



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Kapitel 3

NUTZUNGSKOMFORT

Version 2.0

31. August 2003



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

| | | |
|------------|--|------------|
| 3 | NUTZERINNENKOMFORT | 189 |
| | Einleitung | 189 |
| 3.1 | QUALITÄT DER INNENRAUMLUFT | 191 |
| 3.1.1 | Qualität der Innenraumluft bei mechanischen Lüftungsanlagen | 195 |
| 3.1.2 | Qualität der Innenraumluft bei natürlicher Lüftung | 197 |
| 3.2 | BEHAGLICHKEIT (THERMISCHER KOMFORT) | 203 |
| 3.3 | TAGESLICHT | 224 |
| 3.4 | SONNE IM DEZEMBER | 233 |
| 3.5 | SCHALLSCHUTZ IN DEN TOPS | 240 |
| 3.5.1 | Außenbauteile | 241 |
| 3.5.1.1 | Nicht transparente Außenbauteile | 242 |
| 3.5.1.2 | Transparente Außenbauteile | 244 |
| 3.5.2 | Trennwände (zwischen Wohneinheiten) | 246 |
| 3.5.3 | Decken (zwischen Wohneinheiten) | 246 |
| 3.5.4 | A-bewerteter Basispegel $L_{A,95}$ | 247 |
| 3.5.5 | A-bewerteter energieäquivalenter Dauerschallpegel $L_{A,eq}$ und Beurteilungspegel L_r | 248 |
| 3.6 | GEBÄUDEAUTOMATION | 260 |



3 NUTZERINNENKOMFORT

Einleitung

Komfort bedeutet einerseits die Erfüllung von personenabhängigen Wertvorstellungen und andererseits die Erfüllung von vorgegebenen physiologischen Bedürfnissen, die sich im wesentlichen auf Luftqualität sowie thermische, visuelle und akustische Qualitäten beziehen. Dazu kommen vielfach noch die Wünsche nach einem hohen Automatisierungsgrad („intelligentes Haus“).

Die Benutzerwünsche hängen naturgemäß stark von der Nutzungsform, den finanziellen Möglichkeiten (z.B. Familieneinkommen) und den individuellen Wertvorstellungen ab.

Trotz dieser erheblichen Differenzierung zeigen Umfragen, dass eine Reihe von Anforderungen bzw. Wünschen „gruppenübergreifend“ und daher bei Planungen grundsätzlich zu berücksichtigen sind.

Grundsätzlich gilt, dass auch im Mehrfamilienhaus (bis hin zum Wohnblock) Einfamilienhausqualitäten angestrebt werden: ein Schlüsselbegriff ist Selbstbestimmung über die Nutzung (Möglichkeiten zur Eigenleistung im Innenausbau, Möglichkeiten – durch Änderungen des Benutzerverhaltens – auf die Betriebskosten Einfluss zu nehmen).

Weitere – immer wieder genannte – Komfortkriterien sind:

Naturkontakt: mindestens „Grünblick“ (ev. durch Innenhof- oder Dachbegrünung), besser ein zur Wohnung gehörender Freiraum (Balkon, Terrasse, Gartenanteil)

Gemeinschaftseinrichtungen wie z.B. Kinderwagenabstellräume, Fahrradabstellräume, Hobbyräume
optimale Schalldämmung (ev. sogar innerhalb der Wohnung ein schallgedämmter Arbeitsraum)

viel natürliches Licht

natürliche Farben, natürliche Materialien (Holz, Ziegel, Naturstein)

hohe Oberflächentemperaturen

hohes Wärmespeichervermögen

Kühlmöglichkeiten (zumindest für den Schlafbereich)

einfache Möglichkeit, Teleworking-Arbeitsplätze einzurichten

hohe Sicherheitsstandards (Einbruchschutz, sicherer Weg Parkplatz/Haltestelle-Wohnung)

robuste Ausstattung

individuelle Abrechnung der Heiz- und Warmwasserkosten

Flexibilität bezüglich der Raumteilung (grundsätzliche Möglichkeit, die Wohnung bedarfsgerecht zu vergrößern bzw. zu verkleinern)

Umgebung / Infrastruktur: Hier spielen vor allem die Qualität der Verkehrsanbindung, der Autoabstellplätze und der Nahversorgung eine wichtige Rolle. Weitere - zunehmend häufiger genannte – Qualitätsmerkmale sind: Lebensmittelzustelldienste, Service-Angebote (Essen, Hausarbeit, Besorgungen, Krankenpflege) bzw. professionell unterstützte Selbsthilfegruppen für Kinderbetreuung und Krankenpflege.



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Alle diese Kriterien werden auch für die Gebäudebewertung herangezogen. Sie sind jedoch in verschiedenen Kapiteln zu finden.

In den folgenden Kapiteln werden jene Komfortkriterien abgehandelt, die auf die Erfüllung der physiologischen Grundbedürfnisse abzielen:

- Luftqualität erzielt durch natürliche oder mechanische Lüftung
- Behaglichkeit
- Tageslicht und visuelle Qualität
- Schallschutz
- Gebäudeautomation



3.1 Qualität der Innenraumluft

Einleitung

Es ist Aufgabe der Lüftung, eine ausreichend gute Luftqualität für Menschen in Innenräumen bereitzustellen. Dies geschieht durch die Zufuhr von Frischluft und das Abführen „verbrauchter“ Luft auf natürlichem Weg (durch Öffnen von Fenstern) oder durch mechanische Lüftungsanlagen.

Eine ausreichende Zufuhr von Frischluft dient der Verhinderung von

- zu hohen Schadstoffkonzentrationen im Innenraum
- von Geruchsbelästigungen
- unzulässig hohen Raumluftfeuchten

Neben der Qualität des Lüftungssystems wirken sich die – vor allem im Innenausbau - verwendeten Baustoffe auf die Raumluftqualität aus. Ausgasungen aus Baustoffen tragen zur Anreicherung von Schadstoffen in der Raumluft bei. Erforderlich für die Sicherstellung der Raumluftqualität ist daher ein hochwertiges Lüftungssystem und ein Konzept zur Vermeidung von Luftschadstoffen: Materialien, die sich während der Nutzung nachteilig auf die Raumluftqualität auswirken, sollen erst gar nicht verbaut werden.

Die notwendige Frischluftmenge pro Zeiteinheit richtet sich hauptsächlich nach Umfang und Art der Luftbelastungen im Innenraum:

- Anzahl der Personen und der von diesen abgegebenen Stoffwechselprodukte (ausgeatmetes CO₂, Wasserdampf, Körpergeruchsstoffe)
- Wasserdampfabgabe und Geruchsstoffe durch Tätigkeiten im Haushalt (Kochen, Waschen,...)
- Schadstoffemissionen durch Reinigungsmittel, Einrichtungsgegenstände (Möbel, Fußbodenbeläge,...), Holzschutzmittel, Lacke, Kleber,...
- Staubentwicklung und mikrobiologische Belastungen (Keime, Pilzsporen,...)
- Verbrennungsluftbedarf für innere Feuerstellen (Gasherde, offene Kamine, Öfen,...)

Kohlendioxid in der Raumluft

Liegen keine kritischen Konzentrationen von Luftschadstoffen vor, so gilt, dass für die in Aufenthaltsräumen erforderliche Lüfterneuerung der Anstieg der Kohlendioxidkonzentration maßgebend ist.

Ein m³ frische unbelastete Luft enthält rund 0,03 Vol% CO₂ (d.h. 0,3 l oder 300 ppm). Der MAK-Wert (Maximale Arbeitsplatzkonzentration) für CO₂ ist mit 0,5 Vol% (5 l CO₂ pro m³ Luft) festgesetzt. Als zulässiger Grenzwert für Aufenthaltsräume galt (und gilt in manchen Normwerten noch heute) ein Wert von 0,15 Vol% (15 l CO₂ pro m³ Luft). Bei dieser Festlegung wurde allerdings das Kohlendioxid nur als Leitkomponente für die Luftverschlechterung durch vom Menschen ausgeschiedene Geruchsstoffe benutzt. Die Zunahme der Humangeruchsstoffe in der Luft von Aufenthaltsräumen verläuft im Gleichklang mit der Zunahme der Kohlendioxidkonzentration. Bei einer Anreicherung der Geruchsstoffe entsprechend einem Gehalt von über 0,15 Vol% wird die Luft nicht mehr als frisch und hygienisch einwandfrei empfunden.



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Nach dem heutigen Stand der Kenntnisse ist Kohlendioxid nicht nur ein Indikator für unangenehme Humangeruchsstoffe, sondern es ist wegen seines Einflusses auf die Sauerstoffversorgung des Körpers wichtig. Verschieben sich die Säureverhältnisse im Blut auch nur geringfügig zur sauren Seite, so wird der Sauerstofftransport reduziert. Dies hat Kopfschmerzen, Benommenheit sowie verringertes Leistungsvermögen zur Folge.

Planungsziele

Eine CO₂-Konzentration von 0,8 Vol% (0,8 l CO₂ pro m³ Luft oder 800 ppm) ist als Grenzwert anzustreben.

Bei Wohnungen ist die Forderung nach physiologisch unbedenklichen CO₂-Konzentrationen in der Regel problemlos erfüllbar.

Der rechnerische Nachweis, dass die CO₂-Konzentration in der Raumluft nicht höher als etwa 800 bis 1000 ppm ist, sollte bei folgenden Räumen erbracht werden:

- höhere Belegungszahl (Büros, Seminarräume, Schulklassen, etc.)
- sehr dichte Gebäudehülle ($n_{50} \leq 0,8 \text{ h}^{-1}$)
- niedriger, über mechanische Lüftungs-Anlagen erfolgreicher Luftwechsel
- zumindest zeitweise hohe CO₂-Konzentration in der Umgebungsluft (> 400 ppm).

TOOLBOX

Einfache Berechnung des erforderlichen Luftvolumenstroms

Eine einfache Berechnung des erforderlichen Luftvolumenstroms (zur Erzielung einer gewünschten CO₂-Konzentration) kann mittels folgender Beziehung vorgenommen werden (Quelle: Bruck, Manfred; David, Hannes; Koch, Harald; Skyva, Bernd; Tauber, Andreas; Ullrich, Michael: Praxishandbuch Haustechnik. Bohmann Verlag, Wien, 1994)

$$\dot{V}_{\text{LW}} = \frac{\dot{V}_{\text{CO}_2}}{C_{\text{CO}_2,\text{I}} - C_{\text{CO}_2,\text{A}}}$$

\dot{V}_{LW} erforderlicher Luftwechsel, um die CO₂-Konzentration in der Innenluft konstant zu halten (m³/h)

\dot{V}_{CO_2} CO₂-Emission im Innenraum (z.B. durch Personen) [l/h]
(Anmerkung: Ein sitzend lesender Mensch atmet in einer Stunde ca. 13 l CO₂ aus.)

$C_{\text{CO}_2,\text{I}}$ CO₂-Konzentration in der Innenluft [l/m³]

$C_{\text{CO}_2,\text{A}}$ CO₂-Konzentration in der Außenluft [l/m³]

(Anmerkung: 0,3 l CO₂/m³ reine Naturluft

0,7 l CO₂/m³ Stadtluftwerte im Freien gemessen)

Richtwerte für die Raumluftqualität

In Innenräumen kann eine große Anzahl von Verunreinigungen aus unterschiedlichen Quellen vorkommen. Diese können zum Teil mit der Außenluft eingetragen werden (vor allem durch Kfz-Abgase) oder aus Quellen im Innenraum stammen. In folgender Tabelle sind mögliche, durch Bauprodukte bzw. bauliche Anlagen bedingte Innenraumluftverunreinigungen und ihre Herkunftsquellen angeführt.

Tabelle 3.1: Mögliche Innenraumluftverunreinigungen und ihre Quellen (Quelle: Leitfaden Nachhaltiges Bauen, herausgegeben vom deutschen Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen, Stand Januar 2001 Berlin)

| Nr. | Substanzklasse | Quelle (Bauprodukte bzw. bauliche Anlagen) |
|-----|---|--|
| 1 | Stäube | Abrieb von Fußböden, z. T. weichmacherhaltige Dämmstoffe, Verarbeitung von Bauprodukten |
| 2 | Kohlenmonoxid | defekte oder schlecht ventilierte Heizungsanlagen |
| 3 | Radon | Untergrund |
| 4 | Formaldehyd (HCHO) | Holzwerkstoffe, säurehärtende Lacke |
| 5 | Flüchtige org. Verbindungen, darunter <ul style="list-style-type: none"> ▪ Alkane ▪ Aromaten ▪ Aldehyde (o HCHO), Ketone ▪ Ester ▪ Alkohole ▪ Terpene ▪ Glykole ▪ chlorierte Kohlenwasserstoffe | Lösemittelhaltige Produkte, wie Farben und Lacke, Fußbodenkleber, Teppichböden besonders sog. Biofarben, Hölzer Abbeizer |
| 6 | Weichmacher | PVC-Böden, -Tapeten |
| 7 | Biozide | Holzschutz, Topfkonservierer |
| 8 | Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) | Estriche, Fußbodenkleber auf Teerbasis |

Hinsichtlich der Beurteilung von Innenraumluftverunreinigungen gibt es derzeit nur für wenige Schadstoffe Beurteilungsmaßstäbe. Nachfolgend zusammengestellt sind Richtwerte und Orientierungen für die Beurteilung von Innenraumverunreinigungen.

Tabelle 3.2: Richtwerte der adhoc-Arbeitsgruppe IRK/AOLG (Quelle: Leitfaden Nachhaltiges Bauen, herausgegeben vom deutschen Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen, Stand Januar 2001 Berlin)

| Verbindung | RW II (mg/m ³) 1) | RW I (mg/ m ³) 2) | Quellennachweis |
|---|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| Toluol | 3 | 0,3 | Sagunski 1996 ¹ |
| Stickstoffoxid | 0,35 (1/2 h) 0,06 (1 Woche) | - | Englert 1998 ² |
| Kohlenmonoxid | 60 (1/2) 15 (8 h) | 6 (1/2) 1,5 (8 h) | Englert 1997 ³ |
| Pentachlorphenol | 1 µg/m ³ | 0,1 µg/m ³ | Umweltbundesamt 1997 ⁴ |
| Dichlormethan | 2 (24 h) | 0,2 | Witten et al. 1997 ⁵ |
| Styrol | 0,3 | 0,03 | Sagunski 1998 ⁶ |
| Quecksilber Metallischer Hg- Dampf) | 0,35 µg/ m ³ | 0,035µg/m ³ | Link 1999 ⁷ |
| TVOC | siehe Text | | Seifert 1999 ⁸ |

Richtwerte für die Innenraumluft (Stand Sommer 1999)

TVOC = Total Volatile Organic Compounds

1) bei Überschreiten sofortiger Handlungsbedarf

2) Sanierungszielwert

¹ Sagunski, H.: Richtwerte für die Innenraumluft: Toluol (Bundesgesundheitsblatt 39, 1996, 416 - 421)

² Englert, N.: Richtwerte für die Innenraumluft: Stickstoffdioxid (Bundesgesundheitsblatt 41, 1998, 9 - 12)

³ Englert, N.: Richtwerte für die Innenraumluft: Kohlenmonoxid (Bundesgesundheitsblatt 40, 1997, 425 - 428)

⁴ Umweltbundesamt: Richtwerte für die Innenraumluft: Pentachlorphenol (Bundesgesundheitsblatt 40, 1997, 234 - 236)

⁵ Witten, J.; Sagunski, H.; Wildeboer, B.: Richtwerte für die Innenraumluft: Dichlormethan (Bundesgesundheitsblatt 40, 1997, 278 - 284)

⁶ Sagunski, H.: Richtwerte für die Innenraumluft: Styrol (Bundesgesundheitsblatt 41, 1998, 392 - 398)

⁷ Link, B.: Richtwerte für die Innenraumluft: Quecksilber (Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 42, 1998, 392 - 398)

⁸ Seifert, B.: Richtwerte für die Innenraumluft: Die Beurteilung der Innenraumluftqualität mit Hilfe der Summe der flüchtigen organischen Verbindungen (TVOC-Wert), (Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz 42, 1999, 270 - 278)

Flüchtige organische Verbindungen (TVOC): TVOC-Konzentrationen zwischen 10 und 25 mg/m³ sind allenfalls vorübergehend zulässig. In Räumen, die für einen längerfristigen Aufenthalt vorgesehen sind, sollte auf Dauer ein TVOC-Wert von 1-3 mg/m³ nicht überschritten werden. Im langfristigen Mittel soll eine TVOC-Konzentration von 0,2 – 0,3 mg/m³ erreicht bzw. nach Möglichkeit unterschritten werden.

Tabelle 3.3: Richtwerte des Österr. Instituts für Baubiologie (IBO, Wien 2001)

| Bewertung | sehr gut | gut | kontrolliert |
|---|--|---|--|
| Summe der flüchtigen Kohlenwasserstoffe + Aldehyde (Siedepkt. bis 250 °C) | TVOC < 0,3 mg/m ³ (4 Wochen nach Freigabe) | 0,3 mg/m ³ < TVOC < 0,6 mg/m ³ (4 Wochen nach Freigabe) = 300 Mikrogramm/Kubikmeter | 0,6 mg/m ³ < TVOC < 1,5 mg/m ³ (4 Wochen nach Freigabe) |
| Formaldehyd | x < 0,05 ppm | 0,05 < x < 0,08 ppm | x < 0,1 ppm |
| Schimmelpilzbelastung | Bestimmung d. koloniebildenden Keime (KBE): 50 < KBE/m ³ | Bestimmung d. koloniebildenden Keime (KBE): 50 < KBE/m ³ < 200 | Bestimmung d. koloniebildenden Keime (KBE): 200 < KBE/m ³ < 500 |

3.1.1 Qualität der Innenraumluft bei mechanischen Lüftungsanlagen

Einleitung

Im Wohnbau werden mechanische Lüftungsanlagen üblicherweise nur im Sanitärbereich und in der Küche eingesetzt. Lediglich im Fall von Passivhäusern ist eine mechanische Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung für das ganze Haus unbedingt notwendig, um das angestrebte anspruchsvolle Energiesparziel erreichen zu können (siehe auch Kapitel 1.1 1 Primärenergie für den Betrieb des Gebäudes).



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Planungsziele

| Ziele | Nachweise |
|---|--|
| Sicherstellung der Luftqualität durch: Überprüfung von Risikofaktoren mittels Checkliste Entwicklung eines Lüftungskonzepts Entwicklung eines Konzepts zur Vermeidung von Luftschadstoffen | Dokumentation der Risikofaktoren Lüftungskonzept Konzept zur Vermeidung von Luftschadstoffen |

Bewertung im TQ-Tool

Mechanische Lüftungsanlagen für Nutzungen mit hoher Flächenbelegung (bei Büronutzung bzw. Nicht-Wohnnutzung)

Bewertet wird die Qualität des Lüftungssystems nach folgender Skala:

| | Punkte (Beste Wertung: 5 Punkte) |
|--|----------------------------------|
| CO ₂ -gesteuerter Luftvolumenstrom | 1 |
| Zuluftfilter: Frischluft ≥ F7, Abluft ≥ F4 | 1 |
| Effizienzkriterium der WRG $\eta_{WRG,eff} > 75\%$, Stromeffizienzkriterium erfüllt: spezifischer Strombedarf ≤ 0,4 W/(m ³ /h) | 1 |
| Konzept zur Vermeidung von Luftschadstoffen liegt vor | 1 |
| Mechanische Lüftung im gesamten Wohnbereich mit WRG | 1 |
| Mechanische Lüftung im gesamten Wohnbereich ohne WRG | 0 |
| Raumluftqualität in der Planung nicht berücksichtigt | -2 |

Anmerkung zur Skala. Entweder „Raumluftqualität in der Planung nicht berücksichtigt“ oder „Mechanische Lüftung im gesamten Wohnbereich ohne WRG“ (keine Zusatzmerkmale und Zusatzpunkte möglich) oder „Mechanische Lüftung mit WRG“ plus Zusatzmerkmale (Addition der Punkte).

Mechanische Lüftungsanlagen (bei Wohnnutzung)

Bewertet wird die Qualität des Lüftungssystems nach folgender Skala:

| | Punkte (Beste Wertung: 5 Punkte) |
|---|----------------------------------|
| Zuluftfilter: Frischluft ≥ F7, Abluft ≥ F4 | 1 |
| Effizienzkriterium der WRG $\eta_{WRG,eff} > 75\%$, Stromeffizienzkriterium erfüllt: spezifischer Strombedarf ≤ 0,4 W/(m ³ /h) | 1 |
| Konzept zur Vermeidung von Luftschadstoffen liegt vor | 2 |
| Mechanische Lüftung im gesamten Wohnbereich mit WRG | 1 |
| Mechanische Lüftung im gesamten Wohnbereich ohne WRG | 0 |
| Raumluftqualität in der Planung nicht berücksichtigt | -2 |



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Anmerkung zur Skala: Entweder „Raumluftqualität in der Planung nicht berücksichtigt“ oder „Mechanische Lüftung im gesamten Wohnbereich ohne WRG“ (keine Zusatzmerkmale und Zusatzpunkte möglich) oder „Mechanische Lüftung mit WRG“ plus Zusatzmerkmale (Addition der Punkte).

Das Kriterium ist Gegenstand eines Monitoring während der Nutzungsphase.

3.1.2 Qualität der Innenraumluft bei natürlicher Lüftung

Einleitung

Bei den relativ großen Temperaturdifferenzen (und damit Dichtedifferenzen) zwischen Innen- und Außenluft im Winter kann ein hinreichender Luftwechsel durch relativ kleine Öffnungen allein durch natürliche Konvektion im Prinzip gewährleistet werden (natürlich ohne Möglichkeit der Wärmerückgewinnung). Im Sommer (d.h. bei kleinen Temperaturdifferenzen) kann ein ausreichender Luftwechsel in der Regel nur durch Diagonal- bzw. Querlüftung erreicht werden. Vereinzelt werden Systeme realisiert, die z.B. mittels Venturi-Düsen-artigen (Dach)konstruktionen externe Unterdrucke und damit entsprechende Luftströmungen erzeugen. In heiklen Fällen sollte die erforderliche Anordnung der Lüftungsöffnungen durch Rechnung mittels Simulationsprogrammen (siehe Toolbox) ermittelt werden.

Planungsziele

| Ziele | Nachweise |
|---|--|
| Sicherung der Raumluftqualität durch ausreichende natürliche Lüftung Konzept zur Vermeidung von Luftschadstoffen | Einreichpläne, Bau- und Ausstattungsbeschreibung, ggf. rechnerischer Nachweis (Simulationsergebnis) Konzept zur Vermeidung von Luftschadstoffen |



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Bewertet wird die Qualität der Lüftung nach folgender Skala (Punkte gemäß Einordnung auf der Skala):

| Kein Vermeidungskonzept für Luftschadstoffe | Vermeidungskonzept für Luftschadstoffe vorhanden | Punkte (Beste Wertung: 5 Punkte) |
|--|--|----------------------------------|
| | Möglichkeiten der ausreichenden natürlichen Lüftung durch Berechnung nachgewiesen | 5 |
| Möglichkeiten der ausreichenden natürlichen Lüftung durch Berechnung nachgewiesen | Querlüftung, kleinstufig verstellbare Lüftungsflügel in mehr als 80% der Wohnungen | 4 |
| Querlüftung, kleinstufig verstellbare Lüftungsflügel in mehr als 80% der Wohnungen | Querlüftung in mehr als 80% der Wohnungen | 3 |
| Querlüftung in mehr als 80% der Wohnungen | Diagonallüftung und/oder Querlüftung in mehr als 80% der Wohnungen | 2 |
| Diagonallüftung und/oder Querlüftung in mehr als 80% der Wohnungen | | 1 |
| keine Diagonal- oder Querlüftung | keine Diagonal- oder Querlüftung | 0 |
| | | -1 |
| Raumluftqualität kein Planungsthema | Raumluftqualität kein Planungsthema | -2 |

TOOLBOX

Vermeidung von Luftschadstoffen und Überprüfung von Risikofaktoren für die Raumluftqualität

Die in Wohnräumen auftretenden Luftbelastungen werden nur in Sonderfällen durch lüftungsbedingte „Importe“ verursacht; in der Regel sind Nutzeraktivitäten (Rauchen, Reinigungstätigkeiten, Verbrennungsvorgänge, Heimwerkerarbeiten) und Emissionen aus Baustoffen und Einrichtungselementen die Verursacher. Der beste Schutz ist eine optimale Planung bei Neubau und Renovierung (z.B. unter Heranziehung von Produktinformationen des Österreichischen Instituts für Baubiologie IBO), eine – nicht nur in Bezug auf die Baufeuchte ausreichende – „Belüftungszeit“ vor dem Einziehen und entsprechende Nutzerinformationen. Treten Probleme auf (unspezifische Symptome wie z.B. Schleimhaut- und Bindehautreizungen, Kopfschmerzen, allergische Symptome), die nach einem Verlassen des Gebäudes (Urlaub, etc.) deutlich abklingen oder ganz verschwinden, empfiehlt es sich Rat bei Spezialisten zu suchen (z.B. Innenraum Mess- und Beratungsservice des IBO; www.innenraumanalytik.at).

Hinweis: Die messtechnische Bestimmung der in Tabelle 3.3 angeführten Werte kostet ca. 580 Euro.



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Lüftungskonzept

Anforderungen an eine mechanische Lüftung

Für die Innenluftqualität sind folgende Eigenschaften der Lüftungsanlage maßgeblich:

- Außenluftqualität: Die Außenluft ist an der dafür bestmöglich geeigneten Stelle anzusaugen (Anforderungen: siehe DIN 1946-2).
- Qualität der Filter (durchschnittliche Filterklasse EU4, optimal EU9 bis EU10)
- Anordnung der Zu- und Abluftöffnungen (Luftströmung von den weniger belasteten zu den stärker belasteten Räumen)

Wird in der Regel zur Reduzierung der Lüftungskanallängen die Luft an derselben Wand eingeblasen und abgesaugt, muss eine raumerfüllende Strömung (kein „Kurzschluss“) sichergestellt werden.

- Bedarfsabhängige Lüftung

Eine sinnvolle Energieeinsparung ohne Verlust an Luftqualität kann unter Umständen durch CO₂-geregelte Luftvolumenströme gewährleistet werden. Entscheidend für derartige Systeme ist, dass der gewählte Parameter (z.B. eben CO₂) auch tatsächlich der für die Qualität entscheidende ist und nicht z.B. belastende Geruchsstoffe.

Anforderungen an ein Passivhaus-Lüftungssystem⁹

- Komfortkriterium: Zulufttemperaturen $\geq 16,5^{\circ}\text{C}$ (ev. Nachheizung oder Zuluftleitungen führen durch beheizte Räume)
- Effizienzkriterium der Wärmerückgewinnung: Effektiver Wärmebereitstellungsgrad $\eta_{\text{WRG,eff}} > 75\%$
- Stromeffizienzkriterium: Spezifischer Strombedarf $\leq 0,4 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$
- Vermeidung von Leckagen: Leckagerate $\leq 3 \%$
- Regelbarkeit
- Standby-Möglichkeit (Standby-Verbrauch $< 1 \text{ W}$)
- Neben Standardauslegung noch zwei weitere Betriebsstufen:
 - Grundlüftung mit 70-80 % des Massenstroms
 - Erhöhte Lüftung mit mind. 130 % des Massenstroms
- Möglichst kurzes, unverzweigtes Leitungssystem
- Möglichst große Kanalquerschnitte (für Hauptkanäle in EFH mind. 150 mm)
- Wärmedämmung des Geräts: mindestens 50 mm
- Wärmedämmung der kalten (warmen) Luftkanäle im beheizten (unbeheizten) Bereich

⁹Fachberichte des [Passivhaus Institutes Darmstadt](#) (siehe Toolbox, Literatur)



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

- Einfache Möglichkeit zum Massenstromabgleich zwischen Frisch- und Fortluft
- Verschiebung der Balance infolge verschmutzter Filter darf nicht mehr als 10% betragen.
- Überströmöffnungen ≤ 1 Pa: Für einen Volumenstrom von ca. 40 m³/h wird eine Spaltbreite von knapp 1,5 cm benötigt. In der Praxis treten immer wieder Probleme auf, weil die Spalten durch nachträglich verlegte Teppiche verkleinert werden bzw. große Spalten aufgrund des gut sichtbaren Lichteinfalls von den Bewohnern (unzulässigerweise) als Grund für mangelnden Schallschutz interpretiert werden. Daher ist es günstig – allerdings mit (geringen) Mehrkosten – den Überströmspalt über die Tür zu legen (ca. 2 cm höherer Einbau des Türsturzes und Ausfräsens der Rückseite der oberen Querteile der Türzargen). Bei der Anbringung von Überströmöffnungen ist besonders im Bad auf Zugluftfreiheit zu achten.
- Filterqualität: Frischluft mind. F7, Abluft mind. F4
- Einfache Frostschutzhaltung (Frostschutz ohne Balance-Störung)
- Oberflächentemperatur im Nacherhitzer $< 50^{\circ}\text{C}$ (Gefahr der Staubverschmelzung), damit ist die max. Zulufttemperatur auf 50°C begrenzt
- Schallschutzanforderungen:
 - an das Lüftungsgerät: Schalldruckpegel im Standardbetrieb: < 35 dB(A) (Unterstellte Raumabsorptionsflächen von 4 m²)
 - an die Kanalführung: Wohnräume: Schalldruckpegel < 25 dB(A)
Funktionsräume: Schalldruckpegel < 30 dB(A)

Erreichbar sind diese Werte nur mit hoher Einfügungsdämpfung und geringem Eigenschall. Da Schallprobleme unmittelbare Auswirkungen auf die Kundenzufriedenheit haben, sollten die entsprechenden Nachweise beigebracht werden.

Normen

ÖN ENV 1752 (1995): Ventilation for buildings – Design criteria for the indoor environment

ÖN H 6000-3: Lüftungstechnische Anlagen – Grundregeln – Hygienische und physiologische Anforderungen für den Aufenthaltsbereich von Personen

ÖN EN 13465 (1999): Lüftung von Gebäuden – Berechnungsverfahren zur Bestimmung von Luftvolumenströmen in Wohnungen

ÖN EN 13142 (1998): Lüftung von Gebäuden – Bauteile /Produkte für die Lüftung von Wohnungen: Geforderte und frei wählbare Leistungskenngrößen

ÖN EN 13779 (2000): Lüftung von Gebäuden – Leistungsanforderungen für raumluftechnische Anlagen

ÖN EN 12599 (2000): Lüftung von Gebäuden – Prüf- und Messverfahren für die Übergabe eingebauter raumluftechnischer Anlagen

ÖN EN 1886 (1998): Lüftung von Gebäuden: Zentrale raumluftechnische Geräte: Mechanische Eigenschaften und Messverfahren

ÖN EN 12589 (1996): Lüftung von Gebäuden – Luftdurchlässe – Aerodynamische Prüfung und Bewertung von Luftdurchlässen mit konstantem und variablem Luftvolumenstrom

ÖN EN 12599 (2000): Lüftung von Gebäuden – Prüf- und Messverfahren für die Übergabe eingebauter raumluftechnischer Anlagen



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

ÖN EN 13053 (1998): Lüftung von Gebäuden – Zentrale raumluftechnische Geräte – Nennwerte und Leistungsangaben, Bauelemente und Baugruppen

ÖN EN 13141 (1998): Lüftung von Gebäuden – Leistungsprüfungen von Bauteilen/Produkten für die Lüftung von Wohnungen

Teil 1: Außenwand- und Überström-Luftdurchlässe

Teil 2: Abluft- und Zuluftdurchlässe

Teil 3: Dunstabzugshauben für den Hausgebrauch

Teil 4: Ventilatoren in Lüftungsanlagen für Wohnungen

Teil 5: Hauben und Dach-Fortluftdurchlässe

Teil 6: Ablufteinheiten für eine einzelne Wohnung

ÖN EN 13142 (1998): Lüftung von Gebäuden – Bauteile/Produkte für die Lüftung von Wohnungen – Geforderte und frei wählbare Leistungskenngrößen

VDI 6022 Blatt 1 (1998) Entwurf: Hygienische Anforderungen an Raumluftechnische Anlagen: Büro- und Versammlungsräume

VDI 3803 (1986): Raumluftechnische Anlagen: Bauliche und technische Anforderungen

VDI 3804 (1994, inhaltlich geprüft, unverändert gültig 2000): Raumluftechnische Anlagen für Bürogebäude

VDI 3801(2000) Entwurf: Betreiben von Raumluftechnischen Anlagen

Beziehbar am [Österr. Normungsinstitut](http://www.oen-norm.at), Email: sales@on-norm.at

Literatur zur mechanischen Lüftung

Lüftung im Passivhaus (Hg.v. Feist, Wolfgang, Passivhaus Institut; Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Protokollband Nr.4; Darmstadt, 1997)

Haustechnik im Passivhaus (Hg.v. Feist, Wolfgang, Passivhaus Institut; Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Protokollband Nr.6; Darmstadt, 1997)

Dimensionierung von Lüftungsanlagen in Passivhäusern (Hg.v. Feist, Wolfgang, Passivhaus Institut; Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser Protokollband Nr.6; Darmstadt, 1999)

Passivhaus-Versorgungstechnik im Passivhaus (Hg.v. Feist, Wolfgang, Passivhaus Institut; Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser - Phase II Protokollband Nr.20; Darmstadt, 2000); Beziehbar: Passivhaus Institut Darmstadt, <http://www.passiv.de>

Abnahmepflichtenheft Lüftung (Hg.v. BMWA, Sektion Bundeshochbau, Abt.3-Haustechnik, Wien, 2000)



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Maßnahmen zur Sicherung einer ausreichenden natürlichen Lüftung

Zur Erzielung einer ausreichenden natürlichen Belüftung tragen die im Folgenden dargestellten Einrichtungen bzw. Maßnahmen bei:

Im Winterfall:

- Abluftschächte vorhanden
- Lüftungsflügel in Aufenthaltsräumen vorhanden
- Lüftungsflügel in Nassräumen vorhanden
- Lüftungsflügel kleinstufig verstellbar

Im Sommerfall:

- Diagonallüftung möglich (2 Fassaden)
- Diagonal- und Querlüftung möglich (2 oder mehr Fassaden)

Software für natürliche Lüftung

TAS

Bezugsquelle: ifu – Institut für Unternehmens- und Umweltberatung, Augustinusstr. 11c, D-50226 Frechen, ifu-frechen@netcologne.de

(siehe auch Kap. „stationäre und instationäre Simulation“)

NATVENT

Beziehbar: TU Wien, Institut für Hochbau für Architekten, Abteilung bauphysikalische und human-ökologische Grundlagen, Karlsplatz 13, A-1040 Wien; Kontakt: Ass.Prof. Dr. Klaus Krec, kkrec@email.archlab.tuwien.ac.at

Literatur zu natürlicher Lüftung

Fail, A., Ein Beitrag zur Berechnung der natürlichen Lüftung im Hochbau (Dissertation, Institut für Hochbau für Architekten an der Technischen Universität Wien, 1989)

Panzhauser, E., et al, Planung der (konventionellen) Fensterlüftung (Archivum Oecologiae Hominis, Wien, 1991, ISBN 3-85412-015-X)

3.2 Behaglichkeit (Thermischer Komfort)

Einleitung

Zur Aufrechterhaltung der Lebensvorgänge und zur Verrichtung mechanischer Arbeit verbraucht der menschliche Körper Energie, die durch die Nahrungsaufnahme zugeführt wird.

Der weitaus größte Teil dieser Energie wird im Körper in Wärme umgesetzt und muss an die Umgebung abgegeben werden, um die Kerntemperatur (ca. 36,7 bis 37,2 °C) konstant zu halten; die Wärmeproduktion eines in Ruhe befindlichen Menschen (Grundumsatz) unter thermischen Komfortbedingungen beträgt ca. 1,2 W pro kg Körpergewicht.

Die Wärme wird meist gleichzeitig durch verschiedene Mechanismen abgegeben, wobei sich folgende Vorgänge unterscheiden lassen:

Tabelle 3.4: verschiedene Wärmetransportmechanismen

| Wärmetransport-mechanismen | Umgebungsparameter | Ausmaß der Wärmeabgabe |
|-------------------------------------|--|--|
| Wärmeleitung | Materialeigenschaften der berührten Oberflächen | für die menschliche Wärmeabgabe im Normalfall vernachlässigbar |
| Wärmestrahlung | Oberflächentemperaturen der raumbildenden Elemente | je kälter die Oberflächen, desto höher die Wärmeabgabe |
| Konvektion | Lufttemperatur und Luftbewegung | je kühler die Luft und je höher die Geschwindigkeit, desto größer die Wärmeabgabe |
| Verdunstung von Wasser auf der Haut | Luftfeuchte | je trockener die Luft und je höher die Geschwindigkeit, desto größer die Wärmeabgabe |
| Atmung | Luftfeuchte | je trockener die Luft, desto größer die Wärmeabgabe |

Aufgabe eines Heizungs- bzw. Klimasystems ist es, die notwendige *Entwärmung* entsprechend den jeweiligen Bedürfnissen der Nutzer in angenehmer Weise zu ermöglichen.

Folgende Parameter beeinflussen die **thermische Behaglichkeit**:

Umgebungsparameter

Individuelle Parameter

- Raumlufttemperatur
- mittlere Strahlungstemperatur der raumbildenden Elemente
- relative Luftgeschwindigkeit ("Zug")
- Luftfeuchte
- Aktivitätsgrad (Tätigkeit)
- Bekleidung



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Neben den genannten Einflussgrößen spielen naturgemäß die individuelle physische und psychische Verfassung des Menschen, das Geschlecht, Alter, Aufenthaltsdauer in einem Raum, Anzahl der anwesenden Personen, Jahreszeit, die Luftqualität, Gerüche, etc. eine nicht unwesentliche Rolle für das individuelle Wohlbefinden.

Erläuterungen zu den Einflussfaktoren für die Behaglichkeit siehe Toolbox.

Planungsziele

Thermische Qualität (Behaglichkeit) ist gegeben, wenn die wesentlichen Kenngrößen Lufttemperatur, Oberflächentemperatur, Luftfeuchte und Luftgeschwindigkeit innerhalb bestimmter Komfortbereiche bleiben:

- Lufttemperatur: Winter 18-22°C, Sommer 22-25°C
- Oberflächentemperatur annähernd gleich der Lufttemperatur
- 35-65 % relative Luftfeuchte bei Normaltemperaturen 18-22°, bei Temperaturen bis 26° \leq 55 % (DIN 1946-2), wobei absolute Feuchten > 12 g/kg (Schwülegrenze) grundsätzlich zu vermeiden sind
- Luftgeschwindigkeit $< 0,15$ m/s

Diese Parameter können variieren je nach Aktivitätsgrad, Bekleidung, Alter, Geschlecht, Aufenthaltsdauer und Anzahl der anwesenden Personen.

| Ziele | Nachweise |
|--|---|
| Vermeidung von Behaglichkeitsdefiziten durch Vorgabe der gewünschten Behaglichkeitszonen Berechnung aller Einflussgrößen des thermischen Komforts durch dynamische Gebäudesimulation mittels validierter, in der Fachwelt allgemein anerkannter Programme | |
| Sommerbetrieb Planungsziel Lufttemperatur $\leq 26^\circ\text{C}$ Planungsziel relative Feuchte $\leq 55\%$ | ÖN B 8110-3 oder dynamische Simulation |
| Winterbetrieb Planungsziel Lufttemperatur 18-22°C Planungsziel relative Feuchte $\geq 45\%$ Luftgeschwindigkeit $\leq 0,15$ m/s Temperaturdifferenzen innerer Oberflächen bei Auslegungsbedingungen: Δt von Wand/Luft < 1 K, Δt von Glas/Luft < 4 K | Vorbemerkungen / Leistungsverzeichnis Bauphysik – Nachweis |



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Bewertung im TQ-Tool

Bewertet wird die Behaglichkeit für den kritischsten Aufenthaltsraum *einer* Wohnung (Wohnraum oder Schlafzimmer, nicht bewertet wird die Küche) im **Sommerbetrieb** nach folgender Skala (Punkte gemäss Einordnung auf der Skala):

| Punkte (Beste Wertung: 5 Punkte) | |
|---|----|
| Nachweis der Sommertauglichkeit durch dynam. Gebäudesimulation oder Nachweis durch Berechnung gemäß ÖN B 8110 - 3: Immissionsflächenbezogene speicherwirksame Masse > 5000 kg/m ² über Grenzwert) (Ev. Klimatisierung ohne Kälteaggregat) | 5 |
| Nachweis der Sommertauglichkeit gemäß ÖN B 8110-3; Immissionsflächenbezogene speicherwirksame Masse 3000 bis 5000 kg/m ² über Grenzwert) (Ev. Klimatisierung ohne Kälteaggregat) | 4 |
| Nachweis der Sommertauglichkeit gemäß ÖN B 8110-3; Immissionsflächenbezogene speicherwirksame Masse 1500 bis 3000 kg/m ² über Grenzwert) (Ev. Klimatisierung ohne Kälteaggregat) | 3 |
| Nachweis der Sommertauglichkeit gemäß ÖN B 8110-3; (Ev. Klimatisierung mit oder ohne Kälteaggregat) | 2 |
| Sommertauglichkeit gemäß ÖN B 8110-3 nicht gegeben, Klimatisierung ohne Kälteaggregat | 1 |
| Sommertauglichkeit gemäß ÖN B 8110-3 nicht gegeben, Klimatisierung mit Kälteaggregat | 0 |
| Keine Berücksichtigung der Behaglichkeit im Sommer | -2 |

Bewertet wird die Sommertauglichkeit des Gesamt-Gebäudes nach folgender Skala (Punkte gemäß Einordnung auf der Skala). Die Einzelwohnungen erreichen im Durchschnitt die folgende Punktezahl:

| Punkte (Beste Wertung: 5 Punkte) | |
|--|----|
| Durchschnitt 4,5 bis 5 Punkte | 5 |
| Durchschnitt 3,5 bis < 4,5 Punkte | 4 |
| Durchschnitt 2,5 bis < 3,5 Punkte | 3 |
| Durchschnitt 1,5 bis < 2,5 Punkte | 2 |
| Durchschnitt 0,5 bis < 1,5 Punkte | 1 |
| Durchschnitt – 0,5 bis < 0,5 Punkte | 0 |
| Durchschnitt < - 0,5 Punkte | -1 |
| Keine Ermittlung der Behaglichkeit im Sommer | -2 |



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Die Angaben zur Lufttemperatur und zur relativen Feuchte dienen der Information und gehen nicht in die Bewertung ein.

Bewertet wird die Behaglichkeit im **Winterbetrieb** nach folgender Skala (Punkte gemäß Einordnung auf der Skala):

| Punkte (Beste Wertung: 5 Punkte) | |
|---|----|
| Bei Auslegungsbedingungen: Δt von Wand/Luft < 1 K, Δt von Glas/Luft < 4 K | 5 |
| Bei Auslegungsbedingungen: Δt von Wand/Luft < 4 K, Δt von Glas/Luft < 6 K | 3 |
| Lufttemperatur 18-22°C Luftgeschwindigkeit $\leq 0,15$ m/s | 0 |
| Keine Berücksichtigung der Behaglichkeit im Winter | -2 |

Die Angaben zur Lufttemperatur 18-22°C, Luftgeschwindigkeit $\leq 0,15$ m/s und relativen Feuchte ≥ 45 % dienen der Information und gehen nicht in die Bewertung ein.

TOOLBOX

Rechenregeln zur Ermittlung der thermischen Behaglichkeit im Winter

Die Berechnung der Differenz der Oberflächentemperatur Wand zur Oberflächentemperatur Verglasung erfolgt folgendermaßen:

Oberflächentemperatur Wand:

$$U_{\text{Wand}} \cdot A_{\text{Wand}} \cdot (T_1 - T_2) = \alpha_i \cdot (T_1 - T_{\text{Oberfl.Wand}})$$

$$T_{\text{Oberfl.Wand}} = T_1 - [U_{\text{Wand}} \cdot A_{\text{Wand}} \cdot (T_1 - T_2)] / \alpha_i$$

U_{Wand} ... Wärmedurchgangskoeffizient der Wand [W/m²K]

A_{Wand} ... Fläche des betrachteten Wandausschnitts (1 m²)

T_1 (Norm-)Raumtemperatur [20°C]

T_2 Außenlufttemperatur [°C]

α_i innerer Wärmeübergangswiderstand (für Wände - horizontaler Wärmefluss: 7,69) [W/m²K]

$T_{\text{Oberfl.Wand}}$Oberflächentemperatur Wand [°C]

Beispiel: $U_{\text{Wand}} = 0,3$ W/m²K

$$T_2 = -10^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{Oberfl.Wand}} = 20 - [0,3 \cdot 1 \cdot (20+10)]/7,69 = 18,83^\circ\text{C}$$

Oberflächentemperatur Verglasung:

$$U_{\text{Glas}} \cdot A_{\text{Glas}} \cdot (T_1 - T_2) = \alpha_i \cdot (T_1 - T_{\text{Oberfl.Glas}})$$

$$T_{\text{Oberfl.Glas}} = T_1 - [U_{\text{Glas}} \cdot A_{\text{Glas}} \cdot (T_1 - T_2)] / \alpha_i$$

U_{Glas} ... Wärmedurchgangskoeffizient der Verglasung [W/m²K]

A_{Glas} ... Fläche des betrachteten Verglasungsausschnitts (1 m²)

T_1 (Norm-)Raumtemperatur (20°C)

T_2 Außenlufttemperatur [°C]

α_i innerer Wärmeübergangswiderstand (für Wände - horizontaler Wärmefluss: 7,69) [W/m²K]

$T_{\text{Oberfl.Glas}}$ Oberflächentemperatur der Verglasung [°C]

Beispiel: $U_{\text{Glas}} = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

$$T_2 = -10^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{Oberfl.Glas}} = 20 - [1,2 \cdot 1 \cdot (20+10)] / 7,69 = 15,32^\circ\text{C}$$

Die Differenz zwischen der Oberflächentemperatur der Wand und der Oberflächentemperatur der Verglasung beträgt somit 3,51 K.

$$\Delta (T_{\text{Oberfl.Wand}} - T_{\text{Oberfl.Glas}}) = 3,51$$

Anmerkung: Die Berechnung der Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) erfolgt gemäß ÖN EN ISO 6946 (1997): *Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren* bzw. ÖN EN ISO 10077 (2000): *Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten*

Mögliche Probleme hinsichtlich thermischer Behaglichkeit

Hinsichtlich thermischer Behaglichkeit können sich Probleme ergeben:

im Winterbetrieb

- bei großen Verglasungen mit hohen U-Werten ($U_{\text{Glas}} \geq 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$) durch Kaltluftabfall an der inneren Glas-Oberfläche
- durch zu trockene Luft bei höherem Luftwechsel (ohne Luftbefeuchtung)
- durch zu feuchte Luft bei sehr geringem Luftwechsel und starken Feuchtequellen (eine relative Grenzfeuchte $\leq 55 \%$ garantiert in der Regel Kondensationsfreiheit, nähere Bestimmung ÖN B 8110-2)

im Sommerbetrieb

- durch Überwärmung bei unzureichendem Sonnenschutz bzw. unzureichender thermischer Speichermasse



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Bei länger dauernder Hitze - mit relativ hohen Temperaturen auch in der Nacht - helfen allerdings grundsätzlich nur aktive Klimasysteme. Die Möglichkeit einer Teilklimatisierung (z.B. Konditionierung der Zuluft durch Bodenkanäle und Luft/Luft-Wärmepumpen; teilweise Entfeuchtung möglich) oder die Verwendung einer Flächenheizung oder eines Bauteil-Kühl/Heizsystems als Kühlsystem (mit Grundwasser oder Bodenwärmetauscher als Kältequelle) ist hinsichtlich der Verbesserung der thermischen Qualität als positiv einzustufen.

Bei Passivhäusern sind wesentliche Komfortkriterien für den Winterbetrieb (Oberflächentemperaturen ungefähr gleich der Raumlufftemperatur, keine Fallluftströmungen) durch die Bauweise erfüllt und die Zielerreichung durch den Passivhaus-Nachweis dokumentiert. Die verbleibenden Komfort-Kriterien beziehen sich dann nur auf die Qualität der Luftführung, den Schallschutz (siehe Kap. 3.2.2. Mechanische Lüftungsanlagen und 3.5 Schallschutz) und auf den Feuchtehaushalt. Je weniger die Passivhausanforderungen erfüllt sind, desto stärker müssen „klassische“ Verfahren (Heizkörper unter Fenster, etc.) angewendet werden, um einen hinreichenden thermischen Komfort im Winterbetrieb sicherzustellen. Die folgenden Zielsetzungen für den „Winterbetrieb“ beziehen sich auf Objekte, die in Bezug auf den Wärmeschutz nicht wesentlich besser sind als die Anforderungen der Bauordnung.

Für den Sommerbetrieb wird als Mindestanforderung ein Nachweis des sommerlichen Überwärmungsschutzes gemäß ÖN B 8110-3 gefordert. In diesem Nachweis werden bauliche Maßnahmen (speicherwirksame Massen, Fensterqualität, Größe und Orientierung, Sonnenschutzeinrichtungen), die das „Abfangen“ von relativ kurzen Hitzezeiten ermöglichen, bewertet. Langfristige Hitzeperioden können nur durch aktive Entwärmung, d.h. durch Klimatisierung (Luft-, Bauteilkühlung) bewältigt werden.

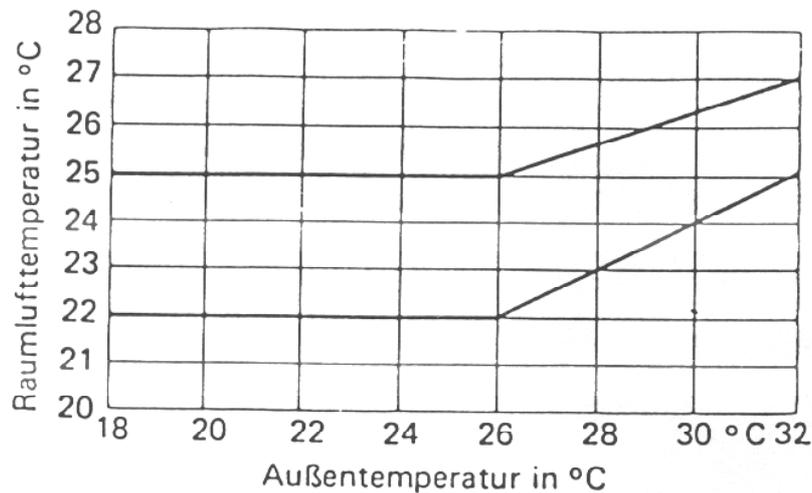
Einflussfaktoren für die Behaglichkeit

RAUMLUFTTEMPERATUR

Eine allgemeine Temperaturangabe zu machen, bei der sich der Mensch am behaglichsten fühlt, ist aufgrund des Zusammenwirkens vieler verschiedener Faktoren kaum möglich. Wenn dies dennoch in Normen geschieht, liegen bestimmte Voraussetzungen (Nebenbedingungen) zugrunde, die in die Überlegungen mit einzubeziehen sind.

DIN 1946 Teil 2: Raumlufftechnik: Gesundheitstechnische Anforderungen (VDI-Lüftungsregeln) gibt folgenden *Zulässigkeitsbereich* der Raumlufftemperatur in Abhängigkeit von der Außentemperatur unter den Voraussetzungen leichte Tätigkeit und normale Kleidung an:

Abbildung 3.1: Zulässigkeitsbereich der Raumlufttemperatur in Abhängigkeit von der Außentemperatur unter den Voraussetzungen leichte Tätigkeit und normale Kleidung



Im Winter wird allgemein eine Lufttemperatur von 22°C, im Sommer bei mittleren Außenlufttemperaturen eine solche von 22°C bis 25°C angenommen. Für den unbedeckten Menschen wird 28°C als optimale Temperatur angegeben.

Die *Gleichmäßigkeit der Raumlufttemperatur* beeinflusst die thermische Behaglichkeit wesentlich. Eine gleichmäßige Raumlufttemperatur erzielt man durch gute Wärmedämmung der Wände, dichte Fenster und dauernd gleichmäßigen Heizbetrieb.

Die *Temperaturschichtung über die Raumhöhe* soll etwa 3 K/m im Aufenthaltsraum nicht überschreiten¹⁰. Bei sitzender Tätigkeit – so zeigen Erfahrungswerte – sind maximal 1,5-2 K/m im Aufenthaltsbereich zulässig.

MITTLERE STRALUNGSTEMPERATUR DER RAUMBILDENDEN ELEMENTE

Die mittlere Strahlungstemperatur ϑ_{mrt} ist ein Mittelwert aus den Strahlungstemperaturen der umschließenden Flächen bzw. sämtlicher Strahlungsquellen im Raum (Wände, Heizkörper, Fenster).

Sind die Emissionskoeffizienten der einzelnen Oberflächen für langwellige Strahlung nahezu gleich – was in der Praxis meist zutrifft –, kann die mittlere Strahlungstemperatur durch die (einfacher zu berechnende) mittlere Oberflächentemperatur t_r ersetzt werden.

$$t_r = \frac{\sum t_i \cdot A_i}{\sum A_i}$$

t_i Oberflächentemperatur der Fläche A_i

¹⁰ Fanger, P.O.; Thermal Comfort; R.E.Krieger, 1982

Innenlufttemperaturen von 20-22°C werden im allgemeinen als behaglich empfunden. Dabei wird aber vorausgesetzt, dass die mittlere Oberflächentemperatur gleich oder wenigstens annähernd gleich der Lufttemperatur ist. Ist dies nicht der Fall, wie beim Aufheizen von Räumen im Winter bzw. schlecht gedämmten Wänden, so werden Lufttemperaturen um die 20°C als zu kalt empfunden. 16°C mittlere Oberflächentemperatur bedeutet z.B., dass die Raumluft auf 23 bis 25°C aufgeheizt werden muss, um den Einfluss der tiefen Oberflächentemperaturen zu kompensieren.

Die vom Menschen empfundene Temperatur setzt sich näherungsweise aus dem arithmetischen Mittel zwischen Raumlufttemperatur und der mittleren Strahlungstemperatur der raumumschließenden Flächen zusammen:

$$t_e = \frac{t_L + t_r}{2}$$

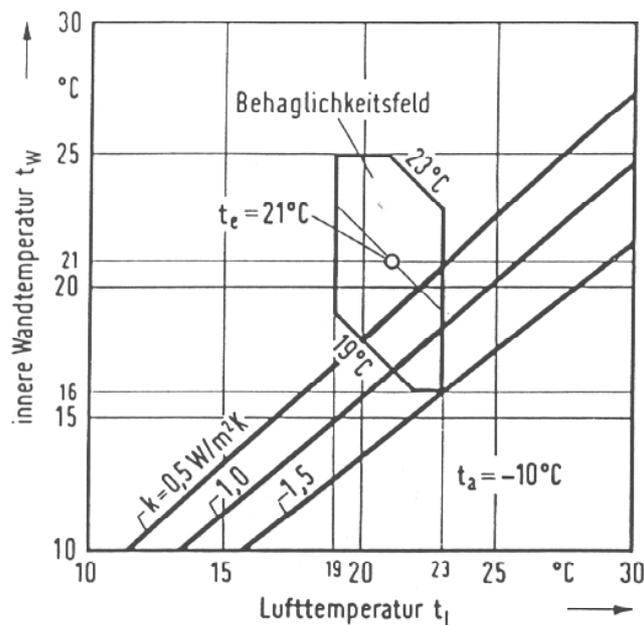
t_e empfundene Temperatur

t_r mittleren Oberflächentemperatur der raumumschließenden Flächen

t_L Raumlufttemperatur

Folgende Abbildung zeigt ein Behaglichkeitsfeld mit den empfundenen Temperaturen $t_e=19-23^\circ\text{C}$ in Abhängigkeit von der mittleren Oberflächentemperatur der Wände und der Lufttemperatur:

Abbildung 3.2: Behaglichkeitsfeld mit den empfundenen Temperaturen (Quelle: Recknagel, Hermann; Sprenger, Eberhard; Schramek, Rudolf; Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, R.Oldenbourg Verlag, München, 1995)



Auf der Ordinate sind die inneren Wandtemperaturen t_w bei einer Außentemperatur von $t_a = -10^\circ\text{C}$ abzulesen.



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Nach ISO 7730 gelten zusätzlich folgende raumklimatischen Empfehlungen in bezug auf Oberflächentemperaturen in Räumen mit Personen, die eine leichte sitzende Tätigkeit (typische Bürotätigkeit) ausführen:

- Die Temperaturdifferenz zwischen zwei Wandoberflächen sollte nicht über 10 K liegen.
- Die Temperaturdifferenz zwischen Fußbodenoberfläche und Deckenoberfläche sollte 5 K nicht überschreiten.
- Die Fußbodentemperatur sollte zwischen 19°C und 26 C liegen (maximal 29°C bei Fußbodenheizungen).

RAUMLUFTGESCHWINDIGKEIT

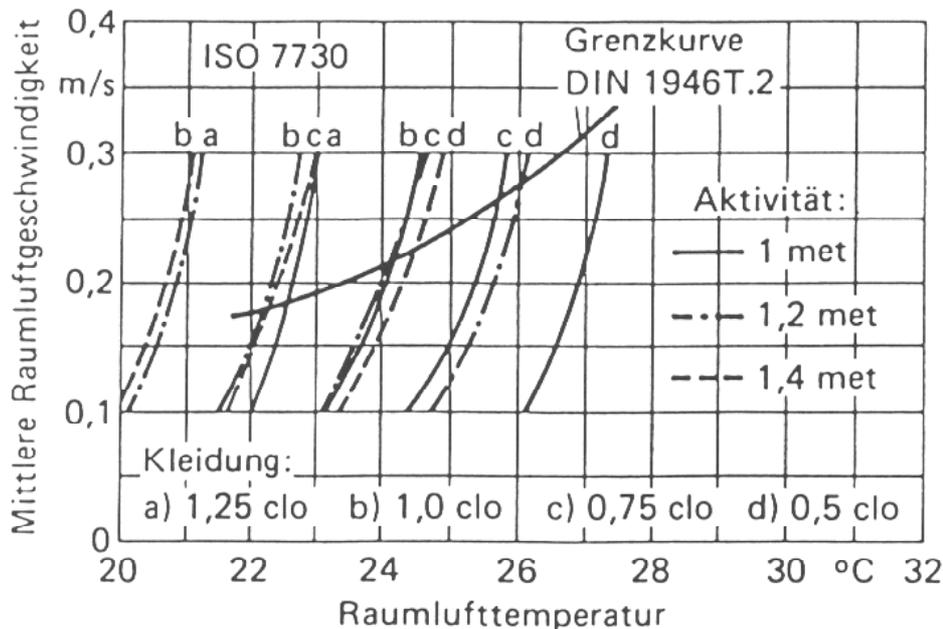
Luftbewegungen in Innenräumen werden oft als unangenehme "Zugluft" empfunden. Mindestluftbewegungen sind aber für den Wärme- und Stofftransport unumgänglich und in beheizten bzw. belüfteten Räumen unvermeidbar. Es stellt sich die Frage, wie groß die Luftbewegung sein darf, ohne das Wohlempfinden zu stören.

Als unangenehm gelten folgende Umstände:

- die Temperatur der bewegten Luft liegt unter der Raumluffttemperatur
- die Geschwindigkeit übersteigt 0,15 -0,2 m/s (Das entspricht einer Luftbewegung, die eine Kerzenflamme in einem Winkel von 10° ablenkt.)
- Zugluft nur aus einer bestimmten Richtung
- besonders "zugempfindliche" Körperteile sind betroffen (Bereich des Nackens, Füße)
- hoher Turbulenzgrad der Luftgeschwindigkeit

Folgende Abbildung zeigt die zulässige Luftgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Raumluffttemperatur mit den Parametern Bekleidung und Aktivitätsgrad:

Abbildung 3.3: Zulässige Luftgeschwindigkeit (Quelle: Recknagel, Hermann; Sprenger, Eberhard; Schramek, Rudolf; Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik, R.Oldenbourg Verlag, München, 651995)



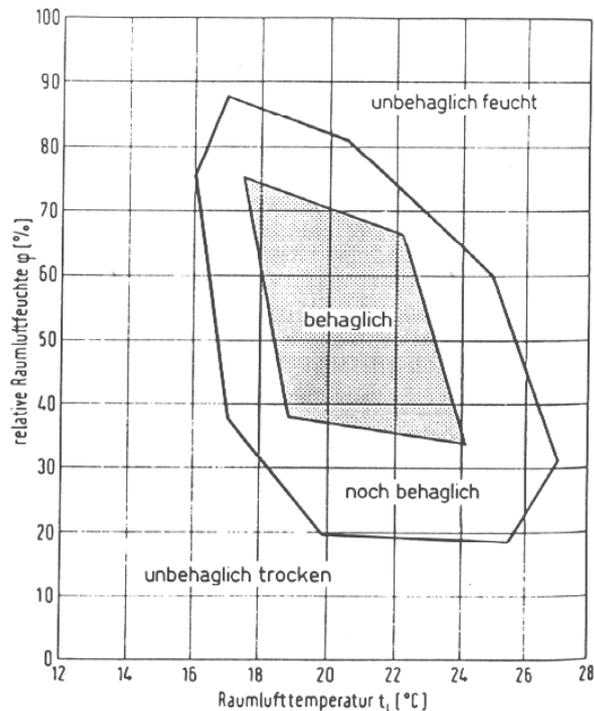
Großen Einfluss hat die Kleidung: Bei gegebener Raumtemperatur und Aktivität kann bei Steigerung der Kleidung um 0,25 *clo* die Luftgeschwindigkeit von 0,1 auf 0,3 m/s gesteigert werden, ohne die Behaglichkeit zu verschlechtern (Erläuterung der Einheit *clo* siehe Abschnitt Bekleidung).

RELATIVE LUFTFEUCHTE

Von entscheidender Bedeutung für das Wohlbefinden des Menschen ist weniger die absolute Feuchtigkeit, d.h. der Wasserdampfgehalt in g pro kg trockener Luft, sondern die relative Luftfeuchte in %. Es wird mit dieser Angabe das Verhältnis des *tatsächlichen* Wasserdampfgehaltes zu dem *bei der entsprechenden Temperatur maximal speicherbaren Wasserdampfgehalt* beschrieben. Je höher die Lufttemperatur, desto mehr Wasserdampf kann die Luft aufnehmen.

Die zulässige relative Feuchte wird nach DIN 1946 Teil 2 mit 35-70 % angegeben, wobei absolute Feuchten von > 12 g/kg (Schwülegrenze) grundsätzlich zu vermeiden sind.

Abbildung 3.4: zulässige relative Feuchte (Quelle: RWE Energie Bau-Handbuch: 12. Ausgabe, Energie-Verlag 1998/1)



Aus dieser Abbildung ist ersichtlich, dass der eigentliche Behaglichkeitsbereich zwischen 17°C bei 75 % Luftfeuchtigkeit und 24°C bei 35 % Luftfeuchtigkeit liegt. Rund um diesen Kernbereich gibt es eine noch behagliche Temperatur- und Feuchtigkeitszone.

Im Winter neigen sämtliche beheizte Räume zu trockener Luft. Dies ist dadurch begründet, dass die Außenluft bei tiefen Temperaturen nur wenig H₂O-Dampf aufnehmen kann. Gelangt diese Luft bei der Lüftung in den Raum ist die relative Feuchte entsprechend niedrig.

Beispiel: Bei 20°C im Sommer enthält Luft mit 50 % Feuchtigkeit 8,65 g H₂O je m³. Bei 0°C im Winter enthält Luft mit 50 % Feuchtigkeit nur mehr 2,43 g H₂O je m³. Wird diese Außenluft nun im Raum auf 20°C erwärmt, bedeuten diese 2,43 g nur mehr 14 % Luftfeuchtigkeit.

Trockene Luft führt zur Austrocknung der Schleimhäute der oberen Luftwege und setzt den natürlichen Abwehrmechanismus des Menschen herab. Außerdem begünstigt trockene Luft elektrostatische Aufladungen und Staubbildung. Durch die Verschmelzung des Staubes auf Heizkörpern entstehen Ammoniak und andere Gase, welche die Atmungsorgane zusätzlich reizen. Deshalb sollte *im Winter* die relative Luftfeuchtigkeit **keinesfalls 30 % unterschreiten**.



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Bei **hoher Luftfeuchtigkeit** dagegen besteht die Gefahr der Schimmelbildung und Modergerüche. An kälteren Stellen kondensiert der Wasserdampf, Bau- und Materialschäden sind möglich. Hohe Lufttemperaturen in Kombination mit hoher Luftfeuchte erhöht die Hautverdunstung. Der Körper beginnt zu schwitzen. Bei einer Luftfeuchte von 60 % setzt die Schweißbildung bei 25°C ein, bei einer Luftfeuchte von 50% erst bei 28°C. Die Schwülegrenze liegt bei einem normal gekleideten Menschen in sitzender Tätigkeit bei einem Wassergehalt von 12 g/kg.

Bei *Normaltemperaturen (20-22°C)* sollte die Feuchte zwischen **35-65 %** liegen, bei *höheren Temperaturen bis 26°C* sollte sie auf **55%** herabgesetzt werden entsprechend einem Wasserdampfgehalt der Luft von maximal 12 g/kg trockene Luft.

AKTIVITÄTSGRAD (TÄTIGKEIT)

Je nach Aktivitätsgrad werden Luftfeuchtigkeit und Lufttemperatur unterschiedlich wahrgenommen. Der Aktivitätsgrad gemessen als „metabolic rate“ geht in die Fanger'schen Gleichungen zur Berechnung eines Behaglichkeitsfaktors ein.

Tabelle 3.5: met-Werte verschiedener Tätigkeiten; Einheit "met" (aus dem Englischen "metabolic rate"=Stoffwechselrate) nach Fanger (Thermal Comfort, R.E.Krieger Publ., USA, 1982)

| Tätigkeit | met-Wert |
|-------------------------|-----------|
| Schlafen | 0,8 |
| Sitzen, ruhend | 1,0 |
| Stehen, ruhend | 1,2 |
| Büroarbeit | 1 - 1,4 |
| Autofahren in der Stadt | 2,0 |
| Haushalt, putzen | 2 - 3,5 |
| Küchenarbeit | 1,6 - 2,0 |
| Bügeln | 2 - 3,5 |

Der Wert von 1 met entspricht ca. einer Leistung von $58 \text{ W/m}^2_{\text{Körperoberfläche}}$, d.h. die Wärmeabgabe eines sitzenden Menschen beträgt etwa 100 W.

BEKLEIDUNG

Zur Beurteilung der thermischen Behaglichkeit wird der Einfluss der Bekleidung in der Einheit "clo" (aus dem Englischen "clothing") angegeben.

Tabelle 3.6: clo-Werte bei verschiedener Bekleidung; Einheit "clo" (aus dem Englischen "clothing") nach Fanger (Thermal Comfort, R.E.Krieger Publ., USA, 1982)

| Bekleidung | clo - Wert |
|--|------------|
| nackt, stehend | 0,0 |
| Shorts, Badeanzug | 0,1 |
| Sommerkleidung | 0,5 |
| leichter Straßenanzug | 0,8 |
| Herrenanzug | 1,0 |
| stark winterliche Innenbekleidung, dicker Pullover | 1,25 |
| Kleidung für kaltes Wetter mit Mantel | 1,6-2 |
| Polarausrüstung | 3-4 |

Der Wert 1 clo entspricht der Dämmwirkung eines leichten Straßenanzugs, d.h. ca. 0,155 m²K/W.

FANGER'SCHEN GLEICHUNGEN

All diese Einflussgrößen werden in den sogenannten Fanger'schen Gleichungen berücksichtigt. Diese komplexen Berechnungen erlauben es, einen Behaglichkeitsfaktor anzugeben (PMV = **predicted mean vote**). Der entsprechende Index bewegt sich auf einer 7-stufigen Skala von -3 (kalt) bis +3 (heiß) und kann nie absolut, sondern nur in Prozenten der Versuchspersonen angegeben werden. Deshalb wird er immer gekoppelt mit einem zweiten Index, dem **PPD-Index** (= **predicted percentage of dissatisfied**), der gleichzeitig die Prozentzahl unzufriedener Personen ausweist, angegeben.

Die vollständigen Gleichungen inklusive FORTRAN-Programm sind der ISO 7730 zu entnehmen.

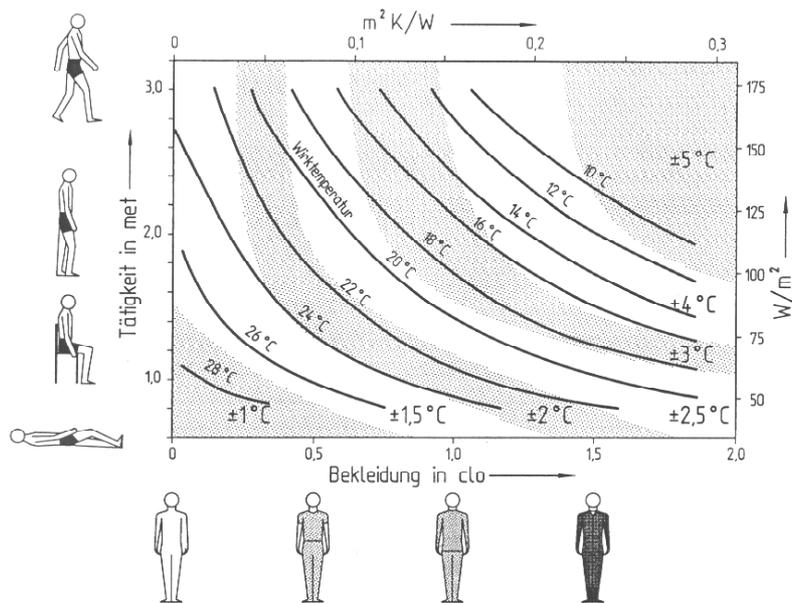
Tabelle 3.7: (Quelle: ISO 7730-1984)

| | | | | | | | | | |
|-----------|------|------|-------------|------|---------|------|-------------|------|------|
| PMV = | +3 | +2 | +1 | +0,5 | 0 | -0,5 | -1 | -2 | -3 |
| Empfinden | heiß | warm | leicht warm | | neutral | | leicht kühl | kühl | kalt |
| PPD | 90% | 75% | 25% | 10% | 5% | 10% | 25% | 75% | 90% |

Aus der Tabelle geht hervor, dass selbst bei besten Bedingungen noch 5 % der Befragten unzufrieden sind.

In folgendem Diagramm sind alle Einflussgrößen der thermischen Behaglichkeit erfasst:

Abbildung 3.5: Einflussgrößen der thermischen Behaglichkeit



Optimale empfundene Temperatur in Abhängigkeit von Tätigkeit und Bekleidung (ISO 7730). Gültig für eine relative Feuchtigkeit von 50 % und Luftbewegungen nur infolge der Tätigkeit des Menschen.

Die ausgezogenen Kurven ergeben $PMV = 0$ (neutral), die Schraffur deutet den Bereich $-0,5 < PMV < +0,5$ an, was $PPD = 10\%$ Unzufriedene ergibt. Die dazugehörige Schwankungsbreite der Temperatur ist ebenfalls angegeben.

Der Abbildung ist zu entnehmen, dass eine sitzende, Büroarbeit verrichtende Person (Tätigkeit $< 1,4$ met) im Straßenanzug (Bekleidung: 1 clo **Fehler! Textmarke nicht definiert.**) im Mittel eine empfundene Temperatur **Fehler! Textmarke nicht definiert.** von 21 C mit einer Toleranz von $\pm 2,5$ K bevorzugt.

Normen

Winterverhalten

VDI 6030 Blatt 1 (1999): Auslegung von freien Raumheizflächen – Grundlagen und Auslegung von Raumheizkörpern

Anforderungsstufen:

Stufe 3: Vollständige Beseitigung von Behaglichkeitsdefiziten

- keine störenden Luftströmungen
- Heizfläche fängt Fallluftströmung ab (Heizkörper = Fensterbreite)

Kein Strahlungsdefizit

Raumheizfl. In oder unmittelbar vor derselben Ebene wie die kalte Umfassungsfläche angeordnet ist



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Ansichtsfläche und die Übertemperatur der Raumheizfläche das Strahlungsdefizit der Umfassungsfläche abdeckt

Raumheizfläche die Normheizlast deckt (DIN EN 12831 bzw. DIN 4701)

die vorgegebene Aufheizreserve berücksichtigt wird

Stufe 2: Teilweise lediglich Strahlungsausgleich ist vorgesehen (Anordnung einer Raumheizfläche an einer kalten Umfassungsfläche oder unter Fenster in nicht ausreichender Länge oder neben/Fenster/Tür)

Stufe 1: Deckung der Normheizlast ohne Beseitigung von Behaglichkeitsdefiziten

ISO 6242-1 (1992): Building construction – Expression of users' requirements – Part 1: Thermal requirements

ISO 7730 (1994): Moderate thermal environments: Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort

Beziehbar unter <http://www.iso.ch>

Sommerverhalten

ÖN B 8110-3 (1999): Wärmeschutz im Hochbau: Wärmespeicherung und Sonneneinflüsse

ÖN EN ISO 13791 (1995): Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Sommerliche Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik – Allgemeine Kriterien und Berechnungsalgorithmen

ÖN EN ISO 13792 (1997): Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Sommerliche Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik – Allgemeine Kriterien für vereinfachte Berechnungsverfahren

ÖN H 6040: Lüftungstechnische Anlagen – Kühllastberechnung

VDI 2078 (1996): Berechnung der Kühllast klimatisierter Räume (VDI-Kühllastregeln)

Literatur

Recknagel, Sprenger, Schramek, Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik einschließlich Warmwasser- und Kältetechnik (München: Oldenbourg, 1995/67)

Bruck, M., Praxishandbuch Haustechnik: Beispielband (Infoprogramm Haustechnik: Bundesinnung der Sanitär- und Heizungsinstallateure, Wien: Bohmann Verlag, 1994)

Fanger, P.O., Thermal Comfort (R.E.Krieger, 1982)

Gummerer, Christian: Computerunterstützte Gebäudesimulation; Tritthart, Wibke; Geissler, Susanne; Österreichisches Ökologie-Institut



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Gebäudesimulationsprogramme

Primäres Ziel einer Gebäudesimulation ist in der Regel die Berechnung räumlicher und zeitlicher Temperaturverteilungen in den Bauteilen bzw. in der Raumluft. Daraus abgeleitet werden Kühlleistungen, Heizleistungen bei vorgegebenem Verlauf der Raumlufttemperatur, längerfristige Energiebilanzen (Bilanzierung über Wärmeverluste und Wärmegewinne), Aussagen über die thermische Behaglichkeit und anderes.

Bei vielen Programmen werden nur sensible Wärmeströme erfasst, so dass Effekte, die mit der Änderung der Luftfeuchte verbunden sind, (Luftbefeuchtung, Lufttrocknung) und die sich daraus ergehenden Enthalpiebilanzen nicht berechnet werden können.

Meistens wird volle Durchmischung der Raumluft angenommen, so dass die Lufttemperatur in einem Raum zu einem bestimmten Zeitpunkt durch einen einzigen Wert beschrieben wird; in seltenen Fällen werden räumliche Temperaturverteilungen (Schichtungen) berücksichtigt.

WANN IST EINE STATIONÄRE BERECHNUNG ZULÄSSIG?

Das thermische Verhalten von Gebäuden ist immer instationär, weil die Randbedingungen (allen voran das Klima) zeitlich veränderlich sind. Stationäre Berechnungen (d.h. Berechnungen unter der Annahme zeitlicher Unveränderlichkeit aller Größen, insbesondere der Temperaturen) sind aber um „Größenordnungen“ einfacher als instationäre, so dass es sich lohnt, nachzudenken, unter welchen Bedingungen stationäre Berechnungen sinnvoll sind.

In der Praxis sind es vor allem zwei Anwendungsfälle, die eine stationäre Betrachtung zulassen:

- ✓ die Heizlastberechnung
- ✓ die Abschätzung mittlerer (Jahresmittel, Saisonmittel) Wärmebilanzen (Heizwärmebedarf)

Vor allem bei der Abschätzung mittlerer Energiebilanzgrößen ergeben sich einige, nicht auf den ersten Blick erkennbare **Probleme**, auf die im folgenden kurz eingegangen wird.

Die für die Berechnung notwendigen - an sich instationären - Einflussgrößen wie z.B. Außenlufttemperatur, Raumtemperatur, Globalstrahlung, innere Gewinne treten in der Berechnung als Mittelwerte über den Berechnungszeitraum auf.

Durch die Wahl einer passenden Länge für das Berechnungszeitintervall muss sichergestellt werden, dass die Anfangsbedingungen bzw. Wärmespeichereffekte nur noch einen vernachlässigbaren Einfluss auf das zu berechnende Ergebnis (**Mittelwert**) haben.

Dies ist für gewöhnlich der Fall, wenn man als Zeitintervall eine ganze Heizsaison oder ein ganzes Jahr wählt. Eine zweite wesentliche Voraussetzung für die Anwendung stationärer Verfahren ist die **Linearität der für die Berechnung verwendeten Gleichungssysteme**. Diese Voraussetzung hat in der Praxis Konsequenzen, vor allem in bezug auf den Luftwechsel, aber auch in bezug auf variable Wärmedämmungen (z.B. Fensterläden).



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Es gilt bekanntlich

$$\dot{Q}_{LW} = \dot{V} \cdot \rho \cdot c_p (T_R - T_L) \quad \text{Luftwechsel}$$

$$\dot{Q}_{TR} = A \cdot U \cdot (T_R - T_L) \quad \text{Transmission}$$

\dot{V} Luftvolumenstrom

ρDichte der Luft

c_pspezifische Wärme der Luft

A..... Fläche

U.....U-Wert

In der Berechnung treten nun voraussetzungsgemäß für T_p und T_L die Mittelwerte über den Berechnungszeitraum auf.

Treten \dot{V} oder seltener U-Werte als Mittelwerte auf, erhält man ein Produkt von Mittelwerten und sieht sich dem Problem gegenüber, dass das Produkt von Mittelwerten im allgemeinen ungleich dem Mittelwert des Produktes ist.

$$\left(\frac{1}{n} \sum_n a_n \right) \cdot \left(\frac{1}{n} \sum_n b_n \right) \neq \frac{1}{n} \sum_n a_n b_n$$

Konsequenz: der Luftwechsel muss in stationären Rechnungen als Konstante angesetzt werden; diese Konstante darf nicht als Mittelwert einer zeitlichen Verteilung von Luftwechselraten interpretiert werden. Der andernfalls auftretende Fehler ist durch die Differenz zwischen dem Mittelwert des Produkts und dem Produkt der Mittelwerte gegeben.

| | | |
|-----------|----------------------------------|------------------------|
| Beispiel: | Luftwechsel bei „Tag“: | 1000 m ³ /h |
| | Temperaturdifferenz bei „Tag“: | 10K |
| | Luftwechsel bei „Nacht“: | 3000 m ³ /h |
| | Temperaturdifferenz bei „Nacht“: | 20K |
| | $\rho = 1,2$ kg/m ³ | |
| | $c_p = 1,0$ kJ/kgK | |
| | Dauer des „Tages“: | 12 h |
| | Dauer der „Nacht“: | 12 h |

Mit dem Produkt der Mittelwerte ergibt sich ein Tages-Lüftungswärmeverlust von 78 kWh.

Das korrekte Ergebnis ist jedoch 64 kWh. Der Fehler beträgt somit 22%.



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Korrektes Ergebnis: $Q_{\text{Tag}} = 1000 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 10 \cdot 12 = 144 \cdot 10^3 \text{ kJ} = 40 \text{ kWh}$
 $Q_{\text{Nacht}} = 300 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 20 \cdot 12 = 86,4 \cdot 10^3 \text{ kJ} = \underline{24 \text{ kWh}}$
 $Q_{\text{Tag}} + Q_{\text{Nacht}} = 64 \text{ kWh } (100\%)$

„Produkt der Mittelwerte“ (falsches Ergebnis)

Mittelwert „Luftwechsel“: $\frac{1000 + 300}{2} = 650 \text{ m}^3 / \text{h}$

Mittelwert „Temperaturdifferenz“: $\frac{10 + 20}{2} = 15 \text{ K}$

$Q_{\text{Tag}} + Q_{\text{Nacht}} = 650 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 15 \cdot 12 = 280 \cdot 10^3 \text{ kJ} = 78 \text{ kWh } (122 \%)$

Gleiches gilt für den U-Wert: Er darf nicht als Mittelwert (z.B. Fenster mit offenen Fensterläden bei Tag und geschlossenen Fensterläden bei Nacht) interpretiert werden.

Der Vollständigkeit halber sei noch ein Fall erwähnt, in dem die stationäre Rechnung zulässig ist. Charakteristisch für jede instationäre wärmetechnische Berechnung ist die Berücksichtigung der Wärmespeicherfähigkeit der auftretenden Materialien. Kommen nur Materialien vor, deren Wärmespeicherfähigkeit verschwindet oder zumindest vernachlässigbar ist, so reduziert sich die instationäre Rechnung von selbst auf die stationäre. Dies kann man aus der Wärmeleitungsgleichung

$$c \cdot \rho \cdot \frac{\delta T}{\delta t} = \Delta T$$

c spezifische Wärme

ρ Dichte

T Temperatur

$\Delta \dots$ Laplace Operator $\Delta = \frac{\delta^2}{\delta x^2} + \frac{\delta^2}{\delta y^2} + \frac{\delta^2}{\delta z^2}$

somit ablesen, da für $c \cdot \rho = 0$ die linke Seite der Gleichung verschwindet; damit reduziert sie sich auf $\Delta T = 0$, also auf die stationäre Wärmeleitungsgleichung.

Wenn diese Voraussetzungen in der Praxis auch nie vollständig erfüllt sind, so kann man dennoch daraus ablesen, dass stationäre Energieverlustabschätzungen über relativ kurze Zeiträume (z.B. Monate) bei Leichtbauweise eher zulässig sein werden als bei schwerer.

Achtung: Die Berechnung sommerlicher Innentemperaturen muss **stets** instationär erfolgen, weil selbst geringe Speicherfähigkeiten erheblichen Einfluss auf die Innentemperatur haben.



INSTATIONÄRE BERECHNUNGSVERFAHREN: Zeitschritt-Verfahren oder periodisch eingeschwungenen Zustand

Programme, die im Zeitschritt-Verfahren arbeiten (die zu berechnenden Größen werden - unter stets wechselnden Randbedingungen - an beliebig vielen Zeitpunkten, z.B. für alle Stunden eines Jahres - berechnet), benötigen - neben der Kenntnis der Gebäudeeigenschaften und der wechselnden Randbedingungen - Anfangsbedingungen (Temperaturverteilung in den Bauteilen zum Anfangszeitpunkt).

Diese Anfangsbedingungen sind in der Regel unbekannt; ihr Einfluss auf das Ergebnis ist umso geringer, je „länger sie zurückliegen“. Dieser Effekt ist eine grundlegende Eigenschaft der Wärmeleitungs-Gleichung und darüber hinaus ein „Effekt“ **aller parabolischen Differentialgleichungen**, da diese Ausgleichsvorgänge beschreiben; ein anderes Beispiel für einen derartigen Ausgleichsvorgang wäre die Wasserdampfdiffusion).

Bei der Berechnung leichter Gebäude mit geringen Anteilen an erdberührten Flächen kann dieser „Einflusszeitraum“ einige Tage, bei schweren Gebäuden einige Wochen und in Extremfällen (z.B. bei erdüberdeckten Bunkern) Jahre betragen.

In der Praxis hilft man sich meist damit, dass man von „willkürlich angenommenen“ oder geschätzten Anfangsbedingungen ausgeht, und die für den „kritischen“ Zeitraum (Einlaufzeit der Simulation) erhaltenen Ergebnisse ignoriert.

Die Unabhängigkeit von den Anfangsbedingungen ist sichergestellt, wenn die „Einlaufzeit“ der Simulation problemadäquat gewählt wurde.

Zeitschrittverfahren muss man anwenden, wenn man Regelvorgänge nachbilden und/oder wenn man über ein ganzes Jahr oder eine ganze Heizperiode echt simulieren will. Infolge der benötigten Einlaufzeiten wird die Rechenzeit jedoch umso länger, je „schwerer“ das Gebäude ist.

Einen anderen Weg geht man bei Verfahren, die im **periodisch eingeschwungenen Zustand** rechnen, d.h. zu periodischen Randbedingungen unmittelbar die zugehörigen periodischen Ergebnisse liefern. In diesem Fall wird die Vorgabe von Anfangsbedingungen ersetzt durch die Forderung nach der Periodizität der Vorgänge mit vorgegebener Periodenlänge. Die typische Periodenlänge ist der „Tag“ („typical day“).

Mit Periode wird in der Technik eine Zeitdauer, nach der eine bestimmte Erscheinung sich wiederholt, bezeichnet:

Bei den hier beschriebenen Rechenverfahren bedeutet das, dass die Simulationen eine Abfolge identischer Tage (gleiche Wetterdaten, Nutzungsweisen etc.) beschreiben.



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Der Nachteil dieser Verfahren liegt darin, dass nur periodische Vorgänge erfassbar sind (also z.B. keine Regelvorgänge bei einem Heizungssystem). Als Vorteile sind jedoch anzuführen, dass keine „Einlaufzeiten“ zu berücksichtigen sind und dass die Rechenzeiten extrem kurz sind.

Im Prinzip könnte man auch eine Jahresperiode zugrundelegen. Um die einzelnen Tagesabläufe richtig wiederzugeben, müsste man jedoch einen so großen Aufwand treiben, dass der Vorteil dieses Rechenverfahrens - die extrem kurze Rechenzeit - nicht mehr gegeben wäre.

Das periodisch eingeschwungene Verfahren eignet sich besonders gut, wenn man „Tagesverläufe“ (z.B. zeitliche Verteilung von Heiz- und Kühlleistungen, von Raum-, Oberflächen- oder empfundenen Temperaturen) berechnen will.

Die im **periodisch eingeschwungenen Zustand** rechnenden Programme werden primär für die Bearbeitung folgender Fragestellungen herangezogen:

- Berechnung von Raumlufttemperaturen im Sommerfall, Kühllast-Berechnungen
- Untersuchung der Regelungsfähigkeit idealer Heizungssysteme (Untersuchung der Auswirkung von Wärmespeicher-Effekten bei idealer - d.h. ohne zeitlicher Verzögerung arbeitender - Regelung der Wärmeleistung)
- Untersuchung der Auswirkungen nächtlicher Heizungsunterbrechungen

Echt instationäre, d.h. im **Zeitschrittverfahren** arbeitende, Programme werden für die Behandlung folgender Probleme verwendet:

- Berechnung des Heizenergieverbrauchs
- Untersuchung des Regelungsverhaltens realer (d.h. mit Zeitverzögerung arbeitender) Regelungen. Die Regelstrategie – das Regelungsprogramm – muss im Simulationsprogramm nachgebildet sein.
- Berechnung des Aufheiz- bzw. Auskühlverhaltens von Räumen bzw. Gebäuden

TRNSYS

Das Softwarepaket zur Modellierung und dynamischen Simulation von Energiesystemen (inkl. passiver und aktiver Solarenergienutzung)

TRNSYS ist ein weitverbreitetes Simulationsprogramm, das 1974 am Solar Energy Laboratory der University of Wisconsin, Madison, USA entwickelt wurde und seitdem kontinuierlich verbessert wird. Die aktuelle Version von TRNSYS besitzt unter anderem folgende Komponenten:

Abbildung 3.6: Übersicht TRNSYS-Programmmodule

| | |
|--|--|
| <p>Verwaltungskomponenten Wetterdatenleser Zeitabhängige Lastfunktion Algebraischer Operator Strahlungsumrechner Integrator Feuchteumrechner Lastprofil im Jahresgang Kollektorabschattung Wetterdatengenerator</p> <p>Kollektoren Lineare Wirkungsgradkurve Detaillierte Beschreibung Ein- oder Zweiachsige Nachführung Theoretischer Modellkollektor Theoretischer konzentrierender Kollektor</p> <p>Wärmespeicher Geschichteter Flüssigkeitsspeicher Algebraisches Speichermodell Gesteinsspeicher</p> <p>Heiz- / Kühlkomponenten Ein- / Aus Zusatzheizung Absorptionsklimaanlage Wärmepumpe Klimaanlage Kühlturbine Kältemaschine</p> <p>Wärmetauscher Gegen- / Gleichstrom Abwärmerückgewinnung Kreuzstromwärmetauscher</p> <p>Unterprogramme Daten Interpolierung Lösungsalgorithmen für Differentialgleichungen Einstrahlzahl (View Factor) Matrizeninversion Regression</p> | <p>Gebäudemodelle und -komponenten (Degree-Day); kA-Gebäude Einzonenmodell (Transferfunktionen) Dach und Dachraum Überstand und Vorsprünge Fenster Speicherwand (Trombewand) Wintergarten Mehrzonenmodell (inkl. thermoaktive Bauteile) TWD-Wand</p> <p>Strömungsführung Pumpe / Gebläse 3-Wegeventil, Mischer, T-Stück Überdruckventil Rohrleitung</p> <p>Steuerung / Regelung Differenzsteuerung mit Hysterese Dreipunkt Raumthermostat Mikroprozessor-Regler</p> <p>Ausgabe Drucker Plotter Histogram Plotter Simulationssummierer Wirtschaftlichkeitsberechnung Online</p> <p>Photovoltaik PV / Solarzelle Batterie Regelung / Inverter Kombiniertes PV / therm. System</p> <p>Kombinierte Teilsysteme Flüssigkeitskollektor- Speicher Luftkollektor-Speicher-System Brauchwasseranlage Thermosyphonanlage</p> |
|--|--|

Die Ausgabegrößen sind in etwa dieselben wie bei TAS, die graphische Darstellung ist allerdings bei TAS besser vorprogrammiert, d.h. mit geringerem Arbeitsaufwand verbunden.

TAS (Thermal Analysis Software)

| | |
|-------------|-----------------------------------|
| TAS Lite | Gebäudesimulationsprogramm |
| TAS Systems | Anlagensimulationsprogramm |
| Ambiens | Raumströmungs-Simulationsprogramm |

Leistungsmerkmale von TAS Lite

Mit den Modulen von TAS Lite

- - 3D-TAS Eingabe des 3D Gebäudemodells
- - A-TAS Energieanalyse des Gebäudes und seiner Nutzung
- - Report Generator Abfragegenerator zur individuellen Analyse und Darstellung von Simulationsergebnissen stehen die folgenden Ergebnisse und Daten zur Verfügung



3.3 Tageslicht

Einleitung

Tageslichtnutzung spart elektrischen Strom für künstliche Beleuchtung und trägt durch die spezielle Zusammensetzung des Lichtspektrums zum Wohlbefinden der Nutzer bei.

Bisher wurde unter ausreichender Belichtung verstanden, wenn zumindest 10 % der Fußbodenfläche als Fensterfläche vorgesehen und nur die unteren 45° des Himmelsgewölbe durch Nachbargebäude, etc. abgedeckt sind¹¹.

Moderne Planungskonzepte stellen auf den Tageslichtquotienten ab, wobei für verschiedene Raumnutzungen und Sehanfordernisse bestimmte Grenzwerte vorgegeben werden.

Planungsziele

| Ziele | Nachweise |
|--|--|
| Qualifikation „optimal“ entsprechend den Zielwerten in Tabelle 3.8 (siehe Seite 238) | Messung / Berechnung des Tageslichtquotienten mit anerkanntem Programm |

Bewertung im TQ-Tool

Bewertet wird die Qualität der Tageslichtversorgung von Aufenthaltsräumen in Tops nach folgender Skala (Punkte gemäß Einordnung auf der Skala):

| Punkte (Beste Wertung: 5 Punkte) | |
|---|----|
| Tageslichtquotient ≥ 4 | 5 |
| $3,5 \leq$ Tageslichtquotient < 4 | 4 |
| $3 \leq$ Tageslichtquotient $< 3,5$ | 3 |
| $2,5 \leq$ Tageslichtquotient < 3 | 2 |
| $2 \leq$ Tageslichtquotient $< 2,5$ | 1 |
| $1,5 \leq$ Tageslichtquotient < 2 | 0 |
| Tageslichtquotient $< 1,5$ | -1 |
| Keine Ermittlung des Tageslichtquotienten | -2 |

Der Tageslichtquotient ist in einem Aufenthaltsraum in 2 m Entfernung vom Fenster und 1m Seitenabstand von der Wand in einer Nutzebene von 0,85 m über der Fußbodenoberkante zu ermitteln/messen.

¹¹ Quelle: Bestimmungen in länderspezifischen Bauordnungen



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Er wird für (Kategorien vergleichbarer) Tops ermittelt und zwar für den jeweils größten Aufenthaltsraum.

Für die Gebäudebewertung wird folgende Skala herangezogen (Punkte gemäß Einordnung auf der Skala):

Bewertet wird die Qualität der Tageslichtversorgung des Gebäudes nach folgender Skala (Punkte gemäß Einordnung auf der Skala):

| | Punkte (Beste Wertung: 5 Punkte) |
|---|----------------------------------|
| $2 \leq$ Tageslichtquotient für 100% der Tops | 5 |
| $2 \leq$ Tageslichtquotient für 85 % der Tops | 4 |
| $2 \leq$ Tageslichtquotient für 70 % der Tops | 3 |
| $2 \leq$ Tageslichtquotient für 55 % der Tops | 2 |
| $2 \leq$ Tageslichtquotient für 40 % der Tops | 1 |
| $2 \leq$ Tageslichtquotient für 25 % der Tops | 0 |
| $2 \leq$ Tageslichtquotient für 10 % der Tops | -1 |
| Keine Ermittlung des Tageslichtquotienten | -2 |

TOOLBOX

Beschreibung des Tageslichtquotienten

Der Tageslichtquotient setzt sich zusammen aus dem Himmelslichtanteil D_H , erzeugt durch direkt auftreffendes Licht des bedeckten Himmels, dem Außenreflexionsanteil D_V , erzeugt durch an der Umgebungsverbauung reflektiertes Licht und dem Innenreflexionsanteil D_R , erzeugt durch von den Innenraumflächen reflektiertem Himmelslicht.

$$D = D_H + D_V + D_R$$

Bei vorhandener dichter Bebauung kann der Verlust an direktem Himmelslicht durch helle Oberflächen der gegenüberliegenden Nachbargebäuden etwas ausgeglichen werden. Ebenso tragen helle Innenwand- und Deckenoberflächen zu einer gleichmäßigeren Tageslichtverteilung sowie zu einer Verringerung der Leuchtdichteunterscheide bei.

Empfohlene Mindestreflexionsgrade: Decke > 0,7
 Wände > 0,5
 Boden > 0,2

Speziell in Räumen mit Oberlichtern wirkt sich insbesondere der Reflexionsgrad des Fußbodens auf die Gesamttraumhelligkeit bedeutend aus. Der Einfluss von vorgesehenen Einrichtungsgegenständen sollte möglichst berücksichtigt werden.



Lichtminderungsfaktoren (nach DIN 5034-3)

Der Tageslichteinfall unterliegt bestimmten Reduktionsfaktoren wie Minderung durch Fensterkonstruktionsteile (Sprossen-, Rahmenanteile, etc., die bei Heranziehen der Architekturlichte von Fenstern abgezogen werden müssen), dem Verschmutzungsgrad der Fenster (bei Wohnräumen im Durchschnitt $k_2=0,95$), den Lichteinfallswinkeln und dem lichttechnischen Transmissionsgrad der Verglasung. Der lichttechnische Transmissionsgrad der Verglasung bezeichnet das Verhältnis des durchgelassenen zu dem auf den Stoff auftreffenden Lichtstrom (= sichtbare Lichtmenge, die von einem leuchtenden Körper in den gesamten Raum ausgestrahlt wird, Einheit: Lumen). Davon ist zu unterscheiden der strahlungstechnische (Verhältnis der Strahlungsflüsse) und der spektrale Transmissionsgrad (hier fließen spektrale Größen ein).

Vermeidung von Blendung und Reflexion

Bei sehr hohen Tageslichtquotienten ist insbesondere in Arbeitsräumen auf die Vermeidung von Blendung und Reflexion zu achten, da dies zu einer wesentlichen Beeinträchtigung der Konzentrationsfähigkeit und des Wohlbefindens führen kann. Blendung, die durch zu hohe Leuchtdichteunterschiede im Gesichtsfeld entsteht, kann bei Fenstern durch einfache Sonnenschutzmaßnahmen (Rollos, Jalousien, Markisen, lichtleitende Lamellen-Stores), bei Oberlichtern durch eine lichtstreuende Verglasung vermieden werden. Reflexblendung wird durch störende Lichtreflexe auf glänzenden Oberflächen verursacht. Daher sollte bei der Einrichtung von Arbeitsplätzen auf matte und entspiegelte Oberflächen Wert gelegt werden.

Thermischer Komfort im Sommer

Bei hohen Verglasungsanteilen ist auf den Schutz vor sommerlicher Überwärmung durch die Auswahl geeigneter Sonnenschutzmaßnahmen zu achten. Bei länger dauernder Hitze und großen inneren Abwärmern (Büro,...) helfen allerdings grundsätzlich nur aktive Klimasysteme wie z.B. Bauteilkühlung oder Konditionierung der Zuluft durch Bodenkanäle und Luft/Luft-Wärmepumpen.

Sonnenschutzmaßnahmen bei gleichzeitiger Erhaltung der Tageslichtversorgung

Der Sonnenschutz muss je nach Orientierung der Fenster und des damit verbundenen unterschiedlichen Einfallswinkels der Sonnenstrahlen individuell gelöst werden. Auf der *Südseite* mit steil einfallenden Sonnenstrahlen im Sommer ist ein *fixer, horizontaler Sonnenschutz* (Überhang, Balkon,...) gut wirksam, wobei zu berücksichtigen ist, dass fixe Sonnenschutzelemente immer Tageslicht wegnehmen. Kritischer sind die nach *Westen* ausgerichteten Fenster. *Innenjalousien* sind unbedingt zu *vermeiden*, da sie eine Aufwärmung des Raumes nicht verhindern können sowie den Sichtkontakt als auch die Tageslichtqualität merklich beeinträchtigen. Bepflanzung kann als natürliche Beschattung und Blendschutz genutzt werden. *Laubbäume* sind im Sommer *schattenspendend*, im Winter aber *lichtdurchlässig*. Um den Tageslichteinfall nicht zu beeinträchtigen, sollte die Begrünung aber nicht zu dicht und zu nah am Gebäude sein. *Lichtleitende Lamellenstores* bieten sich in Arbeitsräumen (insbesondere für Bürogebäude) an. Im unteren Bereich der Fensterfläche werden die Lamellen – wie bei konventionellen Stores – auf 45°C eingestellt, im oberen Bereich bleiben die Lamellen offen. In dieser Stellung funktionieren die Lamellen wie Reflektoren und werfen das Tageslicht an die Decke, und von dort wird es auf den Arbeitsplatz reflektiert. Isolierglas mit *Spiegelprofilen* (Fa. OKA-Lux Kapillarglas GmbH, D-97828 Marktheidenfeld-Altfeld, Tel.: 0049/9391/9000, www.handwerk-net.de/dyn/tk764.htm) ist so ausgebildet, dass der Lichtdurchlass abhängig vom Sonnenstand geregelt wird. Niedrig einfallende Sonnenstrahlen im Winter werden überwiegend durchgelassen, im Sommer bei hochstehender Sonne wird die Einstrahlung zu einem



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

großen Teil nach außen reflektiert. **Elektrochrome Verglasungen** (durch Anlegen einer elektrischen Spannung wird die Lichtdurchlässigkeit der speziell beschichteten Gläser geregelt) kommen ebenfalls nur im Bürobau zur Anwendung (die derzeitige maximale Lichttransmission liegt bei 50 %, minimale bei 15 %). Für die Zukunft stellt das Fraunhofer Institut für Chemische Technologie die Erhöhung der Lichttransmission auf 90 bis 95 % in Aussicht. Als Beschichtungsmaterial wird u.a. Wolframoxid eingesetzt, das sich in mehreren Abstufungen von einem transparenten in einen dunkelblauen Zustand schalten lässt. Die Ein- und Entfärbung erfolgt langsam und kann bei großen Flächen bis zu 20 min dauern.

Richtwerte für den Tageslichtquotienten

Tabelle 3.8: Richtwerte für den Tageslichtquotienten (Quelle: Panzhauser, E., Strukturierung und Bewertung der humanökologischen Bauqualität, Wien, 2000 (z.Z. unveröffentlichtes Manuskript))

| RÄUME | Tageslichtquotient TQ | | |
|---|-----------------------|--------------|---------------|
| | mindest | gut | optimal |
| Schlafräume (Eltern, Kinder, Gäste, zeitweise als Krankenzimmer genutzt) | ≥ 0,5 % | ≥ 1 % | 2 % bis 3 % |
| Wohnräume*), Küchen, Büroräume, Schulklassen, Kindergruppenräume | 1 % | 2 % | 3 % bis 4 % |
| Räume mit höherem visuellen Leistungs-Anspruch (Zeichenräume, Ateliers,...) | ≥ 2 % | ≥ 3 bis 5 % | > 5 % bis 8 % |
| Räume mit besonders hohem visuellen Leistungs-Anspruch (feingrafische Arbeiten, Gravurarbeiten,...) | ≥ 6 % | ≥ 8 bis 10 % | 8 bis 12 % |
| *) in einer Entfernung von ≥ 2m vom Fenster | | | |

Grafische Ermittlung des Tageslichtquotienten

Im Planungsprozess kann der Tageslichtquotient in einem grafischen Schnellverfahren grob ermittelt werden (Nähere Informationen sind der Homepage

http://fishbone.igs.bau.tu-bs.de/feld_schw_al.htm zu entnehmen, die Information wurde zusammengestellt von: Andreas Lahme, TU Braunschweig, Institut für Gebäude- und Solartechnik, D-38106 Braunschweig). Mit diesem Verfahren kann für einen beliebigen Punkt im Gebäude der Anteil des gleichmäßig bedeckten Himmels graphisch bestimmt werden, der über Fensteröffnungen sichtbar ist. Dieses Verfahren, das sich vor allem an Architekten richtet, dient zur Überprüfung der Tageslichtverhältnisse in einem *frühen* Planungsstadium und ermöglicht die Festlegung von Nutzungsbereichen.

Kurznachweis für kritische Räume¹²

Unter kritischen Räume sind in der Regel Erdgeschoss-Räume zu verstehen, die durch Gebäudeteile oder durch Nachbargebäude abgeschirmt werden:

$$D_F = \frac{\tau_L \cdot A_{GL} \cdot \beta}{A_i \cdot (1 - \rho^2)}$$

τ_L = Lichtdurchgangskoeffizient der Verglasung (in der Regel wird 0,8 angenommen)

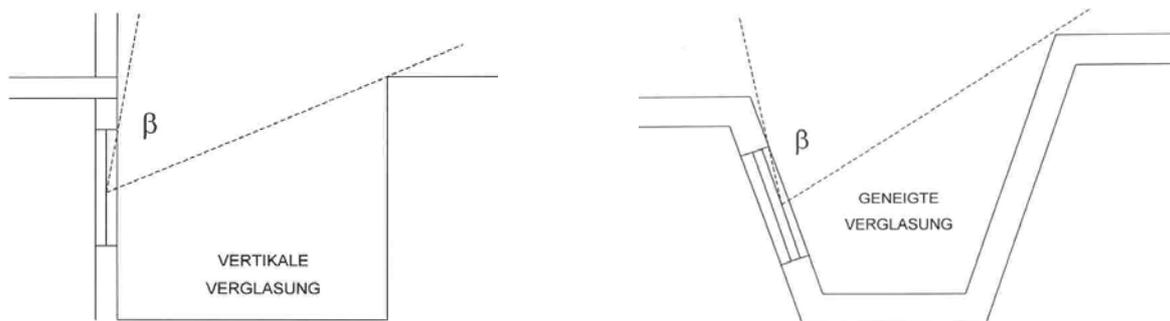
A_{GL} = gesamte Verglasungsoberfläche des betrachteten Raumes, für die β zutrifft.

β = vertikaler Winkel (in Altgrad), in dem der Himmel sichtbar ist

A_i = gesamte Innenoberfläche des betrachteten Raumes

ρ = mittlerer (d.h. flächengewichteter) Reflexionsgrad der Innenoberfläche (Boden, Decke, Wand; sofern keine genaueren Angaben vorliegen: $\rho = 0,6$)

Abbildung 3.7: Bestimmung von β bei vertikaler und geneigter Verglasung



Liegt D_F bei diesem Kurznachweis $\leq 2\%$, ist ein detaillierterer Nachweis erforderlich.

EDV-Programme zur Bestimmung des Tageslichtquotienten

RADIANCE:

Radiance wurde als Forschungswerkzeug für die Vorhersage bezüglich der Verteilung sichtbarer Strahlung in beleuchteten Räumen entwickelt (LBL Berkeley University). Als Eingabe wird ein dreidimensionales geometrisches Modell der Realität verwendet, als Ausgabe wird grundsätzlich eine Karte mit spektralen Strahlungswerten in einem farbigen Bild erzeugt. Für die Modellierung wird die Ray-Tracing-Methode verwendet. Download möglich.

<http://radsite.lbl.gov/radiance/HOME.html>

¹² Panzhauser, E., TU Wien, Institut für Hochbau für Architekten (persönliche Mitteilung)



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

SUPERLITE:

Superlite ist das klassische Tageslichtsimulationsprogramm (1985 entwickelt an LBL Berkeley University, USA). Download möglich:

<http://eande.lbl.gov/BTP/WDG/SUPERLITE/superlite2.html>

ADELINE:

Adeline (Advanced Day- and Electric Lighting Integrated New Environment) ist ein Tages- und Kunstlichtsimulationsprogramm, das im wesentlichen auf die beiden Programme SUPERLITE und RADIANCE aufbaut. Es lassen sich nicht nur die visuellen Eindrücke bestimmter Tages- und Kunstlichtsituationen vorhersagen, sondern auch deren Auswirkung auf den Energieverbrauch eines Gebäudes. Weitere Features: Blendung, visueller Komfort, solare Gewinne, Daylighting Gewinne).

<http://www.empa.ch/deutsch/erg/adeline/adeline.htm>

RELUX 2.3 PROFESSIONAL:

Leuchten- und Kunstlichtprogramm mit der Möglichkeit der Berechnung von Tageslichtquotienten, wahlweise freie Eingabe der Raumgeometrie oder Autocad-Schnittstelle. Eine Berücksichtigung der Verschattungssituation sowie des Außenreflexionsanteils der Verbauung ist nicht vorgesehen. Download einer Demo-Vollfunktion-Version (Probezeit: 30 Tage) möglich.

<http://www.relux.ch>

NESA:

Planungshilfe für Büroarbeitsplätze

Integriertes EDV-Programm zur komfortgerechten, energiesparenden, solar- und tageslichtnutzenden Planung sowie Optimierung von Büroarbeitsplätzen

http://www.beb-koeln.de/software/nesa2/nesa2_main_frame.htm

Beispielhafte Berechnung des Tageslichtquotienten

Der Tageslichtquotienten D (Daylight Factor) wird folgendermaßen bestimmt:

Man misst in einer Nutzebene von 0,85 m über Fußbodenoberkante die horizontale Beleuchtungsstärke im Raum E_p und setzt diese in Beziehung zur zeitgleich zu messenden Horizontalbeleuchtungsstärke im Freien E_a bei gleichmäßig bedecktem Himmel (d.h. ohne direkte Sonneneinstrahlung) und bei unverbaute Himmelshalbkugel sowie schneefreier Umgebung.

$$D = \frac{E_p}{E_a} \cdot 100 \text{ (in \%)}$$

Die durch direktes Sonnenlicht bewirkten Anteile beider Beleuchtungsstärken werden nicht berücksichtigt.

Der Tageslichtquotient ist zwar für jeden Raumpunkt verschieden, aber er ist bei bedecktem Himmel und unveränderten Reflexionsverhältnissen eine jedem dieser Punkte eigene konstante und damit geometriebezogene Größe. Aus der Summe der Tageslichtquotienten aller Punkte in einer Nutzenebene kann der mittlere Tageslichtquotient berechnet werden.

Für Messungen können nur einzelne Punkte ausgewählt werden, dabei wird von folgenden standardisierten Annahmen ausgegangen: gemessen wird in halber Raumtiefe (bzw. bei Raumtiefen > 5 m in 2 m Raumtiefe) und in jeweils 1 m Seitenabstand von beiden Seitenwänden.

In der Regel wird es nicht genügen für einzelne Raumpunkte den Tageslichtquotienten zu bestimmen, erst eine aus mehreren Punkten entwickelte Folge von Tageslichtquotienten – sog. Tageslichtschnitten – kann Aufschluss über die Einflüsse verschiedener Lichtöffnungen auf die Belichtung von Innenräumen geben. Eine Bemessung erfolgt über Tageslichtsimulationsprogramme (siehe Planungstool).

Ein Beispiel der Tageslichtverteilung eines sehr hellen, optimal mit Tageslicht versorgten Raumes zeigen die Abbildung 3.9 und Abbildung 3.10:

Es handelt sich dabei um einen im EG liegenden Aufenthaltsraum einer Maisonette-Wohnung im Mehrfamilienpassivhaus Wolfurt (Arch. Zweier). Dieser Raum ($l=14,0$ m, $b = 5,70$ m) ist in seiner Hauptfassade nach Nordwesten hin orientiert und weist einen Verglasungsanteil der Außenfassaden von 47,25 % auf (Verglasungsart: 3-Scheiben-Isolierverglasung).

Abbildung 3.8: Grundriss

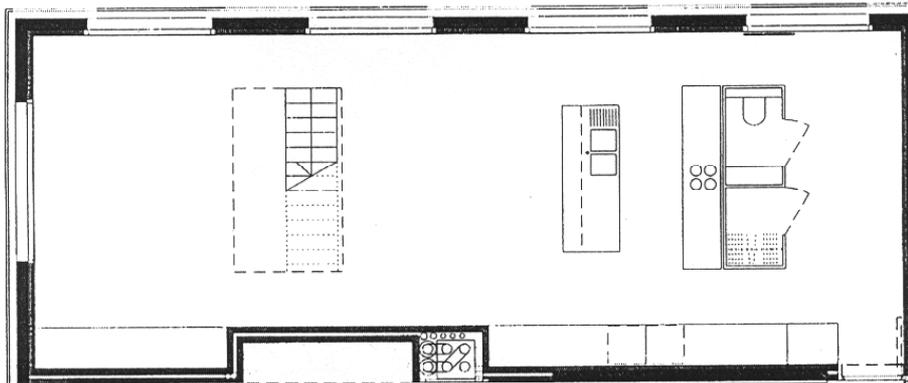


Abbildung 3.9: Verteilung des Tageslichtquotienten (in einer Nutzebene von 0,85 m über Fußbodenoberkante) in Abhängigkeit von der Raumgeometrie

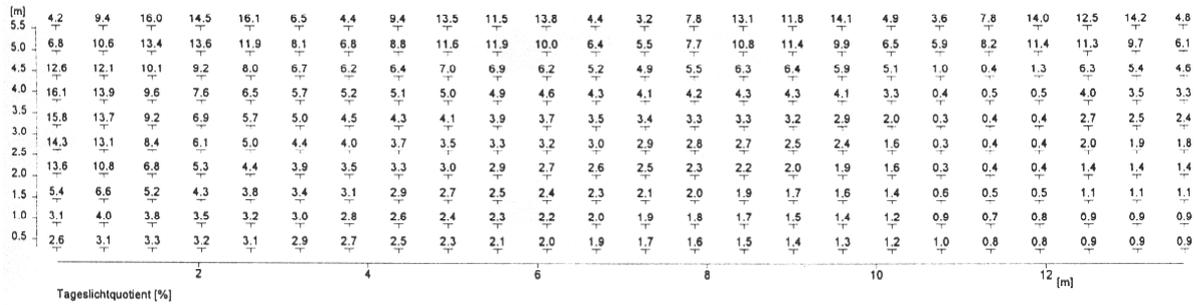
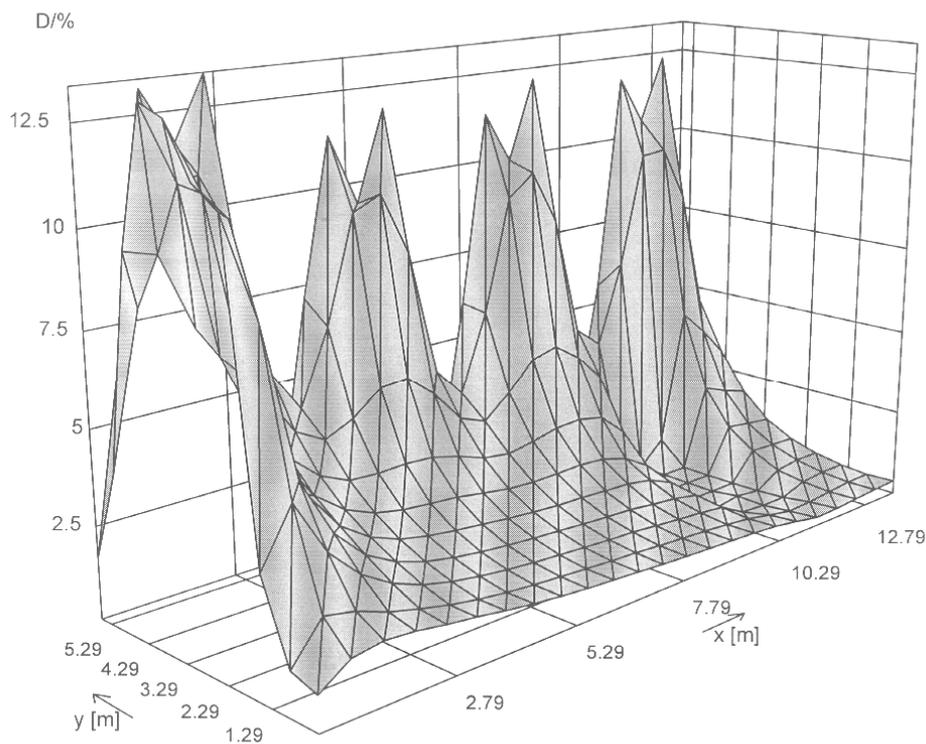


Abbildung 3.10: Tageslichtschnitt erstellt mit Relux





TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Normen

EN DIN 5034 (1997): Tageslicht in Innenräumen

Teil 3: Berechnung

Teil 5: Messung

VDI 6011-Blatt 1 (Entwurf): Tageslichtsysteme

Weiterführende Informationen über Methoden, Komponenten, Anforderungen der Tageslichtnutzung werden in der Richtlinienarbeitsgruppe VDI 6011 erarbeitet. In Blatt 1 werden die wesentlichen Anforderungen für Komponenten zur Tageslichtnutzung abhängig von der baulichen Situation und Nutzung genannt.

Links

[FiTLicht](#) – Fördergemeinschaft innovative Tageslichtnutzung



3.4 SONNE IM DEZEMBER

Einleitung

Als einen der wichtigsten wohnungsbezogenen Parameter für die Kauf/Mietentscheidung eines Wohnobjekts werden neben einem akzeptablen Kosten-Nutzenverhältnis sowie einer optimalen Grundrissgestaltung häufig Helligkeit und Sonneneinstrahlungsdauer im Winter genannt. Licht ist ein wichtiger Zeitgeber des endogen gesteuerten 24-Stunden-Rhythmus des Körpers, es beeinflusst den gesamten Hormonhaushalt sowie zahlreiche Stoffwechselabläufe des Menschen und ist wesentlich für das körperliche und seelische Wohlbefinden verantwortlich.

Die positive psychosomatische Wirkung der winterlichen Besonnung hängt sowohl von der Strahlungsintensität als auch von deren Dauer an sonnigen Tagen ab. Bauobjekte an Standorten mit Inversionswetterlagen im Winter sind hier prinzipiell benachteiligt.

Wesentlich für die Beurteilung der winterlichen Besonnung ist die Beeinträchtigung der direkten Sonneneinstrahlung bei tiefem Sonnenstand zwischen 9 und 15 Uhr. Diese Beeinträchtigung kann durch Nachbargebäude, Bepflanzung, Tallage, etc. gegeben sein. Unter Umständen kann im Vorplanungsstadium geprüft werden, ob durch Anhebung des Fußboden-Niveaus eines geplanten Bauobjekts oder durch eine Verschiebung der Gebäudegrenzen innerhalb der Baufluchtlinien des Grundstücks günstigere Besonnungszahlen im Winter erreicht werden können.

Eine Berechnung der Besonnungstunden ist händisch möglich (Einzeichnung der Hindernisse/ Horizontüberhöhungen in ein Sonnenwegdiagramm) oder EDV-gestützt mittels geeigneter EDV- oder Simulationsprogramme (siehe Toolbox).

Planungsziele

| Ziele | Nachweise |
|--|--|
| Qualifikation „optimal“ nach Tabelle 3.9 (siehe Seite 247) | Einzeichnen der Horizontüberhöhungen in ein Sonnenwegdiagramm oder Berechnung mittels EDV-Programm |

Bewertung im TQ-Tool

Bewertet werden die Sonnenstunden am 21. Dezember in Tops nach folgender Skala (Punkte gemäß Einordnung in der Skala:

| | Punkte (Beste Wertung: 5 Punkte) |
|------------------------------------|----------------------------------|
| Sonnenstunden größer gleich 3 | 5 |
| Sonnenstunden größer gleich 2,25 | 4 |
| Sonnenstunden größer gleich 1,5 | 3 |
| Sonnenstunden größer gleich 1 | 2 |
| Sonnenstunden größer gleich 0,5 | 1 |
| Sonnenstunden kleiner 0,5 | 0 |
| Keine Ermittlung der Sonnenstunden | -2 |

Die Sonnenstunden werden für (Kategorien vergleichbarer) Tops ermittelt und zwar für den jeweils größten Aufenthaltsraum.

Für die Gebäudebewertung wird folgende Skala herangezogen (Punkte gemäß Einordnung auf der Skala):

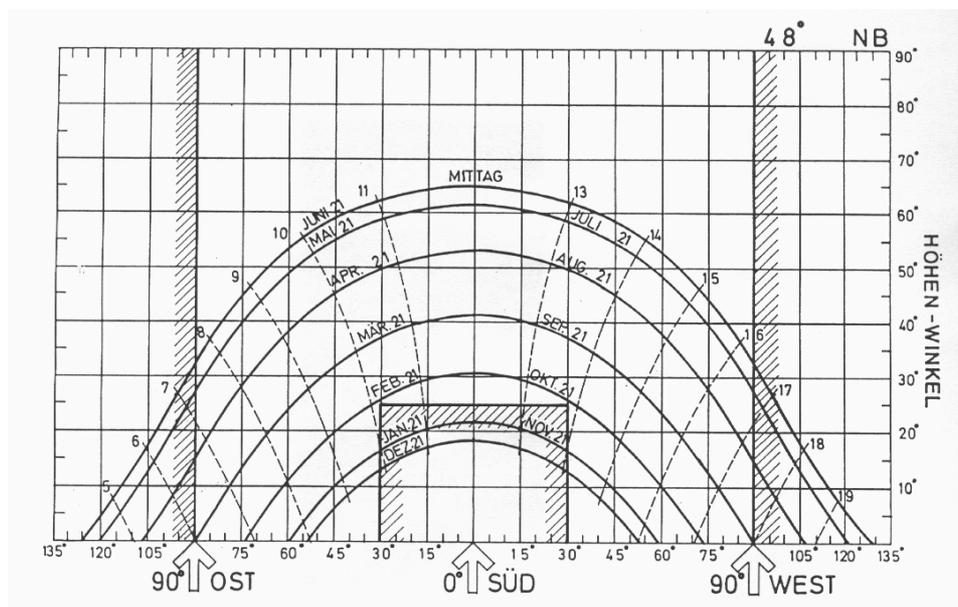
Bewertet wird die winterliche Besonnung des Gebäudes mittels Sonnenstunden am 21. Dezember nach folgender Skala (Punkte gemäß Einordnung auf der Skala):

| Punkte (Beste Wertung: 5 Punkte) | |
|--|----|
| 1,5 \leq Sonnenstunden für 100% der Tops | 5 |
| 1,5 \leq Sonnenstunden für 85 % der Tops | 4 |
| 1,5 \leq Sonnenstunden für 70 % der Tops | 3 |
| 1,5 \leq Sonnenstunden für 55 % der Tops | 2 |
| 1,5 \leq Sonnenstunden für 40 % der Tops | 1 |
| 1,5 \leq Sonnenstunden für 25 % der Tops | 0 |
| 1,5 \leq Sonnenstunden für 10 % der Tops | -1 |
| Keine Ermittlung der Sonnenstunden | -2 |

TOOLBOX

Berechnung der Besonnungsstunden mittels Sonnenwegdiagramm

Abbildung 3.11: Sonnenwegdiagramm für 48° nördliche Breite



Angegeben wird der Höhen- und Azimutwinkel des/der Hindernisse/s. (Höhenwinkel = Winkel zwischen der Horizontalen und der Hinderniskante, Azimut = in der Regel Abweichung von der Nordrichtung, rechtsdrehend, d.h. Osten = 90°, Westen = 270°), in dem der ÖN M 7703 „Passive sonnentechische Anlagen“ entnommenen Sonnenwegdiagramm, in dem die Nordrichtung ausgespart blieb, wurde die Südrichtung mit 0° angenommen.

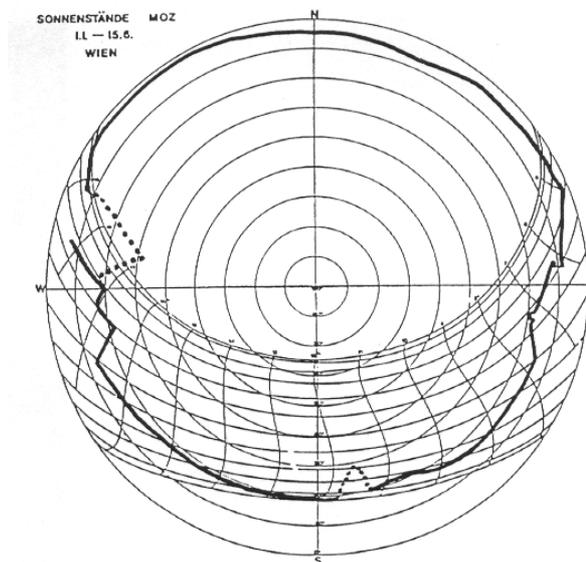
Die Winkelmessung kann mit einem Horizontoskop durch direktes Anvisieren und Ablesen auf einem durchsichtigen Projektionsschirm (Bsp. Heliophon der Fa. Enersys) oder mit Hilfe eines Theodoliten erfolgen. Das Gerät wird am Bauplatz dort einjustiert, wo sich Fenster wichtiger Aufenthaltsräume befinden sollen.

Eine Auswertung der Daten kann grafisch durch Einzeichnen in ein Sonnenwegdiagramm oder mittels geeigneter EDV- bzw. Simulationsprogramme (siehe Planungstool) erfolgen.

Stereografische Projektion:

Der natürliche Horizont kann auch mit Hilfe eines Fischauge-Objektivs fotografisch erfasst und über eine stereografische Projektion des Sonnenwegdiagramms ausgewertet werden.

Abbildung 3.12: Stereografische Projektion (Quelle: Treberspurg, M.; Bauen mit der Sonne; 2. Auflage, Wien, 1999)



Richtwerte für die winterliche Besonnung

Tabelle 3.9: Richtwerte für die winterliche Besonnung (Quelle: Panzhauser, E.; Strukturierung und Bewertung der humanökologischen Bauqualität; Wien, 2000 (z.Z. unveröffentlichtes Manuskript))

| RÄUME | Täglich mögliche Besonnungsdauer in Stunden im Dezember | | |
|---|---|-------|---------|
| | mindest | gut | optimal |
| Schlafräume | ≥ 0,5 | ≥ 1 | ≥ 2 |
| Wohnräume, Schulklassen, Kindergruppenräume | ≥ 0,45 | ≥ 1,5 | ≥ 3 |
| Krankenzimmer | ≥ 1 | ≥ 2 | ≥ 3 |
| Büroräume | ≥ 0,45 | ≥ 1,5 | ≥ 2 |
| Kontakträume (in Schulen, Krankenanstalten, Altenheimen, Klubs,...) | ≥ 1 | ≥ 2 | ≥ 4 |

Programme zur Berechnung der winterlichen Besonnung

Horizon

Mit Hilfe des Programms Horizon kann der freie Horizont automatisch berechnet werden. Die Eingabe erfolgt über digitale Fotoaufnahmen, die lückenlos und millimetergenau zu 360° Panorama-Fotos (mit Hilfe des integrierten Programms Panoramastitcher) zusammengefügt werden können.

Beziehbar: <http://www.energieburo.ch/horizon.htm>

Abbildung 3.13: Ermittlung der Horizontüberhöhung mittels Fotoaufnahmen im Programm Horizon

Beispiel A



Beispiel B

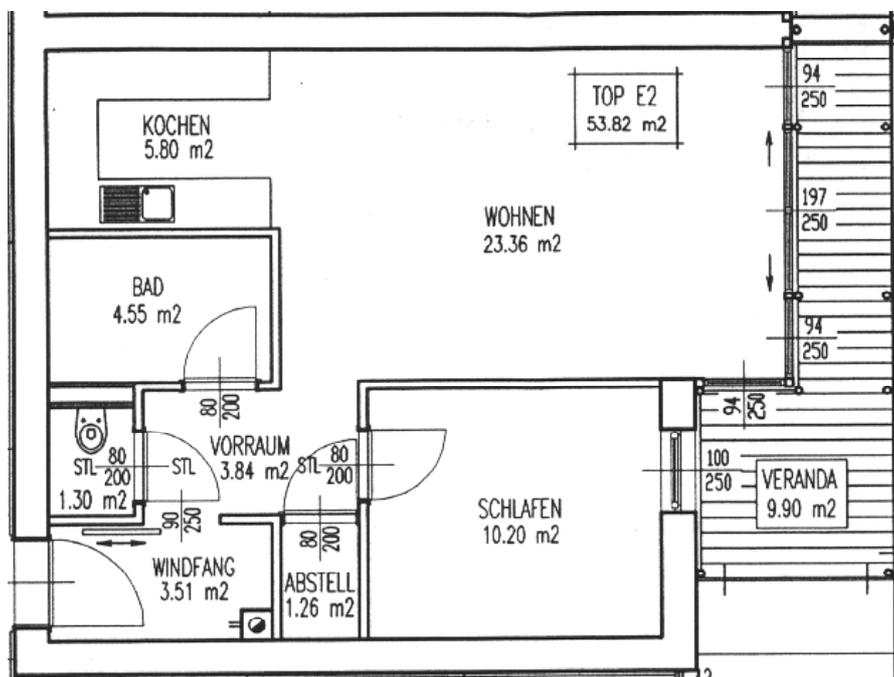


Solrad

Beziehbar: TU Wien, Institut für Hochbau für Architekten, Abteilung bauphysikalische und human-ökologische Grundlagen, Karlsplatz 13, A-1040 Wien; Kontakt: Ass.Prof. Dr. Klaus Krec, kkrec@email.archlab.tuwien.ac.at

Die Auswertung der Sonnenstunden sowie der winterlichen Besonnung für eine bestimmte Fassade kann in Tabellenform, in Form eines Sonnenwegdiagramms oder in stereographischer Projektion erfolgen.

Abbildung 3.14: Passivhaus Hallein (Berechnung mittels Solrad)



Da keine Aufnahmen der allgemeinen örtlichen Horizontüberhöhungen zur Verfügung standen, wurde eine Wohnung mit Innenhoflage ausgewählt (Top E2: Wohnraum, Lage: EG, Orientierung des Wohnraumes SO). Die Höhenwinkel und Azimute der die winterliche Besonnung beeinträchtigenden Nachbarbebauung konnten aus dem Lageplan sowie den Grundrissen der Neubebauung und den Höhenangaben der Schnitte ermittelt werden.

Eine Direkteingabe der durch einen Balkonüberhang gegebenen Verschattungssituation ist in der derzeitigen Version von Solrad nicht möglich. Der Einfluss dieses Überhangs (Horizontüberhöhung im Bereich von $> 50^\circ$ - 90°) kann aber durch nachträgliches Eintragen in die angeführten Sonnenwegdiagramme abgeschätzt werden. Für die winterliche Besonnung (am 21.12.) ergeben sich keine zusätzliche Beeinträchtigungen.

Abbildung 3.15: Sonnengang

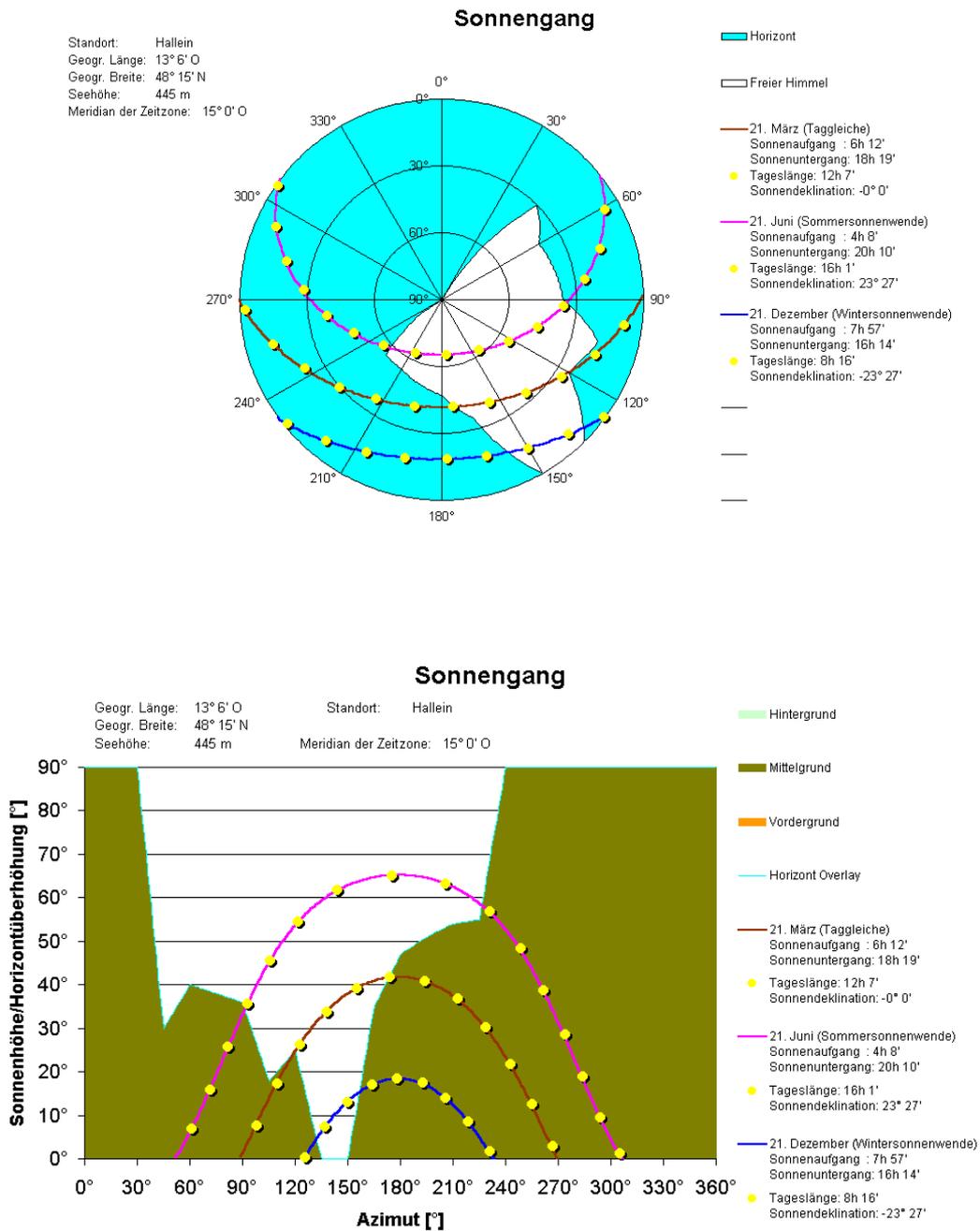


Tabelle 3.10: Sonnengang

| <u>Sonnengang</u> | | | | | | |
|--------------------|-----------------------------|-------------|--------------------|-------------|-----------------------------|-------------|
| Standort: | Hallein | | | | | |
| Geogr. | 13° 6' O | | | | | |
| Geogr. | 48° 15' N | | | | | |
| Seehöhe: | 445 m | | | | | |
| Meridian | 15° 0' O | | | | | |
| Datum: | 21. März | | 21. Juni | | 21. Dezember | |
| | Taggleiche | | Sommersonnenwen | | Wintersonnenwende | |
| Sonnenaufg | 6h 12' | | 4h 8' | | 7h 57' | |
| Sonnenunte | 18h 19' | | 20h 10' | | 16h 14' | |
| Tageslänge: | 12h 7' | | 16h 1' | | 8h 16' | |
| mögliche Sonnenh.: | 3h 7' Balkon kein Einfluss. | | 5h 57' Ohne Balkon | | 1h 53' Balkon kein Einfluss | |
| Sonnendekli | -0° 0' | | 23° 27' | | -23° 27' | |
| Uhr | Azimut | Höhe | Azimut | Höhe | Azimut | Höhe |
| 1 h | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2 h | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 3 h | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 4 h | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 5 h | --- | --- | 61.9° | 6.8° | --- | --- |
| 6 h | --- | --- | 72.3° | 15.9° | --- | --- |
| 7 h | 98.4° | 7.6° | 82.7° | 25.6° | --- | --- |
| 8 h | 110.2° | 17.2° | 93.8° | 35.6° | 126.4° | 0.3° |
| 9 h | 123.2° | 26.1° | 106.5° | 45.4° | 138.0° | 7.3° |
| 10 h | 138.1° | 33.6° | 122.6° | 54.4° | 150.6° | 13.1° |
| 11 h | 155.5° | 39.1° | 145.0° | 61.7° | 164.3° | 16.9° |
| 12 h | 175.0° | 41.7° | 175.0° | 65.1° | 178.7° | 18.3° |
| 13 h | 194.9° | 40.8° | 206.7° | 63.2° | 193.1° | 17.3° |
| 14 h | 213.4° | 36.7° | 231.4° | 56.9° | 206.9° | 13.9° |
| 15 h | 229.6° | 30.1° | 249.1° | 48.2° | 219.8° | 8.5° |
| 16 h | 243.5° | 21.8° | 262.6° | 38.6° | 231.6° | 1.5° |
| 17 h | 255.8° | 12.4° | 274.0° | 28.6° | --- | --- |
| 18 h | 267.2° | 2.8° | 284.5° | 18.8° | --- | --- |
| 19 h | --- | --- | 294.9° | 9.4° | --- | --- |
| 20 h | --- | --- | 305.7° | 1.1° | --- | --- |
| 21 h | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 22 h | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 23 h | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 24 h | --- | --- | --- | --- | --- | --- |



3.5 Schallschutz in den Tops

Einleitung

Die Schallschutzeigenschaften von Hochbauten sind durch Standortgegebenheiten (Straßen-, Schienen- und Flugverkehr) und Bebauungsvarianten (Stellung von Gebäuden zu Hauptverkehrsstrassen, Kinderspielplätzen etc.) und andererseits durch konstruktive Elemente des Baukörpers (Ausbildung der Fassaden und Fenster, Wandanschlüsse, Auflager, Fugen) bzw. der Haustechnik (Aufzugsanlagen, Anbringen von Armaturen und Rohrleitungen etc.) bestimmt.

Ziel aller Schutzmassnahmen ist es, die Lärmimmission (Lärm = störender Schall) im Schutzbereich zu minimieren. Die Möglichkeiten der Einflussnahme beziehen sich dabei einerseits auf die Schallquellen (Reduktion der Schallemissionen) selbst und andererseits auf die Schallausbreitung.

Planungsziele

Die entscheidenden Ziele im Bereich Schallschutz sind, den in der Norm für die Baulandkategorie 2 angegebenen Richtwert für den **Grundgeräuschpegel** in Wohnräumen bei Tag (≤ 25 dB(A)) auch an ungünstigeren Standorten sicherzustellen und den **Beurteilungspegel** um nicht mehr als maximal 5 dB über dem Grundgeräuschpegel zu halten.

Eine Messung dieser Grenzwerte erfolgt nach Baufertigstellung.

Für die Beurteilung des Schallschutzes in der Planungsphase werden folgende Kennwerte herangezogen:

A) das bewertete Schalldämmmass R_w der Außenwände und der Fenster bzw. Verglasungen, d.h. sowohl der transparenten als auch nicht transparenten Außenbauteile zur Beurteilung der Minimierung des Außenlärms

B) zur Bewertung der Minimierung der Schallübertragung innerhalb des Gebäudes wird das bewertete Schalldämmmaß R_w von Wohnungstrennwänden und das bewertete Schalldämmmaß R_w und der bewertete Normtrittschallpegel $L_{n,T,w}$ von Geschoßdecken herangezogen.

Darüber hinaus sollte der durch den Betrieb haustechnischer Anlagen (bzw. eines Garagentores) übertragene Schall in die Bewertung einfließen, derzeit werden hier nur Empfehlungen ausgesprochen (siehe unterstützende Zielsetzungen).

| Ziele | Nachweise |
|--|---|
| <i>A-bewerteter Basispegel in Wohnräumen bei Tag ≤ 25 dB(A) + A-bewerteter äquivalenter Dauerschallpegel bzw. Beurteilungspegel um maximal 5 dB über dem A-bewerteten Basispegel</i> | <i>Messung des A-bewerteten Basispegels und des A-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegels bzw. des Beurteilungspegels</i> |



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

| unterstützende Zielsetzungen | Nachweise |
|--|---|
| <p>Schallschutzqualität von Außen- und Innenbauteilen: Siehe nachfolgende Detailtabellen</p> <p>Empfehlungen: Erhöhte Schallschutzqualität der technischen Gebäudeausrüstung, insbesondere mechanischer Lüftungen im Wohn- und Schlafbereich (Anforderungen entsprechen Kriterien des Passivhaus-Institutes Darmstadt):</p> <p>Anforderungen an das Lüftungsgerät: Schalldruckpegel im Standardbetrieb: $< 35 \text{ dB(A)}$, unterstellte Raumabsorptionsflächen von 4 m^2</p> <p>Anforderungen an die Kanalführung: Wohnräume: Schalldruckpegel $< 25 \text{ dB(A)}$ Funktionsräume: Schalldruckpegel $< 30 \text{ dB(A)}$</p> <p>Höchstzulässiger Schallpegel bei von benachbarten, d.h. nicht zur eigenen Wohnung zählenden Räumen übertragenen Geräuschen (gem. ÖN B 8115-2):</p> <p>Bei gleichbleibenden oder intermittierenden Geräuschen (z.B. Heizanlage, Pumpe) $L_{AFmax,nT} < 25 \text{ dB}$</p> <p>Bei kurzzeitigen, schwankenden Geräuschen (Aufzug, WC-Spülung) $L_{AFmax,nT} < 30 \text{ dB}$</p> | <p>Baubeschreibung / Bauphysik - Nachweis</p> |

3.5.1 Außenbauteile

Für die Bestimmung des Schallschutzes wird der erforderliche Luftschallschutz von Außenbauteilen in Beziehung gesetzt zum herrschenden Außenschallpegel.

Liegen keine Messungen für den Außenschallpegel vor, so können die maximalen Immissionsgrenzwerte für bestimmte Baulandkategorien als Richtwerte herangezogen werden. Ist davon auszugehen, dass diese Schallimmissionsgrenzwerte durch besondere Belastungen (Strassen-, Schienen-, Flugverkehr, Betriebe, etc.) deutlich überschritten werden, sind laut ÖN B 8115-2 die geforderten Richtwerte für Aufenthaltsräume durch andere Maßnahmen zu gewährleisten, beispielsweise durch erhöhte Schallschutzanforderungen an die Außenbauteile oder durch ausreichende Abschirmung bzw. durch eine Baugeometrie, welche die zu schützenden Aufenthaltsräume von der Schallquelle abwendet.

Tabelle 3.11: Baulandkategorien und die zugeordneten A-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegel

| Bauland-kategorie | Gebiet und Standplätze | A-bewerteter Äquivalenter Dauerschallpegel $L_{A,eq}$ | |
|-------------------|---|--|-----------|
| | | Bei Tag | Bei Nacht |
| 1 | Ruhegebiet, Kurgebiet, Krankenhaus | 45 | 35 |
| 2 | Wohngebiet in Vororten, Wochenendhausgebiet, ländliches Wohngebiet, Schulen | 50 | 40 |
| 3 | Städtisches Wohngebiet, Gebiet für Bauten land- und forstwirtschaftlicher Betriebe mit Wohnungen | 55 | 45 |
| 4 | Kerngebiet (Büros, Geschäfte, Handel und Verwaltung ohne Schallemissionen sowie Wohnungen), Gebiet für Betriebe ohne Schallemission | 60 | 50 |
| 5 | Gebiet für Betriebe mit geringer Schallemission (Verteilung, Erzeugung, Dienstleistung, Verwaltung) | 65 | 55 |

Quelle: ÖN B 8115-2

Zur Bewertung der Qualität des Schallschutzes wird das bewertete Schalldämmmaß R_w herangezogen, in Abhängigkeit vom A-bewerteten äquivalenten Dauerschallpegel (repräsentiert durch die jeweilige Baulandkategorie). R_w ist eine Einzahlangabe für das Schalldämm-Maß und wird nach ÖN EN ISO 717-1 aus den Werten von R in Abhängigkeit von der Frequenz ermittelt.

3.5.1.1 NICHT TRANSPARENTE AUßENBAUTEILE

Bewertung im TQ-Tool

Bewertet wird das bewertete Schalldämmmaß R_w in Abhängigkeit vom Außenschallpegel $L_{A,eq}$ (in dB)¹³ nach folgender Skala (Einordnung gemäß Punkte auf der Skala):

¹³ Der Außenschallpegel ist gem. ÖN B 8115-2 zu ermitteln. Falls eine Messung nicht vorgesehen ist können Richtwerte den Baulandkategorien entnommen werden.

Baulandkategorie 1; $L_{A,eq} \leq 45$ dB bei Tag (35 dB bei Nacht)

| | |
|-----------------------|--------|
| $R_w < 42$ dB | 0 Pkt. |
| $42 \leq R_w < 44$ dB | 2 Pkt. |
| $44 \leq R_w < 45$ dB | 3 Pkt. |
| $45 \leq R_w < 47$ dB | 4 Pkt. |
| $R_w \geq 47$ dB | 5 Pkt. |

Baulandkategorie 2; $45\text{dB} < L_{A,eq} \leq 50$ dB bei Tag (bei Nacht: $35 \text{ dB} < L_{A,eq} \leq 40$ dB)

| | |
|-----------------------|---------|
| $R_w < 42$ dB | -1 Pkt. |
| $42 \leq R_w < 43$ dB | 0 Pkt. |
| $43 \leq R_w < 44$ dB | 1 Pkt. |
| $44 \leq R_w < 45$ dB | 2 Pkt. |
| $45 \leq R_w < 46$ dB | 3 Pkt. |
| $46 \leq R_w < 47$ dB | 4 Pkt. |
| $R_w \geq 47$ dB | 5 Pkt. |

Baulandkategorie 3; $50 \text{ dB} < L_{A,eq} \leq 55$ dB bei Tag (bei Nacht: $40 \text{ dB} < L_{A,eq} \leq 45$ dB)

| | |
|-----------------------|---------|
| $R_w < 44$ dB | -1 Pkt. |
| $44 \leq R_w < 45$ dB | 0 Pkt. |
| $45 \leq R_w < 46$ dB | 1 Pkt. |
| $46 \leq R_w < 47$ dB | 2 Pkt. |
| $47 \leq R_w < 48$ dB | 3 Pkt. |
| $48 \leq R_w < 49$ dB | 4 Pkt. |
| $R_w \geq 49$ dB | 5 Pkt. |

Baulandkategorie 4; $55\text{dB} < L_{A,eq} \leq 60$ dB bei Tag (bei Nacht: $45 \text{ dB} < L_{A,eq} \leq 50$ dB)

| | |
|-----------------------|---------|
| $R_w < 46$ dB | -1 Pkt. |
| $46 \leq R_w < 47$ dB | 0 Pkt. |
| $47 \leq R_w < 48$ dB | 1 Pkt. |
| $48 \leq R_w < 49$ dB | 2 Pkt. |
| $49 \leq R_w < 50$ dB | 3 Pkt. |
| $50 \leq R_w < 52$ dB | 4 Pkt. |

| | |
|--------------------------|--------|
| $R_w \geq 52 \text{ dB}$ | 5 Pkt. |
|--------------------------|--------|

Baulandkategorie 5; $L_{A,eq} > 60 \text{ dB}$ bei Tag (bei Nacht: $L_{A,eq} > 50 \text{ dB}$)

| | |
|-------------------------------|---------|
| $R_w < 47 \text{ dB}$ | -1 Pkt. |
| $47 \leq R_w < 48 \text{ dB}$ | 0 Pkt. |
| $48 \leq R_w < 49 \text{ dB}$ | 1 Pkt. |
| $49 \leq R_w < 50 \text{ dB}$ | 2 Pkt. |
| $50 \leq R_w < 52 \text{ dB}$ | 3 Pkt. |
| $52 \leq R_w < 54 \text{ dB}$ | 4 Pkt. |
| $R_w \geq 54 \text{ dB}$ | 5 Pkt. |

3.5.1.2 TRANSPARENTE AUßENBAUTEILE

Bewertung im TQ-Tool

Bewertet wird das bewertete Schalldämmmaß R_w in Abhängigkeit vom Außenschallpegel $L_{A,eq}$ (in dB)¹⁴ nach folgender Skala (Einordnung gemäß Punkte auf der Skala):

Baulandkategorie 1; $L_{A,eq} \leq 45 \text{ dB}$ bei Tag (35 dB bei Nacht)

Wien:

| | |
|--------------------------|---------|
| $R_w < 38 \text{ dB}$ | -1 Pkt. |
| $R_w \geq 38 \text{ dB}$ | 5 Pkt. |

Sonstige Bundesländer

| | |
|-------------------------------|---------|
| $R_w < 32 \text{ dB}$ | -1 Pkt. |
| $32 \leq R_w < 33 \text{ dB}$ | 0 Pkt. |
| $33 \leq R_w < 34 \text{ dB}$ | 1 Pkt. |
| $34 \leq R_w < 36 \text{ dB}$ | 3 Pkt. |
| $R_w \geq 36 \text{ dB}$ | 5 Pkt. |

¹⁴ Der Außenschallpegel ist gem. ÖN B 8115-2 zu ermitteln. Falls eine Messung nicht vorgesehen, ist können Richtwerte den Baulandkategorien entnommen werden.



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Baulandkategorie 2; $45\text{dB} < L_{A,eq} \leq 50\text{ dB}$ bei Tag (bei Nacht: $35\text{ dB} < L_{A,eq} \leq 40\text{ dB}$)

Wien

| | |
|-------------------------|---------|
| $R_w < 38\text{ dB}$ | -1 Pkt. |
| $R_w \geq 38\text{ dB}$ | 5 Pkt. |

Sonstige Bundesländer

| | |
|------------------------------|---------|
| $R_w < 32\text{ dB}$ | -1 Pkt. |
| $32 \leq R_w < 33\text{ dB}$ | 0 Pkt. |
| $33 \leq R_w < 34\text{ dB}$ | 1 Pkt. |
| $34 \leq R_w < 35\text{ dB}$ | 2 Pkt. |
| $35 \leq R_w < 36\text{ dB}$ | 3 Pkt. |
| $36 \leq R_w < 38\text{ dB}$ | 4 Pkt. |
| $R_w \geq 38\text{ dB}$ | 5 Pkt. |

Baulandkategorie 3; $50 < L_{A,eq} \leq 55\text{ dB}$ bei Tag ($40 < L_{A,eq} \leq 45\text{ dB}$ bei Nacht)

| | |
|------------------------------|---------|
| $R_w < 38\text{ dB}$ | -1 Pkt. |
| $38 \leq R_w < 39\text{ dB}$ | 2 Pkt. |
| $39 \leq R_w < 40\text{ dB}$ | 3 Pkt. |
| $40 \leq R_w < 41\text{ dB}$ | 4 Pkt. |
| $R_w \geq 41\text{ dB}$ | 5 Pkt. |

Baulandkategorie 4; $55\text{dB} < L_{A,eq} \leq 60\text{ dB}$ bei Tag (bei Nacht: $45\text{ dB} < L_{A,eq} \leq 50\text{ dB}$)

| | |
|------------------------------|---------|
| $R_w < 38\text{ dB}$ | -1 Pkt. |
| $38 \leq R_w < 39\text{ dB}$ | 1 Pkt. |
| $39 \leq R_w < 40\text{ dB}$ | 2 Pkt. |
| $40 \leq R_w < 41\text{ dB}$ | 3 Pkt. |
| $41 \leq R_w < 42\text{ dB}$ | 4 Pkt. |
| $R_w \geq 42\text{ dB}$ | 5 Pkt. |

Baulandkategorie 5; $L_{A,eq} > 60$ dB bei Tag (bei Nacht: $L_{A,eq} > 50$ dB)

| | |
|-----------------------|---------|
| $R_w < 38$ dB | -1 Pkt. |
| $38 \leq R_w < 39$ dB | 0 Pkt. |
| $39 \leq R_w < 40$ dB | 1 Pkt. |
| $40 \leq R_w < 41$ dB | 2 Pkt. |
| $41 \leq R_w < 42$ dB | 3 Pkt. |
| $42 \leq R_w < 43$ dB | 4 Pkt. |
| $R_w \geq 43$ dB | 5 Pkt. |

3.5.2 Trennwände (zwischen Wohneinheiten)

Bewertung im TQ-Tool

Bewertet wird das bewertete Schalldämmmaß R_w nach folgender Skala (Einordnung gemäß Punkte auf der Skala):

| | |
|-----------------------|---------|
| $R_w < 58$ dB | -1 Pkt. |
| $58 \leq R_w < 60$ dB | 0 Pkt. |
| $60 \leq R_w < 62$ dB | 1 Pkt. |
| $62 \leq R_w < 64$ dB | 2 Pkt. |
| $64 \leq R_w < 66$ dB | 3 Pkt. |
| $66 \leq R_w < 68$ dB | 4 Pkt. |
| $R_w \geq 68$ dB | 5 Pkt. |

3.5.3 Decken (zwischen Wohneinheiten)

Die Schallschutzqualität von Decken zwischen Wohneinheiten wird mittels bewertetem Normtrittschallpegel und bewertetem Schalldämmmaß ermittelt.

Unter dem bewerteten Normtrittschallpegel $L_{n,T,w}$ versteht man eine Einzahlangabe für den Standard-Trittschallpegel, der nach ÖN EN ISO 717-2 aus den Werten von $L_{n,T}$ in Abhängigkeit von der Frequenz (in Terzbändern oder in Oktavbändern) ermittelt wird.

Zur Ermittlung wird die Bezugskurve gegenüber der Messkurve des Normtrittschallpegels in Ordinateenrichtung um ganze dB so weit verschoben, dass die mittlere Überschreitung der Bezugskurve durch die Messkurve so groß wie möglich wird, jedoch nicht mehr als 2 dB beträgt. Die mittlere Überschreitung wird bestimmt, indem man die einzelnen Überschreitungen der verschobenen Bezugskurve bei den jeweiligen Messfrequenzen summiert. Die Summe aller Überschreitungen wird

durch die Gesamtzahl der Messfrequenzen geteilt. Unterschreitungen der Bezugskurve werden nicht berücksichtigt. Der bewertete Normtrittschallpegel ist der Wert der verschobenen Bezugskurve bei 500 Hz.

Das bewertete Schalldämmmaß R_w ist eine Einzahlangabe für das Schalldämm-Maß, die nach ÖN EN ISO 717-1 aus den Werten von R in Abhängigkeit von der Frequenz ermittelt wird.

Bewertung im TQ-Tool

Bewertet wird das bewertete Schalldämmmaß R_w nach folgender Skala (Einordnung gemäß Punkte auf der Skala):

| | |
|-----------------------|---------|
| $R_w < 58$ dB | -1 Pkt. |
| $58 \leq R_w < 60$ dB | 0 Pkt. |
| $60 \leq R_w < 62$ dB | 1 Pkt. |
| $62 \leq R_w < 64$ dB | 2 Pkt. |
| $64 \leq R_w < 66$ dB | 3 Pkt. |
| $66 \leq R_w < 68$ dB | 4 Pkt. |
| $R_w \geq 68$ dB | 5 Pkt. |

Bewertung im TQ-Tool

Bewertet wird der bewertete Normtrittschallpegel $L_{n,T,w}$ nach folgender Skala (Einordnung gemäß Punkte auf der Skala):

| | |
|-----------------------------|---------|
| $L_{n,T,w} > 48$ dB | -1 Pkt. |
| $45 < L_{n,T,w} \leq 48$ dB | 0 Pkt. |
| $42 < L_{n,T,w} \leq 45$ dB | 1 Pkt. |
| $39 < L_{n,T,w} \leq 42$ dB | 2 Pkt. |
| $36 < L_{n,T,w} \leq 39$ dB | 3 Pkt. |
| $33 < L_{n,T,w} \leq 36$ dB | 4 Pkt. |
| $L_{n,T,w} \leq 33$ dB | 5 Pkt. |

3.5.4 A-bewerteter Basispegel $L_{A,95}$

Der A-bewertete Basispegel $L_{A,95}$ ist definiert als der in 95 % der Messzeit überschrittene A-bewertete, mit der Anzeigendynamik „schnell“ ermittelte Schalldruckpegel der Schallpegelhäufigkeitsverteilung eines beliebigen Geräusches.

Der **A-bewertete Basispegel in einem Raum** bei geschlossenen Fenstern wird einerseits durch den Lärm am Standort (Baulandkategorie) und andererseits durch die Raumnutzung beeinflusst. Der A-bewertete Basispegel kann durch Messungen ermittelt werden.



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Bewertung im TQ-Tool

Bewertet wird der A-bewertete Basispegel bei Tag nach folgender Skala (Punkte gemäß Einordnung auf der Skala):

| | Punkte (Beste Wertung: 5 Punkte) |
|---|----------------------------------|
| A-bewertete Basispegel $L_{A,95} \leq 25$ dB(A) | 5 |
| A-bewertete Basispegel $L_{A,95} > 25$ dB(A) < $L_{A,95} \leq 30$ dB(A) | 3 |
| A-bewertete Basispegel $L_{A,95} > 30$ dB < $L_{A,95} \leq 35$ dB(A) | 0 |
| A-bewertete Basispegel $L_{A,95} > 35$ dB | -2 |

Der Nachweis erfolgt durch Messung des A-bewerteten Basispegels $L_{A,95}$. **Dieses Bewertungskriterium kommt daher nur nach Fertigstellung des Gebäudes zur Anwendung.**

3.5.5 A-bewerteter energieäquivalenter Dauerschallpegel $L_{A,eq}$ und Beurteilungspegel L_r

Der A-bewertete energieäquivalente Dauerschallpegel $L_{A,eq}$ ist jener A-bewertete Schallpegel, der bei dauernder Einwirkung dem **ununterbrochenen** Lärm oder dem Lärm mit schwankendem Schallpegel energiegleich ist.

Der Beurteilungspegel L_r ist die wesentliche Grundlage für die Beurteilung einer Schallimmissionssituation, er ermöglicht die quantitative Bewertung von Schallereignissen mit Impulscharakter und / oder geordneten Tonfolgen, die zusätzlich zum gleichmäßigen, ununterbrochenen Lärm (äquivalenter Dauerschallpegel) auftreten.

$$L_r = L_{A,eq} + 10 \cdot \lg(T / T_{bez}) + L_z$$

T Andauer des zu beurteilenden Geräusches

T_{bez} Bezugszeit

L_z Korrekturzuschlag

Bestehen die Schallereignisse aus einzelnen Anteilen mit unterschiedlicher Geräuschcharakteristik, so wird der jeweilige Anteil des Beurteilungspegels L_{ri} mit gleicher Bezugszeit ermittelt. Der Beurteilungspegel ergibt sich aus der energetischen Summation (d.h. es wird zum energieäquivalenten Dauerschallpegel ein „Lästigkeitszuschlag“ L_z addiert).

Treten im Rahmen der zu beurteilenden Schallereignisse keine Anteile mit spezieller Geräuschcharakteristik auf („gleichmäßiger Lärm“) wird der A-bewertete energieäquivalente Dauerschallpegel für die Beurteilung herangezogen, treten charakteristische Schallereignisse (wie z.B. ein deutlich hörbarer „Pfeifton“ bei einer schlecht eingestellten Lüftungsanlage) auf, wird der Beurteilungspegel für die Bewertung herangezogen.



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Bewertung im TQ-Tool

Bewertet wird der energieäquivalente Dauerschallpegel bzw. der Beurteilungspegel bei Tag nach folgender Skala (Punkte gemäß Einordnung auf der Skala):

| | Punkte (Beste Wertung: 5 Punkte) |
|--|----------------------------------|
| A-bewerteter energieäquivalenter Dauerschallpegel bzw. Beurteilungspegel um ≤ 5 dB über dem Basispegel | 5 |
| A-bewerteter energieäquivalenter Dauerschallpegel bzw. Beurteilungspegel um <u>5 bis 10 dB</u> über dem Basispegel | 0 |
| A-bewerteter Energieäquivalenter Dauerschallpegel bzw. Beurteilungspegel um > 10 dB über dem Basispegel | -2 |

Der Nachweis erfolgt durch Messung des A-bewerteten Basis- und des A-bewerteten energieäquivalenten Dauerschallpegels bzw. des Beurteilungspegels. **Dieses Bewertungskriterium kommt daher nur nach Fertigstellung des Gebäudes zur Anwendung.**

Im Falle von Reihenhäusern oder mehrgeschossigen Wohnhäusern kann die Messung auf typische Wohnungen beschränkt werden.

TOOLBOX

Richtwerte für den Schallschutz

Der A-bewertete Basispegel $L_{A,95}$ ist definiert als der in 95 % der Messzeit **überschrittene** A-bewertete, mit der Anzeigendynamik „schnell“ ermittelte Schalldruckpegel der Schallpegelhäufigkeitsverteilung eines beliebigen Geräusches.

Erklärung A- Bewertung:

Die Lautstärke L_s (phon) berücksichtigt prinzipiell den subjektiven Schalleindruck des Ohres. Der Lautstärkeindruck, den ein Schallvorgang beim Menschen hervorruft, wird zwar in erster Linie durch den am Trommelfell herrschenden Schalldruckpegel bestimmt, aber auch der Frequenzbereich und der Zeitverlauf des einwirkenden Schalls sind weitere wichtige Einflussfaktoren.

Geräusche tiefer Frequenz (etwa 100 Hz) werden beispielsweise bei gleichem Schalldruckpegel leiser als Geräusche mittlerer Frequenz (etwa 1000 Hz) empfunden, wobei dieser Unterschied bei großen Schalldruckpegeln geringer ist als bei kleineren. Eine Annäherung an diesen komplizierten Zusammenhang stellen die international vereinheitlichten Frequenzbewertungskurven A, B und C dar. Die Bewertungskurve A gilt für niedrige Schalldruckpegel (etwa 40 dB), die Bewertungskurve B für mittlere (etwa 70 dB) und die Bewertungskurve C für hohe (etwa 100 dB). Je nach benutzter Bewertung werden die so gebildeten Schalldruckpegel als L_A in dB(A), L_B in dB(B) oder L_C in dB(C) bezeichnet. Unabhängig von der Absicht, eine möglichst genaue Annäherung an den Lautstärkeindruck zu erzielen, wird zur Festlegung von Lärmgrenzwerten nur die Bewertungskurve A herangezogen.



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Die dB(A) Bewertung entspricht in etwa der „alten“ 40 Phon-Kurve; dB(A) Werte werden nur zur Messung herangezogen, nicht für Dämmwerte.

Der A-bewertete Basispegel $L_{A,95}$ wird durch den Lärm am Standort (Baulandkategorie) und die Raumnutzung beeinflusst. Bei Räumen mit spezieller Nutzung wie z.B. Großraumbüros ist der Basispegel praktisch von der Baulandkategorie unabhängig. Der Basispegel kann durch (am besten frequenzabhängige) Messungen ermittelt werden. Laut ÖNORM B8115-2, Tabelle 2 gelten für **Wohnräume** in Abhängigkeit von der Standortlärmbelastung folgende Richtwerte:

Tabelle 3.122: Richtwerte für den Basispegel $L_{A,95}$ für Aufenthaltsräume (zB: Büro- und Wohnräume):

| Baulandkategorie | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Richtwerte $L_{A,95}$ bei Tag | 20 dB(A) | 25 dB(A) | 30 dB(A) | 30 dB(A) | 30 dB(A) |

Anmerkung: Bei Nacht sind diese Werte um 10 dB zu vermindern, sie dürfen jedoch nicht unter 15 dB liegen.

Definition der Baulandkategorien nach ÖNORM B 8115-2 Tabelle 1:

Baulandkategorie 1: Ruhegebiet, Kurgebiet, Krankenhaus

Baulandkategorie 2: Wohngebiet in Vororten, Wochenendhausgebiet, Ländliches Wohngebiet, Schulen

Baulandkategorie 3: Städtisches Wohngebiet, Gebiet für Bauten land- und forstwirtschaftlicher Betriebe mit Wohnungen

Baulandkategorie 4: Kerngebiet (Büros, Geschäfte, Handel, Verwaltung ohne Lärmemission, Wohnungen), Gebiet für Betriebe ohne Lärmemission

Baulandkategorie 5: Gebiet für Betriebe mit geringer Lärmemission (Verteilung, Erzeugung, Dienstleistung, Verwaltung)

Übersteigen Geräusche den im Raum herrschenden Basispegel, so stören sie. Die zulässige Grenze der Störung ist bei einer Erhebung des Beurteilungspegels (ÖAL-Richtlinie 3, Blatt 1) um 10 dB über den Basispegel erreicht. Komfortbedingungen sind durch eine Erhebung des A-bewerteten energieäquivalenten Dauerschallpegels bzw. des Beurteilungspegels von ≤ 5 dB gekennzeichnet.

Parameter der Schallschutzqualität

Die **Schallschutzqualität** umfasst folgende Teilaspekte:

- Standortqualität
- Grundrissqualität
- Schallschutzqualität von Außen- und Innenbauteilen
- Schallschutzqualität der technischen Gebäudeausrüstung
- Ausführungsqualität



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Standortqualität

Feststellung der Lärmbelastung

Die Lärmbelastung wird durch Messung des äquivalenten Dauerschallpegels $L_{A,eq}$ gemäß ÖNORM S 5004 bestimmt.

Anstelle der Messungen können auch aktuelle Messergebnisse (Lärmkataster, Lärmkarten) herangezogen werden. (Informationen über verfügbare Unterlagen: Österreichischer Arbeitsring für Lärmbekämpfung ÖAL www.kfs.oeaw.ac.at/OeAL/)

Ist eine Messung situationsbedingt (Baustelle, Verkehrsumleitung etc.) nicht aussagekräftig und liegen Karten nicht vor, ist gemäß ÖNORM B 8115-2 Abschnitt 3.1 „Anforderungen an den Standplatz“ vorzugehen.

Maßnahmen zur Verbesserung der Standortqualität

Abschirmung der Hauptverkehrsstraßen durch Gewerbebetriebe, Büros, Geschäftsläden

Alle anderen Straßen möglichst ohne Durchzugsverkehr (verkehrsberuhigte Zonen)

Schulen, Kindergärten, Spielplätze, Schwimmbad durch Umbauung abschirmen

dichte, undurchsichtige Mischpflanzungen

Grundrissqualität

Bei der Festlegung der Gebäude- und Wohnungsgrundrisse sind folgende Kriterien zu beachten:

- Randbebauung entlang Hauptverkehrsstraßen, keine Zeilenbebauung
- Abschirmung der Wohnbebauung durch zwei- oder mehrgeschossige Vorbauten (mit gemischter Nutzung: Büros, Läden) bei Hauptverkehrsadern
- Geschlossene, weiträumige hof- oder mäanderförmige Bebauungsformen
- Kindereinrichtungen in ausreichendem Abstand und entsprechend abgeschirmt von der Wohnbebauung
- Wohn- und Schlafräume nicht angrenzend an Gänge und Stiegenhäuser
- Beiderseits von Wohnungstrennwänden oder Decken Räume gleicher Nutzung anordnen



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Schallschutzqualität von Außen- und Innenbauteilen

Die Schallschutzeigenschaften von Außenbauteilen werden durch Schalldämmmaße R(dB), von Innenbauteilen durch Schalldämmmaße, Normtrittschallpegel L (dB) und Schallpegeldifferenzen D (dB) angegeben.

Informationen über die Schallschutzeigenschaften der in der Praxis verwendeten Bauteile liegen in erheblichem Umfang vor (Firmenangaben, Angaben von Verbänden, Fachliteratur etc.). Zur Erreichung des Zielwertes $L_{A,Gg} \leq 25$ dB(A) unabhängig von der Baulandkategorie wird in der Regel ein gegenüber den Mindestschallschutz-Forderungen (ÖNORM B-8115-2) entsprechend erhöhter Schallschutz erforderlich sein.

Schallschutzqualität der technischen Gebäudeausrüstung

Besonders in vielgeschossigen Wohngebäuden und Wohnhochhäusern kann der von Elementen der technischen Gebäudeausrüstung herrührende Lärm eine wesentliche Ursache von Lärmstörungen sein. Mögliche Quellen sind: Aufzugsanlagen, mechanische Lüftungen, Klimageräte, Wasserver- und Entsorgungsanlagen, Garagentore, zentrale Staubsaugeranlagen, etc.

Für aus benachbarten, d.h. nicht zur eigenen Wohnung zählenden Räumen übertragenen Schall gelten die Anforderungen der ÖNORM B 8115-2 (1998).

Folgende Grundregeln sollten beachtet werden¹⁵:

Aufzugsanlagen

Lärmstörungen werden hervorgerufen durch Geräuschübertragung aus dem Maschinenraum in umliegende Räume, Übertragung der Fahrgeräusche aus dem Aufzugsschacht sowie durch Türgeräusche.

Der Aufzugsmaschinenraum muss körperschallisoliert sein d.h. die Aufzugsmaschine auf geeigneten Schwingungsisolatoren zwischen Maschinenfundament und Decke aufgestellt sein (z.B. Metallfederisolierungen, am besten in Verbindung mit Gummirippenplatten). Auch die Schaltschränke sind körperschallschutzgedämmt auszuführen (z.B. Gummifedern). Auch die relativ dicken Elektroinstallationen dürfen keine Schallbrücken bilden.

Grenzt der Fahrschacht an Aufenthaltsräume, dürfen deren Wände nicht gleichzeitig Schachtwände sein. Der Schacht ist mit durchgehender Fuge getrennt auszuführen, die Wände der Aufenthaltsräume sollen eine flächenbezogene Masse von 330 kg/m² besitzen.

Heizungsanlage

Anfordernisse laut ÖN H 5190

¹⁵ Dreyer, J., Bauphysik I: Bautechnischer Schallschutz (Vorlesungsskriptum, hg. Institut für Baustofflehre, Bauphysik und Brandschutz, Technische Universität Wien, Wien, 2000)



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Mechanische Lüftungsanlagen

Bei der mechanischen Lüftung sind die Reduktion des vom Lüftungsgerät ausgehenden Luft und Körperschalls und die Reduktion der Schallübertragung im Luftkanalsystem vorrangig.

Anforderungen an das Lüftungsgerät: Schalldruckpegel im Standardbetrieb: $< 35 \text{ dB(A)}$ (Unterstellte Raumabsorptionsflächen von 4 m^2)

Grenzen zu schützende Räume direkt an die Lüftungszentrale, so werden analog zu Aufzugsmaschinenräumen biegeeweiche Vorsatzschalen vor den Wänden, eine biegeeweiche Unterdecke und ein schwimmender Boden erforderlich sein.

Anforderungen an die Kanalführung: Wohnräume: Schalldruckpegel $\leq 25 \text{ dB(A)}$

Funktionsräume: Schalldruckpegel $\leq 30 \text{ dB(A)}$

Die notwendige Reduktion des Schallpegels wird durch Absorptionsschalldämpfer erreicht.

Die Luft wird an Absorbern entlanggeführt; die Schallenergie wird teilweise absorbiert. Zur Dämpfung hoher Frequenzen kann es nötig sein den absorbierend ausgekleideten Kanal geknickt zu führen.

Erfolgt die Be- und Entlüftung der einzelnen Tops (vollständige mechanische Lüftung bei Passivhäusern, sonst in der Regel nur innenliegende Küchen und Bäder) über Flächen- und Kostensparende Sammelschachtenanlagen so sind Auslassschalldämpfer und / oder Geschossschalldämpfer unbedingt erforderlich.

Eine schalltechnisch günstige und vom Aufwand halbwegs vertretbare Lösung stellen Sammelschächte mit Nebenschächten zur Schallumleitung (Shunt-System) dar. Der Anschluss über den Sammelschacht erfolgt über einen oder zwei Nebenschächte. Der Schall legt zwischen zwei benachbarten Schachttöffnungen einen Weg zurück, der der dreifachen Geschosshöhe entspricht. Durch Wegverlängerung, Richtungswechsel und Querschnittsprünge wird eine erhebliche Pegelminderung erreicht.

Sanitärinstallationen

Besonders im Bereich der Sanitärtechnik spielt die Frage des Schallschutzes eine große Rolle. Um geräuscharme Sanitärinstallationen zu gewährleisten, sind folgende Überlegungen zu beachten:

(Quelle: RWE Energie Bau-Handbuch: 12. Ausgabe, Energie-Verlag 1998/1)

Bei der Raumanordnung ist von vornherein großes Augenmerk auf einen **bauakustisch günstigen Grundriss** zu legen.

Für schallempfindliche Räume (Schlafräume,...) gilt:

möglichst großer Abstand zu Schallquellen (ev. Zwischenschaltung eines unempfindlichen Raumes), nicht direkt neben Bäder und Toiletten

keine Durchführung von Installationsschächten

nicht unmittelbar an das Stiegenhaus angrenzend

Rohrleitungen nicht in Wohnungstrennwänden verlegen, wenn unvermeidlich Vorwandinstallation anwenden

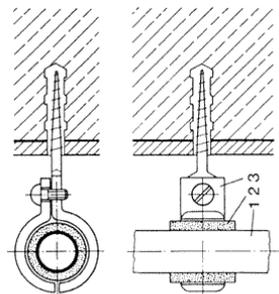
b) Leitungen

Wände, in denen Wasserinstallationen vorgesehen sind, sollen eine **flächenbezogene Masse $\geq 220 \text{ kg/m}^2$** haben, bei besonderen Anforderungen ist eine **biegeweiche Vorsatzschale** auf der den schutzbedürftigen Räumen zugewandten Seite vorzusehen.

Hohe Drücke und große Geschwindigkeiten in den Rohrleitungen (optimale Fließgeschwindigkeit: 1 –2 m/s; eine Verdoppelung des Volumenstroms bewirkt eine Erhöhung des Armaturenschalldruckpegels um etwa 12 dB(A)) sollten vermieden werden, ev. sind **druckreduzierende Ventile** vorzusehen.

Sämtliche **metallischen Leitungen** sind gegenüber dem Bauwerk zu **dämmen**.

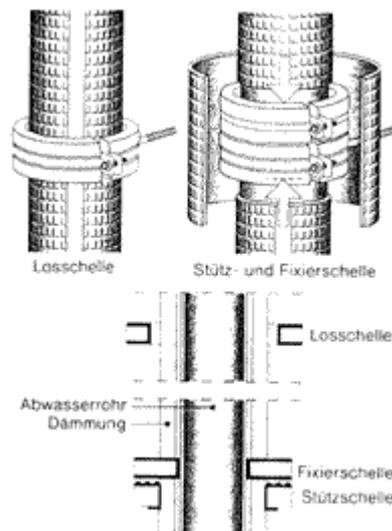
Abbildung 3.16: Rohrschelle mit Dämmmontage aus Gummi



Rohrschelle mit Dämmenlage
1 Rohrleitung, 2 Dämmenlage aus Gummi, mind. 3–8 mm dick und 3–5 mm über die Rohrfestigung hinausragend, 3 Rohrfestigung

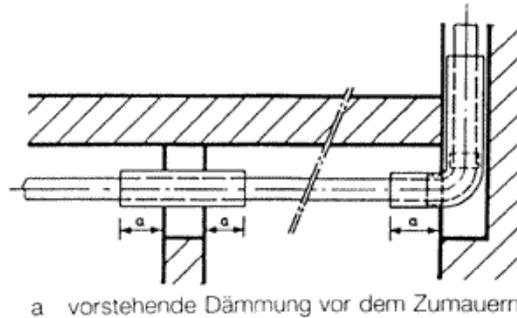
Besonderen Schallschutzanforderungen bei Abwasserleitungen entsprechen **zweiteilige Befestigungsschellen**. Die Rohrschelle, die fest mit dem Rohr verbunden ist, liegt mit einer elastischen Zwischenaufgabe auf einer Stützschelle, die an der Wand befestigt wird, auf.

Abbildung 3.17: zweiteilige Befestigungsschellen



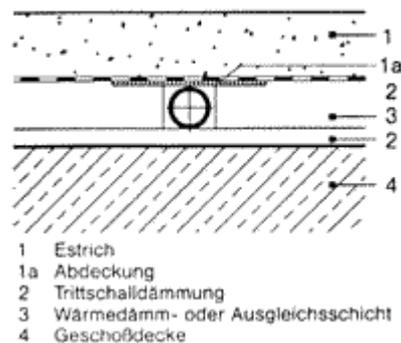
Bei **Mauer- und Deckendurchbrüchen** müssen Leitungen mit einer über die Wand-, Dickendicke hinausragenden Dämmung versehen werden. Erst dann dürfen Aussparungen zugemauert werden.

Abbildung 3.18: Schallschutzdämmung bei Mauer- und Deckendurchlässen



Verlegung der Wasserleitungen **niemals direkt auf der Rohdecke**, sondern in Ausgleichsschicht (aber nicht in Sand!). Bewährt hat sich eine zweilagige Dämmschicht.

Abbildung 3.19: Fußbodenaufbau – zweilagige Dämmschicht



Vorwandinstallationen bieten einen sehr guten Schallschutz und sind insbesondere für Altbausanierung (Schonung des Mauerwerks) empfehlenswert.

Armaturen¹⁶

Armaturengeräusche werden durch den Armatureschalldruckpegel L_{AB} gekennzeichnet (Labor-Messwert). L_{AB} entspricht etwa dem L_A Wert der in einem Wohnraum auftritt, wenn die Armaturen (unter gleichen Betriebsbedingungen) in der Nachbarwohnung (Normschallschutz; Armaturen nicht in der Wohnungstrennwand montiert) betätigt werden.

¹⁶ Bruck, Manfred; Friedl, Erhart; et al, Praxishandbuch Haustechnik, Wien: Bohmann Verlag, 1989



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Störende Geräusche entstehen entweder durch

- **Druckreduktion in Querschnittserweiterungen**

Mögliche Gegenmaßnahmen:

- Einbau von Druckreduzierventilen
- Funktionsgerechte Dimensionierung des Leitungsnetzes (Wasserdruck: 1,5)
- Vermeiden von Querschnittsverengungen mit anschließenden Hohlräumen

- oder durch **defekte Armaturen.**

- Lose Ventilteller
- Defekte Dichtungen
- Ausgeleierte Spindel

c) Bei der Installation der **Sanitärgegenstände** sind – zumindest im Geschosswohnungsbau – folgende Grundregeln zu beachten:

- Badewanne und Badewannenschürze körperschallgedämmt auflagern oder auf den schwimmenden Estrich stellen
- Badewanne und Badewannenschürze von den Wänden trennen, die Fugen dauerelastisch abdichten
- auf dem Boden stehende WC-Becken auf den schwimmenden Estrich stellen und nur darauf befestigen, keinesfalls Schrauben bis zur Rohdecke führen
- wandhängende Sanitärgegenstände körperschallgedämmt befestigen
- Vermeidung hoher Aufprallstrecken (z.B. beim Einlassen der Badewanne, Wasserstrahl gegen die Wannwand richten)

Ausführungsqualität

Die Ausführungsqualität ist durch die Bauaufsicht sicherzustellen und durch Messung des A-bewerteten Basispegels und des A-bewerteten energieäquivalenten Dauerschallpegels bzw. des Beurteilungspegels nachzuweisen.

(Kosten einer ca. 8-Stunden-Messung einschließlich Auswertung und Bewertung für ein Top etwa 800 Euro)

Normen

ÖN B 8115: Schallschutz und Raumakustik im Hochbau

Teil 1: Begriffe und Einheiten

Teil 2: Anforderungen an den Schallschutz

Teil 3: Raumakustik

Teil 4: Maßnahmen zur Erfüllung der schallschutztechnischen Anforderungen

ÖN EN ISO 717: Akustik – Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen

Teil 1: Luftschalldämmung

Teil 2: Trittschalldämmung



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

ÖN EN 12354: Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften

Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen

Teil 2: Trittschalldämmung zwischen Räumen

Teil 3: Luftschalldämmung gegen Außengeräusche

Teil 4: Schallübertragung von Räumen ins Freie

ÖN EN ISO 140: Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen

ISO 6242-3 (1992): Building construction – Expression of users' requirements – Part 3: Acoustical requirements

VDI 4100 (1994): Schallschutz von Wohnungen – Kriterien für Planung und Beurteilung ISO 1996, part1-3): Acoustics – Description and measurement of environmental noise

ÖN H 5190 (1993): Heizungsanlagen – Schallschutztechnische Maßnahmen

VDI 2081 (2000): Geräuscherzeugung und Lärminderung in raumlufttechnischen Anlagen

VDI 2566 (2000): Schallschutz bei Aufzugsanlagen mit Triebwerksraum

VDI 2715 (2000): Lärminderung an Warm- und Heißwasser-Heizungsanlagen

ISO 3822 (1995/97/99): Acoustics - Laboratory tests on noise emission from appliances and equipment used in water supply installations

VDI 3733 (1996): Geräusche bei Rohrleitungen

VDI 3755 (2000): Schalldämmung und Schallabsorption abgehängter Unterdecken

VDI 3762 (1998): Schalldämmung von Doppel- und Hohlraumböden

VDI 2719 (1987): Schalldämmung von Fenstern und deren Zusatzeinrichtungen

VDI 2720-1 (1997): Schallschutz durch Abschirmung im Freien

VDI 2720-2 (1983): Schallschutz durch Abschirmung in Räumen

VDI 3728: Schalldämmung beweglicher Raumabschlüsse: Türen, Tore und Mobilwände

ÖN EN 12758-1: Glas im Bauwesen – Glas und Luftschalldämmung – Teil 1: Definitionen und Bestimmung der Eigenschaften



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Anbieter von Messungen

| | |
|--|---|
| Dipl.Ing. Walter Prause Zivilingenieur für Bauwesen Hietzinger Hauptstr. 36/10 1130 Wien Tel.: 01/8776242 oder 8774185 Fax: 01/8764088 | Dipl.Ing. Dworak Hans Ingenieurkonsulent für technische Physik Hütteldorferstr. 257c/3/21 1140 Wien Tel.: 01/9148391 Fax: 01/9148391 |
| Schreiner Consulting Dipl.Ing. Dr. Franz Schreiner Derfflingerstr. 14 4020 Linz Tel.: 0732/771460 Fax: 0732/771460-7 Email: f.schreiner@sc-linz.co.at | MA 39 Versuchs- und Forschungsanstalt der Stadt Wien Rinnböckstr. 15 A-1110 Wien Tel.: 79514-92066 Email: post@m39.magwien.gv.at |
| Ing. Gerhard Novak Ingenieurbüro für Bauphysik Erzherzogin Isabelle-Srass 66 A-2500 Baden Tel.: 02252 430 18-0 Email: g.novak@aon.at | |



3.6 Gebäudeautomation

Einleitung

Die moderne Informationstechnik bietet mittels des Einsatzes von BUS-Systemen die Möglichkeit eine Vielzahl intelligenter Funktionen in Wohn- bzw. Bürogebäude zu verwirklichen. Die Palette reicht von Beleuchtungssteuerung über Zutrittskontrolle (zutrittsbezogenes Schalten von Heizung, Lüftung, etc.) bis hin zu Facility Management-Überwachungsmöglichkeiten.

Ziel der Gebäudeautomation ist ein möglichst weitgehend automatisierter Betrieb aller gebäudetechnischen Anlagen in der Weise, dass die gewünschten Komfortbedingungen bei optimaler Wirtschaftlichkeit erreicht werden.

Typische Anwendungen sind in der Toolbox erläutert.

Planungsziele

| Ziele | Nachweise |
|--|--|
| Erarbeitung eines Gebäudeautomationskonzepts als Teil der Elektroinstallationsplanung mit klarer Beschreibung der gewünschten Funktionen | Elektroinstallationsplanungsunterlagen, Gebäudenutzungskonzept |
| Leichte Bedienbarkeit des Systems für den/die NutzerIn | |
| Leichte Adaptierbarkeit bezüglich Erweiterungen und Nutzungsänderungen (siehe auch Abschnitt Flexibilität) | |

Bewertung im TQ-Tool

Bewertet wird die Adaptierbarkeit der Gebäudeautomation für mehrgeschossige Bauten nach folgender Skala (Punkte gemäß Einordnung auf der Skala):

| | Punkte (Beste Wertung: 5 Punkte) |
|--|----------------------------------|
| Automationskonzept vorhanden, Realisierung von Funktionen mittels BUS-System; einfache Bedienung, Programmierung über Touch Screen | 5 |
| Automationskonzept vorhanden, Realisierung von Funktionen mittels BUS-System möglich | 4 |
| Elektroinstallation berücksichtigt Nutzungsänderungen/erweiterungen durch Leerverrohrungen | 2 |
| Funktionen über Insellösungen realisiert, aufwändiges Fehlersuchen und Implementieren neuer Funktionen | 0 |
| Elektroinstallation berücksichtigt keine Nutzungsänderungen/erweiterungen, nur mit hohem Aufwand (Stemmarbeiten, etc.) möglich | -2 |



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Bewertet wird die Adaptierbarkeit der Gebäudeautomation für Ein- und Zweifamilienhäuser nach folgender Skala (Punkte gemäß Einordnung auf der Skala):

| Punkte (Beste Wertung: 5 Punkte) | |
|--|----|
| Automationskonzepts für Gebäude liegt vor Automatisierungskonzept erlaubt Realisierung verschiedenster Funktionen | 5 |
| Elektroinstallation berücksichtigt Nutzungsänderungen/erweiterungen durch Leerverrohrungen | 3 |
| Funktionen über Insellösungen realisiert, aufwändiges Fehlersuchen und Implementieren neuer Funktionen | 0 |
| Elektroinstallation berücksichtigt keine Nutzungsänderungen/erweiterungen, nur mit hohem Aufwand (Stemmarbeiten, etc.) möglich | -2 |

TOOLBOX

Typische Anwendungen für Gebäudeautomation

Beleuchtung

- Möglichkeit, vor dem Schlafengehen bzw. beim Verlassen der Wohnung mit *einem* Knopfdruck die Beleuchtung im gesamten Wohnbereich auszuschalten
- „Lichtstimmungen“ für unterschiedlichste Anlässe (durch Kombination von Leuchten in verschiedenen Helligkeitsstufen, durch Dimmen von Deckenleuchten und Stehlampen, etc.) auf Knopfdruck abrufbar und reproduzierbar
- Optimales Abstimmen der Belichtung in Innenräumen auf die äußere Beleuchtungsstärke (bei Bewölkung automatisches Zuschalten der künstlichen Beleuchtung, bei zuviel Sonne Herunterfahren des beweglichen Sonnenschutzes)

Jalousie-, Rolladen- und Markisensteuerungen

- Automatisches Hochfahren bei Sturm und Regen
- Automatisches Schließen beim Verlassen des Hauses
- Im Fall von Abwesenheit gewohnte Bewegungsabläufe, um Anwesenheit zu simulieren
- Bei zu starker Sonneneinstrahlung Herunterfahren des Sonnenschutzes, um eine Überwärmung zu vermeiden
- Zentrale Meldung von Funktionsstörungen

Heizung, Lüftung und Klima

- Einzelraumregelung entsprechend der Nutzung der Räume, Nachtabenkung
- Für Bürogebäude: Temperatursteuerung unterscheidet zwischen Wochentagen und Wochenenden (inklusive Berücksichtigung der Feiertage)
- Automatisches Schließen der Heizkörperventile bei geöffneten Fenstern



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

- Nutzung von Sonnenenergie und inneren Abwärmequellen durch bedarfsabhängige und raumweise Regelung der Wärmeabgabe
- Beliebige Änderung von Temperaturen in den unterschiedlichsten Räumen von einer zentralen Stelle (Home Assistant®) aus
- Bei größeren Störungen automatische Information des Kundendienstes
- Möglichkeit einer Ferndiagnose
- Möglichkeit einer Fernabfrage (z.B. Kontrolle, ob die Heizung auch an sehr kalten Wintertagen funktioniert)
- Ablesen von Gas- und Wasserzähler auf Wunsch über das Telefonnetz
- bedarfsabhängige Lüftungsregelung

Elektrische Haushaltsgeräte

- Automatisches Einschalten bestimmter Geräte zu freigewählten Zeiten (Weckradio, Kaffeemaschine, etc.)
- Information über Programmstand von Geräten (z.B. Waschmaschine) von anderen Räumen aus
- Ein- und Ausschalten von Haushaltsgeräten per Telefon (z.B. Waschmaschine)
- Richtige Lagerung von Lebensmitteln im Kühlschrank
- Stromverbrauchsanzeige einzelner Geräte

Sicherheit und Alarm

- elektrisches Schließen und Öffnen von Fenstern, ev. in Anpassung an Witterungsverhältnisse bzw. Klima- und Temperaturverhältnisse in Innenräumen
- zentrale Kontrolle, ob alle Fenster geschlossen sind
- Registrierung, wenn Fenster gewaltsam geöffnet wird bzw. spezielle Sicherheitseinrichtungen tangiert sind; Angehen der gesamten Beleuchtung im Haus/ in der Wohnung; Weitermeldung an beliebig festlegbare Adresse
- Motorisches Betätigen von Türen und Toren
- Kontrolle bzw. Fernabfrage, ob Türen/Tore geschlossen sind
- Bewegungssensible Außenbeleuchtung und Display zur Personenkontrolle
- Abgeben eines Notrufs im Bedarfsfall (Verständigung von Familienmitgliedern, Nachbarn, Arzt, Überwachungsdienst) und Öffnen der Türen/Einschalten der Beleuchtung
- Möglichkeit der Überwachung von Gasaustritt bei Gasleitungen
- Absperren des Hauptwasserhahns bei unerklärbarem Wasseraustritt und Weitermeldung
- Anwesenheitssimulation

Last-, Energiemanagement

- Lastspitzen im Energieverbrauch elektrischer Geräte werden in Zeiträume verlegt, in denen weniger Energie verbraucht wird (Nachtstunden,...)



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Facility Management

- Betriebskostenmanagement und Betriebskostenerfassung von Verbrauchswerten wie Strom, Wasser, Wärme
- Zählerstandsfernübertragung
- Fernprogrammieren, Fernparametrieren, Fernreparatur
- Überwachung von FI-Schutzschaltern
- Überwachung von Überspannungsableitern

All diese und noch viele weitere Funktionen können zu beliebigen **Szenarien** kombiniert und entsprechend programmiert werden. Darüber hinaus muss gewährleistet sein, dass alle Funktionen immer auch manuell bedient werden können.

Als benutzerfreundliche Bedien- und Steuereinheit wurde für den Wohnbereich der **Home Assistant®** entwickelt. Dafür eignet sich ein Standard Multimedia PC, der mit der entsprechenden Home Assistant® Software ausgerüstet wird. Mittels Touch-Screen-Bedienoberfläche können die unterschiedlichen Funktionen der an das BUS-System angeschlossenen Geräte abgerufen und beliebig geändert werden. Darüber hinaus liefert der Home Assistant® Informationen über die angeschlossenen Komponenten, registriert Stör- und Fehlermeldungen und wertet diese aus.

Zusammenhang Nutzungskonzept und Automationssystem

Werden nur wenige der hier genannten Funktionen gewünscht, sind die klassischen Elektroinstallationen nach wie vor sinnvoll, weil kostengünstiger. Im Wohnbau schafft oft die Installation von ausreichenden Leerverrohrungen beim Neubau eine hinreichende Flexibilität für geänderte / erweiterte Nutzerbedürfnisse.

Im Falle komplexer Vernetzungen und weitgehender Automatisierungen sollten Bus-Systeme zur Anwendung kommen.

Moderne Gebäudeautomationssysteme auf Bus-Basis (z.B. EIB Europäischer Installationsbus) bieten ein hohes Maß an Flexibilität bei der Gebäudeinstallation. Generell sollte aber darauf geachtet werden, dass der Komplexitätsgrad der Gebäudeautomation einerseits den Anforderungen angemessen und andererseits für den Nutzer noch einfach und bequem handhabbar bleibt.

Bus-Systeme

Bus-Systeme (wie beispielsweise der EIB – Europäischer Installationsbus) sind intelligente Gebäudeinstallationssysteme zum Steuern, Regeln, Messen, Schalten, Melden und Überwachen. Die Basis bildet eine 2-adrige Busleitung, die parallel zum 230V-Energieversorgungsnetz verlegt wird. Über den Bus werden alle digitalen Informationen ausgetauscht. Über die 230V-Leitung erfolgt – wo notwendig – die Energieversorgung z.B. von Motoren, Beleuchtungskörpern, etc.



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

An den Bus werden die einzelnen Busteilnehmer angekoppelt. Jeder dieser Teilnehmer verfügt über einen eigenen Mikrokontroller und kann so selbständig und unabhängig von einem zentralen Prozessor seine Daten verwalten. Wird z.B. ein Beleuchtungstaster betätigt, sendet dieser ein Datentelegramm an den Bus. Alle Busteilnehmer empfangen dieses Signal, aber nur der angesprochene Teilnehmer reagiert und schaltet die Beleuchtung.

Das System ist hierarchisch gegliedert: Die kleinste Einheit ist die **Buslinie**. Pro Linie können *64 Geräte* betrieben werden. Bis zu *15 derartiger Linien* können über einen **Linienkoppler** zu einem **Bereich** zusammengefasst werden. Bis zu *15 Bereiche* können über einen **Bereichskoppler** miteinander verbunden werden. Über weitere Schnittstellen kann der Installationsbus mit anderen Systemen der Leittechnik verbunden werden.

Der Vorteil der Aufteilung in Linien und Bereiche liegt darin

dass der Datenverkehr innerhalb einer Linie oder eines Bereiches den Datendurchsatz anderer Linien nicht beeinflusst. Informationen, die nur Adressaten in einer Linie betreffen, werden nicht über den gesamten Bus geschickt. Eine Überlastung der Busleitung kann somit reduziert werden.

dass jede Linie eine eigene Spannungsversorgung besitzt und von den anderen Linien galvanisch getrennt ist. Dadurch ist gewährleistet, dass bei Ausfall einer Linie das Gesamtsystem weiterarbeitet.

dass das System schrittweise erweiterbar ist (von wenigen Linien bei der Erstinstallation bis zu komplexen Systemen bei steigenden Anforderungen).

Die Funktionsfähigkeit dieser „Datenaustausch-Infrastruktur“ wird durch die **Systemkomponenten** gewährleistet: Reiheneinbaugeräte für die Busspannungsversorgung; Linien- und Bereichskoppler; Schnittstellen zum Anschluss von Programmiergeräten und Busankoppler, die den Informationsaustausch auf dem Bus ermöglichen.

Die eigentlichen Akteure des Systems sind die **Sensoren** (Befehlsgeber) und die **Aktoren** (Befehlsempfänger). Sensoren sind z.B. Lichtschalter, Temperaturfühler, Bewegungsmelder, Magnetkontakte für Fenster, Helligkeitsmessgeräte, Füllstandsmesser, etc. Sie alle senden Informationen in Telegrammstruktur über den Installationsbus an die Aktoren. Diese nehmen die Befehle auf und setzen sie in Aktionen (wie z.B. Temperatur senken, Rolläden schließen, Beleuchtung reduzieren) um. Typische Aktoren sind dem gemäß: Ventile, Rollädenantriebe, Lampen, etc.

Bis zu 64 Teilnehmer einer Linie können unabhängig voneinander auf den Bus zugreifen. Um Kollisionen und damit verbunden Datenverluste zu vermeiden, wurde ein spezielles **Zugriffverfahren** entwickelt (**CSMA/CA**). Ein zusätzlicher Prioritätsmechanismus garantiert, dass wichtige Informationen (Alarm, Störmeldungen) bevorzugt behandelt werden.

Sensoren und Aktoren (Busteilnehmer) tauschen auf der Busleitung (Zwei-Drahtleitung) Informationen aus wie z. B. "Einschalten" oder "Ausschalten". Es besteht **keine** fest verdrahtete Zuordnung der einzelnen Teilnehmer mehr. Ein großer Vorteil des EIB ist der damit verbundene Wegfall von Steuerleitungen. Das funktionale Zusammenspiel der Teilnehmer wird durch Gruppenadressen gelöst. Haben Sensor und Aktor die gleiche Gruppenadresse, so gehören sie zusammen. Die Gruppenadresse ersetzt also die "Steuerleitung" der konventionellen Installation. Jeder Sensor und jeder Aktor besitzt einen Busankoppler. Der Busankoppler ist die Schnittstelle zwischen Busteilnehmer und Busleitung. Die Busleitung übernimmt neben der Übertragung der Telegramme (Informationsaustausch) zwischen den einzelnen Busteilnehmern auch die Gleichspannungsversorgung (24V) für die Busankoppler.



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Folgende Vorteile eines Bussystems gegenüber herkömmlicher Elektroinstallation werden unter http://www.eibshopping.com/eib_konventionellerTechnik.htm ins Treffen geführt:

Fassaden im Objektbereich bestehen heute häufig aus Glas, Aluminium, Beton oder Kunststoff. Trennwände stehen wegen der flexiblen Raumnutzung oft für eine feste Installation nicht mehr zur Verfügung. Es bleiben für die Elektroinstallation in den meisten Fällen nur noch der Raum zwischen tragender und abgehängter Decke, der Fußboden und die wenigen tragenden Wände.

Betrachtet man die in der konventionellen Installation vorhandenen Insellösungen, so findet man eine oft unüberschaubare Anzahl von Steuerleitungen für Heizung, Klima, Lüftung, Beleuchtungsanlagen sowie Jalousie, Rollläden und Markisensteuerungen. Überschneidende Funktionen können nicht oder nur mit erheblichen Aufwand miteinander kommunizieren. Die Fehlersuche wird erschwert, und bei Nutzungsänderungen ist aufgrund mangelnder Flexibilität mit erhöhten Ausfallzeiten zu rechnen.

Im Gegensatz dazu muss bei baulichen Änderungen eine bestehende EIB-Installation nicht geändert werden. Der Austausch von Geräten oder das Hinzufügen neuer Funktionen und Anwendungen ist problemlos. Da alle Teilnehmer über den Bus parallel miteinander verbunden sind, entfällt die Umverdrahtung. Es wird nur umprogrammiert, wodurch eine hohe Flexibilität gewährleistet ist. Durch die Aufteilung in Linien und Bereiche lässt sich die Gebäudeinstallation eines oder mehrerer Gebäude mit dem EIB generell leichter planen, verändern und erweitern. Das System hat eine klare Struktur, und Informationen werden nach ihrer Dringlichkeit gestaffelt abgesetzt (Vergabe von Prioritäten bei der Programmierung). Da durch die Busleitung eine **Verbindung aller Teilnehmer** besteht, ist jede Information an jedem Punkt des Gebäudes abrufbar. Damit werden Funktionen wie die Gebäudevisualisierung, Lastmanagement, Lichtsteuerung und Lichtszenen ohne zusätzlichen Verdrahtungsaufwand möglich. Über das öffentliche Telefonnetz sind auch Ferndiagnose und Fernwirkung möglich. Die Systemoffenheit des EIB ermöglicht, dass Komponenten unterschiedlicher Hersteller miteinander kommunizieren können.

Auch die Starkstrominstallation wird übersichtlicher. Die Lastschalter (Aktoren) können direkt beim Verbraucher platziert werden. Somit reduzieren sich Brandlast und Installationsaufwand.



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Zusammenfassung der Vorteile gegenüber herkömmlicher Installationstechnik:

- Verlegung nur einer einzigen Steuerleitung, separat zum Energieverteilungsnetz
- Dezentraler Aufbau, unabhängig von der Größe der Anlage
- Einfache Anpassung der Funktionen an geänderte Raumnutzung, ohne Verdrahtungsänderung
- Flexible Planung und einfache Installation
- Alle angeschlossenen Geräte und Funktionen sind untereinander kommunikationsfähig
- Reduzierung der 230V-Anschlussleitungen, denn viele Busteilnehmer benötigen nur Schwachstrom
- Einfache Erweiterbarkeit auf bis zu 11.520 Busteilnehmer
- Verringerung der Brandlast durch Reduzierung der Energieleitungslängen
- Mehrfachnutzung von Busteilnehmern: Die Informationen der Sensoren stehen an jedem Punkt der Busleitung zur Verfügung, dadurch können Mehrfachsensoren gleichen Typs eingespart und die Ausnutzung vorhandener Busteilnehmer gesteigert werden.

Links

In der [EIBA \(European Installation Bus Association\)](#) mit Sitz in Brüssel haben sich führende europäische Unternehmen zusammengeschlossen, um gemeinsam einen Industriestandard für den EIB (Europäischen Installationsbus) am Markt durchzusetzen. Die Mitgliedsfirmen stellen weltweit sicher, dass buskompatible Produkte zur Verfügung stehen und dass die mit dem Installationsbus EIB ausgeführten Elektroinstallationen gewerkeübergreifend und komplikationslos zusammenwirken. Komponenten, die das EIB-Zeichen tragen, sind zertifiziert und zueinander kompatibel.

Nähere Informationen sowie eine Auflistung aller deutschen Herstellerfirmen sind unter den Websites <http://www.eiba.de> und <http://www.eibshopping.com> abrufbar.

Mit der Software **ETS (EIB Tool Software)** steht dem Planer ein standardisiertes Werkzeug für Projektierung, Inbetriebnahme und Diagnose zur Verfügung.

Weitere Bus-Systeme sind [BACnet](#), [Profibus](#), [WorldFIP](#).

Literatur

EIB Europäischer Installations Bus: Handbuch Gebäudesystemtechnik: Grundlagen (Hg.v. ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektroindustrie e.V., Fachverband Installationsgeräte und -systeme, Stresemannallee 19, D-60596 Frankfurt a.M.; ZVEH - Zentralverband der Deutschen Elektrohandwerke Lilienthalallee 4, D-60487 Frankfurt a. M., 1997, 4. Auflage)

EIB Europäischer Installations Bus: Handbuch Gebäudesystemtechnik: Anwendungen (Hg.v. ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik- und Elektroindustrie e.V., Fachverband Installationsgeräte und -systeme, Stresemannallee 19, D-60596 Frankfurt a.M.; ZVEH - Zentralverband der Deutschen Elektrohandwerke Lilienthalallee 4, D-60487 Frankfurt a. M., 1998, 1. Auflage)



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT

Normen

ÖN EN 13646 (1999): Systeme der Gebäudeautomation (GA) - Geräteeigenschaften

ÖN EN ISO 16484-1 (1999): Systeme der Gebäudeautomation (GA) -

Teil 1: Übersicht und Definitionen

Teil 2: Systemfunktionen für HLK

VDI 3814-1 (1990): Gebäudeleittechnik (GLT): Strukturen, Begriffe, Funktionen

VDI 3814-2 (1999): Gebäudeautomation (GA) - Schnittstellen in Planung und Ausführung

VDI 3814-3 (1997): Gebäudeautomation (GA) - Hinweise für das Betreiben

VDI 3814-5 (2000): Gebäudeautomation (GA) - Hinweise zur Anbindung von Fremdsystemen durch Kommunikationsprotokolle



TQ - TOTAL QUALITY PLANUNG UND BEWERTUNG / NUTZUNGSKOMFORT