2937

2937 1
121

Untersuchungen zum ‚Building Illness'-Syndrom in klimatisierten Gebäuden

Peter KRÖLING

Redaktionelles Vorwort

Im Folgenden wird der Inhalt eines Vortrages wiedergegeben, den Herr Dr. Kröling 1986 auf einer Vortragsveranstaltung der Gesundheitstechnische Gesellschaft e. V. Berlin, gehalten hat. Der Autor behandelt hierin Ausschnitte aus der „Kröling-Studie", die in der Fachöffentlichkeit widersprüchliche Reaktionen ausgelöst hat.

Unabhängig von einer kritischen Bewertung von Teilen der angewendeten Untersuchungsmethoden muß offenbar davon ausgegangen werden, daß in einer größeren Anzahl klimatisierter Gebäude einerseits zu hohe Raumluftgeschwindigkeiten bzw. ein zu hoher Turbulenzgrad der Luft und auf der anderen Seite auch Schleimhautreizungen aufgrund noch nicht geklärter Ursachen zu beanstanden sind. Bezüglich der Luftbewegung in Räumen ist darauf hinzuweisen, daß auch nach den neuesten Forschungsergebnissen von P. O. Fanger die bisher gültigen oberen Grenzwerte der Luftgeschwindigkeit – im Gegensatz auch zu seinen bisherigen Erkenntnissen – offenbar wesentlich zu hoch liegen und entsprechend reduziert werden müssen.

Red.

1. Einführung

Klagen über Störungen des Wohlbefindens und der Behaglichkeit sind in klimatisierten Gebäuden keine Seltenheit. Im angelsächsischen Schrifttum ist dieses Phänomen seit geraumer Zeit unter der Bezeichnung „building illness syndrome" (synonym: „sick building syndrome") bekannt. Wenn technische Mängel, Bedienungs- oder Wartungsfehler unzulässige Klimabedingungen hervorrufen, sind die auftretenden Beschwerden verständlich und durch entsprechende Maßnahmen zu beheben. Viele Verdachtsmomente weisen jedoch daraufhin, daß auch in klimatechnisch Vorschriftsmäßig betriebenen Gebäuden erhöhte Beschwerdepegel auftreten. Als Ursache hierfür hat man in Fachkreisen bisher vor allem psychologische Faktoren verantwortlich gemacht (EDI 1/1981).

Klimaanlagen haben eine vergleichsweise junge Tradition. Eine Sichtung der Vorschriften, Normen und Empfehlungen zeigt, daß sie im wesentlichen auf eindimensional-experimentell gewonnenen Erkenntnissen fußen. In Wirklichkeit sind jedoch Zielgrößen wie: „Behaglichkeit", „Befindlichkeit", „Zufriedenheit" etc. das Ergebnis einer außerordentlich komplexen zentralnervösen Verrechnung aller exogenen und endogenen Einflußgrößen. Im Gegensatz zu den vergleichsweise einfachen Reaktionsformen des Vegetativen Nervensystems (Pulsfrequenz, Blutdruck etc.) sind sie leider nicht meßtechnisch erfaßbar.

Die einzige Möglichkeit, quantifizierbare Informationen über subjektive Empfindungen zu erhalten, ist die systematische Befragung. Hiervon wird auf vielen wissenschaftlichen (Psychologie, Medizin) und kommerziellen Gebieten (Werbung, Produktforschung) erfolgreich Gebrauch gemacht. Auch viele experimentelle Grundlagen der Raumklimatisierung sind für einzelne Komponenten (Temperatur, Feuchte, Luftgeschwindigkeit etc.) durch systematische Befragungen erarbeitet worden. Im praktischen Anwendungsbereich der Klimatechnik scheinen diesbezüglich jedoch erhebliche Hemmungen zu bestehen. Als Folge hiervon ist das feedback zwischen Klimaverbraucher und Hersteller gering, so daß Fortschritte auf die technische Ebene beschränkt bleiben.

Die Klagen in klimatisierten Gebäuden sind weitgehend unspezifisch und zudem meist mit recht laienhaften Erklärungsversuchen verbunden, die dann vom Fachmann vorschnell als unsinnig eingestuft werden. Nicht selten fühlen sich betroffene Personen durch einen „Boomerang-Effekt" zusätzlich belastet: hat eine Klimaanlage keine offensichtlichen technischen oder funktionellen Mängel, werden vom Fachpersonal psychologische Ursachen angenommen. Die Verantwortung fällt damit de facto wieder an den Beschwerdeführer zurück. Bezeichnenderweise wird in Fachkreisen der Klimatechnik das gehäufte Auftreten von Klagen als „Meckerquote" gewertet.

Praktisch alle in klimatisierten Gebäuden beklagten Beschwerden treten auch in konventionell beheizten Gebäuden auf. Wegen ihrer fehlenden Spezifität lassen sich deshalb nur in Vergleichsuntersuchungen anhand ihrer andersartigen quantitativen Struktur identifizieren. Bisher fehlten allerdings derartige Studien in der internationalen Literatur weitgehend.

Eine der wenigen Ausnahmen stellt die 1984 von *Finnegan* et al. in England durchgeführte Untersuchung dar [3], in die 1200 Beschäftigte in 9 klimatisierten und konventionell beheizten Gebäuden einbezogen wurden. In ersteren fanden die Autoren hochsignifikant erhöht auftretende Beeinträchtigungen im Bereich der Augenschleimhäute und des Respirationstraktes, trockene Haut, sowie Kopfschmer-

Dr. med. Peter Kröling, Inst. f. Med. Balneologie u. Klimatologie der Universität München, Marchioninstraße 17, 8000 München 70. Die Studie wurde gefördert durch das BuMi Forschung und Technologie, FKZ 01 VD 132.

zen, Ermüdungserscheinungen und Konzentrationsstörungen, besonders in den Nachmittagsstunden. Das ermittelte Beschwerdemuster trat weitgehend unabhängig von der Bauart des Gebäudes und der RLT-Anlage auf; die Größe der Büros hatte ebenfalls keinen Einfluß. Untenstehend sind die wesentlichen Beschwerden und ihre prozentuale Verteilung (gerundet) in konventionellen, mechanisch ventilierten und vollklimatisierten Gebäuden zusammengefaßt:

Beschwerde	Kontrolle in %	Ventilation in %	Vollklima in %
Nase	6	14*	17***
Augen	6	8	18***
Atemwege	8	18*	33***
Haut (trockene)	6	6	15***
Kopfschmerzen	16	37***	40***
Ermüdung	14	45***	53***

Für die Ursachen der Beschwerden konnten *Finnegan* et al. zwar keine plausible Hypothese anbieten, jedoch einige potentielle Kausalfaktoren wie Formaldehyd und das Umluftverfahren weitgehend ausschließen. Die Hypothese, daß dem Syndrom psychologische Ursachen („hystery") zugrunde liegen, wurde abgelehnt. Ähnliche Untersuchungsergebnisse erbrachte eine 1985 publizierte Studie von *Robertson* et al. [10]. Eine ausführliche Literaturauswertung findet sich in [7/1985].

1.1 Ziel der Untersuchungen

Ziel der eigenen Untersuchungen war es, Art und Häufigkeit der in klimatisierten Gebäuden geklagten Beschwerden zu quantifizieren und Kausalitätsmodelle für die weitere experimentelle Forschung zu erstellen. Sie sollten zum Verständnis der Beschwerdeproblematik beitragen und Wege zu ihrer Beseitigung aufzeigen. Folgende Fragen wurden schwerpunktmäßig untersucht:

- wie hoch ist der Anteil von Personen, die sich regelmäßig in klimatisierten Gebäuden aufhalten?
- unterscheiden sich subjektive Befindlichkeits- und Behaglichkeitsangaben in klimatisierten Gebäuden gegenüber konventionell beheizt und belüfteten Gebäuden?
- welche typischen Beschwerdemuster lassen sich isolieren?
- welche technisch-physikalischen Besonderheiten treten auf?
- welche Beschwerdemuster und technisch-physikalischen Besonderheiten stehen in einem plausiblen Zusammenhang?
- welche Erkenntnisse finden sich in der einschlägigen Literatur, und wie lassen sich die eigenen Ergebnisse einordnen?
- welche experimentellen Ansätze und praktischen Konsequenzen lassen sich – in Verbindung mit Ergebnissen aus der Literatur – aus den Untersuchungen ableiten?

Die Fragestellungen wurden durch 2 getrennte Projektteile A und B angegangen, die im folgenden stark gekürzt dargestellt werden. Nähere Einzelheiten finden sich im zugrunde liegenden Forschungsbericht [7/1985].

2. Projektteil A: Repräsentativerhebung durch Infratest

2.1 Methodik

Im Rahmen des vom BMFT geförderten Gesamtprojektes wurde durch ein Meinungsforschungsinstitut (Infratest) eine Repräsentativerhebung zur Gewinnung epidemiologisch relevanter Daten durchgeführt. Sie erfolgte durch Einschaltung in 4 Wellen einer monatlichen Mehrthemenuntersuchung (MTU) an Bevölkerungsstichproben von je 2000 Personen über 14 Jahren (August–November 1983). Etwa in der Mitte des ca. 70 Themen umfassenden Interviews wurde u.a. folgende Frage plaziert:
Wodurch wird das Raumklima an Ihrem Arbeitsplatz erzeugt?

- Durch eine Zentralheizung,
- durch eine Klimaanlage,
- durch eine sonstige Heizung.

Am Ende des Interviews wurde von den Personen, die berufstätig sind und überwiegend in geschlossenen Räumen arbeiten, ein Fragebogen ausgefüllt. Er enthält 11 Parameter, die sich auf Störungen des Wohlbefindens beziehen, sowie 12 Parameter, die Störungen durch allgemeine Bedingungen am Arbeitsplatz erfassen. Die diskrete Skalierung der Antworten erfolgte durch die 4 vorgegebenen Intensitätsstufen „stark", „mäßig", „kaum" und „gar nicht".

2.2 Ergebnisse

Da die Untersuchung auf repräsentativen Stichproben basiert, läßt sich die Zahl der Personen abschätzen, die sich nach eigenen Angaben regelmäßig in klimatisierten Gebäuden aufhalten. Sie beträgt für Personen über 14 Jahren in der BRD einschließlich Berlin West ca. 2,5 Mio. (entsprechend 100% in den *Bildern 1* und *2*).

2.3 Hinweise zur grafischen Darstellung der Bilder 1–6

Die vollständige vergleichende Darstellung der 4 Intensitätsstufen hat sich als recht unübersichtlich erwiesen. Als eine grafisch praktikable Darstellungsweise ohne wesentlichen Informationsverlust wählten wir folgenden Weg: die prozentualen Anteile der Personen, die den jeweiligen Parameter mit „stark" oder „mäßig" bewerteten, wurden additiv zu einem Prozentwert zusammengezogen. Die schwachen Bewertungen „kaum" oder „gar nicht" ergeben sich aus der Ergänzung zu 100%. Die angegebenen Signifikanzen beziehen sich unabhängig davon auf den Chi^2 (8 Felder)-Test und sind nach den üblichen Schranken bemessen ($p < 0{,}05 \triangleq$ *; $p < 0{,}01 \triangleq$ **; $p < 0{,}001 \triangleq$ ***). Die Parameter der *Bilder 1* und *2* sind zur raschen Information in der Reihenfolge der prozentuellen Differenzen zwischen den beiden Gruppen geordnet.

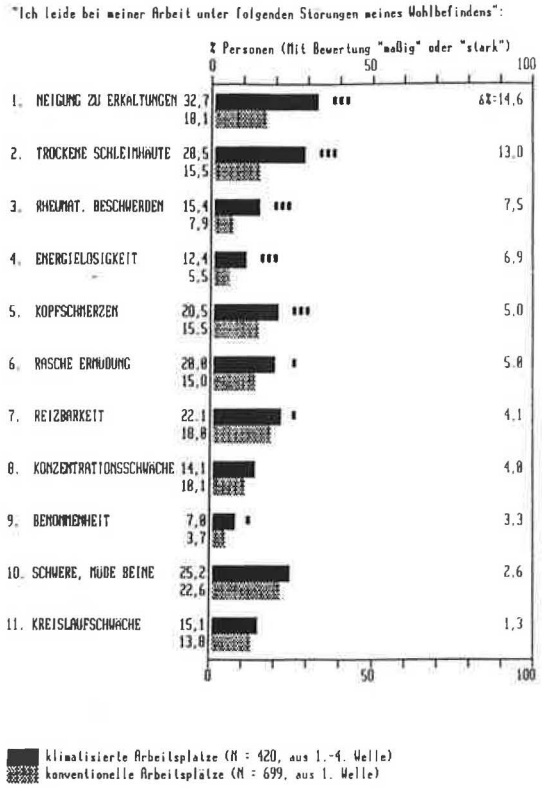

Bild 1. Störungen des Wohlbefindens an klimatisierten und konventionell beheizten Arbeitsplätzen. Repräsentativerhebung durch INFRATEST (Herbst 1983; Gesamtstichprobe N = 8000; Alter ab 14 Jahre; 100% entspricht ca. 2,5 Mio. Personen in BRD u. Berlin West. Signifikanzniveau: $p < 0{,}05$ = *, $p < 0{,}01$ = **, $p < 0{,}001$ = ***. Von den 4 vorgegebenen Intensitätsstufen „stark", „mäßig", „kaum" und „gar nicht" wurden für die grafische Darstellung die Stufen „stark" und „mäßig" zu einem Prozentwert zusammengezogen) in: [7/1985].

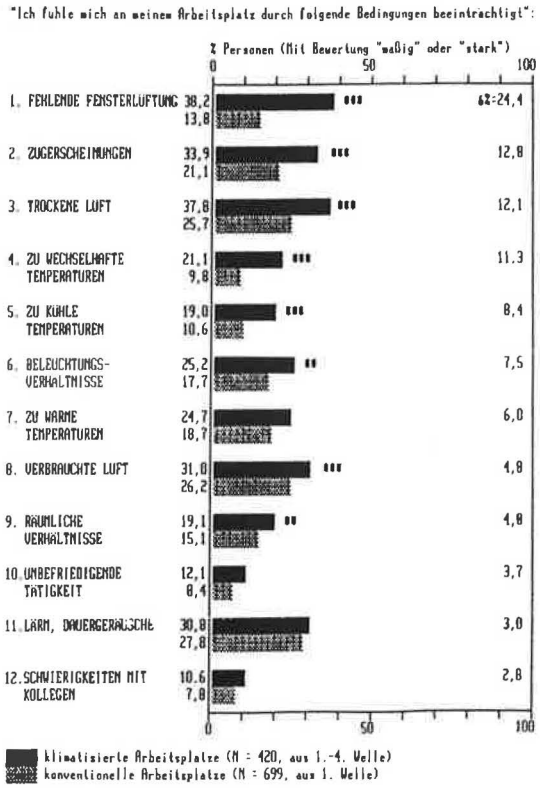

Bild 2. Beeinträchtigen durch diverse Umgebungsbedingungen an klimatisierten und konventionell beheizten Arbeitsplätzen. Repräsentativerhebung durch INFRATEST. (Herbst 1983; Gesamtstichprobe N = 8000; Alter ab 14 Jahre; 100% entspricht ca. 2,5 Mio. Personen in BRD u. Berlin W. Signifikanzniveau: $p < 0{,}05$ = *, $p < 0{,}01$ = **, $p < 0{,}001$ = ***. Von den 4 vorgegebenen Intensitätsstufen „stark", „mäßig", „kaum" und „gar nicht" wurden für die grafische Darstellung die Stufen „stark" und „mäßig" zu einem Prozentwert zusammengezogen.) in: [7/1985].

2.4 Zu Bild 1: Statement „Ich leide bei meiner Arbeit unter folgenden auffälligen Störungen meines Wohlbefindens"

Aus *Bild 1* geht hervor, daß sich das Antwortverhalten der beiden Gruppen bei einer Reihe von Parametern erheblich voneinander unterscheidet. Demnach leiden in klimatisierten Bereichen etwa doppelt soviel Personen „stark" oder „mäßig" unter „Neigung zu Erkältungen", „trockene Schleimhäute", „rheumatische Beschwerden", „Energielosigkeit" und „Benommenheit". Weiterhin sind Beschwerden über „Kopfschmerzen", „rasche Ermüdung" und „Reizbarkeit" statistisch auffällig erhöht. Lediglich die beiden Kreislaufparameter „schwere, müde Beine" und „Kreislaufschwäche" sowie „Konzentrationsschwäche" sind statistisch ungesichert. Hierbei – wie auch bei der Beurteilung der anderen Parameter – ist jedoch zu berücksichtigen, daß die Befragungen im Rahmen der MTU nicht am Arbeitsplatz, sondern im häuslichen Milieu stattfanden. Durch die Distanz von der Belastung am Arbeitsplatz (Feierabend, Wochenende etc.) ist, für jeden Parameter unterschiedlich stark, mit einer gewissen Nivellierung zu rechnen. Für diese Deutung spricht, daß das Antwortverhalten im Projektteil B (Einzeluntersuchungen am Arbeitsplatz, siehe *Bilder 3–6*) bei exakt gleicher Fragestellung z. T. erheblich abwich.

Unter der Annahme, daß die beiden Gruppen bis auf die Klimatisierungsbedingungen weitgehend der gleichen Grundgesamtheit entstammen und die ermittelten Befragungsdaten ein realistisches Bild der Beschwerdeproblematik vermitteln, lassen sich für die statistisch gesicherten Parameter epidemiologische Abschätzungen geben. Über den Erwartungswert in konventionellen Gebäuden hinaus leiden demnach in klimatisierten Gebäude unter:

- „Neigung zu Erkältungen": ca. 370000 Personen
- „Trockene Schleimhäute": ca. 330000 Personen
- „Rheumatische Beschwerden": ca. 190000 Personen
- „Energielosigkeit": ca. 170000 Personen
- „Kopfschmerzen": ca. 130000 Personen
- „Rasche Ermüdung": ca. 130000 Personen

(Anmerkung: Angaben einschließlich Mehrfachnennungen.)

2.5 Zu Bild 2: Statement „Ich fühle mich an meinem Arbeitsplatz durch folgende Bedingungen regelmäßig beeinträchtigt"

Im zweiten Teil des Fragebogens wurde die Bewertung typischer Arbeitsplatzbedingungen erfragt, um Hinweise auf mögliche Ursachen der vorgenannten Beschwerden zu erhalten. Wie die graphische Darstellung der Auswertung in

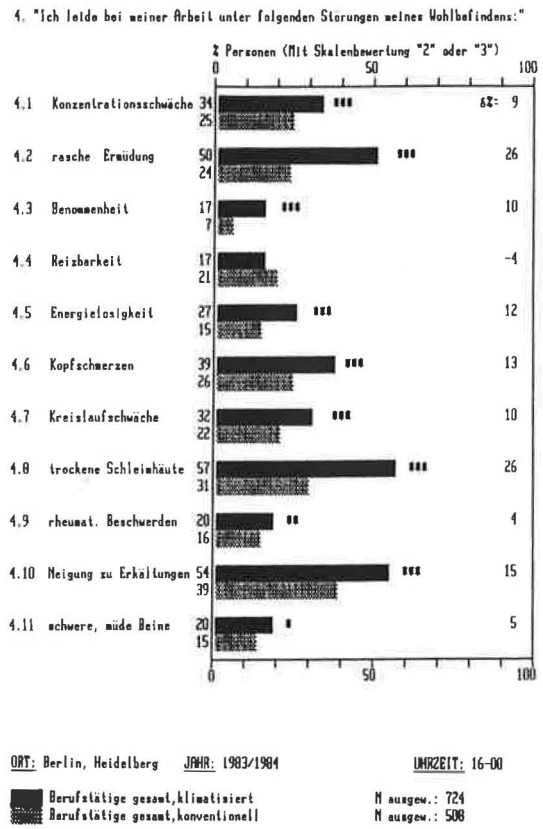

Bild 3. Störungen des Wohlbefindens an klimatisierteen und konventionell beheizten Arbeitsplätzen. Summarische Darstellung der Befragungsergebnisse aus den Bezirksämtern Berlin-Wedding, Berlin-Steglitz und dem Landratsamt Heidelberg (Rhein-Neckar-Kreis). (Signifikanzniveau: $p < 0{,}05$ = *, $p < 0{,}01$ = **, $p < 0{,}001$ = ***. Von den 4 vorgegebenen Intensitätsstufen „stark", „mäßig", „kaum" und „gar nicht" wurden für die grafische Darstellung die Stufen „stark" und „mäßig" zu einem Prozentwert zusammengezogen.) in: [7/1985].

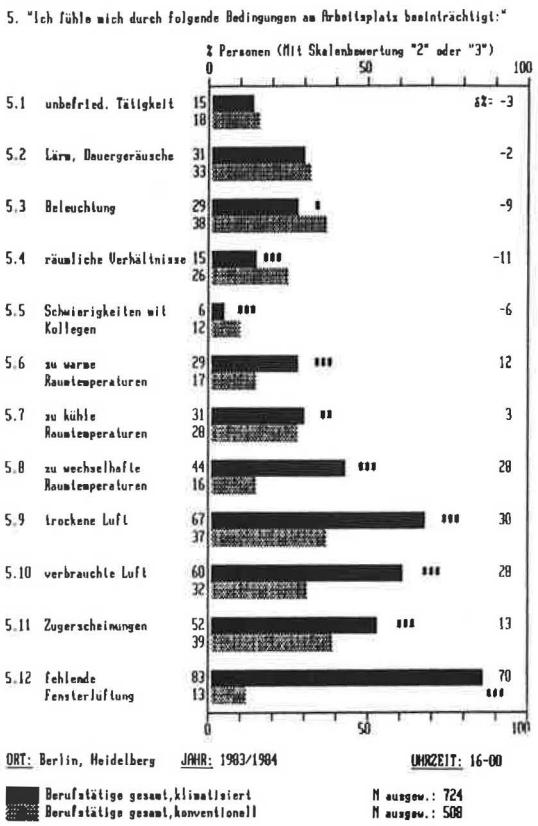

Bild 4. Beeinträchtigungen durch diverse Umgebungsbedingungen an klimatisierten und konventionell beheizten Arbeitsplätzen. Summarische Darstellung der Befragungsergebnisse aus den Bezirksämtern Berlin-Wedding, Berlin-Steglitz und dem Landratsamt Heidelberg (Rhein-Neckar-Kreis). (Signifikanzniveau: $p < 0{,}05$ = *, $p < 0{,}01$ = **, $p < 0{,}001$ = ***. Von den 4 vorgegebenen Intensitätsstufen „stark", „mäßig", „kaum" und „gar nicht" wurden für die grafische Darstellung die Stufen „stark" und „mäßig" zu einem Prozentwert zusammengezogen.) in: [7/1985].

Bild 2 zeigt, kommen Probleme wie „unbefriedigende Tätigkeit", „Schwierigkeiten mit Kollegen" und „Lärm, Dauergeräusche" offenbar nicht als ursächlich in Betracht.

Hochsignifikant schlechter bewertet wurden von den klimatisierten Personen vor allem folgende Parameter (einschließlich epidemiologischer Abschätzung):

- „Fehlende Fensterlüftung": ca. 610000 Personen
- „Zugerscheinungen": ca. 320000 Personen
- „Trockene Luft" ca. 300000 Personen
- „Zu wechselhafte Raumtemperaturen": ca. 280000 Personen
- „Zu kühle Raumtemperaturen": ca. 210000 Personen
- „Verbrauchte Luft": ca. 120000 Personen

Da die Ergebnisse der MTU auf Aussagen von Personen aus über 400 klimatisierten Bereichen beruhen, läßt sich daraus schließen, daß es sich bei den Klagen von Betroffenen nicht um klimatechnisch oder psychologisch bedingte Einzelerscheinungen, sondern um eine epidemiologisch relevante, verallgemeinerungsfähige Problematik handelt.

Die beschriebene Repräsentativuntersuchung gibt einen allgemeinen Überblick über die Befindens- und Behaglichkeitssituation in klimatisierten und konventionellen Gebäuden. Zur Ermittlung kausaler Zusammenhänge reicht sie jedoch nicht aus. Hierzu bedarf es der Analyse gleichzeitig gewonnener Befragungsergebnisse und meßtechnische Daten im Rahmen vergleichender Einzeluntersuchungen (Projektteil B).

3. Projektteil B: Untersuchungen am Arbeitsplatz in Einzelgebäuden

3.1 Methodik

In Zusammenarbeit mit Infratest wurde der in der Repräsentativerhebung (A) eingesetzte Fragebogen auf 47 Befindlichkeits- und Behaglichkeitsparameter erweitert. Dabei wurde mit Sorgfalt vermieden, durch die Erwähnung von Klimaanlagen latent vorhandene Vorurteile freizusetzen oder zu induzieren. Für den Einsatz in Schulen wurden einige Fragen geringfügig modifiziert.

In der BRD einschließlich Berlin-West wurden im Bereich des Öffentlichen Dienstes und im Schulwesen zunächst vergleichbare Kollektive in klimatisierten bzw. konventionell beheizten Gebäuden ermittelt. Die Vergleichsuntersuchungen erfolgten jeweils zum gleichen Zeitpunkt und im gleichen Ort, um Einflüsse wie Wetter, Tageszeit, Wochentag etc. zu eliminieren. Die anonymisierten, in unbeschrifteten

Umschlägen befindlichen Fragebögen wurden von Vertrauenspersonen am Befragungstag verteilt, gegen 16 Uhr (in Schulen gegen 13 Uhr) ausgefüllt und beim Verlassen des Gebäudes in Urnenbehältern abgegeben. Die Fragebögen wurden anschließend Infratest zur statistischen Bearbeitung übergeben.

Folgende Objekte wurden untersucht:

Termin	Gebäude	Klimasystem	N
06. 12. 83	Bezirksamt Berlin-Steglitz	Vollklimaanlage	555
	Bezirksamt Berlin-Wedding, Altbau	Zentralheizung	268
	Bezirksamt Berlin-Wedding, Neubau	Zentralheizung	167
13. 3. 84	W. v. Siemens-Gymnasium, München	Vollklimaanlage	267
	E. Grasser-Gynmasium, Neubau, München	Zentralheizung	86
	E. Grasser-Gymnasium, Altbau, München	Zentralheizung	160
27. 3. 84	W. v. Siemens-Gymnasium, München	Vollklimaanlage	263
	Ludwig-Gymnasium, Neubau, München	Zentralheizung	85
	Ludwig-Gymnasium, Altbau, München	Zentralheizung	76
11. 4. 84	Landratsamt Heidelberg, Altbau	Vollklimaanlage	169
	Landratsamt Heidelberg, Neubau	Zentralheizung	73
02. 7. 84	1. Oberschule Wilmerdorf, Berlin	Vollklimaanlage	284
	Kopernikus-Oberschule, Berlin	Vollklimaanlage	315
	Sophie-Scholl-Oberschule, Berlin	Zentralheizung	326

N (ges.) = 3094

An objektivierenden Messungen wurden gleichzeitig mit den Befragungen durchgeführt:

- Luftgeschwindigkeitsuntersuchungen (Institut für Bauphysik, Holzkirchen, FhG)
- Schallpegelmessungen mit besonderer Berücksichtigung der Frequenzanteile unter 100 Hz (NF-Schall, Infraschall)
- Erfassung des thermisch-hygrischen Milieus, einschließlich der Wärmestrahlung der Umschließungsflächen (Institut f. Bioklimatologie der L. M. Univ. München)
- CO_2-Messungen zur Orientierung über Raumluftqualität bzw. Luftwechsel.

Protokollarisch erfaßt wurden weiterhin typische bautechnische Merkmale. Anhand von Besichtigungen, Datenblättern und Gesprächen mit den verantwortlichen Technikern wurden, soweit möglich, die Leistungsdaten und der Funktionszustand der RLT-Anlagen ermittelt.

3.2 Befragungsergebnisse

Eine Darstellung der zahlreichen Befragungsdaten von den Einzelkollektiven ist in diesem Rahmen aus Platzgründen nicht möglich (wir verweisen hierzu nochmals auf den publizierten Forschungsbericht [7/1985]). Um wenigstens einen orientierenden Überblick zu ermöglichen, werden sie im folgenden – getrennt nach Schulen und Verwaltungsgebäuden – summarisch wiedergegeben. Gewiß ist diese Darstellungsweise aus wissenschaftlicher Sicht nicht unproblematisch; wir halten sie jedoch zur Demonstration der Größenordnungen, um die es geht, für hinreichend informativ. Ebenfalls aus Gründen der Platzersparnis werden nur die Ergebnisse der Fragen 4.1–4.11 und 5.1–5.12 dargestellt, die mit den Fragen aus der Repräsentativerhebung (Projektteil A) identisch sind.

3.3 Bilder 3 und 4: Berufstätige gesamt

Die Bilder *3* und *4* geben die durchschnittlichen Ergebnisse für die beiden klimatisierten Gebäude BA Steglitz (Berlin) und LRA Rhein-Neckar-Kreis Altbau (Heidelberg), sowie für die konventionellen Gebäude BA Wedding, Altbau/Neubau und LRA Rhein-Neckar-Kreis, Neubau, (Heidelberg) wieder. Bis auf die Parameter „unbefriedigende Tätigkeit" (5.1.), „Lärm, Dauergeräusche" (5.2.) und „Schwierigkeiten mit Kollegen" (5.5.) fallen die übrigen statistisch hoch gesichert zuungunsten der klimatisierten Personen aus.

3.4 Bilder 5 und 6: Schüler (10. Klassen, alle Lehrer) gesamt

Zusammengefaßt wurden die klimatisierten Schulen: 1. Oberschule Wilmersdorf; Kopernikus-Oberschule Steglitz (beide Berlin); Siemens-Gymnasium München-euperlach. Konventionelle Schulen: Sophie-Scholl-Oberschule (Berlin); Grasser-Gymnasium, Altbau und Neubau; Ludwig-Gymnasium Altbau und Neubau (jeweils gleiche Gebäude in München). Vernachlässigt wurde, daß die Befragung am 13. 3. 1984 im Siemens-Gymnasium nicht am Schulende, sondern am Schulbeginn stattfand (leichte Verzerrung der Ergebnisse zugunsten klimatisierter Schulen).

Bis auf „Schwierigkeiten mit Lehrern oder Schülern" (5.5) wurden alle übrigen Parameter – statistisch hoch gesichert – schlechter von den klimatisierten Kollektiven bewertet.

4. Meßtechnische Ergebnisse

4.1 Luftgeschwindigkeit

Im Rahmen der Untersuchungen in den Einzelgebäuden hat das Institut für Bauphysik (FhG, Holzkirchen) zahlreiche Luftgeschwindigkeitsanalysen durchgeführt und die Ergebnisse in einem Bericht (BHo 5, 1985 in: [7], Anhang 2) niedergelegt. Eingesetzt wurde ein neu entwickeltes Anemometer, mit Hilfe dessen auch dynamische Änderungen der Luftgeschwindigkeit (Turbulenz) quantifiziert werden können (siehe auch [8/1985 und 9/1986]). *E. Mayer* hat die Meßergebnisse aus den verschiedenen Gebäuden in *Bild 7* nach 2 unterschiedlichen Beurteilungskriterien zusammenfassend dargestellt.

Er kommentiert hierzu:

„Gemessen an diesen Kriterien (Anm.: Berücksichtigung des Turbulenzgrades bzw. des Wärmeübergangskoeffizienten; *Bild 7*, oben) liegen praktisch alle in den Gebäuden ohne Klimaanlage ermittelten Luftbewegungen im behaglichen Bereich. Von den in den Gebäuden mit Klimaanlage ermittelten Luftbewegungen liegt der überwiegende Teil im

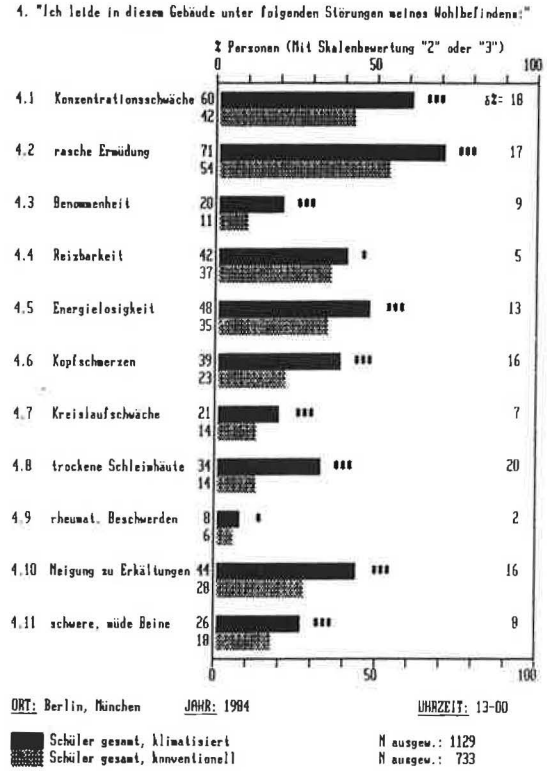

Bild 5. Störungen des Wohlbefindens in klimatisierten und konventionell beheizten Schulgebäuden. Summarische Darstellung der Befragungsergebnisse von Schülern (10. Klassen) und Lehrern in Gymnasien, Berlin und München. (Signifikanzniveau: $p < 0{,}05 = *$, $p < 0{,}01 = **$, $p < 0{,}001 = ***$. Von den 4 vorgegebenen Intensitätsstufen „stark", „mäßig", „kaum" und „gar nicht" wurden für die grafische Darstellung die Stufen „stark" und „mäßig" zu einem Prozentwert zusammengezogen.) in: [7/1985].

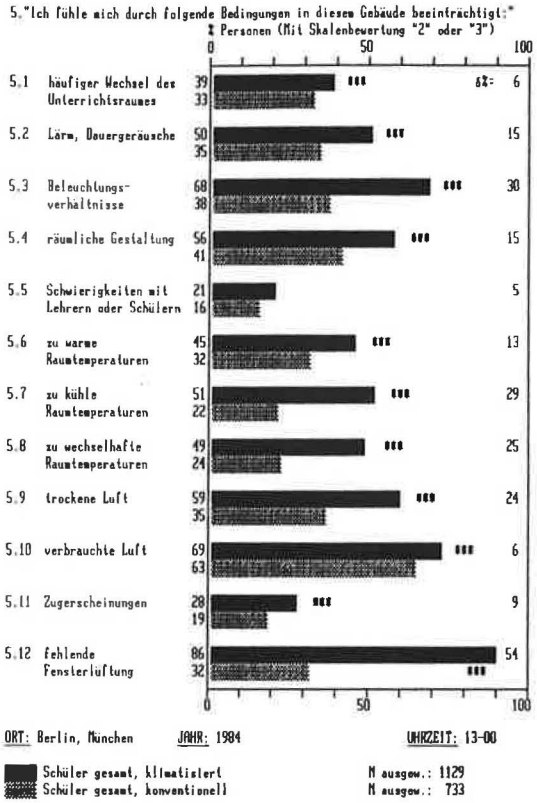

Bild 6. Beeinträchtigung durch diverse Umgebungsbedingungen in klimatisierten und konventionell beheizten Schulgebäuden. Summarische Darstellung der Befragungsergebnisse von Schülern (10. Klassen) und Lehrern in Gymnasien, Berlin und München. (Signifikanzniveau: $p < 0{,}05 = *$, $p < 0{,}01 = **$, $p < 0{,}001 = ***$. Von den 4 vorgegebenen Intensitätsstufen „stark", „mäßig", „kaum" und „gar nicht" wurden für die grafische Darstellung die Stufen „stark" und „mäßig" zu einem Prozentwert zusammengezogen.) in: [7/1985].

behaglichen Bereich, davon viele in Nähe der Behaglichkeitsgrenzkurve, einige deutlich darüber. Dieses Ergebnis steht in weitgehendem Einklang mit den Befragungsergebnissen in den überprüften Gebäuden, wonach in den Räumen mit Klimaanlage signifikant mehr über Zugluft-Beschwerden geklagt wird als in den nicht klimatisierten Räumen. Im Unterschied zu diesen neueren (Anm.: vorgeschlagenen) Behaglichkeitskriterien berücksichtigt die geltende DIN 1946 das zeitlich dynamische Verhalten der Luftgeschwindigkeit nicht. Hinzuzufügen ist, daß hiernach Lufttemperaturen unterhalb 22°C nicht zulässig wären" (s. *Bild 7*, unten).

E. Mayer zieht aus den Ergebnissen u. a. folgende Schlüsse:

„1. Die bisher verwendeten Kriterien zur Beurteilung von Luftgeschwindigkeiten sind unvollständig.

2. Das dynamische Verhalten der Luftbewegungen (Turbulenz) ist mitzuberücksichtigen.

3. Aufgrund der bisherigen physikalischen Untersuchungsergebnisse erscheint als Meßgröße zur Beurteilung von Zugerscheinungen der konvektive Wärmeübergangskoeffizient sinnvoller als die Luftgeschwindigkeit."

Die Luftgeschwindigkeitsuntersuchungen sind ein gutes Beispiel dafür, daß scheinbar psychologisch bedingte „Meckerquoten" überraschend plausibel werden können, wenn Meßtechnik und Beurteilungskriterien den Erfordernissen angepaßt werden. Bemerkenswerterweise decken sich die Erkenntnisse gut „mit den neuesten Ergebnissen von *P. O. Fanger*, nach denen offenbar die Grenzwerte der Luftgeschwindigkeiten gegenüber den bisher als zulässig angesehenen Werten drastisch reduziert werden müssen. Das würde beispielsweise auch eine Änderung des diesbezüglichen Teiles in DIN 1946 Teil 2 erforderlich machen." [2/1986].

4.2 Thermisches und hygrisches Milieu

In klimatisierten Gebäuden wurde sowohl im Rahmen der Repräsentativerhebung (A) als auch in den Einzelgebäuden (B) erheblich über zu warme, zu kalte und zu wechselhafte Temperaturen geklagt. Bei der Untersuchung der Bezirksämter Wedding und Steglitz war es möglich, die thermisch-hygrischen Bedingungen über einen Zeitraum von ca. 4 Tagen zu verfolgen. Die Analyse der Registrierungen zeigt einige interessante Besonderheiten im Hinblick auf Differenzen zwischen klimatisierten und nicht klimatisierten Räumen.

Bild 8 beruht auf einer Auswertung digitalisierter Halbstundenwerte, wobei lediglich die Arbeitszeit (7 bis 18 Uhr) berücksichtigt wurde. Im zentralbeheizten BA Wedding verteilten sich die Werte schmalbandig um 22°C, d. h. fast alle lagen innerhalb des idealen Behaglichkeitsbereiches.

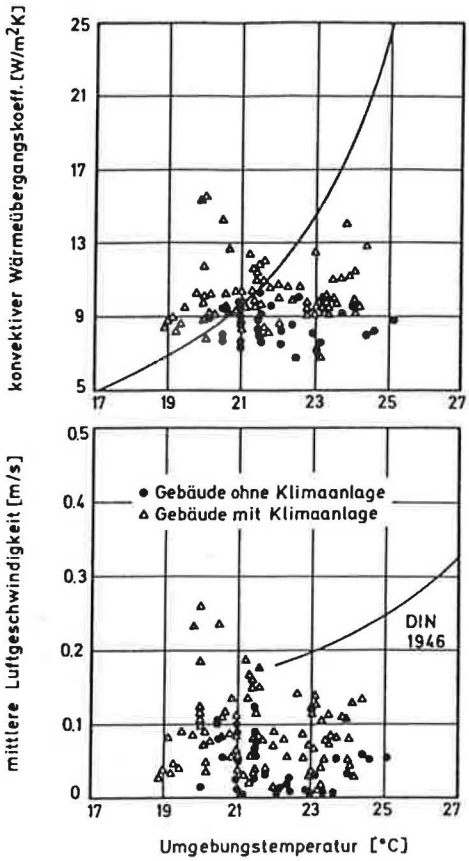

Bild 7. Oben: Summarische Darstellung der in den klimatisierten und konventionell beheizten Gebäuden ermittelten Wärmeübergangskoeffizienten, in Abhängigkeit von den Umgebungstemperaturen. Eingezeichnet ist eine von *E. Mayer* vorgeschlagene Behaglichkeits-Bewertungskurve. Unten: Meßwerte analog zu Abb. 7, oben; übliche Darstellung in Abhängigkeit von mittlerer Luftgeschwindigkeit und Umgebungstemperatur. Eingezeichnet ist die Behaglichkeits-Bewertungskurve nach DIN 1946, Teil 2. (Abbildungen in: Bericht B Ho 5 von *E. Mayer*; siehe [7], Anhang 2).

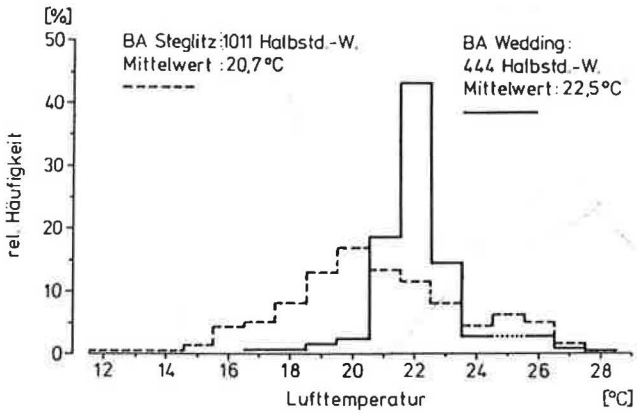

Bild 8. Relative Häufigkeit der Lufttemperaturen in den Bezirksämtern Berlin-Steglitz (klimatisiert) und Berlin-Wedding (konventionell beheizt), während der Arbeitszeit. Auswertung von 3 1/2 Tagen, Dezember 1983. (Auswertung: *P. Höppe*, Institut f. Bioklimatologie in: [7/1985].

Im Gegensatz dazu fand sich im klimatisierten BA Steglitz eine sehr breitbandige Verteilung der Temperaturen zwischen Extremwerten von 16 bis 26°C. Diese mangelhafte thermische Konstanz zeigte sich trotz vollfunktionsfähiger, sorgfältig gewarteter Klimaanlage bereits an klimatisch unauffälligen Tagen und dürfte bei ungünstigeren Witterungsbedingungen noch ausgeprägter sein. Wir betrachten das

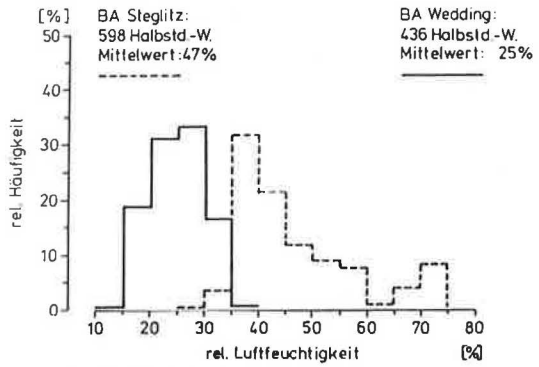

Bild 9. Relative Häufigkeit der Luftfeuchtewerte in den Bezirksämtern Berlin-Steglitz (klimatisiert) und Berlin-Wedding (konventionell beheizt), während der Arbeitszeit. Auswertung von 3 1/2 Tagen, Dezember 1983. (Auswertung: *P. Höppe*, Institut f. Bioklimatologie d. L.M.-Universität München), in: [7/1985].

Beispiel als kennzeichnend für derartige Stahlbetongebäude, insbesondere in Kombination mit der häufig anzutreffenden Großfensterbauweise. Offensichtlich wird ihre thermische Verletzlichkeit nicht selten unterschätzt. Es handelt sich primär um eine architekturbedingte Problematik, die durch den Einsatz zentraler RLT-Anlagen nicht ausreichend kompensiert wird.

4.3 Luftfeuchte

In den klimatisierten Gebäuden fanden wir die Luftfeuchtewerte weitgehend im empfohlenen Bereich zwischen ca. 40 und 60% r.F. Sie entsprachen niedrigstenfalls den Vergleichswerten in den Kontrollgebäuden. *Bild 9* demonstriert die Verteilung der digitalisierten Luftfeuchtewerte in den Berliner Bezirksämtern.

Demnach lagen die Werte in Wedding schwerpunktmäßig um 20 bis 30% r.F., in Steglitz dagegen um ca. 40 bis 60% r.F. Gerade in den klimatisierten Bereichen sind jedoch trotz künstlich angehobener Luftfeuchtewerte die Klagen über „Trockene Schleimhäute" (4.8) und „Trockene Luft" (5.9.) stark erhöht. Schließt man einmal kaum zu begründende psychologische Ursachen aus, kommen nur anderweitige physikalische Ursachen als Erklärung infrage. Da gleichzeitig auch Zugerscheinungen massiv beklagt werden (5.11.), sehen wir den plausibelsten Zusammenhang mit der in klimatisierten Gebäuden deutlich höheren Luftgeschwindigkeit (vgl. *Bild 7*). Diese führt zu einer rascheren Entfeuchtung von Haut und Schleimhäuten, was von den Betroffenen zwangsläufig als „Lufttrockenheit" (fehl-) interpretiert wird. Noch völlig ungeklärt ist in diesem Zusammenhang übrigens die Beteiligung von Staub- und Keimallergenen an der Trockenheitsempfindung. Wir wissen lediglich empirisch, daß reine Luft mit geringem Wassergehalt (z.B. Hochgebirge im Winter) subjektiv nicht als austrocknend empfunden wird.

4.4 Niederfrequenter Schall (NF-Schall; Infraschall)[1])

Seit etwa 20 Jahren wird von zahlreichen Autoren darauf hingewiesen, daß niederfrequenter Schall („low frequency

[1]) Vgl. auch hierzu: *Hönmann, W.:* Infraschall und Klimaanlagen. Gesundheits-Ingenieur 107 (1986), S. 209–212.

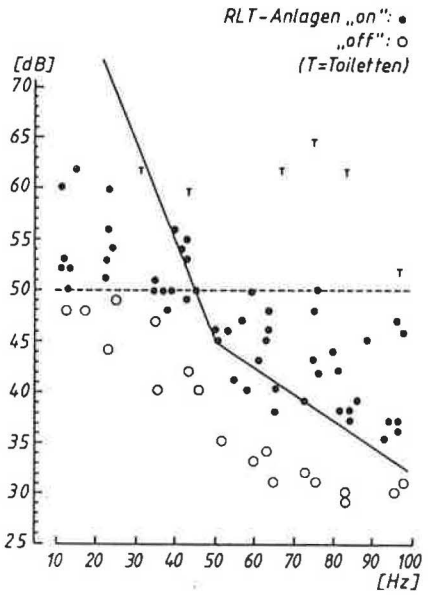

Bild 10. Summarische Darstellung von NF-Schallfrequenzanalysen (10–100 Hz) im W. v. Siemens-Gymnasium, München-Neuperlach. Dargestellt sind die in 10 Hz-Schritten ermittelten Peakwerte bei ein- und ausgeschalteter Klimaanlage. in: [7/1985].

noise"; NF-Schall, Infraschall) abgesehen von akustischen Aspekten auch weitere vegetative und zentralnervöse Auswirkungen haben kann (siehe Literatur in [5], [6] und [7]). Zur Skizzierung der Problematik untenstehend ein Auszug aus einer Loseblattsammlung des „Arbeitskreises für nicht ionisierende Strahlung" [4/1984]:

„Unter Infraschall versteht man Luftschallwellen mit Frequenzen unterhalb des menschlichen Hörbereiches (Audiobereich). Die obere Grenze wird allgemein bei 20 Hz festgelegt, die untere Grenze liegt bei 1 Hz, in manchen Untersuchungen sogar bei 0,2 Hz. Der Übergang vom normalen Hörbereich zum Infraschall ist fließend. Er beginnt bereits bei Frequenzen unter 100 Hz; dabei nimmt die Tonhöhenempfindung zu tieferen Frequenzen hin immer mehr ab, wobei die Hörschwelle mit steiler Flanke ansteigt. Bei etwa 20 Hz verschwindet die Tonhöhenempfindung, Geräusche im Infraschallbereich sind aber bei entsprechenden Pegeln noch bis 1,5 Hz wahrnehmbar ... Physiologische Wirkungen fehlen unterhalb 100 dB fast vollständig. Dagegen treten psychologische Auswirkungen bis zur Wahrnehmbarkeitsschwelle auf."

In den o. g. Gebäuden wurden zahlreiche NF-Schallanalysen im Frequenzbereich zwischen 10 und 100 Hz durchgeführt; die Peakwerte der unter on/off-Bedingungen erhaltenen Daten wurden in 10-Hz-Schritten ermittelt und wie im Beispiel *Bild 10* summarisch dargestellt. Die eingezeichnete Kennlinie markiert den Bereich der Hörschwelle nach Yeowart (die Hörschwelle nach ISO R 226 liegt im Bereich zwischen 20 und 50 Hz um ca. 5–8 dB niedriger). Wie *Bild 10* demonstriert, können NF-Schallpegel durch die Tätigkeit der RLT-Anlagen im Nutzungsbereich um rd. 10 bis 15 dB (unbew.) angehoben werden.

In keinem von uns untersuchten Gebäude wurde die Hörschwelle im definitionsgemäß „reinen" Infraschallbereich unterhalb 20 Hz überschritten. Da erst mit Erreichen der Hörschwelle Auswirkungen auf den Menschen zu erwarten sind, kann also diese klassische Form des Infraschalls im klimatisierten Bereichen als pathophysiologisch unbedeutend betrachtet werden. Wie oben jedoch bereits angedeutet, ist die willkürliche Grenzwertfestsetzung von 20 Hz nicht durch die physiologischen Gegebenheiten gerechtfertigt. Unter diesem Gesichtspunkt muß auch der Übergangsbereich von Infraschall zu Hörschall (ca. 20 bis 100 Hz) mitberücksichtigt werden. In der Regel wird die Hörschwelle in klimatisierten Gebäuden im Bereich um 30 bis 40 Hz erreicht und z. T. erheblich überschritten. Allerdings werden RLT-bedingte Geräusche aufgrund der relativ geringen Empfindlichkeit des menschlichen Ohres für NF-Schall nur in Extremfällen als akustisch störend empfunden. Übereinstimmend wird aber die Abschaltung von NF-Schallquellen als entlastend und befreiend beschrieben („off-Effekt"). *Ising* charakterisiert die Wirkung von tieffrequentem Schall im hörschwellennahen Bereich als „unspezifischen Stressor" ähnlich dem Hörschall. Statistisch gesicherte Effekte fanden *Ising* et al. vor allem für die Befragungsparameter: „Ich muß mich mehr als normal anstrengen, etwas zu behalten", „Ich fühle mich ruhebedürftig" und „Ich fühle mit erholungsbedürftig" [6/1982]. Die Ähnlichkeit dieser Parameter mit den von uns in klimatisierten Gebäuden gefundenen, vermehrt auftretenden unspezifischen Beschwerden (u. a. „Konzentrationsschwäche", „Rasche Ermüdung", „Benommenheit", „Energielosigkeit" und „Erholungsbedürftigkeit am Abend" entspr. Frage 12) ist auffallend. Wir gehen derzeit von der Hypothese aus, daß ein kausaler Zusammenhang besteht; weiterführende experimentelle Untersuchungen sollten hier Aufklärung bringen.

4.5 CO_2-Messungen

Die mit handelsüblichen Drägerröhrchen durchgeführten CO_2-Messungen ergaben in keinem der untersuchten Gebäude gegenüber der Außenluft erhöhte Werte. Die CO_2-Konzentration gilt als gutes Maß für die „Verbrauchtheit" der Luft. Es kann daher angenommen werden, daß sowohl in den untersuchten klimatisierten, als auch in den konventionellen Gebäuden der Luftwechsel ausreichend war. Weder Umluft noch eine zu geringe Raumdurchspülung mit Außenluft können für die gefundenen Beschwerden verantwortlich gemacht werden.

5. Diskussion

Die Ergebnisse der Teilprojekte A und B zeigen, daß gegenwärtig zahlreiche Befindens- und Behaglichkeitskriterien von Personen an klimatisierten Arbeitsplätzen erheblich schlechter als an konventionellen Arbeitsplätzen beurteilt werden. Da gleichzeitig eine Reihe von Umgebungsbedingungen z. T. erhebliche Veränderungen aufweisen, ist die Deutung, daß es sich bei diesem „building illness"-Syndrom vorwiegend um eine psychogene Problematik handelt, unzulässig. Vielmehr muß in Erwägung gezogen werden, daß die bisherigen Verfahren einschließlich der zu-

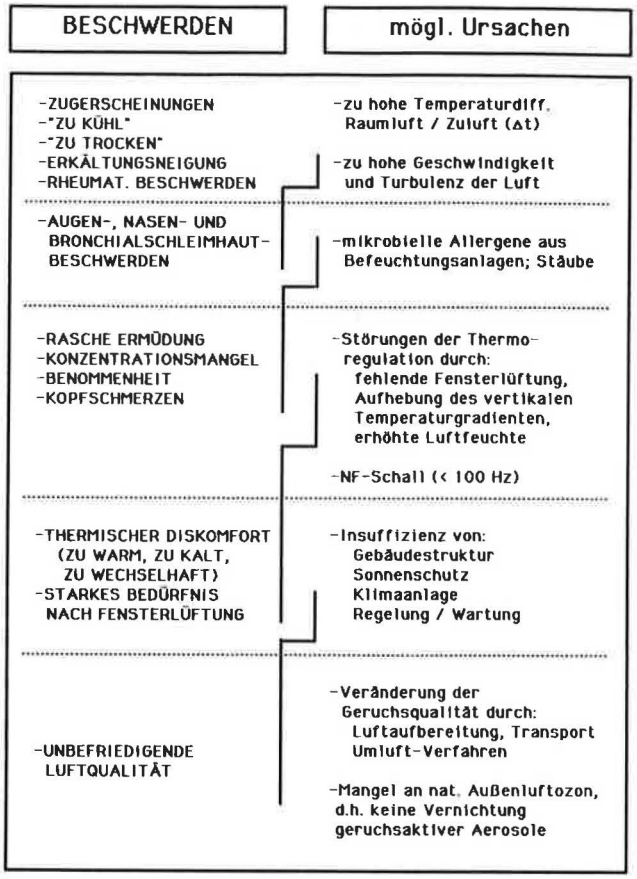

Bild 11. Darstellung der in klimatisierten Gebäuden bevorzugt auftretenden Beschwerden und ihre Zuordnung zu potentiellen Kausalfaktoren. in: [7/1985].

grundeliegenden Normen bzw. deren Einhaltung in der Praxis nicht zur Gewährleistung befriedigender Klimabedingungen ausreichen. Hierfür sind wahrscheinlich eine ganze Reihe verschiedenartiger Faktoren verantwortlich.

Im Schema des *Bildes 11* wird versucht, die wesentlichen Beschwerden und ihre möglichen Ursachen so darzustellen, daß Gruppen und Zusammenhänge deutlich werden.

Praktisch alle die in *Bild 11* aufgeführten Faktoren sind in der Literatur bekannt, und manche mögen einem Sachkundigen sogar trivial erscheinen. Allerdings ist das Wissen über die Auswirkungen der genannten Einzelfaktoren in bezug auf ihre Bedeutung für das ‚building illness'-Syndrom noch sehr lückenhaft; ihr komplexes Zusammenwirken ist weitgehend wissenschaftliches Neuland.

Die Gewinnung weiterführender Erkenntnisse durch gründliche experimentelle Untersuchungen wird voraussichtlich Jahre in Anspruch nehmen. Hersteller und vor allem Verbraucher verlangen jedoch aufgrund des hohen Leidensdruckes nach kurzfristigen Lösungskonzepten, wie uns die Anfragen aus hunderten von klimatisierten Gebäuden und das starke Interesse der Medien zeigen. Um beschleunigt zu befriedigenden technischen Lösungen und zu verbesserten Normen zu gelangen, sollten unseres Erachtens gleichzeitig 2 Wege beschritten werden:

– *praktischer Weg:*
bestmögliche Angleichung aller klimatischen Faktoren an die Bedingungen, wie sie in beschwerdemäßig unauffälligen konventionellen (ggf. auch klimatisierten) Gebäuden anzutreffen sind. Dieser Weg hat den Vorteil, daß die Gewinnung langfristig zu erwartender wissenschaftlicher Erkenntnisse über den Stellenwert der einzelnen Einflußfaktoren nicht erst abgewartet werden muß.

– *experimenteller Weg:*
schwerpunktmäßige Erforschung der Faktoren, die nach derzeitigem Wissensstand zu den Hauptproblemquellen zählen. Da die Problemschwerpunkte sehr unterschiedlichen Fachbereichen zuzuordnen sind, ist eine effektive Erforschung nur multizentrisch bzw. fachübergreifend möglich.

Auf experimentellem Wege sollten folgende Fragen vordringlich abgeklärt werden:

1) Wie kommen Zugerscheinungen zustande und wie lassen sie sich in der Praxis vermeiden?

2) Welche Rolle spielt die Klimaanlage als Quelle von gebäudeeigenen Allergenen?

3) Welche thermophysiologisch relevanten Faktoren lassen sich verbessern?

4) Welchen Stellenwert hat NF-Schall (Infraschall) als unspezifischer Stressor?

5) Warum wird RLT-aufbereitete Luft häufig nicht als ‚Frischluft' empfunden? Welche Eigenschaften muß ein Luftkörper besitzen, um als ‚Frischluft' im Anwendungsbereich akzeptiert zu werden?

6. Schlußbemerkung

Die Ergebnisse der Gesamtstudie sollen weder die Leistungen moderner Klimatechnik, noch die Notwendigkeit von Klimaanlagen in vielen modernen Lebensbereichen in Frage stellen. Sie legen jedoch nahe, künftig die Vorteile und Risiken, die in der gegenwärtigen Praxis mit Klimatisierung verbunden sind, kritisch und ohne Illusionen abzuwägen. Vor allem sollen sie Anlaß sein, der Meinung des „Klimaverbrauchers" ein größeres Gewicht als bisher zu geben und sie in die dringend erforderliche Weiterentwicklung fest zu integrieren.

Das ‚building-illness'-Syndrom wird in den Ländern der größeren Industrienationen zunehmend als Problem erkannt und wissenschaftlich untersucht. Je eher auch in der BRD die Problematik zur Kenntnis genommen und in Kooperation zwischen Verbraucher, Technik, Wissenschaft und Gesetzgeber angegangen wird, um so eher werden sich befriedigende praktische Lösungen realisieren lassen.

(Anmerkung: Zitate oder Textähnlichkeiten aus [7] wurden nicht eigens gekennzeichnet).

Literatur

[1] EDI (Ernest Dichter Institut, Zürich): Qualitative Analyse der Motivationen und Einstellungen gegenüber klimatechnischen Einrichtungen. Hrsg.: FGK Fachinstitut Gebäudeklima e.V., Stuttgart, 1981.

[2] *Esdorn, H., Keller, G.:* Gesundheits- und Befindensstörungen in klimatisierten Gebäuden. CCI (Clima Commerce International) Heft 4 (1986), S. 49–53.

[3] *Finnegan, M.J., C.A.C. Pickering, P.S. Burge:* The sick building syndrome: prevalence studies. British Medical Journal 283 (1984) 1573–1575.

[4] FS (IRPA): Infraschall. Loseblattsammlung; Arbeitskreis Nichtionisierende Strahlung. FS-83-34-NIR, Fachverband für Strahlenschutz e.V., April 1984.

[5] *Ising, H., C. Schwarze:* Infraschallwirkungen auf den Menschen. Z. f. Lärmbekämpfung 29 (1982), S. 79–82.

[6] *Ising, H., D. Markert, F.B. Shenoda, C. Schwarze:* Infraschallwirkung auf den Menschen. HdA-Reihe, VDI-Verlag Düsseldorf 1982.

[7] *Kröling, P.:* Gesundheits- und Befindensstörungen in klimatisierten Gebäuden. Vergleichende Untersuchungen zu ‚building-illness'-Syndrom. Zuckschwerdt-Verlag München, Bern, Wien 1985. (Identisch mit Abschlußbericht für BMFT, FKZ Nr. 01VD132.)

[8] *Mayer, E.:* Luftgeschwindigkeiten in Räumen mit und ohne Klimaanlage. Auch die Turbulenzen sind wichtig. CCI (Clima Commerce International) Heft 10 (1985), S. 20.

[9] *Mayer, E.* Künftig höhere Anforderungen an die Zugfreiheit stellen. CCI (Clima Commerce International) Heft 4 (1986), S. 28–30.

[10] *Robertson, A.S., P.S. Burge, A. Hedge, J. Sims, F.S. Gill, M. Finneegan, C.A.C. Pickering, G. Dalton:* Comparison of health problems related to work and environmental measurements in two office buildings with different ventilation systems. British Medical Journal 291 (1985), S. 373–376.

Anmerkung der Herausgeber des gi

Mit Bezug auf die verständnisvolle Schlußbemerkung des Autors und im Vorgriff auf kontroverse Stellungnahmen aus dem betroffenen Leserkreis, auf die hier eingegangen werden wird, einige Anmerkungen unsererseits.

Phantasievolle Schulmänner und willfähige Architekten haben die Quittung bekommen für die Mißachtung der bewährten, hygienischen Norm der Fensterlüftung in wohl bedachter Abhängigkeit von Platzwahl, Bau- und Raumkonzeption, die Klimatechnik für zu eilfertige und wohl nicht immer optimale Hilfestellung.

Grundsätzliche Vorbehalte ergeben sich auch hinsichtlich der Beweiskraft von Befragungsaktionen. Sie sind allemal Momentaufnahmen, die zwar von erfaßbaren, exogenen aber zugleich von schwer einschätzbaren, individuellen, schnell wechselnden, endogenen Faktoren beeinflußt sind.

Bei dem anvisierten „building-illness'-Syndrom wäre zu wünschen, daß gerade in diesem Fall die Beschreibung von Phänomenen nicht vorschnell zur Theoriebildung abgebrochen wird.

Zeitschriften-Umschau

Meissner, C.: Jahresmeßfehler von Wärmezählern. Einfluß der Betriebsbedingungen. Heizung und Lüftung 53 (1986), H. 6, S. 12.

Der Jahresmeßfehler von Wärmezählern wird definiert als max. möglicher Energiemeßfehler, wenn alle Teilfehler (Durchfluß, Temperaturdifferenz, Rechenwerk) während der ganzen Heizperiode gleichzeitig und mit dem gleichen Vorzeichen auftreten. Die Teilfehler werden von den Eichfehlergrenzen der staatlichen Verordnungen abgeleitet. Aus der Summenhäufigkeit der Außentemperatur wird die Häufigkeit der zu messenden Leistung abgeleitet und in Funktion der Betriebsweise der Jahresmeßfehler berechnet. Es wird gezeigt, daß mit dem Durchfluß und der Temperaturdifferenz am Tage mit der mittleren Heizleistung (Standardtag) der Jahresmeßfehler bestimmt werden kann. Liegen diese Betriebspunkte über den angegebenen Minimalwerten, bleiben die Jahresmeßfehler moderner Wärmezähler unter 3–4%. – 7 Lit., 7 Abb., 1 Tab., zahlr. Form.

U.

Nissing, W. und Hörsgen, B.: Chlordioxid als Desinfektionsmittel. gwf – Wasser/Abwasser 128 (1987), S. 10.

Aus Laboratoriumsuntersuchungen und Betriebserfahrungen halten Verff. Chlordioxid dem Chlor für überlegen. Als Vorteile des Chlordioxids werden angeführt: Desinfektionsmittelbedarf, Desinfektionswirkung, Geruch des Trinkwassers, Vermeidung unerwünschter Halogenverbindungen. Daten zur Anlagendimensionierung werden mitgeteilt.

Schöpf, A., Wildbrett, G. und Steinmüller, H.: Reinigungskontrolle im Krankenhaus. Krankenhaus Umschau 55 (1986), S. 914.

Der Aufsatz behandelt: Vorbereitung, Kontrollmaßnahmen (Kontrolle des Personals, von Maschinen, Reinigungszubehör, technischen Einrichtungen, Reinigungs-, Desinfektionsmittellösungen, Reinigungsablauf, optische Kontrolle, Kontrolle durch Patientenbefragung, Abklatschmethode, Spray-Methode) und Kontrollorgane (Organisationsstruktur, Vorarbeiterin, Objektleiter, Desinfektor, Hygienefachkraft, Hygienekommission). – 18 Lit.

-nn.