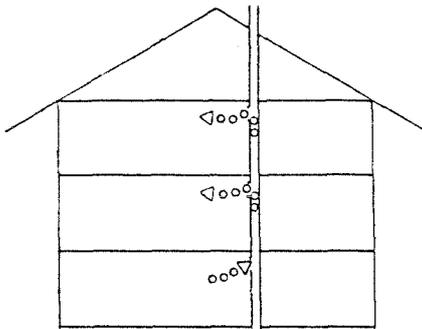


Abb. 5.7/3: Die Abluft aus dem Kanalsystem gelangt in andere Wohnungen

Im Übrigen treten Geruchsprobleme im Treppenhaus und in Nachbarwohnungen verstärkt in Punkt- oder Mittelganghäusern mit einseitig orientierten Grundrissen auf. Belästigungen über das Kanalsystem gibt es vor allem in Häusern mit tiefen Grundrissen, tiefliegenden Küchen und innenliegenden Bädern.

Lösung:

- Dichtschießende Haus- und Wohnungstüren verringern bzw. unterbinden Querströmungen im Gebäude.
- Ein Windfang im Treppenhaus und ein geschlossener Wohnungsflur verringern die Gefahr von Querströmungen.
- Be- und Entlüftungsöffnungen im Treppenhaus und in der Wohnung verringern die Druckdifferenzen und damit auch die Querströmungen im Gebäude. Küchen und Bäder, sind trotz Fensterlüftung gegebenenfalls mit einer Schachtlüftung (auch als Dauerlüftung einsetzbar) auszustatten.
- Koch- und Sanitärbereiche sollten durch dichtschießende Türen vom übrigen Wohnbereich trennbar sein. Ausnahme: nicht bei Küchen, (innenliegenden) Bädern oder WC mit Zuluftzufuhr über die angrenzenden Räume (Nachströmungsöffnung).
- Anschlüsse an Schachtanlagen müssen vorschriftsmäßig angeordnet sein. Rückschlagklappen sind an jedem Anschluß notwendig. Werden Ventilatoren zur Luftförderung eingesetzt, müssen deren Leistungen aufeinander abgestimmt sein. Nach DIN 18017, Teil 1, 1983, ist für jeden zu lüftenden Raum ohne Außenfenster ein eigener Abluftschacht (ohne Ventilator) vorzusehen.
- Einfachere Gebäudetypen verringern Probleme dieser Art von vornherein.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

5.7.2 Keine wirksame Stoßlüftung

Problem und Ursache:

Hohe Luftfeuchten und Gerüche können sich in der Wohnung oder im Haus stark ausbreiten bzw. festsetzen, wenn akute Belastungen nicht schnell abbaubar sind. Eine ungenügende Feuchteabfuhr kann auf Dauer zu Bauschäden führen. Akute Belastungen entstehen vornehmlich durch:

- Kochvorgänge
- Chemische Substanzen (Farben, Lacke, Putzmittel u.a.)
- Trocknungsvorgänge (z.B. Wäsche)
- Waschen, Baden, Duschen

Lösung:

- Eine stoßartige Luftbelastung soll auch stoßartig abgeführt werden, dafür sind große Lüftungsöffnungen erforderlich (z.B. Fenster). Einen hohen Luftwechsel gewährleistet die Quer- oder Übereck-Lüftung. Bei so raschem Luftaustausch ist die Richtung von weit geringerer Bedeutung.
- Ist eine Quer- oder Übereck-Lüftung mittels Fenster nicht möglich, muß als Ersatz die Luft aus dem tiefliegenden Wohnbereich z.B. über eine Schachtlüftung abgeführt werden können. Da die Leistung von Schachtlüftung ohne Ventilator zu stark wechselt und um den Volumenstrom bei Bedarf zu erhöhen, ist eine maschinelle Unterstützung ratsam.

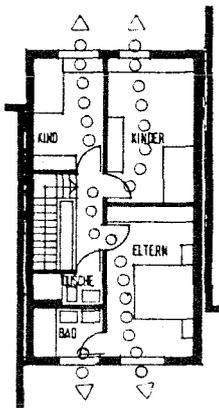
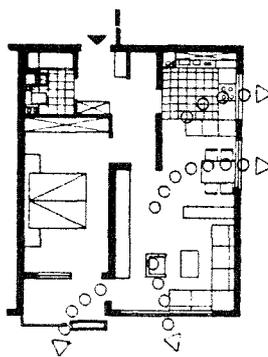
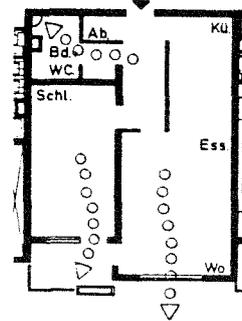


Abb. 5.7/4:
Querlüftung



Überecklüftung



Schachtlüftung
als Ersatz bei
fehlender Quer-
oder Übereck-
Lüftung über
Fenster

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

wechsel wie bei der Fensterlüftung als Quer- oder Übereck-Lüftung ist mit der Schachtlüftung nicht erreichbar. Gerüche können nicht so schnell beseitigt werden, breiten sich stärker aus und können sich in der Wohnung festsetzen. Häufiges Lüften und verstärktes Grundlastheizen ist zur Vermeidung von Schimmelbildung an gefährdeten Außenbauteilen notwendig.

5.7.3 Unzureichendes Lüften

Problem:

Belastungszustände der Luft und Bauschäden wegen unzureichender Lüftung haben zugenommen.

Ursache:

- Neue Fenster mit den üblichen Dichtungsprofilen verhindern praktisch den Luftwechsel über die Fugen.
- Das Lüftungsverhalten ist darauf nicht immer eingestellt; es läßt sich auch nicht normieren, da Lebensgewohnheiten, Bedürfnisse und Einsichten sehr verschieden sind.

Der Stand der Technik ermöglicht beim Fenster Schlagregensicherheit, verringerte Lüftungswärmeverluste über Fugen und Vermeidung ungewollter Zugerscheinungen. Dichte Fenster bieten auch erhöhte Luftschalldämmung, eine Grundvoraussetzung für Schallschutzfenster.

Ein Rechenbeispiel (Kopf u.a., 1982, S.61) für Fugenlüftung in einer Wohnung, die mit 10 alten Fenstern ausgestattet ist. Eine Querlüftung wird dabei vorausgesetzt.

Durchschnittliche Fugenlänge eines Fensters	6,00 m
Gesamt-Fugenlänge für 5 Elemente	30,00 m
Fugendurchlässigkeit V_1 (4Pa)	2,2 cbm/hm
Luftdurchgang durch 5 Elemente	66,0 cbm/h

Die Wohnung mit den 10 alten Fenstern wird also kontinuierlich mit 66 cbm Luft pro Stunde versorgt, wenn das Jahresmittel der Druckdifferenz von $4 \text{ N/qm} = 4 \text{ Pa}$ angenommen wird und die halbe Fensterzahl für den Lufteintritt Berücksichtigung findet. Die Luftmenge strömt ein, ob sie zur Aufrechterhaltung der Raumhygiene erforderlich ist oder nicht. Im Bedarfsfall reicht diese Menge aus, um 3 Personen ausreichend mit Frischluft zu versorgen. Werden die 10 alten Fenster gegen neue mit einer längenbezogenen Fugendurchlässigkeit von $V_1 = 0,15 \text{ cbm/hm}$ (Hirsch u.a. 1983) ausgetauscht, ergibt sich unter den gleichen Randbedingungen ein Luftaustausch von $4,5 \text{ cbm/h}$. Selbst für eine Person reicht diese Frischluftmenge nicht mehr aus, es muß gelüftet werden. Nach der Wärmeschutzverordnung vom 24. Februar 1982 (Anlage 2, Tabelle 1) ist nach Beanspruchungsgruppe A "Gebäude bis zu 2 Vollgeschossen (Gebäudehöhe bis 8 m" ein Fugendurchlaßkoeffizient $a = V_1$ (10Pa) mit $2,0 \text{ cbm/hm}$, das entspricht einem Fugendurchlaßkoeffizienten V_1 (4Pa) mit $1,08$

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

cbm/hm, zulässig. Dies ergibt der Berechnung nach einen maximalen Luftaustausch über die Fensterfugen von 30,5 cbm/h Frischluft.

"Dicht schließende Fenster, die dank einer in den letzten Jahrzehnten stark verbesserten Fenstertechnik und Fensterproduktion heutzutage auf dem Markt angeboten werden, sind unter diesen Umständen ungünstig (Unterschreitung des Mindestluftwechsels). Sie wären dann angebracht, wenn zum Beispiel eine mechanische Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung den nötigen Luftwechsel sicherstellte. Dies ist derzeit im üblichen Wohnungsbau (noch!) nicht der Fall. Deshalb müssen dicht schließende Fenster - wenn man nur den Wärmeschutz betrachtet - als "verfrüht" angesehen werden," (Gertis, 1985 a).

Da ein ständiger Mindestluftwechsel gesichert sein sollte, könnte das Fenster mit einer gewissen eingeplanten Undichtheit für diese Aufgabe leicht herangezogen werden. Natürlich ist der Luftaustausch alter Fenster wesentlich zu hoch, doch ist der minimale Luftaustausch bei neuen Fenstern zu gering, um Schäden durch falsches Lüften zu vermeiden.

Lösung:

- Notmaßnahme: bei fortgesetzter schädlicher Unterlassung der Mindestlüftung werden gelegentlich bis zur Abhilfe gewisse Teile der Fensterdichtung entfernt. Diese Maßnahme wird oft gegen die Wärmeschutzverordnung verstoßen.
- Spaltöffner bzw. Drehkipp-Begrenzer ermöglichen, einen kleinen Lüftungsspalt am Fenster freizugeben. In dieser Stellung kann das Fenster längere Zeit geöffnet bleiben (z.B. tagsüber), ohne unnötig viel Luft und damit Wärme auszutauschen (Dauerlüftung). Dies erfordert aber trotzdem das Mitdenken der Bewohner.
- Gesonderte Lüftungseinrichtungen am Fenster erlauben feinere Dosierungen der Lüftung, sie können bei Bedarf auch schalldämmend ausgeführt werden.
- Die maschinelle Lüftung (Lüftungsanlage) mit Wärmerückgewinnung erlaubt einen konstanten, kontrollierten Luftwechsel. Die Kombination mit Luftheizung ist naheliegend.
- Gründliche und wiederholte Information der Bewohner über die Art der Fenster und den entsprechenden Lüftungsbedarf.

5.7.4 Verhalten der Bewohner

Problem:

- Abgesehen von Gesundheits- und Bauschäden können auch die Bemühungen, Energie zu sparen, durch nicht optimales Lüften vereitelt werden.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

- Aufgrund der verschiedenen Anforderungen der Nutzer und ihren Vorstellungen darüber, wieviel Bedarf an frischer Luft sie haben, ist das Lüftungsverhalten aus physikalischer Sicht nicht immer optimal.

"Es scheint eine Eigenart der Bewohner zu sein, an wind-schwächeren, etwas wärmeren Tagen mit kleinerem Temperaturgefälle (z.B. an schönen Frühlingstagen) die Fenster weit und häufiger zu öffnen als an kalten Wintertagen. Dieses "sich der Natur öffnen" an wärmeren Frühlingstagen, das mit dem berühmten "Osterspaziergangs-Gefühl" vergleichbar ist, kann die Lüftungswärmeverluste zeitweise bis zu mehr als 100% erhöhen," (Gertis, 1984 a).

Ursache:

Es gibt auch Lüftungs-Fanatiker, die durch ihr Verlangen nach ständig frischer Luft unnötig hohe Lüftungswärmeverluste hinnehmen. Dieses Bedürfnis nach dem offenen Fenster kann mit der verbreiteten Abneigung, sich eingeschlossen zu fühlen, zusammenhängen. Oft sind es aber auch physiologische Gründe, z.B. bei Asthmatikern, Menschen mit häufigen Nebenhöhlenentzündungen u.ä.

Andererseits gibt es Leute, die vermeiden zu lüften, weil sie Energie sparen wollen. Dazu verschließen sie sogar manchmal notwendige Lüftungsöffnungen. Die Bewohnergespräche machten sehr deutlich, daß zu wenig Lüften auch mit dem Wetter und der Qualität der Außenluft zusammenhängt. Bei kalter nebliger Luft lüftet man nicht gerne. Dies trifft auch zu, wenn man den Eindruck hat, daß die Luft draußen besonders schadstoffbelastet ist oder schlecht riecht (z.B. von Kaminen oder Fabriken bei bestimmten Windrichtungen). Je mehr man der Außenluft an seinem Wohnstandort mißtraut - z.B. an stark befahrenen Straßen -, desto weniger Lust hat man zum Lüften.

In manchen Fällen könnte sicher mehr Information Nachteile vermeiden helfen. Dem Bewohner sollte z.B. geläufig sein, daß der Luftaustausch im Winter (bei großen Temperaturdifferenzen) schneller abläuft als im Sommer (geringe Temperaturdifferenzen), oder daß in windexponierten Lagen eine Fensterlüftung stets durch Wind, und in geschützten Gebieten in der Regel durch Temperaturdifferenzen zwischen innen und außen hervorgerufen wird. Empfehlungen für eine bestimmte Öffnungsweite, welche durch entsprechende Beschläge einstellbar sein soll, könnten daher differenziert nach Klimagebiet und Jahreszeit erfolgen (Knöbel, 1984, S. 73). Vor allem beim Einsatz von Lüftungsanlagen ist die Information über Sinn und Zweck, Einsatzweise und Zusammenspiel mit der Fensterlüftung für den Nutzer wichtig. Beobachtungen beim Einsatz von Lüftungsanlagen haben gezeigt, daß z.B. Bewohner weiterhin in gewohnter Weise gelüftet haben oder durch Verstopfen der Ventile die Zuluft blockierten (Nikolic, Rouvel, 1984, S. 172, 173).

Auch spielen die Lebensgewohnheiten eine große Rolle. "Wir alle wissen mittlerweile um die negativen Auswirkungen von Fenstern,

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

deren elastische Fugendichtungen den notwendigen Luftaustausch zwischen Umwelt und Wohnung verhindern. Mein Vermieter hatte deshalb vorgesorgt. Allerdings nicht mit einem wirksamen Lüftungssystem, sondern mit einem Merkblatt. In acht Punkten wurden die Mieter darauf hingewiesen, daß von Stund an häufiges Lüften außerordentlich wichtig sei. Mindestens zweimal am Tag sollte für die Dauer von zehn Minuten die ganze Wohnung mit weitgeöffneten Fenstern durchgelüftet werden. Doch wie sieht die Praxis aus? Vielen Mietern wird es ähnlich gehen wie mir. Sie verlassen am Morgen ihre Wohnung, um erst am späten Nachmittag heimzukehren. Morgens geht es meist hektisch zu. Man ist in Eile. Wer sich schon nicht die Zeit für ein geruhames Frühstück nimmt, wird erst recht keine zehn Minuten zum Lüften der Wohnung erübrigen. Das ist kein Vorwurf, sondern lediglich die erneute Feststellung, daß man die Gewohnheiten des täglichen Lebens keinem Heiz- oder Lüftungsprogramm unterwerfen kann. Die Realität sieht deshalb auch ganz anders aus. Entweder wird nur einmal am Tag gelüftet; das reicht gerade, um die abgestandene und verbrauchte Raumluft gegen Frischluft auszutauschen, keinesfalls jedoch, um Feuchtigkeit aus den Wänden auszutrocknen. Schimmelpilz ist die Folge. Meist bleiben deshalb Kippfenster und Lüftungsklappen den ganzen Tag über geöffnet. Dann aber wird keine Energie gespart. Im Gegenteil: Das Heizen wird jetzt teurer als vor dem Umbau," (Schmid 1985, S.105).

Lösung:

Man mußte seit jeher davon ausgehen, daß die Wohnung eine gewisse Wartung und Pflege benötigt. Lüften gehört dazu. Durch die dichten Fenster haben sich nur die Anforderungen gewandelt. Hier wird der Nutzer dazulernen müssen.

Entsprechend der unterschiedlichen persönlichen Vorlieben und den zeitlichen Möglichkeiten, ist jedoch auch eine ausreichende Flexibilität der Systeme wichtig:

- z.B. bei ganz dichten Fenstern, Spaltlüfter für Dauerlüftung,
- variable Stellungen der Fenster,
- bequeme Regulation der Heizung in Verbindung mit dem Lüften.

Einfache Systeme erleichtern die richtige Mitwirkung des Bewohners. Je komplizierter das Gebäude und die Systeme, desto größer wird das Risiko von Benutzungsfehlern.

6. Wärme

6.1 Thermische Behaglichkeit

6.1.1 Allgemeines

Allgemein versteht man unter Behaglichkeit die subjektive Empfindung des Wohlbehagens, die sich aus den objektiv wirkenden Wechselbeziehungen und der Summe der subjektiven Wahrnehmungen durch die einzelnen Sinnesorgane zusammensetzt, beeinflusst durch die psychische Verfassung des Individuums. Behaglichkeit ist also der Ausdruck der Harmonie zwischen menschlichem Organismus und Umwelt.

Damit sich der Mensch thermisch behaglich fühlt, muß ein Gleichgewicht zwischen der im menschlichen Körper erzeugten Wärme (chemische Umsetzungsprozesse) und der von ihm gespeicherten bzw. über seine Körperoberfläche abgegebenen Wärme vorhanden sein.

Die mittleren biophysikalischen Daten des Menschen sind:

Körpermasse	m	= 60 - 70 kg
Rauminhalt	V	= 60 Liter
Oberfläche	A _o	= 1,7 - 1,9 qm
Körpertemperatur	T _K	= 36,5 - 37 Grad C
mittlere Hauttemperatur	T _{Ha}	= 32 - 33 Grad C
Grundumsatz, völlige Ruhe, liegend	q _o	= 70 - 80 W
Atemluftmenge	m _A	= 0,5 cbm/h

Das Wärmegleichgewicht erreicht der Mensch überwiegend durch die physikalische Temperaturregelung, mit der die äußere Wärmeabgabe den Erfordernissen angepasst wird, zum Beispiel durch Konvektion, Strahlung, Verdunstung, Atmung, Nahrungsaufnahme und Ausscheidungen. Behaglichkeit liegt bei ausgeglichener Wärmebilanz im Beharrungszustand vor, die durch die folgende Gleichung beschrieben wird (Glück/Windisch, 1981, S.353):

$$\dot{Q}_{ges} - \dot{Q}_D - \dot{Q}_V - \dot{Q}_A - \dot{Q}_K - \dot{Q}_S = 0$$

\dot{Q}_{ges} Gesamtwärmeabgabe („Wärmeproduktion“) des Menschen

\dot{Q}_D Wärmeabgabe durch insensible Transpiration (Diffusion)

\dot{Q}_V Wärmeabgabe durch sensible Schweißverdunstung

\dot{Q}_A Wärmeabgabe bei der Atmung

\dot{Q}_K Wärmeabgabe durch Konvektion

\dot{Q}_S Wärmeabgabe durch Strahlung.

Durch Auswertung einer großen Zahl von Versuchen mit ca. 1300 Personen in Klimakammern ist es Fanger gelungen, signifikante

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Größen für die qualitative Beschreibung der thermischen Behaglichkeit zu formulieren. Die Versuche mit körperlich belasteten Versuchspersonen ergaben, daß mit zunehmender Aktivität eine gewisse Schweißverdunstung (Oberflächenfeuchtigkeit) als angenehm empfunden wird. Diese Schweißverdunstung ist ebenfalls von der Wärmeproduktion des Menschen abhängig.

Die experimentellen Untersuchungen von Fanger zeigen, daß sich für maximal 95 % aller in einem Raum unter gleichen Bedingungen lebenden Menschen thermisch behagliche Verhältnisse einstellen, bzw. ein Minimum von 5 % unzufriedener Personen immer vorhanden ist.

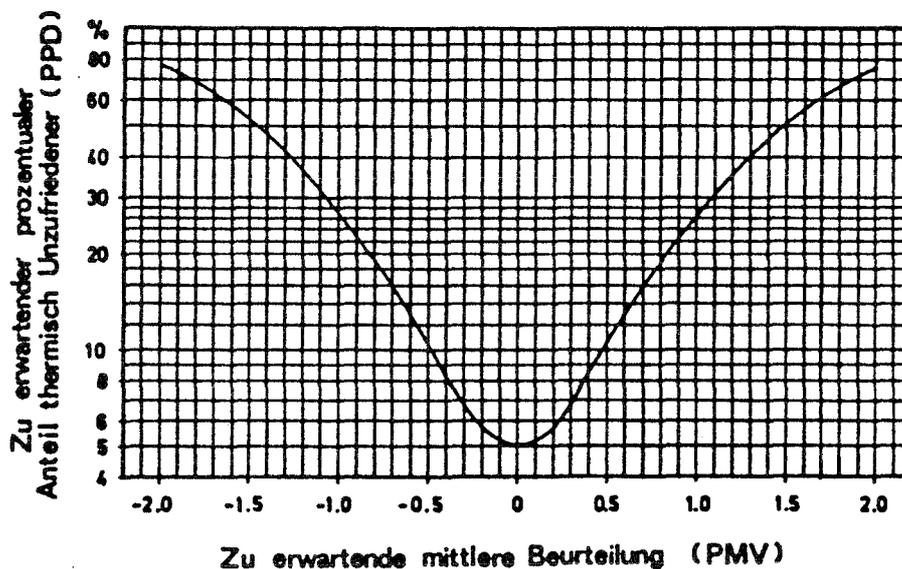


Abb. 6.1/1: Zu erwartende mittlere Beurteilung des thermischen Unbehagens, Bewertungsskala (nach Fanger, 1974, S.269, ISO 7730, 1984, S.3)
-3 = kalt; -2 = kühl; -1 = mäßig kühl; 0 = neutral;
+1 = mäßig warm; +2 = warm; +3 = heiß;

Die Einflüsse von

- täglichen Schwankungen der Körperkerntemperatur
- jahreszeitlich bedingte Rhythmen
- Alter
- Geschlecht
- ethnischer Herkunft
- Adaption
- Klimamonotonie
- Farbe und Schallpegel im Raum

auf die thermischen Behaglichkeitsbedingungen konnten nicht nachgewiesen werden oder sind für praktische Belange vernachlässigbar klein (Renner, 1973).

Allerdings resultieren diese Ergebnisse primär aus Laborexperimenten und erfassen insofern nicht die Vielfalt der Lebensgewohnheiten, Bedürfnisse und Vorlieben im Alltagsleben.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Die Einhaltung der thermischen Behaglichkeit ist sowohl von gesellschaftlicher als auch von volkswirtschaftlicher Bedeutung. Neben der Gesundheit des Menschen stehen dabei insbesondere seine Leistungsfähigkeit (Arbeitsintensität) und seine Konzentrationsfähigkeit (äußerer Ausdruck dafür sind im produktiven Bereich beispielsweise Ausschußquote, Anzahl der Arbeitsunfälle u.ä.) im Vordergrund. Beide Eigenschaften erreichen bei thermischer Behaglichkeit ein Maximum (nach Mangum/Hill, 1973). Die thermische Behaglichkeit wird damit zu einem wesentlichen Bestandteil der Arbeits- und Lebensbedingungen.

6.1.2 Wärmeabgabe des Menschen

Nachfolgend werden die ausgewerteten Ergebnisse von Fanger, 1973, wiedergegeben (nach Windisch, in Glück 1981). Auf die Wiedergabe der Berechnungsgleichungen für die verschiedenen Wärmeabgaben wird verzichtet, und auf die Ausführungen bei Windisch verwiesen.

Wärmeabgaben bei der Atmung \dot{Q}_A

Da sich der Mensch im allgemeinen und bei thermischer Behaglichkeit im besonderen in einer Umgebung aufhält, deren Lufttemperatur in der Aufenthaltszone des Menschen niedriger ist als die Körpertemperatur, erfolgt im Bereich der Atmungsorgane eine Erwärmung des Atemluftstromes. Gleichzeitig tritt noch eine Befeuchtung ein.

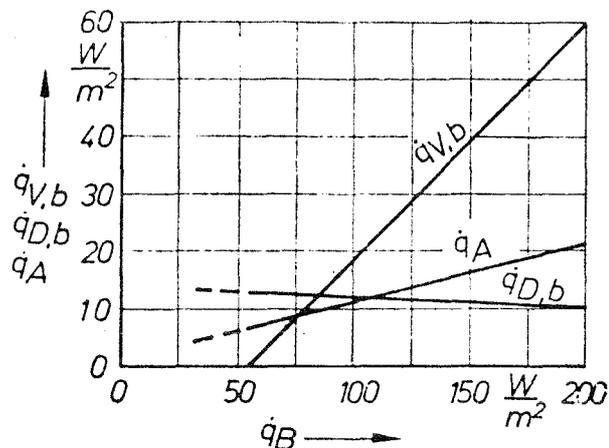
Wärmeabgabe durch insensible Transpiration \dot{Q}_D

Die insensible Transpiration ist im wärmetechnischen Sinne als Trocknungsvorgang zu beschreiben, bei dem eine Diffusion der Feuchtigkeit durch die oberen Hautschichten erfolgt. Vergleichende Untersuchungen zeigen, daß die Stofftransportwiderstände der üblichen Kleidungsschichten gegenüber der Haut vernachlässigbar klein sind.

Wärmeabgabe durch sensible Schweißverdunstung \dot{Q}_V

Die durch die Schweißdrüsen an der Hautoberfläche ausgeschiedene Flüssigkeit führt bei ihrer Verdunstung zu einer Wärmeabgabe, die wegen der Unkenntnis der benetzten Oberflächengröße allgemein nicht berechnet werden kann. Aus der Wärmebilanz bei thermischer Behaglichkeit konnte jedoch ein empirisch gefundener Zusammenhang bestimmt werden. Die Ergebnisse der experimentellen Untersuchung über die Wärmeabgabe durch Atmung, insensible Transpiration (Diffusion) und sensible Schweißverdunstung sind in Abb 6.1/2 dargestellt.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung



($\eta = 0$; $t_{L,M} = 20^\circ\text{C}$; $\varphi_{L,M} = 0,5$)

Abb. 6.1/2: Wärmeabgabe durch Atmung und Verdunstung nach Glück/Windisch, 1981, S.356

Mittlere Lufttemperatur $\bar{T}_L = 20$ Grad C
 mittlere rel. Luftfeuchtigkeit $\bar{\varphi}_L = 50$ %
 Energieumsatz des Menschen \dot{q}_B in W/qm

Die einzelnen Wärmeströme sind auf eine mittlere Oberfläche des Menschen von 1,8 qm bezogen. Die Wärmeströme gelten für Umgebungsbedingungen, die den Anforderungen an die thermische Behaglichkeit entsprechen. Die Anwendung der Abb. 6.1/2 sei an zwei Beispielen gezeigt:

Ruheumsatz $\dot{q}_B = \dot{q}_{ges} = 50$ W/qm
 Arbeitsumsatz $\dot{q}_B = 100$ W/qm
 (Bürotätigkeit)

Bei einem Ruheumsatz von 50 W/qm kann aus dem Bild entnommen werden, daß noch keine Wärmeabgabe durch sensible Schweißverdunstung erfolgt. Die Gesamtwärmeabgabe durch Atmung und Diffusion beträgt ca. 20 W/qm.

Bei einem Arbeitsumsatz von 100 W/qm (mittlere Bürotätigkeit) gibt der Mensch durch sensible Schweißverdunstung bereits ca. 18 W/qm an Wärme ab. Der Summenwert aus Atmung und Diffusion beträgt ca. 25 W/qm.

Allgemein ist aus der Abb. 6.1/2 zu erkennen, daß bei steigendem Energieumsatz des Menschen die Wärmeabgabe durch Diffusion leicht abnimmt, die Wärmeabgabe durch Atmung etwas stärker als die Diffusion zunimmt und der Hauptanteil der Wärmeabgabe durch die sensible Schweißverdunstung verursacht wird.

Wärmeabgabe durch Konvektion \dot{Q}_K

Die quantitative Bestimmung der durch Konvektion verursachten Wärmeabgabe des Menschen erfolgt mit Hilfe des Newtonschen Erfahrungsgesetzes:

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

$$Q_K = \alpha_K \cdot A_K (\vartheta_M - \vartheta_L)$$

ϑ_M = mittlere Oberflächentemperatur des bekleideten Menschen in Grad C

ϑ_L = mittlere Lufttemperatur in Grad C

A_K = Körperoberfläche in qm

Der bekleidete Mensch besitzt eine größere Oberfläche als der nackte Mensch. Der Wärmeübergangskoeffizient α_K wurde für die gesamte Oberfläche des Menschen als Mittelwert experimentell bestimmt.

Die Auswirkungen von veränderlichen Strömungsgeschwindigkeiten (\bar{w}_L), der Luft im Raum und der Übertemperatur $\vartheta_M - \vartheta_L$ können der Abb. 6.1/3 entnommen werden.

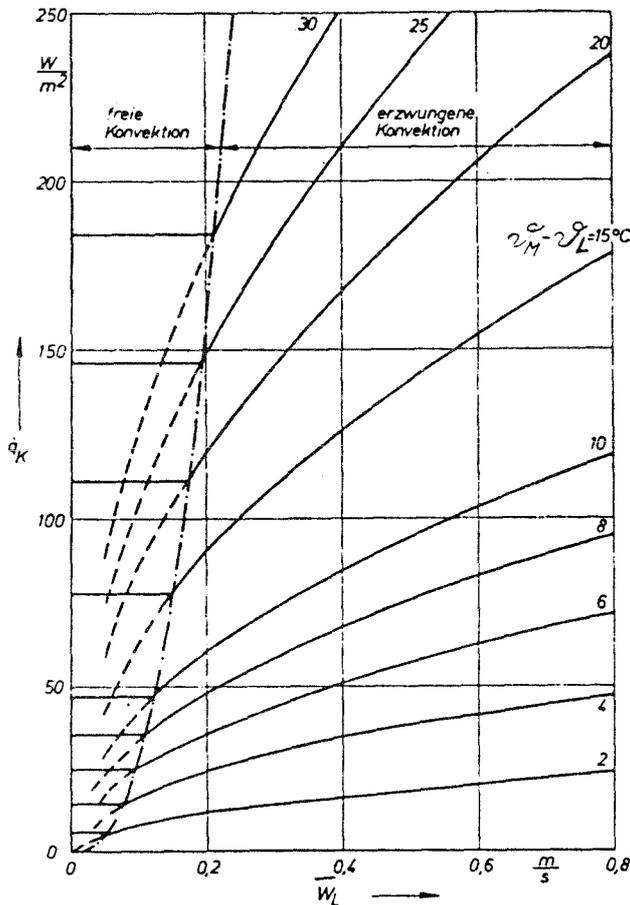


Abb. 6.1/3: Spezifische konvektive Wärmeabgabe des bekleideten Menschen (leichte Arbeitskleidung) nach Glück/Windisch, 1981, S.357

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Wärmeabgabe durch Strahlung \dot{Q}_s

Infolge des Unterschiedes zwischen den Oberflächentemperaturen des Menschen und der ihn umschließenden Oberflächen der Umgebung kommt es zu einem Strahlungswärmeaustausch. Die Berechnung des Strahlungswärmeaustausches zwischen Mensch und Umgebung führt zunächst auf einen relativ komplizierten analytischen Zusammenhang, der für praktische Berechnungen schon deshalb unbrauchbar ist, weil sich der Mensch im Raum bewegt und keine zeitlich feststehende Orientierung z.B. frontal zur Außenwand oder zu den einzelnen Umgebungsflächen einnimmt.

Es ist genügend genau, den Wärmeaustausch durch Strahlung mit einer mittleren Oberflächentemperatur des Menschen ϑ_M , einem mittleren Strahlungskoeffizienten $c_{M,U}$ und einer mittleren Umgebungstemperatur $\vartheta_{U,M}$ zu berechnen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß in der mittleren Umgebungstemperatur alle Flächen der Umgebung und damit auch die Heizflächen selbst zu berücksichtigen sind.

Mit diesen zulässigen Vereinfachungen ergeben sich die flächenbezogenen Wärmeabgaben des Menschen mit leichter Arbeitskleidung, aus Abbildung 6.1/4:

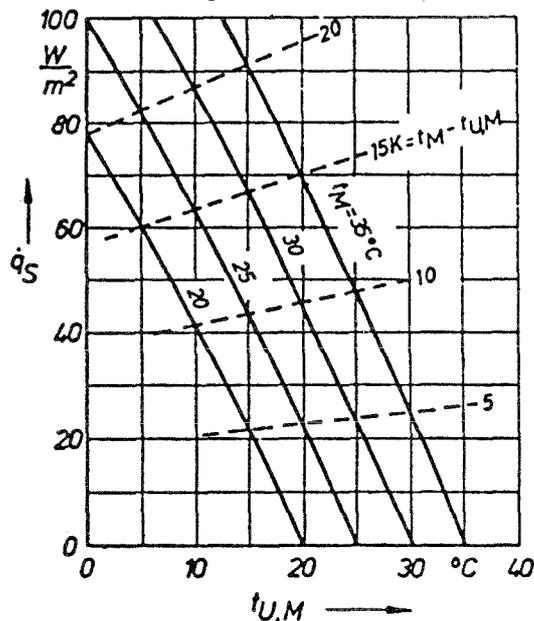


Abb.6.1/4: Spezifische Strahlungsabgabe des Menschen (leichte Arbeitskleidung) nach Glück/Windisch, 1981, S.362

Gesamtwärmeabgabe: Zusammenfassende Darstellung der einzelnen Wärmeströme

Faßt man die Wärmeabgabe durch Konvektion und Strahlung, wie häufig üblich, zur trockenen Wärmeabgabe $\dot{Q}_{tr} = \dot{Q}_k + \dot{Q}_s$ zusammen, gilt:

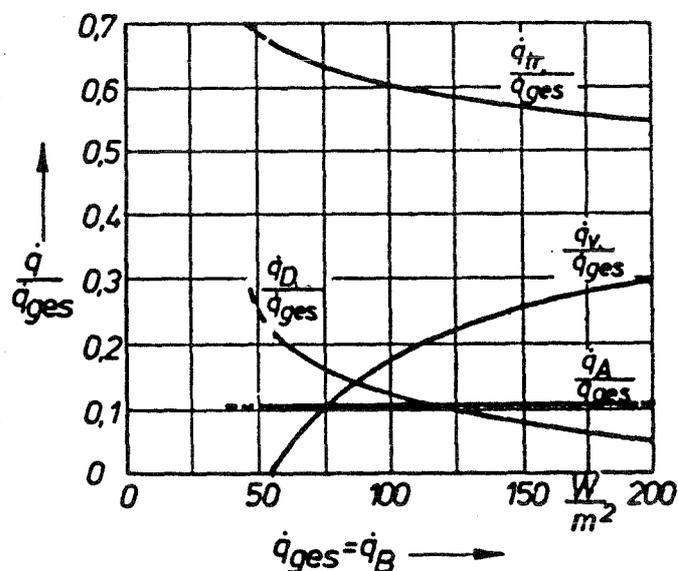
$$\dot{Q}_{ges} = \dot{Q}_{tr} + \dot{Q}_A + \dot{Q}_D + \dot{Q}_V$$

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Aus der Abb. 6.1/5 sind die einzelnen prozentualen Anteile der behaglichen Wärmeströme abhängig vom Aktivitätsgrad des Menschen zu entnehmen z. B. für

- schlafender Mensch = Grundumsatz = 50 W/qm bzw. ca. 80 W
- arbeitender Mensch ca. 150 W/qm

Wärmestrom durch	schlafend (50 W/qm)	arbeitend (150 W/qm)
Atmung	11%	12%
insensible Transpiration	22%	7%
sensible Schweißverdunstung	0%	25%
trockene Wärmeabgabe	67%	56%



$t_{L,M} = 20^\circ\text{C}; \varphi_{L,M} = 50\%$

Abb.6.1/5: Komponenten der behaglichen Wärmeabgabe $t_{L,M} = 20$ Grad C
 $\varphi_{L,M} = 50\%$ nach Glück/Windisch, 1981, S.363

Die Gesamtwärmeabgabe des Menschen bei verschiedenen Betätigungen ist in Übersicht (Abb. 6.1/6) angegeben. In der ISO 7730 (1984) sind die entsprechenden Angaben für z.T. etwas anders definierte Tätigkeiten enthalten.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Art der Betätigung	Wärmeproduktion in met-Einheiten	entspricht Wärmeproduktion W/Person
1. schlafend	0,7	70
2. liegend	0,8	80
3. sitzend	1,0	105
4. stehend	1,2	130
5. ruhige Arbeit	1,0	105
6. leichte Schreibtischarbeit	1,2	130
7. aktive Büroarbeit	1,4	150
8. langsames Gehen (3 km/h)	2,0	210
9. schnelles Gehen (6 km/h)	3,8	400

Abb. 6.1/6: Gesamtwärmeabgabe des Menschen bei verschiedenen Betätigungen nach ASHRAE, 1972

6.1.3 Wärmetransport durch die Kleidung

Außer bei der Atmung erfolgt die Wärmeabgabe der übrigen Komponenten mit der Umgebung über die Hautoberfläche. Damit ist die Gesamtwärmeabgabe notwendigerweise eng mit den wärmetechnischen Eigenschaften der Bekleidung verknüpft. Das fand in der Vergangenheit besonders bei der Ableitung von Kriterien für die thermische Behaglichkeit meist nicht genügend Bedeutung. Bei normaler Bekleidung sind jedoch neben den Kopfflächen nur die Hände unbekleidet, so daß etwa 80 % der Körperoberfläche teilweise mit mehreren textilen Schichten belegt sind.

Die technischen Anforderungen an eine gute Bekleidung ergeben sich im wesentlichen aus den den Wärmehaushalt des Menschen beeinflussenden Faktoren (Wärmeleitwiderstand, Strahlungskoeffizient, Diffusionswiderstand, Hygroskopizität, Luftdurchlässigkeit, Kapillarverhalten) sowie den die Reinigung bestimmenden Eigenschaften (Wasseraufnahmevermögen, Wasserrückhaltevermögen usw.).

Diese vielfältigen Einflußgrößen werden hinsichtlich des wärmetechnischen Verhaltens mit Hilfe eines äquivalenten Wärmeleitwiderstandes (s/λ)_{Kleidung} charakterisiert, der jeweils für ein komplettes Bekleidungsstück gilt und auf die Gesamtoberfläche des nackten Menschen bezogen ist. Er berücksichtigt neben den statischen Eigenschaften auch die bei jeder Kleidung und üblichen Aktivitäten auftretenden Durchlüftung (Pump- oder Ventilationseffekte). Bezogen auf die Wärmedämmeigenschaften des normalen Büroanzuges, hat sich in der Fachliteratur die aus dem Englischen stammende Angabe "clothing units" (kurz clo) durchgesetzt, 1 clo = 155 qm K/kW.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Nachstehend sind in der Übersicht (Abb. 6.1/7) einige Wärmeleitwiderstände R in qm K/W und die dazugehörenden clo -Werte aufgeführt (ISO 7730, 1984, S.8).

Abb. 6.1/7: Wärmeleitwiderstände von Bekleidungsarten, ISO 7730, 1984, übersetzt:

Bekleidungsart	$(\text{m}^2 \cdot \text{°C/W})$	I_{cl} (clo)
ohne Bekleidung (nackt)	0	0
mit kurzer Hose (Shorts)	0,015	0,1
typische Tropenbekleidung: Unterhose, kurze Hose, offenes Hemd mit kurzen Ärmeln, leichte Socken und Sandalen	0,045	0,3
leichte Sommerkleidung: Unterhose, leichte lange Hose, offenes Hemd mit kurzen Ärmeln, leichte Socken und Schuhe	0,08	0,5
leichte Arbeitskleidung: leichte Unterwäsche, Baumwollarbeits- hemd mit langen Ärmeln, Arbeitshose, Wollsocken und Schuhe	0,11	0,7
typische winterliche Kleidung im Haus: Unterwäsche, Hemd mit langen Ärmeln, lange Hosen, Jacket oder Wolljacke mit langen Ärmeln, dicke Socken und Schuhe	0,16	1,0
Schwere traditionell europäische Berufskleidung: Baumwollunterwäsche mit langen Beinen und Ärmeln, Hemd, Anzug einschließlich Hosen, Jacket und Weste, Wollsocken und schwere Schuhe	0,23	1,5

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

6.1.4 Behaglichkeitsgleichung nach Fanger, graphische Darstellung der Rechenergebnisse

Ausgehend von den Bedingungen für die thermische Behaglichkeit sowie unter Verwendung der Berechnungsgleichungen für die einzelnen Komponenten der Wärmeabgabe des Menschen ergibt sich die "Behaglichkeitsgleichung nach Fanger", auf deren Darstellung hier bewußt verzichtet wird. In dieser Gleichung sind die wesentlichen Einflußgrößen, wie Aktivität des Menschen, Kleidung des Menschen und thermische Raumklimakomponenten ($\mathcal{D}_L, \mathcal{D}_{u,w}, \mathcal{P}$) auf die thermische Behaglichkeit berücksichtigt.

Die breite Bedeutung dieser Behaglichkeitsgleichung zeigt sich daran, daß von den insgesamt ca. 1400 Versuchspersonen nur ca. 5% unzufriedene Personen ermittelt wurden, sofern die Kriterien der Behaglichkeitsgleichung eingehalten wurden. Damit ist es nun möglich, einen Behaglichkeitsbereich anzugeben, der aus energiewirtschaftlichen Überlegungen sowie aus medizinischer Sicht erweitert werden kann (Erträglichkeitsbereich).

Da die Lösung der Behaglichkeitsgleichung nach Fanger nur auf iterativem Wege möglich ist, wurden von ihm graphische Auswertungen für typische Aktivitätsstufen und Bekleidungsfälle vorgenommen, so daß ein umfangreiches Diagrammwerk über die zur Sicherung der thermischen Behaglichkeit notwendigen Kombinationen der vier thermischen Raumklimaparameter vorliegt. Die Abb.6.1/8 ist ein Beispiel aus den insgesamt im Buch von Fanger "Thermal Comfort", 1973, enthaltenen Diagrammen. Sie zeigt den Behaglichkeitsbereich in Abhängigkeit von Lufttemperatur, Luftgeschwindigkeit und Energieumsatz des Menschen. So führt ein hoher Energieumsatz des Menschen zu einer geringen Lufttemperatur, wenn der Behaglichkeitsbereich erhalten bleiben soll. Mit zunehmender Luftgeschwindigkeit muß auch die Lufttemperatur erhöht werden, um im behaglichen Bereich zu bleiben. Je nach Energieumsatz fällt diese Temperaturänderung unterschiedlich hoch aus.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

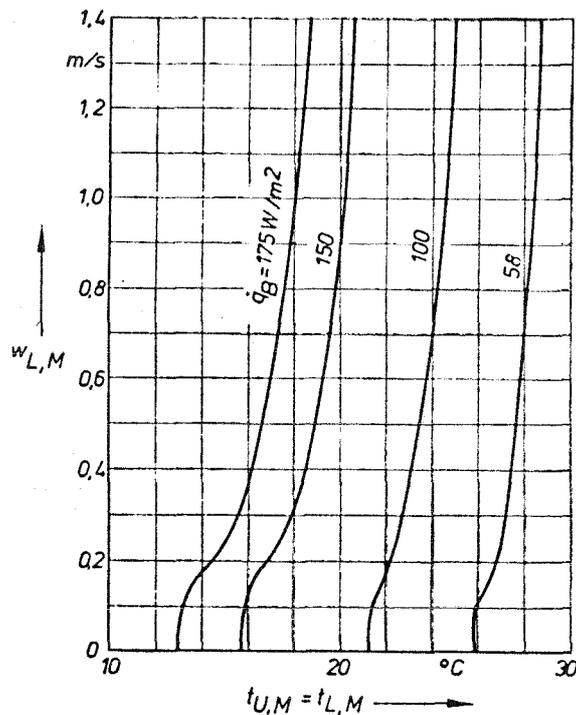


Abb.6.1/8: Behagliche Wertepaare von Luftgeschwindigkeit und -temperatur für $t_{U,M}=t_{L,M}$ und $\varphi_{L,M}=50\%$ ($R_{Kl}=0,5$ clo)
Aus: Glück/Windisch, 1981, S.365

- $t_{U,M}$ = mittlere Umgebungstemperatur
- $t_{L,M}$ = mittlere Lufttemperatur
- $w_{L,M}$ = mittlere Luftgeschwindigkeit
- $\varphi_{L,M}$ = mittlere Luftfeuchte
- \dot{q}_B = Energieumsatz des Menschen
- clo = Wärmedämmeigenschaft der Kleidung

Ausgehend von den Angaben in der ISO 7730 hat die Abteilung Heizung, Lüftung, Klimatechnik des Instituts für Kernenergetik und Energiesysteme der Universität Stuttgart (Dittes u.a., 1986) Behaglichkeitsdiagramme erstellt.

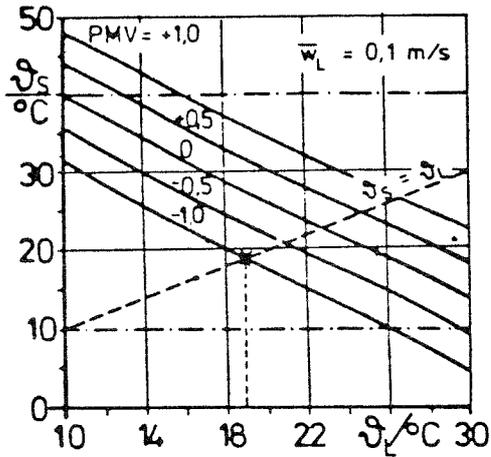
Die Abb. 6.1/9 über die Abhängigkeit des PMV-Wertes von verschiedenen Parametern (Luft-, Umgebungstemperatur, Luftgeschwindigkeit, Aktivitätsgrad) ist ein Auszug aus diesem Diagrammblock.

Begriffserläuterung:

- ϑ_L = mittlere Lufttemperatur
- ϑ_s = mittlere Umgebungstemperatur
- \bar{w}_L = mittlere Luftgeschwindigkeit
- PMV = Behaglichkeitsempfinden
- M = Aktivitätsgrad, Wärmeproduktion

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

$M = 60 \text{ W/m}^2, R_{kl} = 1,0 \text{ clo}$



$M = 150 \text{ W/m}^2, R_{kl} = 1,0 \text{ clo}$

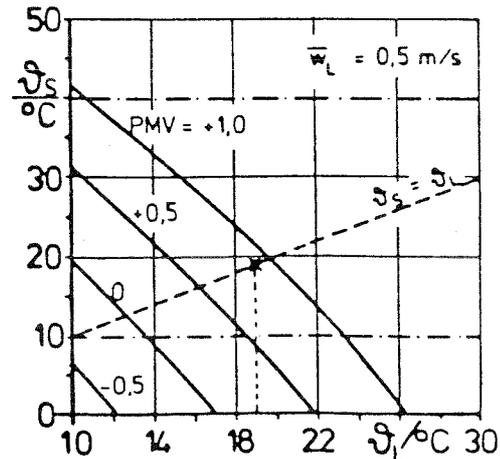
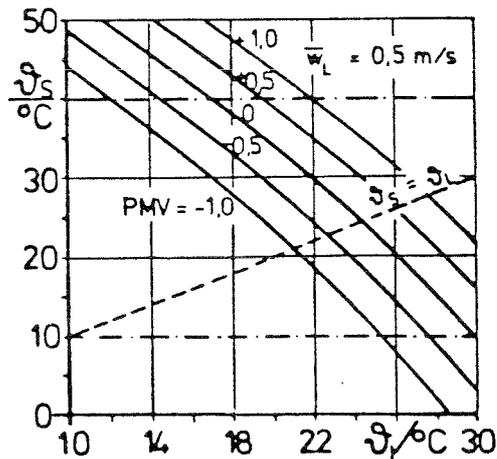
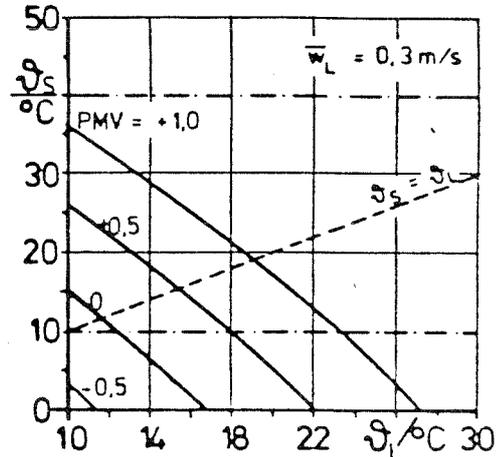
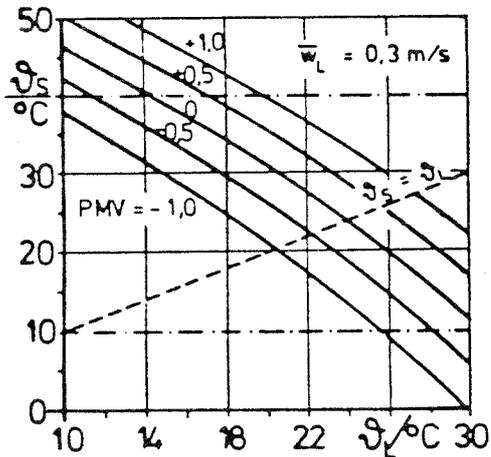
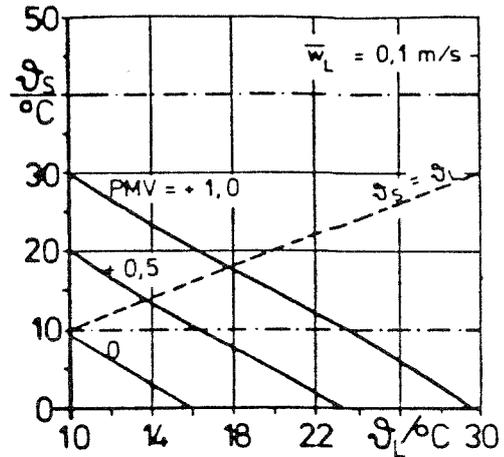


Abb.6.1/9: Abhängigkeit des PMV-Wertes von der Luft- und Strahlungstemperatur bei verschiedenen Geschwindigkeiten nach ISO 7730 (E). Für zwei Aktivitätsgrade ($M = 60$ und 150 W/qm bei einer Kleidung mit Wärmeleitwiderstand $R_{kl} = 1,0 \text{ clo}$)
Aus: Dittes u.a., 1986, S.48

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Für einen ruhig sitzenden Menschen ergibt sich nach ISO 7730 eine innere Wärmeproduktion von ca. 60 W/qm und für die typische Winterkleidung innerhalb der Wohnung ein Wert von 1,0 clo (Ausgangswerte der linken Diagrammspalte). Als Vergleich werden Diagramme mit verändertem Aktivitätsgrad ($M=150$ W/qm), das entspricht einer körperlichen Beschäftigung wie z.B. aktive Büroarbeit, gegenübergestellt (rechte Diagrammspalte). Die untereinander angeordneten Diagramme unterscheiden sich durch die mittlere Luftgeschwindigkeit.

Anwendungsbeispiel für die Abbildung 6.1/9:

Geht man von einer mittleren Raumlufthgeschwindigkeit von $\bar{v}_L = 0,1$ m/s aus (Heizung mit Raumheizkörpern und relativ dichten Fenstern), müßte bei einer Raumlufthtemperatur von $t_{Ra} = 16$ Grad C eine mittlere Umgebungstemperatur (Strahlungstemperatur) von $\vartheta_s = 32$ Grad C vorhanden sein (Diagramm oben links), damit höchstens 5% unzufrieden sind (PPD-Wert). Erhöht sich die Wärmeproduktion auf 150 W/qm, muß bei einer Raumlufthtemperatur von 16 Grad C die Umgebungstemperatur auf etwa 0 Grad C sinken, um wieder das Minimum an Unzufriedenen zu erhalten (Diagramm oben rechts). Steigt die mittlere Luftgeschwindigkeit auf 0,5 m/s müßte bei einer Raumlufthtemperatur von 16 Grad C die Umgebungstemperatur 43 Grad C ($M=60$ W/qm, Diagramm unten links) betragen. Bei erhöhter Wärmeproduktion ($M=150$ W/qm, Diagramm unten rechts) würde eine Raumlufthtemperatur von 16 Grad C eine Umgebungstemperatur von etwa 3 Grad C ergeben.

Auffallend ist, daß sich die Abstände der PMV-Werte (thermisches Behaglichkeitsempfinden) nicht durch die Luftgeschwindigkeit, wohl aber durch den Aktivitätsgrad verändern, d.h. der Aktivitätsgrad beeinflußt das Wärmeempfinden. Befindet sich der Mensch in Ruhe, wirken sich kleinere Temperaturschwankungen auf sein Behaglichkeitsempfinden stärker aus als bei körperlicher Betätigung.

Akzeptiert man eine mittlere Beurteilung des thermischen Behaglichkeitsempfindens (PMV-Wert) von -1,0, was einem Empfinden von mäßig kühl entspricht, reicht eine mittlere Strahlungstemperatur von $\vartheta_s = 17$ Grad C aus (Lufttemperatur von 20 Grad C, $\bar{v}_L = 0,1$ m/s, $M=60$ W/qm). Es ist dann allerdings ein PPD-Wert von 27 % Unzufriedener einzukalkulieren. Für einen PMV-Wert von -0,5 ergeben sich folgender Werte: $\vartheta_s = 22$ Grad C, PPD = 11 %.

Es darf nicht vergessen werden, daß diese Abhängigkeiten aufgrund von Versuchen mit Testpersonen gebildet wurden. So kann man die Wertepaare z.B. Luft- und Umgebungstemperatur von 23 Grad C bei ruhig sitzender Tätigkeit, geringer Luftbewegung und mit einer typischen Winterbekleidung innerhalb der Wohnung (Diagramm oben links) als erhöhten Heizkomfort bezeichnen.

Während in der Behaglichkeitsgleichung von Fanger die sechs wesentlichen Parameter berücksichtigt sind, wurden in früheren Veröffentlichungen häufig nur der Zusammenhang zwischen Raumlufthtemperatur und Oberflächentemperatur der Umfassungswände, wie z.B. von Bedford und Liese, als Bandbreite angegeben.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

6.2 Wirkung der Wärmeverteilungssysteme auf Strahlung und Konvektion im Raum

6.2.1 Raumheizkörper

Raumheizkörper wirken in Abhängigkeit von Bauform, Bauart und Heizmitteltemperaturen (Vorlauftemperaturen) unterschiedlich hinsichtlich Strahlung und Konvektion.

Im allgemeinen sind die Heizkörper an der Außenwand unter dem Fenster angebracht und verhindern durch den aufsteigenden Warmluftstrom ein Abfallen der kalten Luft am Fenster (s. Abb. 6.2/11 oben).

Wird ein Vorhang angebracht, der sowohl Fensterfläche als auch Raumheizkörperfläche bedeckt - wie dies in vielen Wohnungen der Fall ist -, so wird die Strahlung und Konvektion zum Raum hin nahezu unterbunden. Aus diesem Grund sollten Vorhänge so angebracht werden, daß sie vor der Fensterfläche hängen und die Heizkörperfläche frei bleibt.

6.2.2 Fußbodenheizung

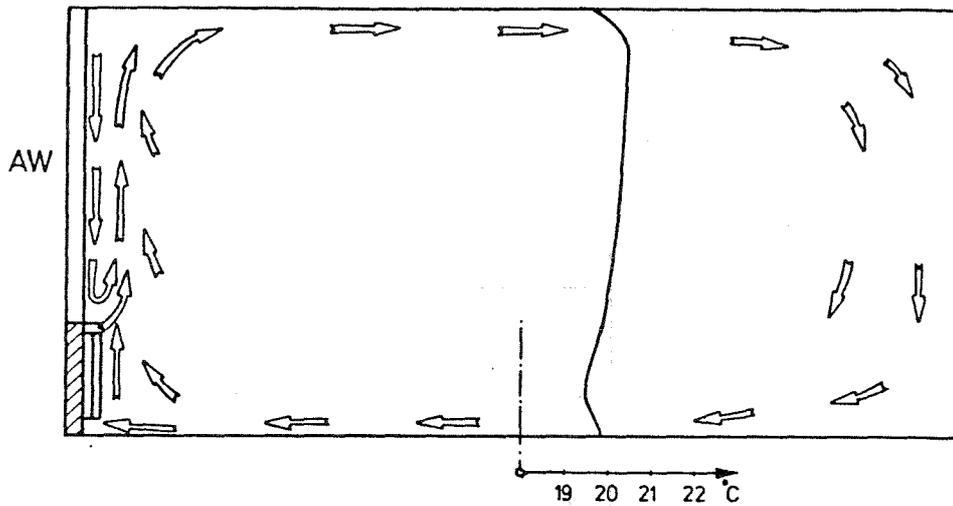
Die Wärmeabgabe der Fußbodenheizung wird im wesentlichen durch das von Raum zu Raum verschiedene thermische Umfeld beeinflusst: die Konvektion hängt von der Temperaturdifferenz zwischen kalter Außenwand und Heizfläche ab, die Strahlung von der Anordnung, Größe und Temperatur der Umgebungsflächen.

Bedingt durch höhere Temperaturen der Umfassungsflächen wird die Abstrahlung zur kalten Fläche noch verstärkt. Bei einem Raum im Zwischengeschoß wird die Deckentemperatur zum einen durch Strahlung des Fußbodens, zum anderen durch die darüberliegende Fußbodenheizung bestimmt.

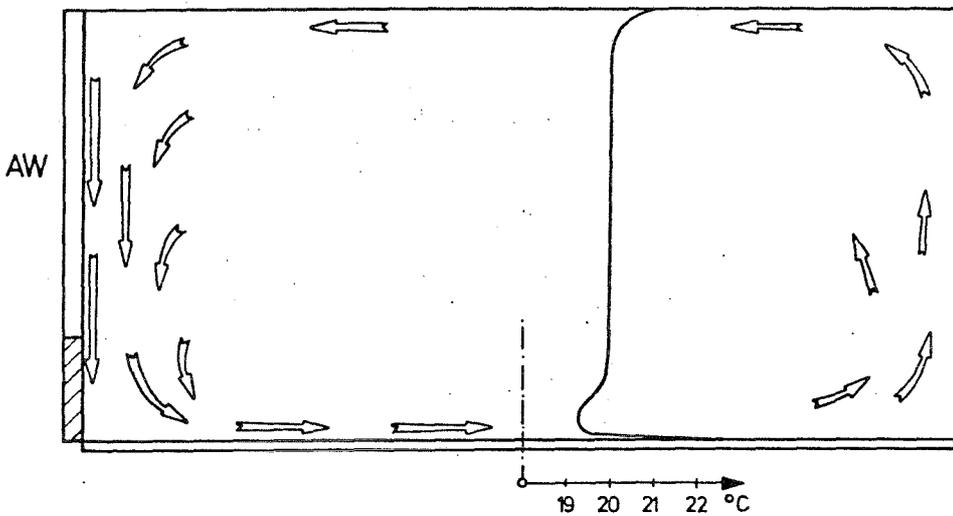
Bei reinen Fußbodenheizungen muß bei 2-fach verglasten Scheiben immer mit einem ausgeprägten Kaltluftabfall am Fenster und an den Außentüren gerechnet werden. Dadurch entsteht eine Luftbewegung über den Fußboden in die Tiefe des Raumes (Abb. 6.2/1 unten), die entgegengesetzt zu der Luftbewegung verläuft, wie sie ein Heizkörper unter dem Fenster erzeugt (Abb. 6.2/11 oben).

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Heizkörper



Fußbodenheizung



Lufttemperatur und Luftströmung

Abb.6.2/1: Raumluftrömung bei Raumheizkörpern und Fußbodenheizung
Aus: Dittes u.a., 1986

6.2.3 Strahlungseinfluß - Vergleich Raumheizkörper und Fußbodenheizung (aus Bach/ Hesslinger u.a.,1981)

"Der Wärmeabgabevergleich wird beispielhaft berechnet für einen Raum, der 4 m breit, 5 m tief und 2,5 m hoch ist. Verglichen werden die Wirkung der Fußbodenheizung mit einer Radiatorenheizung. Eine Luftheizung ist in diesem Zusammenhang nicht vergleichbar, da mit ihr die Abstrahlung der Außenwand an keiner Stelle des Raumes zu kompensieren ist.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Für den Raum mit Fußbodenheizung ist eine mittlere Außenwandtemperatur (Fenster und Wände) von 13 Grad C, eine Innenwandtemperatur (Decke und Seitenwände) von 21 Grad C und eine Lufttemperatur von 19 Grad C angenommen; der Boden soll 27 Grad C warm sein.

Bei Radiatorenheizung ist eine einfache Heizplatte von 0,4 m Höhe und 4 m Breite vorausgesetzt; die mittlere Oberflächentemperatur soll 55 Grad C betragen. Die mittlere Temperatur der restlichen Außenwandfläche (ebenfalls Fenster und Wand) sei hier nur 12 Grad C, die Temperatur der Innenwände 19,5 Grad C und die Temperatur der Luft 20,5 Grad C.

Im wesentlichen stellt sich der Wärmeabgabevergleich als Zu- und Abstrahlungsüberschuß dar. Abbildung 6.2/2 zeigt für den Mittelschnitt des Raumes die Feldverteilung. Die Betrachtung ließe sich in der gleichen Weise für ein in das Innere des Raumes gerichtetes Körperflächenelement anstellen".

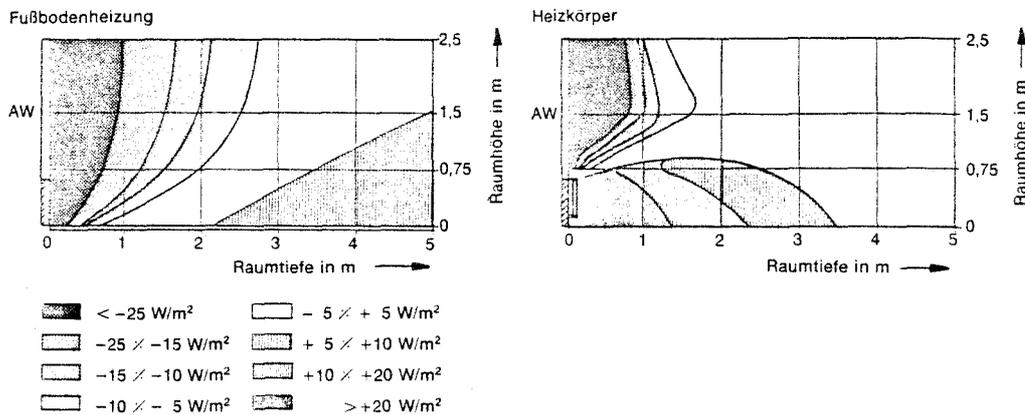


Abb. 6.2/2: Zu- und Abstrahlungsüberschuß bei freien bzw. integrierten Raumheizflächen (dargestellt an einem Raumschnitt)
Aus: Bach/Hesslinger u.a., 1981, S.70

Ein Abstrahlungsüberschuß von -8 W/qm bedeutet, daß die empfundene Temperatur um 1K kälter ist als die im Zustand thermischer Behaglichkeit. Im Vergleich zeigt der Raum mit Fußbodenheizung geringere Schwankungen bei den Strahlungszonen. In der Raummitte herrscht ein ausgeglichenes Strahlungsniveau, mit zunehmender Raumtiefe entsteht aber ein Zustrahlungsüberschuß (es ist wärmer). Nahe der kalten Außenwand herrscht dagegen ein Abstrahlungsüberschuß (es ist kälter). Eine andere Feldverteilung liegt im Raum mit dem Heizkörper (an der Außenwand) vor. Nahe dem Heizkörper besteht ein Zustrahlungsüberschuß, unmittelbar darüber vor dem Fenster besteht jedoch ein Abstrahlungsüberschuß (d.h. warme Füße, kalter Kopf). In der Raumtiefe herrscht dagegen ein ausgeglichenes Strahlungsniveau.

Mit Luft als Wärmeträger kann kein Strahlungsausgleich zur kalten Außenfläche geschaffen werden (Luftheizung).

6.3 Wirkung durch Wärmeleitung bei der Fußbodenheizung – Fußkomfort (aus Bach/Hesslinger, 1981)

Die zulässige Fußbodenoberflächentemperatur sollte nach Kollmar/Liese, 1957 aus gesundheitlichen Gründen 24-25 Grad C bei -15 Grad C Außentemperatur und 20 Grad C Raumtemperatur in dauerbenutzten Räumen und 20-30 Grad C bei +15 Grad C Raumlufttemperatur in zeitweilig genutzten Räumen nicht überschreiten.

Den Einfluß der Fußbodenoberflächentemperatur, des Bodenmaterials und der Aufenthaltsdauer auf das subjektive Fußkomfortempfinden unter Einhaltung der Bedingungen für die thermische Behaglichkeit hat Olesen, 1975, untersucht. Er hat festgestellt, daß beim Aufenthalt mit nackten Füßen die Fußtemperatur und der Wärmestrom im Fuß den größten Einfluß haben. Sie bestimmen etwa 65 % der subjektiven Beurteilung des Fußkomforts. Es zeigt sich ferner, daß das Bodenmaterial in diesem Fall einen deutlichen Einfluß auf die bevorzugte Fußbodenoberflächentemperatur hat. Es wird eine Methode beschrieben, die es ermöglicht, aus den Messungen der Wärmeabgabe eines künstlichen Fußes den Boden zu charakterisieren und auch die optimale Fußbodentemperatur abzuschätzen.

Die Bestimmung der Wärmeableitung von Fußböden wurde entsprechend der DIN 52 614 (1974) vorgenommen. Als optimale Fußbodentemperatur wird diejenige Temperatur angesehen, bei der der Prozentsatz von Unzufriedenen so klein wie möglich ist. Die Versuchsergebnisse für eine Aufenthaltsdauer von einer Minute und für eine Aufenthaltsdauer von 10 Minuten sind in der Abbildung 6.3/1 dargestellt.

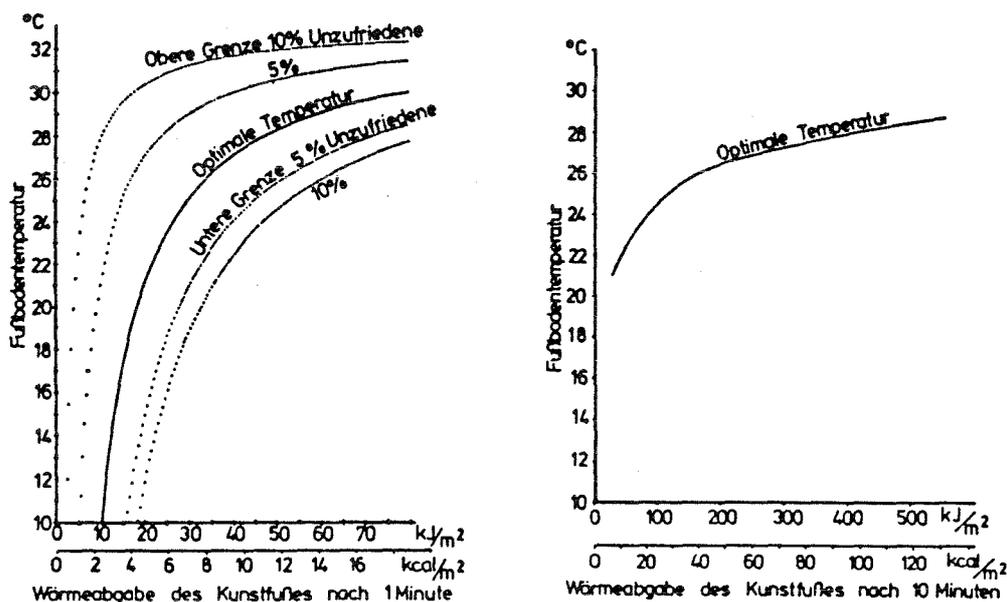


Abb.6.3/1: Zusammenhang zwischen der Wärmeabgabe des Kunstfußes und der optimalen Fußbodentemperatur nach 1 Minute und 10 Minuten nach Olesen, 1975
Aus: Bach/Hesslinger, 1981, S.70

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Aufenthaltsdauer	Wärmeableitung bestimmt nach DIN 52 614		Optimale Fußboden- oberflächen- temperatur		Bereich, bei dem weniger als 10% Unzufriedene zu erwarten sind
	1 min	10 min	1 min	10 min	1 min
	$\frac{\text{kJ}}{\text{m}^2}$	$\frac{\text{kJ}}{\text{m}^2}$	°C	°C	°C
Bodenmaterial					
5 mm Korkparkett auf Beton	26	145	24	26	17 – 31
Holzboden	29	124	25	25	18 – 31
Naturstein	75	511	30	29	27 – 32
5 mm Mosaikstein auf Gasbeton	60	301	29	27	26 – 32
2,5 mm Hartlinoleum auf Holzboden	46	176	28	26	24 – 32
2,5 mm Hartlinoleum auf Beton	45	296	28	27	24 – 32

Abb.6.3/2: Behagliche Fußbodenoberflächentemperatur für eine Reihe von Fußbodenaufbauten, gültig für stehende Personen mit nackten Füßen
Aus: Bach/Hesslinger, 1981, S.71

Wie aus der Übersicht (Abb.6.3/2) ersichtlich, hat das Bodenmaterial einen deutlichen Einfluß auf die als behaglich zu bezeichnende Fußbodenoberflächentemperatur für Personen, die mit nackten Füßen bzw. mit Baumwollsocken bekleideten Füßen auf dem Boden stehen. Bei kurzen Aufenthaltszeiten von ca. 1 Minute ist der Einfluß wesentlich größer als bei den etwas längeren Aufenthaltszeiten von 10 Minuten. Während man bei den kurzen Aufenthaltszeiten (ca. 1 Minute) einen größeren Bereich für die behagliche Fußbodenoberflächentemperatur zulassen kann (man läßt ca. 10 % Unzufriedene zu), ist dies bei den etwas längeren Aufenthaltszeiten (10 Minuten und mehr) nicht mehr zulässig.

Von entscheidender Bedeutung für die Auslegung einer Fußbodenheizung ist es, wieviel Prozent Unzufriedene bei den Auslegungsbedingungen (tiefste Außentemperatur) noch zugelassen werden. Fanger/Olesen, 1979, empfehlen für die Auslegung 12 % Unzufriedene zu akzeptieren.

Personen, die sich in einer für sie als kalt empfundenen Umgebung befinden, bevorzugen höhere Fußbodenoberflächentemperaturen als Personen, die sich in thermisch neutraler Umgebung bzw. in einer für sie als zu warm empfundenen Umgebung aufhalten.

Die wissenschaftlichen Untersuchungen haben ergeben, daß es nicht möglich ist, alle Menschen bei der gleichen Bodenoberflächentemperatur zufrieden zu stellen, was auch in der Praxis laufend bestätigt wird. Deshalb muß eine Fußbodenheizung so ausgeführt werden, daß der Benutzer die Bodenoberflächentemperatur nach seinen eigenen Gewohnheiten wählen kann, ohne jedoch dabei die aus medizinischen Gründen einzuhaltende Maximaltemperatur zu überschreiten.

6.4 Temperaturprofile

6.4.1 Allgemeines

Die im folgenden wiedergegebenen Temperaturprofile wurden in einer geschlossenen Kabine ermittelt, und zwar bei unterschiedlichen Beheizungsarten (Hesslinger/Schlapmann, 1977). Die dargestellten Temperaturprofile gelten für einen Luftwechsel $= 0/h^{-1}$. Für den bei Wohnungsbauten im Durchschnitt anzusetzenden Luftwechsel von 0,5 bis 1,0/h verändern sich diese Temperaturprofile nicht wesentlich.

Der quaderförmige Versuchsraum hat die lichten Maße: Breite 4 m, Tiefe ca. 5 m und eine Höhe von 2,7 m. Eine Stirnwand ist wassergekühlt, die übrigen Seitenwände und die Decke sind stark wärmege-dämmt. Dies entspricht einem Wohnraum mit einer Außenwand (voll verglaste Fläche).

6.4.2 Raumheizkörper

In Abbildung 6.4/I sind die Temperaturprofile zweier verschiedener Plattenheizkörper bei unterschiedlichen mittleren Heizmedium-temperaturen dargestellt. Das obere Bild zeigt die Temperaturgradienten für eine mittlere Heizmediumtemperatur von 82 Grad C eines einreihigen Plattenheizkörpers mit der Bauhöhe 920 mm und der Baulänge 1500 mm. In vertikaler und horizontaler Richtung treten deutliche Temperaturgradienten auf. Vor dem Raumheizkörper in der Mitte des Raumes bewirkt eine kräftige Aufwärtsbewegung der Luft eine Verringerung des vertikalen Gradienten. Der in bodennahen Zonen zu beobachtende waagrechte Temperaturgradient, hervorgerufen durch den Kaltlufteinfall seitlich des Raumheizkörpers, nimmt mit der Entfernung von der Außenwand (Kühlwand) ab.

Werden die Abmessungen des Plattenheizkörpers derart verändert, daß er mit seiner Länge etwas mehr als die Hälfte der gesamten Raumbreite einnimmt, dafür aber nicht mehr so hoch ist, so ergeben sich bei einer mittleren Heizmediumtemperatur von $t_m = 57,5$ Grad C (Niedertemperaturbereich) Temperaturprofile, wie sie auch bei einer Fußbodenheizung auftreten.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

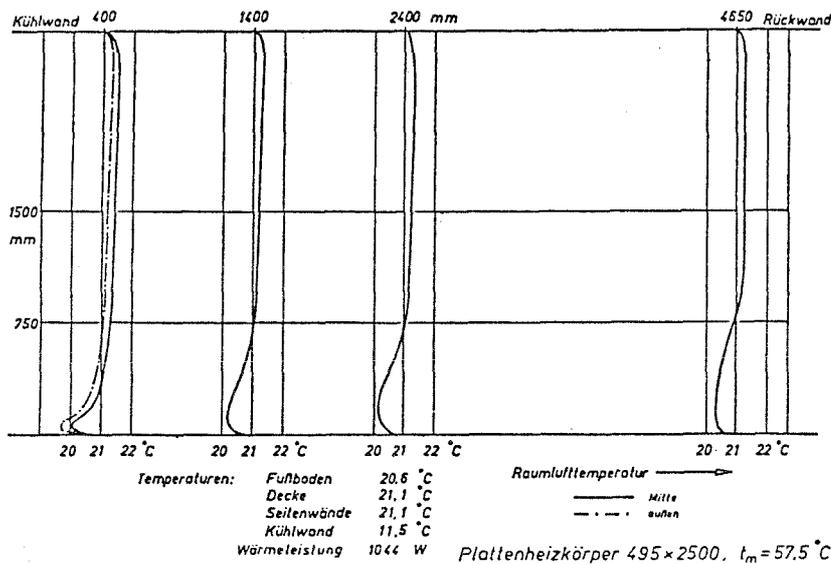
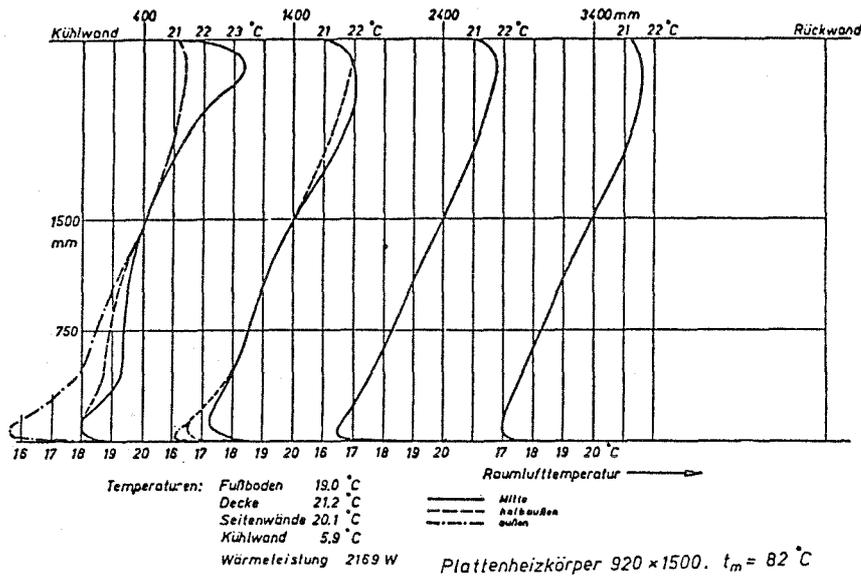


Abb. 6.4/1: Vertikale Temperaturprofile bei Raumheizkörpern mit unterschiedlichen Heizmitteltemperaturen
Aus: Hessler/Schlapmann, 1977

Die Abbildung 6.4/1 zeigt, daß mit zunehmender Heizkörperlänge und abnehmender Heizmitteltemperatur (trotz annähernd gleichgroßer Heizkörperfläche) sich vertikale Temperaturprofile mit geringen Schwankungen ergeben.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

6.4.3 Fußbodenheizung

In der Abbildung 6.4/2 sind beispielhaft die Temperaturprofile bei einer Fußbodenheizung mit einer mittleren Fußbodenoberflächen-temperatur von $t_B = 29,3$ Grad C angegeben. Diese Temperaturprofile entsprechen in etwa denen eines Zwischengeschosses. Der Temperaturanstieg unter der Decke wird größer, wenn im darüberliegenden Raum ebenfalls eine Fußbodenheizung installiert ist. Ein Temperaturabfall zur Decke hin ist nur dann möglich, wenn es sich um ein Dachgeschoß handelt.

Deutlich ist zu erkennen, daß ab einer Höhe von 750 mm bis kurz unterhalb der Decke praktisch kein Temperaturgradient auftritt. Im Bereich bis 750 mm über dem Boden nimmt die Temperatur nach unten hin ab. Das rührt daher, daß auf der ganzen Breite der Kühlwand (Außenfenster) Kaltluft nach unten über den Boden strömt.

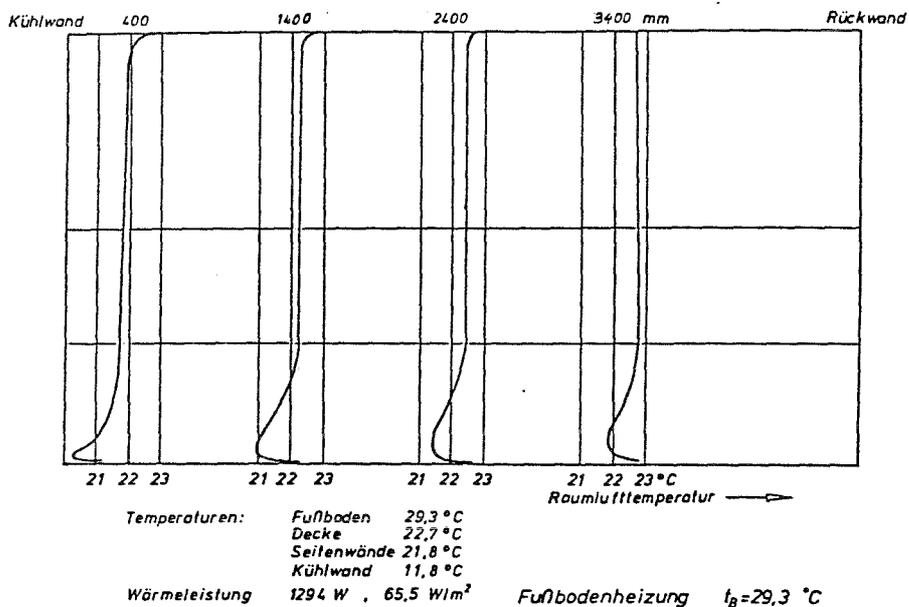


Abb.6.4/2: Vertikale Temperaturprofile bei Fußbodenheizungen
Aus: Hesslinger Schlapmann, 1977

6.4.4 Luftheizung

Versuchsergebnisse von Luftheizungen, die für den Niedertemperaturbereich ausgelegt sind, liegen derzeit noch nicht vor. Man kann davon ausgehen, daß bei Luftheizungen, deren Auslässe im Fußboden an der kalten Außenfläche angeordnet sind, die Temperaturprofile in etwa denen entsprechen, die für einen Raumheizkörper mit einer mittleren Oberflächentemperatur von $t_m = 57,5$ Grad C gelten. Der vertikale Temperaturgradient wird bei der Luftheizung noch etwas ausgeprägter sein.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

6.4.5 Vergleich der Temperaturprofile verschiedener Heizsysteme - ältere Veröffentlichungen

Bevor sich die Heiztechnik mit Niedertemperaturheizungen beschäftigte, war es üblich, die Raumheizkörper auf eine Vorlauftemperatur von $\vartheta_v = 90$ Grad C und eine Rücklauftemperatur von $\vartheta_R = 70$ Grad C auszulegen. Ähnlich hoch lagen auch die Auslegungstemperaturen für Luft- und Deckenheizsysteme. Lediglich die Warmwasserfußbodenheizung wurde damals schon mit Vorlauftemperaturen von $\vartheta_v = 55$ Grad C betrieben. Den Vergleich der Lufttemperaturprofile für diese Auslegungsbedingungen zeigt die Abbildung 6.4/3. In diesem Vergleich weisen besonders starke vertikale Temperaturgradienten die Schwerkraftluftheizung (Luftauslaß an Innenwand) mit ca. 11 Grad K und die Radiatorenheizung (Heizkörper an der Innenwand) mit ca. 8 Grad K auf. Wesentlich geringere Temperaturgradienten (ca. 1 Grad K) liegen bei den Temperaturkurven der Fußboden- und Perimeterheizung vor, lediglich in Fußboden- und Deckennähe sind stärkere Gradienten zu verzeichnen. Für Gebäude, welche die Anforderungen der Wärmeschutzverordnung erfüllen, werden im allgemeinen Niedertemperaturheizungen installiert, so daß die in Abb. 6.4/3 angegebenen Temperaturprofile heute nicht mehr relevant sind.

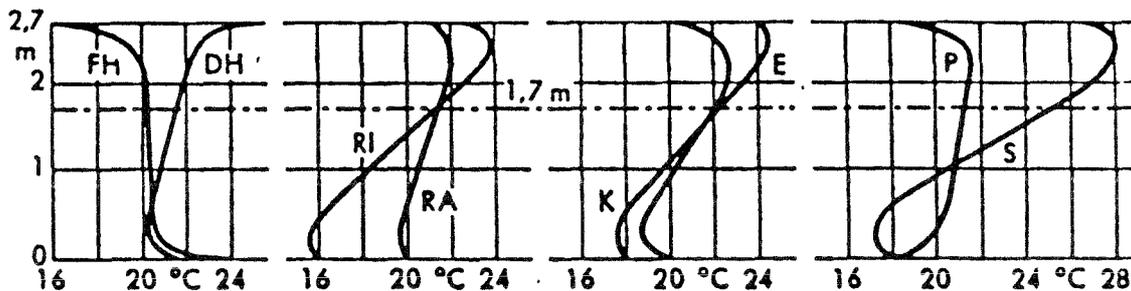


Abb. 6.4/3: Charakteristische Lufttemperaturprofile (vertikal) in Raummitte im Beharrungszustand und bei verschiedenen Heizungen und bei mittleren Außentemperaturen
Aus: Recknagel/Sprenger, 1979

- FH = Fußbodenheizung (darüberliegender Raum nicht beheizt)
- DH = Deckenheizung
- RA = Radiatorheizung mit Heizkörper an Außenwand unter Fenster
- RI = Radiatorheizung mit Heizkörper an Innenwand
- K = Kachelofenheizung
- E = Eiserner Ofen
- S = Schwerkraftluftheizung mit Luftauslaß an Innenwand
- P = Perimeterheizung (Luftheizung, Warmluftkanäle im Fußboden, Luftauslaß unten an der Außenwand)

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

6.5 Regelung

Die Regelung der Heizung soll einen komfortablen und sparsamen Betrieb der Heizung gewährleisten. Für Zentralheizungen sind seit 1982 durch die Heizungsanlagen-Verordnung Art und Grad der Regelung vorgeschrieben. Es müssen selbsttätig wirkende Einrichtungen zur Anpassung bzw. Abschaltung der Wärmezufuhr in Abhängigkeit von der Außentemperatur oder einer anderen geeigneten Führungsgröße und der Zeit installiert werden. Räume mit mehr als 8 qm Grundfläche sind mit einer Einzelraum-Temperaturregelung auszustatten.

6.5.1 Raumtemperaturregelung über einen Testraum

Für Einfamilienhäuser und Etagenheizungen ist die früher häufig angewandte Regelung der Raumtemperatur über einen Testraum (Pilotraum) auch heute noch geeignet, ohne zusätzliche Einzelraumregelung jedoch nicht mehr vorschriftsmäßig. In einem geeigneten Raum - meist im Wohnzimmer - wird ein Raumthermostat montiert, der die Raumtemperatur unabhängig von der wechselnden Heizlast des Raumes konstant hält. Da die Heizlast des Raumes vor allem durch äußere Einflüsse (Sonneneinstrahlung) und innere Wärmequellen (Personen-, Beleuchtungs- und Gerätewärme) beeinflusst wird, führt diese Art der Regelung dazu, daß in den anders gelegenen und genutzten Räumen die Raumtemperatur zum Teil erheblich von den Sollwerten abweicht, und zwar nach unten. Diese Betriebsweise bringt zwar teilweise erhebliche Energieeinsparungen, sie kann aber zu Lasten der thermischen Behaglichkeit gehen.

6.5.2 Einzelraum-Temperaturregelung

Die vorschriftsmäßige Einzelraum-Temperaturregelung läßt sich im Wohnhausbau nur mit thermostatischen Heizkörperventilen "Thermostatventilen" in wirtschaftlicher Weise verwirklichen. Hohe Regelgüte und Energieeinsparung ist nur erreichbar, wenn die Thermostatventile hydraulisch richtig ausgewählt wurden, so daß der Proportionalitätsbereich zwischen 1 und 3 K liegt. Ferner ist es erforderlich, die Thermostatventile am richtigen Ort zu installieren, z.B. kein Einbau hinter dicken Vorhängen, Holzverkleidungen oder im Boden u.ä., sonst sind keine Thermostatventile mit integriertem Temperaturfühler und Einstellknopf sondern Ausführungen mit externem Fühler und eventuell auch externer Einstellvorrichtung zu verwenden.

Damit ist, vor allem auf angehobenem Temperaturniveau, recht zuverlässig ein hoher thermischer Komfort zu erreichen. Für die Energieeinsparung ist aber die richtige Handhabung der Thermostatventile durch den Nutzer entscheidend. Die häufig praktizierte Lüftung von Räumen mit gekippten Fenstern führt zu einem unnötig hohen Energieverbrauch. Die kalte Luft strömt dabei fast zwangsläufig am "Ther-

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

mostatkopf" (Temperaturfühler mit Sollwertversteller) vorbei und führt dazu, daß das Ventil voll öffnet und viel Wärme zum Fenster hinaus entweicht. Bei derartigen Verhältnissen, auch bei zur Stoßlüftung ganz geöffneten Fenstern und Türen, sollte auf "Frostschutz" zurückgedreht werden. Eine Verbesserungsmöglichkeit besteht darin, daß der Temperaturfühler als "Fernfühler" außerhalb des Zu-
luftstroms angeordnet wird. Eine Reduzierung des Sollwerts ist auch dann notwendig, wenn während der Nachtabsenkungsphase die Vorlauf-
temperatur zu hoch bleibt. Das entfällt, wenn während der Nachtabsenkung die Heizungsumwälzpumpe ganz abgestellt wird (Frostschutzvorrangschaltung muß vorhanden sein).

6.5.3 Witterungsgeführte Vorlauf-temperatur-Regelung mit Zeitprogramm

Damit die Wärmeverluste im Verteilsystem (Rohrleitungen) möglichst gering sind und die Regelgüte der Thermostatventile befriedigt, wird die Vorlauf-temperatur nach Maßgabe der Außentemperatur geregelt. Die Zuordnung erfolgt über sogenannte Heizkurven im Zentralgerät, wobei ein in der Außenluft (meist an der Nord- oder Nordostwand) befindlicher Temperaturfühler den Meßwert liefert. Die Anpassung der Vorlauf-temperatur an die unterschiedlichen Komfortansprüche bei Tag beziehungsweise Nacht erfolgt mit Zeitschaltuhren (Tages- oder Wochenprogramm). Während der Absenkphase muß die Vorlauf-temperatur so weit herabgesetzt werden, daß es auch bei voll geöffneten Thermostatventilen noch zu der gewollten Absenkung der Raumtemperatur kommt. Mit der witterungsgeführten Vorlauf-temperatur-Regelung wird außerdem erreicht, daß die Energieverluste bei unangepaßter Einstellung der Thermostatventile und kräftigem Lüften reduziert werden, sofern die Heizkurven den jeweiligen Erfordernissen des Gebäudes angepaßt sind.

6.5.4 Selbsttätige Regelung und persönliche Bedürfnisse

Die hauptsächlich verbreiteten Systeme automatisierter Heizungsregelung können nur konstanten und in einfachster Form periodischen Bedürfnissen gerecht werden. Neuere und teure Systeme erlauben im Wochen- und Tagesgang differenzierte Regelverläufe für jeden Raum. Spontane Bedürfnisse erfordern manuelles Außerkraftsetzen der Regelung. Falls diese Möglichkeit besteht, ist die Frage, ob das Heizungssystem darauf wie gewünscht reagiert. Es kann das nur, wenn jederzeit genügend Reserven vorhanden sind (ausreichende Vorlauf-temperatur, große Heizflächen von geringer Trägheit). Für bestimmte Fälle des Lüftens sollte die Regelung auf die Heizkörpertemperatur anstelle der Raumtemperatur bezogen werden können.

Es ist leicht erkennbar, daß gesteigerten Anforderungen in dieser Hinsicht nur mit zusätzlichem Aufwand entsprochen werden kann, aber eine nicht gering anzusetzende Bandbreite von Möglichkeiten muß jederzeit und mit Leichtigkeit auch manuell realisierbar sein. Das bedeutet leicht verständliche und bequem zu bedienende Vorrichtungen, überzeugende und leicht kontrollierbare Effekte. Das Stre-

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

ben nach sparsamem Heizen wird damit nicht unterlaufen, sondern eher unterstützt. Es wird weniger überschüssige Wärme abgelüftet und nicht aus Unsicherheit über die zu erwartende Wirkung zu viel nachgeheizt. Es könnten Möglichkeiten gesucht werden, die Regelung nach bestimmten Abläufen oder Fristen zum Normalprogramm zurückkehren zu lassen.

6.6 Häufige Mängel und Lösungen

6.6.1 Erhöhter Wärmeentzug durch kalte Flächen und Luftbewegung (Zug)

Problem:

An Fenstern und Außentüren entsteht Kaltluft. Sie verursachen auch ein Strahlungsdefizit des Menschen, wenn er sich in ihrer Nähe aufhält.

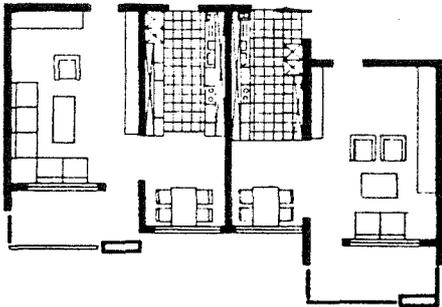


Abb. 6.6/1: Sitzgruppe direkt vor dem Außenfenster und mit dem Rücken zur Außenwand

Ursache:

Die innere Oberfläche der Außenfenster und Außentüren liegt um ca. 7 - 12 K unter der Raumtemperatur im Auslegungsfall (Außentemperatur ca. -10 bis -14 Grad C). Die warme Luft kühlt sich an den kalten Scheiben ab und strömt aufgrund der größeren Dichte nach unten und von dort knapp über dem Fußboden entlang ins Rauminnere.

Lösung:

Eine Anordnung der Raumheizflächen unterhalb der Fenster verhindert den Kaltluftabfall in die bodennahen Zonen durch die am Raumheizkörper aufströmende Warmluft. Durch die Zustrahlung vom Raumheizkörper können die Abstrahlungsdefizite des Menschen zum Fenster ausgeglichen werden. Die Abstrahlung des Menschen zu den kalten Außenflächen (Fenstern) kann auch durch die Anbringung von Vorhängen erheblich reduziert werden - Stores genügen. Mit Fußbodenheizungen läßt sich der Kaltluftabfall nicht verhindern. Bei bis zum Boden reichenden Fenstern ist es zur Verhinderung des Kaltluftabfalles notwendig, ein zusätzliches Heizsystem unmittelbar am Fenster anzuordnen - z.B. Bodenkanalheizungen.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Bei vollflächiger Verglasung dürfen Raumheizkörper vor der Verglasung nur dann aufgestellt werden, wenn die Wärmeverluste zur Glasfläche hin durch geeignete Abdeckung an der Heizkörperrückseite reduziert werden (Forderung der Wärmeschutzverordnung vom 24.02.82). Bei Gliederheizkörpern und Plattenheizkörpern wäre z.B. eine Glasscheibe zwischen den Raumheizkörpern und den Fensterflächen eine geeignete Abdeckung.

Problem

Zugerscheinungen stören Behaglichkeit.

Ursache:

Zugerscheinungen werden wahrgenommen, wenn äußere Einflüsse die körpernahen Luftschichten erhöht in Bewegung bringen, d.h. erhöhter konvektiver Wärmeentzug, obwohl Luft, Oberflächentemperatur und Luftfeuchte eine thermische Behaglichkeit gewährleisten würden. Solche Störungen werden in Bereichen, in denen sich der Mensch in Ruhe befindet (z.B. Sitzbereiche) als besonders störend empfunden. Erhöhte Luftbewegungen und -turbulenzen können entstehen, wenn z.B.:

- Türen zu ungeheizten Räumen, Treppenhäusern oder ins Freie nicht dicht schließen, nicht ausreichend wärmegeämmt sind oder Funktionsabläufe das häufige Öffnen erfordern,
- Fenster nicht dicht schließen, keinen ausreichenden Wärmeschutz bieten oder längeres Öffnen (z.B. zu Lüftungszwecken) unumgänglich wird,
- Luft durch Lüftungs- und Klimaanlage mit zu hoher Geschwindigkeit und/oder zu hohen Turbulenzen in den Raum gelangt.

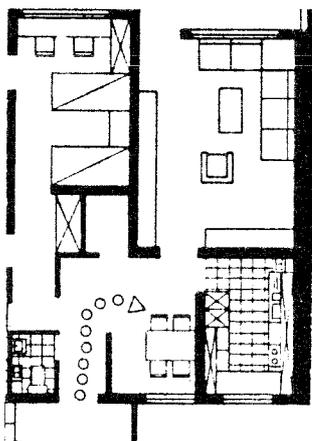


Abb.6.6/2:
Essplatz in der Nähe vom
kaltluftbelasteten Ein-
gangsbereich

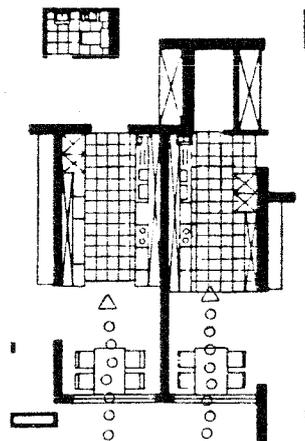


Abb.6.6/3:
Fenster als notwendige Luft-
zufuhr für die Küche unmit-
telbar am Essplatz

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Lösung

- Türen und Fenster müssen den Anforderungen entsprechend dicht schließen (Achtung: das bedeutet nicht luftdicht, besondere Vorsicht ist bei Feuerstätten in der Wohnung geboten).
- Türen und Fenster, die beheizte und unbeheizte Bereiche voneinander trennen, müssen ausreichend wärmegeklämt sein (bei Neubauten und Modernisierungen gelten die Anforderungen der Wärmeschutzverordnung).
- Ruhezeiten (z.B. Sitzbereiche) sollten so plazierte sein, daß dort keine langandauernden Zugerscheinungen entstehen.
- Die Lufteinführung durch Lüftungs- oder Klimaanlage darf keine unangenehmen Luftbewegungen hervorrufen, d.h. mittlere Luftgeschwindigkeit und Turbulenzen müssen gering und aufeinander abgestimmt sein. Hier sind sinngemäß die Anforderungen der ISO 7730 einzuhalten (mittlere Raumluftgeschwindigkeit als Funktion verschiedener Parameter).

Problem:

Erhöhter Wärmeentzug an den Füßen stört im besonderen Maße die Behaglichkeit.

Ursache:

Ein erhöhter Wärmeentzug an den Füßen kann durch Kaltluftströme in Bodennähe entstehen (z.B. extremer Kaltluftabfall an der Außenwand oder am Fenster, Heizquelle an der Innenwand). Besonders empfindlich reagiert der Mensch auf die Wärmeableitung durch das Bodenmaterial. Ein Bodenmaterial mit geringer Wärmeableitung (Wärmeeindringkoeffizient) erwärmt sich schnell und entzieht dem Fuß kaum Wärme (z.B. textile Bodenbeläge). Anders ist es bei Stein- und Keramikböden. Sie haben einen hohen Wärmeeindringkoeffizienten, d.h. sie entziehen dem Fuß sehr viel Wärme. Verstärkt wird dieser Effekt, wenn unterhalb unbeheizte Bereiche angrenzen (z.B. Keller, Durchfahrt, Erdreich). Ist der Fußboden nicht ausreichend wärmegeklämt, erhöht sich die Wärmeableitung.

Lösung:

Um die Fußkälte durch Wärmeableitung zu verhindern, kann von vornherein ein Bodenmaterial mit geringer Wärmeableitung gewählt werden. Nachträglich kann die Fußkälte z.B. durch Kork- oder textile Beläge erheblich verringert oder sogar vermieden werden. Ein guter Wärmeschutz unter einem Stein- oder Keramikbelag kann die Fußkälte nicht verhindern, sondern nur verringern. Abhilfe schafft in diesem Fall nur eine Fußbodenheizung. So ist es auch in Bädern, die in der Regel über geflieste Böden verfügen. Sehr häufig wird eine Fußbodenheizung eingeplant, um Fußkälte zu vermeiden. Wer diese Möglichkeit nicht hat, hilft sich mit textilen Dusch- oder Wannenvorlegern, um nicht mit nackten Füßen auf dem kalten Boden stehen zu müssen.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Fußkälte im Wohnbereich sollte vermieden werden. Das heißt aber nicht, die ganze Wohnung mit z.B. Teppichboden auszulegen, denn die Wahl des Bodenbelags ist nicht nur eine Frage der Fußwärme, sondern auch der Beanspruchung, des Pflegeaufwandes und natürlich des Geldes.

6.6.2 Nicht ausreichende Erwärmung einzelner Räume

Problem:

In Neubauwohnungen und modernisierten Altbauwohnungen ist die nicht ausreichende Erwärmung einzelner Räume meist kein Problem, es sei denn, es ergeben sich Konflikte bei der Regelung. Wie die Gespräche einer Gruppe älterer Menschen aus einem innerstädtischen Wohnviertel mit vielen unmodernisierten Wohnungen der Gründerzeit zeigten, ist jedoch die unterschiedliche Beheizbarkeit einzelner Räume der Wohnung beim Stichwort Wärme Thema Nr. 1 für die meisten.

Ursache:

In Schlafzimmern, Eßzimmern, Kinderzimmern, Badezimmern oder Küchen fehlen Heizflächen, diese Räume werden bei offenen Türen von den benachbarten Räumen mitbeheizt. Die Probleme werden verstärkt, wenn große Räume mit undichten Fenstern (Erkern) durch Heizflächen (z.B. Nachtspeicheröfen) an den Innenwänden selbst nicht ausreichend warm werden.

Lösung:

Oft haben sich die Bewohner angepaßt. Wenn die Wohnungen nicht so stark belegt sind, können auch Nutzungseinschränkungen in der kalten Jahreszeit eher hingenommen werden. Überwiegend wurde jedoch eine Beheizbarkeit aller Räume als zentrales Anliegen einer Modernisierung oder eines Umzuges in eine Neubauwohnung angesehen, sofern dies aus anderen Gründen infrage käme.

Dieses Problem wird hier aufgeführt, um zu veranschaulichen, wie unterschiedlich die Probleme und Anliegen sind, je nachdem, um welche sozialen Gruppen und Wohnstandards es sich handelt. An diesem Thema entzündeten sich aber auch in den Gruppengesprächen erhebliche Kontroversen.

Man war sich überwiegend einig, daß ungleich beheizte Räume gesünder seien, weil man besser abgehärtet sei und der Übergang zu den Temperaturen im Treppenhaus und ins Freie nicht so abrupt erfolge. Gleichmäßig beheizte Wohnungen verweichlichen eher und man habe öfter Erkältungen. Von ärztlicher Seite wurde diesem Standpunkt zugestimmt, wenngleich der Wärmebedarf besonders älterer Leute betont wurde. Über die Frage, wie unbehaglich unterschiedlich beheizte Räume seien, war man dagegen sehr verschiedener Meinung. Die einen fanden geringe Nachteile (man schlafe z.B. ohnehin kalt) und schienen erhebliche liebgeordnete Rituale mit der Regelung der Temperaturen in der Wohnung entwickelt zu haben. Andere verbanden

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

damit massive Gefühle des Unbehagens, nichts sei schöner als alle Türen offen halten zu können und es überall, auch wenig bekleidet, warm zu haben. Zum Teil betonte man, daß man keinen Bedarf an Abhärtung beim Wohnen habe, da man sich z.B. beruflich ohnehin oft im Freien aufhalte und dort genug gefroren habe.

Ähnliche - wenn nicht so gewichtige - Kontroversen gab es bei modernen Geschoßwohnungen über die Beheizbarkeit der Küchen. Die einen meinten, der Heizkörper könne entfallen, es sei durch den Kühlschrank, das Kochen und Arbeiten für eine Küche ohnehin warm genug und der Platz für den Heizkörper könne anderweitig besser verwendet werden. Andere betonten, wie wichtig ihnen eine warme Küche gerade frühmorgens sei.

Unterschiedliche Beheizbarkeit von Räumen in der Wohnung wird danach für Mietwohnungen nur selten als Mittel zur Baukostensenkung infragekommen. Bei Maßnahmen für den eigenen Wohnbedarf eines Eigentümers gibt es Spielräume. Wichtig ist allerdings die Möglichkeit unterschiedlicher Regelung der Beheizung durch den Bewohner selbst.

Problem:

Bei Warmwasserfußbodenheizungen kommt es gelegentlich vor, daß einzelne Räume nicht ausreichend erwärmt werden können.

Ursache:

Die mit einer Warmwasserfußbodenheizung ausrüstbare Bodenfläche ist unter Einhaltung der aus hygienischen Gründen zulässigen maximalen Oberflächentemperatur zu gering, um den Wärmebedarf des Raumes zu decken.

Lösung:

In den Nicht-Daueraufenthaltszonen werden Randzonen der Fußbodenheizung installiert, die mit wesentlich höheren Oberflächentemperaturen zu betreiben sind. Vor allem in Bädern ist eine ausreichende Beheizung alleine mit einer Fußbodenheizung meist nicht möglich. In diesem Falle muß zum Beispiel durch Elektroheizungen, Sonderbauformen von Raumheizkörpern oder Infrarotstrahlern Abhilfe geschaffen werden.

Problem:

Zu niedrige Raumtemperaturen in Bädern an kühlen Sommertagen.

Ursache:

In Bädern wird oft eine etwas erhöhte Raumtemperatur gewünscht. Insbesondere innenliegende Bäder erwärmen sich im Sommer oft schlecht. Da die Heizanlagen im Sommer nicht in Betrieb sind, kann in der Regel auch nicht nachgeheizt werden.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Lösung:

Es empfiehlt sich die Installation von normalen Raumheizkörpern, die mit einer elektrischen Zusatzheizung für die Sommermonate ausgerüstet sind. In diesem Zusammenhang sei noch erwähnt, daß seit einiger Zeit auch spezielle Raumheizkörper für Bäder angeboten werden, die neben der reinen Funktion des Beheizens auch die Möglichkeit zum Handtuchtrocknen geben.

6.6.3 Mängel bei der Regelung zum komfortablen und sparsamen Heizen

Solange sich der Bewohner bewußt ist, daß er durch Beobachtung und Regulierung der Heizung alleine für Komfort und Sparsamkeit sorgen muß, wird er wahrscheinlich eine ihm gemäße Methode der Regelung finden, vor allem wird er meist in der Lage sein, Ursachen und Wirkungen im Heizgeschehen zu beurteilen. Thermostatische Heizkörperventile können dagegen das trügerische Gefühl vermitteln, von sich aus richtig zu arbeiten. Dabei fallen dem Bewohner Fehlfunktionen und Heizenergieverschwendung möglicherweise nicht auf. Eventuell gelingt es ihm auch nicht, mit vernünftigem Ergebnis die Heizung in seinem Sinne zu beeinflussen. Konzeptionelle Mängel der Heizanlage können dafür verantwortlich sein. Meist liegen Mängel der Regelung vor, über deren Zustandekommen der Bewohner sich nicht klar werden und denen er deshalb nicht begegnen kann. Allerdings gehen dann viele dazu über, die Thermostate dadurch unter Kontrolle zu bekommen, daß sie sie nur in den Stellungen "ganz auf" und "ganz zu" benutzen. Dazu werden im folgenden einige typische Schwierigkeiten dargestellt.

Schwerfällige Reaktion des Heizsystems

Problem:

Bei Sonneneinstrahlung können Südzimmer überheizt werden. Dies ist unbehaglich, die überschüssige Wärme wird durch offene Fenster abgelüftet. Die Sonne wird als Wärmequelle nicht ausgenutzt.

Ursache:

Wenn gut geheizte Räume große Speichermassen haben - wärmespeichernde Wände und Decken, Heizkörper mit großem Wasservolumen, vor allem aber Estrich über Fußbodenheizung - führt die Trägheit der Bauteile und der Heizanlage zur Kumulation mit der einstrahlten Wärme.

Lösung:

In diesen Wohnräumen und in Räumen, in denen kurzzeitig größere Lastschwankungen durch innere Wärmequellen immer wieder zu erwarten sind, sind in ihrem Regelverhalten träge Heizsysteme (z.B. Warmwasserfußbodenheizung) grundsätzlich nicht geeignet. Eine Fußboden-

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

wasserfußbodenheizung) grundsätzlich nicht geeignet. Eine Fußbodenheizung sollte z.B. dann nur als Grundlastheizung ausgelegt sein, d.h. der Wärmebedarf des Raumes wird nur zu einem gewissen Teil damit abgedeckt. Die Lastschwankungen durch das Auftreten von Fremdwärme können durch Zusatzheizflächen wie Raumheizkörper, die mit thermostatischen Heizkörperventilen ausgerüstet sind, ausgeregelt werden. Damit würde eine deutliche Überhitzung dieser Räume verhindert, die sonst auch durch den sogenannten Selbstregelungseffekt von Warmwasserfußbodenheizungen nicht zu vermeiden ist.

Insgesamt bedeutet dies jedoch vermehrten Aufwand. Wenn die Sonne als Wärmequelle genutzt und Unbehaglichkeit dabei vermieden werden soll, sind schnell reagierende Heizsysteme erforderlich.

Problem:

In selten benutzten Räumen sind die Aufheizphasen zu lang.

Lösung:

Es ist in jedem Falle energiesparend in nicht dauernd genutzten Räumen die Raumtemperaturen deutlich abzusenken. In der Neuausgabe der DIN 4701, März 1983, ist diese Betriebsweise - eingeschränkter Betrieb - bereits berücksichtigt. Werden Raumheizkörper, die entsprechend diesen Anforderungen ausgelegt sind, installiert, ist es ohne Probleme möglich, den Raum auch nach längeren Abschaltzeiten in der relativ kurzen Zeit von 1 bis 2 Stunden auf die gewünschte Raumtemperatur aufzuheizen.

Mit Warmwasserfußbodenheizungen ist dies nicht möglich, da aufgrund des sehr trägen Regelverhaltens Aufheizzeiten von mindestens 6 bis 8 Stunden sich ergeben. Aus diesem Grunde muß bei der Warmwasserfußbodenheizung auch eine Zeitverschiebung um ca. 2 bis 3 Stunden für die Nachtabsenkung berücksichtigt werden. Das bedeutet, daß der Nachtabsenkungszeitraum schon um ca. 20.00 Uhr beginnt und um ca. 3.00 bis 4.00 Uhr in der Frühe endet.

Problem:

Plötzlichen und vorübergehenden Kälteeinbrüchen vor oder nach der Heizperiode wird entweder nicht geheizt, weil Arbeitsaufwand und Energie gespart werden sollen oder es wird ein ganzes System aufgeheizt, obwohl eine gewisse Anpassungsbereitschaft bestehen würde oder nur punktueller, vorübergehender Bedarf vorhanden ist.

Lösung:

Dieser Konflikt läßt sich durch individuelle Zusatzgeräte oder kleinere Systeme mildern. Das Anspruchsniveau, bei welchen Temperaturen Heizung verlangt werden kann, wurde in der Praxis durch Richterspruch etwas normiert (häufige Regelung: Die Heizung ist anzustellen, wenn die Außentemperaturen an 2 Tagen unter 15 Grad C. liegen). Dies mag zur Vermeidung von Streit hilfreich sein, löst

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

aber nicht den Konflikt in der Sache und die unterschiedliche Auffassung von Bewohnern darüber.

Fehleranfällige Bedienung

Problem:

Manche Bewohner passen ihre Eingriffe nicht ausreichend an thermostatische Regelungen an: Wenn sie frieren, drehen sie die Sollwert-einstellung ganz auf, in der Meinung, die Aufheizung auf die gewünschte Temperatur erfolge schneller, vergessen zurückzudrehen und öffnen bei Überheizung die Fenster. Fühlt sich der Heizkörper kalt an, meinen sie, die Heizung funktioniere nicht und öffnen die Ventile wiederum wie zuvor beschrieben.

Ursache:

Thermostatische Regelungen von Heizkörpern sind für viele Bewohner immer noch neu; sofern nicht ohnehin technisches Verständnis vorhanden ist, muß man ihren Gebrauch erst lernen. Insbesondere bei alten Leuten fehlt oft technisches Verständnis und Offenheit für eine Änderung des gewohnten Verhaltens. Darüberhinaus können thermostatische Regelungen trügerische Wirkungen haben, da man - wie zuvor angesprochen - sich auf sie verläßt.

Lösung:

Zum Teil ist dies eine Frage der Zeit und damit der Information und Gewöhnung. Darüberhinaus sind die Risiken von Herstellungs- und Bedienungsfehlern umso größer, je perfekter, komplizierter und nutzerferner das System, da die Wirkungen nicht mehr durch diesen und damit letzten Endes durch niemanden mehr kontrollierbar sind.

Problem:

Durch fehlerhaft installierte oder z.B. zugehängte thermostatische Heizkörperventile oder durch Dauerlüftung (gekippte Fenster), erwärmen sich einzelne Räume nicht ausreichend oder es entsteht ein überhöhter Heizenergieverbrauch.

Lösung:

Die thermostatischen Heizkörperventile sind entsprechend den heute allgemein bekannten Einbauanweisungen führender Hersteller so zu montieren, daß sie ungestört arbeiten. Dauerlüftung durch ge-

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

kippte Fenster sollte vermieden werden, da sonst die thermostatischen Heizkörperventile nur die einströmende kalte Außenluft messen und unnötig Heizenergie verschwenden. Für den Luftaustausch sind nur kleinere Lüftungsquerschnitte notwendig. Auch die sogenannte Stoßlüftung erzeugt bei tiefen Außentemperaturen unnötig hohen Energieverbrauch, selbst wenn das Thermostatventil bis auf "Frostschutz" geschlossen wird. Normalerweise muten es sich die Bewohner jedoch nicht zu, vor und nach dem Lüften die Thermostate aller Heizkörper zu bedienen, besonders wenn sie durch Tische oder ähnliches verstellt sind.

Wie in Kapitel 5.7.4 dargestellt, gibt es jedoch auch Bewohner, die bei offenem Fenster schlafen wollen oder aus anderen Gründen auch in der Heizperiode in einzelnen Räumen gelegentlich geöffnete Fenster wünschen. Sie müssen die Thermostatventile auf Frostschutzstellung zurückdrehen, um unnötig hohe Heizkosten zu vermeiden. Dies bewirkt, daß die Ventile erst öffnen, wenn die Raumtemperatur unter +5 Grad bis +7 Grad Celsius gesunken ist. Dann nimmt der Heizkörper aber rasch seine volle Temperatur an, die aufsteigende Warmluft entweicht größtenteils durch das darüber angeordnete Fenster. Eine Durchflußbegrenzung könnte diesen Vorgang abschwächen, sie ist aber bisher nicht von jedermann zweckmäßig handhabbar. Ein Abdecken des Thermostatventils ist wegen der Gefahr von Schäden nicht ratsam.

Im Falle der Lüftung über dem Heizkörper sollte es möglich sein, daß die Heizkörpertemperatur und nicht die Raumtemperatur die für den Frostschutz maßgebende Größe bildet.

Schematische Regelung

Problem:

Die Heizung ist nicht ausreichend an den zeitlichen Ablauf des Wärmebedarfs anpaßbar. Zum Beispiel Nachtarbeiter oder Fröhschichtler haben es nachts nach der automatischen Temperaturabsenkung nicht mehr ausreichend warm. Berufstätige haben tagsüber, wenn sie abwesend sind, die Heizung voll in Betrieb. Auch die Hausfrau benötigt oft in den Morgenstunden, wenn sie körperlich aktiv ist, weniger Wärme als z.B. abends bei Beschäftigungen im Sitzen. Die Heiztemperatur wird in diesen Zeiten mit geringem Bedarf nicht abgesenkt.

Lösung:

Dezentrale Heizungssysteme für den einzelnen Haushalt sind hier grundsätzlich günstiger, da die Vorregelung bereits leichter an den individuellen Bedarf anpaßbar ist.

Bei Heizsystemen für viele Haushalte könnte für jeden Haushalt ein zusätzlicher zentraler Thermostat in einem "Pilotraum", mit dem eine raumübergreifende bequeme Anhebung bzw. Absenkung der Heiztemperatur möglich ist, eine bedarfsgerechtere Regelung ermög-

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

lichen. Die Vorregelung muß bei zentral gesteuerten Systemen ausreichend Spielraum für den individuellen Bedarf lassen. Allerdings ist in Extremfällen auch ein elektrisches Zusatzheizgerät zumutbar.

Von der Nutzerzufriedenheit ist feststellbar, daß die alten Heizsysteme mit einer thermostatgesteuerten Regelung pro Haushalt in einem "Pilotraum" und manuellen Einstellungen in den Räumen als sehr praktisch angesehen werden und gut verständlich sind.

6.6.4 Konflikte mit der Möblierung

Problem:

Heizflächen werden oft durch Möbel und ähnliche Ein- bzw. Umbauten oder zusätzliche Bodenbeläge abgedeckt. Dadurch wird die Heizleistung vermindert.

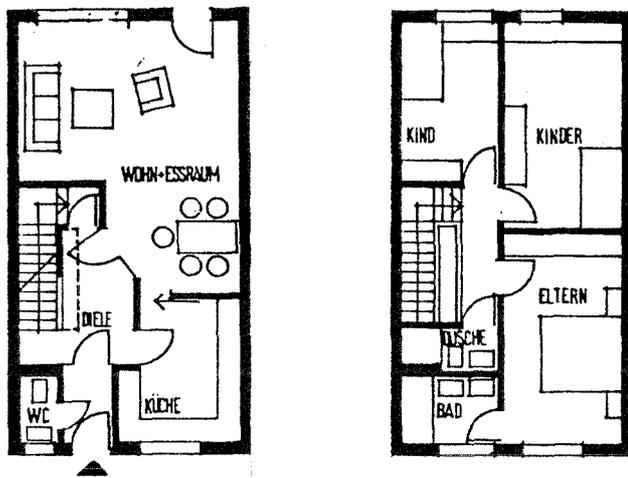


Abb. 6.6/4: Raumheizkörper verstellt durch Möbel (Küche und Kinderzimmer)

Ursache:

Raumheizkörper und Fußbodenheizungen geben ihre Wärme sowohl durch Konvektion als auch durch Strahlung ab. Durch Vorhänge, Möbelstücke, Teppiche u.ä. wird die Wärmeabgabe behindert, was zwangsläufig zu einer Reduzierung der Gesamtheizleistung führt.

Lösung:

Bodenlange Vorhänge, die den Raumheizkörper vom Raum abschirmen, sollten nicht angebracht werden. Hier ergibt sich oft ein Konflikt mit ästhetischen Vorstellungen, sei es daß Form, Material, Farbe der Heizkörper nicht gefallen oder zur Wohnlichkeit eine größere textile Fläche gewünscht wird.

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

Vor den Heizkörpern sollten auch keine Möbel aufgestellt werden, sie sollten auch nicht teilweise mit Möbelstücken umbaut werden, wie dies immer wieder vor allem in Küchen und Kinderzimmern anzutreffen ist (vgl. Abb. 6.6/4). Solche Möblierungen werden jedoch häufig durch knappe Raumzuschnitte, die eine den Platz maximal ausnutzende Möblierung bedingen, veranlaßt.

Bei Fußbodenheizungen sollten Möbel, die vollflächig auf dem Boden stehen, vermieden werden. Ebenso ungünstig sind zusätzliche Teppiche, vor allem hochflorige wie Berber u.ä.. Derartige Abdeckungen der Fußbodenoberfläche mindern zwangsläufig die Heizleistung. Diese Leistungsminderungen werden von den Nutzern häufig dadurch ausgeglichen, daß die Heizmitteltemperaturen deutlich angehoben werden. Dies führt dann jedoch zu einer überhöhten Oberflächentemperatur, die aus hygienischer und gesundheitlicher Sicht nicht zu vertreten ist.

Obwohl bodenschlüssige Möbel, wie zuvor ausgeführt, zu einer erheblichen Reduzierung der Heizleistung bei Warmwasserfußbodenheizungen führen, sollten diese in allen Daueraufenthaltsräumen vollflächig ausgeführt werden, damit beim Nutzerwechsel die Möblierung auch anders gestaltet werden kann. Einbauten wie Bad, WC oder Küchen sollten jedoch berücksichtigt werden, da bei einem Nutzerwechsel diese Räume in ihrer Grundkonzeption nur sehr selten verändert werden.

Im Gegensatz zur Warmwasserfußbodenheizung muß bei der Elektrofußbodenspeicherheizung der Bereich unterhalb der bodenschlüssigen Einbauten immer frei bleiben, da sonst Beschädigungen der Möbel bzw. des Bodenaufbaues durch Überhitzung entstehen können.

6.6.5 Hygienische Probleme

Problem:

Heizkörper in Küchen verschmutzen stark und sind schwer zu reinigen.

Ursache:

Sehr oft werden Raumheizkörper unterhalb von Arbeitsplatten angeordnet, in den Arbeitsplatten werden Luftabströmöffnungen angebracht. Unter den für den Küchenbereich typischen Luftbelastungen verschmutzen diese Heizkörper und Öffnungen zwangsweise besonders stark.

Lösung:

Lassen sich derartige Anordnungen nicht vermeiden, sollten Raumheizkörper ausgewählt werden, deren Reinigung mit einfachen Mitteln möglich ist. Sie sollten also möglichst glatte Oberflächen haben wie z.B. Plattenheizkörper und Gliederheizkörper. Konvektoren und Rohrregisterheizkörper sollten in diesen Fällen nicht verwendet

Teil II: Technische Anforderungen und bauliche Umsetzung

werden. Arbeitsplatten könnten auch mit 5 cm Abstand von der Wand eingebaut und hinten mit einer Aufkantung versehen werden.

Ursache:

Erhebliche Schmutzablagerungen bei sogenannten Unterflurkonvektoren.

Lösung:

Bei Unterflurkonvektoren sollten die Abmessungen so gewählt werden, daß der Kanal nach Entfernen der Abdeckroste leicht mit dem Staubsauger gereinigt werden kann. Dies gilt insbesondere für Unterflurkonvektoren, die im Türbereich installiert sind (Beispiel: beim Wohnraum im Einfamilienhaus).

Problem:

Verbrennungsgefahr und starke Verschmutzung der Wände und der Decke im Nahbereich des Heizkörpers.

Ursache:

Bei älteren Fernheizanlagen, die noch mit Vorlauftemperaturen im Auslegungsfall von deutlich über 90 Grad C betrieben werden, verschwelen die im Raum vorhandenen Staubpartikel beim Vorbeiströmen an den heißen Heizkörperoberflächen und lagern sich als "Ruß" an den benachbarten Raumumschließungsflächen ab.

Lösung:

Wenn Wärmeschutzmaßnahmen, Außenwanddämmung u.ä. möglich sind, lassen sich die hohen Vorlauftemperaturen deutlich absenken, wodurch die Staubverschwelung und auch die Verbrennungsgefahr erheblich reduziert wird. Bei Neuanlagen sind derartig hohe Vorlauftemperaturen in jedem Falle aus den vorgenannten Gründen zu vermeiden. Bei niedrigen Vorlauftemperaturen ergeben sich außerdem wesentlich günstigere Temperaturgradienten über die Raumhöhe, geringere Energieverluste und erhöhte thermische Behaglichkeit - siehe Abschnitt 6.1 und 6.4.

7. Die Umgebung des Hauses/Außenklima

7.1 Vom Makro- bis zum Mikroklima

Das Klima ist die für einen Ort, eine Landschaft oder einen größeren Raum typische Zusammenfassung der erdnahen und die Erdoberfläche beeinflussenden atmosphärischen Zustände und Witterungsvorgänge. Es wird beschrieben als die charakteristische Verteilung der häufigsten mittleren und extremen Werte während eines längeren Zeitraums. Die Klimafaktoren des jeweils größeren Raumes sind mitbestimmend für das nächst kleinere Klimagefüge. Das Ergebnis dieser Beeinflussungen wirkt als die erlebbare klimatische Umwelt auf Mensch und Materie durch die jeweilige Ausprägung seiner Klimaelemente wie Besonnung, Temperatur, Luftbewegung, Niederschläge und Feuchtigkeit sowie ihre zeitlichen Rhythmen ein (nach Blüthgen 1964, in Hillmann u.a. 1982, S.44 ff).

In der Klimatologie differenziert man aufgrund dieser Klimaelemente in:

- Klimazonen der globalen Skala (Makroklima),
- Gebiets- oder Bereichsklimate (Mesoklima) im Umkreis von einigen hundert Kilometern, die sich durch geographische Bedingungen herausheben,
- Lokalklimate im Umkreis von wenigen Kilometern,
- Kleinklimate (Mikroklima) im Umkreis von einigen Metern.

7.2 Anforderungen an das Außenklima

Im Zusammenhang mit dem Wohnungsbau ist das Außenklima nur begrenzt beeinflussbar und selbstverständlich nur im Maßstab des Kleinklimas. Für den Nutzer ist es sehr wichtig, nicht nur wenn er sich im Außenbereich des Hauses - auf Balkon, Terrasse, am Hauseingang, auf dem Spielplatz - aufhält, das Mikroklima wirkt sich auch über die Luft und die Beschaffenheit der Bauteile im Gebäude aus. Dabei kommt es darauf an, durch Lage und Beschaffenheit des Hauses und seiner Umgebung das Kleinklima nicht zu verschlechtern und für das Gebäude und seine Außenbereiche günstige Klimafaktoren optimal zu nutzen oder zu schaffen und ungünstige zu mildern.

Das Klima um das Haus ist in der Regel behaglich, wenn:

- extreme Temperaturen und Strahlungen vermieden werden,
- keine störende Zugluft, Wirbel vorhanden sind,
- die Luftfeuchte in mittleren Bereichen liegt,
- in windarmen Gebieten ausreichend Luftaustausch gegeben ist,
- die Luft durch Schadstoffe und Schmutz wenig belastet ist.

Die Gesundheit alter Menschen in der Stadt wird vor allem durch übermäßige Aufheizung und Schwüle im Sommer sowie durch zugige Bereiche um das Haus beeinträchtigt. Durch gezielte Gestaltung

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

kleiner besonderer Klimazonen - z.B. einem geschützten, warmen Balkon, an dem man schon in der Übergangszeit angenehm draußen sitzen kann oder ein kühles Plätzchen für heiße Tage - können Bereiche geschaffen werden, die aufgrund des erfahrenen Wohlbehagens sehr geliebt werden und Bindungen schaffen

7.3 Einflüsse auf das Kleinklima (Mikroklima)

7.3.1 Erwärmung und Luftfeuchtigkeit

Die unterschiedlichen mikroklimatischen Verhältnisse sind um so ausgeprägter, je stärker die Sonneneinstrahlung und je geringer die Luftbewegung ist. Sonneneinstrahlung kann selbst kaum Lufterwärmung herbeiführen. Erst ihre Umwandlung in Wärme an bestrahlten Oberflächen erwärmt die angrenzende Luftschicht und prägt somit das Kleinklima. Dabei beeinflussen folgende Eigenschaften natürlicher und künstlicher Oberflächen die Ausprägung von Kleinklimaten:

- Lage und Neigung zur Sonne,
- Helligkeit (Absorption und Reflexion),
- Feuchtegehalt und Verdunstung,
- Oberflächenstruktur (Rauigkeit und Luftbewegung).

Lage und Neigung zur Sonne

Die Lage und Neigung bestimmen den tages- und jahreszeitliche Gang der Energieeinstrahlung auf absorbierende Flächen und damit den Tagesgang der Oberflächentemperatur.

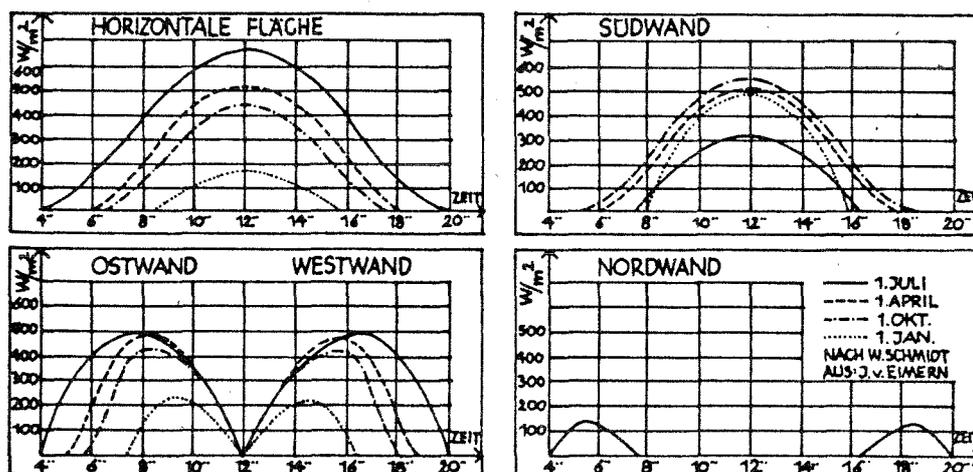


Abb. 7.3/1: Tagesgang der Sonnenbestrahlung
Aus: Krusche u.a., 1982, S.91

"Die Tabellen zeigen den mittleren Tagesgang der Sonnenbestrahlung in W/m^2 für eine horizontale Fläche und verschieden orientierte Wände (Wien, 1926). Ost/Westwände: Sie erhalten im Sommer mehr Strahlungsmenge und im Winter nahezu ähnlich viel wie die horizontale

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

Fläche trotz kürzerer Besonnungszeit.

Südwand: Sie erhält im Winterhalbjahr die meiste Einstrahlungsmenge, mehr als die Ost- und Westwände und erheblich mehr als die horizontale Fläche, im Sommer hingegen weniger als die Ost- und Westwände und bedeutend weniger als die horizontale Fläche. Die Südwand ist also nicht immer - wie oft irrtümlich angenommen wird, die am stärksten bestrahlte Wandseite zu jeder Jahreszeit. Die wechselnde Einstrahlungsintensität auf den verschiedenen Flächen kann so im Wechsel der Jahreszeiten zu interessanten Nutzungen führen" (Krusche u.a, 1982, S. 91).

Helligkeit

Die Helligkeit von Oberflächen bestimmt maßgeblich den Anteil der in Wärme umgewandelten Sonneneinstrahlung. Je dunkler eine Oberfläche ist umso mehr Energie absorbiert sie und umso höher wird im allgemeinen ihre Temperatur. Helle Oberflächen erwärmen sich dagegen geringer - sie reflektieren einen Großteil der Sonneneinstrahlung. Diese Reflexion kann gleichzeitig an von direkter Einstrahlung betroffenen Stellen zusätzlich Übertemperaturen erzeugen.

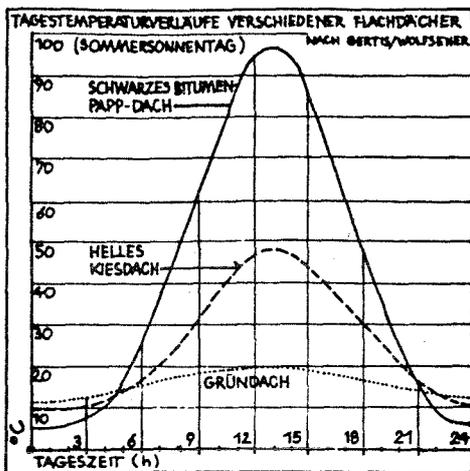


Abb. 7.3/2: Tagestemperaturverläufe verschiedenefarbter Wände
Aus: Krusche u.a., 1982, S.36

"Tagestemperaturverläufe verschieden gefärbter Westwände mit gleichem konstruktiven Aufbau. Sie unterscheiden sich nur in der Farbe der Außenoberfläche. Dunkle Farbgebung kann bis zu 25 Grad Celsius höhere Temperaturen bei entsprechendem strahlungsreichen Wetter hervorrufen. Die Farbabstufung zwischen den beiden Farbextremen weiß-schwarz erfolgt nach dem Helligkeitsanteil," (Krusche u.a. 1982, S.36).

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

Rauhigkeit

Besonders raue Strukturen von Oberflächen bremsen den Wind und erzeugen stehende Luftschichten. Das vermindert den Wärmeabtransport durch Konvektion und führt damit zu höheren Oberflächentemperaturen. Daneben absorbieren raue Oberflächen auch mehr Strahlung.

Feuchtegehalt und Verdunstung

Wasserspeichernde Oberflächen und Vegetation können gegenüber anderen Oberflächen durch die Verdunstung erheblich geringere Temperaturen annehmen. Gleichzeitig können sie die Luftfeuchtigkeit erhöhen. Diese Wirkungen sind jedoch auf die engere Umgebung beschränkt.

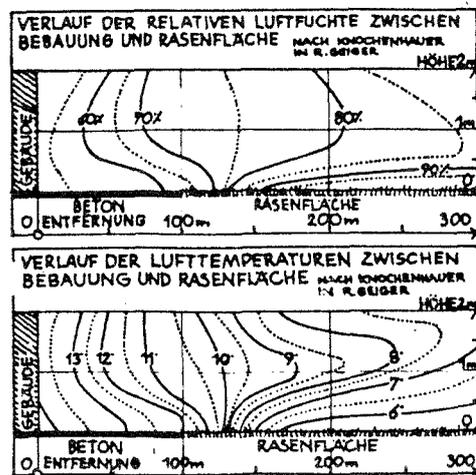


Abb. 7.3/3: Temperaturabnahme über den Grünflächen
Aus: Krusche u.a., 1982, S.48

"Temperaturabnahme über Grünflächen am Tage. Nach A. Bernatzky ergaben sich um 3,5 Grad Celsius geringere Lufttemperaturen in Stadtgebieten, die neben Grünflächen liegen, ebenso höhere Feuchtwerte der sonst trockenen, staubigen Stadtluft (Messungen in Frankfurt im Sommer). Baumbestandene Straßen waren um 6 Grad Celsius kühler als baumlose Straßen" (Krusche u.a., 1982, S.48).

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

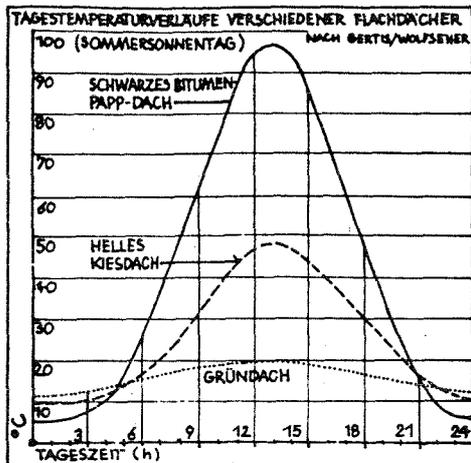


Abb. 7.3/4: Temperaturverläufe von Flachdächern
Aus: Krusche u.a., 1982, S.48

"Temperaturverläufe von Flachdächern verschiedener Ausführungen (an strahlungsreichen Sommertagen). Gründächer zeigen gemäßigte Temperaturen, sie erhitzen sich tagsüber kaum und kühlen nachts weniger ab als "nackte" Dächer. Auch im Winter sind sie wärmer. Die Temperaturabsenkung der Umgebung ist stärker: tagsüber bis zu 5 Grad Celsius" (Krusche u.a., 1982, S.48).

Der Einfluß der Grünflächen auf die Luftfeuchte bleibt aber gering und wird im wesentlichen nur durch Temperaturänderungen erreicht. Die geringere Temperatur in Grünflächen (differenzierte Begrünung), entsteht durch Schattenbildung, Wärmeableitung über Erdreich und Wärmeentzug durch Verdunstung. Dies erhöht die relative Luftfeuchte in Mikroklimaten. Eriksen (in Finke, 1976, S.24), stellt fest, daß die relative Luftfeuchte durch die enge Verbindung mit der Temperatur nur als Passivgröße auftritt. Eine höhere Luftfeuchte durch Verdunstung entsteht erst bei geschlossenen Mikroklimaten. Finke, 1976, S.24 hält als wichtiges Ergebnis fest, daß "...lichte Rasenflächen erst in klaren Strahlungsnächten beträchtliche sommerliche Abkühlung erreichen, bei trübem Wetter jedoch kein Einfluß bei offenen Grasflächen zu erkennen ist."

Zusammenwirken der Oberflächen

Durch die Materialwahl und Ausbildung der gebauten Flächen sowie Größe und Bepflanzung der unbebauten Flächen kann also das Mikroklima am Gebäude erheblich beeinflußt werden.

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

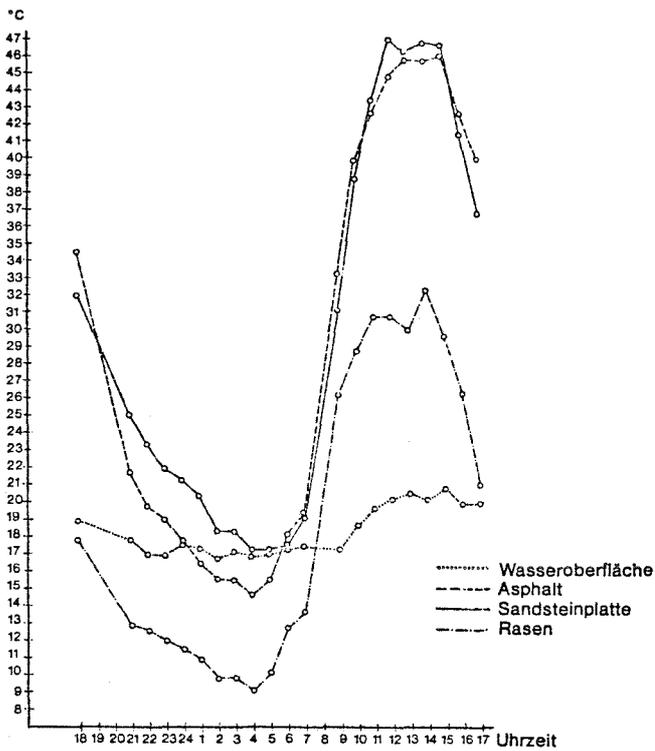


Abb. 7.3/5: Temperaturverlauf über unterschiedlichen Oberflächen
Aus: Finke 1976, S.29

Bedeutend ist darüberhinaus ihre Kombination in der spezifischen städtebaulichen Situation. Darum wird als Beispiel der Einfluß der Bebauungsdichte auf die Temperaturen in der Abb. 7.3/6 gezeigt.

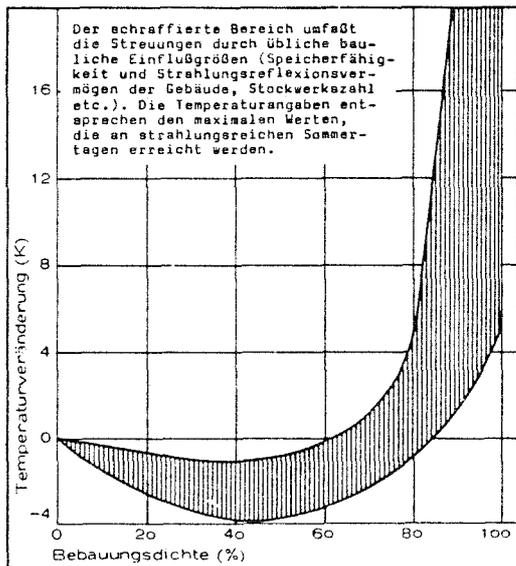


Abb. 7.3/6: Veränderung der mittleren Landschaftstemperatur (Oberflächentemperatur der z.T. bebauten Landschaft) gegenüber einer unbebauten Landschaft (Grünfläche) in Abhängigkeit vom Bebauungsgrad (Gertis/Wolfseher, 1976)

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

7.3.2 Windverhältnisse und Schadstoffbelastung

Durch die erhöhte Rauigkeit der Stadt gegenüber dem Land ergibt sich eine höhere Reibung des Windes. Damit verbunden ist eine Verminderung der Windgeschwindigkeit am Boden (10-20%) und eine 5-20%ige Zunahme windstiller Tage, aber andererseits auch eine starke Verwirbelung, welche durch eine verstärkte Böigkeit spürbar wird. Diese Turbulenz ist mit einem vertikalen Temperaturgefälle gekoppelt.

Die Bodenwindverhältnisse werden durch die Bebauung und die Vegetation stark beeinflusst und können somit sehr unterschiedlich ausfallen. In der Stadt ist der Bodenwind in dichten Parkanlagen, in engen Straßen und Höfen nahe Null. Nur über größeren Freiflächen (Rasen, Plätze) kommt es zu Windgeschwindigkeiten, die an die über den Dächern heranreichen. In Sonderfällen, bei in Windrichtung liegenden Straßenzügen mit bestimmten Strömungsverhältnissen kann auch eine höhere Windgeschwindigkeit beobachtet werden (Düseneffekt) (vgl. Finke, 1976).

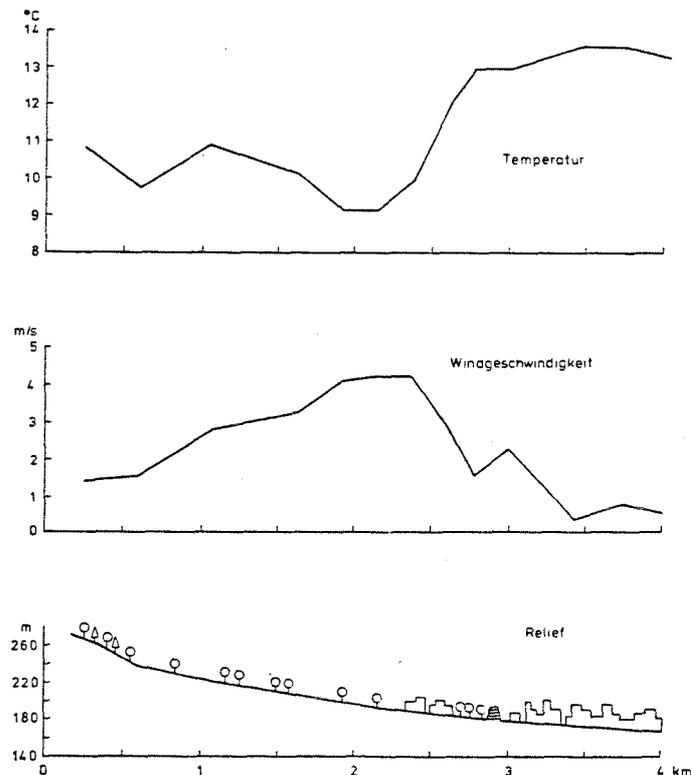


Abb. 7.3/7: Längsschnitt des Johannisbachtals südwestlich des Aachener Stadtkerns und Verteilung der Windgeschwindigkeit bzw. der Temperatur in 2 m Höhe.
Aus: Horbert u.a. 1983, S.79

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

Im Umfeld von Gebäuden bilden sich Gebiete mit erhöhten und erniedrigten Luftdrücken und Geschwindigkeiten. Abreißende Luftströmungen und an der Luvseite abwärts gerichtete Strömungen bilden Wirbelsysteme, welche bei Durchgängen oder Aufständerungen sowie an Gebäudekanten - verstärkt durch ungünstige Gebäudegruppierungen mit Düseneffekten - zu erheblichen Strömungsübergeschwindigkeiten führen können, die Staubaufwirbelungen verursachen und den Aufenthalt im Freien unmöglich machen.

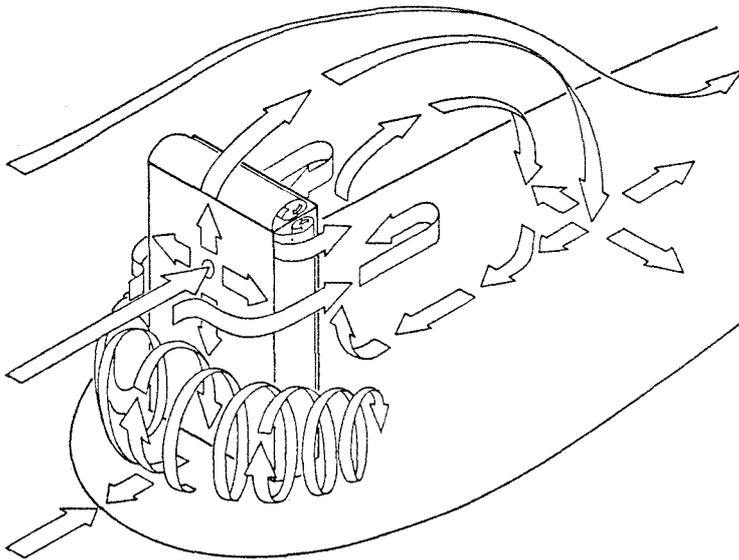


Abb. 7.3/8: Schematische Darstellung der Umströmung eines Gebäudes durch den Wind.
Aus: Schmalz, 1977

Die Abbildungen 7.3/9 und 7.3/10 zeigen die Auswirkungen verschiedener Windschutzmaßnahmen.

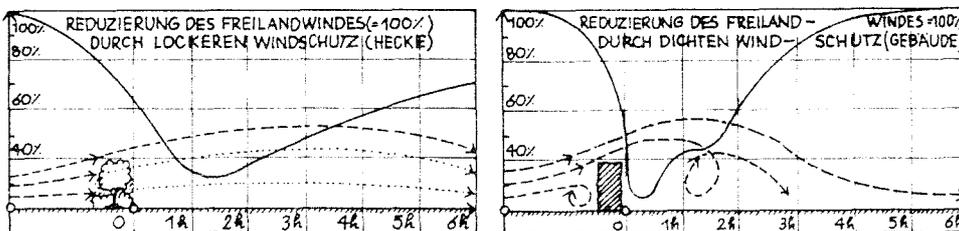


Abb. 7.3/9: Die Windschutzwirkung hängt von der Art des Schutzstreifens ab.
"Dichte Anlagen wie Mauern, Gebäude, Wälle führen zunächst zu stärkeren Windbremsungen, der Schutzbereich ist aber kürzer. Es kommt zu Luv- und Leewirbeln. Lockere Heckenanlagen oder Zäune bremsen den Wind nicht so abrupt. Ihr Schutzbereich reicht bedeutend weiter

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

nach Lee und ist auch in Luv größer."
Aus: Krusche u.a., 1982, S.53

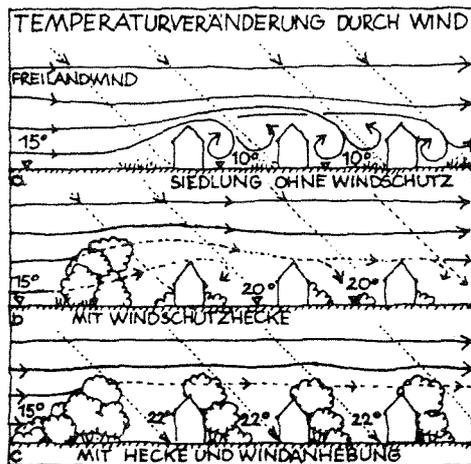


Abb. 7.3/10: Temperaturerhöhung durch Windschutz (windiger Sonnentag)

- a Rauhes Bebauungsprofil erhöht Windablenkung und Turbulenzen, niedrigere Temperaturen sind die Folge.
- b Windschutzhecken bremsen beträchtlich,
- c ebenso kann durch dichten Baumbestand der Wind über die Häuser angehoben werden. In beiden Fällen 5 bis 10 Grad C. höhere Temperaturen als im windigen Freiland.

Aus: Krusche u.a. 1982, S.53

Während die Gefährlichkeit der Übergeschwindigkeiten an Gebäuden mit größer werdender Windgeschwindigkeit wächst, nimmt die Gefährlichkeit der Schadstoffkonzentration mit kleiner werdender Windgeschwindigkeit zu. Erst ab einer Freilandwindgeschwindigkeit von etwa 5 - 8 m/s ist die Durchlüftung und damit der Abtransport von Schadstoffen aus dem Stadtgebiet unproblematisch. Durch eine gezielte Bepflanzung im Bereich der Gebäude kann zumindest eine Staubbinding erreicht werden (vgl. Abb. 7.3/9).

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

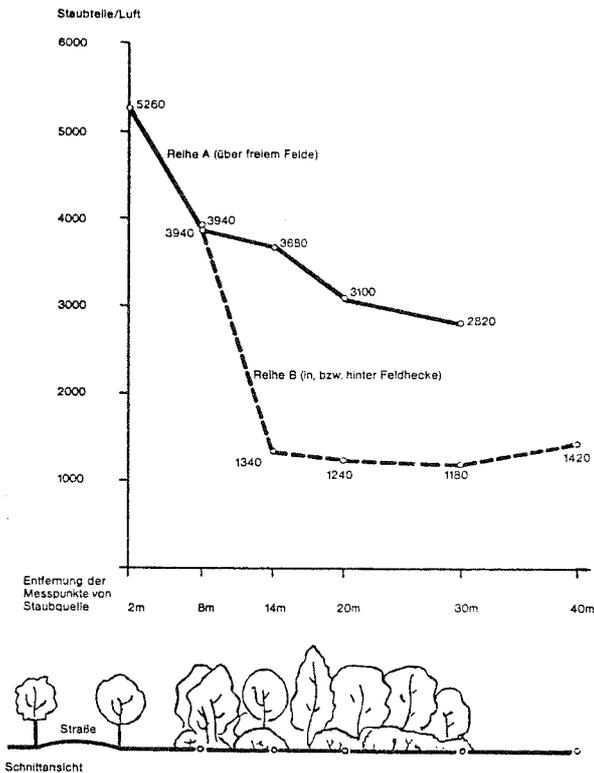


Abb. 7.3/11: Einfluß einer dichten Pflanzung (Hecke) auf die Staubkonzentration (nach Hennebo 1952).
Aus: Finke 1976, S.39

7.4 Maßnahmen zur Gestaltung des Außenklimas

7.4.1 Übersicht

Maßnahmen gegen unangenehme Wärme

- Reduzierung übermäßiger direkter Sonneneinstrahlung mittels technischer oder natürlicher Verschattungssysteme,
- Vermeidung von stark reflektierenden (hellen oder spiegelnden) Oberflächen,
- Verringerung von Wärmestrahlung und Luftkonvektion an Bauteilen (z.B. durch dunkle Farben, geringe thermische Speicherkapazität),
- Vermeidung von Sonneneinstrahlung auf Ost/West-orientierte Fenster und Wandflächen im Sommer.

Im einzelnen eignen sich dafür zum Beispiel:

- Bäume vor/über Flächen, die zur Aufheizung neigen (Verschattung von Terrassen, Balkonen und Straßenräumen),
- Begrünung sonnenzugewandter Fassaden,
- Begrünung von flach geneigten Dächern,
- Bepflanzung und Begrünung aller Bodenflächen,

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

- Berücksichtigung thermischer Gesichtspunkte bei der Farbauswahl an Fassaden
- Erhöhung der Ventilation und Zufuhr kühlender Luft aus Grünbereichen,
- Schaffung von Wasserflächen oder befeuchteten Flächen

Maßnahmen gegen unangenehme Kälte

- Sicherung guter Besonnung besonders im Winter und in der Übergangszeit durch ausreichende Gebäudeabstände,
- Verwendung wärmeabsorbierender und je nach dem Zeitpunkt des Wärmebedarfs mehr oder weniger wärmespeichernder Materialien,
- Reduzierung der Luftbewegung, Schaffung windgeschützter zugfreier Bereiche,
- Nächtlichen Ausstrahlungsschutz durch Bäume,
- Vermeidung von Bebauung in Kaltluftbahnen bzw. Ablenkung der Kaltluft.

Maßnahmen zum Windschutz:

- Auswahl windgeschützter Standorte für Siedlungen und Einzelgebäude,
- Windschutz für Garten- und Hausbereich durch Hecken (Winddurchlässigkeit 40-50 %, Abstand = 2 x Höhe), Pergolen, Lauben usw.,
- Bebauung nicht höher als Baumwipfelhöhe (4-5 Geschosse), da sonst u.a. die Aufenthaltsmöglichkeit auf Balkonen infrage gestellt ist
- Vermeidung Turbulenzen hervorrufender Bauweisen,
- Windschutz durch Bepflanzung an Balkonen und Terrassen bzw. beweglicher Windschutz.

Diese Windschutzmaßnahmen sind vor allem in windstarken Gebieten angezeigt, während in windschwachen Gebieten eher auf ausreichenden Luftaustausch - z.B. durch Thermik - zu achten ist. Je nach städtebaulicher Situation können dazu besondere Vorkehrungen notwendig sein, z.B.:

Maßnahmen zur Sicherstellung der Frischluftzufuhr

- Größere Vegetationsflächen sollen ein günstiges Mikroklima und damit Reserven guter Luft schaffen
- Die Wohnbebauung darf keine zu engen und keine in Strömungsrichtung geschlossenen Höfe bilden
- Frischluftbahnen dürfen nicht verbaut werden
- Die Architektur muß thermisch induzierte Luftbewegung ermöglichen und fördern.

Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität

- Verminderungen der Emissionen aus Verkehr, Industrie und Gewerbe
- Schaffung möglichst vieler Vegetations- und Wasserflächen
- Durchgrünung mit hoher, differenzierter, vor allem mit Bäumen durchsetzter Vegetation
- Initiierung ausreichenden Luftaustausches
- Vermeidung von Staubaufwirbelungen.

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

7.4.2 Bedeutung der Vegetation

Insgesamt gesehen ist besonders die günstige Wirkung von Vegetation auf Luftqualität und Mikroklima hervorzuheben. Sie kühlt im Sommer durch Verschattung und Verdunstung, filtert Stäube aus und reichert die Luft mit Sauerstoff an.

Im Winter kann bei laubabwerfender Vegetation die Sonne ungehindert auf das Gebäude scheinen, ein immergrüner Pflanzenpelz auf der Hauswand kann den Wärmeverlust vermindern. Als lebendes System wirkt die Bepflanzung auf das Klima mildernd. Dazu bietet die Bepflanzung Betrachtungs- und Erlebnismöglichkeiten, sie macht den Bewohnern Freude, sie ist Element der "guten Aussicht".

In der Stadt sind breite Straßen und Plätze ohne Bäume mittags bei Sonneneinstrahlung sehr heiß und kühlen nachts stark ab. In Abhängigkeit vom Breiten-Höhenverhältnis sind weniger breite Straßen in der Stadt nachts vor allem durch die Rückstrahlung gekennzeichnet und bleiben wärmer. Enge Straßen und Höfe weisen starke Unterkühlung auf und beim Ausbleiben von Ventilation im Bereich der Vegetation hohe Luftfeuchtigkeit. Alleen und baumbestandene Straßen sind kühler und haben geringere Temperaturunterschiede (Schmalz, 1984 S.41). Falsche Zuordnung von Vegetation und Bebauung kann dabei zu ungünstigen Verhältnissen führen.

Bäume sollten dazu vor nach Süden exponierten Fassaden angeordnet werden, das gleiche gilt für Fassadenbegrünungen. Strahlungsabsorbierende Flächen sollten vermindert werden; Dachbegrünungen und der Bebauung zugeordnete Grünflächen können die thermische Belastung erheblich reduzieren.

Höfe müssen über die gesamte Höhe geöffnet sein und intensiv begrünt werden. Die Mindestgröße der Höfe sollte dabei 50 x 50 m nicht unterschreiten und die Anzahl der Geschosse sollte 4 - 5 (Baumhöhe) nicht überschreiten.

Zur Veranschaulichung der Wirkungen der Bepflanzung in verschiedenen städtebaulichen Situationen werden in drei tabellarische Zusammenstellungen (Abb. 7.4/2-7.4/4) aus Finke, 1976, wiedergegeben, die außer Temperatur und Feuchte auch Strahlung, Wind, Stäube, Gase und Lärm berücksichtigen.

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

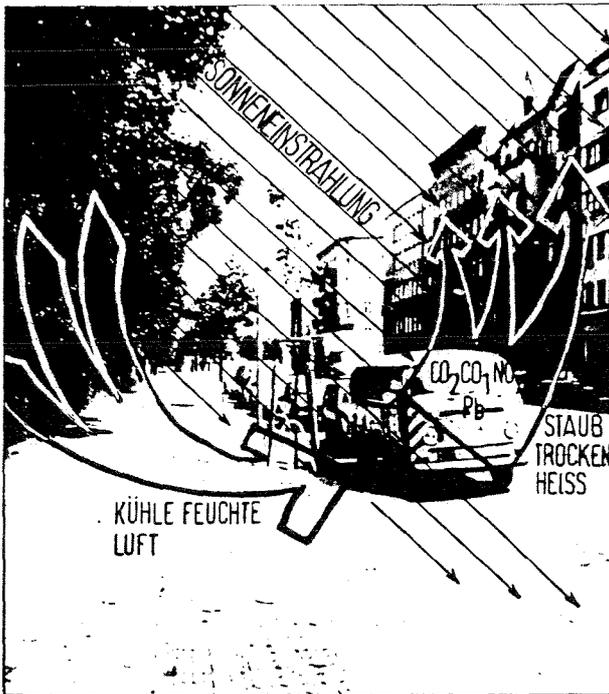


Abb. 7.4/1: Wirkung falsch angeordneter Grünzonen im innerstädtischen Bereich:

Die durch die Sonneneinstrahlung stark aufgeheizte Luft steigt an den Gebäudefassaden nach oben und führt sämtliche Schadstoffe, die auf der Straße durch den Autoverkehr entstehen, mit sich. Die Regenerationsfähigkeit der Atemluft durch die Wirkung der Grünflächen kommt nicht zum Tragen, da die feuchtere, kühle Luft aus dem Grünbereich in einem Luftkreislauf mit falschem Vorzeichen steht.

Aus: Hillmann, 1982, Abb. 78

7.4.3 Bedeutung der städtebaulichen Situation und Anlage des Gebäudes

Die Ausführungen deuteten auch an, wie stark sie die städtebaulichen Gegebenheiten der Gemeinde, des Stadtteils und des Quartiers auf die klimatische Situation am Gebäude auswirken. Entsprechend kommt es darauf an, daß auf dieser Ebene die richtigen Vorentscheidungen getroffen werden, soweit noch Spielräume bestehen. Je mehr Nachteile am Standort bestehen, desto größer ist der Kompensationsbedarf im unmittelbaren Außenbereich des Gebäudes und am Gebäude selbst. Für das einzelne Gebäude bedeutet dies, daß die Ziele für die Gestaltung der kleinklimatischen Situation aus den spezifischen Vor- und Nachteilen des Standorts abgeleitet werden müssen. Aufheizung und "Versiegelung" könnte dann z.B. sogar einmal erwünscht sein, größerer Windschutz könnte z.B. gerade nicht angebracht sein, Verschattung durch Bäume hätte z.B. Nachteile. Das heißt, daß auch

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

die Konzepte zur Begrünung differenzierend entwickelt werden müssen. Im Bereich des Gebäudes läßt sich also durch geschickte Wahl der Oberflächeneigenschaften des Gebäudes und der Freiflächen und durch eine günstige Kombination von Bebauung und Vegetation das Mikroklima so beeinflussen, daß es spezifischen Anforderungen weitgehend entspricht.

So kann beispielsweise ein östlicher Sitzbereich als "Wärmestaubereich" ausgebildet werden (dunkles Holz, Dämmung), der sich unterstützt durch einen reflektierenden Vorplatz in der Morgensonne schnell erwärmt. Ein südlicher oder westlicher Sitzbereich kann durch seine dunklen massiven Wände die Wärme lange bis in die Abendstunden speichern (Krusche, 1982 S.38). Was an einem mäßig warmen Tag angenehm sein kann, führt an einem sehr warmen Tag allerdings zu unangenehm hohen Temperaturbelastungen. Derartig spezielle Ausbildung von Mikroklimaten muß die Wahlmöglichkeit durch Ortswechsel offenhalten und verschiedenartige Situationen anbieten. Es muß immer das ambivalente Verhältnis zwischen den Klimaelementen, regulierenden Maßnahmen und deren Rückwirkung im Einzelfall beachtet werden, jahres- und tageszeitliche Schwankungen sind dabei ebenso wie die Besonderheiten des Ortes zu beachten.

Auch die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Konstruktionen und Baustoffen am Gebäude sind zu beachten. Gute Wärmedämmung bedeutet z.B. noch keinen guten Schutz gegen einen durch ungünstiges Fassadenmaterial bei Sonneneinstrahlung von außen nach innen gerichteten Wärmestrom. In einem Hochhauskomplex kam es z.B. im Bereich der Fassaden und trotz überdurchschnittlicher Wärmedämmung auch in den angrenzenden Wohnräumen selbst zu erheblichen Übertemperaturen. Durch Reflektion an einem benachbarten, hellen Kiesflachdach heizte sich die olivgrüne Fassade aus Asbestzementtafeln bei Sonneneinstrahlung so stark auf, daß die Wärme trotz der Mineralwollendämmung aufgrund der hohen Temperaturdifferenz in die tragende Betonwand eindrang und diese aufheizte. Die warme Betonwand konnte aufgrund des geringeren Temperaturgefälles und der Wärmedämmung nachts nicht mehr auskühlen und akkumulierte die Wärme. Als Abhilfe wurden hier eine Begrünung des Kiesdaches sowie hellere Fassadenplatten vorgeschlagen.

Die Gesprächsteilnehmer (an den Gruppengesprächen im Rahmen dieser Arbeit) verbanden gesundes Wohnen ganz zentral mit der Qualität des Außenklimas.

Gerade im bereits bebauten Gebiet kann es wichtig sein, daß die Gemeinde alle Möglichkeiten der Beeinflussung nutzt, um hier noch oder wieder Verbesserungen zu bewirken. Auch in Neubaugebieten können die in der weiteren Umgebung und im nächsten Wohnumfeld erzielten Qualitäten aufwendige Maßnahmen am Gebäude erübrigen.

Typ - Varianten	ökologisch relevante Raumcharakteristik	KLIMAHYGIENE				LUFTHYGIENE		LÄRM
		Strahlung	Temperatur	Feuchte	Wind	Stäube	Spurengase	Lärm
1.1.1 größere zusammenhängende Gartenflächen Villengärten Kleinsiedlergärten Reihenhausgärten Kleingartenanlage (aus A 2.5)	Vegetations- und Rasenflächen mit Strauch- und Baumbestand	Schattenwurf durch Baumbestand, morgens und abends stärker (Strahlungswinkel), im Winter unbedeutend (fehlende Belaubung) siehe auch 1.1.3	an heißen Tagen stärkste T-Minderung durch Schattenwurf, morgens und abends Verdunstungseffekt, ca. 3-5° T-diff zu städt. Maxima	nur Bedeutung als T-mindernder Faktor	Bremmung innerstädtischer Winde, positiv bei windigem Wetter, negativ bei heißen windarmen Wetterlagen (Abkühlungsgröße), wird jedoch kompensiert durch Schattenwurf	Gute Leistung i. Abh. von Größe, Baumbestand und Nähe zur Staubquelle, d. h.: Je größer die Fläche und je dichter der Bestand, um so besser die Staubbindung. Je näher am Emittenten, z. B. Straße, um so größer die Leistung	Verdünnungseffekt und Adsorption abhängig von Bestandsaufbau, d. h. gut bei dichtem Blattwerk, bes. Nadelhölzer	Je dichter der Baum- und Strauchbestand, desto größer das Lärmverminderungsvermögen
1.1.2 kleinere Gärten Wohngärten Gartenhof	Rasen-, Pflanz- und Wasserflächen, einzelne Bäume und Sträucher	ähnlich wie 1.1.1 durch geringen Baukörperanteil Absorption und Reflexion geringer bei geringer Höhe der Häuser Beschattung durch Bäume möglich	wie 1.1.1 in etwas abgeschwächter Form	siehe 1.1.1	wie 1.1.1	Staubfilterung evtl. noch gegeben	entfällt	entfällt
1.1.3 Ersatzformen Balkon Loggia Laubengang Dachgarten Dachterrassen	teilweise bepflanzte bauliche Außenräume	Bepflanzung kann Einstrahlung abschwächen (Pergola, Rankgerüst), jedoch vorwiegend abhängig von baulicher Konstruktion	vorwiegend abhängig von Strahlungsbedingungen (Exposition)	keine Bedeutung	in Abhängigkeit von Bepflanzung kleinräumige Luftberuhigung möglich	entfällt	entfällt	entfällt

Abb. 7.4/2: Ökologisches Leistungsvermögen: Wohnungsnahe Freiflächen - Privatgärten
Aus: Finke, 1976, S.61

Typ - Varianten	ökologisch relevante Raumcharakteristik	KLIMAHYGIENE				LUFTHYGIENE		LÄRM
		Strahlung	Temperatur	Feuchte	Wind	Stäube	Spurengase	Lärm
1.2.1 offene Abstandsflächen	vorwiegend Rasenflächen, einzelne Bäume, geringe Strauchvegetation	Wirkung der Einzelbäume sowohl hinsichtlich der direkten als auch der Reflexstrahlung der Baukörper unbedeutend	sommerliche Überhitzung möglich, Rasenflächen leiten eingestrahlte Energie jedoch im Untergrund ab und erzeugen nachts durch Ausstrahlung und Verdunstung Kaltluft	nächtliche Taubildung auf der Rasenfläche, relat. Feuchte baut sich an warmen Tagen jedoch schnell wieder ab, unbedeutend	kaum windbeeinflussende Wirkung	geringes Staubbindungsvermögen	entfällt	entfällt
1.2.2 geschlossene Abstandsflächen	Rasenflächen mit Baumgruppen, geschlossene Pflanzungen bis lockere Waldbestände	Einstrahlung und Reflexstrahlung wird zu großen Teilen verhindert	Ebene der Energieumsetzung auf Baumwipfel verlagert, Temperaturextreme werden abgebaut, der Hitzeeffekt durch die Strahlungsabschirmung verhindert	relat. Feuchte durch Verdunstung und Abkühlung geringfügig erhöht, vernachlässigter	Windberuhigung siehe 1.1.1	Bei dichtem, aber durchlässigem Baumbestand gutes Adsorptionsvermögen für Grobstäube, weniger für Feinstäube. Je näher die Quelle, desto besseres Feinstaubfiltervermögen	Wenn überhaupt, dann gut bei dichter, durchlässiger Pflanzung. Besonders gut in dichtem Nadelholz und/oder behaarten, klebrigen Blättern	Am besten bei ganz dichten in mehreren hintereinander, senkrecht zur Quelle angeordneten Streifen
1.2.3 Wohngärten der Blockbebauung	durch geschlossene Bebauung umgebene Höfe, Rasen, Plattenflächen, Einzelbäume	vor allem morgens und abends (Sonnenstand) sowie im Winter Schattenwurf durch die Gebäude, Einstrahlung und Belichtung stark abhängig von Exposition	sehr unterschiedliche Bedingung, je nach Strahlungssituation T-diff in den Innenhöfen	unbedeutend	Baum- und Strauchvegetation kann böenartige Wirbel mildern, bei Windstille durch T-diff Aufbau einer mikroklimatischen Zirkulation	indirekt positive Wirkung dadurch, daß keine zusätzliche Staubbelastung entsteht	entfällt	nur bei dichter Abpflanzung von Kinderspielflächen
1.2.4 Sonderformen	weitgehend vegetationsfreie versiegelte Oberfläche	sowohl der direkten als auch der Reflexstrahlung voll ausgesetzte Räume	Überhitzungseffekt besonders ausgeprägt, da Strahlung voll ausgesetzt	relat. Feuchte geringer bei Windstille durch Überhitzung	kein Windeinfluß	können eher selbst zur Staubquelle werden, z. B. bei Ascheplätzen	entfällt	entfällt

Abb. 7.4/3: Ökologisches Leistungsvermögen: Wohnungsnahe Freiflächen - Abstandsflächen zwischen Geschößbauten, Aus: Finke, 1976, S.62

Typ - Varianten	ökologisch relevante Raumcharakteristik	KLIMAHYGIENE				LUFTHYGIENE		LÄRM
		Strahlung	Temperatur	Feuchte	Wind	Stäube	Spurengase	Lärm
1.3.1 Wohnstraße Weg, Gasse, Straße, Platz Fußgängerbereich	Straßenbäume, Vorgärten, nur ruhender und Anlieger- verkehr	Strahlung durch hohe Bäume ab- geschirmt. (Teile der Straßen- flächen, auch Baukörper und Wohnungen), wandernder Schatten	durch Strahlungs- abschirmung ver- ringert Back- ofeneffekt	unbedeutend	Windberuhigung, Verhinderung von Böen wenn Bau- körper nicht über Baumhöhe, Er- schwerung des Luftaustausches bei Windstille	beste Wirkung durch dichte, am Fahrbahnrand verlaufende Hecken, weniger gut Büsche, am schlechtesten Bäume. Für obere Stockwerke am wirksamsten	sofern an Stäube gebundene, s. dort - sonst schwach, da Kapazität be- grenzt	Bei dichtem Kronendach positiv für obere Stockwerke
1.3.2 Verkehrsstraße Durchfahrtsstraße befahrener Platz	Baumbestand, stärkerer Verkehr	eingeschränkter als 1.3.1, da Straßen in der Regel breiter	eingeschränkter als 1.3.1, da Straßen in der Regel breiter	unbedeutend	wie 1.3.1 liegt die Straße im Einschnitt bzw. ist eine Lärmschutzpflan- zung vorhanden, ist ein zusätz- licher Windschutz gegeben	s. o.	bei dichtem Kronendach evtl. Behinderung der vertikalen Ent- lüftung - Folge: Abgasstau	s. o.
1.3.3 enge Straßenschlucht	durch hohe geschlossene Bebauung abgegrenzter Straßenraum, kein Bewuchs, wenig Verkehr	Schattenwurf der Häuser, beson- ders bei W-E-Ver- lauf verhinderte Einstrahlung	im Sommer kühler, im Winter wärmer als der Einstrahlung und dem Luftaus- tausch ausge- setzte Straßen- räume	unbedeutend	unbedeutend	starke Staubbe- lastung, ohne daß der Staub gebun- den wird	stark belastet	stark belastet
1.3.4 weite, breite Straßentrasse	mehrspurige Fahrbahnen, gradliniger Straßenverlauf, keine Vegetationsflächen	bis auf Schatten der Häuser der Einstrahlung ausgesetzt	Backofeneffekt (Straßenbelag und Hauswände) erleichterter Luft- austausch könnte bei Wind- bewegung Überhitzung ab- bauen (Flurwinde)	bei mittäglicher Überhitzung relat. Feuchte geringer	können als Windkanäle Wirbelbildungen und Böen för- dern	selbst Staub- quelle	selbst Staub- quelle	selbst Staub- quelle

Abb. 7.4/4: Ökologisches Leistungsvermögen: Wohnungsnahe Freiflächen - Straßenräume
Aus: Finke, 1976, S.63

8. Wände und Geschoßdecken

Mit gesundem, behaglichem Wohnen haben Wände und Geschoßdecken immer durch ihre abschirmende Wirkung zu tun: abzuschirmen haben sie die Räume der Wohnung nach draußen und gegeneinander. Sie schützen die Räume vor unerwünschter Kälte, Wärme, Feuchte, Luftbewegung, Luftverunreinigung und Schalleinwirkung.

Als zusätzliche Funktion kann eine stabilisierende Wirkung in Bezug auf Temperatur und Feuchte hinzu kommen. Wichtig sind dabei auch ihre spezifische Verarbeitung und die Reaktion auf plötzliche Veränderungen dieser Faktoren. Diese Funktionen werden häufiger vernachlässigt, deswegen wird ihnen hier mehr Platz eingeräumt. Für jede gewünschte Eigenschaft einer Wand oder Decke kann es mehrere verschiedene Möglichkeiten des konstruktiven Aufbaus geben, für bestimmte Kombinationen von Eigenschaften wiederum Ausweitungen oder Einschränkungen dieser Möglichkeiten. Hier werden ohne besondere Berücksichtigung weiterer Konstruktionsmöglichkeiten oder sonstiger Eigenschaften Fälle behandelt, bei denen Gesichtspunkte von Behaglichkeit und Gesundheit in typischer Weise tangiert sind.

Der Unterschied von Innen- und Außenbauteilen besteht dann oft nur darin, daß an Innenbauteile Anforderungen oder Beanspruchungen in abgeschwächter Form gestellt werden. Das trifft immer beim Witterschutz und beim Wärmeschutz zu; beim Schallschutz können die Anforderungen innen - nämlich bei Wohnungstrennwänden - höher sein, denn Schwachstellen ähnlich den Fenstern und Türen in Außenwänden sind hier unzulässig.

8.1 Stabilisierung der Raumtemperatur

Der Beitrag raumumschließender Bauteile zur Behaglichkeit in einem Raum liegt in ihrer Angepaßtheit an die jeweils behaglichen Lufttemperaturen - sie sollen sich von diesen nicht zu sehr unterscheiden, da sich sonst am Körper Wärmeentzug durch Abstrahlung bemerkbar machen kann (vgl. Kapitel 6. Wärme). Eine Wandoberfläche kommt der Lufttemperatur umso näher, je weniger sie die von der Raumluft übernommene Wärme in Richtung Wandinneres abführen kann. Falls auf der anderen Seite der Wand merklich niedrigere Temperaturen herrschen, muß die Wand also gut gedämmt sein. Dafür ist es gleichgültig, ob eine Dämmschicht auf der Raumseite oder auf der Außenseite angeordnet ist, wenn die gleichen Temperaturbedingungen lange genug erhalten bleiben. Bei einem raschen Wechsel der Lufttemperatur ist aber die Oberfläche einer Dämmschicht sehr viel anpassungsfähiger als die eines Baustoffs, der Wärme rasch eindringen läßt und viel davon speichern kann.

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

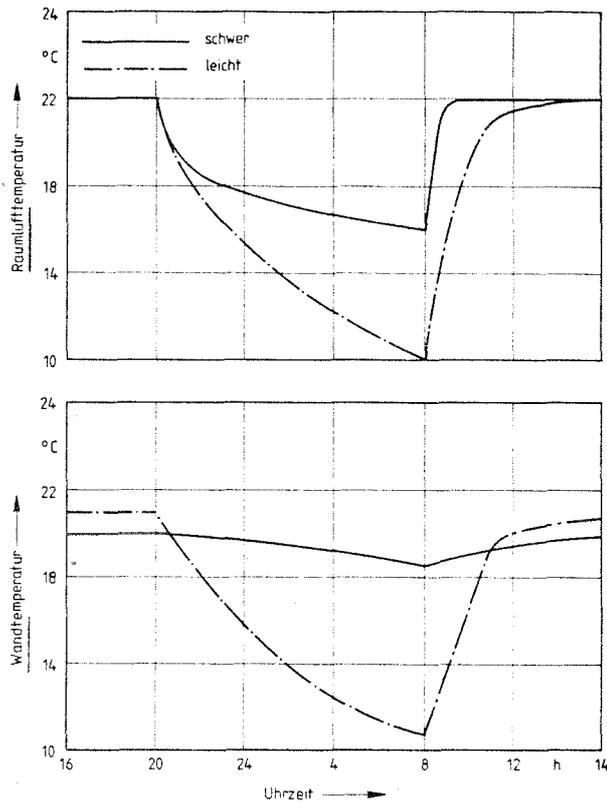


Abb. 8.1/1: Raumluft- und Wandtemperaturen in einem Raum schwerer und leichter Bauart während einer Tagesperiode bei 12-stündiger Nachtabsenkung der Heizung bei durchschnittlichen winterlichen Außenbedingungen (Außenlufttemperatur -2 Grad C).
 Aus: Lutz u.a., 1985, S.166

Eine hohe Wärmespeicherfähigkeit der Bauteile bewirkt, daß sich der Raum nur langsam auskühlen und nur langsam aufheizen läßt. Ein selten oder sehr verschieden genutzter Raum sollte sich rasch momentanen Bedürfnissen anpassen, thermisch träge Bauteile würden das verhindern. Ein gleichartig und stetig benutzter Raum ist dagegen mit stabiler Temperatur der umschließenden Bauteile am angenehmsten. Die Wirtschaftlichkeit der Heizung wird - gleiche Wärmedämmung vorausgesetzt - in beiden Fällen nur von der durchschnittlichen Temperaturdifferenz zwischen innen und außen bestimmt. Diese dürfte aber bei temporär benutzten Räumen fast immer tiefer liegen, also wären flink auf Beheizung reagierende wenig speichernde Flächen nicht nur funktional sondern auch wirtschaftlich günstiger. Der Raum aus wärmeträgen Bauteilen wird durch Wechsel im Strahlungsaustausch mit außen und in der Lufttemperatur weniger bzw. nur langsam beeinflusst. Das wird im allgemeinen als Vorteil gewertet werden, es ist zum Beispiel sehr angenehm, wenn nach dem Lüften bei kühlem Wetter nur die Raumluft aber nicht auch die Wände ihre Temperatur verloren haben. Als Nachteil mag aller-

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

dings gelten, wenn sich ein kritisierbarer Zustand eingestellt hat und er durch Heizen oder Lüften nicht schnell behoben werden kann. Besonders angenehm machen sich speicherfähige Wände im Sommer an heißen Tagen bemerkbar. Die Abb. 8.1/2 zeigt, daß die Lufttemperatur bei Sonneneinstrahlung z.B. in einem Raum mit Betonwänden im Maximum und am Ende um etwa 15 K unter der eines Raums mit Gasbetonwänden liegt.

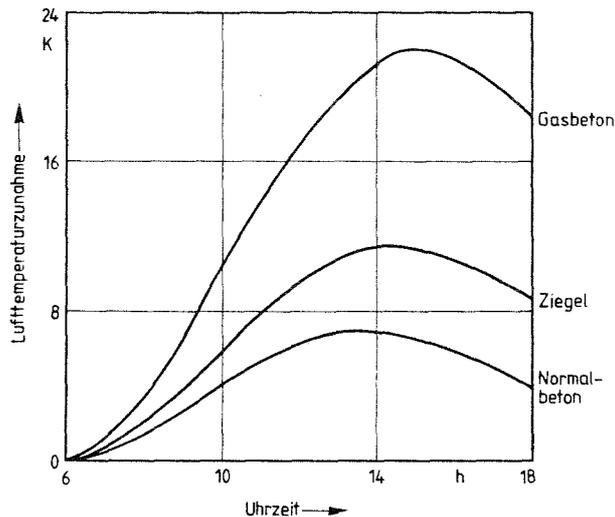


Abb. 8.1/2: Zeitlicher Verlauf der Lufttemperatur eines Raumes mit Innenbauteilen aus verschiedenen Baustoffen.
Aus: Lutz u.a. 1985, S.201 (nach Gertis)

8.1.1 Die Rolle der Wärmespeicherfähigkeit von Außenwänden

Im Hinblick auf eine Kollektorwirkung kann den Außenwänden keine große Bedeutung beigemessen werden, sie beträgt nur Bruchteile der Kollektorwirkung einer Verglasung (Gertis, 1983, S.7). Würde man es auf einen solchen Effekt anlegen, wäre die Speicherfähigkeit der Wand nützlich, um die Wärmeabgabe zeitlich gegen die Einstrahlung zu versetzen und sie gleichmäßiger zu gestalten. Leider schließen sich gute Wärmedämmung und derartige Eignungen aus, auch der "Ventileffekt" fehlt, so daß als "Wärmefalle" das Fenster in Verbindung mit dem dahinterliegenden Raum und als Speichermassen die raumseitigen Bauteile dienen müssen.

Unter den Begrenzungsflächen eines Raumes können die Außenwände (je nach seinem Zuschnitt und seiner Lage im Grundriß) rund 15 bis 30% ausmachen. Wenn sie innen von schwerer Bauart sind und etwa der gesamte weitere Innenausbau aus leichten Konstruktionen, können sie gar das nahezu einzige bedeutende Speicherpotential darstellen.

Speicherfähigkeit kann, wie ausgeführt, je nach Nutzungsansprüchen als Vorteil oder als Nachteil gewertet werden. In der Regel sind aber Nutzungen der letzteren Art seltener und den Nachteilen der Speicherfähigkeit läßt sich leichter begegnen, als sich ihre Vor-

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

teile substituieren lassen. Zudem läßt sich die Effizienz vorhandener Speichermassen leicht durch nachträgliche Maßnahmen herabsetzen. Fehlende Speichermassen können aber kaum nachträglich geschaffen werden. Aus diesen Gründen wird hier der Frage, wie Speichermassen ermöglicht und effizient gemacht werden können, mehr Gewicht gegeben.

Bei Außenbauteilen hängt das relevante Speichervolumen von der Lage einer eventuellen Dämmschicht ab. Darüberhinaus ist die Lage der Dämmschicht auch noch für andere Faktoren des Raumklimas und nicht zuletzt für den Energieverbrauch von Bedeutung. Der weiteren Diskussion werden Auszüge aus dem Bericht "Wärmedämmung innen oder außen?" von Gertis (1985 b) vorangestellt:

8.1.2 Wärmedämmung innen oder außen?

"Grundsätzliches zur Dämmschichtanordnung

"... Die aus Wirtschaftlichkeitsgründen notwendigen Dämmwerte können derzeit also sowohl mit einschichtigen (monolithischen) Bauarten als auch mit mehrschichtigen (gedämmten) Außenwänden erreicht werden...

Bei Verwendung zusätzlicher Wärmedämmschichten in Außenwänden gibt es prinzipiell drei mögliche Dämmschichtanordnungen, nämlich:

- innenseitige Anordnung
(Innendämmung)
- außenseitige Anordnung
(Außendämmung, z.B. mit Wärmedämmverbundsystemen)
- Anordnung zwischen den Wandschalen bei zweischaligen Wänden
(Kerndämmung).

Ferner kann die innere und äußere Dämmschichtanordnung auch kombiniert werden, wie z.B. bei den sogenannten Mantelbauarten. Diese werden in Deutschland - im Gegensatz z.B. zu Österreich - derzeit jedoch nicht sehr häufig eingesetzt.

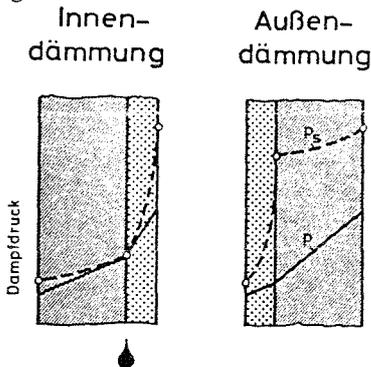
Jede der geschilderten Dämmschichtanordnungen besitzt Vor- und Nachteile, die nicht bzw. nicht nur thermisch-energietechnischer Art sein können und deshalb bei den manchmal von Euphorie getragenen Bestrebungen, den Wärmeschutz zu verbessern, vergessen werden."

"Diffusionstechnische Eigenschaften

Durch die Dämmschichtanordnung werden auch die Wasserdampfdiffusionstechnischen Eigenschaften einer Außenwand verändert. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht die grundsätzliche Problematik der innenseitigen Dämmschichtanordnung. Hierbei erreicht an der Trennfläche "Wandschicht/Dämmschicht" der tatsächliche Dampfdruck den Sättigungsdampfdruck (p-Linie erreicht p_s -Linie). Bei Außendämmung ist dies nicht der Fall. Ob im Falle der Innendämmung die anfallende Tauwassermenge noch zulässig ist oder nicht, muß eine

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

spezielle Diffusionsberechnung nach DIN 4108 erweisen. Wenn die zulässige Tauwassermenge überschritten wird, ist innenseitig - zusätzlich zur Wärmedämmschicht - eine Dampfsperrschicht anzubringen.



Schematische Darstellung der Verteilungen von Dampfdruck (p) und Sättigungsdampfdruck (p_s) über den Querschnitt innen- und außenge-dämmter Wände, nach Gertis, 1980. Bei innenseitigen Dämmschichtanordnungen ergibt sich grundsätzlich Tauwasserbildung; ihre Zulässigkeit muß überprüft werden."

"Sommerlicher Wärmeschutz

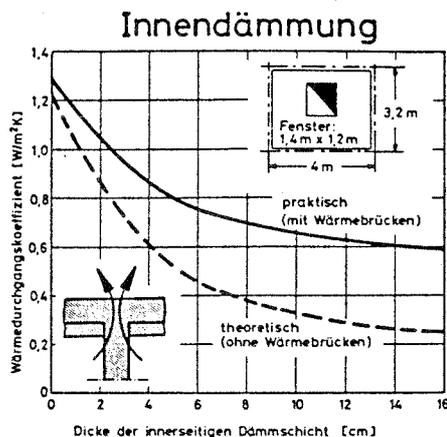
Mit der thermischen Beanspruchung von Außenwänden wird oftmals der sommerliche Wärmeschutz von Räumen in Verbindung gebracht bzw. "durcheinandergebracht". Der sommerliche Wärmeschutz ist primär keine Frage des Wandaufbaus. Er hängt vielmehr von einer Reihe anderer Aspekte ab, die in der Abbildung prioritär dargestellt sind. Die dortige Liste stellt keine bloße Aufzählung, sondern eine Prioritätenfolge dar, die der Bedeutung der einzelnen Einflußgrößen auf den sommerlichen Wärmeschutz entspricht. Man erkennt, daß die Eigenschaften der Außenwand dort an fünfter Stelle plaziert sind. Dies bedeutet, daß in Bezug auf den sommerlichen Wärmeschutz vier andere Einflußparameter dem Wandeinfluß vorgehen. Man kann somit feststellen, daß der Einfluß des Aufbaus der Außenwand absolut nachrangig für den sommerlichen Wärmeschutz von Räumen ist."



Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

"Winterlicher Wärmeschutz

Der Anordnung von Wärmedämmschichten bzw. deren Schichtfolge wird im allgemeinen keine Bedeutung für den winterlichen Wärmeschutz zugeschrieben, weil der erreichbare k-Wert nicht von der Schichtfolge abhängt. Dies war in früheren Zeiten richtig, als die Wärmedämmung noch nicht die ...Größenordnung des wirtschaftlich optimalen Wärmeschutzes aufwies. Heutzutage gilt dies leider nicht mehr. Die nachfolgende Abbildung, in der die Abhängigkeit des mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten einer gedämmten Fassade von der Dämmschichtdicke aufgetragen ist, verdeutlicht dies. Würde man die vom Boden-, Wand-, Decken- und Fensteranschluß ausgehende Wärmebrückenwirkung vernachlässigen, so ergäbe sich nach der gestrichelten Kurve mit zunehmender Dämmschichtdicke eine erhebliche Senkung (Verbesserung) des k-Wertes. Berücksichtigt man hingegen die Wärmebrücken, so tritt, wie die ausgezogene Kurve zeigt, zwar auch noch eine Verbesserung auf; die Verbesserung ist aber keinesfalls so hoch wie im theoretischen Fall ohne Wärmebrückenwirkung. Beispielsweise würde man bei einer 10 cm dicken Dämmschicht einen k-Wert von ca. 0,36 W/qmK (ohne Wärmebrücken) errechnen, dem in Wirklichkeit ein k-Wert von ca. 0,7 W/qmK gegenübersteht. Der über die Anschlußstellen, welche als Wärmebrücken wirken, hinwegfließende Wärmestrom verschlechtert den mittleren k-Wert der Fassade bei diesem Beispiel also um fast 10 %.



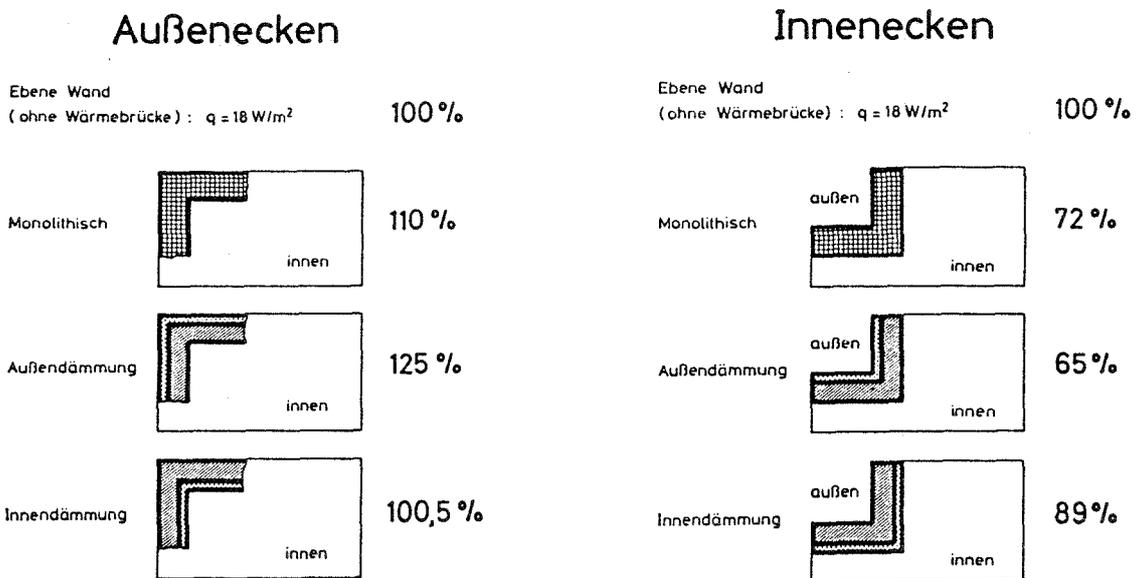
Abhängigkeit des mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten einer innengedämmten Fassade von der Dämmschichtdicke ohne und mit Berücksichtigung der Wärmebrücken entlang Boden, Decke, Seitenwände und Fensterlaibung, modifiziert nach Andersson, 1980.

Die Bedeutung und die Wirkung der Wärmebrücken kommen in zweierlei Hinsicht zum Ausdruck, nämlich:

- Wärmebrücken senken im Winter die Temperaturen an der Innenoberfläche der Außenwände ab (Tauwassergefahr!)
- Wärmebrücken weisen - gegenüber den Nachbarbereichen - einen erhöhten Wärmeabfluß im Winter auf (Energievergeudung!) ..."

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

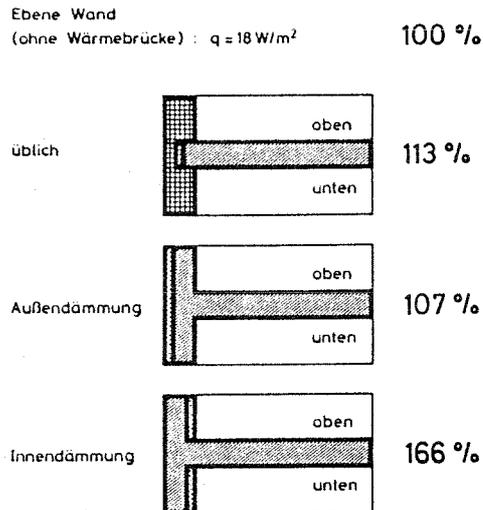
"Die linke Abbildung zeigt für die nach außen gewölbte Ecke, welche Wärmeströme im Eckbereich - verglichen mit ebenen Wänden - auftreten. Man ersieht, daß die Dämmschichtanordnung einen erheblichen Einfluß ausübt. Bei Außenecken weisen Außendämmungen den höchsten, bei Innenecken den niedrigsten Energiefluß auf. Innendämmungen schneiden bei Außenecken am günstigsten ab. Bei Decken- oder Wandabschlüssen (rechte Abbildung) kehrt sich dies um: Innendämmungen sind mit 66 % bzw. 71% Mehrverbrauch energetisch ausgesprochen schlecht; die günstigsten Verbräuche zeigen die außengedämmten Wandkonstruktionen. Man erkennt aus diesen Beispielen, daß die Schichtanordnungen von Wärmedämmungen an Wärmebrücken sorgfältig überlegt werden muß. Im allgemeinen ist die Außenanordnung günstiger als die Innenlage."



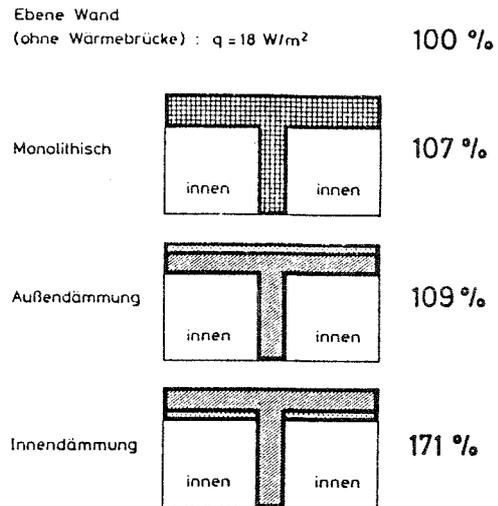
"Prozentuale Wärmeströme von monolithischen, außen- und innengedämmten Außenecken, nach Gertis, Erhorn, 1982. Die Werte sind auf eine ebene Wand ohne Wärmebrücke bezogen; sie geben den Wärmeverlust wieder, der über die Ecke einschließlich eines ca. 1 m breiten Streifens zu beiden Seiten abfließt und auf die Innenoberfläche der Wand bezogen ist."

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

Deckenanschlüsse



Wandanschlüsse



Schematische Darstellung der prozentualen Wärmeflüsse durch Deckenanschlüsse von monolithischen, außen- und innengedämmten Wänden nach Gertis, Erhorn, 1982. Die Prozentangaben sind auf eine Wand ohne Wärmebrücke mit $k = 0,6 \text{ W/qmK}$ bezogen."

"Zusammenfassende Bewertung

Die bauphysikalischen Probleme und die praktischen Konsequenzen sind für die Außen- bzw. Innendämmung und für die monolithischen Wandkonstruktionen ausführlich erläutert worden. Abrundend muß noch eine weitere Anordnungsmöglichkeit zwischen zwei Wandschalen, die sog. "Kerndämmung" erwähnt werden, die in letzter Zeit mehr und mehr Verbreitung findet. Die nachfolgende Abbildung enthält eine schematische Zusammenstellung der positiven und negativen Aspekte für alle drei Dämmschichtanordnungen. Hierin wird anhand der drei Dämmschichtanordnungen ein Überblick über die jeweils vorhandenen Vor- und Nachteile gegeben. Die Nachteile, die in den folgenden aufgeführten Punkten mit einem Minus-Zeichen (-) gekennzeichnet sind, sollen dabei als problematische Aspekte oder als mit gewissen Schwierigkeiten verbundene Probleme aufgefaßt werden, die zwar nicht unlösbar sind, aber doch warnend vermerkt werden müssen. Umgekehrt stellen die mit Plus-Zeichen (+) versehenen Punkte Vorteile dar, die bei der zu treffenden Entscheidung für oder gegen eine bestimmte Dämmschichtanordnung positiv zu werten sind...

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang



Schematische Darstellung der Vor- und Nachteile der Dämmschichtanordnung bei Außen-, Innen- und Kerndämmung, nach Gertis, 1982. Die Vorteile sind mit einem Pluszeichen, die Nachteile oder problematischen Aspekte mit einem Minuszeichen gekennzeichnet.

Zusätzliche Dämmschichten können außenseitig, innenseitig oder - bei zweischaligen Wandkonstruktionen- im Kern zwischen den beiden Wandschalen angebracht werden. Jede dieser Anbringungsarten besitzt vielfältige Vor- und Nachteile, die nicht nur thermisch-energie-technischer Art sind und deshalb häufig in Vergessenheit geraten. Als Hauptkonsequenz ergibt sich hierbei, daß keine der drei Anbringungsarten generell, d.h. allgemeingültig als "die Beste" angesehen werden kann. Je nach Lage im Einzelfall erweist sich vielmehr eine jeweils unterschiedliche Entscheidung über die bauphysikalisch richtige Anordnung der Zusatzdämmschicht als zweckmäßig. Die angegebenen Kriterienlisten, die umfassend sind, ermöglichen im konkreten Fall eine solche gewichtete Entscheidung" (Gertis 1985 b).

8.1.3 Die Rolle der Speicherfähigkeit von Innenwänden und Geschoßdecken für Klimastabilität und sommerlichen Wärmeschutz.

Innenwände als Speichermasse

Aufbau und Beschaffenheit der Innenwände sind oft von Anforderungen bestimmt, die sich nicht auf thermische Eigenschaften beziehen aber diese sehr beeinflussen:

- Wohnungstrennwände können leichte Vorsatzschalen aus Schallschutzgründen benötigen,
- Dachausbauten erlauben sehr oft keine hohen Eigengewichte der Bauteile,
- Dachuntersichten ersetzen als wesentliche raumbegrenzende Flächen viele Wände und sind regelmäßig von leichter Ausführung,
- die Speicherwirksamkeit wird durch dekorative Wandbekleidung und durch Möblierungen herabgesetzt.

Daß Dachausbauten von einem besonderen Mangel an Speichermassen

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

betroffen sein können, trifft ungünstig mit der dort oft besonders hohen Einstrahlung und Transmission sommerlicher Wärme zusammen. Umsomehr sollte eine schematische Vereinheitlichung der Wandbauarten in Richtung Leichtbau vermieden und jede Möglichkeit zur Verwendung schwerer Bauteile genutzt werden. Zudem kann hier auf die normalerweise gegebenen schalltechnischen und Kostenvorteile hingewiesen werden.

Mitwirkung der Außenwände und sommerlicher Wärmeschutz

Mit Bezug auf die unter 8.1.1 dargelegte Wünschbarkeit nicht zu geringer Speichermassen ist deshalb nochmals auf die Rolle der Außenwände zurückzukommen. Liegt die Wärmedämmung im Kern oder außen, so wirken die inneren schweren Schichten wie Innenwände am sommerlichen Temperatenausgleich mit. Da die Fenster beschattet werden können und die Räume über eine Schattenseite gelüftet werden können, lassen sich die in 8.1.4 prioritär angeordneten Einflüsse auch in eine Aufstellung der wichtigsten Vorkehrungen zum sommerlichen Wärmeschutz bringen, in der folgenden Rangordnung gelten sollte:

1. Beschattung der Fenster
2. Wärmespeicherfähigkeit der Bauteile innerhalb der Außendämmung
3. Beschattung der Außenwand (s. Problembeispiel unter "Außenklima")
4. Lüftung über Schattenseite
5. Sonstige instationäre Wärmeeigenschaften des Außenwandaufbaus
6. Beschattung und Bepflanzung der Freiflächen um das Haus.

Geschoßdecken als Speichermasse

Bei den Geschoßdecken ist zwischen Ober- und Unterseite zu unterscheiden: Die Deckenunterseite ist sehr oft die verputzte Stahlbetonmassivplatte ohne stärker dämmende Bekleidung. Damit steht ein Speicher großer Kapazität mit der Raumluft in Verbindung - sogar mit den im ruhigen Zustand am stärksten erwärmten Schichten der Raumluft - so daß sich hier einer erwünschten Erwärmung im Winter wie der unerwünschten im Sommer ein erheblicher Widerstand bieten kann. (Die Konvektion, die die Temperaturangleichung von Decke und Raumluft zu bewirken hat, kann allerdings an dieser waagrechten Fläche erheblich schwächer ausgeprägt sein. Die Strahlungswirkungen sind davon aber nicht tangiert). Die Oberseite der Geschoßdecken ist in ihrem thermischen Verhalten zunächst durch die Fußbodenbeläge und dann durch den meist mehrschichtigen Aufbau Estrich/Dämmschicht/tragende Bauteile geprägt. Ein bestrahlter dunkler Fußbodenbelag vermag aber einen Estrich erheblich zu erwärmen.

8.1.4 Zusammenwirken mit Heizung und Regelung

Wie sich das Wärmeverhalten der Bauteile zusammen mit der Heizung und Regelung auf das Raumklima auswirken kann, zeigt die Gegenüberstellung der schweren und der leichten Bauart, wenn sie je einmal

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

mit einem trägen und einem schnell reagierenden Heizsystem kombiniert werden:

Schwere Bauart

mit schnell reagierendem Heizsystem

positive Merkmale

- kurze Aufheizphase
- sommerliche Wärmelasten im Raum werden verringert
- Fremdwärme (z.B. Sonnenwärme) wird gespeichert
- wirkungsvolle Reaktion des Heizsystems auf Fremdwärme
- geringe Raumabkühlung bei Stoßlüftung

negative Merkmale

- weniger wirkungsvolle Nachtabsenkung

mit träge reagierendem Heizsystem

positive Merkmale

- sommerliche Wärmelasten im Raum werden verringert
- Fremdwärme wird gespeichert
- geringe Abkühlung bei Stoßlüftung

negative Merkmale

- lange Aufheizphasen
- das Heizsystem reagiert zu spät auf Fremdwärme
- keine wirkungsvolle Nachtabsenkung

Leichte Bauart

mit schnell reagierendem Heizsystem

positive Merkmale

- sehr kurze Aufheizphase
- wirkungsvolle Nachtabsenkung
- wirkungsvolle Reaktion des Heizsystems auf Fremdwärme

negative Merkmale

- kein Speichern der Fremdwärme
- sommerliche Wärmelasten im Raum werden nicht verringert
- stärkere Raumabkühlung bei Lüftung
- Neigung zu Zugluft in der Wohnung

mit träge reagierendem Heizsystem

positive Merkmale

- wirkungsvolle Nachtabsenkung (nur wenn die Zeitverschiebung beachtet wird)

negative Merkmale

- kein Speichern von Fremdwärme
- sommerliche Wärmelasten im Raum werden nicht verringert
- stärkere Raumabkühlung bei und nach Lüftung
- das Heizsystem reagiert zu spät auf Fremdwärme

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

Im Vergleich wird deutlich, daß die schwere Bauart Vorteile hat, die besonders mit der nötigenfalls raschen Unterstützung eines reaktionsfähigen Heizungssystems ein behagliches Klima sichern können; lediglich die Nachtabsenkung der Beheizung ist durch das träge Wärmeverhalten der Bauteile weniger wirkungsvoll. Als sehr ungünstig erweist sich die schwere Bauart in Verbindung mit einem trägen Heizsystem. Da behagliche Raumtemperaturen erst nach einer langen Aufheizphase erreicht werden, wäre ein unzumutbar genaues Planen der Heizphase und Heizpausen erforderlich (beeinträchtigt wechselnde Wohnabläufe). Die Trägheit macht eine wirkungsvolle Reaktion auf Fremdwärme oder Nachtabsenkung fast unmöglich.

Die Kombination von leichter Bauart und träger Heizung bei entsprechend hoher Wärmedämmung bedeutet, daß alle Wechselfälle der Witterung und der Nutzung sehr spürbar werden und den Nutzer immer wieder zu eigenen Reaktionen herausfordern werden. Eine flink reagierende Heizung wird zwar einiges ausgleichen, aber die Wechselhaftigkeit des "Barackenklimas" nicht voll kompensieren können.

8.2 Zusammenhang von Speichermasse und Heizenergieverbrauch

Es wird oft angeführt, daß der solare Wärmegewinn durch Außenwände beträchtlich sein könne, wenn die Außenwände weniger von dämmender als von speichernder Bauart wären. Tatsache ist aber, daß dieser Wärmegewinn verglichen mit den Transmissionswärmeverlusten von innen nach außen unter durchschnittlichen Wetter- und Betriebsbedingungen nur eine verschwindende Größenordnung haben kann. Theoretisch, das heißt über längere Zeit und ohne zusätzliche Beeinflussungen durch den Wohnungsnutzer, kann die Speicherkapazität der Wand in der Energiebilanz sogar überhaupt nicht in Erscheinung treten, da von wechselnden Seiten nach wechselnden Richtungen die Wärme durch die Außenwand lediglich getauscht wird, wobei auch der Zeitversatz dieses Tausches dem Nutzer nicht öfter zugute kommen wird, als er ihn benachteiligt.

"...Auch die Wärmespeicherfähigkeit der Innenbauteile übt praktisch keinen Einfluß auf den Heizenergieverbrauch aus, weil die Wirkung interner Speichermassen ambivalent ist: Interne Massen nützen bei der Einspeicherung von Sonnenenergie, die durch die Fenster einstrahlt wird; interne Massen schaden bei intermittierendem Heizbetrieb, weil sie die Räume wärmeträge machen und nur langsam auskühlen lassen. Die positiven und negativen Wirkungen kompensieren sich in der Praxis annähernd "(Gertis, 1983).

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

Randbedingungen	Energieeinsparung [%]	
	Leichte Bauart	Schwere Bauart
1 Nur Sonneneinstrahlung keine Nachtabenkung	10 - 30	15 - 50
2 Nur Nachtabenkung keine Sonneneinstrahlung	10 - 30	3 - 10
Sonneneinstrahlung und Nachtabenkung	20 - 50	20 - 50

Abb. 8.2/1: "Praktische Bereiche der bei leichter und schwerer Bauart erzielbaren Energieeinsparungen. Die prozentualen Werte sind auf den (stationären) Dauerheizbetrieb ohne Sonneneinstrahlung bezogen.

Fall 1:

Nur passive Solarenergienutzung (Sonneneinstrahlung), kein intermittierender Heizbetrieb.

Fall 2:

Nur intermittierender Heizbetrieb (Nachtabenkung), keine Sonneneinstrahlung.

Fall 1 und 2:

Praktische Überlagerung beider Fälle.

Die relativ großen Streuungen, die in den angegebenen Bereichen zum Ausdruck kommen, sind auf die in der Praxis fallweise sehr unterschiedlichen Randbedingungen zurückzuführen (Nutzungs-, Lüftungsgepflogenheiten, Bauartunterschiede, Einflüsse unterschiedlicher Heiz- und Regelungssysteme etc.) " (Gertis H3 und H4, 1983).

8.3 Die Verarbeitung von Luftfeuchtigkeit

Manchmal wird von der "atmungsaktiven Wand" gesprochen. Gemeint sind damit Luftwechsel, Dampfdiffusion, sogar auch "Pufferung von Geruchstoffen" (Krusche u.a. 1982). Von tatsächlicher Bedeutung kann es sein, daß poröse Baustoffe Wasserdampf aus der Raumluft aufnehmen und ihn wieder abgeben können (Sorptions). Diese Eigenschaft der Wand ist weniger ein Langzeitregulativ als vielmehr ein kurzzeitig wirkender "Feuchtepuffer", denn die Feuchte, die durch die Wand aufgenommen wird, wird in ähnlich kurzer Zeit wieder abgegeben, sobald die Wasserdampfsättigung der Luft niedriger geworden ist. Für die Baustoffe ist das unschädlich, solange das Austrocknen nicht dauernd verhindert wird. An diesen Vorgängen sind aber normalerweise nur die ersten 1 bis 2 cm des Wandbaustoffs beteiligt.

Es kann auch eine Dampfdiffusion durch die ganze Wand stattfinden: "Trennt eine Baustoffschicht bzw. ein Bauteil zwei Räume verschiedener Temperatur und Luftfeuchte, so liegen in der Regel zu beiden Seiten der Trennschicht verschiedene Teildrücke des Wasserdampfes vor. Unter dem Druckunterschied bewegt sich der Wasserdampf durch poröse Baustoffe hindurch" (Gösele / Schüle, 1985, S.223). Wichtig ist aber die Frage, um welche Mengen es sich hier handelt. Dazu haben Gösele / Schüle (S.227) ein Beispiel berechnet. Angenommene Wandkonstruktion (von innen nach außen): 2 cm Innenputz, 15 cm Normalbeton, 3,5 cm Holzwolle-Leichtbauplatten, 2 cm Außenputz. Auf der Innenseite der Wand wird ein beheizter Raum mit einer Lufttem-

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

peratur von 20 Grad Celsius und einer relativen Luftfeuchte von 50 % angenommen. Die Lufttemperatur auf der Außenseite betrage -10 Grad Celsius, die relative Luftfeuchte 80 %. Der stündliche Wasserdampfdurchgang durch 1 qm dieser Wand beträgt $i = 57,7 \times 10^{-6}$ kg, das entspricht 1/17 Gramm. In einem Raum mit einem Luftvolumen von 40 cbm beträgt die Feuchteabfuhr bei Lüftung mit dem mindestens erwünschten Luftwechsel von 0,8 pro Stunde 224 Gramm. Hat dieser Raum nun 10 qm Außenwandfläche, so trägt diese ganze 0,4 % zum Luftwechsel bei. Anders ausgedrückt: 10 Minuten Fensterlüftung (Kippstellung) entsprechen hier 65 Stunden Dampfdiffusion. Selbstverständlich darf es im Zuge der Dampfdiffusion nicht zur Kondensation von Wasser im Inneren der Wand kommen. Dies ist jedoch eine Frage der korrekten Wärmedämmung, nicht der "Atmung".

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

9. Das Fenster

9.1 Transparenz und Raumabschluß - Kontroverse Forderungen

Das Fenster soll einerseits Bestandteil der Gebäudehülle und Äquivalent der Außenwand mit ihren schützenden Eigenschaften sein, aber andererseits durch seine Transparenz den dahinterliegenden Raum mit Licht, Luft und Sonne versorgen. Darüberhinaus sind Fenster wesentliche Elemente der Architektur der Innenräume und der Gebäude im ganzen.

Die an das Fenster gestellten Forderungen beziehen sich vor allem auf zwei Komplexe: das Öffnen und das Schließen.

Forderungen an die Öffnung sind:

- volle Öffnung und Verbindung mit außen
- Beleuchtung mit Tageslicht
- Ausblick
- Lüftung
- Formgebung als Interpretation der Beziehung Innen-Außen.

Forderungen an den Raumabschluß sind:

- Wärmeschutz Winter/Sommer
- Schallschutz
- Schutz gegen Wind und Wetter
- Blendschutz, Schattierung, Verdunkelung
- Schutz gegen Einsicht von außen
- Schutz gegen Eindringlinge
- optische Schließung des Raumes.

Allerdings muß berücksichtigt werden, daß ein Fenster nicht alle Forderungen in gleichem Maße und gleich gut erfüllen kann, "...viele Forderungen sich sogar gegenseitig ausschließen oder nur mit großem Aufwand verwirklichen lassen (z.B. hohe Schalldämmung - Frischluftbedarf bzw. natürliche Belüftung; hoher sommerlicher Wärme- oder Sonnenschutz mit Spezialverglasung - hoher winterlicher Wärmeschutz im Sinne von Wärmegewinn infolge Sonneneinstrahlung sowie Durchlässigkeit bzw. ausreichende natürliche Belichtung). Für eine optimale Fensterkonstruktion sind daher von Fall zu Fall unterschiedliche Prioritäten zu setzen" (Schildt u.a., 1981, S.15).

Von Fall zu Fall sollte heißen: von Raum zu Raum, also Nutzung aller Differenzierungsmöglichkeiten, keine schematischen Durchschnittslösungen.

Wichtige zusätzliche Funktionen oder Funktionssteigerungen lassen sich mit Sonderverglasungen und Zusatzelementen erreichen, wie sie in den folgenden Abschnitten behandelt werden.

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

9.2 Zusätzliche Funktionen und Funktionssteigerungen durch Sonderverglasungen

Die Merkmale der aufgeführten Sonderverglasungen sind nicht selten miteinander kombinierbar, wobei die jeweiligen Daten sich aber ändern können.

Metallbedampfte Isolierverglasung

Metallbedampfte Isolierverglasung bietet wesentlich erhöhten Wärmeschutz im Winter (die Infrarot-Strahlung reflektierende Schicht ist auf der Außenseite der Innenscheibe angeordnet, befindet sich also geschützt im Scheibenzwischenraum). Die Wärmeverluste werden gegenüber Zweischeiben-Isolierglas von 3,0 um mehr also 50 % auf ca. 1,4 W/qmK verringert, der Gesamtenergiedurchlaß von außen nach innen, also der solare Wärmegewinn, jedoch nur um 10 % vermindert, die Lichtdurchlässigkeit ist sogar nur um 1,5 bis 3 % reduziert. Die Preise für dieses Isolierglas entsprechen etwa denen des Dreischeiben-Isolierglases und dem 1,5-2fachen des Zweischeiben-Isolierglases (1985).

Dreischeiben-Isolierglas

Dreischeiben-Isolierglas für erhöhte Dämmeigenschaften. Der Wärmeverlust wird hier um 1/3 des Wertes beim Zweischeiben-Isolierglas auf 2,0 W/qmK verringert. Die Lichtdurchlässigkeit ist um ca. 10 % geringer, der solare Wärmegewinn ist nur um 4 % vermindert. Diese Verglasung bringt keine Vorteile beim Schallschutz; sie erreicht mit 31 dB bewertetem Schallschutzmaß wie das Zweischeibenisolierglas die Schallschutzklasse 2.

Ultraviolett (UV-)durchlässiges Glas

Ultraviolett (UV-)durchlässiges Glas ist wegen der bakteriziden Wirkung und wegen der vitaminbildenden Wirkung insbesondere von UV-A-Strahlen aus gesundheitlich-hygienischen Gründen von Interesse. Es kommt demnach für Sonnenterrassen, aber eventuell zunehmend für Schulen, Kindergärten, Kinderzimmer in Frage. Es ist als Mineralglas und als Acrylglas am Markt. Acrylgläser kommen im Wohnungsbau im Außenbereich vor, an Fenstern kaum; auch unter den Acrylgläsern bilden die UV-durchlässigen Typen die Ausnahme. UV-durchlässiges Mineralglas - besonders abgestellt auf die "weiche" UV-A-Strahlung - läßt als Einzelscheibe davon ca. 75 % durchtreten und vom gesamten sichtbaren Licht etwas mehr als übliches Floatglas. Es ist maschinengezogen und deshalb von minimal welliger Oberfläche. Es läßt sich zu Isolierverglasungen verarbeiten. Der Glaspreis betrug Anfang 1986 das 5 bis 7-fache des Floatglaspreises, womit er dem Acrylglaspreis etwa entsprach.

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

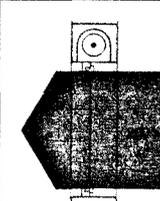
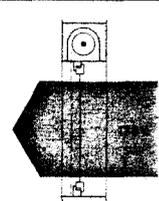
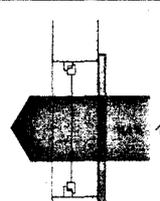
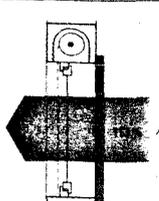
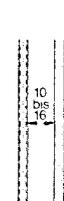
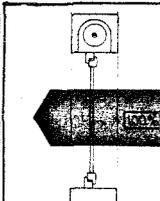
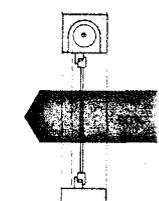
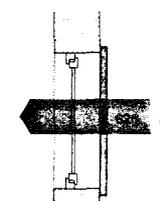
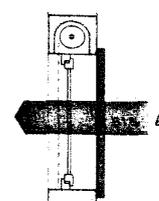
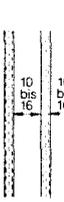
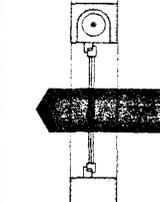
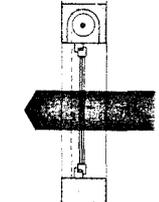
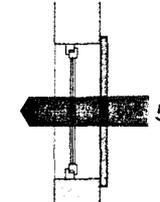
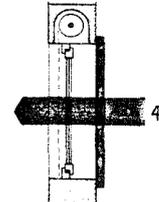
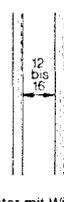
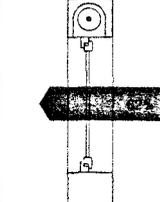
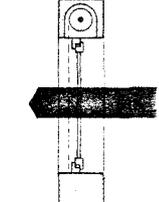
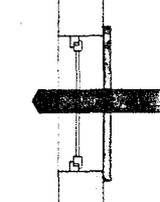
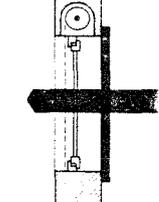
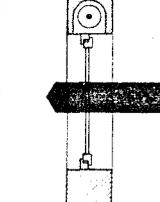
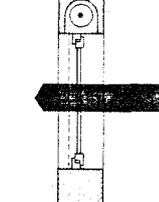
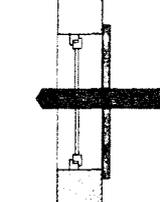
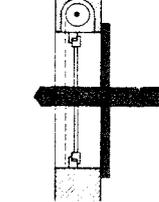
A Verglasungen in größerem Maßstab	B Fenster ohne oder mit hochgezogenem Rolladen	C Fenster mit herabgelassenem Rolladen	D Fenster ohne oder mit hochgezogenem Rolladen sowie zusätzlichem flexiblen Dämmelement	E Fenster mit herabgelassenem Rolladen sowie zusätzlichem flexiblen Dämmelement
 <p>1 Fenster mit Einfachverglasung Glas: k-Wert 5,8 W/m² K</p>	 <p>200%</p> <p>k-Wert 5,2 W/m² K</p>	 <p>138%</p> <p>k-Wert 3,60 W/m² K (mittlerer k-Wert 4,40)</p>	 <p>114%</p> <p>k-Wert 0,68 W/m² K (mittlerer k-Wert 2,95)</p>	 <p>113%</p> <p>k-Wert 0,65 W/m² K (mittlerer k-Wert 2,93)</p>
 <p>2 Fenster mit Zweischeiben-Isolierglas Glas: k-Wert 3,0 W/m² K</p>	 <p>100%</p> <p>Bezugsfenster k-Wert 2,6 W/m² K</p>	 <p>90%</p> <p>k-Wert 2,10 W/m² K (mittlerer k-Wert 2,35)</p>	 <p>62%</p> <p>k-Wert 0,61 W/m² K (mittlerer k-Wert 1,60)</p>	 <p>61%</p> <p>k-Wert 0,58 W/m² K (mittlerer k-Wert 1,59)</p>
 <p>3 Fenster mit Dreischeiben-Isolierglas Glas: k-Wert 2,1 W/m² K</p>	 <p>77%</p> <p>k-Wert 2,0 W/m² K</p>	 <p>71%</p> <p>k-Wert 1,70 W/m² K (mittlerer k-Wert 1,85)</p>	 <p>50%</p> <p>k-Wert 0,57 W/m² K (mittlerer k-Wert 1,29)</p>	 <p>49%</p> <p>k-Wert 0,54 W/m² K (mittlerer k-Wert 1,27)</p>
 <p>4 Fenster mit Wärmeschutz-Isolierglas Glas: k-Wert 1,5 bzw. 1,6 W/m² K</p>	 <p>62%</p> <p>k-Wert 1,6 W/m² K</p>	 <p>58%</p> <p>k-Wert 1,41 W/m² K (mittlerer k-Wert 1,51)</p>	 <p>41%</p> <p>k-Wert 0,53 W/m² K (mittlerer k-Wert 1,07)</p>	 <p>41%</p> <p>k-Wert 0,51 W/m² K (mittlerer k-Wert 1,06)</p>
 <p>5 Fenster mit Wärmeschutz-Isolierglas Glas: k-Wert 1,2 bzw. 1,3 W/m² K</p>	 <p>54%</p> <p>k-Wert 1,4 W/m² K</p>	 <p>51%</p> <p>k-Wert 1,25 W/m² K (mittlerer k-Wert 1,33)</p>	 <p>37%</p> <p>k-Wert 0,51 W/m² K (mittlerer k-Wert 0,96)</p>	 <p>37%</p> <p>k-Wert 0,49 W/m² K (mittlerer k-Wert 0,95)</p>

Abb. 9.2/1: Wärmeverlust bei unterschiedlichen Verglasungen und zusätzlichen Dämmeinrichtungen
Aus: Hebgen/Püttmann, 1985, S.156 und 157

Anmerkung: Das Wärmeschutz-Isolierglas (Zeile 4 und 5) ist ein metalbedampftes Isolierglas

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

Sonnenschutzverglasungen

Sonnenschutzverglasungen werden in einem breiten Spektrum von Leistungsmerkmalen produziert, wobei verschiedene Energiedurchlässigkeit (ca. 17-50 %) Lichtdurchlässigkeit (ca. 30-66 %) und Farben wählbar sind. Relativ ausgeprägte Spannen zwischen Lichtausbeute und Hitzeschutz sind z.B. 44:24 % oder 55:30 %. Die teilweise lebhaften Farben sind auch funktionsbedingt. Sonnenschutzgläser werden im Wohnungsbau schon deshalb selten eingesetzt, weil sie eine Vergrößerung der Fensterflächen auf das 2 bis 3-fache erforderlich machen und damit wiederum die Dämmprobleme vervielfachen würden. Auch kosten Sonnenschutz-Isoliergläser das 3 bis 5-fache des normalen Isolierglases.

Schallschutzverglasungen

Schallschutzverglasungen sind als Zweischeiben-Isolierglas einer dickeren Scheibe außen und einer dünneren innen aufgebaut, der Scheibenzwischenraum ist vergrößert und kann mit Schwergas gefüllt sein. Zur Erhöhung der Wirkung können statt homogener Scheiben Gießharzverbundscheiben eingesetzt werden, was sich z.B. bei LKW-Lärm besonders empfiehlt. So können auch die Schallschutzklassen 5 und 6 erreicht werden (6 = über 50 dB bewertetes Schallschutzmaß). Sind solche Verglasungen erforderlich, ist dies zuallererst ein Hinweis auf ungeeignete Wohnlagen. Schallschutzverglasungen bedingen meist auch besondere Lüftungseinrichtungen.

Sicherheitsverglasungen

Sicherheits-Verglasungen entstehen durch Verwendung vorgespannter oder drahtnetzbewehrter oder als Verbundglas flächig verklebter Scheiben. Sie bieten Einbruchschutz verschiedenen Grades.

Sichtschutzverglasung

Starke lichtstreuende und sogenannte Ornamentgläser können in Räumen, in denen der Ausblick entbehrlich ist, zum Schutz vor Einblick von außen verwendet werden. Ihre Wirkung kann in den Fällen, wo Gegenstände dicht hinter der Verglasung sind, wo innen viel Licht ist, wo eine Lichtquelle Schatten auf die Verglasung wirft und wo die Ornamentierung zu schwach ist, nicht ausreichen. Am stärksten streuen Verglasungen mit weißlichen Einlagen oder Überzügen das Licht; auch mattierte Gläser streuen stark, allerdings sollte deren schmutzanfällige rauhe Seite im Inneren von Isolierverglasungen angeordnet werden. Ornamentgläser streuen oft nur gering (z.B. das häufig verwendete Cathedralglas), woran auch doppelte Verwendung in Isolierverglasungen wegen des geringen Scheibenzwischenraums nichts Grundsätzliches ändert. In Doppelverglasungen stark streuend sind z.B. die Pyramidengläser, die auch in dekorativer Hinsicht für den Mietwohnungsbau geschmacklich nicht zu sehr festlegend wirken. Solche Streuung bedeutet stets tiefe Profilierung, also Schmutzempfindlichkeit der Profilseite.

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

9.3 Zusätzliche Funktionen und Funktionssteigerungen durch Zusatzelemente

9.3.1 Zusatzelemente außen

Rolläden

Rolläden sind in marktgängiger Ausführung zur Verdunkelung oder tiefen Verschattung und zum Wetterschutz des Fensters bestimmt. Mit Panzern und Beschlägen besonderer Ausführungsformen können sie erhöhte Wärmedämmung und Einbruchshemmung bringen, bei Einhaltung eines Abstandes von mindestens 4, besser 10 cm zwischen Rolläden und Verglasung auch den Schallschutz verbessern. Rolläden, die aus Gründen des Schall- bzw. Wärmeschutzes dicht sein müssen, verhindern die freie Lüftung über den Fensterflügel. Der übliche Rollädenkasten beeinflusst die Sturzhöhe des Fensters zu Lasten eines günstigen Lichteinfalls und günstiger Lüftungsbedingungen. Die Bedienung ist einfach.

Klappläden und Schiebeläden

Klappläden und Schiebeläden dienen in Normalausführung als Verdunkelung und in gewissem Umfang als Einbruchsschutz. Je nach Ausstattung mit Beschlägen, Lamellen usw. können sie auch zur Verschattung eingesetzt und bis zum sehr guten Einbruchsschutz ausgebaut werden. Schalldämmende und Wärmedämmende Ausführungen erfordern Dichtheit; sie sind bei Klappläden leicht zu realisieren, bei Schiebeläden erfordern die Beschläge hinsichtlich Technik und Kosten Aufmerksamkeit. Dichtheit der Läden schließt Lüftung über den Fensterflügel aus. Die bequeme Bedienung der Läden über Kurbeln oder Motoren ist aufwendig.

Lamellen-Stores

Lamellen-Stores (Jalousetten) erfüllen Aufgaben des Blendschutzes und der Lichtsteuerung, des Einblickschutzes und des sommerlichen Wärmeschutzes. Dieser ist am besten, wenn die Stores außen angebracht werden, sonst wird die in Wärme umgesetzte Einstrahlung als Wärmestrahlung und per Konvektion in den Raum abgegeben, auch die Verglasung erwärmt sich stärker. Die Charakteristik der Lichtsteuerung begünstigt gute Raumbelichtung bei steil einfallender Strahlung, Reflexion zur Decke überwiegt dann.

Markisen

Markisen sind nicht nur als Verschattung von Verglasungen sondern auch von Balkonen und Terrassen geeignet, was zum sommerlichen Wärmeschutz von Wohnräumen erheblich beitragen kann. Das Maß der Verschattung und die Lichtverfärbung sind mit dem Gewebe in gewissem Rahmen wählbar. Unter dunklen Markisen kann sich eine deutliche Wärmestrahlung bemerkbar machen; selbst die hellen unter den üblichen Stoffen haben einen Reflexionsgrad von nur etwa 60 %. Die

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

Einstellung der Markisen auf steil oder flach einfallendes Licht ist bei einzelnen Systemen möglich. Für die Verwendung an Fenstern gibt es Systeme, die Verwandtschaft mit Rollos aufweisen.

Sonnenschutzvorrichtung vor Isolierglas nach Zeile 1	Gesamtenergie-durchlaßgrad g_f	Energie - Durchgang - Abwehr
1 Doppelverglasung aus Klarglas	0,8	
2 Markisen oben und seitlich ventiliert	0,32	
3 Horizontale Lamellenblenden	0,24	
4 Vordächer, Balkone	0,24	
5 Gitterstoffstores	0,4	
6 Rollläden	0,24	
7 Außenjalousien beweglich, hinterlüftet	0,2	
8 Heile Innenvorhänge	0,32 bis 0,56	
9 Jalousie zwischen den Scheiben	0,4	
10 Reflexionsvorhang	0,32 bis 0,56	
11 Innenjalousie	0,32 bis 0,56	

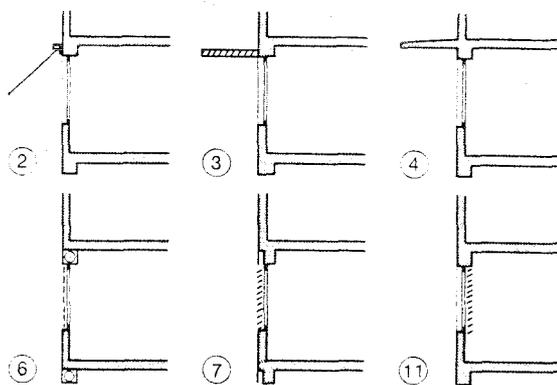


Abb. 9.3/1: Sonnenschutzvorrichtungen für Wohnhäuser
 Aus: Hebgen, Püttmann u.a. 1985, S.187
 (vgl. auch Tabelle bei Lutz u.a. 1985, S.501)

Feststehender Sonnenschutz

Feststehender Sonnenschutz, zumeist in der Form eines waagrecht auskragenden Lamellenrostes, ist zur Abschirmung steil einfallender Strahlen geeignet; Minderung der Verschattung z.B. bei diffusem Licht ist nur mit Hilfe drehbarer Lamellen möglich. Das System ist im Wohnungsbau nicht üblich. Bei Südräumen bieten jedoch Dach-, Decken- oder Balkonvorsprünge häufig einen vergleichbaren sommerlichen Sonnenschutz (vgl. Kapitel 4.3).

Pergolen und Spaliere

Pergolen und Spaliere sind über und neben Verglasungen an Balkonen und Terrassen - theoretisch auch an sonstigen Fenstern - einsetzbar. Ihre weiten Stababstände bringen nur geringe Verschattung, diese entsteht aus mehr oder weniger dicht gestalteter Berankung. Laubabwerfende Gewächse haben den Vorzug, während der dunkleren Jahreszeit das Licht weitgehend durchzulassen. An großen Hauswänden, Terrassen und Balkonen ist auch mit günstigen mikroklimatechnischen Auswirkungen zu rechnen.

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

9.3.2 Zusatzelemente innen

Alle innen angeordneten Zusatzelemente können in Konflikt mit den Fensterflügeln, der Nutzung der Fensterbank, der Funktion der Heizkörper geraten.

Lamellenstores oder Jalousetten

Lamellenstores oder Jalousetten sind auch für die Verwendung innen der gebräuchlichste spezielle Sonnenschutz mit der Möglichkeit der Lichtsteuerung. Zum Grundsätzlichen ist auf die Abhandlung im vorigen Abschnitt zu verweisen. Das System wird auch für den Scheibenzwischenraum von Verbundfenstern angeboten.

Lamellen-Vorhänge

Lamellen-Vorhänge (senkrechte Lamellen), bieten Einblickschutz, Blendschutz, Lichtsteuerung und sommerlichen Wärmeschutz. Sie werden aus durchscheinenden Textilien oder Folien hergestellt und zur Anordnung innen vorgesehen. Absorbiertes Licht führt zu Wärmestrahlung und zur Erwärmung der Raumluft. Die gute Raumbelichtung bei seitlich einfallender Strahlung wird begünstigt, frontale Strahlung erfordert Schließen der Lamellen; Reflexion zur Seite überwiegt.

Rollos

Rollos aus dekorativen Textilien werden ähnlich vielseitig wie Vorhänge eingesetzt, es existieren jedoch auch spezialisierte Ausführungen:

- Verdunklungsrollos aus beschichtetem Gewebe oder gelegentlich Folien,
- Hitzeschutzrollos (Sommer) mit außen angeordneter Infrarotstrahlung (IR) reflektierender Schicht, Lichtdurchlässigkeit ca. 70 %,
- Wärmeschutzrollos (Winter) mit innen angeordneter IR-Reflexschicht, Lichtdurchlässigkeit bis max. etwa 15 %,
- Rollos für kombinierten Hitze- und Wärmeschutz,
- Wärmeschutz- und Hitzeschutzrollos im Inneren von Doppelverglasungen.

Durchsichtige, d.h. nicht oder wenig streuende Folien können selbst dann, wenn sie die Beleuchtungsstärke wesentlich herabsetzen, Blendung nicht verhindern.

Die Rollos für winterlichen Wärmeschutz sind anwendbar, wenn das Fenster weder für Beleuchtung noch für solaren Strahlungsgewinn zu sorgen hat, also in der Regel nicht tagsüber. Die IR-Reflexionschichten sind nur unverschmutzt voll leistungsfähig.

Die Möglichkeit, Rollos im oder auf dem Fensterflügel anzubringen, erhält deren Funktion auch während der Lüftungsvorgänge weitgehend aufrecht. Falls ausreichendes Einbaumaß über dem Flügel vorhanden ist, können Rollos in der Leibung angeordnet werden - dafür sollte

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

bei jedem Fenster gesorgt sein. Dann besteht seltener das Bedürfnis, sie bis zum Fußboden reichen zu lassen (wie dies bei Vorhängen oft gewünscht wird) oder sie werden nur aus besonderem Anlaß so weit heruntergelassen, so daß der Heizkörper stets oder meistens frei bleibt. Blumen und Dekorationen auf der Fensterbank können auch bei geschlossenem Rollo sichtbar bleiben, wenn die Leibung und die Fensterbank tief genug sind.

Faltstores und ähnliche

Faltstores und ähnliche können in ihrer Funktion den Rollos ähnlich sein, sie ermöglichen jedoch auch eine Technik von besonders vielseitigem Nutzen. Dabei kann der "Stapel" (zumeist durchscheinendes Papier, Folie, gestärktes Gewebe) durch einen Schnurzug in jede Höhe der Fensterscheibe gefahren und von dort aus entfaltet werden. Dies erlaubt zum Beispiel, Pflanzen oder einen Arbeitsplatz am Fenster zu beschatten und durch den oberen Teil des Fensters die Sonne weit ins Zimmer zu lassen oder sich den Ausblick zu erhalten.

Vorhänge

Vorhänge (textil) scheinen keiner ausführlichen Beschreibung und Diskussion zu bedürfen, ihre oft dominierende dekorative Zweckbestimmung drängt jedoch Fragen der Funktionalität allzuoft in den Hintergrund. Eine funktionierende Verdunkelung mit Hilfe eines Vorhangs kann kaum noch dekorativ sein. Eine funktionale Schattierung hätte - um nicht zu viel Licht in Wärme umzusetzen - weiß zu sein. Zur Lichtsteuerung bei möglichst geringem Lichtverlust eignet sich weißes, äußerst feines Gewebe (Chiffon, Voile). Es kann vor allem Licht streuen, also Licht, das aus weniger nützlichen Richtungen in weniger wichtige Bereiche des Zimmers fallen würde, auf seiner hellen Fläche auffangen und diese zum Leuchten bringen lassen. Dadurch wird das Licht auch in die Tiefe des Raumes gestrahlt und je größer die beleuchtete Fläche des Vorhangs ist, desto weicher wird das Licht (die Schatten) im Raum.

Wenn der betont dekorative Einsatz von Vorhängen in der Raumgestaltung zu funktionalen Defiziten führt, ist dies oft der Anhäufung sehr funktionaler aber ebenso undekorativer Details am Fenster selbst und um das Fenster herum zuzuschreiben (Bedienungselemente und andere Beschläge für das Fenster und sein Zubehör, mißgeformte Fensternischen, Steckdosen, Heizkörper mit Rohrleitungen, Ventilen und Wärmemessern). Von Mängeln der Fensteranordnung selbst wird noch zu sprechen sein.

9.4 Fenstergestaltung

In den Kapiteln über Beleuchtung und Lüftung wurden die Standardanforderungen und eine Anzahl von besonderen Anforderungen behandelt.

Im Zusammenhang mit der Gestaltung des Fensters sollen einige weitere Aspekte angesprochen werden.

9.4.1 Fenster und Raumnutzung

Wie in der Architektur allgemein besteht bei der Gestaltung eines Raumes in der Wohnung eine Polarität zwischen materieller, zweckgerichteter Funktion und einer immateriellen, emotionellen Funktion als Umwelt und Erlebnisraum. Diese beiden Grundfunktionen spielen in jedem Zimmer oder Gelaß eine unterschiedlich große und unterschiedlich geartete Rolle; ein "Sowohl-als-auch" bis zur gleichzeitigen Maximierung beider Aspekte ist kaum denkbar, zumal ein dritter Aspekt regelmäßig hinzu kommt: die Wirtschaftlichkeit. Daraus dürfte sich die Formel ergeben, daß man das Nützliche im Rahmen der Wirtschaftlichkeit ermöglichen, aber nur soweit notwendig ein Übriges tun sollte. Wann wird nun eine solche Notwendigkeit für Investitionen ins Immaterielle anerkannt ?

Schon bei den scheinbar unwichtigeren Räumen sind Fehleinschätzungen der Bedürfnisse möglich: Welche Rolle soll die Küche spielen, das Bad, das "Gäste-WC" ? Der körperbewußte, der genießerische, der an Kochkunst oder an Selbstversorgung besonders interessierte Mensch weicht in seinen Erwartungen beträchtlich vom bisher gewohnten Durchschnitt ab. Die zunehmende redaktionelle und die manifeste Werbung in der "Wohn- und Eßpresse", ja deren Wachstum überhaupt, können als sichere Indizien dafür gelten, in welche Richtung die Wohnkultur der nächsten Jahrzehnte sich entwickeln wird. Die Nebenräume sind auf dem Weg zur Gleichberechtigung. Wenn dies heute für den gehobenen und individuellen Wohnungsbau gilt, so wird es nicht ausbleiben, daß der übrige Wohnungsbau langsam nachrückt, sobald sich dazu wirtschaftlich die Chance bietet. Das muß auch Auswirkungen auf die Art, Größe und Anordnung von Fenstern haben.

Schon lange und häufig wird bemängelt, daß in vielen Wohnungen Küche und Eßplatz zu starr angelegt und zu wenig wohnlich seien (vgl. Gaupp-Kandzora u.a., 1974 S.18 ff). Ein Badezimmer, das deutliche Ähnlichkeiten mit einem "Zimmer" annimmt, soll möglicherweise auch ein weiter herunterreichendes Fenster erhalten.

Ein Elternschlafzimmer, von dem erwartet wird, daß es als Rückzugsmöglichkeit etwa eines Elternteils für Tages- und Abendbeschäftigungen dient, darf nicht auf die Stell- und Bewegungsflächen für Bett, Schrank, Kommode, Nachttisch und Stuhl beschränkt sein (DIN 18011). Eine Fensteranordnung die nicht nur Abstand von Schrank und Bett hält, sondern die angenehme Zuordnung eines kleinen Sitz- oder Arbeitsplatzes erlaubt, ist die Konsequenz.

Unstreitig scheint zu sein, daß der Wohnraum Geltungsnutzen hat, daß ihm also zugunsten der Repräsentativität eine Sonderbehandlung zusteht. Die weitere Wertung der einzelnen Wohnfunktionen in diesem Zimmer ist zwar schwierig, aber vieles spricht dafür, daß das größere Fenster der Wohnung sich hier befindet. Zumeist ist damit auch der Ausgang auf einen Balkon oder eine Terrasse verbunden, so daß für die größere Verglasung eine doppelte Rechtfertigung besteht. Die Verschattung dieser Glasfläche übernimmt in der Regel

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

der darüberliegende Balkon. Da Wohnräume als relativ frei möblierbar gelten, (vgl. aber Kapitel Wärme und Gaupp-Kandzora u.a. 1974, S.12 ff) ist der Zuschnitt der Fenster und gegebenenfalls der Glastür zum Freisitz wohl etwas weniger von den speziellen Raumnutzungen geprägt als von räumlich-ästhetischen Gestaltungsabsichten. Die sehr zweckgerichtete Nutzung der Wohnzimmer auch für häusliche Arbeiten und im Übrigen die oft entscheidende Auffassung der Bewohner von der Orientierung (d.h. "Öffnung") der Sitzgruppe zum Fenster und ihrer Abschirmung von hinten, die Beleuchtung eines im gleichen Raum angeordneten Eßplatzes (der kaum nur Eßplatz sein wird) legt doch nahe, die wirkliche Flexibilität der Raumnutzung und der Möblierbarkeit kritisch zu prüfen. Die im rationellen Wohnungsgrundriß tendenziell großen Raumentiefen führen zu objektiv dunklen oder mindestens relativ zu den heller beleuchteten Raumpartien dunkel wirkenden Bereichen. Hier müssen unter Umständen mehrere Entwurfsansätze gleichzeitig erwogen werden, so zum Beispiel:

- größere Raumhöhe, mindestens jedoch kein Sturz über dem Fenster,
- höchstens teilweise Verschattung der Verglasung,
- Zonung des Zimmers schon längs seiner Außenfront, also nicht nur in der Tiefe,
- klare Trennung bei Öffnungen zugunsten der Zonung, notfalls auch breitere Außenfront bei geringerer Raumentiefe,
- Möblierbarkeit einer Fensterzone für universelle Nutzungen.

9.4.2 Fenster und Raumcharakter

Daß der Wohnraum für eine Familie der wesentliche Ort der Identifikation mit einem Zuhause sein soll - und daß Kinder- und Jugendzimmer für ihre Bewohner die gleiche Bedeutung haben - macht es notwendig, die Rolle des Fensters unter dem Aspekt seiner Beiträge zum Lebensgefühl und zur Selbstdarstellung der Bewohner zu betrachten.

In der breiten Skala der Wünsche an die Atmosphäre eines Raumes sind Helligkeit und Weite diejenigen, die die entschiedenste bauliche Umsetzung brauchen. Gerade die Öffnung nach draußen ist hier durch nichts zu ersetzen. Ihre Form, Lage und Größe - in deren Verhältnis zum Raum - interpretieren die Beziehung Innen - Außen. Sie steht in dieser Ausformung auch als ein Symbol für die Beziehung Mensch - Umwelt. Menge, Intensität, Kontrast, Richtung der Beleuchtung können wohl stärker den Gefühlsbereich ansprechen; die Charakteristika der Anordnung als räumlich-geometrischer Ordnung beziehen wohl stärker die Bereiche des Denkens und bewußten Stilempfindens ein.

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

Einige Beispiele sollen Erscheinungsformen und Interpretationsmöglichkeiten andeuten. Die Abwandlung der Öffnungen, die sich aus Normalanforderungen an einen Aufenthaltsraum mit 3,6 x 2,4 m Außenwand ergeben (Abb.9.4/1), machen deutlich, wieviel Ausdrucksunterschiede sich erzeugen lassen, obwohl hier noch primitiv einige theoretische Maßvorgaben (Möblierung) verwendet und keine wohlstudierten Proportionen gesucht worden sind.

Hervorstechend sind zunächst:

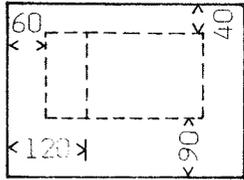
- die Ruhe in allen symmetrischen Anordnungen,
- die "Leichtigkeit" und aufwärtsweisende Geste, die entsteht, wenn der Sturz fehlt, die drückende Wirkung eines weit herabreichenden Sturzes,
- der "Sog", die suggestive Raumverbindung nach draußen, der entsteht, wenn die Brüstung fehlt oder niedrig ist,
- daß Assymetrien Motivierung, Entschiedenheit und sorgfältige Abstimmung (Gebundenheit) der Maße verlangen (fehlt hier teilweise),
- die Verschwommenheit des Ausdrucks, wenn das Fenster nur von ausgesprochenen Wandresten umgeben ist,
- die befreiende Wirkung, wenn die Öffnung an einer Stelle die Schattenbarriere der Außenwandscheibe ganz durchbricht und Decke, Wand oder Boden berührt und sie "ab Vorderkante Außenraum" beleuchtet,
- die starke Strukturierung von Raum und Bau bei fehlenden Stürzen und Brüstungen - die Wand "enthält" nicht mehr die Öffnung, die Wand fehlt und gibt den Raum frei.

Daran lassen sich eine Reihe weiterer, einzelfallbezogener und eventuell subjektiverer Beobachtungen anschließen, zum Beispiel

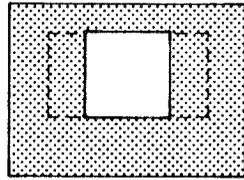
- die loch- oder schachtähnliche Öffnung in Figur 1,
- die Fähigkeit der Öffnung in Figur 5, allein durch die etwas tiefer liegende Brüstung die Wandfläche zu zerteilen,
- die Assoziation der Figur 4 mit zwei Augen,
- eine gewisse Feierlichkeit in Figur 8 und 16,
- die je nach Nutzung unverständliche Akzentuierung durch Überbreite in den Figuren 3, 7, 11 und 15,
- usw.

Der Raumcharakter wird, wenn die Lage der Öffnung(en) in der Wand bestimmt worden ist, noch weiter geprägt von der Formgebung und Detaillierung des Fensters selbst, besonders seiner Gliederung mit Pfosten, Kämpfer, Riegel aber auch mit Sprossen, wie einige Beispiele in Abb. 9.4/2 zeigen.

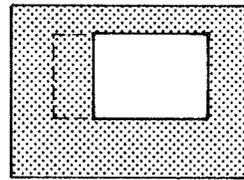
Übliche Wandflächen, Stellflächen, Stürze und Brüstungen. Und das Fenster ?



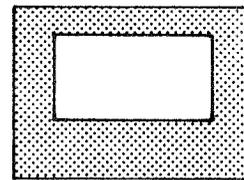
Schlafzimmer von 3,60 m Breite



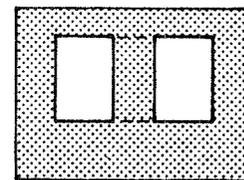
1



2

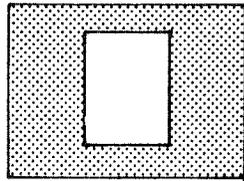


3

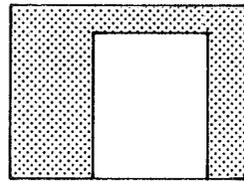


4

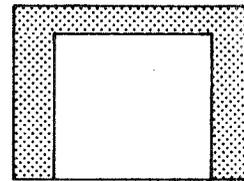
Modifikation
Brüstung



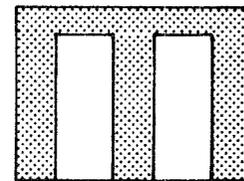
5



6

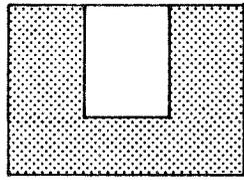


7

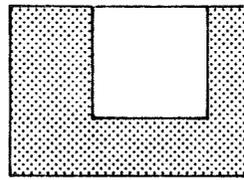


8

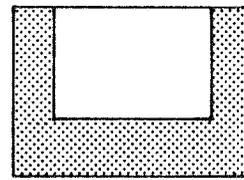
Modifikation
Sturz



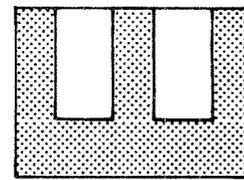
9



10

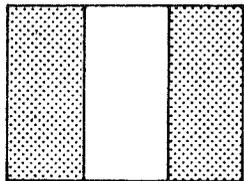


11

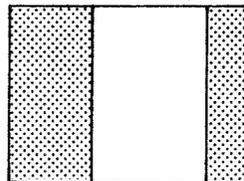


12

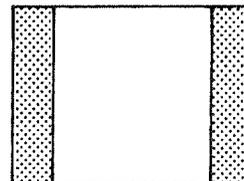
Öffnung
Raumhoch



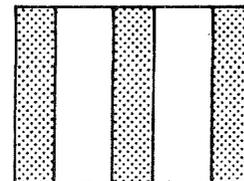
13



14



15



16

Ähnliche Wirkung
mit Erker

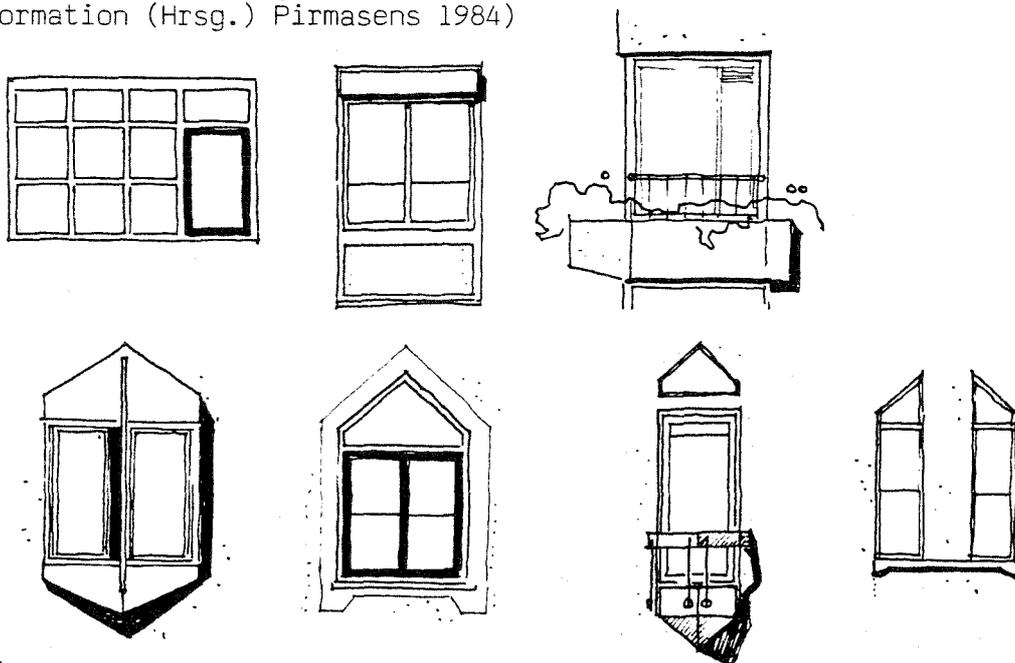
Abb. 9.4/1: (Entwurf)

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang



Abb. 9.4/2: Die Fenster der Baustile Zweier Jahrhunderte
 Aus: Schmid, Froehlich, 1985, S.73/74

Besondere Erscheinungen der Gegenwart (nach Heene, G. in Kömmerling Information (Hrsg.) Pirmasens 1984)



9.4.3 Fenster und Gebäudegestaltung

Fenster geben der Hauswand Gliederung und Relief, sie machen die Struktur und die Nutzung des Bauwerks mehr oder weniger sichtbar, sie können gelegentlich den Baukörper "auflösen", ihm teilweise seine Körperhaftigkeit oder geschlossene Form nehmen. Fensteranordnungen können auch einem vorgegebenen Kanon von Achsen, Schichtungen, Gliederungen folgen, womit sie sich eventuell von speziellen Raumnutzungen, funktionalen Differenzierungen ablösen oder auf dieser zurückwirken. Nicht zuletzt können Fensteranordnungen und -formate aufgrund technischer und wirtschaftlicher Gesichtspunkte festgelegt werden. Selten schlägt ein Gesichtspunkt alle anderen aus dem Felde.

Die Gestaltung der Fenster in der Architektur der Wohngebäude läßt die Haltung ihrer Erbauer zur Nützlichkeit, zur Kunst und zu individuell-menschlichen Bedürfnissen im allgemeinen recht gut erkennen. Dabei ist "Zeitgeist", verkörpert durch den Gestaltungswillen von Architekten und Bauherren, aber eingefangen in den Umweltbedingungen, im jeweiligen Stand der Technik und den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen für den Wohnungsbau. Wenig spricht dafür, daß zu Zeiten, wo vorgefaßte Formkonzepte oder Armut die Architektur bestimmen, Gesundheit und Behaglichkeit zu ihrem Recht kommen.

9.5 Besonderheiten großflächiger Verglasungen

Häufige Motive für größere Öffnungen sind in Abschnitt 9.4.1 schon angesprochen worden:

- Aufwertung des Raumes durch besondere Helligkeit,
- Aufgeweitete Raumverbindung nach draußen,
- Erweiterung des Ausblicks nach oben, unten und zu den Seiten.

Wichtige Gesichtspunkte können aber auch sein:

- Wärmegewinn durch Strahlung (Kollektor),
- Intensive Pflanzenkultur (Blumenfenster),
- Beschäftigungen, die außerordentliche Ansprüche an die Tagesbeleuchtung stellen (Atelier).

Bei Südlage, wärmedämmender Verglasung und preisgünstiger Auswahl der Fenstermaße und -profile können großflächige Verglasungen aufgrund des Wärmegewinns wirtschaftlicher sein als konventionelle Fenster (vgl. Weeber und Partner, 1985).

Die physikalischen und physiologischen Erscheinungen und Probleme sind bei großflächigen Verglasungen nicht anders, sondern nur ausgeprägter als beim durchschnittlichen Fenster. Wenn bei diesem die Lästigkeit von Einstrahlung oder zu kühlere Innenfläche und der Heizwärmeverlust sich noch in tolerierten Grenzen halten, wird etwa bei einem Überwiegenden Anteil der Verglasung an der Außenhülle des Wohnraums das Raumklima sehr stark von den Temperatur- und Strahlungsverhältnissen außen geprägt - der Nutzer muß nun wesentlich toleranter oder an solchen Wechseln interessiert sein oder wesentlich häufiger regulierende Maßnahmen ergreifen oder mehr automati-

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

sche Regelungstechnik einsetzen oder dauernd wirksame konstruktive Vorkehrungen treffen. Die Maßnahmen und Vorrichtungen, die als Regulativ in Frage kommen können, sind:

- Schattierung als Lichtschutz
- Schattierung als Hitzeschutz
- temporärer Wärmeschutz
- erhöhter permanenter Wärmeschutz
- verstärkte Heizung
- leistungsfähigere Lüftung,

dabei sind verschiedene Ausführungen möglich, die, soweit es sich um unmittelbare Modifikation der Öffnung und Verglasung wie beim Fenster handelt, in den Abschnitten 9.2 und 9.3 (Zusatzelemente) und 5. (Lüftung) dargestellt sind.

Wärmeschutz

Für eine ausführlichere Betrachtung der grundsätzlichen Möglichkeiten und Effekte temporären Wärmeschutzes muß hier auf Weeber und Partner 1985 verwiesen werden; speziell für großflächige Verglasungen gilt aber, daß für alle in strahlungsarmen Tages- und Jahreszeiten behaglich warm gewünschten Räume ein erhöhter permanenter Wärmeschutz z.B. durch metallbedampftes Isolierglas unentbehrlich ist, wenn nicht ein leistungsfähigerer temporärer Wärmeschutz gewählt wird. Er kann sich in Verbindung mit ohnehin erwünschten Zusatzeinrichtungen, z.B. einem Schiebeladen, anbieten.

Heizung

Nur in Grenzen sollte eine Verstärkung der Heizung in Frage kommen, zumal der Nachweis der ausreichend unter Kontrolle gebrachten Heizwärmeverluste nach der Wärmeschutzverordnung zur Baugenehmigung erforderlich ist.

Dabei ist keine Berücksichtigung temporären Wärmeschutzes und keine Berücksichtigung von Kollektorwirkungen der Verglasung erlaubt; was der großflächigen Verglasung an eigener Wärmedämmung fehlt, muß durch andere Teile der Gebäudehülle kompensiert werden. Die technische Ausführung der Heizung wird oft von der großflächigen Verglasung mitbestimmt, da Heizkörper die beabsichtigte Wirkung stören können. Wird dann zu Konvektoren übergegangen, ist das Strahlungsgleichgewicht bei kaltem, strahlungsarmem Wetter und nachts gefährdet; werden die Konvektoren im Boden versenkt, verstärkt sich dieser und andere Nachteile darüberhinaus. Wird schließlich eine Fußbodenheizung gewählt, so besteht der gleiche Strahlungsmangel, es stellt sich außerdem die Kapazitätsfrage und es kommt die Befürchtung hinzu, daß bei rasch einsetzender Einstrahlung infolge der Trägheit der Heizung unangenehme Wärmeakkumulationen entstehen. Man sollte also soweit es im Hinblick auf die Nutzungs- und Gestaltungsabsichten irgend möglich ist, bei gut strahlungswirksamen Heizflächen im Fensterbereich bleiben und auch eine Verglasung wählen, die Infrarotstrahlung in den Raum reflektiert.

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

Lüftung

Die Lüftung muß - nicht nur im Zusammenwirken mit der Schattierung - unzuträgliche Temperatursteigerungen verhindern können. Eine Auslegung nach Kriterien möglichen "Luftverbrauchs" oder möglicher Luftbelastung ist dafür nicht ausreichend. Bereits erhöhte Temperaturen werden auch dadurch wieder annehmlich, daß spürbare Luftbewegung erzeugt werden kann. Gerade dann, wenn eine großflächige Verglasung Raumverbindungen zum Ziel hat, ist es folgerichtig, die Verglasung bei geeignetem Außenklima ganz öffnen, etwa beiseite schieben zu können. Wenn auch der Außenraum unter Wärmebelastung steht, ist es günstig, über eine andere Gebäudeseite Luft zuzuführen, die Entlüftung sollte durchaus von dem belasteten Raum direkt nach außen führen. Lüftung, die dem Abtransport überschüssiger Wärme dienen soll, muß besonders auf Nutzung der Thermik angelegt sein. Die Wertung der Luftbewegungen hinsichtlich der Behaglichkeit dürfte unter diesen Bedingungen etwas von "zugig" in positiver Richtung nach "luftig" verschoben sein. Dies sollte aber nicht davon abhalten, für möglichst diffuse, breit verteilte und langsame Luftbewegungen zu sorgen.

9.6 Besonderheiten von Glasvorbauten

Glasvorbauten sind in folgenden hauptsächlich Erscheinungsformen anzutreffen:

- unabgetrennte Erweiterungen von Wohnräumen (Erker)
- abgetrennte Vorbauten mit vorrangiger Wohnfunktion ("Wintergärten" nach heutigem Verständnis)
- abgetrennte Vorbauten mit begrenztem Anspruch an Bewohnbarkeit (herkömmliche Wintergärten)
- abgetrennte Vorbauten ohne Funktionszuweisungen als Aufenthaltsraum.

9.6.1 Erker

Unter diesen Formen können die Erker hier den Fenstern oder den großflächigen Verglasungen im Sinne der vorigen Abschnitte zugeordnet werden. Ihre Besonderheit ist es, das Wohnen um einige vor allem visuelle Erlebnisse zu bereichern, etwa einen Standpunkt "vor" der Hauswand anzubieten und seine Effekte auch etwas in den Raum hineinzuprojizieren (Auffangen von seitlichem und senkrechtem Licht usw.). Werden sie im Verhältnis zum inneren Raum sehr groß, so schaffen sie allerdings Bedingungen, die denen in den neuen Wintergärten ähneln; möglicherweise mit der Konsequenz, daß damit das eigentliche "Wohnzimmer" einer Wohnung in seinem Charakter und seinen Nutzungen stark verändert ist. Wegen der meist erhöhten Baukosten und Zubehörcosten und verschiedener bauphysikalischer Umstände kann die Begründung von Erkern nicht in Energieeinsparungen gesucht werden. Entscheidend ist möglichst wertvoller Beitrag zum Wohnnutzen, zur Wohnatmosphäre und zur Architektur.

9.6.2 Wintergärten zum ständigen Bewohnen

Wintergärten zum Wohnen weisen die Eigenschaften der Wohnräume mit großflächigen Verglasungen in nochmals gesteigerter Form auf. Sie bieten damit ein anderes, sonst nicht mögliches Wohnerlebnis, das die freie Umgebung einschließlich des Wetters sehr stark einbezieht. Eine ganzjährige Nutzung dieses besonderen Wohnraums erfordert viele und besonders effiziente Vorkehrungen, um das Klima zu jeder Zeit im Rahmen des Annehmlichen zu halten. Die architektonische und technische Konzeption verlangt außerordentliche Sorgfalt; die Bedienung ist - ob manuell oder "automatisiert" - stets anspruchsvoll, die Nutzungskosten sind hoch und nicht kompensierbar (vgl. 9.6.3).

Sonnenschutz des Wintergartens (nach Marshall, 1984)

Ein Glasanbau kann, wenn er ungeschützt der Sonne ausgesetzt ist, Innentemperaturen von über 70 Grad C. erreichen. Auch bei wirkungsvoller Lüftung kann durchaus eine Temperatur von 40 Grad C vorkommen. Zwar vermindert ein innenliegendes weißes Sonnensegel oder ein Vorhang (Energiedurchlaßgrad $g=0,33$) den Energiefluß um 60 % im Vergleich zur Doppelscheibe ($g=0,80$), aber selbst mit großen Lüftungsöffnungen versehen, kann es im Sommer noch bis zu 40 Grad C heiß werden.

Doppelscheiben und innenliegendes Rollo oder Markise aus hochwertiger spiegelnder Sonnenschutzfolie lassen 73 % weniger Sonnenwärme passieren ($g=0,22$) als das ungeschützte Isolierglas und liegen damit schon fast bei den Werten eines wirkungsvollen außenliegenden Sonnenschutzes. Mit ihm ist es möglich, die Innenraumtemperatur im Hochsommer auf ein Temperaturmaximum von etwa 35 Grad C. zu begrenzen. Zusammen mit der Isolierglasscheibe werden bis zu 89 % der Sonnenwärme abgehalten ($g=0,11$). Mit Hilfe eines wirksamen Sonnenschutzes und einer gut funktionierenden Lüftung läßt sich die Raumlufttemperatur nahezu auf Außenlufttemperatur abkühlen. Ein automatisch gesteuerter Sonnenschutz ist möglich (z.B. Steuerung durch Fotozellen). Es ist darauf zu achten, daß der Sonnenschutz die Lüftung nicht beeinträchtigt.

Lüftung des Wintergartens

Die Anforderungen an die Lüftung für den Wintergarten lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- ein sehr hoher Luftwechsel muß möglich sein
- angrenzende Wohnräume dürfen nicht mit zu warmer oder feuchter Luft belastet werden
- in der Heizperiode soll sich die warme Luft aus dem Wintergarten in die Wohnung führen lassen.

Die Lüftung ist durch Türen und Fenster, Wand- und Dachöffnungen möglich. Dazu sind genügend große Lüftungsöffnungen in geringer

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

Höhe und in Firsthöhe vorzusehen. So kann die warme Luft entsprechend der natürlichen Konvektion entweichen und kühlere Außenluft nachströmen. Die Lüftungsöffnungen können bedient werden,

- von Hand, je nach gewünschtem Lüftungsgrad
- mechanische Steuerung, z.B. durch eine temperaturempfindliche Flüssigkeit, die ein Hubgestänge bewegen kann
- elektrische Steuerung, z.B. mit Thermostat, Fotozelle und Elektromotoren, die die gewünschten Arbeitsgänge ausführen.

Heizung und Wärmehaushalt

Bei strahlungsarmem Wetter kann der Heizwärmebedarf sehr hoch sein, entsprechend muß die Heizung ausgelegt werden. Im Interesse der Behaglichkeit darf der Strahlungsanteil der Heizung nicht zu gering sein. Bei strahlungsreichem Wetter können speichernde Bauteile zur Behaglichkeit und Ökonomie beitragen. Sind Boden und Rückwand (evtl. auch Seitenwände) des Wintergartens massiv ausgebildet (gute Wärmespeicherfähigkeit), können sie Wärmelasten verringern, indem sie einen Teil der Wärme aufnehmen und dadurch den Temperaturanstieg verzögern. Bei sinkender Raumtemperatur wird durch die Wärmeabgabe der massiven Bauteile die Abkühlung verzögert. Dadurch ergeben sich kleinere Temperaturschwankungen und kürzere Heizphasen. (Vorgang und die Wirkung der Wärmespeicherfähigkeit sind in Kapitel 8. Wände und Geschoßdecken behandelt).

9.6.3 Wintergärten in einfacher Bauart

Wird ein Wintergarten mit verhältnismäßig einfachen Mitteln gebaut, also mit Einfachverglasung, nicht gedämmten Profilen und ohne Heizung, so ist es interessant, wieviel Nutzungsmöglichkeiten er dennoch bietet und welche Kosten er verursacht bzw. einspart.

Auswirkungen des Wintergartens auf den Heizwärmeverbrauch eines Einfamilienhauses

Um die Auswirkungen des Wintergartens auf den Heizenergieverbrauch zu untersuchen, hat Hauser (1984) ein Einfamilienhaus herangezogen, das unter dem Gesichtspunkt der passiven Nutzung von Sonnenenergie erstellt wurde. Bei kompakter Gebäudeform und guter Wärmedämmung der Gebäudehülle ist das Gebäude konzentriert nach einer Seite durch Glasflächen geöffnet, denen ein Wintergarten vorgelagert ist. Zwischen Wintergarten und Haus befindet sich eine Klarglasisolierverglasung ($k = 2,6 \text{ W/m K}$, $g=0,75$) wie sie auch für die Fenster verwendet wurde. Der Wintergarten selbst ist einfach verglast ($5,6 \text{ W/m k}$, $g=0,82$). Die über das Jahr gemittelte Außentemperatur betrug $9,5 \text{ Grad C}$ und die Jahressumme der Globalstrahlung 810 kWh/m (Standort: Essen, freie Lage). Nur das Haus selbst war beheizt, in der Zeit von 7-22 Uhr wurde ein Sollwert der Lufttemperatur von 20 Grad C angenommen (nachts abgesenkt auf 15 Grad C). Der Luftwechsel des Hauses (ohne Wintergarten) betrug $0,8/\text{Std}$ (nachts $0,3/\text{Std}$), des Wintergartens $2,5/\text{Std}$ (auch nachts) und der Luftwechsel zwischen Haus und Wintergarten $0,25/\text{Std}$ (auch nachts). Bei Lufttemperaturen im Haus über 24 Grad C wurde ein Luftwechsel von $5,0/\text{Std}$ bzw. $10,0/\text{Std}$ (über 26 Grad C) simuliert.

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

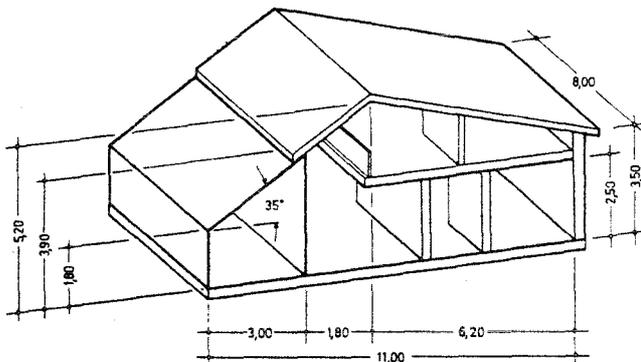


Abb.9.6/1: Schematische Darstellung des untersuchten Einfamilienhauses mit Vermaßung. In der seitlichen und in der rückwärtigen (dem Wintergarten abgewandten) Fassade befinden sich Fenster mit einem Fensterflächenanteil, bezogen auf die Hausfassadenfläche ohne Wintergarten, von jeweils 5%.

"Die Auswirkungen des Wintergartens auf den Heizwärmeverbrauch des Einfamilienhauses werden aus der in der Abbildung vorgenommenen Gegenüberstellung der Wärmeverbräuche des Einfamilienhauses mit bzw. ohne Wintergarten ersichtlich. Dort ist zusätzlich der Einfluß der Gebäudeorientierung dargestellt, gekennzeichnet durch die Orientierung des Wintergartens bzw. die große Glasfläche.

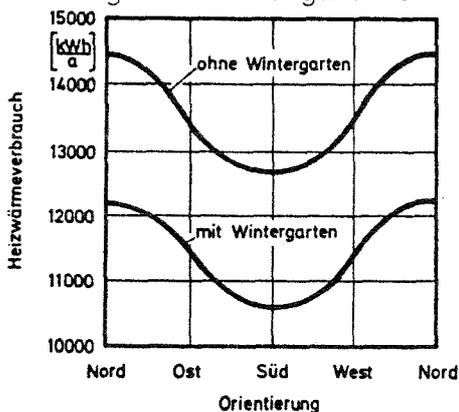


Abb. 9.6/2:

Jährlicher Wärmeverbrauch des Einfamilienhauses mit und ohne Wintergarten in Abhängigkeit von der Gebäudeorientierung wird durch die Ausrichtung des Wintergartens bzw. des großen Fensters gekennzeichnet.

Es zeigt sich, daß

- der Wintergarten zu Verbrauchsreduzierung von 15,7 bis 16,7 % führt, die somit nahezu unabhängig von der Gebäudeorientierung sind,
- die geringsten Verbräuche bei Süd- und die höchsten bei Nordorientierung auftreten,
- die absolute Einsparung bei Nordorientierung etwas größer ist als bei Südorientierung,
- die Ost- und Westorientierung zum nahezu gleichen Heizwärmeverbrauch führen, der zwischen dem der Nord und der Südorientierung liegt,

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

- eine Gebäudedrehung von Nord nach Süd zu Wärmeverbrauchsreduzierungen von 12,2 % (ohne) bis 13,2 % (mit Wintergarten) führt, welche praktisch in beiden Fällen gleich sind.

Analysiert man die Wärmeverbräuche detaillierter und betrachtet die jeweiligen monatlichen Wärmeverbräuche, so lassen sich folgende zusätzliche Erkenntnisse gewinnen:

- Zwischen den einzelnen Gebäudeorientierungen treten keine prinzipiellen, nur graduelle Unterschiede auf.
- Der Wärmeverbrauch des Einfamilienhauses ohne Wintergarten ist zu allen Zeiten der Heizperiode höher als bei dem Einfamilienhaus mit Wintergarten.
- Die absoluten Einsparungen infolge des Wintergartens sind, abgesehen von den Monaten September sowie Mai und Juni, während denen nur geringe Wärmeverbräuche auftreten, nahezu von gleicher Größenordnung.
- Die prozentualen Einsparungen infolge des Wintergartens sind in den kalten Wintermonaten am kleinsten und während der Übergangsmomente am größten.
- Die Unterschiede im Wärmeverbrauch zwischen den einzelnen Orientierungen entsprechen mit Ausnahme des milden Septembers den Unterschieden der monatlichen Gesamtstrahlungsintensitäten.
- Die Unterschiede zwischen Ost- und Westorientierung sind vernachlässigbar klein....

Wintergärten stellen ein wirksames Mittel dar, den Heizwärmeverbrauch von Gebäuden zu reduzieren. Der hierdurch möglichen Senkung der Betriebskosten eines Gebäudes müssen jedoch relativ hohe Investitionen vorangehen...

... Die Energieeinsparungen betragen je nach Gebäudeorientierung ca. 2200 kWh, d.h....jährlich rd. DM 200.-. Somit ist der betrachtete Wintergarten als Investition zur Energiesparung privatwirtschaftlich nicht sinnvoll. Vielmehr muß der Zugewinn an Nutzfläche, welche je nach Nutzer in Abhängigkeit von den individuellen Wünschen von sehr unterschiedlichem Wert sein kann, das entscheidende Kriterium für den Bau von Wintergärten sein....

Die Erhöhung der Wärmespeicherfähigkeit würde sich auch während der Heizperiode positiv bemerkbar machen. Aus wärmetechnischer Sicht erscheint es deshalb sinnvoll, den Wintergarten so stark wie möglich in das Gebäude zu integrieren, damit die ohnehin vorhandenen Gebäudemassen zur Wärmespeicherung herangezogen werden können. Häufig werden deshalb völlig in das Gebäude integrierte, isolierverglaste Wintergärten bzw. großflächig verglaste Fassaden, welche leicht mit temporären Wärmeschutzmaßnahmen und Sonnenschutzvorrichtungen ausgestattet werden können und eine Beheizung der Nutzfläche erlauben, auch im Hinblick auf die wohnflächenbezogenen Gesamtkosten die günstigste Lösung darstellen" (Hauser, 1984).

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

In dieser Darstellung dürfte auf die nähere Begründung des Urteiles "unwirtschaftlich" verzichtet worden sein, weil das krasse Verhältnis Kosten/Ertrag klar abzusehen ist. Trotzdem sei es noch kurz verdeutlicht: Nimmt man die Kosten eines Wintergartens dieser Größe einschließlich Türen, Lüftungen, Schattierungen mit 48 000 DM an, die Belastung aus Zinsen und Abschreibungen mit 8%, so stehen der Heizkostenersparnis von etwa 200 DM Kosten von 3840 DM gegenüber, per Saldo bleibt eine monatliche Belastung/Miete von 303 DM für den Wintergarten - tatsächlich also gehobener Konsum, nicht gewinnbringende Investition. Selbstverständlich lassen sich durch Eigenleistungen Ausgaben sparen und durch individuelle Umstände (Steuern usw.) Kosten subjektiv senken, oft hat die betriebswirtschaftliche Betrachtung auch geringen Stellenwert.

Die Steigerung der Wohnmöglichkeiten, die auch ein "Kalthaus" der beschriebenen Art bietet, ist sicher nicht gering zu schätzen. Zu den Tagen, an denen man Balkon und Terrasse nutzen kann, dürften ebensoviele hinzukommen, an denen dieser Wintergarten einen angenehmen Aufenthalt bietet. Es ist durchaus möglich, daß die Nutzung dieses Raumes damit so intensiv wird, wie die des einen oder anderen Zimmers innerhalb des Hauses. So ist zumindest bei nicht ganz knapp - wie etwa nach der Norm für den sozialen Wohnungsbau - bemessenen Raumprogrammen für eine Familie ein solcher einfacher Wintergarten als Alternative für 12-15 andere Quadratmeter im Familienheim denkbar (vgl. hierzu aber den folgenden Abschnitt).

9.6.4 Glasvorbauten als Puffer

Es wird im allgemeinen streng vermieden, für gering bewertete Nutzungen umbauten Raum zum vollen Preis von Wohnraum herzustellen. So werden Glasvorbauten auch meist für möglichst hochwertige Nutzungen vorgesehen, selbst wenn sie primär oder gleichgewichtig anderen Gründen zu verdanken sind. Bei einem Projekt in Berlin, Lewishamstraße "Wintergärten mit Vorhangfassaden als Lärmschutz und Wärmepuffer" (Architekt: Sawade. In: Glasforum 3-82), wurden die nicht zuzetzt als Lärmschutz und Solarkollektoren gedachten Glasvorbauten im Grundriß den Wohn- und Schlafräumen zugleich als Nutzflächen vorgeschaltet. Sie sind gegen die Hauptverkehrsstraße mit hochgedämmter (metallbedampfter⁹ Isolierverglasung und mit schallgedämmten Lüftungsvorrichtungen versehen. Ihre Größe ist so bemessen, daß sie als Essplatz, Arbeitsraum oder Spielzimmer genutzt werden können. Es ist also deutlich, daß diese Pufferräume mehr dem Hausinneren zuzurechnen sind, als daß sie einen "neutralen" dritten Bereich zwischen innen und außen darstellen würden.

An vielen Architekturen der letzten Jahre ist zu spüren, daß das Filigran, die Transparenz, die Reflexe und Spiegelungen der Glasvorbauten verlockende Gestaltungsmittel sind und ihre Wirkung auch selten verfehlen. Da ja die Wintergarten-Idee auch von den Nut-

Teil III: Gebäude und Bauteile im Wirkungszusammenhang

zungsmöglichkeiten her etwas Bestechendes hat, ist es nicht verwunderlich, daß versucht wird, möglichst breite Anwendungsmöglichkeiten zu finden. Dies sollte aber nicht durch unrewalistische Umwertungen hinsichtlich der Vergleiche verschiedener Kosten- und Nutzenfaktoren geschehen. Solange ein Grundriß noch gefangene Zimmer und ein Wohnraum quasi ein Treppenhaus mit einem halben Dutzend angrenzender Türen aufweist, nimmt sich die Rede von einem notwendigen und sinnvollen "Klimapuffer" recht merkwürdig aus. Was hier im Dienste physisch, psychisch und sozial gesunden Wohnens einer Familie zu schaffen wäre, sind wohl eher interne Puffer.

Auf die Kostenproblematik wurde im vorigen Abschnitt bereits deutlich hingewiesen. Als Schlußfolgerung scheint deshalb nur der Verzicht auf Wintergärten in Frage zu kommen, wenn es gilt, die Wohnkosten so niedrig wie möglich zu halten. Falls wirtschaftliche Spielräume für mehr Wohnkomfort bestehen, so sollten die Prioritäten ohne modische Effekthascherei geprüft werden.

10. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen - Aufgaben und Lösungen im Wandel

Es wurde versucht, Erscheinungen des heutigen Wohnungsbaus und die ihm zugrundeliegenden Regeln und Erkenntnisse mit gültigen und mit denkbaren Zielvorstellungen zu konfrontieren. Solche weitergehenden Zielvorstellungen konnten sich aus Erkenntnissen oder Hypothesen zentral oder peripher dazugehöriger Fachgebiete oder aus Kritik und Ideen zum heutigen Wohnen ergeben. Den Rahmen dafür lieferte wohl - mit einigen Besonderheiten - eine unterstellte "Normalität" von Ansprüchen (z.B. auch Normen) und darauf gemünzten Angeboten, also Plausibilität der Bedürfnisse und Konzentration auf Machbares und Bezahlbares bei den Verbesserungen.

Dabei hat sich erwiesen - bestätigt - daß Verbesserungen selten ohne Hindernisse und auch nachteilige Nebenwirkungen realisierbar sind, wenn es auch gelegentlich den Anschein hat, als bedürfe es nur des Anstoßes, um Entwicklungen tatsächlich weiterzubringen. Für Kreativität ist sicher noch viel Raum - ein Raum, dessen "Boden" die wissenschaftlichen oder heuristischen Grundlagen bilden und der ansonsten von den technischen, gestalterischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten bestimmt wird, die es nach den Erfordernissen der Ziele und Hypothesen auszuloten gilt.

Leitlinie für die Prüfung und Entwicklung von Zielen waren hier Gesundheit und Behaglichkeit in einem relativ weiten Verständnis dieser Begriffe. Dabei galt es auch einen sich abzeichnenden Einstellungs- und Verhaltenswandel und Veränderungen der Wohnungsnutzer zu berücksichtigen, z.B. mehr Gesundheits- und Körperbewußtsein, mehr Erlebnis- und Genußorientierung. Darüberhinaus sind Entwicklungen und Intentionen des Wohnungsbaus von den Nutzern teilweise nicht mitvollzogen worden: z.B. Heiztechnik und Wärmeschutzvorkehrungen in Verbindung mit dem Energiesparen, dem Lüften, der Einregelung eines optimalen behaglichen Wohnklimas. Schließlich schien es notwendig, sich kritisch mit bestimmten alten und neuen Entwicklungen des Bauens auseinanderzusetzen: z.B. mit seit jeher häufig vorkommenden Planungsfehlern und mit der Propagierung problematischer Lösungen.

10.1 Licht und Sonne

Die Bedürfnisse nach Licht und Sonne werden auf der Nutzerseite hoch bewertet, in der Praxis aber im Konflikt mit den verschiedensten anderen Anliegen oft eher nachrangig beachtet. Gründe sind

- starke Verbauung und ungünstige Orientierungen der Gebäude - in Bestandsgebieten besteht eine Scheu, hier mit stärkeren Veränderungen einzugreifen, auch in Neubaugebieten orientiert sich die Architektur oft unabhängig von der städtebaulichen und topographischen Situation an Bauformen, Raumhöhen und Fenstergestaltungen, wie sie in freier Lage üblich und richtig sind,

- mangelnde Berücksichtigung dieser Faktoren in Bebauungsplänen,
- große Gebäudetiefen in Mehrfamilienhäusern in Verbindung mit tiefen Grundrissen und Einzelräumen, kompakte Gebäudeformen mit oft einseitig orientierten Wohnungen (auch reine Ost-, West- und sogar Nordwohnungen) aus den Interessen an hoher Grundstücksausnutzung, Baukostensparnis und Energieeinsparung; gleiche Motive und ähnliche Gefahren bei Reihen- und Doppelhäusern vor allem bei nicht ganz günstiger Orientierung,
- kleine Räume mit der Folge, daß Möbelstellflächen auf Kosten besserer Beleuchtung und Lichtführung geschaffen werden,
- schematische Architekturgestaltung,
- Überdifferenzierung von Baukörpern mit der Folge der Eigenverschattung,
- Mißverständnisse über den Zusammenhang von Fenstergrößen und -orientierungen mit wirtschaftlichem Heizen,
- kleine Fenster in der Absicht, Baukosten zu sparen.

Hier scheint es vor allem darauf anzukommen, daß sich das Qualitätsbewußtsein in Städtebau und Architektur noch schärft. Beleuchtung und Besonnung sind grundlegende Faktoren des Wohlbefindens in der Wohnung; Fehler die hier gemacht werden, sind nachträglich kaum noch auszugleichen. Werden wegen des Bestandsschutzes oder zur Baukosteneinsparung Kompromisse gemacht, so muß dies in dem Bewußtsein geschehen, daß damit Wohnungen abgewertet oder Ersatzmaßnahmen verursacht werden - was die Wirtschaftlichkeit nicht unberührt lassen kann.

Besonders wichtig wäre, daß bei jedem Vorhaben individuell die Bedingungen aus städtebaulicher Situation und möglicher Orientierung der Wohnungen geprüft werden und danach Bauformen, Raumhöhen, Raumtiefen, Fenstergestaltung mitbestimmt werden. Schematisches und manieriertes Entwerfen führt zu schweren Mängeln. Bebauungspläne schützen keineswegs vor Fehlern. Mißverständnisse über das Baukosten- und Energiesparen mit Hilfe kleiner Fenster führen zur Entwertung von Wohnungen. Beleuchtung und Heizung brauchen besondere Koordination.

10.2 Luft

"Ruhe und gute Luft" sind eines der wichtigsten Motive für den Auszug aus der Stadt. Die Luft in der Wohnung kann - zumindest ohne Aufbereitung - nicht besser sein als die Außenluft. Schlechte Luft geht auch häufig mit Lärm einher. Dies sind Mängel des Standorts, nicht der Wohnung; der Wohnungsbau und die Wohnungsnutzung werden aber nachhaltig davon beeinträchtigt. Die Lüftungsmöglichkeiten werden oft zeitlich beschränkt und eventuell von Schallschutzvorrichtungen abhängig; Wärmebelastungen kann unter Umständen nicht mit Lüften begegnet werden.

Für Wohnungen sollte das Problem guter Luft auf richtigen Luftwechsel und allenfalls auf sinnvolle Gestaltung des Mikroklimas im nächsten Umfeld des Hauses beschränkt bleiben. Im engen Zusammen-

hang mit dem Lüften steht die Möglichkeit, eine Wohnung nach draußen zu öffnen, um den Kontakt zur Umgebung herzustellen, die frische Luft und das Wetter richtig zu verspüren. Überall, wo sich in einer Wohnung zu viel Wärme sammeln kann, müssen die Lüftungsmöglichkeiten besonders gut sein. Ein anderer Aspekt des Lüftens ist die Vermeidung von Bauschäden, die bei modernen dichten Fenstern entstehen können, wenn das nötige bewußte Lüften unterbleibt.

Häufig sind folgende Schwierigkeiten für zweckmäßiges Lüften zu beobachten:

- die Grundrisse, (insbesondere tiefe Grundrisse, Punkthäuser, Kleinwohnungen) lassen oft keine Querlüftung zu,
- kleine, niedrige Zimmer neigen zur Überlastung mit Feuchte und Gerüchen,
- Treppenhäuser und undichte Wohnungstüren in Mehrfamilienhäusern übertragen Zugluft und Gerüche,
- Unaufmerksamkeit der Bewohner führt bei dichten Fenstern zu Feuchteschäden an Bauwerk und Einrichtung,
- fehlen an den Fenstern Spaltlüfter oder ähnliches, so wird als Dauerlüftung die Kippstellung verwendet mit der Folge von Heizenergieverlust und Auskühlung,
- reichen Fenster weder weit nach oben noch tief herunter, kann eine Thermik zur Unterstützung der Lüftung kaum wirksam werden,
- die Unterstützung der Wohnungslüftung durch Mechanik und Regeltechnik erfordert kaum weniger Aufmerksamkeit, aber mehr Aufwand als natürliche Lüftung,
- die für normales Lüften erforderlichen Öffnungen sind zwar regelmäßig vorhanden, aber verstärktes Lüften zur körperlichen Erfriechung und für vollen Kontakt zur Außenatmosphäre, auch zur Entwärmung im Sommer, erfordert überdurchschnittliche Öffnungen, z.B. Fenstertüren,
- innenliegende Sanitärräume erfordern Schachtlüftungen, die erhebliche Leistungsschwankungen aufweisen können,
- Dauerlüftungen und Schachtlüftungen sind so träge, daß sie für bedarfsgerechtes Lüften oft nicht ausreichen. Bei Fensterlüftung als Quer- oder Überecklüftung sind Strömungsrichtung und -stärke zwar wechselhaft, selten aber ist der Austausch zu schwach.

Lüftungsprobleme und bauphysikalische Probleme in Verbindung mit dem Lüften sind überraschend oft Folgen falsch angelegter Baukosten- und Energiesparbemühungen und Folgen zu kompakter und komplizierter Haus- und Grundrißformen.

Sicher ergeben sich Gefahren auch daraus, daß es bei Bewohnern nicht mehr immer als selbstverständlich gilt, daß die Wohnung Pflege braucht, wozu auch bewußtes Lüften gehört. Die sich "vollautomatisch" selbst pflegende Wohnung ist kein realistisches Ziel und nicht praktikabel. Die Planung und die Normen müssen sich dennoch damit auseinandersetzen, daß nur Lösungen tragfähig sind, die möglichst weit in Einklang mit Bedürfnissen und Verhaltensweisen der Bewohner gebracht sind.

10.3 Wärme

Die Heizung hat sich im Laufe der Zeit auf immer mehr Räume des Hauses erstreckt und ist immer gleichmäßiger geworden, was einer verbreiteten Komfortvorstellung entspricht; die Fähigkeit, dies zu gewährleisten, wird von jedem Heizsystem verlangt. Im Interesse der Energieeinsparung und Gesundheit sollen die Raumtemperaturen aber auch differenziert und gesenkt werden können, solange die Raumnutzung es erlaubt. Dadurch sind die früher überwiegend trägen Heizungen fast ganz verdrängt worden. Träge Systeme sollen deshalb heute nur noch als "Grundlastheizung" eingesetzt werden, bei gleichzeitiger Trägheit der raumumschließenden Bauteile und hoher möglicher Fremdwärmebelastung (z.B. Einstrahlung) sollen sie ganz vermieden werden.

Im großen und ganzen scheinen bei den modernen Heizungen relativ hoher Standard, viel Komfort und relativ große Bewohnerzufriedenheit gegeben zu sein. Das wird auch den Forschungsergebnissen von Fanger gerecht: es gibt Bedingungen, mit denen sehr viele gleichermaßen zufrieden sind, aber das Niveau liegt dann relativ hoch. Um dieses Komfortniveau so energiesparend wie möglich zu erreichen und zu halten, wurden auch die Häuser und haustechnischen Systeme immer aufwendiger. Auf die Spitze getrieben, wird dieser Ansatz jedoch problematisch - insbesondere wenn der Standard durch Normen oder selbstverständliche Baupraxis vorgegeben wird. Durch individuell gesenktes Anspruchsniveau, Akzeptieren mäßig kühler Räume lassen sich nämlich oft leichter Kosten sparen als durch immer kompliziertere Regelungssysteme.

Ziel muß sein, individuell bedarfsgerecht zu heizen. Das dient nicht nur der Energieeinsparung, sondern auch der Gesundheit der Nutzer. Bei den im Rahmen dieser Untersuchung geführten Experten- und Bewohnergesprächen ist sehr deutlich zum Ausdruck gekommen, daß die Gleichmäßigkeit der Temperaturen über die ganze Wohnung und alle Tageszeiten zwar bequem sei, aber sicherlich auch verweichlichend und nicht sehr gesund.

Auch fällt auf, daß die perfekt konstant und im sicheren Komfortbereich geregelte Heizung allzuleicht selbstverständlich wird und das bewußte Erlebnis behaglicher Wärme, das sich aus dem Wechsel ergibt, selten wird. Daß althergebrachte Heizformen - gußeiserner Kaminofen und Kachelofen - wieder aktuell geworden sind, mag ein Indiz dafür sein.

Einer zeitlich und räumlich differenzierenden Regeltechnik, die auch dem Nutzer wieder mehr Spielraum läßt und von diesem problemlos verstanden wird, ist infolge dieser vielen und teilweise divergierenden Forderungen eine entscheidende Rolle zugewiesen.

Regelung

Die Grenzen der Behaglichkeit sind bestimmt durch die Grenzen der Fähigkeit oder Bereitschaft, Auffälligkeiten des Raumklimas, der Luftqualität, der Lichtverhältnisse usw. hinzunehmen oder auszugleichen. Grundlage der Behaglichkeit ist das Fehlen von Störungen, negativ bewerteten Auffälligkeiten. Änderungen oder geänderte Wahrnehmungen, die als angenehm empfunden werden, sind Bestandteile des behaglichen Wohnens - behagliches Wohnen muß nicht "reizlos" sein.

Die Wertung der jeweiligen Situation ist sehr subjektiv und von außen nur nach ungefähren Eckdaten bestimmbar. Wichtig ist daher, daß der Betroffene die Anpassung zwischen seinen Bedürfnissen und den Behaglichkeitsfaktoren in seiner Umgebung mit Leichtigkeit, im Idealfall sogar unbewußt vollziehen kann.

"Regelung" ist ein Wahrnehmungs-, Wertungs- und Entscheidungsvorgang; "Steuerung" ist die Aktivierung eines Elements oder Systems im Sinne dieser Entscheidung. Die Regeltechnik in der Haustechnik ist darauf ausgerichtet, störenden Wahrnehmungen und Wertungen der Bewohner zuvorzukommen. Sie soll rechtzeitig Steuervorgänge an den technischen Systemen auslösen, die zur Vermeidung oder Korrektur von kritisierbaren Zuständen führen. Allerdings sind das Verhalten und die Bedürfnisse der Bewohner nur "im Durchschnitt" vorbestimmbar, so daß im Einzelfall erhebliche Diskrepanzen entstehen können. Darauf läßt sich nicht mit Perfektionierung einer Automatik antworten, sondern die Lösung muß wohl sein, daß dem Bewohner alle gegebenenfalls notwendigen Improvisationsmöglichkeiten zur Verfügung stehen, von denen er selbstverständlichen Gebrauch machen kann. Das bedeutet, daß weder die Regelung starr an ein festgelegtes Programm gebunden sein noch das System zu träge arbeiten soll. (Eine selbsttätige Rückkehr der Regelung zum Normalprogramm nach bestimmten Abläufen oder Fristen wäre von Interesse). Danach bestimmt sich auch, wie groß die latenten Reserven des Systems sein sollten. Diese wiederum sind oft entscheidend für den technischen und finanziellen Aufwand, der - zugunsten der Behaglichkeit auch bei spontanen Bedürfnissen - getrieben werden soll.

Heizen und Lüften

Wegen der Automatisierung entsteht das Problem des "falschen" Lüftens. Zwar ist die Regelung "automatisch", aber sie verhindert nicht ein Überheizen, sie läßt die Anpassung der Heizung an Lüftung vermissen. Das fällt zusammen mit der weitgehenden Einführung "zu dichter" Fenster - Wegfall einer unmerklichen Dauerlüftung. Unterlassene Lüftung führt unter diesen Umständen zu einer Beeinträchtigung des Wohnens mit Feuchte und anderen Luftbelastungen. Man kann nicht nur das Lüften an das Heizen (und Energiesparen) anpassen, das Umgekehrte ist ebenso notwendig. Seit relativ hohe Dämmung der Außenhaut (Wärmeschutzverordnung) vorgeschrieben ist, sind Lüftungswärmeverluste prozentual auffällig geworden gegenüber Transmissionswärmeverlusten durch die Bauteile hindurch. Absolut

sind sie gewiß auch kleiner geworden, weil neue Fenster sehr fugendicht sind und dem kein gleichgewichtiges absichtliches Lüften gegenübersteht. Wie die sich häufenden Bauschäden zeigen, ist der Luftwechsel sogar oft unter ein vernünftiges Maß zurückgegangen. In solchen Fällen sollte die Verringerung der Lüftungswärmeverluste so lange mit geringerer Priorität versehen werden, wie Gefahr für die Hygiene und das Risiko von Bauschäden besteht - eine Frage des Bewußtseins und des Stands der Technik gleichermaßen. Eine Wärmehückgewinnung aus der Fortluft vermag vielleicht Energieeinsparung und Hygiene hier wieder in Einklang zu bringen. Zu diesem Thema wird intensive Entwicklungsarbeit geleistet. Wirtschaftliche Lösungen sind möglicherweise erstmals in Verbindung mit Luftheizungssystemen zu erwarten. Solche Systeme sind aber in der Bundesrepublik noch wenig verbreitet; auf welche Akzeptanz sie rechnen können, ist schwer abzuschätzen.

Störungen der thermischen Behaglichkeit

Wohnungen und ihre Elemente schaffen nicht selten von ihrer Konzeption her Probleme, denen entweder durch zusätzliche technische Vorkehrungen, bauliche Änderungen oder durch Anpassungsleistungen der Bewohner begegnet werden muß:

- Wärmequellen erzeugen durch falsche Anordnung gesteigerte Konvektion und Zugluft oder Strahlungscontraste,
- eine ungünstige Lage der Lüftung läßt Kaltluft unverteilt und ohne jede Erwärmung einströmen (zu tiefe, zu konzentrierte, heizungsferne Einlässe), es entstehen Zugluft und Fußkälte,
- Heizkörperanordnung und Stellflächen für Möbel sind unvereinbar, entweder die Raumnutzung oder die Heizung wird beeinträchtigt,
- Gestaltungsprobleme mit Heizkörpern führen zu Dekorationen, die die Funktion beeinträchtigen,
- Wände und Geschoßdecken sind in wechselnd benutzten Räumen thermisch zu träge,
- große kalte Glasflächen sind nicht durch Strahlungsflächen kompensiert, die Verglasung ist nicht metallbedampft zur Infrarot-Reflexion,
- Räume, die großer Einstrahlung ausgesetzt sind, lassen sich schlecht abkühlen (träge Heizung und Lüftung, fehlende Schattierung, leichte Bauart der raumumschließenden Bauteile),
- großflächige Verglasungen sind auch im Winter verschattet, ihre entwärmende Wirkung wird nicht durch Einstrahlung von außen kompensiert.

Die Bauteile im Zusammenhang

Zur Regulierung der Wärme im Sommer und Winter müssen die Wände, Böden, Decken, die Fenster und die Heizungsanlage zusammenwirken. Die vielen Möglichkeiten, das Wohnklima durch Nutzung der Einstrahlung, der Lüftung, der Speicherfähigkeit von Wänden usw. zu gestalten, werden nur unvollständig genutzt. Teils scheint es am Engagement des Wohnungsbaus, teils an dem der Bewohner zu fehlen. Bei der Konzeption der Wohnungen ist es besonders wichtig, daß Glasflächen und Lüftungsöffnungen richtig mit den Heizflächen

koordiniert sind. Möbel und Dekorationen sollten Heizkörper frei lassen können. Wände und Geschoßdecken in wechselnd benutzten Räumen sollten thermisch nicht träge sein; bei ständig benutzten Räumen, die sehr wechselnden Einflüssen ausgesetzt sind, ist dies aber günstig. Große Glasflächen sollten gute Wärmedämmung aufweisen, bei übermäßiger Einstrahlung beschattet und möglichst geöffnet werden können, im Winter die Einstrahlung ermöglichen, bei Kälte durch günstig angeordnete Strahlungsheizung kompensierbar sein.

10.4 **Gesundes, behagliches Wohnen und wirtschaftlicher Wohnungsbau**

Solange man die Träger verschiedener Kosten und Nutzen der Wohnungen nicht auseinanderzuhalten braucht, läßt sich sagen: "Eine wirtschaftliche Wohnung bietet den erwünschten Nutzen zu akzeptierten Kosten." Erste Intention beim Wohnungsbau ist, einen bestimmten Nutzen zu erlangen, zweite Intention ist, dafür möglichst geringe - meist schon betragsmäßig begrenzte - Mittel aufzuwenden. Eine Gefahr für die Wirtschaftlichkeit könnte von vornherein darin bestehen, daß die Mittelbegrenzung den Nutzen unverhältnismäßig beschränkt, so daß sich Zufriedenheit (oder Marktfähigkeit) nicht einstellen. Größer als diese Gefahr dürfte in der Praxis das Risiko sein, daß das Kosten-Nutzen-Verhältnis sich erst später zum Ungünstigen verschiebt, etwa weil die Erwartungen an Eigenschaften von Wohnungen sich wesentlich geändert haben oder die Nutzungskosten übermäßig gestiegen sind.

Da die Fremdfinanzierung von Wohnungen über viele Jahrzehnte läuft und die Wohnungen noch lange darüber hinaus Bestand haben sollen - länger, als Auffassungen vom Wohnen und Wohnstandards ihre Gültigkeit behalten - kommt es darauf an, nicht veränderbare, schwer veränderbare und leicht veränderbare Bestandteile der Wohnung zu unterscheiden und sie je für sich auf die mutmaßliche Dauer ihrer Nutzung hin zu betrachten.

So sind zum Beispiel die raumumschließenden Bauteile mit ihren Öffnungen als praktisch nicht veränderbar, die Abschlüsse ihrer Öffnungen (Fenster, Türen) als schwer veränderbar (zumindest teuer), ihre Oberflächen (Tapete, Verkleidung, Teppich) als leicht veränderbar anzusehen. Die technischen Systeme haben unterschiedliche Lebensdauer oder Nutzungsdauer, oft sogar die Teile innerhalb eines Systems (Rohrleitungen, Elemente der Regelung, Heizkessel, Pumpen). Entsprechend können Planungsentscheidungen etwa als endgültig, weitreichend oder situationsbestimmt betrachtet werden.

Aussichten auf gute "Wirtschaftlichkeit" - hier auf möglichst nachhaltigen Nutzen aller einmal investierten Mittel - haben Wohnungen, in denen Unveränderliches und schwer Veränderbares an nicht zu geringen Anforderungen orientiert sind. Planungsmängel am Unveränderlichen können kaum nachträglich substituiert oder kompensiert werden, zumindest nicht ohne Verzicht auf sonstigen Nutzen oder Gestaltungsfreiheiten und nicht kostenneutral. Besonders wichtig

für leichte Anpassungen im Rahmen des Möglichen ist es, daß die konstruktive Unabhängigkeit der Elemente und Systeme hergestellt und erhalten wird, damit eine Änderung nicht Kettenreaktionen auslöst. Es gilt, modernisierbare Häuser und Wohnungen zu bauen. Das bedeutet nicht "Wegwerfarchitektur", sondern gerade Architektur, die nicht dazu zwingt, mehr aufzugeben als eben überflüssig oder obsolet geworden ist. Besonders bei den unveränderlichen und etwas auch bei den schwer veränderbaren Komponenten muß auch an zukünftige Standards gedacht werden, denn bei der zu erwartenden Sättigung des Wohnungsmarktes werden qualitative Gesichtspunkte marktbestimmend sein.

Vorteilhafte Rahmenbedingungen des Wohnens wie gute Lage, gute Gestaltung der städtebaulichen Situation, zurückhaltende Verdichtung, können schon im Vorfeld der Gebäudeplanung Probleme vermeiden, die, wenn sie sich überhaupt beheben ließen, mit zusätzlichen Investitionen und Anpassungsleistungen der Bewohner zu bezahlen wären. Auch am Haustyp und den Bedingungen, die er für den einzelnen Wohnungsgrundriß schafft, entscheiden sich irreversibel wesentliche Qualitäten des Wohnens. Oft wird versucht, Mängel des Standorts und des Wohnungstyps durch einen bestechend reichhaltigen technischen Ausbau und qualitätvolle Ausführung auszugleichen. Das kann nur als Trost gewertet werden, wenn es nicht hilft, ganz bestimmte Wohnwertmängel doch noch zu beheben. Wegen der Kurzlebigkeit und des konsumsteigernden Charakters der meisten derartigen Entschädigungsmaßnahmen, aber auch wegen der Unausgewogenheit der Standards - niedrig bei den Lage- und Gebäudekriterien, hoch beim technischen und dekorativen Ausbau - sind dann die Chancen für die Wirtschaftlichkeit erheblich reduziert.

Die Wertschätzung hoher Qualität bei den Grundbedingungen des Gebäudes und damit in der Regel auch einfacher Bauformen und Grundrisse wird auch den Anforderungen unter dem Aspekt gesundes, behagliches Wohnen am besten gerecht. Wie sich zeigte, haben sogar zu kurz gegriffene Ansätze zum Flächen-, Baukosten- und Energiesparen nicht selten nachteilige Nebenwirkungen. Auch viele baubiologische und ökologische "Patentrezepte" zum gesunden Bauen halten bauphysikalischen, wirtschaftlichen, ja sogar physiologischen Überprüfungen nicht stand, erfüllen also nicht die geweckten Erwartungen. Ein auf solide und gestalterisch ansprechende Grundvoraussetzungen bedachter Wohnungsbau kann am ehesten auf teuren Ausbaustandard verzichten. Damit sind zwar den aktuellen Möglichkeiten der Kostensenkung gewisse Grenzen gesetzt, die nachhaltige Wirtschaftlichkeit ist so jedoch am ehesten gewährleistet. Auch spätere Modernisierungen und Weiterentwicklungen bleiben lohnend. Gleichzeitig und nicht zuletzt wird den menschlichen Bedürfnissen damit am besten entsprochen.

Wesentliche Empfehlungen der Arbeit

- Koordination der Fenster- und Raumhöhen mit der Verbauung, nicht zu knapp bemessene Fenster, Nutzung der Fenster auch zum Wärmege-
winn,

- Detailarbeit am Komplex Fenster mit Zubehör einschließlich strahlungsorientierter Heizflächen,
- zusätzlich Verbesserung der Möblierungsmöglichkeiten im Fensterbereich,
- günstige Orientierung der Wohnungen, hoher Stellenwert der Beleuchtung und Besonnung
- Maßnahmen technischer Art (Sensoren, Warnvorrichtungen?) und rechtlicher Art (Änderung oder Ergänzung der Vorschriften über Fenster und Luftwechsel?) um einen Minimalluftwechsel zu garantieren, entsprechende Maßnahmen in der Baupraxis (Spaltlüfter, gesonderte Lüftungseinrichtungen) sowie intensive Information,
- bei Unstetigkeit der Fensterlüftung (und auch anderer Systeme) beim Dauerlüftungsbetrieb zur Vermeidung von Mängeln kein Lüften an der Untergrenze,
- Energiesparen über Verringerung der Lüftungswärmeverluste nicht um jeden Preis, solange nämlich Gefahren für Gesundheit und Bauwerk bestehen,
- Anpassen von Heizen und Lüften, dazu Vereinfachung und Verbesserung der Regelungsmöglichkeiten,
- generell mehr Individualisierung der Möglichkeiten, die Heizung zu regulieren, im Interesse des Energiesparens wie das gesunde Wohnens durch bedarfsgerechte Temperatursenkung,
- mehr Ausnutzung der Speicherfähigkeit von Wänden und Decken zur Stabilisierung des Raumklimas,
- verstärkter Einsatz von Strahlungswärme für vielfältige eher kurzzeitige Bedürfnisse (Ökonomie, Erlebbarkeit),
- bewußtere Gestaltung des Außenklimas,
- mehr Berücksichtigung der psychischen Bedürfnisse und der Möglichkeiten sinnlichen Erlebens in Verbindung mit Licht, Luft, Sonne, Wärme,
- mehr Qualitätsbewußtsein bei den nicht oder nur schwer veränderbaren Merkmalen einer Wohnung.

Literatur:

- Andersson, A.: Folgen zusätzliche Wärmedämmung - Wärmebrücken, Feuchteprobleme, Wärmespannungen, Haltbarkeit. In: Bauphysik 2, 1980, Heft 4, S.119-124
- Apel, D.; Borgmann, R.; Fischer, E.; u.a.: Schallschutz im Städtebau: ein Beitrag zur Umweltverträglichkeitsprüfung, Institut für Umweltschutz der Universität Dortmund (Hrsg.), Schmidt Verlag, Berlin, 1979
- ASHRAE: Handbook of Fundamentals, First Printing, 1972, S. 130
- Bach, H.; Heßlinger, S. u.a.: Niedertemperaturheizung, Handbuch für Planer, Hersteller und Betreiber. Verlag C.F. Müller Karlsruhe, 1981
- Bach, H.; Heßlinger, S.: Warmwasserfußbodenheizung. 3. Auflage, Verlag C.F. Müller Karlsruhe, 1981
- Beck, G.; Schmidt, P.: Hygiene, Präventivmedizin. Enke Verlag, Stuttgart 1982
- Beckert, J.: Die Physiologie des Menschen und die Eigenschaften der Baustoffe. In: Deutsches Architektenblatt 5/1985, S.589-602
- Bedford, Th.: Basic Principles of Ventilation and Heating. London, 1948
- Betz, D.: Psychologie der kognitiven Prozesse, Reinhardt Verlag, München, 1974
- Blüthgen, J.: Allgemeine Klimageographie. Lehrbuch der allgemeinen Geographie, Bd. II., Berlin, 1964
- Breuer, G.: Geht uns die Luft aus? Ökologische Perspektiven der Atmosphäre. Deutsche Verlags-Anstalt Stuttgart, 1978
- Büning, W.: Angemessenes Tageslicht im Wohnungsbau. Fortschritte und Forschungen im Bauwesen. In: Berichte des Beirats für Bau-forschung beim Bundesministerium für Wohnungsbau, Reihe D, Heft 10, Stuttgart, 1953
- Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V. (Hrsg.): Umweltfreundliches Bauen (Bund Informationsmappe), Stuttgart, 1985
- Cabanac in: Cena, K.; Clark, J.A.: Bioengineering, Thermal Physiology and Comfort. Studies in Environmental Science 10, 1981

- Daler, R., Heberda, F., Hirsch, E., Knöbel, U., Krüger, W.: Bestandsaufnahme von Einrichtungen zur freien Lüftung im Wohnungsbau (Forschungsbericht). Friedrichshafen, 1984
- Dittes, W.: Auswahl und Auslegung von Raumheizflächen, Lehrgang Heiztechnik A. Technische Akademie Esslingen 4/1984
- Dittes, W., Goettling, D., Wolf, H.: Arbeitsplatzluftreinhaltung - Schadstoffeffassungseinrichtungen in der Fertigungstechnik. Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven, 1986
- Eibl-Eibesfeldt, I., Hass, H.: Sozialer Wohnungsbau und Umstrukturierung der Städte aus biologischer Sicht. In: Stadt und Lebensqualität. Deutsche Verlags-Anstalt, Stuttgart, 1985.
- Eickenhorst, H., Görlicke, P.: Lüftung, Klimatisierung und Wärmerrückgewinnung. In: RWE-Handbuch 1985/86, Hrsg. Rheinisch Westfälisches Elektrizitätswerk AG Essen. Energie-Verlag Heidelberg, 1985
- Erhorn, H., Gertis, K.: Auswirkung der Lage des Fensters im Baukörper auf den Wärmeschutz von Wänden. In: Fenster und Fassade, Sonderdruck aus 11/1984, Heft 2, S.53-57
- Erikson, W.: Probleme der Stadt- und Geländeklimatologie. Darmstadt, 1975
- Fanger, P.O.: Thermal Comfort. Mc-Graw-Hill Book Company. New York, 1973
- Fanger, P.O.: Beurteilung der thermischen Behaglichkeit des Menschen in der Praxis. In: Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Präventivmedizin, 9, 1974, Nr. 12, S.265, 269
- Fanger, P.O., Olesen, B.W.: Messungen zur Beurteilung der thermischen Behaglichkeit bei Fußbodenheizung. VDI-Bericht Nr. 317, Düsseldorf, 1979
- Finke, L.: Zuordnung und Mischung von bebauten und begrünten Flächen. In: "Städtebauliche Forschung", Schriftenreihe des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Bonn, Nr.03044, 1976
- Freymuth, H.: Tageslichttechnische Untersuchungen an Terrassenhäusern. S.176-190 im Werkbericht: Städtebauliche Verdichtung durch terrassierte Bauten in der Ebene. Beispiel Wohnhügel. Bearb. von H. Schröder u.a. In: Informationen aus der Praxis - für die Praxis Nr.33 des Bundesministeriums für Städtebau und Wohnungswesen, Bonn, 1972

- Freymuth, H.: Tageslichttechnik in der Bauplanung. S.9-132 in: Licht, Luft, Schall. Eberspächer (Hrsg), Stuttgart, 1977
- Freymuth, H.: Zusammenhänge zwischen Besonnung, Tagesbeleuchtung und Stadtplanung, S.39-44 in Groß, Jesberg, Oeter u.a.: Licht im Hoch- und Städtebau. Hrsg. vom Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes Nordrhein-Westfalen (ILS), Band 3.021. Dortmund, 1979
- Freymuth, H.: Sonnenwärmegewinn trotz Sonnenschutz ? Beitrag zum Seminar on Urban and Building Climatology des Internationalen Verbandes für Wohnungswesen, Städtebau und Raumordnung (IVWSR) 1983 in Frankfurt (Manuskript), englische Übersetzung. Den Haag, 1983
- Freymuth, H., Freymuth, G.: Diagrammsatz Sonnenwärme. In: Veröffentlichung 135 der Forschungsgemeinschaft Bauen und Wohnen Stuttgart (FBW), 1983
- Froelich, H.: Bewertung der Solararchitektur. In: BM 1,1984 S.40-42
- Froehlich, H.: Wohnraumbelüftung aus Gründen der Raumhygiene, des Tauwasserschutzes und des Betriebes von Feuerstätten. In: Bauwirtschaftliche Informationen (BBauBI) 5/1981 Heft 5, S.231-332
- Froehlich, H., Gerdes, D.: Entscheidungskriterien für Fenster (Kurzfassung). Bautechnische Informationen, Nr.2, Hrsg. Oberfinanzdirektion Hannover (Landesbauabteilung), 1982
- Froelich, H., Schmid, I., Seifert, E.: Entscheidungskriterien für Fenster und ihre Auswirkung auf die Konstruktion, Tagungsunterlage zum Architektenseminar im Rahmen der Messe Fensterbau 85, Fensterbau-, Informations- und Ausstellungs-GmbH (Hrsg.). Stuttgart, 1985
- Gaupp-Kandzora, R., Merkel, H., Rothermund, G., u.a.: Planen und Bauen für den unbekanntten Bewohner, Hausbau Wüstenrot (Hrsg.), Stuttgart 1974
- Gartner, K., Winklbaaur, G.: Gesünder Wohnen. Biologisch richtiges Bauen, Umbauen und Einrichten. Wien, 1985
- Gertis, K.: Auswirkung zusätzlicher Wärmedämmschichten auf das bauphysikalische Verhalten von Außenwänden. Aachener Bausachverständigentage, Bauverlag, Wiesbaden, 1980, S.44-48
- Gertis, K.: Bauphysikalische Grundlagen der Wohnungslüftung. In: Deutsche Bauzeitung, 1984 a, S.231-234
- Gertis, K.: Neue Überlegungen zum Mindestwärmeschutz. In: Wärmeschutz, Kälteschutz, Schallschutz, Brandschutz, Grünzweig+Hartmann und Glasfaser AG (Hrsg.), S.39-42. Mai, 1985 a

- Gertis, K., Erhorn, H.: Jetzt Wärmebrücken im Kreuzfeuer? In: Bauphysik 4, Heft 4, S.135-139, 1982
- Gertis, K.: Wärmedämmung innen oder außen? Forschungsbericht im Auftrag der Forschungsgemeinschaft Bauen und Wohnen, Stuttgart, 1985 b
- Gertis, K.: Das hochgedämmte massive Haus. Wirtschaftlich bauen, gesund Wohnen. Sonderdruck aus Bundesbaublatt 32, 1983, Heft 3, S.149-156; Heft 4, S.203-207
- Gertis, K.: Raumluftheuchte und Wohnungslüftung. In: Lüftung im Wohnungsbau. Projektleitung Energieforschung der Kernforschungsanlage Jülich GmbH (Hrsg.), Köln, 1984 b
- Gilgen, A., Barrier, A.: Besonnung von Wohnungen. In: Das Bauzentrum 18, Heft 4, S.53-58, 1970
- Glück, B., Windisch, K.: Strahlungsheizung - Theorie und Praxis. Berlin, 1981
- Gösele, K., Schüle, W.: Schall, Wärme, Feuchte: Grundlagen, Erfahrungen und praktische Hinweise für den Hochbau. Wiesbaden, Berlin, 1985
- Gorsen, P.: Lebensreform und Alternativkultur, Notizen über Beschädigungserfahrungen. In: Neue Rundschau, 94. Jahrgang, 1983, Heft 3
- Grandjean, E.: Wohnphysiologie. Grundlagen gesunden Wohnens. Zürich, 1973
- Grandjean, E.: Die Bedeutung der Freiräume für die physische und psychische Gesundheit des Menschen.
- Green, G.H.: Zusammenhang zwischen der Luftfeuchtigkeit und Absenzen vom Arbeitsplatz. In: Clima Commerce International 12/1985
- Griefahn, B., Jansen, G., Klosterkötter, W.: Zur Problematik lärmbedingter Schlafstörungen, eine Auswertung von Schlaf-Literatur, Umweltbundesamt, Berlin, 1976
- Halle-Tischendorf, F.v.: Baubiologie und Gesundheit. Deutsche Gesellschaft für Wohnungsmedizin e.V. (Hrsg), Friedrichstal, 1983
- Hartmann, E.: Beleuchtung am Arbeitsplatz. Studie für das Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung, S.16. München, 1982
- Hauser, G.: Verglaste Baukörper zur passiven Sonnenenergienutzung. In: Bauphysik 5, Heft 5, S.147-152, 1983

- Hauser, G.: Energetische Auswirkungen und sommerliches Temperaturverhalten eines Wintergartens. In: Kunststoffe im Bau, Heft 4, S.170-173, 1984
- Heandly, Bach u.a: Prinzipstudie Niedertemperaturheizung. KI extra 8, Karlsruhe, 1979
- Hebgen, H., Püttmann, H.: Hinweise zum energiesparenden Bauen, bauphysikalische und bautechnische Grundlagen. In: RWE-Bauhandbuch 1985/86, Rheinisch-Westfälisches Elektrizitätswerk AG (Hrsg.), Essen 1985
- Heidemann, C.; Zimmermann, J.: Wohnverhalten und Wohnumwelt. Institut für Regionalwirtschaft der Universität Karlsruhe, 1978
- Heinle, E.; Church, M.; Lohss, H.; Dehlinger, H.: Das Olympische Dorf in München, S.V/0-32 im Sonderband "Bauten der Olympischen Spiele 1972 in München" der Architektur-Wettbewerbe, Stuttgart, 1969
- Hellpach, W.: Geopsyche. Die Menschenseele unter Einfluß von Wetter, Klima, Böden und Landschaft. Stuttgart, 1977
- Hesslinger, S., Schlapmann, D.: Wärmeübergang an einer horizontalen Fläche bei Wärmedurchgang von unten nach oben. Universität Stuttgart, Abteilung Heizung, Lüftung, Klimatechnik, März, 1977
- Hillmann, G., Nagel, J., Schreck, H.: Klimagerechte und energiesparende Architektur, Karlsruhe, 1982
- Hirsch, E., Schmid, J., Sieberath, U.: Ermittlung der Undichtheiten an Fenstern und Fenstertüren einschließlich vorhandener Rolläden (Forschungsbericht), Rosenheim, 1983 (unveröffentlicht)
- Höfler, H., Kandel, L., Linhardt, A., u.a.: Baukosten-Sparfibel. In: "Städtebauliche Forschung", Schriftenreihe des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Nr.03.099, Bonn, 1983
- Hoffmann-Axthelm, D.: Sinnesarbeit: Nachdenken über Wahrnehmung, Frankfurt/Main und New York, 1984
- Huber, G., Wanner, H.U.: Raumluftqualität und minimale Lüftungs-raten. In: Haustechnik, Bauphysik, Umwelttechnik, Gesundheitsingenieur 103, Heft 4, S.207-210, 1984
- Huser, S., Grandjean, E., Suchantke, M.: Physiologische Grundlagen des Wohnungsbaues. Eidgenössische Forschungskommission Wohnungsbau (FKW), (Hrsg), Bern, 1971

- Jendritzky, G., Sönning, W., Swantes, H.J.: Ein objektives Bewertungsverfahren zur Beschreibung des thermischen Milieus in der Stadt- und Landschaftsplanung, Hannover, 1979
- Keidel, W.D., Schlipküter, H.W. u.a.: Objektivierung von Belästigungswirkungen auf den Menschen durch Geruch. Umweltbundesamt (Hrsg.), Berlin, 1980
- Keitz, H.A.E.: Lichtberechnungen und Lichtmessungen. Eine Einführung in das System der lichttechnischen Größen und Einheiten und in die Photometrie. 2. Auflage, Eindhoven, 1967
- Keller, G.: Baustoffe und Strahlenexposition. In: Das Bauzentrum, 1/1984, S.9-11
- Klimesch, W.: Anhaltspunkte für das Raumklima. In: "Bauen und Gesundheit", ausgewählte Studentenarbeiten, Klaus Korpiun (Hrsg.) 1982
- Klingenberg, H., Seidl, M.: Forderungen an Abstandsflächen und Fenster im Hinblick auf Kommunikation und Privatheit. Berlin, 1976
- Knöbel, U.: Einrichtungen zur freien Lüftung und Lüftungsanlagen. In: Lüftung im Wohnungsbau. Projektleitung Energieforschung der Kernforschungsanlage Jülich GmbH (Hrsg.), Köln, 1984
- Koblin, W., Krüger, E., Schuh, W.: Handbuch, Passive Nutzung der Sonnenenergie. In: "Bau- und Wohnforschung", Schriftenreihe des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau Nr.01.097, Bonn, 1984
- Kollmar, A., Liese, W.: Die Strahlungsheizung, Verlag R. Oldenbourg. München, 1957
- Konz, F.: Der Einfluß der Besonnung auf Lage und Breite von Wohnstraßen (Dissertation). In: Mitteilungen der Versuchsanstalt für Straßenbau der Technischen Hochschule zu Stuttgart, Heft 5, 1932
- Kopf, E., Mährlein, K., Schocker, H., Walter, K.: Die Be- und Entlüftung von Wohn- und Aufenthaltsräumen. Gretsche-Unitas GmbH (Hrsg.). Ditzingen, 1982
- Krätzer, K.R., u.a.: Rationalisierungskatalog als Grundlage für die Planung und Beurteilung von Wohnungsbauten. In: "Bau- und Wohnforschung", Schriftenreihe des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Nr.04.021, Bonn, 1977
- Krech, D., Crutchfield, R.S.: Grundlagen der Psychologie. Band II, Beltz, Weinheim und Basel, 1973

- Krochmann, J., Özver, Z., Orłowski, P.: Über die Bestrahlungsstärke durch Sonne und klaren Himmel auf geneigter Fläche. In: TAB Technik am Bau 1975, Heft 6, S.441-443, 445, 446
- Krochmann, J., Schmid, O.: Über die Sonnenscheinwahrscheinlichkeit in Deutschland. In: Lichttechnik 26, Heft 10, S.428-429 und Heft 11, S.466-468, 1974
- Krusche, P., Althaus, D., Gabriel, I., Weig-Krusche, M.: Ökologisches Bauen. Umweltbundesamt (Hrsg.), Berlin, 1982
- Lengert, J.: Was braucht der Mensch zum Wohnen? In: Wohnsinn Nr.5, IKEA Verbraucherabteilung Hofheim (Hrsg.), 1982
- Leonhardt, F.: Bauen, um gesund zu leben. Vortrag in der Reihe "Naturwissenschaft im Rathaus", Stuttgart, 4. Oktober 1985
- Liese, W.: Die Wohnraumheizung unter wärmepsychologischen und hygienischen Gesichtspunkten. G/AO, S.16, 1949
- Lotz, K.E.: Willst Du gesund wohnen? Neueste baubiologische Erkenntnisse, Remscheid, 1978
- Lutz, P., Jenisch, R., Klopfer, H., Freymuth, H., Krampf, L.: Lehrbuch der Bauphysik, Schall, Wärme, Feuchte, Licht, Brand. Stuttgart, 1985
- Lutz-Dettinger, U.: Förderung der Gesundheit und Lebensfreude durch körperliche und physische Hygiene. Paderborn, 1982
- Mährlein, K.: Lüftung. Die Planung der Lüftung von Wohn- und Aufenthaltsräumen. In: Deutsche Bauzeitung 2, S.50-56, 1982
- Mangum, Hill: Thermal Comfort in Indoor Environments. Reprint eines Symposium-Berichts, Washington, 1973
- Marshall, F.: Passiver Sonnenenergiegewinn mit einer Solar-Veranda unter Beibehaltung des Wohnkomforts. In: Glas und Rahmen 11, S.625-628, 1984
- Mayer, E.: Untersuchungen von Zegerscheinungen mit Hilfe physikalischer Meßmethoden. In: Gesundheits-Ingenieur, 106/1985, Heft 2, S.65-73
- Murch, G.M., Woodworth, G.L.: Wahrnehmung, Stuttgart, 1978
- Neumann, E., Reichelt, W.: Die städtische Siedlungsplanung unter besonderer Berücksichtigung der Besonnung. Stuttgart, 1954
- Nikolic, V., Rouvel, L.: Vergleich des Wärmebedarfs bei unterschiedlicher Lüftung. In: Lüftung im Wohnungsbau. Energieforschung der Kernforschungsanlage Jülich GmbH (Hrsg.), Köln, 1984

- Olesen, B.W.: Thermische Komfortkrav til gulve (Thermische Behaglichkeitsbedingungen für den Fußkomfort), Dissertation, Kopenhagen, 1975
- Preuner, R.: Gesundheit und gebaute Umwelt. Einführung in die Wohnhygiene, Stuttgart 1979
- Renner: Beitrag zur Methodik der thermischen Optimierung von Produktionsflachbauten unter Berücksichtigung sommerlicher Bedingungen, Dissertation A, TU Dresden, 1973
- Recknagel-Sprenger: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik. München, 1979
- Rittner, V.: Zur Soziologie körperbetonter sozialer Systeme. In: Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, Sonderheft 25, 1983
- Roedler, F.: Die wahre Sonneneinstrahlung auf Gebäude, 2. Teil: Berücksichtigung der Beschattung und Bewölkung. In: Gesundheitsingenieur 74, Heft 21 22, S.337-350, 1953
- Schaefer, H.: Was kann die Medizin zur Bauplanung aussagen? In: Gesundes Wohnen, Tagungsbericht, Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V. (Hrsg.), Köln, 1984
- Schick, A.: Schallwirkung aus psychologischer Sicht, Stuttgart, 1979
- Schick, A.: Akustik zwischen Physik und Psychologie: Ergebnisse des 2. Oldenburger Symposiums zur psychologischen Akustik, Stuttgart, 1981
- Schmidt, J.: Gesunde Wärme für wenig Geld. Zehn Jahre Praxis mit Heizsystemen, die Zukunft haben, Köln, 1985
- Seidl, M., Freymuth, H., Weeber, R.: Mindestabstände zwischen Gebäuden und Fenstergrößen für ausreichende Tagesbeleuchtung (Forschungsbericht), Stuttgart, 1978
- Spiegel (Hrsg.): Jede Faser winselt um Gnade. Spiegel-Autor W. Bittorf über das neue Ideal der Fitness. Heft Nr.22/1985
- Sterling, E.M., Arundel, A., Sterling, T.D.: Kriterien zur menschlichen Belastung durch Feuchtigkeit in Innenräumen. In: Clima Commerce International, Sonderdruck, Dezember, 1985
- Tempelmann, Y.: Spielregeln für Wohner. Ein Handbuch zum Wohnen. Aarau, Schweiz, 1981

- Terhaag, L.: Thermische Behaglichkeit - Temperatur und Feuchte, Vortrag zum Thema Gesundes Wohnen, Bundesverband der Deutschen Zementindustrie. Köln, 1984
- Tonne, F., Normann, W.: Die Berechnung der Sonnenwärmestrahlung auf senkrechte und beliebig geneigte Flächen unter Berücksichtigung meteorologischer Messungen. In: Zeitschrift für Meteorologie 1960, Heft 7-9, S.166-179, Abb.2
- Trepte, L.: Lüftungsanlagen Teil 1 (Forschungsbericht). Friedrichshafen, Stand 1984 (unveröffentlicht)
- Völckers, O., Tonne, F., Becker-Freyseng, A.: Licht und Sonne im Wohnungsbau. In: Veröffentlichung 39, Forschungsgemeinschaft Bauen und Wohnen, Stuttgart, 1955
- Weeber + Partner: Bewohnerbefragung zum Schallschutz (Forschungsbericht), Stuttgart, 1986
- Weeber + Partner: Temporärer Wärmeschutz am Fenster, Einsatz, Wirkungsweise, Wirtschaftlichkeit, Lüftungsprobleme (Forschungsbericht), Stuttgart, 1985 a
- Weeber + Partner: Städtebauliche Leitbilder, Problemaufriß unter Umweltgesichtspunkten, Umweltbundesamt (Hrsg.), Berlin, 1985 b
- Weeber, R.: Eine neue Wohnumwelt, Stuttgart, 1971
- Weeber, R.; Theilacker, R.; Schmelzer, P.; Weeber, H. u.a.: Alte Menschen, Hausfrauen und Kinder in einem neuen Wohngebiet, eine empirische Untersuchung des Wohngebiets Mannheim-Vogelstang, Stuttgart, 1972
- Wegener, J.: Berechnung der mittleren Beleuchtungsstärke durch Tageslicht in Innenräumen auf der Grundlage der mittleren Leuchtdichtevertelung des Himmels (Dissertation). Berlin, 1975
- Wegener, J.: Mindestluftwechsel in Abhängigkeit von Nutzungsart und -intensität. In: Lüftung im Wohnungsbau. Energieforschung der Kernforschungsanlage Jülich GmbH (Hrsg.), Köln, 1984
- Werner, H.: Wohnungslüftung im praktischen Text. In: Klima Commerce International, September 1985, S.43-44
- Xenophon: Memorabilien, 3. Buch, Kapitel 8
- Ohne Verfasser: Zehn Regeln zur Wohnungslüftung. Ausreichender Luftwechsel allein reicht nicht aus. In: Sanitär- und Heizungstechnik 47/1984, Heft 9, S. 581-587

Normen, Regeln

- DIN 18017: Lüftung von Bädern und Spülaborten ohne Außenfenster, Teil 1 Einzelschichtanlagen ohne Ventilatoren, Vornorm September 1983
- DIN 18017: Lüftung von Bädern und Spülaborten ohne Außenfenster, Teil 3 Mit Ventilatoren, Entwurf November 1984
- DIN 1946: Raumluftechnik, Teil 1 Grundlagen, Entwurf Juni 1979
- DIN 1946: Raumluftechnik, Teil 2 Gesundheitstechnische Anforderungen, Januar 1983
- VDI 2052: Raumluftechnische Anlagen für Küchen, März 1984
- VDI 2088: Lüftungsanlagen für Wohnungen, Dezember 1976
- DIN 4108: Wärmeschutz im Hochbau, Teil 2 Wärmedämmung und Wärmespeicherung, Anforderungen und Hinweise für Planung und Ausführung, August 1981
- DIN 4108: Wärmeschutz im Hochbau, Teil 4 Wärme- und feuchteschutztechnische Kennwerte, August 1981
- DIN 52614: Bestimmung der Wärmeableitung von Fußböden, Dezember, 1974
- DIN 5034: Tageslicht in Innenräumen, Teil 1 Allgemeine Anforderungen, Februar, 1983
- DIN 5034: Tageslicht in Innenräumen, Teil 4 Vereinfachte Bestimmung von Mindestfenstergrößen für Wohnräume, Entwurf Dezember 1981
- ISO 7730: Moderate thermal environments-Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions of thermal comfort, 1984 (E)
- Musterbauordnung - MBO - vom 11. Dezember 1981
2. Wärmeschutzverordnung vom 1. Januar 1984