

Behaglichkeit und sommerliches Wärmeverhalten

Seminar-Skript

April 2003

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Raumlufthqualität | 3 |
| 1.1 | Allgemeines..... | 3 |
| 1.2 | Literatur | 7 |
| 2 | Visuelle Behaglichkeit | 8 |
| 2.1 | Allgemeines..... | 8 |
| 2.2 | Anforderungen an Tageslichtversorgung..... | 9 |
| 2.3 | Literatur | 17 |
| 3 | Akustische Behaglichkeit..... | 18 |
| 3.1 | Lärmeinwirkungen..... | 18 |
| 3.2 | Lärmfolgen | 18 |
| 3.3 | Schalldämmung gegen Außenlärm..... | 19 |
| 3.4 | Schalldämmung gegen Lärm aus fremden Wohn- oder Arbeitsbereichen..... | 20 |
| 3.5 | Literatur | 21 |

1 Raumlufthqualität

1.1 Allgemeines

Die Kennzeichnung und das Auslegungskriterium bei industrieller Lüftung erfolgt über die sogenannten MAK- Werte (Maximale Arbeitsplatz- Konzentration), diese sind abhängig von der Art des Betriebes.

Bei Büroräumen galt bislang der CO₂-Maßstab, eingeführt von M. v. Pettenkofer. Der Mensch wird hierbei als alleinige Quelle der Verunreinigung angesehen.

Grenzbereiche:

- schlechte Luft CO₂ = 0,1 bis 0,15%
- schädliche Wirkung CO₂ > 2,5% (Rauschzustand bei Tauchern / Atembeschwerden)

Tabelle 1.1 CO₂- Gehalte

| | |
|-------------------------|-----------------|
| Außenluft | 0,03 bis 0,035% |
| Stadtluft | 0,04% |
| Max.- Wert Kino | 0,7% |
| Ausatmungsluft | 40 bis, 5,2% |
| Auslöschten einer Kerze | 10% |

Schadstoffbezogener Außenluftstrom:

$$\dot{V} = \frac{\dot{G}}{C_i - C_o}$$

mit \dot{V} erforderlicher Außenluftstrom
 \dot{G} gesamte Belastung
 C_i zugelassene Konzentration (z.B. MAK- Wert)
 C_o Außenluftkonzentration

Vom Menschen werden ca. 18l / h CO₂ ausgeatmet (sitzende Tätigkeit)

Das ergibt

$$\dot{V} = \frac{18 \cdot 10^{-3}}{0,001 - 0,00035} \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\dot{V} = 28 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \approx 30 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

z.B. für Klassen- und Seminarräume gem. DIN 1946 –2

Neue Ansätze gehen vom CO₂ –Maßstab zu einem Gesamtmaßstab über:

Maßeinheit für die Stärke einer Geruchsquelle :

Verunreinigungslast G [olf]:

1 olf = Geruch eines Menschen mit den Standardeigenschaften 1,8 m² Oberfläche, sitzende Tätigkeit (1 met), 0,7 mal geduscht pro Tag, täglich frische Wäsche.

Empfundene Luftqualität C [decipol]:

Als Einheit für den empfangenen Geruch wird die Verdünnung mit dem Luftvolumenstrom 10l/s normiert und mit

1 decipol = 1 olf pro 10 l/s = 0.1 olf / (l/s) bezeichnet.

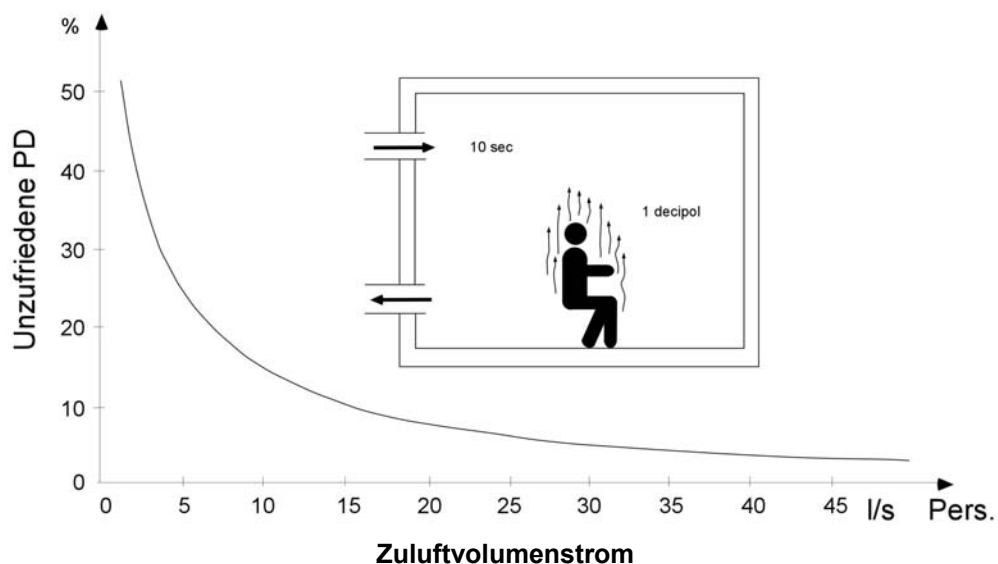


Bild 1.1 Prozentuale Unzufriedene in Abhängigkeit vom Zuluftvolumenstrom

Die Definition der Einheiten olf (von olfaction = Geruchssinn) und decipol (von pollution = Verunreinigung) ist analog der Definition der Einheiten für Licht und Geräusch, wie in nachstehender Tabelle einzuordnen:

Tabelle 1.2 Sinneseinflüsse und ihre Einheiten

| Einfluss | Licht | Geräusch | Geruch |
|---------------------|-------|----------|---------|
| Sinnesorgan | Auge | Ohr | Nase |
| Leistung der Quelle | lumen | Watt | olf |
| Empfangener Pegel | lux | db | decipol |

Die Messung des Geruchs erfolgt mit trainierten Versuchsgruppen.

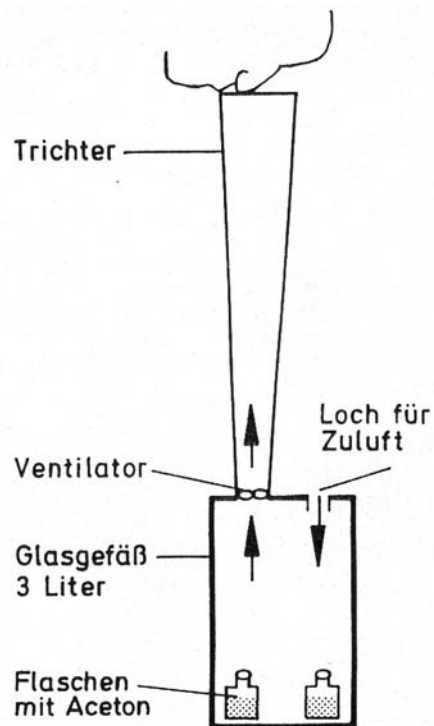


Abb. 4
Schematische Ansicht eines Decipolmeters.

Bild 1.2 Schematische Ansicht eines Decipolmeters

Quellen:

| | |
|--------------------------|--------|
| 1 Person sitzend (1 met) | 1 olf |
| 1 Athlet (15met) | 30 olf |
| 1 Raucher (Kette) | 25 olf |
| 1 Raucher (normal) | 5 olf |

Baustoffe:

| | |
|----------------------|----------|
| Teppich (Wolle) | 0,20 olf |
| Teppich (Kunstfaser) | 0,40 olf |
| PVC / Linoleum | 0,20 olf |
| Marmor | 0,01 olf |
| Gummidichtung | 5 olf |

Im Durchschnitt aus Baumaterialien und Lüftungsanlage heute:

normal 0,4 olf

sehr gut 0.1 olf

Empfangspegel:

Abgase am Schornstein 100 decipol

„Sick building“ 10 decipol

gesundes Gebäude 1 decipol

Außenluft Stadt 0,1 decipol

Außenluft Gebirge 0,01 decipol

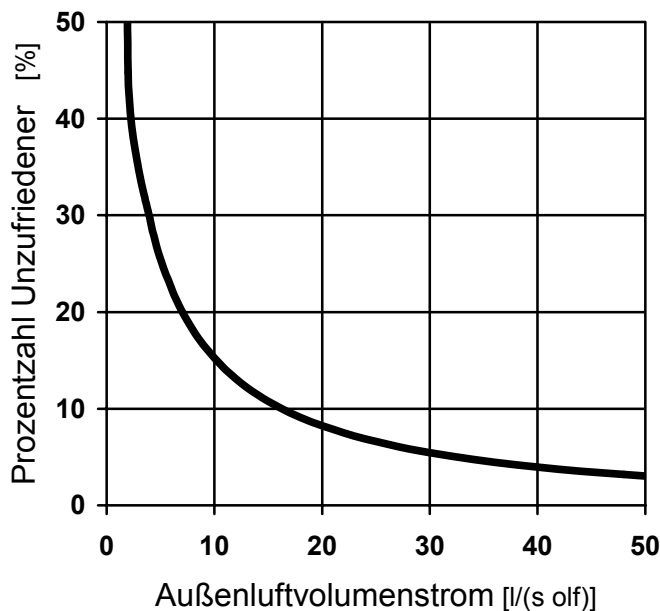


Bild 1.3 Verhältnis PD zum Außenluftvolumenstrom

Als Auslegungskriterium kann die Prozentzahl der Unzufriedene PD herangezogen werden:

$$P_D = 395 e^{-1,83 \cdot q^{0,25}}$$

mit q personenbezogene Außenlufrate

oder

$$P_D = 395 e^{-3,25 \cdot C^{-0,25}}$$

mit C empfundene Luftqualität

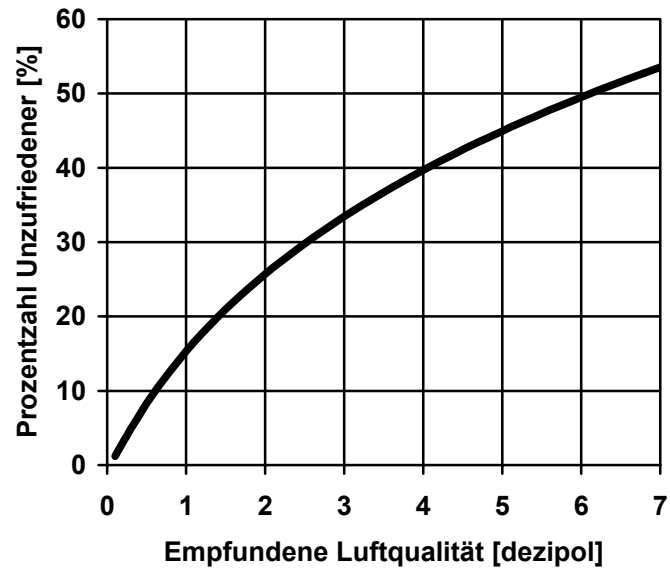


Bild 1.4 Verhältnis PD zur empfundenen Luftqualität

Beispiel 1 :

$$q = 30 \frac{\text{m}^3}{\text{h} \cdot \text{Pers}} = 8,33 \frac{\text{l}}{\text{s} \cdot \text{Pers}}$$

$$P_D = 395 e^{-1,83 \cdot 8,33^{0,25}}$$

$$P_D = 17,6 \%$$

Beispiel 2 :

$$q = 20 \frac{\text{m}^3}{\text{h} \cdot \text{Pers}} = 5,56 \frac{\text{l}}{\text{s} \cdot \text{Pers}}$$

$$P_D = 395 e^{-1,83 \cdot 5,56^{0,25}}$$

$$P_D = 23,8 \%$$

Beispiel 3 :

$$C = 10 \text{ decipol}$$

$$P_D = 395 e^{-3,25 \cdot C^{-0,25}}$$

$$P_D = 395 e^{-3,25 \cdot 10^{-0,25}}$$

$$P_D = 63,5 \%$$

1.2 Literatur

[1] DIN 1946-2 : Raulufttechnik – Gesundheitstechnische Anforderungen (Januar 1994)

2 Visuelle Behaglichkeit

2.1 Allgemeines

Wohnungswissenschaftler und Bauaufsichtsbehörden gehen davon aus, dass Sonne und Tageslicht wesentliche Kriterien beider Beurteilung der Wohnqualität sind. Zu Recht?

Diese Frage war in der Vergangenheit Gegenstand von Untersuchungen in der Schweiz und in Deutschland. So befragten 1969 Barrier und Geilgen [1] 335 Personen:

„Angenommen, Sie würden eine neue Wohnung nehmen, auf was würden Sie – vom Mietpreis abgesehen – besonderen Wert legen?“

Die Rangordnung der Antworten:

1. Genügend Sonne
2. Geräumige Wohnung
3. Genügend Tageslicht
4. Ruhige Lage
5. Balkon
6. Grünflächen
7. Gute Geräuschkämmung
8. Nähe zu Geschäften

Zur Vorbereitung einer größeren Untersuchung kamen Freymuth und Seidl [2], [3] dann 1974 auf diese Fragestellung zurück, wobei zu Teil andere Antwortmöglichkeiten vorgegeben wurden. Aus den Antworten von insgesamt 547 befragten Hausfrauen in Berlin und Stuttgart ergab sich folgende Rangordnung:

1. Helle Wohnung
2. Geräumige Wohnung
3. Komfortable Ausstattung
4. Sonnige Wohnung
5. Ruhige Wohnung
6. Günstig geschnittene Wohnung
7. Vorhandensein von Balkon, Garten, Terrasse
8. Verkehrsgünstige Lage
9. Schöner Ausblick
10. Wohnung wird von außen nicht eingesehen

Es mag sein, dass diese Rangordnung durch die Auswahl der Befragten, den Anlass der Befragung oder die fragenden Personen beeinflusst worden ist, trotzdem lässt sich feststellen, dass die Ergebnisse beider Untersuchungen den gleichen Trend wiedergeben:

Neben ausreichend Platz in der Wohnung steht die ausreichende Versorgung mit Tageslicht und Sonne ganz oben auf der Prioritätenliste der Wohnungsnutzer.

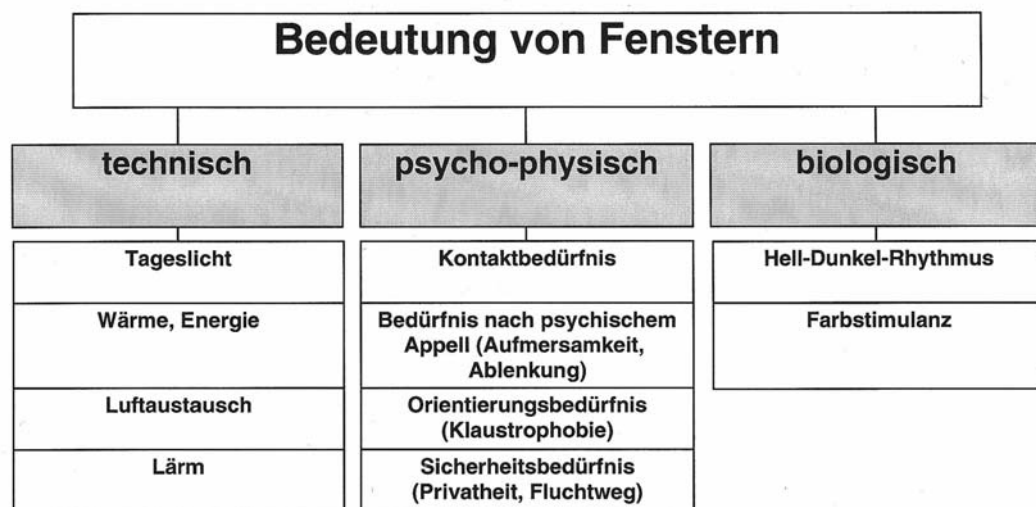
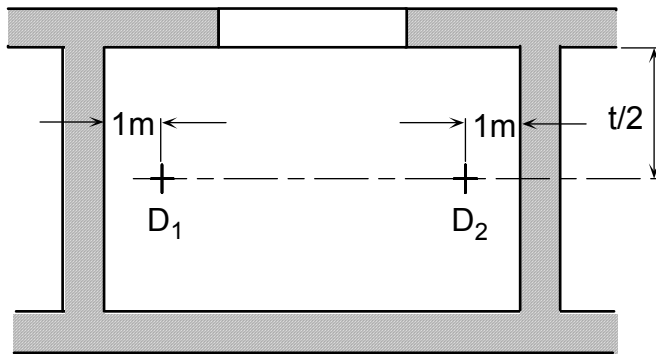


Bild 2.1 Zur Bedeutung des Fensters. Das Fenster besitzt nicht nur eine technische, sondern auch eine psycho-physische und biologische Funktion

2.2 Anforderungen an Tageslichtversorgung

Zur Kennzeichnung der Tageslichtverhältnisse in Wohngebäuden wurde in DIN 5034 Teil 1 die in Bild 2.2 wiedergegebenen Bezugspunkte festgelegt.

a) Wohnräume

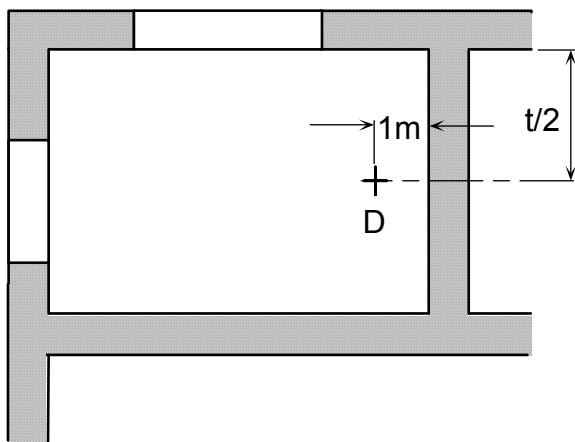
ausreichende Helligkeit

$$D_1 \geq 0,75 \%$$

$$D_2 \geq 0,75 \%$$

$$\frac{(D_1 + D_2)}{2} \geq 0,9 \%$$

0,85 m über Fußboden



$$D \geq 1 \%$$

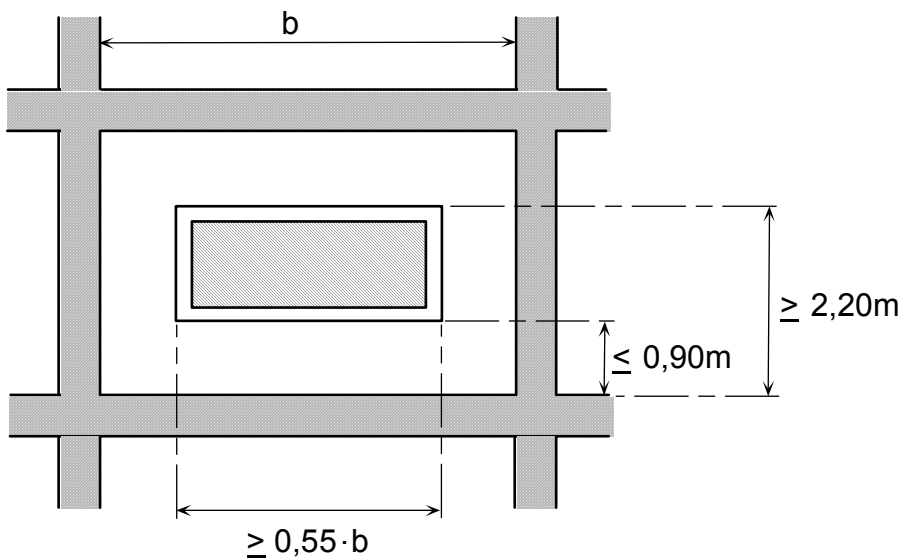
Sichtverbindung nach außen

Bild 2.2 Anforderungen an Tageslichtquotienten und Fenstergröße bzw. -anordnung gem. DIN 5034 für Wohnräume

b) Arbeitsräume

ausreichende Helligkeit

Falls folgende Maße nicht wesentlich überschritten werden:

Raumhöhe 3,50 m; Tiefe 6,00 m; Fläche 50m²

→ wie bei Wohnräumen

Für andere Räume keine Forderungen formulierbar!

Sichtverbindung nach außen

- Raumhöhe $\leq 3,50$ m $f(1 - r) \geq 30\%$

- Raumhöhe $> 3,50$ m und Räume mit o.g. Maßen

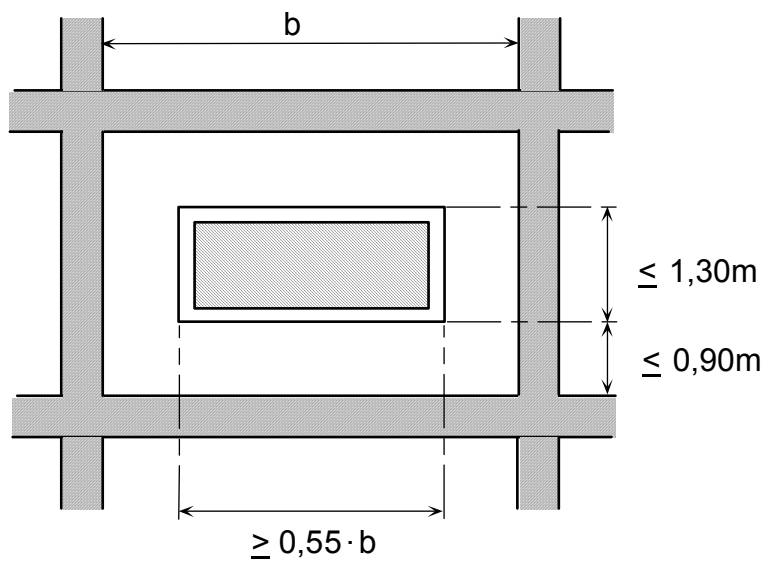


Bild 2.3 Anforderungen an Tageslichtquotienten und Fenstergröße bzw. -anordnung gem. DIN 5034 für Arbeitsräume

c) Krankenzimmer

→ wie bei Wohnräumen, zusätzlich

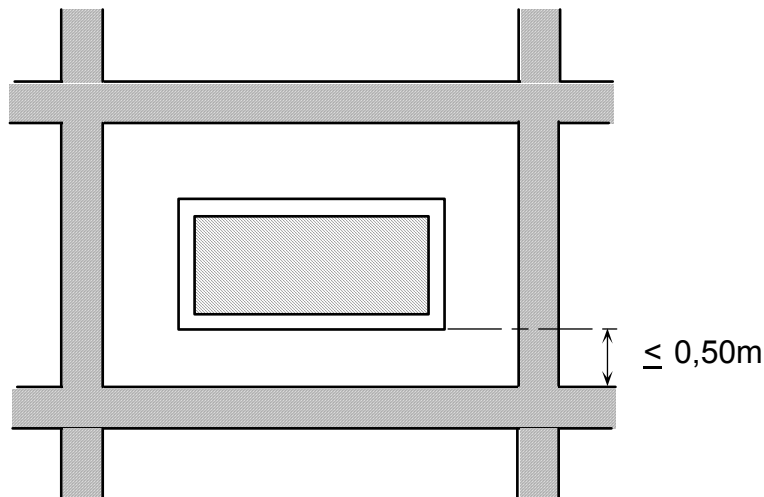


Bild 2.4 Anforderungen an Tageslichtquotienten und Fenstergröße bzw. -anordnung gem. DIN 5034 für Krankenzimmer

Auf der Basis umfangreicher Untersuchungen gelang es, mit einer Regressionsanalyse die folgende mathematische Beziehung zwischen dem Mittelwert der Tageslichtquotienten \bar{D} und diesen beiden Bezugspunkten und der Beurteilung der Tageslichtverhältnisse herzuleiten, die auch in Bild 2.5 wiedergegeben ist.

$$U = 3,2 \cdot \lg \bar{D} + 6,6$$

mit

$U = -2$ sehr schlechte Tageslichtverhältnisse

$U = 0$ weder gute noch schlechte Tageslichtverhältnisse

$U = 2$ sehr gute Tageslichtverhältnisse

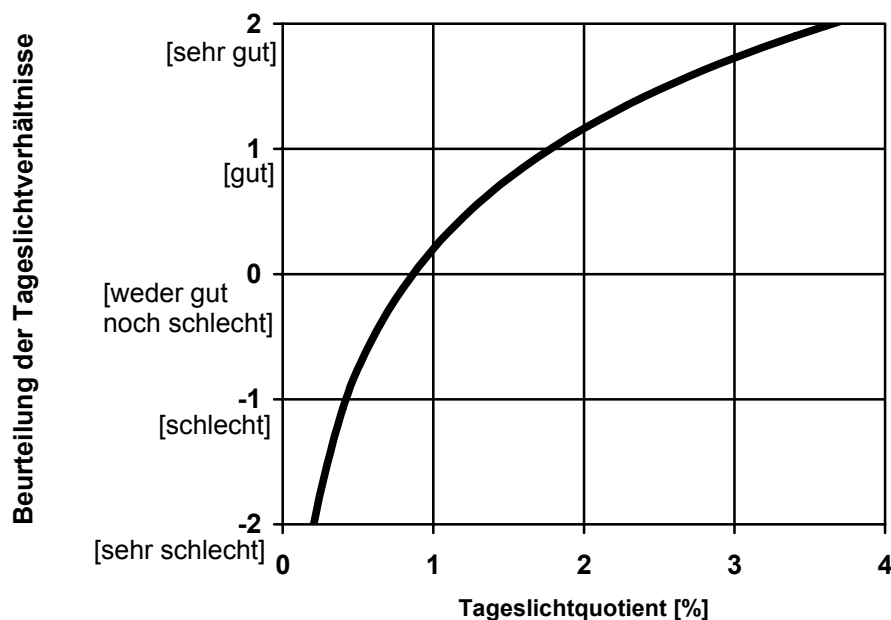


Bild 2.5 Abhängigkeit der Beurteilung von Tageslichtverhältnissen in Wohnräumen vom Mittelwert der Tageslichtquotienten an den Bezugspunkten 1 und 2

Eine mittelmäßige Beurteilung ($U = 0$) wird demnach bei $\bar{D} = 0,9\%$ erreicht, weshalb nach DIN 5034 Teil 1 [4] gefordert wird, dass in Wohnräumen der Mittelwert der Tageslichtquotienten an den Punkten 1 und 2 mindestens $0,9\%$ betragen muss. Zusätzlich soll, aufgrund der Ergebnisse einer weiteren Untersuchung, keiner der beiden Tageslichtquotienten den Wert $0,75\%$ unterschreiten.

Um 70% der Wohnungsnutzer zufrieden zu stellen, fordert DIN 5034 Teil 1 [4] auf der Grundlage der Zusammenhänge in Tafel 2: „Die Breite des durchsichtigen Teils des Fensters (bzw. die Summe der Breiten aller vorhandenen Fenster) sollte mindestens 55% der Breite des Wohnraumes betragen.“

Das zusammengetragene Datenmaterial lässt für die Wohnnutzung darüber hinaus noch weitere Schlüsse zu:

Die lichtdurchlässige Fläche der Fenster sollte 30% der Fensterwandfläche und 16% der Bodenfläche des Raumes betragen, die Höhe des lichtdurchlässigen Teils der Fenster sollte 1,30 m nicht unterschreiten.

Der letztgenannten Feststellung versucht DIN 5034 Teil 1 [4] dadurch zu entsprechen, dass gefordert wird: „Die Oberkante der Fenster sollte mindestens 2,20 m über dem Fußboden liegen“ und „Die Oberkante der Fensterbrüstung sollte höchstens 0,90 m über dem Fußboden liegen.“

Hinsichtlich der Tageslichtversorgung von Räumen lassen sich folgende Einflussgrößen benennen:

1. Fensterflächenanteil
2. Tageslichttransmissionsgrad
3. Nennbeleuchtungsstärke
4. Einfluss der Verbauung
5. Raumtiefe/Orientierung
6. Wandreflexionsgrade
7. Fensteranordnung
8. Raumbreite

Verglasung

Vergleich Wärmeschutz- und Isolierverglasung

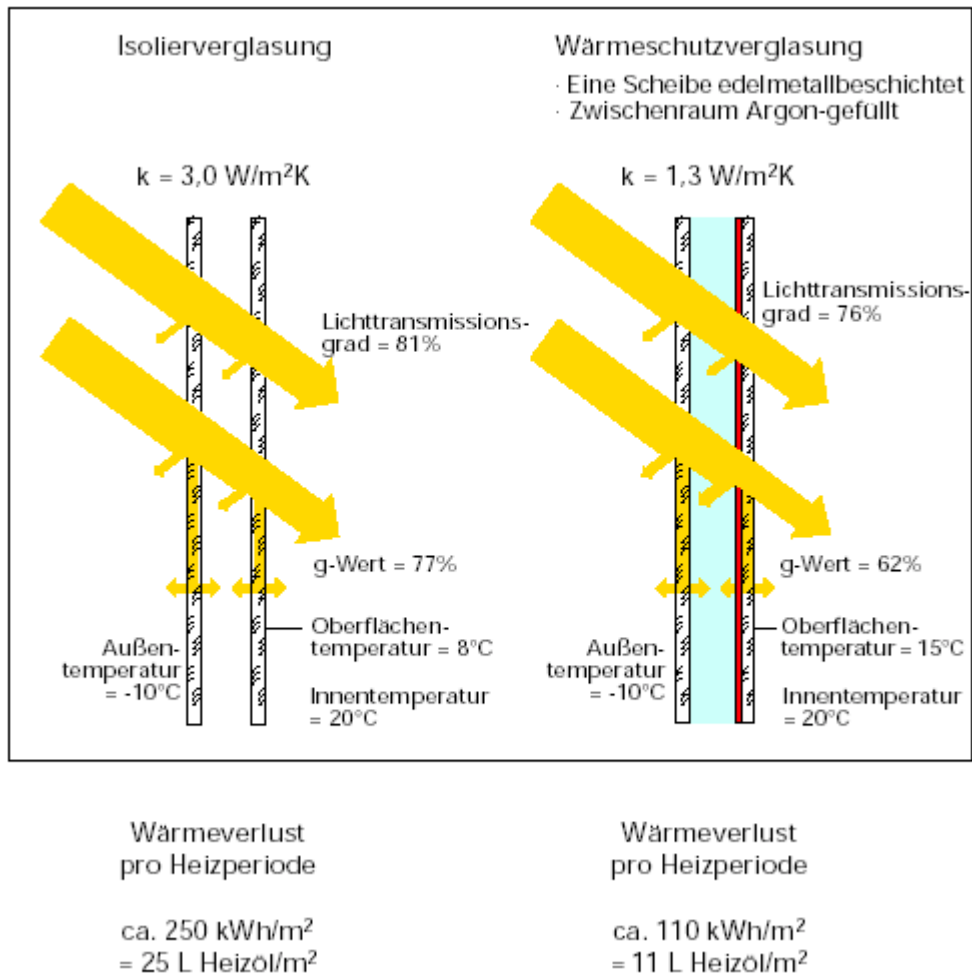
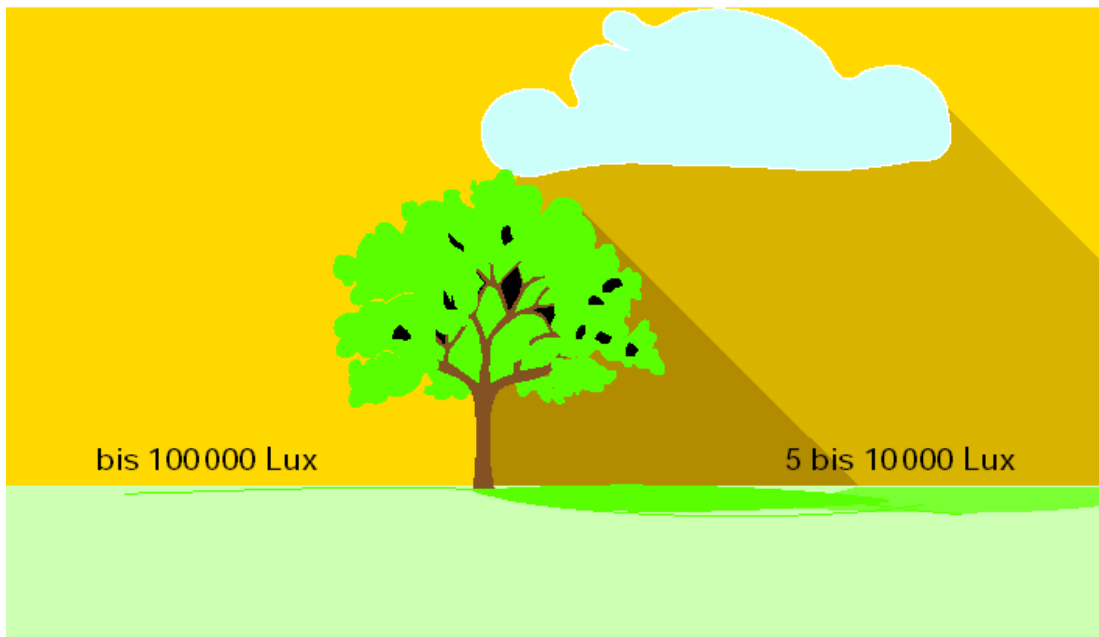


Bild 2.6 Vergleich Wärmeschutz- und Isolierverglasung

Helligkeit außen und innen

Beleuchtungsstärken des Tageslichts im Freien**Anforderungen an die Helligkeit in Innenräumen**

| | |
|-------------------|---------------------------|
| Feinstarbeit: | 1000 - 2000 Lux |
| Büroarbeitsplatz: | 300 - 500 Lux |
| Verkehrsflächen: | 50 - 100 Lux |
| Wohnräume: | sehr variabel, ab 100 Lux |

$$\text{Tageslichtquotient } D = \frac{\text{Beleuchtungsstärke innen}}{\text{Beleuchtungsstärke außen}}$$

Beispiel: bei einem $D = 5\% = 0,05$
außen 10000 Lux (bedeckter Himmel)
ergibt innen $10000 \times 0,05 = 500$ Lux

Bild 2.7 Helligkeit außen und innen

Verbauung und Fensterhöhe

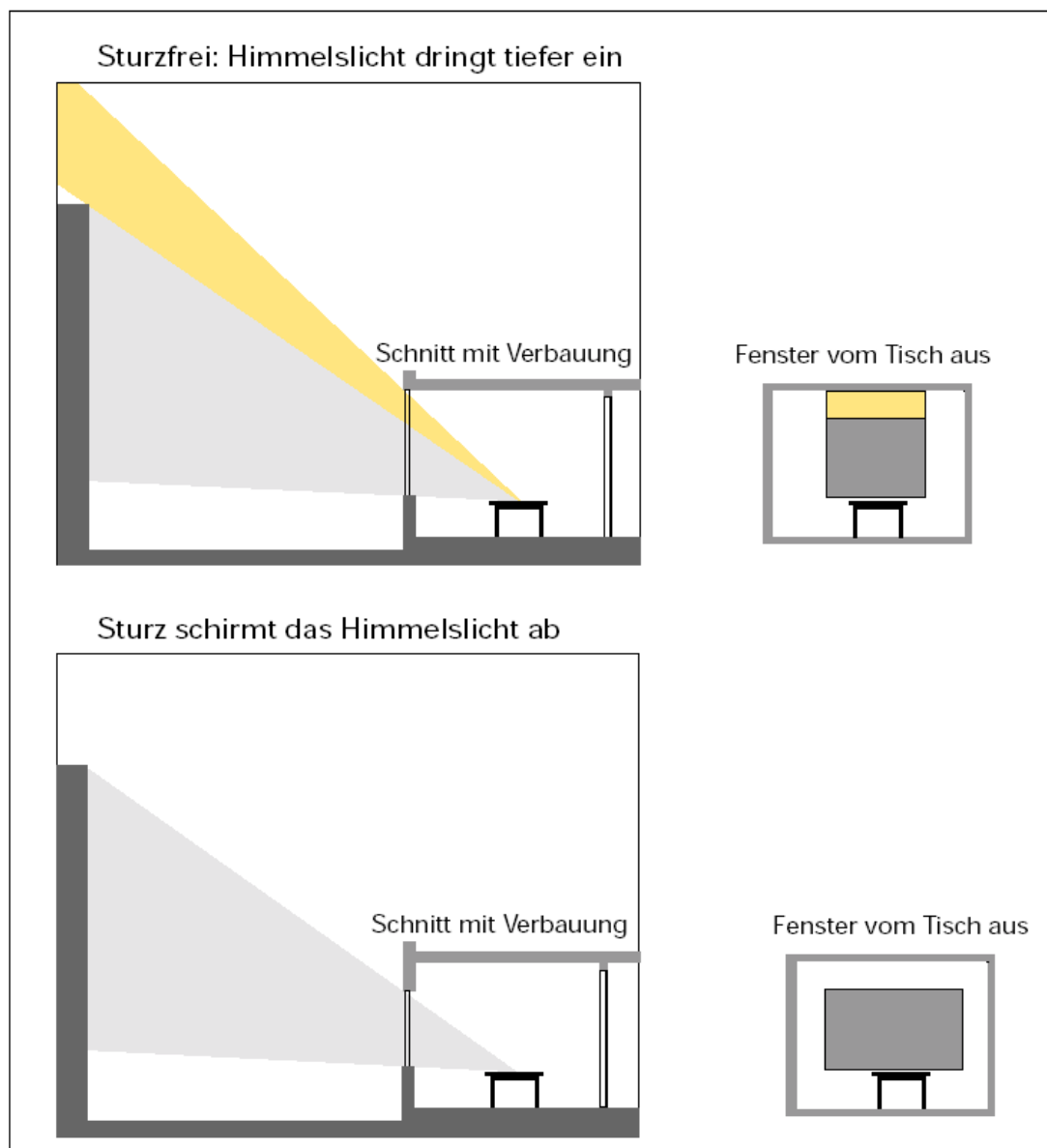


Bild 2.8 Verbauung und Fensterhöhe

Ausleuchtung der Raumtiefe durch verschieden hohe Fenster

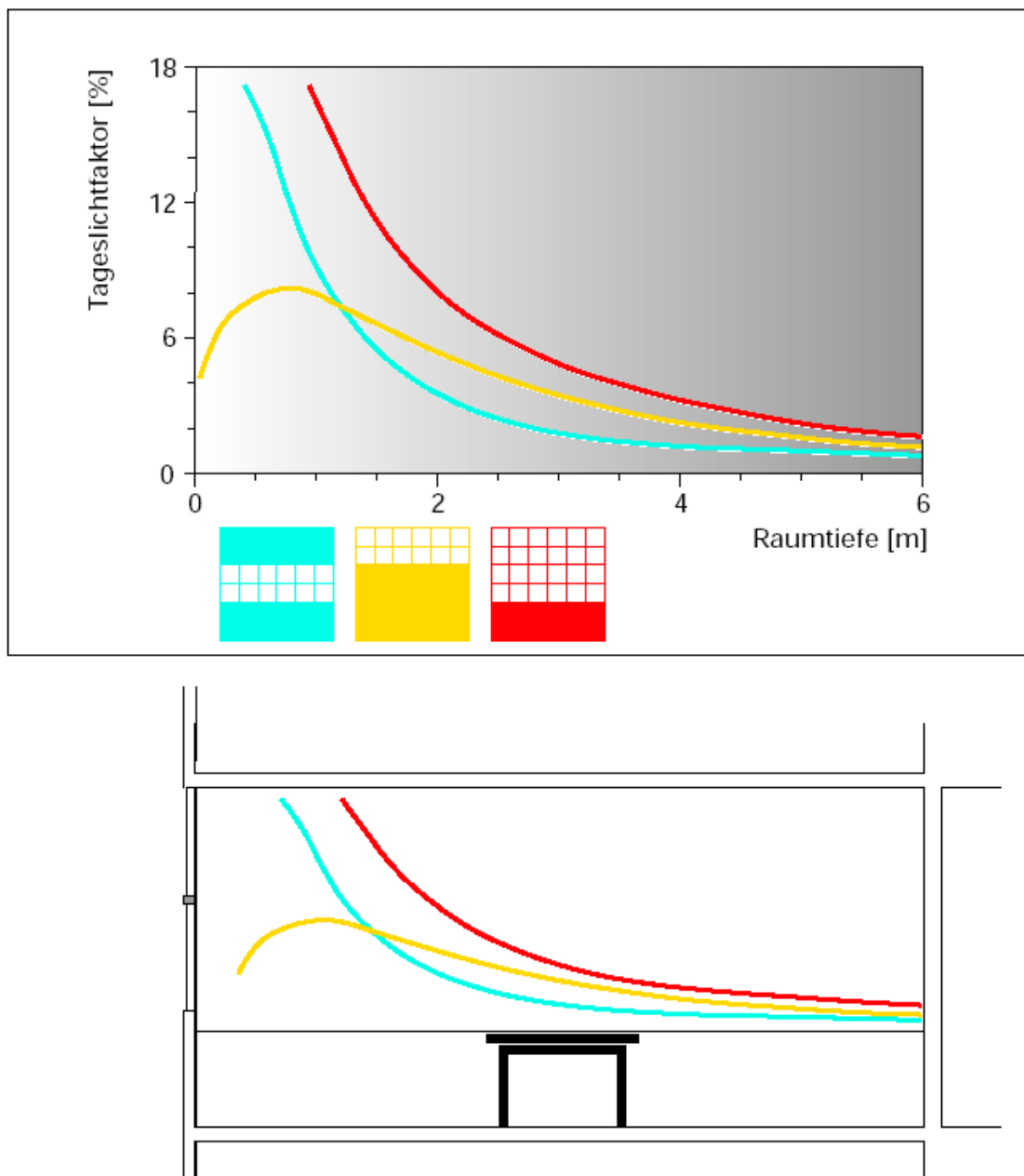


Bild 2.9 Ausleuchtung der Raumtiefe

2.3 Literatur

- [1] Barrier, A. und Gilgen, A.: Natürliche Belichtung von Wohnungen. Forschungsauftrag FAP
1.C. 1.2/II.2, ETH Zürich (1970)
- [2] Freymuth, H. und Seidl, M.: Abstandsflächen im Wohnungsbau. Innenministerium des Landes Nordrhein-Westfalen (1978) VA 2 – 7201 – Nr. 8 FA
- [3] Seidl, M.: Tageslicht im Wohnbereich. Licht 31 (1979), S. 371-373 und S. 426-429
- [4] DIN 5034 Teil 1 Tageslicht in Innenräumen (Feb 1983)

3 Akustische Behaglichkeit

3.1 Lärmeinwirkungen

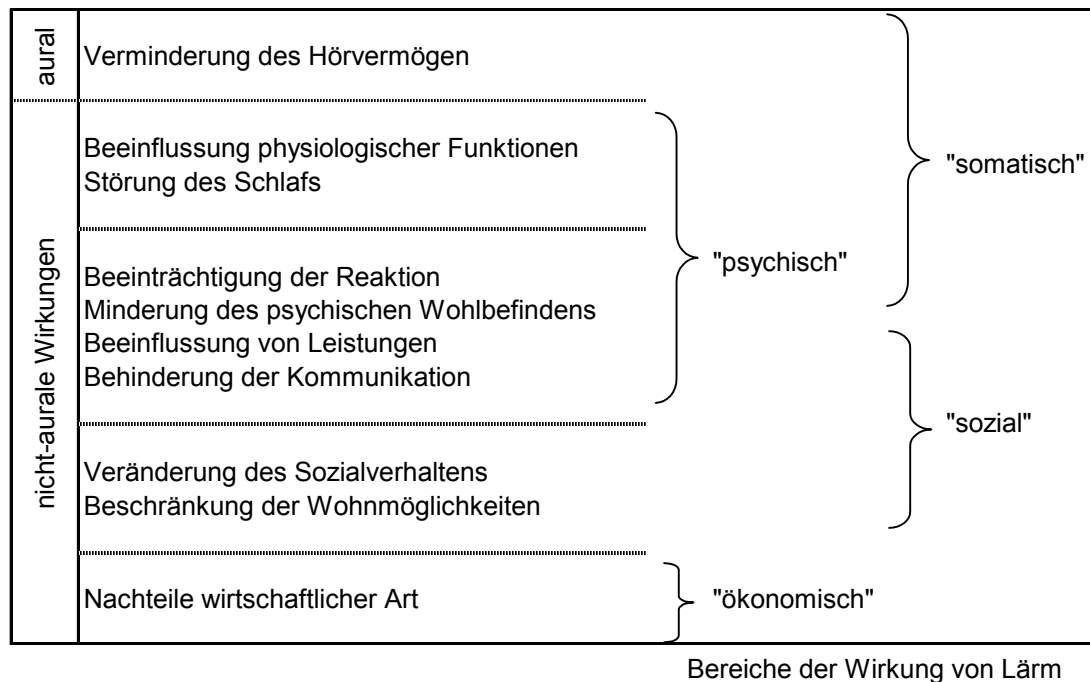


Bild 3.1 Wirkung von Lärm

3.2 Lärmfolgen

- Belästigungen
 - Störung bei Unterhaltung
 - Beeinträchtigung der Erholung
- Verhaltensänderungen
 - Gespräche werden auf das Notwendigste beschränkt
 - Verzicht auf Nutzung von Balkon und Garten
 - Erhöhter Wohnungswechsel bei finanziellen Möglichkeiten
- Gesundheitliche Folgen
 - unspezifische Stressreaktionen wie Veränderungen des Blutdrucks, des Pulses, der Fingerdurchblutung und der Elektrolytkonzentration im Blut
 - Erkrankungen
 - akute Blutdruckerhöhungen
 - irreversible Risikoerhöhung für Herz- Kreislauf- Erkrankungen

3.3 Schalldämmung gegen Außenlärm

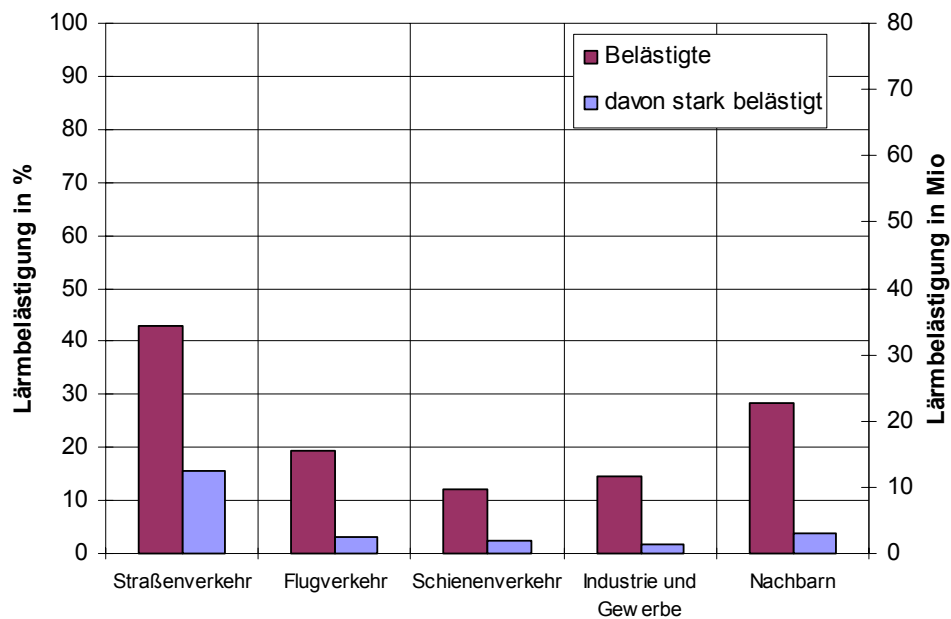


Bild 3.2 Belästigung durch Lärm in der Bundesrepublik Deutschland. Ergebnisse einer repräsentativen Befragung der Bevölkerung.

Tabelle 3.1 Straßenverkehrslärm: Belastungszahlen für die Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland in % , Mittelpegel vor der Fassade.

Geräuschbelästigung der Bevölkerung (Straßenverkehr alte Länder)

| | | Mittelungspegel in dB (A) | | | | | | |
|--------|------|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|------|
| | | >45-50 | >50-55 | >55-60 | >60-65 | >65-70 | >70-75 | >75 |
| tags | 1992 | 16,5% | 15,8% | 17,9% | 15,6% | 9,1% | 5,2% | 1,5% |
| | 1997 | 16,4% | 15,8% | 18,0% | 15,3% | 9,0% | 5,1% | 1,5% |
| nachts | 1992 | 17,7% | 14,7% | 9,8% | 4,3% | 2,9% | 0,2% | 0% |
| | 1997 | 17,6% | 14,3% | 9,3% | 4,2% | 2,9% | 0,2% | - |

Im Wohnbereich:

tags 35 – 40 db

nachts 25 – 35 db

Tabelle 3.2 Mindestanforderungen an den Schallschutz von Außenbauteilen in DIN 4109

| „Maßgeblicher Außenlärm- pegel“ | Raumarten | | | | | |
|---------------------------------------|--|-----------|--|-----------|----------------------------|-----------|
| | Bettenräume in Kran- kenanstalten und Sana- torien | | Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernacht- ungsräume in Beher- bergungsstätten, Unterrichtsräume und ähnliches | | Büroräume und ähnliches | |
| | erforderliches bewertetes Schalldämm-Maß in dB | | | | | |
| | R'w,res | RwFenster | R'w,res | RwFenster | R'w,res | RwFenster |
| bis 55 | 35 | 30 | 30 | 25 | - | - |
| 56 bis 60 | 35 | 30 | 30 | 25 | 30 | 25 |
| 61 bis 65 | 40 | 36 | 35 | 30 | 30 | 25 |
| 66 bis 70 | 45 | 43 | 40 | 36 | 35 | 30 |
| 71 bis 75 | 50 | | 45 | 43 | 40 | 36 |
| 76 bis 80 | | | 50 | | 45 | 43 |

3.4 Schalldämmung gegen Lärm aus fremden Wohn- oder Arbeitsbereichen

Tabelle 3.3 Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß R'_w und das Hören und Verstehen von Sprache; Schallquelle: laute Sprache [1]

| Sprachverständlichkeit | erforderliches bewertetes Bau-Schalldämm-Maß R'_w [dB] | |
|-------------------------------------|--|--------------------------|
| | Grundgeräuschpegel | Grundgeräuschpegel |
| | $L_A = 20 \text{ dB(A)}$ | $L_A = 30 \text{ dB(A)}$ |
| nicht zu hören | 67 | 57 |
| zu hören, jedoch nicht zu verstehen | 57 | 47 |
| teilweise zu verstehen | 52 | 42 |
| gut zu verstehen | 42 | 32 |

Tabelle 3.4 Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung sowie Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz (auszugsweise aus DIN 4109)

| Bauteil | Mindestschallschutz | | erhöhter Schallschutz | |
|---|---------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|
| | R'_w [dB] | $L'_{n,w}$ [dB] | R'_w [dB] | $L'_{n,w}$ [dB] |
| Geschosshäuser mit Wohnungen und Arbeitsräumen | | | | |
| Decke unter allgemein nutzbaren Dachräumen ¹⁾ | 53 | 53 | ≥ 55 | ≤ 46 |
| Wohnungstrennwände und Wände zwischen fremden Arbeitsräumen | 53 | - | ≥ 55 | - |

¹⁾ Bei Gebäuden mit nicht mehr als 2 Wohnungen betragen die Anforderungen $R'_w = 52$ dB und $L'_{n,w} = 63$ dB

3.5 Literatur

- [1] Fasold, W. und Veres, E.: Schallschutz und Raumakustik in der Praxis. Planungsbeispiele und konstruktive Lösungen; 1.Auflage; Verlag für Bauwesen, Berlin 1998