

Schallschutz und Raumakustik in Büros und ähnlichen Arbeitsräumen

Autor(en): **Trbuhovic, Ljubomir / Morell, E.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **88 (1970)**

Heft 4

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-84414>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Wie bereits erwähnt, könnten Arbeitsräume heute einwandfrei mit künstlichem Licht allein beleuchtet werden. Doch herrscht in den Kreisen der Arbeits-Physiologen und -Psychologen immer noch Unsicherheit über die psychischen Auswirkungen fensterloser Räume. Von beleuchtungstechnischer Seite sind kaum Einwände vorzubringen, wenn z. B. aus gestalterischen Gründen die Fenster so weit verkleinert werden, dass sie nur noch für den Kontakt mit der Aussenwelt

dienen. Die Aufgabe der Klimafachleute wird dadurch stark vereinfacht. Allerdings sollte wohl in Büros und ähnlichen Räumen nicht so weit gegangen werden, wie in Werk-Hallen mit Oberlichtern, wo reine Sehschlitze ohne weiteres noch vertretbar sein können.

Adresse des Verfassers: *Walter Mathis, Ing., Osram AG, Limmatquai 3, 8001 Zürich.*

Schallschutz und Raumakustik in Büros und ähnlichen Arbeitsräumen

Von **L. Trbuhovic**, dipl. Ing. habil., Arch. SIA, Dozent an der ETH Zürich, Mitarbeiter **E. Morell**

DK 534.833:534.84:651.1

Eine gemeinsame Untersuchung der Licht-, der Klima- und der Schallverhältnisse in Gebäuden bzw. an Arbeitsplätzen ist zur Erzielung von optimalen physiologischen Umweltbedingungen unbedingt notwendig. Die Kriterien und Voraussetzungen für die Konditionierung der einzelnen Teilgebiete sind wohl weitgehend selbständig, d. h. unmittelbare gegenseitige Abhängigkeiten bestehen kaum. Die Forderung nach einer Gesamtbetrachtung und zur Koordination in Planung und Ausführung ergeben sich jedoch teils aus der Problematik der baulich-technischen und wirtschaftlichen Verwirklichung der notwendigen bzw. möglichen Massnahmen und Vorkehrungen und teils aus dem Umstand, dass die in einem Teilgebiet ungünstigsten Verhältnisse die Gesamtumweltbedingungen am nachhaltigsten prägen.

Die Massnahmen zum Schallschutz und zur Raumakustik unterscheiden sich von denjenigen zur Klima- und Lichtkonditionierung dadurch, als sie nur passiv, d. h. durch Vorbeugungs- und Schutzvorkehrungen erwünschte oder geforderte Verhältnisse herbeiführen können. Als Ausnahme von dieser Regel kann beispielsweise die Musikberieselung von Grossraumbüros, Verkaufsräumen usw. betrachtet werden. Der Schallkontrolle sind also, insbesondere in bezug auf einen bestimmten Raum, durch die physikalisch-akustischen Gesetzmässigkeiten, klare Grenzen gesetzt.

Jedes Schall- bzw. Lärmproblem wird bestimmt durch die Lärmquelle, den Lärmempfänger und die Lärmübertragung. Während für die Analyse des Problemes alle drei Faktoren zu untersuchen sind, bewegen sich die baulich-technischen Massnahmen und Vorkehrungen ausschliesslich im Bereich der Lärmübertragung, d. h. dem Schallweg zwischen der Quelle und dem Empfänger. Raumakustische und Schallschutzmassnahmen unterscheiden sich durch die verschiedenen Übertragungsbedingungen. Im ersten Fall befinden sich Quelle und Empfänger in demselben, im zweiten Fall in verschiedenen Räumen. Unter akustischer Konditionierung soll die Summe aller Massnahmen verstanden werden.

Der moderne Mensch ist einer stetig steigenden Zahl von Schallangriffen ausgesetzt, die er bewusst oder unbewusst registriert. Die Voraussetzung der Störungsfreiheit für konzentriertes Arbeiten ist jedoch keine Erfindung neueren Datums. Die gesteigerten Ansprüche in bezug auf die Schallkonditionierung in Büros und ähnlichen Arbeitsräumen ist also in erster Linie auf die zunehmende Zahl und Intensität der Lärmquellen zurückzuführen. Vor allem der Einsatz von mechanischen Hilfsmitteln und technischen Installationen hat sich stark entwickelt und vervielfacht. Dabei darf nicht übersehen werden, dass der Begriff der Büroarbeit schalltechnisch einen sehr grossen Bereich umfasst, beginnend bei der intensiven geistigen Beschäftigung bis zum Routinehandgriff an lärmigen Maschinen.

Bei der Analyse der Lärmquellen kann unterschieden werden zwischen Aussenlärm und Innenlärm. Hauptträger des Aussenlärms, d. h. Lärm, der von aussen auf ein Gebäude ein-

wirkt, ist der Verkehr in allen seinen Formen. Der Verkehrslärm ist für Bürobauten insofern von besonderer Bedeutung, als dieselben in der Regel in innenstädtischen Zonen liegen. Der hohe Lärmpegel des Aussenlärms während der Bürozeiten verunmöglicht in vielen Fällen das Öffnen von Fenstern und erfordert damit zugleich die Vollklimatisierung des Gebäudes. Eine sinnvolle Planung kann oft durch sich selbst Probleme des Schallschutzes bewältigen, für die wirtschaftliche Lösung ist sie unabdingbar. Dies gilt auch im Zusammenhang mit dem Aussenlärm. Allerdings ist für die Lage und Orientierung im Grundstück bei Bürobauten der Spielraum meistens so gering, dass der Faktor der Lärmimmissionen dabei kaum berücksichtigt werden kann. Für die Grundrissgestaltung eines solchen Gebäudes ist jedoch zu empfehlen, die empfindlichsten Räume von den gefährdeten Stellen fernzuhalten. Es ist allerdings mit einer Abnahme des Lärms nach oben, im Bereiche von 5 bis 6 Geschossen, insbesondere bei zweiseitig geschlossenen Strassenfluchten, nicht zu rechnen.

Der Schutz gegen Aussenlärm ist in erster Linie durch die Fassade zu gewährleisten. Die Luftschalldämmung (nach Luft- und Körperschall wird unterschieden entsprechend den jeweiligen Ausbreitungsmedien der Schallwellen), d. h. die Minderung oder Verhinderung der Schallausbreitung durch raumtrennende Elemente wird bestimmt neben der Art, Lage und Intensität der Lärmquellen von den Materialeigenschaften und dem konstruktiven Aufbau dieser Teile.

Der Schalldämmwert von einschaligen Wand- und Deckenelementen ist abhängig vom Flächengewicht und der Biegesteifigkeit. Bei 100 kg/m^2 beträgt die Schalldämmzahl $R \cong 40 \text{ dB}$. Bei Gewichtsverdoppelung wird jeweils ein um rd. 4 dB höherer Wert erreicht. Durch zwei- oder mehrschaligen Aufbau kann theoretisch jeder beliebige Schalldämmwert erzielt werden. Praktisch ist bei sorgfältigem konstruktiven Aufbau, d. h. insbesondere durch Vermeidung von Schallbrücken, beispielsweise eine Vorhangsfassade, ohne besondere Mehraufwendungen für den Schutz von Büroräumlichkeiten, ausreichend. Besonders zu beachten sind die Fensterflächen. Doppelfenster mit richtigem Scheibenabstand erreichen Schalldämmmasse bis zu 40 dB, was für eine Minderung des durchschnittlichen städtischen Aussenlärms als genügend anzusetzen ist. Als weitere Möglichkeit wurde verschiedentlich an Geschäftshausfassaden, analog den «brise-soleil», ein «brise-bruit» vorgehängt. Der Erfolg dieser eher spielerischen Massnahme dürfte, mindestens gemessen am Aufwand, eher gering sein und ist durch keine Messungen belegt.

Der Innenlärm entsteht durch den Gebrauch des Gebäudes. Die Hauptlärmquellen sind die Arbeitsmaschinen und Automaten, die Installationen und die Benutzer. Ihr prozentualer Anteil ist in verschiedenen Betrieben und auch innerhalb eines bestimmten meist stark unterschiedlich. Eine direkte Einflussnahme auf die Lärmquelle ist, wenn immer möglich, die einfachste, billigste und sicherste Form der Lärmbekämpfung. Eine solche aber ist in den wenigsten Fällen

möglich oder dann aber keine eigentliche Massnahme des baulichen Schallschutzes oder der Raumakustik.

Während der Aussenlärm schon vor Baubeginn durch Messungen ermittelt werden kann, ist der Innenlärm erst im bezogenen Bau genau festzustellen. Es sind jedoch diesbezüglich umfangreiche Unterlagen, Messungen, Erfahrungswerte und Normen vorhanden, so dass deshalb für die Planung der Raumkonditionierung kein wesentlicher Unsicherheitsfaktor besteht.

Der Schutz gegen Innenlärm ist durch die Konstruktion und den Innenausbau zu gewährleisten. Für den gebäudeinternen Schallschutz gelten hinsichtlich der Luftschalldämmung dieselben Erwägungen wie beim Aussenlärm. Daneben spielt auch die Körperschalldämmung, insbesondere des Schlag- oder Trittschalles, eine bedeutende Rolle. Während die Luftschalldämmung vor allem durch Reflexion der Schallwellen an den raumtrennenden Elementen erfolgt, ist für die Raumakustik die Luftschalldämpfung, d. h. die Absorption der auftretenden Schallwellen an Boden, Wand, Decke, Möbel usw. ausschlaggebend. Dabei ist zu beachten, dass die Absorption nicht oder nur teilweise mit Energievernichtung gleichzusetzen ist. Absorption oder Schallschluckung bedeutet in erster Linie Nicht-Reflexion.

Der Lärmempfänger ist in unserem Falle der Büroangestellte an seinem Arbeitsplatz. Der Faktor Mensch ist bei allen Lärmbetrachtungen schlussendlich entscheidend. Weder Lärm noch Störungsfreiheit sind jedoch eindeutig definierte oder gar objektiv messbare Grössen. Die Raumkonditionierung muss sich deshalb mit Grenz- und Mittelwerten begnügen, deren Masseinheiten Näherungen oder Konventionen hinsichtlich der Übereinstimmung von physikalischer Erscheinung und subjektiver Empfindung sind.

Zusammenhänge zwischen dem Lärmpegel in einem Arbeitsraum und der Konzentrationsfähigkeit bzw. Ermüdungserscheinungen beim Arbeitenden wurden durch verschiedene Untersuchungen und Vergleichsmessungen deutlich festgestellt. Diesbezüglich genaue Zahlenwerte allerdings sind mit der nötigen Vorsicht zu behandeln. Immerhin ergaben beispielsweise Beobachtungen in verschiedenen Grossraumbüros, eine Zunahme von über 50% von Schreibfehlern der Stenodaktilos bei ungünstigen gegenüber einwandfreien Schallverhältnissen, unter sonst gleichen Bedingungen. Ideale lärmtechnische Voraussetzungen erfordern Schallpegelwerte im Bereich von 35 dB. Als Grundgeräuschpegel in grossen Arbeitsräumen oder Grossraumbüros sind solche Werte normalerweise nicht zu erzielen und auch nicht unbedingt erstrebenswert. Ein nicht zu niedrig liegendes Grundgeräusch von ungefähr 50 bis 55 dB vermindert die Wahrnehmung von kurzen Einzelgeräuschen, die störender wirken als ein etwas höheres, dafür gleichbleibendes Grundgeräusch. Zu beachten ist auch, dass der Störfaktor selbstverursachten Lärms oder selbst betriebener Maschine für den Betreffenden bedeutend geringer anzunehmen ist als für einen Unbeteiligten. Mit einer Lärmgewöhnung kann allgemein nicht gerechnet werden. In vielen Fällen tritt eine umgekehrte Reaktion, d. h. gesteigerte Empfindlichkeit, auf.

Neue Büro- und Zweckbauten werden vornehmlich in teilweise oder vollständig vorgefertigter Bauweise erstellt. Die Tragfunktionen übernehmen in den meisten Fällen ein Stahlbeton- oder Stahlskelett. Dadurch ergibt sich, mindestens in bezug auf die Raumwände, ein völliges Auseinanderhalten von Trag- und Trennsystem. Durch die Verwendung von mobilen Innenwandelementen ist die Flexibilität bei der Grundrisseinteilung praktisch uneingeschränkt, was jedoch die Schallschutz- wie auch die raumakustische Planung verunsichert. Ein besonderes Problem beim Skelettbau sind die widersprüchlichen statischen und lärmtechnischen Anforderungen an das Tragsystem. Die Ausbildung der Knoten- und Ver-

bindungsstellen erfordert deshalb eine sorgfältige konstruktive Detailbearbeitung, um eine ungehinderte Ausbreitung von Körperschall im Konstruktionssystem zu vermeiden.

Die Kontrolle der Lärmquellen innerhalb eines Gebäudes kann um so eher erreicht werden und ist um so einfacher, als diese nicht in buntem Durcheinander und an allen möglichen und unmöglichen Stellen in Erscheinung treten. Als wichtigstes lärmtechnisches Prinzip bei der Bauprojektierung und der Grundrissplanung gilt daher das Trennen oder Auseinanderhalten der lärmässig ungleichartigen, und das Zusammenfassen diesbezüglich gleichartiger Raumzonen, Räume und Raumgruppen. In grösseren Bürogebäuden sollen alle installationstechnischen Maschinen und Apparate in einer sogenannten «technischen Etage» zusammengefasst werden, was deren lärmtechnische Isolation vom übrigen Gebäude stark erleichtert oder überhaupt erst einwandfrei ermöglicht.

Die Grösse eines Büroarbeitsraumes ist abhängig von seiner Funktion und der Anzahl der darin Beschäftigten. Bei kleineren und mittleren Räumen sind ausserdem die Pfeiler- und Fensterabstände sowie die horizontale Erschliessungsmöglichkeit raumflächenbestimmend. Die akustischen Verhältnisse in einem geschlossenen Raum werden bestimmt durch die Lärmquellen, die Raumgrösse, die Raumform, die Raumausstattung sowie durch das Schallschluckvermögen und damit der Materialbeschaffenheit der raumbegrenzenden Flächen.

Während die Aufgabe des Akustikers bei Theater-, Saal- und ähnlichen Bauten darin besteht, einwandfreie Verhältnisse hinsichtlich der Hörsamkeit von Ton- und Sprachveranstaltungen zu schaffen, beschränkt sich seine Aufgabe in Arbeitsräumen auf die Erzielung eines optimalen Geräuschpegels und der Gewährleistung einer guten Sprachverständlichkeit. Die konstruktiven, organisatorischen und wirtschaftlichen Anforderungen beim Bürobau schliessen praktisch eine Beeinflussung von Raumgrösse und Raumform aus nur akustischen Erwägungen aus.

Die Schallschluckung oder das Absorptionsvermögen von Wänden, Decken, Böden und Einrichtungsgegenständen bestimmen die Nachhallzeit und diese den Lärmpegel bei gegebenen Lärmquellen. Der Nachhall besteht aus den Schallrückwürfen, die nach dem direkten Schall und den ersten Schallrückwürfen, in immer dichter Folge und abnehmender Intensität beim Empfänger eintreffen. Die ersten Schallrückwürfe tragen in erster Linie zur Erhöhung der Lautstärke bei und unterscheiden sich dadurch vom eigentlichen Nachhall. Die Nachhallzeit ist diejenige Zeitdauer, die nach Verstummen der Schallquelle verstreicht, bis die mittlere Energiedichte auf den millionsten Teil des stationären Wertes gesunken ist. Die Nachhallzeit wird berechnet als Produkt der Konstanten 0,163 mit dem Verhältnis von Raumvolumen zur äquivalenten Schallschluckfläche. Die äquivalente Schallschluckfläche ist die Summe der Raumbegrenzungsflächen multipliziert mit den zugehörigen Schallschluckgraden. Der Schallschluckgrad bezeichnet das Verhältnis von nicht reflektierter zur auftretenden Schallenergie.

Der Schallschluckgrad ist frequenzabhängig, wobei poröse Stoffe verhältnismässig besser die höheren, Stoffe mit glatter Oberfläche besser die tiefen Töne absorbieren. Der Einfluss von besonderen Schallschluckflächen auf die Nachhallzeit ist jedoch anhängig von deren Lage im Raum. Insofern ist der Schallschluckgrad keine Materialkonstante. Unterschiedliche Anordnung dieser Schallschluckflächen können ihren Wirkungsgrad im Extremfall verdoppeln bzw. halbieren, vgl. Tabelle 1. Wird die äquivalente Schallschluckfläche A_1 eines Raumes auf den Wert A_2 erhöht, so sinkt der Geräuschpegel um den 10fachen log von A_1/A_2 in dB.

Die Decke ist im Normalfall die geeignetste Raumbegrenzung für die ersten Schallrückwürfe und somit auch zur Anbringung von Schallschluckflächen. Auch die Wände, ins-

Tabelle 1. Schallschluckgrade α von Raumbegrenzungsflächen

Material	Frequenz		
	125 Hz	500 Hz	2000 Hz
Lochplatten mit Mineralwolle, 3 cm hinterlegt			
Wandabstand 5 cm	0,25	0,85	0,45
Wandabstand 45 cm	0,80	0,75	0,60
Sichtbeton	0,01	0,02	0,03
Putzfläche	0,02	0,03	0,05
Klebeparkett	0,04	0,06	0,10
Spannteppich	0,07	0,55	0,80
Fenster	0,10	0,03	0,02
Dicker Vorhang	0,25	0,40	0,60

besondere in der oberen Hälfte und gegen Wandmitte, eignen sich. Für Böden sind strapazierfähige Teppichbeläge auf dem Markt, die zusätzlich den Trittschall erheblich mindern.

Durch raumakustische Massnahmen lässt sich der direkte Schall nicht beeinflussen. Der Lärmpegel in einem Raum kann höchstens um den Anteil gesenkt werden, um den der reflektierte Schall den Direktschall verstärkt. Damit sind die Grenzen für die Lautstärkenempfindung festgelegt.

Oft befinden sich Arbeitsplätze, insbesondere in Grossräumen, innerhalb des Hallradius von benachbarten Arbeitsplätzen bzw. Lärmquellen. Als Hallradius wird der Umkreis von der Schallquelle bezeichnet, in dem der Direktschall stärker ist als der reflektierte. In solchen Fällen kann ein Schutz nur durch abschirmende Elemente des Innenausbauens, beispielsweise Regale oder besondere, möglicherweise bewegliche Stellwände erzielt werden. Diese müssen in erster Linie schall-

dämmend wirken und sind dementsprechend auszubilden, d. h. mit glatter harter Oberfläche, mit hohem Flächengewicht oder mehrschaligem Aufbau. Von der Innenausbauindustrie werden eine Anzahl Fertigfabrikate solcher flexibler Stellwände oder Aufstellern mit verschiedenen Abmessungen und Dämm- und Dämpfungseigenschaften hergestellt. Deren günstigste Stellposition kann bei komplexen Lärmquellenverhältnissen nur schwer genau vorherbestimmt werden. Es ist deshalb vorteilhaft, wenn ein gewisser Spielraum für die experimentelle Ermittlung am fertigen Bau offen bleibt. An Arbeitsplätzen mit besonderen Ansprüchen für die Sprachverständlichkeit und die Telefonbedienung sollen Dauerpegel 50 dB, Einzelgeräusche 60 dB nicht überschreiten.

Eine allgemeine Aussage über die Kosten für die Schallkonditionierung lässt sich wegen der Vielfalt der Faktoren und der unterschiedlichen Ansprüche in verschiedenen Betrieben und Räumen kaum machen. Die Erzielung von einwandfreien Schallverhältnissen ist jedoch nicht, wie beispielsweise im Wohnungsbau, vornehmlich eine Komfortkomponente, sondern steht in direktem Zusammenhang mit der möglichen Arbeitsleistung. Die Wirtschaftlichkeit von Investitionen für die Störungsfreiheit ist deshalb, auch bei relativ hohen Mehraufwendungen, sicher in den meisten Fällen gewährleistet.

Mit Bestimmtheit lässt sich jedoch feststellen, dass die Forderungen und Massnahmen zum Schallschutz und der Raumakustik, wenn sie von Anbeginn als Element in eine umfassende Bauplanung einbezogen werden, sich wesentlich einfacher und mit geringerem Aufwand bewerkstelligen lassen, als nachträglich am fertigen Bau.

Adresse des Verfassers: *Ljubomir Trbušević*, dipl. Ing. habil. Arch. SIA, Steinentischstrasse 1, 8002 Zürich.

Das Zusammenspiel von Klimatisierung und Beleuchtung

DK 628.8:628.92/3

Von **Wilhelm Wirz**, dipl. Ing. ETH, Zürich

1. Einleitung

Vor einigen Jahren wurde in Deutschland eine Untersuchung durchgeführt aus der hervorging, dass rund 20% der werktätigen Bevölkerung in Büros arbeiteten. Darüber hinaus wurde aus der laufenden Entwicklung heraus abgeleitet, dass in einer fernerer Zukunft voraussichtlich etwa 80% der Werktätigen in Büros oder büroähnlichen Betrieben arbeiten werden.

Diese Zahl von 80% mag vielleicht utopisch erscheinen. Jedenfalls ist sie uns ein Hinweis dafür, dass offensichtlich dem Bürogebäude und den mit ihm zusammenhängenden Problemen schon von dieser nackten Zahl her gesehen eine stark steigende Bedeutung zukommen muss.

Die ersten wirklich vollklimatisierten Bürobauten wurden in der Schweiz, von Ausnahmen abgesehen, vor etwa 20 Jahren erstellt. Im übrigen Westeuropa begann die Entwicklung ungefähr zur gleichen Zeit. In den USA begann sie etwas früher.

In den vergangenen Jahren war eine geradezu stürmische Entwicklung in der Klimatechnik zu verzeichnen. Ein beachtlicher Stand ist in verhältnismässig kurzer Zeit erreicht worden.

Heute gelten die Anstrengungen zunehmend dem Ziel, gewisse Teilfragen in der Klimatisierung besser und wirklich wissenschaftlich zu klären. Trotz all dem Erreichten stehen wir noch lange nicht am Ende der Entwicklung.

In den folgenden Abschnitten 2 bis 4 werden für Architekten und Bauherren einige grundsätzliche Gesichtspunkte der Klimatisierung herausgestellt. Die weiteren Abschnitte sind dann den spezifischen Problemen, wie sie sich zwischen Beleuchtung und Klimaanlage stellen, gewidmet.

2. Aufgabe der Klimatisierung

Lehrbuchmässig gesprochen besteht die Aufgabe einer Klimaanlage darin, den Zustand der Raumluft hinsichtlich Temperatur, Feuchtigkeit, Bewegung und Reinheit innerhalb bestimmter Grenzen zu halten.

Der Fachmann sieht die Aufgabe, wie ja meistens, etwas komplizierter. Für ihn stellen sich streng genommen neun Komponenten zur Behandlung. Es sind dies:

- Raumtemperatur
- Luftfeuchtigkeit
- Luftbewegung
- Luftreinheit
- Geräusch im klimatisierten Raum
- Oberflächentemperatur der Raum-Umschliessungsflächen
- Sauerstoffgehalt der Raumluft
- Schädliche Gase im Raum
- Geruch im Raum
- [Elektrischer Zustand]

Die letzte Komponente, der elektrische Zustand, ist in Klammern gesetzt und wird als solche nicht mitgezählt. Sie erscheint trotz allen ehrlichen Bemühungen bis heute noch nicht mit der wünschenswerten Eindeutigkeit geklärt.

Nicht alle der oben aufgezählten neun Komponenten haben für jeden Fall gleiche Wichtigkeit. Es kann jedoch vorkommen, dass beim Bau von Klimaanlage die ungenügende Beachtung von nur einer einzigen Komponente zu ganz unbefriedigenden und unzumutbaren Arbeitsverhältnissen im Büro führen kann. Die Planung von Klimaanlage ist eine ernste Angelegenheit.