

Merkblatt
2021

s i a

Gebäude mit hohem Glasanteil – Behaglichkeit und Energieeffizienz

schweizerischer
ingenieur- und
architektenverein

société suisse
des ingénieurs et
des architectes

società svizzera
degli ingegneri e
degli architetti

swiss society
of engineers and
architects

selnaustrasse 16
postfach
ch-8039 zürich
www.sia.ch

SIA Merkblätter

Zur Erläuterung und ergänzenden Regelung von speziellen Themen gibt der SIA Merkblätter heraus.

Die Merkblätter sind Bestandteil des SIA-Normenwerks.

Merkblätter sind nach ihrer Veröffentlichung drei Jahre gültig. Die Gültigkeit kann wiederholt um jeweils drei Jahre verlängert werden.

Folgende Institutionen haben Beiträge zur Erarbeitung geleistet und stehen hinter dem vorliegenden Merkblatt:

Bundesamt für Energie BFE

Energiefachstellen der Kantone Basel-Stadt, Bern, St. Gallen, Zug, Zürich

Schweizerische Zentralstelle für Fenster- und Fassadenbau SZFF

Verband Schweizer Rollladen- und Storenfabrikanten VSR

Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA

Inhalt

	Seite
Inhalt	3
Begriffe und Abkürzungen	4
1 Einführung und Zielsetzung	5
1.1 Definition und Abgrenzung	5
1.2 Ziel	5
1.3 Probleme	5
1.4 Allgemeine Erkenntnisse	6
2 Zusammenfassung: Regeln für Gebäude mit hohem Glasanteil.....	7
2.1 Bauliche Massnahmen	7
2.2 Betriebliche Massnahmen	7
2.3 Haustechnische Massnahmen	7
3 Aktuelle Erkenntnisse	8
3.1 Risiken	8
3.2 Thermische Behaglichkeit	8
3.3 Interne Wärmelasten	8
3.4 Glas	8
3.5 Sonnenschutz	9
3.6 Gebäudemasse	9
3.7 Lüftung, Klimatisierung	9
3.8 Vorgehen und Projektoptimierung	10
3.9 Energieverbrauch und Umweltbelastung	10
4 Vorgehen	11
4.1 Frühzeitige Problemerkennung.....	11
4.2 Einfaches Vorgehen	12
Blatt A Geometrische Überprüfung der Gebäudehülle	14
Blatt B Ermittlung der gesamten Wärmelasten.....	17
Blatt C Risikobeurteilung des thermischen Komforts im Sommer.....	19
Blatt D Hinweise für die energetische Optimierung der Gebäudehülle und der Haustechniksysteme	20
Literatur und Quellen	21

Begriffe und Abkürzungen

A_{tot}	Fassadenfläche	m^2
A_f	Fensterrahmenfläche	m^2
A_g	Glasfläche	m^2
A_p	Fläche Brüstungspaneel	m^2
A_{pf}	Rahmenfläche Brüstungspaneel	m^2
BGF	Bruttogeschossfläche	m^2
DRY	Design Reference Year	–
EBF	Energiebezugsfläche	m^2
F_w	g-Wert-Korrekturfaktor für nicht senkrechten Einfallswinkel	–
g	Gesamtenergiedurchlassgrad (g-Wert)	–
G	Tagessumme der Globalstrahlung	$\text{Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$
L_g	Massgebende Länge für Randverbund Glas	m
L_p	Massgebende Länge für Rahmen Brüstungspaneel	m
NF	Nutzfläche	m^2
q_{Bel}	Installierte Beleuchtungsleistung pro Nutzfläche	W/m^2
q_i	Sekundäre Wärmeabgabe des Glases nach innen	–
q_{int}	Interne Wärmelast Personen und Elektrogeräte	W/m^2
Q_{int}	Mittlere tägliche interne Wärmelast	$\text{Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$
Q_{solar}	Mittlere tägliche solare Wärmelast im Raum	$\text{Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$
Q_{total}	Gesamtwärmelast pro Tag	$\text{Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$
$t_{a \text{ max}}$	Maximaler 1-h-Temperaturwert des betrachteten Tages	$^{\circ}\text{C}$
t_{Bel}	Nutzungszeit Beleuchtung (Innenzone)	h/d
t_{int}	Nutzungszeit Personen und Elektrogeräte	h/d
U	Wärmedurchgangskoeffizient	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
U_f	Wärmedurchgangskoeffizient Rahmen	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
U_g	Wärmedurchgangskoeffizient Glas	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
U_m	Mittlerer Wärmedurchgangskoeffizient der Fassade	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
U_p	Wärmedurchgangskoeffizient Brüstungspaneel	$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Ψ_g	Linienzuschlag Randverbund Glas [Psi]	$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Ψ_p	Linienzuschlag Rand Brüstungspaneel [Psi]	$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
τ_v	Tageslichtdurchlassgrad (sichtbares Licht) [Tau]	–

1 Einführung und Zielsetzung

1.1 Definition und Abgrenzung

Das vorliegende Merkblatt behandelt Gebäude mit hohem Glasanteil. Dies sind Gebäude, bei denen entweder der durchsichtige Glasanteil an der Fassadenfläche mehr als 50% ausmacht oder bei denen in einzelnen Räumen das Verhältnis von Glasfläche zu Energiebezugsfläche 30% übersteigt. Es ist allerdings möglich, dass unter gewissen Umständen bereits Gebäude und Räume mit weniger hohen Glasanteilen ähnliche Probleme aufweisen.

Für Gebäude mit hohem Glasanteil werden einfache Regeln für die Vermeidung von thermischen Behaglichkeitsproblemen im Winter und im Sommer formuliert, die gleichzeitig einen energieeffizienten Betrieb sicherstellen sollen. Das Merkblatt dient nicht zur Dimensionierung von haustechnischen Anlagen.

Das vorliegende Merkblatt basiert auf wissenschaftlichen Untersuchungen mit Simulationsrechnungen für Bürogebäude in der Schweiz. Es basiert auf den massgeblichen Normen (SIA 180, SIA 380/1, SIA 382 usw.) und stellt selber keine normativen Anforderungen. Das Merkblatt formuliert aber Empfehlungen im Sinne der fachgerechten Planung für die Wahl und Ausführung der Gebäudehülle und der Haustechnik sowie für die Betriebsführung.

Von diesen Empfehlungen kann im Einzelfall abgewichen werden, wenn detaillierte Untersuchungen die Einhaltung des thermischen Komforts bei geringem Energieeinsatz zeigen.

Die vollständigen Resultate der Untersuchung sind unter dem Titel «Gebäude mit hohem Glasanteil» in der Reihe der SIA-Dokumentationen als D 0176 veröffentlicht worden.

1.2 Ziel

Das vorliegende Merkblatt gibt in möglichst kurzer und prägnanter Form die wichtigsten Erkenntnisse der oben erwähnten Untersuchung weiter an:

- Bauherrschaften,
- Behörden,
- Planer und
- Hersteller von Fassadensystemen.

Es will damit helfen, in einer frühen Projektphase (evtl. einem Wettbewerbsverfahren) Fehlplanungen zu vermeiden.

Dies bedeutet für die jeweilige Zielgruppe:

- Besteller, also Bauherrschaften und Investoren, müssen wissen, was es bedeutet, wenn sie ein Gebäude mit hohem Glasanteil in Auftrag geben wollen.
- Behörden kommen nicht umhin, die bisherige, hauptsächlich auf den winterlichen Wärmeschutz und den diesbezüglichen Energieverbrauch geschulte Vollzugspraxis zu differenzieren und den neuen Gebäudetypen anzupassen.
- Planer, Architekten und Ingenieure suchen nach Orientierung, das heisst sachlicher Klärung mit einfachen und direkt umsetzbaren Hinweisen.
- Unternehmungen im Fassaden-, Glas-, Storen- und Haustechnikbau und ihre Fachverbände wollen den Sachverstand der Berufsleute verbessern und die Risiken ihrer Werke vermindern.

Mit einem interdisziplinären Team von Fachleuten aus der Praxis und aus der Forschung wurde das gesammelte Wissen über stark verglaste Gebäude zusammengetragen, ausgewertet und daraus in verständlicher Art Schlüsse gezogen. Dieses systematische Vorgehen war nötig, weil die bisherigen Normen und Empfehlungen ausser einfachen Faustregeln zu den Behaglichkeitsproblemen bei Gebäuden mit hohem Glasanteil keine zuverlässigen und verbindlichen Aussagen machen.

1.3 Probleme

Gebäude mit hohem Glasanteil haben unter Umständen Probleme mit der thermischen Behaglichkeit:

- Im Winter findet eine unerwünschte Auskühlung fensternaher Zonen und ein Kaltluftabfall entlang hoher Glasflächen statt.

- Im Sommer findet eine starke und bei Schönwetterperioden sich aufschaukelnde Überwärmung statt.
- Im Winter und im Sommer liegt der Strahlungskomfort bei fensternahen Arbeitsplätzen häufig ausserhalb des Komfortbereichs.

Viele Bauten mit hohem Glasanteil haben in den letzten Jahren – aus Unkenntnis, aus Nachlässigkeit oder wegen mangelnder Koordination der Fachdisziplinen – gravierende Behaglichkeits- und/oder Umweltmängel produziert. Viele dieser Mängel sind nicht nachträglich mit verstärktem Einsatz der Haustechnik kompensierbar.

1.4 Allgemeine Erkenntnisse

Gebäude mit hohem Glasanteil müssen zuerst für ihre entsprechenden Raumnutzungen die klar definierten Behaglichkeitsanforderungen im Winter und im Sommer (SIA 180) erfüllen. Dann erfolgt der Nachweis für den Grenzwert des Heizenergiebedarfs im Winter (SIA 380/1). Jetzt erst müssen die Optimierungen für den gesamten Energieverbrauch (Lüftung, Kälte, Heizung, Beleuchtung, Arbeitshilfen usw.) und ein allfälliger Bedarfsnachweis für eine Klimaanlage (SIA 382/3) durchgeführt werden. Ziel ist ein für die grosse Mehrheit der Benutzer behagliches Gebäude mit optimiertem Energieverbrauch.

In einem Gebäude mit hohem Glasanteil können viele Räume ohne Weiteres problemlos funktionieren, während im gleichen Gebäude einige spezielle Räume (zweiseitig verglaste Eckräume, stark belegte Räume mit unterschiedlichen Nutzungsbedingungen sowie geringer Raumtiefe usw.) extrem ungünstige Behaglichkeitswerte aufweisen. Wenn die zentrale Bedingung von SIA 180 heisst, dass 90% der Benutzer mit der Raumtemperatur zufrieden sein sollen, muss dies sinngemäss heissen: In allen Räumen während der gesamten Nutzungszeit.

Ein wichtiges Ergebnis der in der Dokumentation SIA D 0176 veröffentlichten Untersuchung ist, dass behagliche Gebäude nicht unbedingt mehr Energie brauchen müssen als unbehagliche, oder anders gesagt: die Behaglichkeit muss nicht der Energieeffizienz geopfert werden – richtige Planung und Betrieb vorausgesetzt.

Es gibt «gute» Gebäude mit hohem Glasanteil. Aber sie erfordern – mit zunehmendem Glasanteil – einen überproportionalen Anteil an fachlicher Aufmerksamkeit, um Misserfolge mit Langzeitwirkung zu vermeiden. Es braucht wohlüberlegte, integrale Planung.

2 Zusammenfassung: Regeln für Gebäude mit hohem Glasanteil

2.1 Bauliche Massnahmen

- A Die Wahl des **Glasanteils der Fassade** soll mit Bedacht erfolgen: Gebäude mit hohem Glasanteil erfordern einen höheren Planungsaufwand und sind weniger fehlertolerant. Beidseitig verglaste Eckräume sind besonders kritisch und möglichst zu vermeiden. Frühzeitig im Planungsprozess sind Behaglichkeitsüberlegungen anzustellen.
- B Die **Räume hinter der verglasten Fassade sollen tief sein**: Je tiefer die Räume, desto geringer sind die Auswirkungen der externen Wärmelasten.
- C Die Art, die Lage und der Betrieb des **Sonnenschutzes** ist von zentraler Bedeutung: Die beste Wirkung hat ein aussen vor dem Glas, luftumströmt, beweglich und windsicher konstruierter Sonnenschutz (g-Wert des Glases inkl. Sonnenschutz von weniger als 0,1). Zum richtigen Betrieb ist eine Motorisierung mit einer fassadenorientierten Strahlungssensor-Steuerung (Absenkung bei Globalstrahlung über 150 W/m^2) unerlässlich. Dazu ist häufig, zusätzlich zum äusseren Sonnenschutz, ein innerer **Blendschutz** nötig, der die Helligkeitsunterschiede besser verteilt.
- D Die Wahl bestmöglicher und -geeigneter **Fenster und Gläser ist wichtig**:
 - guter Wärmeschutz von Glas, Glasrand und Fensterrahmen sowie Aussenwand (mittlerer U-Wert der Fassade U_m unter $0,9 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$);
 - wenig Wärmebrücken;
 - Kaltluftabfall bei hohen Gläsern beachten (Figur 4);
 - g-Wert des Glases allein von 0,3 bis 0,45; innere Wärmeabstrahlung q_i unter 0,1; Verhältnis von Glasfläche mal g-Wert pro EBF minimieren;
 - guter Tageslichtdurchlassgrad (τ_v über 0,5).
- E Ein Teil der **Fenster soll individuell zu öffnen** sein (Fensterfläche oder Lüftungsklappen zum Öffnen über 3% der Energiebezugsfläche; bei gleicher Fensterfläche sind hohe Fensterflügel wirksamer als breite). Die Benutzer fühlen sich wohler und sind für Temperaturextreme bei sommerlichen Aussentemperaturen weniger empfindlich.
- F Die **Gebüdemasse** an der Decke, an den Wänden und am Boden soll offen zum Raum sein: Am wichtigsten ist die offene Decke ohne heruntergehängte Platten. Die akustischen Anforderungen müssen dabei gleichzeitig berücksichtigt werden.

2.2 Betriebliche Massnahmen

- G Die **Arbeitsplätze sollen**, wenn immer möglich, **nicht zu nah beim Fenster platziert werden**: 2 m Abstand von Glasflächen verbessert die Sommer- und Winterbehaglichkeit.
- H Die **internen Wärmelasten sollen tief sein**: Bürogeräte und Beleuchtung müssen energieeffizient ausgewählt sein und betrieben werden: bedarfsgerechter Betrieb, automatischer Stand-by und Aus; beim Licht: kleine installierte Leistung, evtl. Helligkeits- und Präsenzsteuerung.
- J Die Raumbenutzer sollen die Gelegenheit haben, ihre **Bekleidung** der Jahreszeit und der Temperatur anzupassen: keine starren Bekleidungs Vorschriften im Sommer.
- K Den **Rauchern** müssen separate und abtrennbare Räume zur Verfügung gestellt werden.

2.3 Haustechnische Massnahmen

- L Die **Lüftung** (in Gebäuden ohne Zusatzkühlung) soll in der Sommernacht einige Stunden voll zur Raumkühlung laufen. Die Morgentemperatur ist genau zu beachten, um Frösteln zu vermeiden.
- M Im Sommer soll die **Primärluft gekühlt** werden und allenfalls auch zusätzlich der Raum mit Flächenkühlung ausgerüstet sein. Stark verglaste Räume können kaum ohne Kühlung behaglich benutzt werden. Eine Zusatzkühlung ist meist energieeffizienter als die Nachtlüftung.
- N Die **Kühlleistung** (Primärluftkühlung, Bauteilkühlung usw.) muss dem effektiven Bedarf angepasst sein. Unnötig hohe installierte Kälte- und Luftleistungen sind zu vermeiden. Der Leistungsbedarf und der thermische Komfort muss mit Simulationen überprüft werden. Bei Systemen mit Zusatzkühlung (Umluftkühlung, Kühldecken usw.) muss der Sommerkomfort durch fachgerechte Auslegung optimiert werden.

3 Aktuelle Erkenntnisse

3.1 Risiken

Im Winter: Kaltluftabfall und ungenügender Strahlungskomfort in Fensternähe, besonders bei hohen Fenstern ohne Brüstung bzw. bei abgeschalteten Radiatoren und schlecht wärmedämmenden Gläsern sowie thermisch schlechten oder gar undichten Fugen der Fensterrahmen und Wandanschlüsse.

Im Sommer bei hoher interner und solarer Wärmelast: Überhitzung im ganzen Raum, Aufschaukeln der Raumtemperatur in warmen Sommerperioden über mehrere Tage und ungenügender Strahlungskomfort. Zudem unerwünschtes Frösteln am Morgen bei Arbeitsbeginn.

In Gebäuden mit hohem Glasanteil sind komplexe Haustechnikanlagen für Lüftung, Klimatisierung, Sonnenschutzmotorisierung und -steuerung mit hohen Anfangsinvestitionen erforderlich, um das Innenklima zu beherrschen. Nicht-optimale Planung und Betrieb hat folgende Konsequenzen:

- hoher Energiebedarf insbesondere für Elektrizität,
- hohe Betriebskosten für Energie und Unterhalt,
- geringe Fehlertoleranz,
- unzufriedene Benützer.

3.2 Thermische Behaglichkeit

Die Raumluft- und die Oberflächen-Temperatur sowie die Luftgeschwindigkeit ergeben für eine Person mit mittlerer Bekleidung und körperlicher Aktivität ein gut definierbares Feld der thermischen Behaglichkeit (siehe Norm SIA 180). Im Sommer ist dieses Feld enger und schwieriger einzuhalten als im Winter. Zudem ist bei heutigen Bekleidungsgehnheiten im Winter eher eine Anpassung als im Sommer möglich.

Je näher ein Arbeitsplatz bei der Fensterfassade ist, desto gravierender wirken sich sommerliche und winterliche Temperatur- und Strahlungseinflüsse auf die Behaglichkeit aus.

Gebäude mit schweren Behaglichkeitsmängeln sind nachträglich fast nicht mehr durch Haustechnikmassnahmen zu korrigieren.

3.3 Interne Wärmelasten

Die Wärmebelastung im Raum erfolgt durch eindringende Sonnenstrahlung und wird durch innere Wärmeabgabe von Personen (80 W pro Person), von der Beleuchtung (ab 4 m Raumtiefe ca. 6 bis 10 W/m²) und den Elektrogeräten (30 bis 300 W pro Arbeitsplatz je nach Ausstattungsintensität, Gerätequalität und Abschaltungsbetrieb) erhöht.

Viele Räume weisen energetisch schlechte und bei Nichtgebrauch nicht abgeschaltete Elektrogeräte auf, die die Raumtemperatur im Sommer um 1°C bis 2°C erhöhen können.

Im Sommer ist darauf zu achten, dass bei geschlossenem Sonnen- und Blendschutz bis 4 m Raumtiefe keine künstliche Beleuchtung erforderlich ist, die zusätzlich zur Aussenlast Wärme in den Raum bringt. Dies erfordert einen variablen, den Tageslichtbedürfnissen angepassten Sonnenschutz.

Je grösser die Arbeitsplatzdichte und die Präsenz der Personen sowie die Geräteausstattung pro Person ist, desto höher ist die zu erwartende mittlere interne Wärmelast.

Energieeffiziente Elektrogeräte mit < 40 W pro Arbeitsplatz und eine Beleuchtung mit Abschaltautomatik nach Helligkeit und Präsenz können diese Lasten vermindern.

3.4 Glas

Bei Gebäuden mit hohem Glasanteil ist die Glasqualität und der Sonnenschutz entscheidend. Der mittlere U-Wert der Fassade (Glas, Glasrandverbund, Flügel- und Blendrahmen, Brüstungspaneel samt Rahmen, Aussenwand) muss unter 0,9 W/(m²·K) liegen, um den Wärmeverlust gering zu halten, einen guten Strahlungskomfort zu gewährleisten und bei hohen Fenstergläsern den Kaltluftabfall zu begrenzen. Bei hohen Gläsern in der Nähe von Personen sind zur Abminderung des Kaltluftabfalls sehr tiefe U-Werte des Glases und der

Rahmen erforderlich bzw. zusätzliche Massnahmen (Brüstung, geometrische Kaltluftabweiser, kompensierende Wärmeabgabesysteme usw.) nötig.

Bei U-Werten des Glases über $1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ und einem Glasanteil der Fassade über 50% ist die Einhaltung des Grenzwertes für den Heizenergiebedarf nach SIA 380/1 im Schweizer Mittelland nicht mehr möglich.

Das Glas allein muss bei Gebäuden mit hohem Glasanteil im Hinblick auf die Situation im Sommer einen geringen Gesamtenergiedurchlass ($0,3 < g < 0,45$) aufweisen, um die äusseren Wärmelasten (bei zeitweise geöffnetem Sonnenschutz) zu begrenzen.

Die direkte innere Wärmeabgabe der Glasfläche bei Globalstrahlung soll tief ($q_i < 0,1$) sein, um eine unbehaglich hohe innere Oberflächentemperatur des Glases zu vermeiden.

Der Tageslichtdurchgang soll möglichst hoch ($\tau_v > 0,5$) sein und damit die Nutzung der natürlichen Beleuchtung ermöglichen. Dies erfordert Gläser mit hoher Selektivität, d.h. einem guten Verhältnis von τ_v/g .

3.5 Sonnenschutz

Der Sonnenschutz soll bei einer Globalstrahlung von über $150 \text{ W}/\text{m}^2$ auf die jeweilige Glasfläche einen Schutz (zusammen mit dem Glas) von $g \leq 0,1$ aufweisen.

Für diese Sonnenschutzwirkung sind robuste, aussenliegende, bewegliche, motorisierte und automatisch nach Fassadenbestrahlung gesteuerte Storen (Textil oder Metalllamellen) am besten geeignet.

Wenn der Sonnenschutz zwischen den Gläsern angeordnet ist, wird seine Wirkung abgemindert und es ist eine spezielle Planung nötig: Der Zwischenraum der Gläser muss gut belüftet sein und das Glas zum Innenraum muss allein einen geringen U-Wert aufweisen. Wenn der Sonnenschutz innen am Glas eingebaut wird, vermindert sich seine Wirkung stark und es entstehen gravierende Wärmeprobleme (hohe innere Oberflächentemperatur).

Bei geschlossenem Sonnenschutz soll die Raumhelligkeit zur Arbeit (im vorderen Raumbereich) ohne künstliche Beleuchtung genügen, d.h. es muss ein Glas und Sonnenschutz mit möglichst gutem Tageslichtdurchgang (τ_v) eingesetzt werden.

Der Sonnenschutz muss mittlere Windgeschwindigkeiten von $40 \text{ km}/\text{h}$ (während 1 Stunde) und kurze Böen Spitzen von $75 \text{ km}/\text{h}$ (während 1 Sekunde) unbeschädigt aushalten.

Zudem ist zusätzlich der Blendschutz zur gleichmässigen Verteilung der Helligkeit im Raum z.B. mit inneren Gardinen sicherzustellen.

3.6 Gebäudemasse

Die Gebäudemasse in Wänden, offenen Decken und Böden kann in typischen Massivbauten mit über $300 \text{ kg}/\text{m}^2$ Gebäudefläche – wenn mehr als 50% der Raumboflächen thermisch aktiv sind – einen Beitrag zur Dämpfung des Innenraumklimas ausmachen. Böden, Wände und Decken sollen möglichst nicht mit wärmedämmenden Oberflächen bedeckt werden.

Die Bauteile müssen ab der Oberfläche nur bis in eine Tiefe von 10 cm hinein Speichermasse aufweisen, weil im Tagesgang nicht mehr Masse thermisch aktivierbar ist.

Bei genügend hoher thermisch aktiver Gebäudemasse sind Spitzen der sommerlichen Raumtemperaturen um 1°C bis 2°C tiefer.

3.7 Lüftung, Klimatisierung

Bei Gebäuden mit hohem Glasanteil ist eine künstliche Lüftung mit Primärluftkühlung nötig. Die Nachtlüftung im Sommer kann möglicherweise helfen, die maximalen Raumtemperaturen um 1°C bis 3°C zu reduzieren. In bestimmten Fällen sind bei hohen erforderlichen Kühlleistungen $> 20 \text{ W}/\text{m}^2$ neben der Primärluftkühlung zusätzlich auch wasserführende Flächenkühlelemente (Decken, Deckenkern, Wände usw.) nötig.

Bei einem Verzicht auf unnötig hohe Leistungen der Systeme und bei richtiger Anlagen- und Gebäudedisposition wird der thermische und elektrische Energieverbrauch nicht wesentlich durch einen hohen Glasanteil beeinflusst.

3.8 Vorgehen und Projektoptimierung

Schon im frühen Projektstand ist zu beurteilen, ob die Behaglichkeit gewährleistet werden kann. Zu berücksichtigen sind dabei der Glasanteil der Fassade (resp. das Verhältnis Glasfläche zu EBF), die Raumdisposition (Eckräume, kleine Räume mit geringer Raumtiefe), die Kombination von Verglasung und Sonnenschutz und die Lüftungs- und Kältetechnik. Erste Grobabschätzungen sind bereits im Skizzenzustand möglich.

Der frühzeitige Beizug von erfahrenen Fachleuten und allenfalls thermische Raumsimulationen für die Optimierung des Projektes in Bezug auf Behaglichkeit, Energieverbrauch und Investitionen sind zwingend.

3.9 Energieverbrauch und Umweltbelastung

Gebäude mit hohem Glasanteil sind zwingend mit höherer Technisierung (Lüftung, Klimatisierung, motorisierter und gesteuerter Sonnenschutz usw.) auszustatten, um die heute üblichen Behaglichkeitsanforderungen zu erfüllen.

Wenn die thermische Behaglichkeit eingehalten wird und dazu Fenster, Gläser und Aussenfassaden mit guten U-Werten ausgestattet werden, ist der Heizwärmebedarf meistens bereits sehr tief und die Wärmeenergiekosten relativ gering. Die kritische energetische und ökonomische Einflussgrösse stellt der elektrische Energieverbrauch dar. Dabei ist in den meisten Fällen bei guter Planung der elektrische Energieverbrauch für Beleuchtung und Bürogeräte dominierend, derjenige für Lüftung und Kühlung von geringerer Bedeutung.

Bei richtiger Planung und Disposition sind der Energieverbrauch für Heizung und Elektrizität sowie die jährlichen Energiekosten bei Gebäuden mit hohem Glasanteil nicht höher als bei anderen vergleichbaren Gebäuden.

4 Vorgehen

4.1 Frühzeitige Problemerkennung

Viele anspruchsvolle Projekte von Gebäuden mit hohem Glasanteil scheitern, weil die Planung nicht richtig abläuft, d.h. weil in einer frühen Phase falsche Grundsatzentscheidungen gefällt und nicht mehr korrigiert werden. Gebäude mit hohem Glasanteil sind planungsintensiver und erfordern den Beizug von geeigneten Spezialisten. Es wird folgendes Vorgehen im Sinne der integralen Planung empfohlen.

Tabelle 1 Vorgehensmodell

	Besteller	Planungsteam	Bewilligung	Ausführung	Betreiber	Benützer
Z e i t a b l a u f	Aufgabenstellung	Raumprogramm				
	Vorgaben Qualität, Zeit, Kosten, Energie, Behaglichkeit, Risiken	Vorstudien: Gebäudekonzept				
		Vorprojekt: Raum- und Materialkonzept				
		Behaglichkeitsstudie 1: generelle Konfiguration mit Fassaden-U _m -Wert und Risiko Übererwärmung				
	Budgetgenehmigung	Kosten				
		Projekt: Technikkonzept	Plankontrolle			
		Behaglichkeitsstudie 2: kritische Räume im Detail				
			Nachweis SIA 380/1, Thermische Energie			
			Nachweis SIA 380/4, Elektrische Energie			
			Nachweis SIA 180, thermische Behaglichkeit und Feuchte			
			Nachweis SIA 382, Klimaanlage			
		Detailstudien				
	Vergabe	Submission		Werkvertrag mit Qualitätsanforderungen, Messvorschriften		
				Bau und Montage		
	Qualitätskontrolle			Einregulierung		Bezug
			Ausführungskontrolle	Abnahme, Messung	Instruktion Hauspersonal	Schulung
			Einregulierung Sommer- / Winterperiode	Unterstützung Hauspersonal		
	Messprotokolle: Auswertung				Befragung	
	Nachbesserungsauftrag		Nachbesserung		Benutzerorientierung	

Die schwerwiegendsten Probleme bei Gebäuden mit hohem Glasanteil entstehen bei unklaren Vorgaben des Bestellers, beim Beizug von ungeeigneten Planern und Spezialisten und bei mangelhafter und später Orientierung der Bauherrschaft durch die Gesamtleitung über allfällige Risiken, Behaglichkeitseinbussen usw.

Die gesetzlichen und normativen Vorgaben sind eindeutig. Neben den energetischen Nachweisen (SIA 380/1, Thermische Energie, und SIA 380/4, Elektrische Energie), dem Bedarf für Klimaanlage (SIA 382/3)

werden direkt und indirekt auch Nachweise für die Behaglichkeit und die Feuchte (in Materialien und an Oberflächen von Elementen) für den Sommer- und Winterfall nach SIA 180 explizit verlangt bzw. als Stand der Technik erwartet. Der Nachweis für den Bedarf einer Klimaanlage gemäss SIA 382/3 stellt dabei keineswegs schon eine Prüfung der Behaglichkeit dar.

Ein wichtiger Punkt ist die Abnahme bzw. Einregulierung und Übergabe der haustechnischen Anlagen an die Betreiber bzw. Benützer und deren Orientierung. Meistens sind die eigentlichen Benützer nicht über die Anlage und deren optimale Betriebsweise mit geeigneten schriftlichen Unterlagen orientiert.

In einer ersten Untersuchung (siehe Ziffer 4.2) können Gebäude und Räume mit hohem Glasanteil ermittelt werden. Mit einer Grobabschätzung des mittleren Tageswertes der Summe innerer und äusserer Wärmelasten pro Raumfläche (EBF) kann in einer frühen Projektphase eine erste Risikobeurteilung gemacht werden. Dazu müssen die kritischen Räume ermittelt werden:

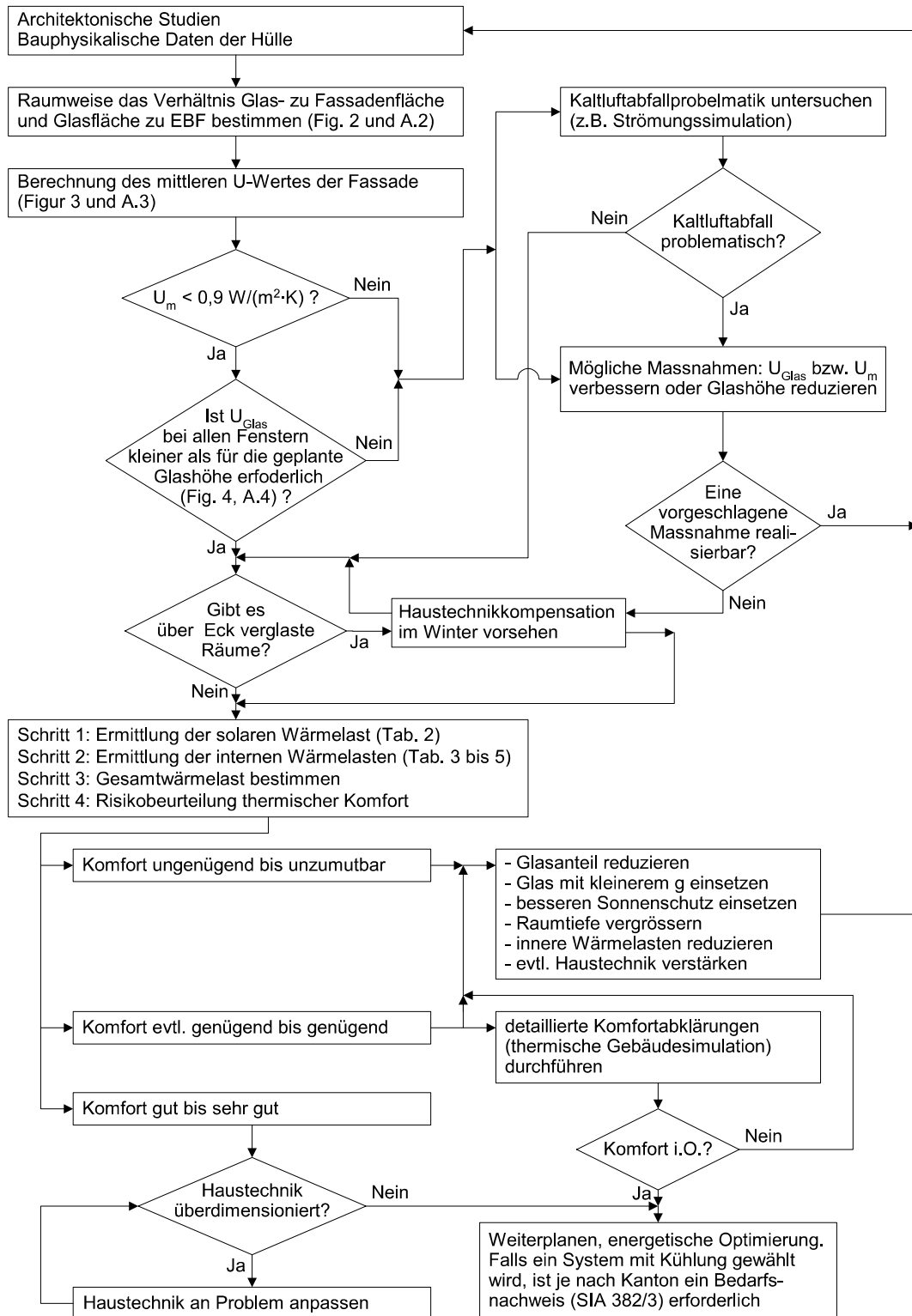
- Räume mit mehr als 50% durchsichtigem Glasanteil der Fassade oder mehr als 30% Glasfläche bezogen auf die EBF einzelner Räume,
- kleine Räume,
- Räume mit weniger als 4 m Raumtiefe,
- über Eck belichtete Räume,
- Räume mit hohen Innenlasten.

4.2 Einfaches Vorgehen

(siehe Figur 1)

- Geometrische Überprüfung der Gebäudehülle für die Zuordnung zur Kategorie der Gebäude und Räume mit hohem Glasanteil und für den Kaltluftabfall im Winter (Blatt A)
- Ermittlung der gesamten Wärmelasten an einem mittleren Tag im Sommer ($20^{\circ}\text{C} < t_{a \text{ max}} \leq 30^{\circ}\text{C}$) (Blatt B)
- Risikobeurteilung des thermischen Komforts im Sommer (Blatt C)
- Hinweise für die energetische Optimierung der Gebäudehülle und der Haustechniksysteme Wärme/Kälte, Elektro (Blatt D)

Figur 1 Vorgehensweise für eine erste Risikoabschätzung des thermischen Komforts in Gebäuden mit hohem Glasanteil



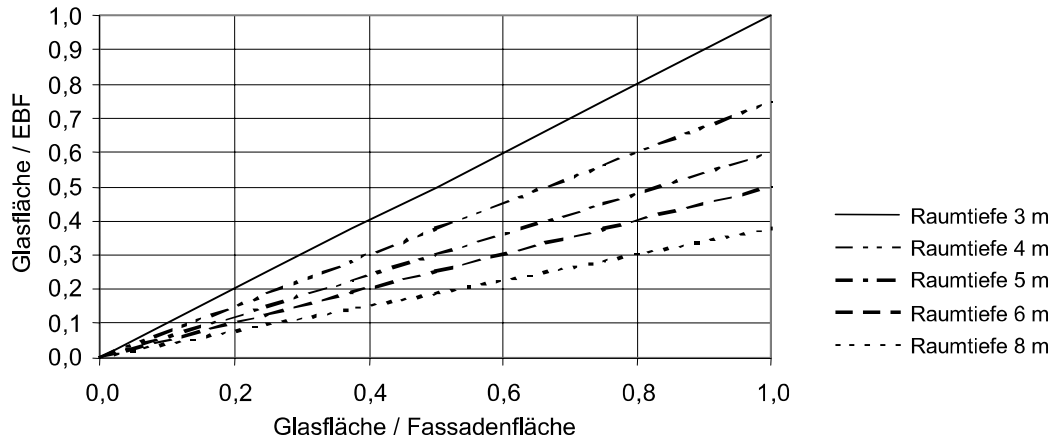
Die Methode ist anwendbar für Standorte im Schweizer Mittelland für die in Tabelle 6 genannten Haustechniksysteme. Wenn die Abklärungen keine Räume mit einem Verhältnis der Glas- zur Fassadenfläche über 50% und mit einem Verhältnis der Glas- zur Energiebezugsfläche über 30% ergeben, kann ohne zusätzliche Untersuchungen weiter geplant werden.

Ein detaillierter Nachweis der thermischen Behaglichkeit nach SIA 180 muss in jedem Fall in den weiteren Projektphasen durchgeführt werden.

Blatt A Geometrische Überprüfung der Gebäudehülle

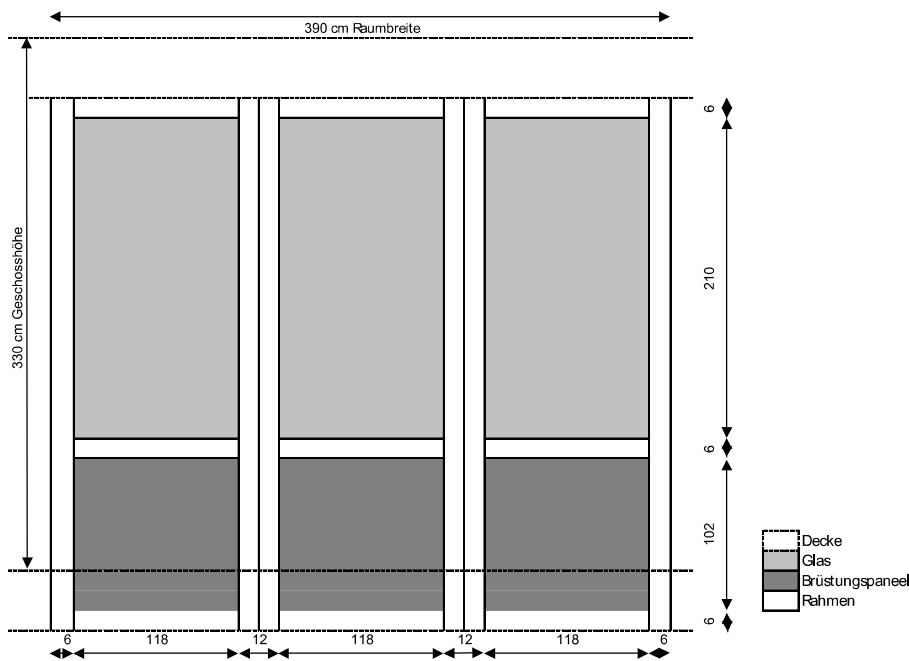
A.1 Verhältnis Glas-, Fassaden- und Energiebezugsfläche

Figur 2 Zusammenhang zwischen Glasfläche, Fassadenfläche, Energiebezugsfläche (EBF) und Raumtiefe (gilt für Räume mit einer Fensterfassade, OK–OK 3,0 m)



A.2 Ermittlung Glasanteil an der Fassade (Beispiel)

Figur 3 Fassadenausschnitt: Beispiel für die Berechnung des Glasanteils und des mittleren U-Wertes U_m



A_{tot}	Fassadenfläche	3,30 x 3,90	12,87 m ²
A_g	Glasfläche	3 x (2,10 x 1,18)	7,43 m ²
A_g / A_{tot}	Glasanteil an der Fassade		58%
Raumtiefe			4,20 m
EBF	Mittelraum	3,9 x 4,20	16,38 m ²
A_g / EBF	Glasanteil an der Energiebezugsfläche		45%

Damit liegt das obige Beispiel einer Leichtfassade (mit geschlossenen Fenstern) sowohl in Bezug auf die Fassadenfläche A_g / A_{tot} über der Grenze von 50% und in Bezug auf den einzelnen Raum A_g / EBF über der Grenze von 30% und zählt somit zur Kategorie der Gebäude und Räume mit hohem Glasanteil.

A.3 Bestimmung des U_m -Wertes der Fassade (Beispiel)

Die Berechnung von U_m dient der groben Überprüfung der Eigenschaften der Glasfassade im Winter und ermöglicht die Variation des Glasanteils und der U-Werte sowie der Linienzuschläge der einzelnen Elemente. Sie erfolgt unter Berücksichtigung der einzelnen U-Werte (Glas, Brüstungspaneel, Rahmen von Fenster und Brüstungspaneel) sowie der Linienzuschläge (Glasrandverbund, Brüstungspaneelrand, evtl. Wandanschluss) gemäss Merkblatt SZFF 41.10.

Der Wert U_m der Leichtfassade in Figur 3 berechnet sich wie folgt:

Annahmen:

A_g	Glasfläche	$(1,18 \times 2,10) \times 3$	7,43 m ²
A_f	Fensterrahmenfläche	$2 \times (2,10 + 0,12 + 1,18) \times 0,06 \times 3$	1,22 m ²
A_p	Brüstungspaneelfläche	$(1,18 \times 1,02) \times 3$	3,61 m ²
A_{pf}	Brüstungsrahmenfläche	$(1,18 + 0,12 + 2 \times 1,02) \times 0,06 \times 3$	0,60 m ²
A_{tot}	Totale Ansichtsfläche des betrachteten Fassadenausschnitts		12,87 m ²
U_g	U-Wert Glas	2-IV 3-IV	1,1 W/(m ² ·K) 0,6 W/(m ² ·K)
U_f	U-Wert Fensterrahmen und Brüstungspaneelrahmen		1,9 W/(m ² ·K)
U_p	U-Wert Brüstungspaneel		0,3 W/(m ² ·K)
Ψ_g	Linienzuschlag Randverbund Glas		0,05 W/(m·K)
Ψ_p	Linienzuschlag Rahmen Brüstungspaneel		0,10 W/(m·K)
L_g	Massgebende Länge Randverbund Glas	$2 \times (2,10 + 1,18) \times 3$	19,68 m
L_p	Massgebende Länge Rand Brüstungspaneel	$2 \times (1,18 + 1,02) \times 3$	13,20 m

Berechnung:

$$U_m = \frac{A_g \times U_g + A_f \times U_f + A_p \times U_p + A_{pf} \times U_f + \Psi_g \times L_g + \Psi_p \times L_p}{A_{tot}} \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Ergebnis:

2-IV-Glas $U_{m-2} = 1,17 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$
 3-IV-Glas $U_{m-3} = 0,88 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

Beurteilung:

Die Anforderung von $U_m < 0,9 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ ist damit in obigem Beispiel beim 3-IV-Glas erfüllt, beim 2-IV-Glas nicht erfüllt.

Für noch nicht definierte Fenster- und Brüstungspaneelrahmen muss mit folgenden Werten U_f gerechnet werden:

	U_f W/(m ² ·K)	beste Werte W/(m ² ·K)
Holz	1,9	1,4
Holz-Metall	1,9	1,4
Kunststoff	2,5	1,9
wärme gedämmte Metallprofile	3,3	1,9

Für Fassaden mit Anschlüssen an Mauerwerk sind die entsprechenden Linienzuschläge zu berücksichtigen.

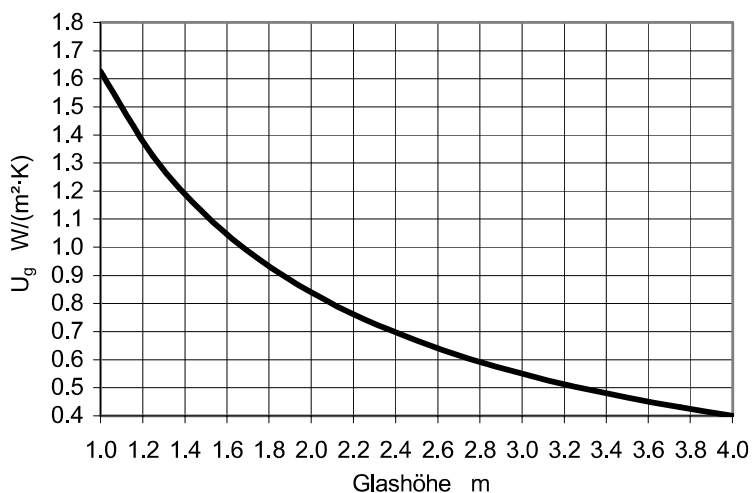
Für noch nicht definierten Glasrandverbund, Brüstungspaneelrand und Mauerwerkanschluss muss mit folgenden Linienzuschlägen Ψ gerechnet werden:

		Ψ	beste Werte
		W/K	W/K
Glasrandverbund	Aluminium	0,11	0,07
	Edelstahl	0,07	0,05
	Kunststoff	0,06	0,03
Brüstungspaneelrand		0,30	0,10
Mauerwerksanschluss		0,40	0,20

A.4 Ermittlung des maximal zulässigen Glas-U-Wertes

Die Ermittlung des maximal zulässigen Wertes des Glases U_g in Abhängigkeit der Fensterglashöhe dient der Klärung allfälliger Probleme mit dem Kaltluftabfall im Winter. Je höher die Verglasung, je höher U_g und je tiefer die massgeblichen Aussentemperaturen, desto grösser sind die Risiken einer Störung des thermischen Komforts im Winter für Personen in der Zone bis ca. 2 m Abstand vom Fenster.

Figur 4 Maximal zulässiger Glas-U-Wert U_g in Abhängigkeit der Glashöhe zur Vermeidung von Komfortproblemen bei Kaltluftabfall



Gültig für Klima Schweizer Mittelland (t_a -8°C, t_i +20°C), glatte innere Fassadenoberfläche (ohne vorstehenden Sims), Abstand 1 m zum Glas, normale interne Wärmelasten. Gilt nicht für über Eck verglaste Räume.

Als Komfortgrenze wurde ein PPD-Wert von 10% für den am Boden fließenden Kaltluftstrom definiert.

Bei der im Beispiel (Figur 3) gewählten Glashöhe von 2,1 m wird die Anforderung gemäss Figur 4 zur Vermeidung von Komfortproblemen bei Kaltluftabfall mit dem 3-IV-Glas ($U_g = 0,6$) erfüllt, mit dem 2-IV-Glas ($U_g = 1,1$) nicht erfüllt.

Blatt B Ermittlung der gesamten Wärmelasten

Schritt 1: Abschätzung der mittleren solaren Wärmelast

Tabelle 2 Mittlere Tagessummen der Globalstrahlung im Sommer für das Schweizer Mittelland

Mittlere Tagessummen der Globalstrahlung G in Wh/(m ² ·d) im Sommer für Aussenlufttemperaturen 20°C < t _{a max} ≤ 30°C			
Orientierung	Sonnenschutz offen G _{offen} (unter 150 W/m ²)	Sonnenschutz geschlossen G _{geschl.} (über 150 W/m ²)	Total (ohne Sonnenschutz)
Nord	1'183	521	1'704
Nordost	744	1'607	2'351
Ost	598	2'692	3'290
Südost	510	3'184	3'694
Süd	377	3'194	3'571
Südwest	507	3'145	3'652
West	617	2'646	3'263
Nordwest	768	1'585	2'353
Horizontal	244	5'402	5'646

Gültig für: Standorthöhe Schweizer Mittelland < 600 m ü.M. (Basis: Kloten DRY)
Sonnenschutz geschlossen, wenn Globalstrahlung auf entsprechender Fassade > 150 W/m²
Albedowert für Bodenreflexion 0,20

Diese mittleren Tagessummen dürfen nicht für Dimensionierungsrechnungen verwendet werden. Für die Dimensionierung sind die Strahlungswerte gemäss SIA 384/2 zu verwenden.

Berechnung der mittleren täglichen solaren Wärmelast im Raum Q_{solar}

Q_{solar}	(g_{⊥ Glas} × F_w × G_{offen} + g_{geschl.} × G_{geschl.}) × A_g / EBF	Wh/(m²·d)
Q _{solar}	Mittlere tägliche solare Wärmelast im Raum	Wh/(m ² ·d)
g _{⊥ Glas}	g-Wert der Verglasung bei vertikalem Einfallswinkel	–
F _w	g-Wert-Korrekturfaktor für nicht senkrechten Einfallswinkel	ca. 0,85
G _{offen}	Tagessumme der Globalstrahlung (Sonnenschutz offen)	Wh/(m ² ·d)
g _{geschl.}	g-Wert Verglasung und Sonnenschutz	–
G _{geschl.}	Tagessumme der Globalstrahlung (Sonnenschutz geschlossen)	Wh/(m ² ·d)
A _g	Glasfläche	m ²
EBF	Energiebezugsfläche (Bruttogeschossfläche des Raumes)	m ²

Diese Berechnung muss bei zweiseitig verglasten Eckräumen für die beiden Fassaden separat durchgeführt und dann addiert werden.

Schritt 2: Abschätzung der internen Wärmelasten Q_i

Tabelle 3 Interne Wärmelasten Personen und Elektrogeräte q_{int} in W/m^2 Nutzfläche

Belegungsdichte in $m^2/Person$	Technisierung in W/Person		
	tief 50	mittel 100	hoch 200
schwach 20	7	9	14
mittel 10	13	18	28
hoch 5	26	36	56

Tabelle 4 Installierte Beleuchtungsleistung q_{Bel} in W/m^2 Nutzfläche (ab 4 m Raumtiefe)

Beleuchtungsstärke in Lux	q_{Bel}
300	8
400	10
500	12

Tabelle 5 Nutzungszeiten t_{int} und t_{Bel} in Stunden pro Tag

	Einzelbüro	Gruppenbüro	Grossraumbüro
Personen + Elektrogeräte t_{int}	9	7	6
Beleuchtung t_{Bel}	9	12	12

Total interne Wärmelast Q_{int}

$$Q_{int} = 0,9 \times (q_{Bel} \times t_{Bel} \times A_{IZ} / EBF + q_{int} \times t_{int}) \quad Wh/(m^2 \cdot d)$$

0,9	Umrechnungsfaktor Nutzfläche auf EBF	–
q_{Bel}	Installierte Beleuchtungsleistung der Innenzone	W/m^2
t_{Bel}	Nutzungszeit Beleuchtung der Innenzone (> 4 m)	h/d
A_{IZ}	Hintere Nutzfläche der Innenzone (> 4 m Raumtiefe)	m^2
EBF	Energiebezugsfläche	m^2
q_{int}	Interne Wärmelast Personen und Elektrogeräte	W/m^2
t_{int}	Nutzungszeit Personen und Elektrogeräte	h/d

Schritt 3: Gesamtwärmelast Q_{total}

$$Q_{total} = Q_{solar} + Q_{int} \quad Wh/(m^2 \cdot d)$$

Blatt C Risikobeurteilung des thermischen Komforts im Sommer

Die Methode ermöglicht eine erste grobe Risikoabschätzung für den kritischen Temperaturbereich der mittleren sommerlichen Aussenlufttemperatur $20^{\circ}\text{C} < t_{a \max} \leq 30^{\circ}\text{C}$ im Schweizer Mittelland. Die angegebene Streubreite der maximalen Raumlufttemperaturen entspricht der Variation der in der erwähnten Untersuchung simulierten Fälle.

Die Hitzetage mit Aussenlufttemperaturen $> 30^{\circ}\text{C}$ sind entsprechend SIA 382 nicht berücksichtigt. Die angegebenen maximalen Raumlufttemperaturen erhöhen sich an diesen Tagen in einer ersten Näherung um ca. 0,5 bis 1,0 K.

Diese vereinfachte Methode vernachlässigt in einer ersten Näherung die thermischen Verluste (Transmission der Gebäudehülle) des Raumes. Bei den Strahlungsdaten werden die mittleren Tagessummen der Globalstrahlung für den betrachteten Bereich der Aussentemperatur verwendet.

Die Tabelle 6 erlaubt eine erste Abschätzung des zu erwartenden thermischen Komforts für Räume an der Aussenfassade in Abhängigkeit der berechneten gesamten Wärmelast (solar und intern) und des gewählten Lüftungs- und Kühlsystems (Typ 0, 1, 2 oder 3). Die Beurteilung gilt für Räume mit einer thermisch aktiven Decke (Masse mehrheitlich ohne Abdeckung; für Luftströmung offen). Frühzeitige Behaglichkeitsuntersuchungen und thermische Gebäudesimulationen werden in allen Fällen, die bei der Beurteilung des Komforts mit «genügend» oder «evtl. genügend» bezeichnet sind, sowie bei leichten Räumen dringend empfohlen. Die Risikoabschätzung dient nicht für eine Dimensionierung der kritischen Anlageneleistungen.

Tabelle 6 Matrix zur Risikobeurteilung des thermischen Komfort im Sommer (Schweizer Mittelland)

	Mittlere Tagessumme der Gesamtwärmelast (solare und interne Wärmelasten) Q_{total} in $\text{Wh}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$			
	150	250	350	450
System für Lüftung und Kühlung	Risikobeurteilung des thermischen Komforts und Beurteilung der Systemwahl			
0 Nur Fensterlüftung**				
Komfort Fensterlüftung tags	evtl. genügend	ungenügend	unzumutbar	unzumutbar
Wahl Haustechnik-System	evtl. genügend	ungenügend	ungenügend	ungenügend
1 Mech. Lüftung + Nachtlüftung Luftwechselrate $2,0 \text{ h}^{-1}$	28°C bis 29°C	29°C bis 31°C	30°C bis 32°C	31°C bis 34°C
Komfort ohne Fensterlüftung tags	evtl. genügend	ungenügend	unzumutbar	unzumutbar
Komfort mit Fensterlüftung tags**	genügend	evtl. genügend	ungenügend	unzumutbar
Wahl Haustechnik-System	angemessen	evtl. genügend	ungenügend	ungenügend
2 wie 1 + Primärluftkühlung	26°C bis 27°C	27°C bis 29°C	28°C bis 31°C	29°C bis 33°C
Komfort ohne Fensterlüftung tags	gut	genügend	ungenügend	unzumutbar
Komfort mit Fensterlüftung tags**	sehr gut	gut	evtl. genügend	ungenügend
Wahl Haustechnik-System	optimal	angemessen	evtl. genügend	ungenügend
3 wie 2 + Zusatzkühlung tags mit $20 \text{ W}/\text{m}^2$	$<< 26^{\circ}\text{C}$	$< 26^{\circ}\text{C}$	26°C bis 27°C^*	27°C bis 28°C^*
Komfort ohne Fensterlüftung tags	gut	gut	genügend*	ungenügend*
Komfort mit Fensterlüftung tags**	gut	sehr gut	gut	evtl. genügend*
Wahl Haustechnik-System	überdimensioniert	optimal	angemessen	evtl. genügend*

* Bei hohen Gesamtlasten muss die Zusatzkühlung (Leistung und/oder Laufzeit) entsprechend erhöht werden, um den gewünschten thermischen Komfort zu erreichen.

** Die unterstützende Fensterlüftung tagsüber muss am gegebenen Standort (Lärmbelastung) machbar sein: Die Angaben betreffend dem zu erzielenden thermischen Komfort setzen eine angemessene manuelle Bedienung durch die Benutzer voraus. Zudem muss die zu öffnende Fensterfläche eine minimale Abmessung ($> 3\%$ EBF) aufweisen.

Blatt D Hinweise für die energetische Optimierung der Gebäudehülle und der Haustechniksysteme

Um die Gesamtwärmelast des betrachteten Raumes zu senken, stehen folgende bauliche und technische Massnahmen zur Verfügung:

- Reduktion des Glasanteils der Fassade,
- Reduktion des g-Wertes der Verglasung,
- Reduktion des g-Wertes der Kombination Verglasung und Sonnenschutz,
- Vergrösserung der Raumentiefe bzw. der Bezugsfläche (EBF) kritischer Räume,
- Reduktion der internen Wärmelasten (Personen, Elektrogeräte, Beleuchtung).

Die in der Tabelle 6 berücksichtigten mechanischen Lüftungssysteme weisen einen Luftwechsel von $2,0 \text{ h}^{-1}$ auf (Montag bis Freitag: Taglüftung 7 Uhr bis 19 Uhr; Zulufttemperatur 18°C); restliche Zeit mit Nachtlüftung (wenn sinnvoll). Werden Lüftungssysteme mit wesentlich anderen Luftwechselzahlen, Laufzeiten und Zulufttemperaturen eingesetzt, muss deren Wirkung mit einer thermischen Gebäudesimulation ermittelt werden.

Die Wärmeabfuhr allein über ein Luftsystem ist nur zweckmässig, wenn der dazu erforderliche Luftvolumenstrom im hygienisch erforderlichen Bereich bleibt. Bei höheren Wärmelasten ist ein ergänzendes Wassersystem (Kühldecken, thermoaktives Bauteilsystem) vorzusehen, welches eine energieeffiziente und komfortable Kühlung (und evtl. Heizung) bei kleineren Temperaturdifferenzen ermöglicht.

Literatur und Quellen

- SIA 180 Norm: Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau (1999; mit Korrigenda 2000)
- SIA 380/1 Norm: Thermische Energie im Hochbau (2001)
- SIA 380/4 Norm: Elektrische Energie im Hochbau (1995)
- SIA V 382/1 Empfehlung: Technische Anforderungen an Lüftungstechnische Anlagen (1992)
- SIA V 382/2 Empfehlung: Kühlleistungsbedarf von Gebäuden (1992)
- SIA V 382/3 Empfehlung: Bedarfsermittlung für Lüftungstechnische Anlagen (1992)
- D 088 SIA-Dokumentation: Kühlleistungsbedarf von Gebäuden (1992)
- D 0166 SIA-Dokumentation: Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau (2001)
- D 0170 SIA-Dokumentation: Thermische Energie im Hochbau (2001)
- D 0176 SIA-Dokumentation: Gebäude mit hohem Glasanteil (2002)
- M. Koschenz, B. Lehmann: Thermoaktive Bauteilsysteme, Dübendorf 2000
- M. Zimmermann: Handbuch der passiven Kühlung, Dübendorf 1999
- Clima-Suisse, BFE: Lüftung von grossen Räumen, Handbuch für Planer, Bern 1997
- SZFF-Richtlinie 41.10: Berechnung des k-Wertes von Leichtbaufassaden, Zürich 1994

Verfasser Conrad U. Brunner, Architekt SIA, Zürich
Thomas Baumgartner, HLK-Ing. SIA, Dübendorf
Daniel Brühwiler, Phys., Fällanden
Thomas Frank, Bauing. SIA, Zürich
Paul Schneiter, Masch.-Ing., Hedingen
Urs Steinemann, HLK-Ing. SIA, Wollerau

Genehmigung und Inkrafttreten

Das vorliegende Merkblatt SIA 2021, *Gebäude mit hohem Glasanteil – Behaglichkeit und Energieeffizienz*, wurde von der Zentralkommission für Normen und Ordnungen des SIA am 21. Mai 2002 genehmigt.

Es tritt am 1. Oktober 2002 in Kraft.

Copyright © 2002 by SIA Zurich

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe (Photokopie, Mikrokopie, CD-ROM usw.), der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und das der Übersetzung, sind vorbehalten.