



Technologieleitfaden Sonnenschutzsysteme



Magistratsabteilung 27
EU-Strategie und
Wirtschaftsentwicklung

StaDt  Wien

Wien ist anders.



Effiziente Technik

Impressum:

Erstellt durch Dipl. Umwelt-Natw. ETH Márton Varga (e7 Energie Markt Analyse GmbH), mit inhaltlichen Beiträgen von Ing. Johann Gerstmann (SLS Praun Gerstmann GmbH) sowie DI Christoph Kuh und DI (FH) Gerhard Hofer (e7 Energie Markt Analyse GmbH).

Eigentümer, Herausgeber: MA 27, EU-Strategie und Wirtschaftsentwicklung, Energie und SEP-Koordination
Schlesingerplatz 2, 1082 Wien, E-Mail: post@ma27.wien.gv.at, www.sep.wien.at

Layout: Jürgen Brües/altanoite.com **Coverfoto:** Manfred Seidl **Druck:** AV+Astoria Druckzentrum GmbH, Wien

Verlags- und Herstellungsort: Wien, Juni 2010

Gedruckt auf ökologischem Papier aus der Mustermappe von „ÖkoKauf Wien“

Technologieleitfaden **Sonnenschutzsysteme**

erstellt durch

Márton Varga
e7 Energie Markt Analyse GmbH

mit inhaltlichen Beiträgen von
Johann Gerstmann, SLS Praun Gerstmann GmbH
sowie Christoph Kuh und Gerhard Hofer
e7 Energie Markt Analyse GmbH

Juni 2010

im Auftrag der MA 27,
EU-Strategie und Wirtschaftsentwicklung

Zielsetzung des Technologieleitfadens	6
1 Einleitung	7
2 Wozu Sonnenschutz?	9
3 Funktionale Anforderungen an Sonnenschutzsysteme	11
3.1 Thermischer Komfort	11
3.1.1 Sonnenschutz: Schutz vor sommerlicher Überhitzung	11
3.1.2 Nutzung solarer Wärmegewinne in der Heizperiode	11
3.2 Visueller Komfort	12
3.2.1 Tageslichtnutzung	12
3.2.2 Blendschutz	13
3.2.3 Sichtkontakt zur Außenwelt	13
4 Sonnenschutzsysteme am Markt	14
4.1 Funktionelle Einteilung nach Lage und Bedienbarkeit	15
4.2 Außen liegende, dynamische Sonnenschutzsysteme	16
4.2.1 Jalousien und Raffstore	16
4.2.2 Lichtlenkjalousien	18
4.2.3 Rollläden und Tageslichtrollläden	20
4.2.4 Fassadenmarkisen und Markisoletten	22
4.3 Außen liegende, statische Sonnenschutzsysteme	24
4.3.1 Feststehende horizontale Elemente	24
4.3.2 Feststehende vertikale Elemente	26
4.4 Innen liegende, dynamische Sonnenschutzsysteme	28
4.5 Permanenter Sonnenschutz mit Sonnenschutzglas	30
4.6 Fassadenintegration	32
4.6.1 Sonnenschutz außen an der Fassade	32
4.6.2 Doppelfassade mit Sonnenschutz im Fassadenzwischenraum	32
4.6.3 Verbundfenster mit integriertem Sonnenschutz	33
4.6.4 Sonnenschutz im Kastenfenster	34
4.6.5 Innen liegender Sonnenschutz	34
4.7 Steuerung	35
4.8 Entscheidungsgrundlagen zur Systemwahl	36
4.8.1 Ästhetik	36
4.8.2 Bauphysikalische Gegebenheiten	36
4.8.3 Funktionale Erfordernisse	37
4.8.4 Übersichtstabelle Sonnenschutzsysteme	38

5	Neuentwicklungen	40
5.1	Weiterentwicklung von Sonnenschutzsystemen	40
5.1.1	Verbesserte Tageslichtnutzung	40
5.1.2	Verbesserte Windfestigkeit	42
5.2	Neue Technologien	44
5.2.1	Variables Sonnenschutzglas	44
5.2.2	Sonnenschutzfolien	44
5.2.3	Sonnenschutzintegrierte Photovoltaik- oder solarthermische Systeme	45
5.2.4	Transparente Wärmedämmung mit Phasenwechselmaterialien	46
6	Energieverbrauch und Wirtschaftlichkeit	47
6.1	Modellrechnung	47
6.2	Auswirkungen auf den Energiebedarf	48
6.3	Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit	48
6.4	Auswirkungen auf den Innenraumkomfort	50
7	Weitere Möglichkeiten passiver Kühlung	51
8	Beispielgebäude	52
8.1	Feststehende horizontale Sonnenschutzelemente im ENERGYbase	52
8.2	Lichtlenkjalousien in der Doppelfassade des UNIQA Towers	54
8.3	Außen liegender Sonnenschutz im Schulbau: Beispiele aus Neubau und Sanierung	56
9	Abkürzungsverzeichnis und Begriffsdefinitionen	58
10	Literatur- und Normenverzeichnis	60
10.1	Rechtsgrundlagen und Normen	60
10.1.1	EU-Richtlinien	60
10.1.2	Österreichische Rechtsgrundlagen	60
10.1.3	Wichtige Normen und Richtlinien	60
10.2	Verwendete Literatur	61
10.3	Weiterführende Literatur	61

Zielsetzung des Technologieleitfadens

Dieser Leitfaden richtet sich in erster Linie an Bauherren, Investoren und PlanerInnen von Dienstleistungsgebäuden, mit den folgenden Zielen:

- die Zusammenhänge zwischen Sonnenschutz, Blendschutz, Tageslichtversorgung und Energiebedarf für Heizung und Kühlung zu erklären;
- die Funktionsweise, sowie Vor- und Nachteile der am meisten verwendeten Sonnenschutzsysteme aufzuzeigen, und damit
- die Auswahl des geeigneten Sonnenschutzsystems für ein Planungsvorhaben zu erleichtern.

1 Einleitung

Der Energiebedarf für Gebäudekühlung steigt seit einigen Jahrzehnten immer mehr an. Umfassende internationale Studien sagen eine Vervierfachung des Kühlenergiebedarfs innerhalb von 30 Jahren voraus (Adnot *et al.*, 1999; 2003). Gemäß der Internationalen Energieagentur gehört Gebäudekühlung sogar zu den am schnellsten wachsenden Stromverbrauchssegmenten überhaupt (International Energy Agency, 2004).

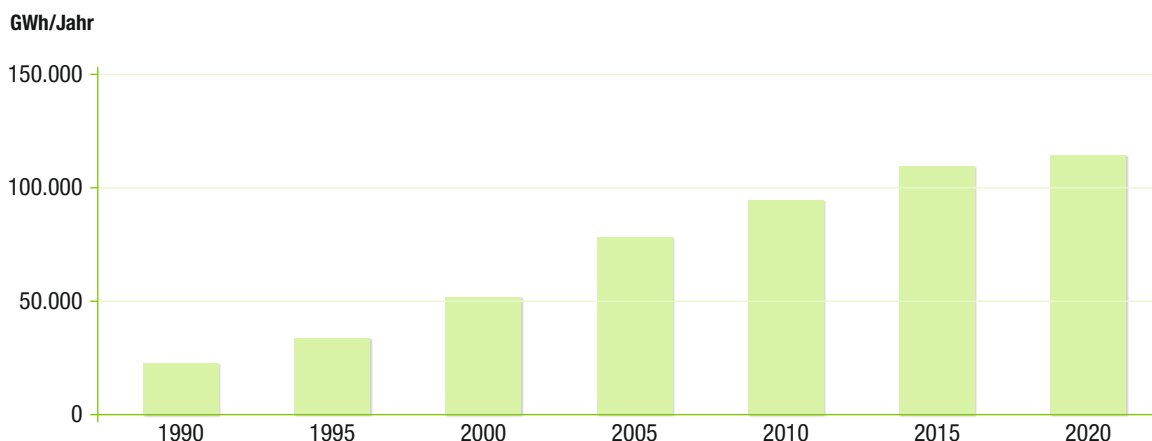


Abb. 1 Entwicklung des Kühlenergiebedarfs in der EU-15 zwischen 1990 und 2020 (Vorhersage aus Adnot *et al.*, 2003, S. 21)

Doch warum ist das so? Neben der Klimaerwärmung, die bei den Prognosen eine große Rolle spielt, gibt es einige handfestere Gründe: Erstens sind mit dem Siegeszug der Informationstechnologie neue Wärmequellen in Bürogebäude eingezogen, die für hohe interne Wärmelasten sorgen. Gleichzeitig hat sich auch die Architektur von Bürogebäuden verändert: Moderne Bürogebäude verfügen häufig über großzügige Glasfassaden und einen leichten Innenausbau, die beide der thermischen Qualität des Gebäudes entgegenwirken. Beides zusammen bewirkt, dass moderne Bürogebäude selten ohne Klimatisierung auskommen.

Dabei wäre im heutigen mitteleuropäischen Klima ein Bürogebäude ohne mechanische Kühlung ohne Weiteres möglich. Voraussetzung dazu ist allerdings die konsequente Reduktion des Kühlbedarfs. Neben der Optimierung des Glasflächenanteils und der Nutzbarmachung der thermischen Masse des Gebäudes spielt dabei der Sonnenschutz eine zentrale Rolle. Durch einen adäquaten Sonnenschutz kann auch bei großen Glasflächen die Sonneneinstrahlung in das Gebäude und damit der so genannte außeninduzierte Kühlbedarf minimiert werden. Gleichzeitig kann man genau beim Sonnenschutz große Fehler begehen: So kann der falsche Sonnenschutz dazu führen, dass nicht nur unnötig viel Wärme von der Sonne in die Räume gelangt, sondern diese auch noch verdunkelt werden und somit auch an hellen Tagen künstlich beleuchtet werden müssen – Beleuchtung, die nicht nur selbst Strom verbraucht, sondern zusätzlich auch Wärme entwickelt, so dass das Gebäude im Endeffekt noch mehr gekühlt werden muss als ohne Sonnenschutz.

Solche Fehler vermeiden zu helfen, ist das Ziel des vorliegenden Leitfadens. Doch nicht nur dieser Leitfaden, auch Regelungen auf unterschiedlichen Ebenen plädieren für eine Reduktion des Kühlenergiebedarfs von Gebäuden. So verpflichtet die Europäische Gebäuderichtlinie die Mitgliedsstaaten, unter anderem auch Mindestanforderungen für die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden zu erlassen. Als nationale Umsetzung dieser Richtlinie in den österreichischen Bauordnungen sieht die OIB-Richtlinie 6

seit 2009 erstmals eine Begrenzung des außeninduzierten Kühlbedarfs für Nichtwohngebäude vor. Die Grenzwerte sind so gesetzt, dass sie bei einem hohen Glasflächenanteil nur mit einem adäquaten Sonnenschutz eingehalten werden können.

.....

In Wien wird im Bereich der Dienstleistungsgebäude eine dreistufige Strategie verfolgt, um den Energiebedarf für Klimatisierung niedrig zu halten:

1. Zu allererst soll in Zukunft Kühlbedarf durch bauliche Maßnahmen von vorne herein weitgehend vermieden werden. Dazu zählt insbesondere die optimale Auswahl von Sonnenschutzsystemen. Die wichtigsten Informationsgrundlagen hierfür sind in diesem Leitfaden enthalten.
2. Falls Vermeidungsmaßnahmen alleine nicht ausreichen, ist der Anschluss an das Fernkältenetz zu empfehlen. Hier soll der erfolgreiche Weg weitergeführt werden, den Wien bereits vor über 40 Jahren mit dem Ausbau der Fernwärme beschritten hat. Fernkälte ist eine innovative Technologie zur Nutzung von Abwärme, die gerade in den Sommermonaten im Überfluss vorhanden ist.
3. Erst wenn die Vermeidungsmaßnahmen nicht greifen und die Objekte auch nicht mit Fernkälte versorgt werden können, sollte es zum Einsatz konventioneller Kältemaschinen kommen. Wie diese effizient betrieben werden, ist das Thema des Leitfadens „Energieeffiziente Klimatisierung“.

2 Wozu Sonnenschutz?

Über die letzten hundert Jahre hat sich das Bild von Bürogebäuden stark gewandelt. An die Stelle der massiven Ziegelbauten der Gründerzeit mit ihren Lochfassaden und dem schweren Innenausbau sind luftige Bürogebäude mit einem hohen Glasflächenanteil und einem häufig leichten Innenausbau getreten. Die moderne Büroarchitektur bewirkt häufig einen hohen Kühlbedarf. Das heißt, in den warmen Jahreszeiten können komfortable Arbeitsplatzbedingungen nur mit Hilfe aktiver Klimatisierung hergestellt werden, die die Energiekosten in die Höhe schnellen lässt. Aber auch in Altbaubüros, die nicht klimatisiert werden, steigen die sommerlichen Innenraumtemperaturen aufgrund der hohen internen Wärmelasten durch elektrische Geräte und künstliche Beleuchtung immer mehr an.

Auch die Ansprüche der in den Gebäuden arbeitenden Menschen haben sich historisch stark verändert. Anstelle des Abarbeitens routinemäßiger Abläufe ist immer mehr eine kommunikative, dynamische Arbeitsweise getreten, die eine größere Vielfalt und Flexibilität der Räume notwendig macht. Gleichzeitig dominieren heute elektronische Geräte den Büroalltag. Bildschirmarbeitsplätze brauchen eine blendfreie Umgebung. Das Bedürfnis der Menschen nach Tageslicht und Kontakt zur Außenwelt ist jedoch erhalten geblieben; es ist möglicherweise noch höher, da sie viel weniger Zeit als noch vor hundert Jahren im Freien verbringen.

In den letzten Jahrzehnten sind zusätzlich auch die Anforderungen an die Energieeffizienz von Gebäuden stark gestiegen. War es noch vor zwanzig Jahren gang und gäbe, Komforteinbußen durch Energie verschwendende Technik zu kompensieren, so steigt die Nachfrage immer mehr nach Immobilien, die den vielfältigen Komfortansprüchen „von Haus aus“ genügen. Energieverbrauch und sommerlicher Komfort sind zentrale Themen bei der Nachhaltigkeitsbewertung von Immobilien, einem der aktuellsten Trends auf dem Immobilienmarkt; und die verschärften Vorschriften der österreichischen Bauordnungen verlangen seit 2009 erstmals einen Nachweis der Sommertauglichkeit auch bei Nichtwohngebäuden.

Um moderne, energieeffiziente Bürogebäude errichten zu können, ist eine umsichtige und umfassende Planung erforderlich, die die Minimierung des Energieeinsatzes konsequent in allen Bereichen umsetzt. Die Gebäudeform soll die Nutzung des Tageslichtes sowie eine natürliche Lüftung ermöglichen, gleichzeitig die nötige Flexibilität für die vielfältigsten Nutzungsvarianten bieten; der Glasflächenanteil soll groß genug sein, um die solaren Wärmeeinträge im Winter nutzen zu können, und klein genug sein, damit sich das Gebäude im Sommer nicht in ein Treibhaus verwandelt; trotz räumlicher Flexibilität soll genügend thermische Masse vorhanden sein, um die täglichen Temperaturschwankungen auszugleichen.¹

In solchen Gebäuden spielt die Fassadenplanung und insbesondere der Sonnenschutz eine zentrale Rolle. Mit Hilfe eines gut geplanten Sonnenschutzsystems können auch größere Glasflächen wirksam vor der Sonneneinstrahlung abgeschirmt werden, so dass sowohl ein übermäßiger Wärmeeintrag in das Gebäude als auch die Blendung am Arbeitsplatz vermieden wird. Die Sonnenschutzfunktion darf jedoch nicht auf Kosten der Tageslichtversorgung gehen oder gar den Kontakt zur Außenwelt, der für den Arbeitsplatzkomfort wichtig ist, permanent unterbrechen. In Wohngebäuden sind diese Ansprüche an den Sonnenschutz weniger ausgeprägt; dafür wird er gerne auch als eine zusätzliche Einbruchsicherung verstanden.

Den unterschiedlichen Bedürfnissen entsprechend hat die Sonnenschutzindustrie eine breite Angebotspalette entwickelt. Naturgemäß eignet sich dabei nicht jedes Produkt für jeden Zweck. Die Auswahl des Sonnenschutzsystems bestimmt jedoch maßgeblich das spätere Energieverhalten des Gebäudes. So be-

¹ Als Daumenregel gilt ein Glasflächenanteil von 50% als optimal, sowie die Nutzbarmachung zumindest einer Raumabschlussfläche als Wärmespeicher. Nähere Informationen zum Thema finden sich in Kapitel 7 „Weitere Möglichkeiten passiver Kühlung“.

wirkt zum Beispiel das aus ästhetischen Gründen häufig bevorzugte Sonnenschutzglas eine markante Steigerung des Energiebedarfs. Architektonisch interessante feststehende Elemente gewährleisten nur einen ungenügenden Blendschutz. Innen liegende Systeme haben zwar gute Blendschutzeigenschaften aber nur geringe Sonnenschutzwirkung, und bewegliche außen liegende Sonnenschutzsysteme sind nicht immer mit der zu erwartenden Windlast kompatibel.

Diese Broschüre soll Gebäudeeigentümern, Investoren oder auch PlanerInnen helfen, die Funktionsweise der verschiedenen Sonnenschutzsysteme zu verstehen und die Auswahl des geeigneten Sonnenschutzsystems für jedes Gebäude zu erleichtern. Nach einer Darstellung der funktionellen Anforderungen werden die marktgängigsten Sonnenschutzsysteme detailliert mit ihren Vor- und Nachteilen beschrieben, mit einem Ausblick auf die gegenwärtigen Neuentwicklungen in der Sonnenschutztechnologie. An einem Modellgebäude werden die Auswirkungen unterschiedlicher Sonnenschutzstrategien auf Energieverbrauch und Wirtschaftlichkeit dargestellt. Schließlich zeigen vier Beispiele aus Wien den Einsatz konventioneller wie auch innovativer Sonnenschutzsysteme in Büro- und Schulgebäuden.

3 Funktionale Anforderungen an Sonnenschutzsysteme

Wie im letzten Kapitel ausgeführt, müssen Sonnenschutzsysteme gleichzeitig höchst unterschiedliche Funktionen erfüllen. Sie sollen die Innenräume vor Überhitzung aufgrund der Sonneneinstrahlung schützen, und eine Blendung an fensternahen Arbeitsplätzen infolge übermäßigen Lichteinfalls verhindern. Gleichzeitig dürfen sie die wesentlichen Funktionen der Fenster, die sie beschatten, nicht beeinträchtigen: Die Nutzung des Tageslichts, den Kontakt zur Außenwelt und die Nutzung solarer Wärmegewinne in der Heizperiode. Schließlich prägen sie als sichtbare Bestandteile wesentlich das Bild einer Fassade, und müssen daher mit dem architektonischen Konzept des Gebäudes im Einklang stehen. Diese Funktionen stellen die unterschiedlichsten Anforderungen an Sonnenschutzsysteme.

3.1 Thermischer Komfort

3.1.1 Sonnenschutz: Schutz vor sommerlicher Überhitzung

Beim Sonnenschutz geht es darum, das Innere des Gebäudes vor sommerlicher Überhitzung infolge hoher Sonneneinstrahlung zu schützen. Der Sonnenschutz reflektiert oder absorbiert die Wärmestrahlung der Sonne, bevor diese das Innere des Gebäudes erreicht. Dadurch werden auch die Glasflächen wirksam vor der Sonneneinstrahlung abgeschirmt und erhalten eine niedrige Oberflächentemperatur.

Um diese Funktion erfüllen zu können, muss das Sonnenschutzsystem außerhalb der isolierenden Schicht der Verglasung angebracht sein. Innen liegende Systeme haben nur eine geringe Sonnenschutzwirkung. Der Anteil der Wärmestrahlung, den sie absorbieren, verbleibt jedenfalls im Raum, und auch die reflektierte Strahlung wird von den Glasflächen teilweise wieder zurückgeworfen.

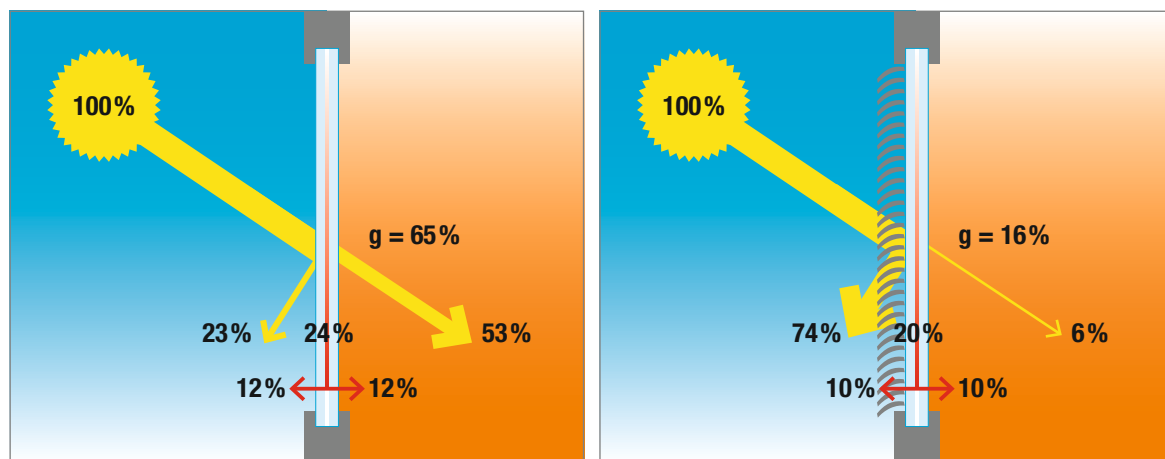


Abb. 2 Funktionsweise von Sonnenschutz. Der Sonnenschutz verringert den Anteil der Wärmestrahlung, der durch die Fenster in den Raum dringt.

3.1.2 Nutzung solarer Wärmegewinne in der Heizperiode

In der Heizperiode kann die Wärme der Sonneneinstrahlung den Heizwärmebedarf eines Gebäudes erheblich verringern. Beim Sonnenschutz ist daher darauf zu achten, dass er in der Heizperiode deaktiviert werden kann. Feststehende Systeme oder der permanente Sonnenschutz über ein Sonnenschutzglas können diese Funktion nicht erfüllen. Da die Blendschutzfunktion auch in der kalten Jahreszeit erforderlich sein kann, ist eine Kombination von außen liegendem, wegfahrbarem Sonnenschutz und innen liegendem Blendschutz empfehlenswert.

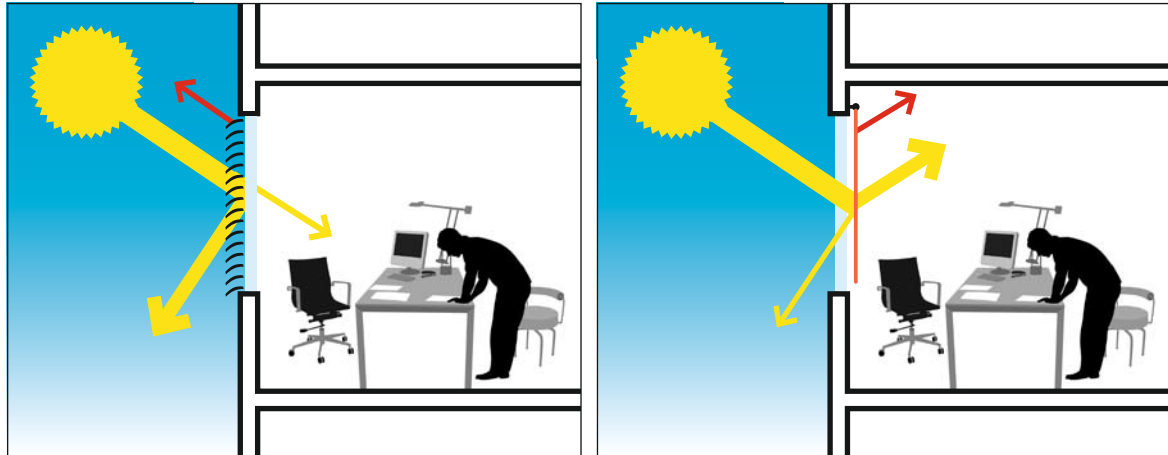


Abb. 3 Funktionsweise von außen und innen liegendem Sonnenschutz. Außen liegender Sonnenschutz verringert den Anteil der Wärmestrahlung, der durch die Fenster in den Raum dringt, durch Absorption und Reflexion. Innen liegender Blendschutz kann diese Funktion nur durch Reflexion ausüben. Die absorbierte Wärme verbleibt im Raum. Um die gegensätzlichen Ansprüche von Sommer und Winter auszugleichen, ist die Kombination beider Systeme zu empfehlen.

3.2 Visueller Komfort

3.2.1 Tageslichtnutzung

Die Versorgung mit Tageslicht ist einerseits ein wichtiger Faktor des Arbeitsplatzkomforts². Andererseits minimiert eine ausreichende Tageslichtversorgung den Kunstlichtbedarf. Künstliche Beleuchtung wirkt sich in doppelter Weise auf den Stromverbrauch aus: Einerseits direkt über den Stromverbrauch der Beleuchtungskörper, andererseits aber auch indirekt über einen gesteigerten Kühlbedarf infolge der Abwärme der Beleuchtung. Eine gute Tageslichtausbeute ist daher ein wesentliches Kriterium für eine effiziente Energienutzung in Gebäuden.

Sonnen- oder Blendschutz, der die Tageslichtversorgung nicht berücksichtigt, führt zu einem erhöhten Kunstlichtbedarf. Dies ist vor allem der Fall für permanente Verschattungen (Lamellen, Gittergewebe aus Metall oder Textil, Sonnenschutzglas, Glas mit Sonnen- oder Blendschutzfolien), gilt aber häufig auch für flächige Sonnenschutzsysteme (Rollläden, Textilrollos, Vorhänge).

Lichtlenkende Sonnenschutzsysteme sind speziell für eine gute Tageslichtausbeute entwickelt worden. Sie verfügen über helle oder hoch reflektierende Oberflächen, die auch das diffuse Himmelslicht in den Raum hineintragen können. Verstellbare Sonnenschutzlamellen sorgen mit einer automatischen, dem Sonnenstand nachgeführten Steuerung für eine stets optimale Ausbeute an Tageslicht bei gleichzeitig aufrechterhaltenem Sonnenschutz.

² Dem Komfortaspekt von Tageslichtbedarf wird z.B. in der Arbeitsstättenverordnung Rechnung getragen (§ 25 Lichteintrittsflächen und Sichtverbindung, Absatz 1: „Als Arbeitsräume dürfen nur Räume verwendet werden, die möglichst gleichmäßig natürlich belichtet sind“).

3.2.2 Blendschutz

Nicht nur die Wärme der Sonnenstrahlen erzeugt Unbehaglichkeit. Besonders bei Bildschirmarbeitsplätzen führt das direkte Sonnenlicht zu Blendung und verhindert ein effektives Arbeiten. Bei fensternahen Arbeitsplätzen ist daher ein wirksamer Blendschutz notwendig, der das direkte Auftreffen des Sonnenlichtes auf den Arbeitsplatz verhindert.³

Der Bedarf an Blendschutz ist prinzipiell unabhängig von der Jahreszeit, kann also auch im Winter auftreten, wenn aus thermischer Sicht kein Sonnenschutzbedarf besteht.

3.2.3 Sichtkontakt zur Außenwelt

Der Sichtkontakt zur Außenwelt ist ein wesentlicher Faktor des Arbeitsplatzkomforts⁴. Beim Einsatz von Sonnenschutzsystemen ist daher darauf zu achten, dass dieser Sichtkontakt auch bei wirksamem Sonnenschutz möglichst erhalten bleibt. Dies gilt allerdings nicht für den Blendschutz: Blendung stört den Arbeitsplatzkomfort stärker als eine zeitweise fehlende Sichtverbindung. Der Blendschutz sollte aber wegfahrbar sein, um in blendungsfreien Zeiten die Außensicht nicht zu behindern.

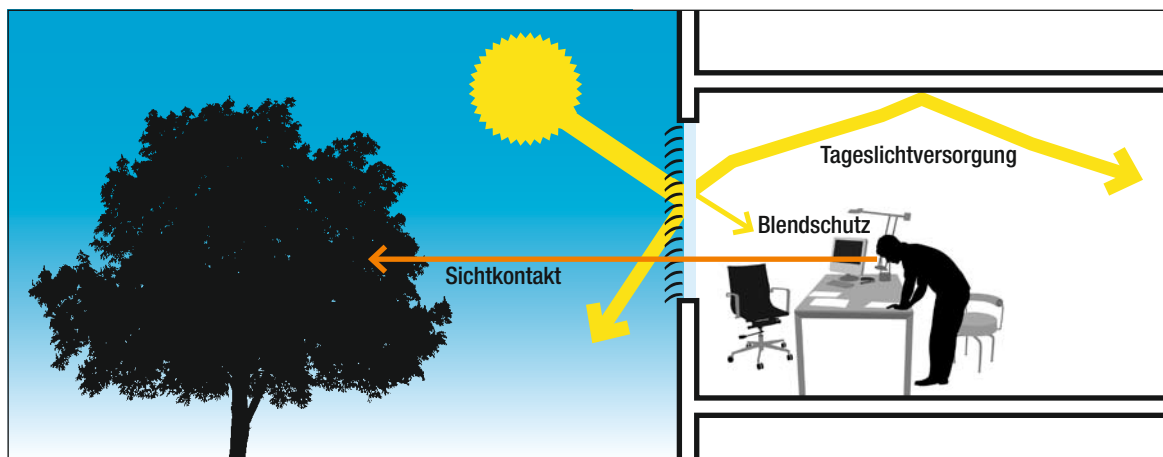


Abb. 4 Tageslichtnutzung, Blendschutz und Sichtkontakt zur Außenwelt sind einander widersprechende Komfortansprüche. Bei Sonnenschutzsystemen gilt es, fensternahe Bildschirmarbeitsplätze vor Blendung zu schützen, und gleichzeitig eine möglichst hohe Tageslichtnutzung und einen möglichst ungestörten Sichtkontakt zur Außenwelt zu gewährleisten.

³ Ein wirksamer Blendschutz für fensternahe Arbeitsplätze ist in der Bildschirmarbeitsplatzverordnung vorgeschrieben (§6 Belichtung und Beleuchtung, Absatz 2: „Lichteintrittsöffnungen, die störende Reflexionen oder zu hohe Kontraste hervorrufen, müssen mit verstellbaren Lichtschutzvorrichtungen ausgestattet sein.“). Unter einem wirksamem Blendschutz ist dabei eine erhebliche, Reduktion des Lichteinfalls zu verstehen, aber keine völlige Verdunkelung. So dürfen im Hochsommer beispielsweise rund 2-5% des direkten Sonnenlichts auf den Arbeitsplatz auftreffen, um die maximal zulässigen Beleuchtungsstärken (rund 2-5000 lx) einzuhalten. Bei bedecktem Himmel rund 10-25%, bei klarem Himmel ohne direkte Sonneneinstrahlung rund 13-33%.

⁴ Wie die Versorgung mit Tageslicht ist auch der Sichtkontakt zur Außenwelt in der Arbeitsstättenverordnung festgehalten (§ 25 Lichteintrittsflächen und Sichtverbindung, Absatz 5: „Als Arbeitsräume dürfen nur Räume verwendet werden, die eine Sichtverbindung zum Freien aufweisen“).

4 Sonnenschutzsysteme am Markt

Im Jahr 2009 wurden in Österreich rund 850.000 Sonnenschutzeinheiten hergestellt.⁵ Die Angebotspalette umfasst eine ganze Reihe unterschiedlicher Systeme, von Rollläden, Raffstoren und Innenjalousien über Außenjalousien, Markisen und Faltstoren bis hin zu Rollos und Verschattungen für Wintergärten.

Ein Großteil der Produktion entfällt dabei auf den Wohngebäudemarkt: Rollläden, Insektenschutzgitter, Gelenkarmmarkisen und Wintergartenbeschattungen sind fast ausschließlich in Wohngebäuden anzutreffen. Die anderen Produktgattungen (Raffstore, Außenjalousien, Fassadenmarkisen und Innenbeschattungen) werden sowohl in Wohngebäuden als auch in Nichtwohngebäuden (z.B. in Bürogebäuden, Schulen usw.) eingesetzt. Bürogebäude werden auch häufig mit individuell gestalteten Systemen, zum Beispiel mit feststehenden Sonnenschutzelementen, ausgestattet oder zur Wahrung eines einheitlichen Fassadenbildes mit Sonnenschutzglas bestückt.

Um die Auswahl des richtigen Sonnenschutzsystems aus dem vielfältigen Angebot zu erleichtern, werden auf den folgenden Seiten die am häufigsten eingesetzten Sonnenschutzsysteme mit ihren Vor- und Nachteilen sowie ihrem empfohlenen Einsatzgebiet beschrieben. In der Folge werden die wichtigsten Einbaumöglichkeiten in die Fassade sowie Entscheidungskriterien für die Planung unterschiedlicher Gebäudetypen zusammengestellt. Eine Übersichtstabelle am Ende des Kapitels ermöglicht einen schnellen Vergleich der dargestellten Sonnenschutzsysteme.

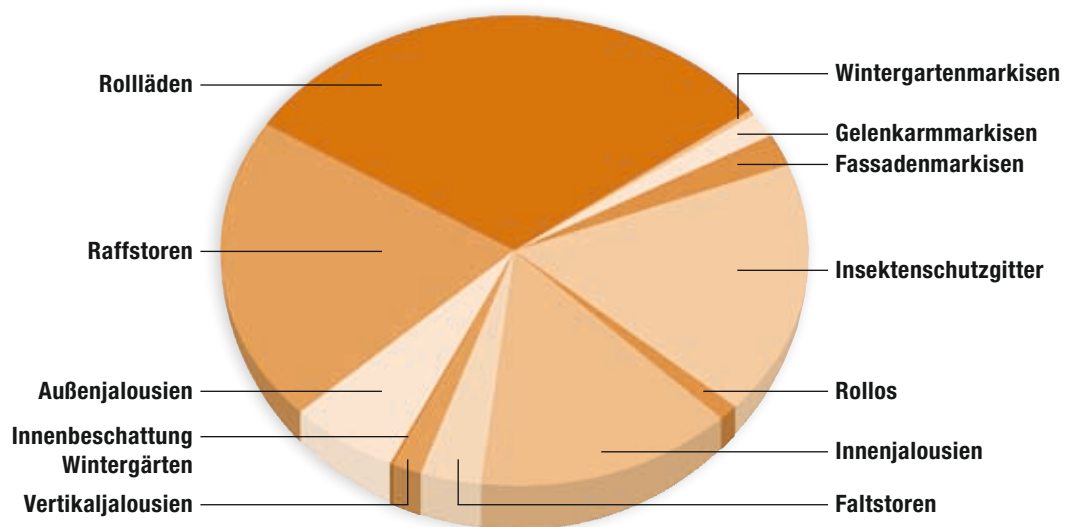


Abb. 5 Produzierte Sonnenschutzeinheiten in Österreich. *Quelle: Bundesverband Sonnenschutztechnik*

⁵ Pressemeldung des Bundesverbandes Sonnenschutztechnik vom 17. Februar 2010. <http://www.bvst.at>

4.1 Funktionelle Einteilung nach Lage und Bedienbarkeit

Sonnenschutzsysteme lassen sich je nach Lage und Bedienbarkeit in außen und innen liegende sowie in dynamische, statische und permanente Systeme einteilen.

Wie im vorherigen Kapitel ausgeführt, bestimmt die Lage des Sonnenschutzsystems in hohem Maße seine Sonnenschutzwirkung:

- **Außen liegende Systeme** sind außerhalb der Glasflächen, bzw. beim Einbau in die Fenster außerhalb der Isolierglasschicht angebracht. Sie haben eine mittlere bis hohe Sonnenschutzwirkung.
- **Innen liegende Systeme** sind innerhalb der Glasflächen, bzw. beim Einbau in die Fenster innerhalb der Isolierglasschicht angebracht. Sie haben im Vergleich zu außen liegenden Systemen eine geringe Sonnenschutzwirkung.

Die Bedienbarkeit oder Anpassungsfähigkeit des Sonnenschutzsystems bestimmt, wie gut es auf die anderen Anforderungen (Blendschutz, Tageslichtversorgung, Sichtkontakt zur Außenwelt und Nutzung der solaren Wärmegevinne im Winter) reagieren kann:

- **Dynamische Systeme** lassen sich an die äußeren Lichtverhältnisse anpassen, und bei Bedarf auch gänzlich wegfahren. Sie können bei richtiger Anwendung alle fünf beschriebenen Anforderungen erfüllen. Um maximalen Nutzen zu erzielen, können mehrere dynamische Systeme miteinander kombiniert werden: Werden die Glasflächen zum Beispiel mit einem außen liegenden Sonnenschutz und zusätzlich mit einem innen liegenden Blendschutz versehen, so kann im Winter die Wärme der auftreffenden Sonneneinstrahlung zur Heizungsunterstützung genutzt und gleichzeitig ein durchgehender Blendschutz garantiert werden.
- **Statische Systeme** lassen sich nicht wegfahren, aber häufig, z.B. durch schwenkbare Lamellen, an die äußeren Lichtverhältnisse anpassen. Sie ermöglichen eine gute Außensicht, haben jedoch häufig Defizite beim Blendschutz, bei der Tageslichtversorgung und bei der Sonnenenergienutzung im Winter. Um diese Defizite auszugleichen, werden statische Sonnenschutzsysteme häufig mit einem innen liegenden, dynamischen Blendschutz kombiniert.
- **Permanente Systeme** lassen sich nicht an die äußeren Bedingungen anpassen. Sie haben dadurch nicht nur eine eingeschränkte Sonnenschutzwirkung, sondern meistens auch Defizite bei allen anderen Anforderungen. So ist zum Beispiel eine Solarwärmenutzung im Winter nicht möglich, und die Tageslichtversorgung wird auch meistens beeinträchtigt. Eine Kombination mit einem dynamischen Blendschutz ist bei fast allen Systemen zwingend.

.....

Einsatzempfehlung — Um eine gute Sonnenschutzwirkung und eine gute Anpassungsfähigkeit zu erreichen, ist daher die Verwendung eines außen liegenden, dynamischen Sonnenschutzsystems zu empfehlen. Statische Systeme sollten mit einem zusätzlichen innen liegenden Blendschutz kombiniert werden. Die Verwendung von permanentem Sonnenschutz ist nicht zu empfehlen. Falls aus ästhetischen Gründen doch solche Systeme bevorzugt werden, ist die Kombination mit einem dynamischen, innen liegenden Blendschutz zwingend anzuraten.

4.2 Außen liegende, dynamische Sonnenschutzsysteme

4.2.1 Jalousien und Raffstore

Technologie — Außen liegende Jalousien sind hoch effiziente Beschattungssysteme, die sich an die äußeren klimatischen Bedingungen sehr gut anpassen lassen. Sie sind charakterisiert durch ihren Lamellenbehang, wobei die Lamellen wendbar sind und somit der Sonne nachgeführt werden können. Der Behang lässt sich als Ganzes wegfahren, beispielsweise dann, wenn keine direkte Sonneneinstrahlung besteht oder solare Gewinne genutzt werden sollen. Wind- und wetterfest ausgeführte Außenjalousien mit breiten, häufig speziell geformten Lamellen sowie Stegleitern zur Lamellenführung werden auch als Raffstore bezeichnet.

Vorteile — Bei hoher Sonneneinstrahlung können bis zu 90% der einstrahlenden Energie vom Innenraum eines Gebäudes abgeschottet werden. Sowohl die Raumtemperatur als auch die Oberflächentemperatur der Glasflächen werden dadurch deutlich minimiert, und erlauben eine deutliche Reduktion des Kühlenergieeinsatzes bzw. auch den gänzlichen Verzicht auf eine aktive Kühlung des Gebäudes. Die wendbaren Lamellen erlauben jederzeit einen Durchblick und eine gute Tageslichtnutzung. In der Heizperiode können geschlossene Behänge in der Nacht die Wärmeverluste über die Glasflächen reduzieren, während offene Behänge am Tag eine passive Solarwärmenutzung ermöglichen.

Nachteile — Außen liegende Systeme sind, wenn sie nicht durch eine Prallscheibe geschützt sind, Wind und Wetter ausgesetzt. Die Lamellenbehänge sind im Vergleich zu einfacheren Verschattungssystemen mit höheren Wartungs- und Reinigungskosten verbunden. Im Vergleich zu individuell gestalteten feststehenden Systemen oder einer glatten Glasfassade bietet die Außenverschattung durch Jalousien weniger architektonische Gestaltungsfreiheit.



FOTO JOHANN GERSTMANN

Zahlen und Fakten **Außenjalousien und Raffstore**

Sonnenschutzwirkung: hoch, Abschattungsfaktor bedarfsgerecht einstellbar, bis zu $F_c < 0,15$. In Kombination mit einem Standard-Wärmeschutzglas ($g_{\text{glas}} = 0,65$) lassen sich damit g_t -Werte unter 0,1 erreichen.

Nutzung solarer Einträge im Winter: hoch durch gänzlich wegfahrbare Behänge.

Tageslichtnutzung: Mittel, Voraussetzung sind helle Behangoberflächen.

Zweigeteilte Behänge, die über Kopf stärker geöffnet sind, erlauben eine Tageslichtnutzung auch bei geschlossenem Sonnenschutz.

Blendschutz: Gut, Außenjalousien sind für jede Fassadenorientierung geeignet.

Die Lamellen müssen nicht geschlossen werden, um eine Blendung zu vermeiden.

Sichtkontakt zur Außenwelt: Mittel bei nicht geschlossenen Lamellen;

neben der Einstellung der Lamellen hängt die Versprossung auch von der Lamellenbreite ab.

Gebrauchstaugliche Windgeschwindigkeiten: ca. 10-20 m/s, bei windfesten Produkten bis zu 33 m/s.

Lebensdauer: ca. 10-20 Jahre.

Einsatzempfehlung — Bei Fassaden mit einem hohen Glasflächenanteil und hoher zu erwartender Sonneneinstrahlung sollten außen liegende Jalousien eingesetzt werden. Insbesondere an Ost- und Westfassaden erreichen andere Systeme teilweise ungenügende Sonnenschutzwerte. Für den Einsatz in Hochhäusern ist ein Windschutz durch eine Prallscheibe oder eine Doppelfassade notwendig. Ist die Tageslichtnutzung wichtig (wie z.B. in Bürogebäuden oder Schulen) so sollten lichtlenkende Lamellenbehänge verwendet werden. Jalousien werden auch als Innenverschattung eingesetzt, haben in diesem Fall aber nur eine geringe Sonnenschutzwirkung.

FOTO JOHANN GERSTMANN



4.2 Außen liegende, dynamische Sonnenschutzsysteme

4.2.2 Lichtlenkjalousien

Technologie — Lichtlenkende Außenbeschattungen sind hoch effiziente passive Kühlsysteme, die sich an die äußeren Bedingungen (direkte und diffuse Strahlung) sehr gut anpassen lassen. Sie sind charakterisiert durch ihren hoch reflektierenden Lamellenbehang. Die effektivsten Systeme besitzen verspiegelte Lamellen. Günstigere Systeme sind mit weißen oder hellgrauen Lamellen erhältlich, allerdings besitzen insbesondere graue Lamellen wesentlich geringere Reflexionswerte. Die Lamellen werden zum Zweck eines best möglichen Sonnenschutzes der Sonne nachgeführt, wobei gleichzeitig diffuses (energiearmes) Himmelslicht in den Raum transportiert wird. Da eine Verschmutzung der Lamellen ihre Lichtlenkeigenschaften vermindert, muss eine Lichtlenkjalousie zwingend vor Witterungseinflüssen geschützt werden, zum Beispiel durch eine Doppelfassade oder als fensterintegrierter Sonnenschutz. Sie kann auch innen liegend eingebaut werden, allerdings handelt es sich dann nicht mehr um eine außen liegende Verschattung.

Vorteile — Lichtlenkende Systeme haben von allen Verschattungssystemen die beste Energiebilanz. Sie erreichen hervorragende Sonnenschutzwerte, und gewährleisten gleichzeitig eine optimale Tageslichtnutzung. Dadurch lässt sich der Energieaufwand für künstliche Beleuchtung deutlich reduzieren. In der Heizperiode können geschlossene Behänge in der Nacht die Wärmeverluste über die Glasflächen reduzieren, während geöffnete Lamellen am Tag eine passive Solarwärmenutzung ermöglichen. Durch die hohe Flexibilität des Behanges kann darüber hinaus der Kontakt zur Außenwelt jederzeit gewährleistet werden.

Nachteile — Da Lichtlenksysteme zwingend vor Witterungseinflüssen geschützt werden müssen, sind sie mit höheren Investitionskosten verbunden als herkömmliche Außenjalousien. Echte lichtlenkende Systeme mit verspiegelten Lamellen haben ebenfalls einen höheren Preis und sind bislang nur bei wenigen Herstellern erhältlich; Systeme mit weißen oder hellgrauen Lamellen sind zwar günstiger, haben aber wesentlich schlechtere Lichtlenkeigenschaften.



Zahlen und Fakten **Lichtlenkjalousien**

Sonnenschutzwirkung: hoch, Abschattungsfaktor bedarfsgerecht einstellbar, außen liegend bis zu $F_c < 0,1$, innen liegend bis zu $F_c < 0,3$.

In Kombination mit einem Standard-Wärmeschutzglas ($g_{\text{glas}} = 0,65$) lassen sich damit g_t -Werte unter 0,07 (außen liegend) bzw. 0,2 (innen liegend) erreichen.

Nutzung solarer Einträge im Winter: hoch durch gänzlich wegfuhrbare Behänge.

Tageslichtnutzung: hoch durch hoch reflektierende Behänge und gezielte Tageslichtlenkung.

Blendschutz: Gut, Lichtlenkjalousien sind für jede Fassadenorientierung geeignet.

Die Lamellen müssen nicht geschlossen werden, um eine Blendung zu vermeiden.

Sichtkontakt zur Außenwelt: Mittel bei nicht geschlossenen Lamellen; neben der Einstellung der Lamellen hängt die Versprossung auch von der Lamellenbreite ab.

Gebrauchstaugliche Windgeschwindigkeiten: Kein Erfordernis, da Lichtlenkjalousien vor Witterungseinflüssen geschützt eingebaut werden müssen.

Lebensdauer: ca. 10-20 Jahre.

Einsatzempfehlung — Lichtlenkende Systeme sollten im Neubau oder bei umfassender Sanierung von Gebäuden eingesetzt werden, bei denen neben dem Sonnenschutz auch die Tageslichtnutzung wichtig ist, zum Beispiel in Bürogebäuden, Schulen, Universitäten, usw. Sie gewährleisten auch bei hohen Glasflächenanteilen einen wirksamen Sonnenschutz. Da sie zwingend durch eine Prallscheibe vor Witterungseinflüssen geschützt werden müssen, sind sie auch für Hochhäuser mit hohen Windlasten geeignet. Lichtlenkjalousien werden auch als Innenverschattung eingesetzt. Dabei sind wegen des hohen Reflexionsanteils die Sonnenschutzwerte besser als bei herkömmlichen Innenjalousien, liegen aber immer noch weit unter denen der außen liegenden Ausführung.



FOTO JOHANN GERSTMANN

4.2 Außen liegende, dynamische Sonnenschutzsysteme

4.2.3 Rollläden und Tageslichtrollläden

Technologie — Rollläden sind sehr effiziente Beschattungssysteme, die sich durch Höhenverstellung an die äußeren klimatischen Bedingungen anpassen lassen. Sie bestehen aus einem Behang aus Profilstäben (Holz, Aluminium, Kunststoff), die sich für Verdunkelungszwecke dicht schließen lassen und somit auch Sicherheitsbedürfnisse der NutzerInnen befriedigen. Der Behang lässt sich als Ganzes wegfahren, beispielsweise dann, wenn keine direkte Sonneneinstrahlung besteht oder solare Gewinne genutzt werden sollen. Sonderformen haben verstellbare Lamellen (ähnlich Jalousien) oder spezielle Profile zur besseren Tageslichtnutzung (Tageslichtrollläden).

Vorteile — Bei hoher Sonneneinstrahlung können bis zu 85 % der einstrahlenden Sonnenenergie vom Innenraum eines Gebäudes abgeschottet und damit der Einsatz aktiver Kühlsysteme drastisch reduziert werden. In der Heizperiode können geschlossene Rollläden die Wärmeverluste über die Fenster zum Teil erheblich reduzieren, während offene Rollläden am Tag eine passive Solarwärmenutzung ermöglichen.

Nachteile — Ein Blendschutz an Bildschirmarbeitsplätzen ist nur bei fast geschlossenen Rollläden gegeben. Dabei geht allerdings der Kontakt zur Außenwelt sowie die Möglichkeit der Tageslichtnutzung verloren.



FOTO CLAUS MARKISEN PROJEKT GMBH

Zahlen und Fakten **Rollläden und Tageslichtrollläden**

Sonnenschutzwirkung: hoch, Abschattungsfaktor $F_c < 0,15$ bzw. $F_c < 0,25$ bei Tageslichtrollläden. In Kombination mit einem Standard-Wärmeschutzglas ($g_{\text{glas}} = 0,65$) lassen sich damit g_t -Werte unter 0,1 bzw. 0,16 erreichen.

Nutzung solarer Einträge im Winter: Hoch durch gänzlich wegfuhrbare Behänge; geschlossene Rollläden können zudem die U-Werte der Verglasung deutlich verbessern. Tageslichtnutzung: schlecht bzw. Mittel bei Tageslichtrollläden.

Blendschutz: Herkömmliche Rollläden sind als Blendschutz nicht geeignet, da sie da sie den Raum zu stark verdunkeln. Tageslichtrollläden liefern einen guten Blendschutz, außer bei flachem Sonnenstand unter 20° .

Sichtkontakt zur Außenwelt: kein Sichtkontakt bei geschlossenem Behang.

Bei Tageslichtrollläden guter Außenkontakt, da der Behang nicht vollständig schließt.

Gebrauchstaugliche Windgeschwindigkeiten: ca. 20-30 m/s.

Lebensdauer: ca. 15-25 Jahre.

Einsatzempfehlung — Rollläden eignen sich für Wohngebäude, als Sonnenschutz und Verdunkelung für Ruhe- und Schlafräume. Für Bürogebäude mit gleichzeitigem Sonnenschutz- Blendschutz- und Tageslichtbedarf sind nur Tageslichtrollläden mit verstellbaren Lamellen geeignet; hier ist es sinnvoller, auf Außenjalousien oder lichtlenkende Systeme zurückzugreifen.

FOTO CLAUS MARKISEN PROJEKT GMBH



4.2 Außen liegende, dynamische Sonnenschutzsysteme

4.2.4 Fassadenmarkisen und Markisoletten

Technologie — Fassadenmarkisen und Markisoletten sind sehr effiziente Beschattungssysteme, die sich an die äußeren klimatischen Bedingungen durch Höhenverstellung anpassen lassen. Markisoletten lassen sich für eine verbesserte Außensicht und Tageslichtnutzung zusätzlich ausstellen. Beide Systeme sind charakterisiert durch ihren textilen Behang, wobei die Stoffe meist einen Lichttransmissionsgrad von 2-15% aufweisen, um einen guten Blendschutz und auch einen gewissen Durchblick zu gewährleisten. Der Behang lässt sich als Ganzes wegfahren, beispielsweise dann, wenn keine direkte Sonneneinstrahlung besteht oder solare Gewinne genutzt werden sollen.

Vorteile — Bei hoher Sonneneinstrahlung können mehr als 80% der einstrahlenden Sonnenenergie vom Innenraum eines Gebäudes abgeschottet und damit der Einsatz aktiver Kühlsysteme wesentlich reduziert werden. Lichtdurchlässige Behänge gewährleisten einen hochwertigen Sonnenschutz bei gleichzeitiger Außensicht. In der Heizperiode können geschlossene Behänge die Wärmeverluste über die Fenster reduzieren, während offene Behänge am Tag eine passive Solarwärmenutzung ermöglichen.

Nachteile — Der für einen guten Blendschutz erforderliche geringe Lichttransmissionsgrad der üblichen Behänge reduziert deutlich den Tageslichteintrag. Dadurch, dass Gewebe nicht dem Sonnenstand nachgeführt werden können, ist eine Tageslichtlenkung (wie zum Beispiel bei Lichtlenkjalousien oder speziellen Rollläden) nicht möglich. Textile Behänge sind auch stärker als andere Sonnenschutzsysteme windanfällig – erst in der neuesten Generation wurde dieses Problem durch seitlich geführte Behänge und andere mechanische Verbesserungen gelöst.

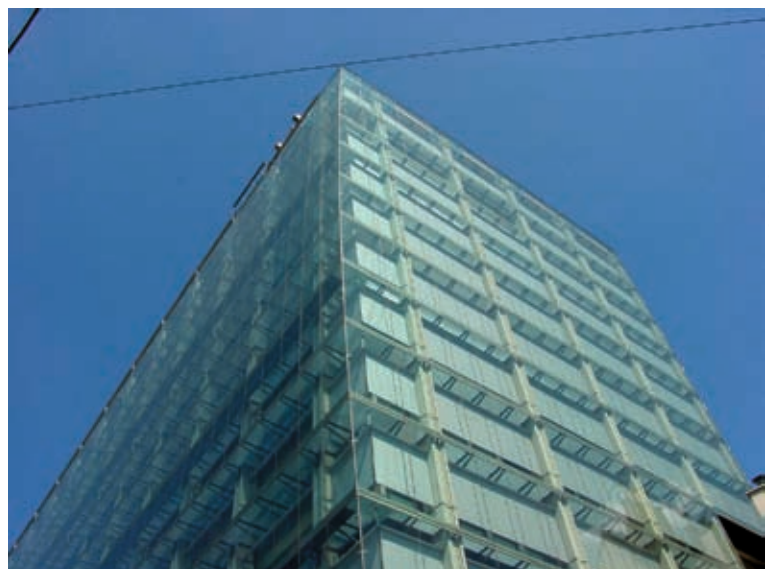


FOTO JOHANN GERSTMANN

Zahlen und Fakten **Fassadenmarkisen und Markisoletten**

Sonnenschutzwirkung: Hoch, Abschattungsfaktor meist $F_c < 0,2$, abhängig vom Transparenzgrad des Behanges; in Kombination mit einem Standard-Wärmeschutzglas ($g_{\text{glas}} = 0,65$) lassen sich damit g_t -Werte unter 0,13 erreichen.

Nutzung solarer Einträge im Winter: hoch durch gänzlich wegfuhrbare Behänge.

Tageslichtnutzung: Abhängig vom Transparenzgrad des Behanges; mittel bis schlecht bei Fassadenmarkisen, mittel bei Markisoletten, da hier der Tageslichteintrag durch seitlichen Lichteinfall erhöht ist.

Blendschutz: gut, abhängig vom Transparenzgrad des Behanges.

Für einen guten Blendschutz sind Gewebe mit einer Lichttransmission unter 10% empfohlen.

Sichtkontakt zur Außenwelt: gut, abhängig vom Transparenzgrad und von der Webart des Behanges.

Gebrauchstaugliche Windgeschwindigkeiten: ca. 10 m/s, moderne windstabile Systeme auch bis 20 m/s und mehr.

Lebensdauer: ca. 10-15 Jahre.

Einsatzempfehlung — Fassadenmarkisen und Markisoletten sind in ihrer Sonnenschutzfunktion Jalousien und Raffstoren ebenbürtig, ermöglichen aber keine gute Tageslichtnutzung. Sie sollten daher eher in Wohngebäuden oder Nichtwohngebäuden mit geringem Tageslichtbedarf eingesetzt werden. Für Bürogebäude oder Schulen mit gleichzeitigem Sonnenschutz- und Tageslichtbedarf sollten nur transparente Behänge verwendet oder auf andere hoch effiziente Sonnenschutzsysteme, zum Beispiel auf Lichtlenkjalousien, ausgewichen werden.



4.3 Außen liegende, statische Sonnenschutzsysteme

4.3.1 Feststehende horizontale Elemente

Technologie — Bei dieser Gruppe von Sonnenschutzsystemen handelt es sich um horizontale, nicht wegführbare Verschattungen in der Fassade. Sie können entweder auskragend über den Fenstern montiert oder den Fenstern vorgesetzt werden. Die Gestalt der Sonnenschutzelemente hat eine große Vielfalt, von Balkonen über starren Schwertern oder Lamellen bis zu permanent vorgesetzten, aber schwenkbaren Großlamellen aus Aluminium, Edelstahl oder Glas.

Vorteile — Über den Fenstern angebrachte Elemente ermöglichen eine Sonnenschutzwirkung, ohne die Aussicht zu beeinträchtigen. Sie sind außerdem ein wirksames Instrument für die architektonische Gestaltung der Fassade. In der Heizperiode wird die Nutzung der solaren Einträge meist nicht beeinträchtigt, da die tiefen Sonnenstände im Winter nicht abgeschattet werden. Schwenkbare, vorgesetzte Beschattungen können den Wärmeeintrag in der Kühlperiode deutlich reduzieren.

Nachteile — Die permanente Präsenz dieser Systeme bedeutet eine eingeschränkte Anpassung an die Außenbedingungen. So verschatten über den Fenstern angebrachte Systeme die Glasoberfläche nur bei hohen Sonnenständen. Bei tiefen Sonnenständen kann es hier zu einem hohen Wärmeeintrag und zu Blendungsproblemen kommen. Gleichzeitig senken sie den Tageslichteintrag, weil sie einen Großteil des diffusen Himmelslichtes permanent abschatten. Vorgesetzte Großlamellen sind zwar in der Sonnenschutzwirkung effizienter; sie schränken jedoch die Nutzung der solaren Wärmegewinne im Winter ein, und reduzieren auch die Möglichkeit der Tageslichtnutzung.



FOTO JOHANN GERSTMANN

Zahlen und Fakten **feststehende horizontale Elemente**

Sonnenschutzwirkung: mittel bis gering, Abschattungsfaktoren je nach System unterschiedlich
Auskragende Elemente nur für Südfassaden geeignet.

Nutzung solarer Einträge im Winter: Hoch bei auskragenden Elementen, weil tiefe Sonnenstände nicht abgeschattet werden, gering bei vorgesetzten Elementen, da sie die Glasfläche permanent verschatten.

Tageslichtnutzung: Schlecht, Tageslichteintrag (sowohl direkte Einstrahlung als auch die diffuse Himmelsstrahlung) wird permanent reduziert.

Blendschutz: nicht als Blendschutz geeignet.

Sichtkontakt zur Außenwelt: ungehinderter Sichtkontakt bei auskragenden Elementen;
mittel mit permanenter Versprossung bei vorgesetzten Elementen.

Gebrauchstaugliche Windgeschwindigkeiten: ca. 30 m/s;
Systeme nicht wegfahrbar, müssen daher windfest ausgeführt werden.

Lebensdauer: ca. 15-30 Jahre.

Einsatzempfehlung — Feststehende Elemente sind bei Gebäuden mit geringen zu erwartenden Kühllasten geeignet, den Sonnenschutz als architektonisches Gestaltungselement ins Spiel zu bringen. Horizontal auskragende Systeme sind nur an südorientierten Fassaden wirksam; für tiefe Sonnenstände an Ost- und Westfassaden eignen sich vorgesetzte, schwenkbare Lamellen. Für Gebäude mit hoher zu erwartender Kühllast reichen jedoch feststehende Elemente als alleinige Sonnenschutztechnologie nicht aus. Wegen ihrer eingeschränkten Blendschutzwirkung sollten feststehende Elemente außerdem immer mit einem innen liegenden Blendschutz kombiniert werden.



FOTO JOHANN GERSTMANN

4.3 Außen liegende, statische Sonnenschutzsysteme

4.3.2 Feststehende vertikale Elemente

Technologie — Bei dieser Gruppe von Sonnenschutzsystemen handelt es sich um vertikale, nicht weg-fahrbare Elemente in der Fassade. Sie können starr oder schwenkbar, in Form von Großlamellen, Schwer-tern oder anderen Fassadenelementen ausgeführt werden. Meist sind die Lamellen aus Aluminium, sie können aber auch aus Glas, Edelstahl, Metall- oder Textilgeweben sein. Um auch im geschlossenen Zu-stand (bei tief stehender Sonne) einen Sichtkontakt zur Außenwelt zu gewährleisten, werden metallische Systeme häufig perforiert.

Vorteile — Vertikale Sonnenschutzelemente ermöglichen eine Sonnenschutzwirkung bei gleichzeitiger, möglichst freier Aussicht. Sie sind außerdem ein wirksames Instrument für die architektonische Gestal-tung der Fassade. Schwenkbare Vertikallamellen mit Motorantrieben und sonnenstandsgeführter Steue-rung können den Wärmeeintrag in der Kühlperiode deutlich reduzieren.

Nachteile — Nicht schwenkbare Systeme haben eine mäßige Abschattungswirkung und Tageslichtnut-zung. Bei großem Abstand zur Verglasung kann durch Eigenverschattung der Tageslichteintrag beson-ders in den lichtschwachen Jahreszeiten deutlich zurückgehen. Da die Sonnenstrahlen zeitweise unge-hindert bis zum Fenster gelangen, können nicht schwenkbare Systeme auch keinen Blendschutz gewähr-leisten. Schwenkbare Vertikallamellen haben eine bessere Sonnenschutz- und Blendschutzwirkung; doch auch sie reduzieren permanent den Tageslichteintrag.



FOTO JOHANN GERSTMANN

Zahlen und Fakten **feststehende vertikale Elemente**

Sonnenschutzwirkung: hoch bei schwenkbaren Lamellen; Abschattungsfaktor bis zu $F_c < 0,3$ je nach Transparenz der Lamellen. In Kombination mit einem Standard-Wärmeschutzglas ($g_{\text{glas}} = 0,65$) lassen sich damit g_t -Werte unter 0,2 erreichen. Gering bei starren Elementen.

Nutzung solarer Einträge im Winter: gering durch permanente Verschattung der Glasfläche.

Tageslichtnutzung: Schlecht, Tageslichteintrag wird permanent reduziert.

Blendschutz: gut bis Mittel bei schwenkbaren Lamellen, je nach Art und Transparenz des Materials; schlecht bei starren Elementen.

Sichtkontakt zur Außenwelt: mittel mit permanenter Versprossung.

Gebrauchstaugliche Windgeschwindigkeiten: ca. 30 m/s; Systeme nicht wegfahrbar, müssen daher windfest ausgeführt werden.

Lebensdauer: ca. 15-30 Jahre.

Einsatzempfehlung — Feststehende Elemente sind bei Gebäuden mit geringen zu erwartenden Kühllasten geeignet, den Sonnenschutz als architektonisches Gestaltungselement ins Spiel zu bringen. Nicht schwenkbare vertikale Elemente eignen sich nur für Ost- und Westfassaden. An Südfassaden machen nur schwenkbare vertikale Lamellen einen Sinn; doch müssten auch diese für die meiste Zeit des Tages geschlossen bleiben. Wie bei den horizontalen Elementen gilt auch hier, dass für Gebäude mit hoher zu erwartender Kühllast feststehende Elemente als alleinige Sonnenschutztechnologie nicht ausreichen. Wegen der eingeschränkten Anpassungsfähigkeit an die Außenbedingungen sollten feststehende Elemente außerdem immer mit einem innen liegenden Blendschutz kombiniert werden.



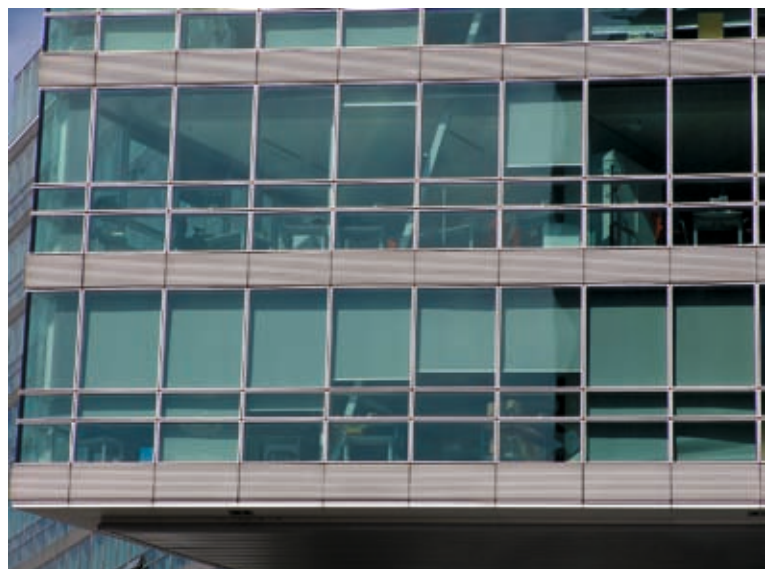
FOTO JOHANN GERSTMANN

4.4 Innen liegende, dynamische Sonnenschutzsysteme

Technologie — Innen liegende Systeme werden raumseitig an den Glasflächen angebracht. Wie außen liegende Systeme können auch sie unterschiedlich gestaltet sein. Am häufigsten sind Jalousien mit horizontalen oder vertikalen Lamellen sowie Rollos, Plissees mit Behängen aus Textilien oder Folien. Bei Rollos wird der Stoff der Verschattung aufgerollt, bei Plissees hingegen ziehharmonikaartig zusammengefasst (plissiert). Innenjalousien besitzen meist schmalere Lamellen als Außenjalousien. Rollos oder Plissees können von oben nach unten aber auch von unten nach oben laufend montiert werden. Schmale Jalousien oder Rollos können auch in Verbund- oder Kastenfenster integriert werden und dadurch die physikalischen Eigenschaften von außen liegenden Sonnenschutzsystemen erhalten.

Vorteile — Innenverschattungen können als einziges Verschattungssystem jederzeit und unabhängig von der Witterung einen ausreichenden Blendschutz gewährleisten. Innenjalousien (besonders Lichtlenkjalousien mit hoch reflektierenden Lamellen) sowie von unten nach oben laufende textile Innenbeschattungen gewährleisten einen guten Tageslichteintrag bei gleichzeitiger Blendschutzwirkung. Sie verändern das äußere Fassadenbild nicht, und eignen sich dadurch auch zur nachträglichen Montage bei gänzlich fehlender Verschattung oder bei denkmalgeschützten Gebäuden. In der Heizperiode können geschlossene Behänge die Wärmeverluste durch die Glasflächen verringern, während die Solarwärmeinträge auch bei geschlossenem Blendschutz nutzbar bleiben.

Nachteile — Die Sonnenschutzwirkung von Innenverschattungen ist aus physikalischen Gründen begrenzt: Je höher der Absorptionsgrad des Behanges, umso mehr Sonnenenergie wird in Wärme umgewandelt, welche die Innenraumluft direkt erwärmt. Einzig sehr helle oder hoch reflektierende Behänge (zum Beispiel bei Lichtlenkjalousien) erreichen durch ihre hohe Reflexion auch akzeptable Sonnenschutzwerte ($F_c < 0,3$) und können somit für Gebäude mit geringem Überwärmungsrisiko auch als Sonnenschutz dienen.



Zahlen und Fakten **Innenverschattungen**

Sonnenschutzwirkung: Mittel bis gering, Abschattungsfaktor F_c meist über 0,5, bei sehr hellen oder hochreflektierenden Oberflächen auch geringer. In Kombination mit einem Standard-Wärmeschutzglas ($g_{\text{glas}} = 0,65$) lassen sich damit g_t -Werte von rund 0,33 erreichen.

Nutzung solarer Einträge im Winter: hoch.

Tageslichtnutzung: schlecht bei geschlossenen textilen Innenverschattungen, gut, wenn der Behang von unten nach oben fährt; mittel bei Innenjalousien mit hellen Behangoberflächen.

Blendschutz: Hoch, witterungsunabhängig, geeignet für jede Fassadenorientierung.

Sichtkontakt zur Außenwelt: mittel bis gering bei textilen Innenverschattungen, mittel bei Innenjalousien, abhängig vom Transparenzgrad des Behanges.

Gebrauchstaugliche Windgeschwindigkeiten: kein Erfordernis.

Lebensdauer: ca. 15-25 Jahre.

Einsatzempfehlung — Innenverschattungen sind als alleinige Sonnenschutztechnologie nicht zu empfehlen, auch nicht für Gebäude mit geringem Glasflächenanteil. Mit ihren guten Blendschutzeigenschaften sind sie jedoch eine ideale Ergänzung zu außen liegenden Sonnenschutzsystemen, die in diesem Bereich häufig ein Defizit aufweisen. In Spezialfällen (z.B. innerstädtische Gebäude mit starker Umgebungsverschattung, geringem Glasflächenanteil und hoher thermischer Speichermasse, oder als fensterintegrierte Systeme, die die Eigenschaften eines außen liegenden Sonnenschutzes aufweisen) können hoch reflektierende Innenverschattungen auch einen ausreichenden Sonnenschutz darstellen.



FOTO JOHANN GERSTMANN

4.5 Permanenter Sonnenschutz mit Sonnenschutzglas

Technologie — Das Sonnenschutzglas ist ein Produkt für den permanenten Sonnenschutz. Es ist ähnlich einer Sonnenbrille mit einer speziellen Sonnenschutzschicht versehen. Die Sonnenschutzschicht filtert gezielt die kurzwelligigen Infrarotstrahlen aus dem Licht, die die meiste Wärmeenergie in den Raum eintragen würden, und verringert dadurch den Energiedurchlassgrad (g-Wert) des Glases.

Vorteile — Sonnenschutzgläser ermöglichen einen Sonnenschutz, wenn aus technischen oder ästhetischen Gründen keine Außenverschattung möglich bzw. erwünscht ist, z.B. wegen der hohen Windlasten in Bürohochhäusern oder wenn eine vollkommen glatte Fassade erreicht werden soll. Im Gegensatz zu allen anderen Sonnenschutzsystemen verursacht das Sonnenschutzglas keinerlei zusätzliche Betriebs-, Wartungs- oder Reinigungskosten. Gleichzeitig ermöglicht es einen Basis-Sonnenschutz ohne Beschattungselemente, die die Sicht nach außen behindern würden.

Nachteile — Die Verwendung von Sonnenschutzgläsern ist jedoch mit einigen, zum Teil gravierenden Nachteilen verbunden:

- Mit den üblichen g-Werten (zwischen 0,3 und 0,5) reicht das Sonnenschutzglas nicht aus, um eine Überhitzung im Sommer zu vermeiden. Für die Abdeckung der Spitzenlasten sind zusätzliche Verschattungs- oder Kühlsysteme notwendig.
- Die Sonnenschutzwirkung bleibt permanent bestehen, auch dann, wenn sie nicht benötigt wird. Häufig wird dadurch die Einsparung von Kühlenergie im Sommer durch einen erhöhten Heizwärmebedarf aufgehoben.
- Mit zunehmender Sonnenschutzwirkung wird auch der Tageslichteintrag immer geringer. Dadurch kommt es auch tagsüber zu einem erhöhten Kunstlichtbedarf, was nicht nur den direkten Strombedarf für die Beleuchtung, sondern über die internen Wärmelasten auch den Kühlbedarf erhöht.
- Bei Sonnenschutzgläsern mit einem g-Wert unter 0,45 kann es zu einer Farbverschiebung des Tageslichtes kommen, was den visuellen Arbeitsplatzkomfort beeinträchtigt.
- Bei Besonnung erhöht sich die Oberflächentemperatur der Fenster zum Teil beträchtlich und führt im Sommer zu Komforteinbußen.
- Bei tief stehender Sonne ist ein zusätzlicher, innen liegender Blendschutz erforderlich.



FOTO JOHANN GERSTMANN

Zahlen und Fakten **Sonnenschutzglas**

Sonnenschutzwirkung: mittel bis gering, $g_t = g_{\text{glas}}$, zwischen 0,3 und 0,5.

Nutzung solarer Einträge im Winter: gering infolge permanenter Verschattung.

Tageslichtnutzung: mittel bis schlecht, je höher der Sonnenschutz, umso geringer der Tageslichteintrag.

Blendschutz: nicht geeignet.

Sichtkontakt zur Außenwelt: hoch, freie Sicht auch bei starkem Sonnenschutz, häufig aber Farbverfälschung durch die Sonnenschutzbeschichtung.

Gebrauchstaugliche Windgeschwindigkeiten: kein Erfordernis.

Lebensdauer: ca. 15-25 Jahre.

Einsatzempfehlung — Aus den genannten Nachteilen ist der Einsatz von Sonnenschutzgläsern aus energietechnischer Sicht im mitteleuropäischen Klima nicht zu empfehlen.



FOTO JOHANN GERSTMANN

4.6 Fassadenintegration

Die in den vorherigen Abschnitten dargestellten Sonnenschutzsysteme können auf unterschiedliche Weise in die Fassade integriert werden. So kann der Sonnenschutz außen an der Fassade angebracht, zusätzlich durch eine Prallscheibe geschützt, in eine Doppelfassade verpackt, oder in die Fenster mit eingebaut sein, und immer noch die Wirkung eines außen liegenden Sonnenschutzes haben. Durch diese Integrationsmöglichkeiten können auch Spezialfälle wie zum Beispiel Hochhäuser oder historische Gebäude mit einem wirksamen Sonnenschutz ausgestattet werden.

4.6.1 Sonnenschutz außen an der Fassade

Die klassische Art, Sonnenschutz außen an der Fassade anzubringen, ist die einfachste Form des außen liegenden Sonnenschutzes. Sie hat aber ihre Grenzen: Erstens verändert diese Einbauart das Bild einer Fassade, was im architektonischen Konzept berücksichtigt werden muss. Zweitens ist hier der Son-



nenschutz nicht vor Wind und Verschmutzung geschützt, was dazu führt, dass diese Einbauart in Hochhäusern wegen der hohen zu erwartenden Windlasten nicht zum Zuge kommen kann. Um Vandalismus vorzubeugen, wird im Erdgeschoss von Bürogebäuden ebenfalls häufig auf die außen liegende Anbringung verzichtet. Bei Sonnenschutzsystemen, die von Hand bedient werden, muss außerdem auf die Wärmebrückenfreiheit der Durchführungen geachtet werden.

Die Einbauart eignet sich hervorragend für den Neubau und umfassende Sanierung von Bürogebäuden bis zu sieben Stockwerken. Mit der Ent-

wicklung von windfesten Sonnenschutzsystemen wird sie auch an windbelasteten Standorten oder für höhere Gebäude möglich. Die Nachrüstung einzelner Gebäudeteile ohne umfassende Sanierung der Fassade ist zwar möglich, aber allein schon aus ästhetischen Gründen nicht zu empfehlen.

Für die Anbringung außen an der Fassade eignen sich Jalousien, Fassadenmarkisen, Rollläden und feststehende Sonnenschutzsysteme. Textil- oder Folienrollos sind zu windanfällig, und finden eher in innen liegenden Systemen Verwendung. Lichtlenkende Systeme verlieren hingegen bei Verschmutzung ihre lichtlenkende Wirkung, müssen daher bei außen liegender Anordnung durch eine zusätzliche Prallscheibe geschützt werden.

4.6.2 Doppelfassade mit Sonnenschutz im Fassadenzwischenraum

Um den außen liegenden Sonnenschutz vor Wind, Vandalismus oder Verschmutzung zu schützen, und gleichzeitig das Bild einer glatten Glasfassade zu erhalten, kann vor dem Sonnenschutz eine zusammenhängende zweite Glasschicht angebracht und damit eine doppelte Fassade errichtet werden.

Die Doppelfassade ist in der Herstellung wesentlich teurer als eine einfache Fassade mit außen liegendem Sonnenschutz. Aber sie macht einen funktionierenden Sonnenschutz an Orten möglich, die bisher nur mit innen liegenden Systemen oder Sonnenschutzglas ausgestattet werden konnten. Sie eignet sich insbesondere für den Neubau von Bürohochhäusern. Bei der umfassenden Sanierung von Bürogebäuden aus den 1960er und 70er Jahren ist sie häufig die beste Lösung, da ansonsten die gesamte Fassade abgerissen und neu erstellt werden müsste. Wegen der großen Eingriffstiefe in das Fassadenbild und

ARCHITEKTUR, BAUART ARCHITEKTEN UND
PLANER AG, FOTO THOMAS JANTSCHER



der dafür notwendigen Planung kommt die Doppelfassade nur bei umfassenden Sanierungen vor.

Die wichtigste Herausforderung ist dabei die Herstellung einer „funktionierenden“ Doppelfassade, bei der der Scheibenzwischenraum gut hinterlüftet ist und sich nicht übermäßig aufheizt. Um dieses zu erreichen, muss die Doppelfassade umsichtig geplant werden. Eine thermische Simulation ist auf jeden Fall zu empfehlen, um spätere, teure „Überraschungen“ zu vermeiden. Für die Hinterlüftung muss unter anderem genügend Zwischenraum zwischen den Fassadenteilen vorhanden sein. Dieser Zwischenraum ist allerdings für die Gebäudenutzung verloren, verringert also die vermietbare Nutzfläche des Gebäudes.

Für eine Doppelfassade eignen sich insbesondere Lichtlenksysteme, aber auch herkömmliche Jalousien, Textil- oder Folienrollos sind mögliche Sonnenschutzvarianten. Dabei sind hoch reflektierende Oberflächen zu bevorzugen, da diese weniger Wärme absorbieren und dadurch der Aufheizung des Scheibenzwischenraumes vorbeugen. Nicht geeignet sind feststehende Elemente, weil sie meist weit aus der Fassade herausragen und damit einen unnötig großen Fassadenzwischenraum benötigen würden. Die Doppelfassade kann zusätzlich auch mit einem innen liegenden Blendschutz kombiniert werden, sie macht aber nur Sinn, wenn zwischen den Fassadenschichten ein wirksamer Sonnenschutz eingebaut wird.

4.6.3 Verbundfenster mit integriertem Sonnenschutz

Die „Doppelfassade im Fenster“ löst das Platzproblem, das die Doppelfassade mit sich bringt. Hier wird Isolierglas, Sonnenschutz und Prallscheibe in den Verbundfensterrahmen integriert. Dabei bleibt die Sonnenschutzwirkung des außen liegenden Sonnenschutzes erhalten, sofern der Sonnenschutz außerhalb der thermisch isolierenden Glasschicht angebracht wird. Um die Überhitzung des Scheibenzwischenraumes zu vermeiden, werden hoch reflektierende Sonnenschutzmaterialien eingesetzt, bei aufwendigen Systemen wird der Scheibenzwischenraum sogar mechanisch belüftet und entfeuchtet.

FOTO GLASTECH, ROSENHEIM



Der im Verbundfenster integrierte Sonnenschutz eignet sich für Neubau und Sanierung von Gebäuden, für die ein außen liegender Sonnenschutz oder eine Doppelfassade nicht in Frage kommt. Im Prinzip handelt es sich hier lediglich um einen Fenstertausch; diese Einbauart ist daher auch ohne andere Sanierungsmaßnahmen durchführbar. Auf jeden Fall sollte aber die Haustechnik auf den veränderten Heizwärme- und Kühlbedarf angepasst werden.

Für die Fensterintegration eignen sich am besten schmale Lichtlenk- und herkömmliche Jalousien sowie – wegen ihres geringen Platzbedarfs – Textil- oder Folienrollos. Dabei sind hoch reflektierende Oberflächen zu bevorzugen, da diese weniger Wärme absorbieren und dadurch der Aufheizung des Scheibenzwischenraumes vorbeugen. Nicht geeignet sind Rollläden, feststehende Elemente und Fassadenmarkisen. Wie bei der Doppelfassade kann der Sonnenschutz im Verbundfenster zusätzlich mit einem innen liegenden Blendschutz kombiniert werden.

4.6.4 Sonnenschutz im Kastenfenster

In Altbauten, zum Beispiel aus der Gründerzeit, ist meistens kein Sonnenschutz vorhanden. Ein außen liegender Sonnenschutz oder eine Doppelfassade ist aus ästhetischen Gründen nicht möglich. Moderne Verbundfenster werden zwar immer wieder eingesetzt, zerstören aber ebenfalls das historische Fassadenbild. So wird bei der Sanierung von Altbauten häufig auf einen Sonnenschutz verzichtet oder auf einen innen liegenden Blendschutz ausgewichen.



Gleichzeitig bieten jedoch die historischen Kastenfenster in solchen Gebäuden genügend Zwischenraum, um zwischen den Fensterflügeln einen Sonnenschutz anzubringen. Die Sonnenschutzwirkung ist damit immer noch wesentlich besser als bei einem innen liegenden Blendschutz. Wird auf dem inneren Fensterflügel gleichzeitig eine Isolierverglasung angebracht, so kann man sogar von einem veritablen außen liegenden Sonnenschutz sprechen. Einzig das Problem der Hinterlüftung bleibt erhalten.

Um die Überhitzung des Scheibenzwischenraumes gering zu halten, sollten auch hier hoch reflektierende Sonnenschutzmaterialien verwendet werden, die wenig Wärme absorbieren.

Dabei sollte der Sonnenschutz nach Möglichkeit direkt an den Fensterflügeln angebracht werden. Im Gegensatz zu einem frei hängenden Sonnenschutz im Scheibenzwischenraum können so die Fensterflügel auch bei geschlossenem Sonnenschutz geöffnet werden. Bei mehrfach geteilten Fenstern in historischen Fassaden kann dies allerdings mit erheblichem Aufwand einhergehen.

Diese Einbauvariante eignet sich für die Sanierung von Altbauten mit Kastenfenstern, und zwar von der umfassenden Sanierung bis zur Nachrüstung von einzelnen Gebäudeteilen. Als Sonnenschutztechnologien eignen sich insbesondere hoch reflektierende oder Lichtlenkjalousien sowie hoch reflektierende Textil- oder Folienrollos. Von der Verwendung von herkömmlichen Jalousien ist wegen der möglichen Überhitzung des Scheibenzwischenraums abzuraten.

4.6.5 Innen liegender Sonnenschutz

Bei dieser Variante wird der Sonnenschutz innen am Fensterflügel, der Fensterlaibung oder an der Wand angebracht. Wie oben beschrieben, ist dabei die Sonnenschutzwirkung aus physikalischen Gründen begrenzt, denn die vom Sonnenschutz absorbierte Wärme wird direkt in den Innenraum abgegeben. Die innen liegende Anordnung ermöglicht aber immer noch einen guten Blendschutz.



Die innen liegende Variante eignet sich vor allem zur unkomplizierten Nachrüstung von Gebäuden bzw. Gebäudeteilen, die über gar keinen Sonnen- bzw. Blendschutz verfügen. Bei Neubauten und bei einer umfassenden Sanierung sollte hingegen auf jeden Fall ein außen liegender Sonnenschutz

(außen an der Fassade, Doppelfassade oder Verbundfenster mit integriertem Sonnenschutz) gewählt und gegebenenfalls mit einem innen liegenden Blendschutz kombiniert werden.

Die Anordnung an der Wand ist am kostengünstigsten, ist allerdings in der Funktionalität stark eingeschränkt, da der Blendschutz nur bei geschlossenen Fenstern funktioniert. Besser ist die Anbringung direkt am Rahmen des Fensterflügels. Dies erfordert allerdings meist eine Maßanfertigung, was auch den innen liegenden Blendschutz teuer machen kann.

Als Sonnentechologien eignen sich dabei insbesondere Lichtlenkjalousien sowie Textil- und Folienrollos aus hoch reflektierenden Materialien, da diese weniger Wärme absorbieren und dadurch auch den Innenraum weniger stark aufheizen. Als Ergänzung zu einem außen liegenden Sonnenschutz können auch günstigere Materialien eingesetzt werden. Für diese Variante sind insbesondere Rollos oder Plissees zu empfehlen, die von unten nach oben gezogen werden können.

4.7 Steuerung

Die Steuerung von Sonnenschutzsystemen hat einen wesentlichen Einfluss auf ihre Funktionalität. Je nach Steuerung kann die gleiche Sonnenschutztechnologie ein nie benutztes Accessoire oder ein integraler Bestandteil der Gebäudetechnik sein.

Um die vollen Energieeffizienzpotenziale eines außen liegenden, dynamischen Sonnenschutzes nutzen zu können, ist eine automatische, strahlungsabhängige Steuerung notwendig. Sie gewährleistet, dass der Sonnenschutz bei Sonneneinstrahlung tatsächlich schließt, und zwar auch am Wochenende oder in den frühen Morgenstunden, wenn sich noch keine Menschen im Gebäude aufhalten. Durch die Anbindung des Sonnenschutzsystems an die zentrale Gebäudeleittechnik kann das Energieverhalten des Gebäudes zusätzlich optimiert werden: So kann zum Beispiel die Temperaturregulierung in der Heizsaison und vor allem in der Übergangszeit prioritär über den Sonnenschutz und erst in zweiter Linie durch Heizung oder Kühlung erfolgen. Schließlich können die Einsparpotenziale durch lichtlenkende Sonnenschutzsysteme auch erst dann realisiert werden, wenn die künstliche Beleuchtung an den Tageslichteintrag angepasst wird: Dies geschieht am besten durch eine gemeinsame Steuerung von Sonnenschutz, Lichtlenksystemen und künstlicher Beleuchtung.

Anders ist es bei Funktionen des visuellen Komforts, die nicht das Energieverhalten des Gebäudes, sondern das individuelle Komfortempfinden der GebäudenutzerInnen beeinflussen. So kann ein Blendschutz zwar auch strahlungsabhängig geführt werden, besser ist es aber, wenn er individuell gesteuert werden kann. So kann der Nutzer oder die Nutzerin die visuelle Umgebung inkl. der Möglichkeit von Weitblick und konzentrierter Bildschirmarbeit nach seinen bzw. ihren individuellen Bedürfnissen gestalten.

Die Steuerung des Sonnenschutzsystems sollte jedoch nach Möglichkeit nicht ganz den NutzerInnen überlassen werden. Die Erfahrung zeigt, dass bei rein individueller Steuerung die NutzerInnen den Sonnenschutz zu spät schließen, nämlich erst, wenn sie einen Anstieg der Innenraumtemperaturen bemerken. Wird die Wärme der Sonneneinstrahlung durch eine Gebäudekühlung wieder abgeführt, kann es auch sein, dass der zwar vorhandene Sonnenschutz nie konsequent bedient wird.

Aus diesen Gründen kann es auch sinnvoll sein, die Funktionen des thermischen und des visuellen Komforts voneinander zu trennen und durch mehrere kombinierte Systeme zu erfüllen (wobei allerdings

die Tageslichtversorgung steuerungstechnisch häufig gemeinsam mit den Funktionen des thermischen Komforts geführt wird). Abschnitt 5.1.1 und Kapitel 8 zeigen Beispiele für solche kombinierten Systeme.

Wichtige Hinweise zur Regelung von Haustechniksystemen, insbesondere zu den Innenraumtemperaturen und zum Lüftungsverhalten, finden sich auch in den Technologieleitfäden „Energieeffiziente Klimatisierung“ (Hinterndorfer, Laaber & Sattler, 2010) und „Energieeffizienz bei Lüftungsanlagen“ (Benke & Leutgöb, 2008).

4.8 Entscheidungsgrundlagen zur Systemwahl

Die Auswahl des Sonnenschutzsystems erfolgt im Wesentlichen anhand von drei Kriterien, zwischen denen es ein Optimum zu finden gilt: Ästhetik, bauphysikalische Gegebenheiten und funktionale Erfordernisse.

4.8.1 Ästhetik

Als Teil der Fassade beeinflusst das Sonnenschutzsystem maßgeblich das äußere Erscheinungsbild eines Gebäudes.

Systeme, die das glatte Fassadenbild nicht verändern (wie zum Beispiel das Sonnenschutzglas) oder formal ansprechende Systeme (wie zum Beispiel feststehende Großlamellen oder permanent vorgesetzte Elemente aus Metall- oder Textilgewebe, Lochblechen usw.) bieten jedoch selten einen ausreichenden Sonnenschutz, und schränken auch den visuellen Komfort stark ein.

Für energieeffiziente Gebäude gilt es daher, wirkungsvolle außen liegende Sonnenschutzsysteme so in die Fassade zu integrieren, dass sie ein ästhetisch ansprechendes Gesamtbild ergeben – oder, wie im hinten vorgestellten ENERGYbase, die gesamte Fassadengestaltung in den Dienst des Sonnenschutzes zu stellen. Die wichtigsten Möglichkeiten der Fassadenintegration wurden im Abschnitt 4.6 zusammengestellt.

4.8.2 Bauphysikalische Gegebenheiten

Der Kühlbedarf und damit auch die Dringlichkeit des Sonnenschutzes wird von unterschiedlichen bauphysikalischen Gegebenheiten beeinflusst: Glasflächenanteil, wirksame thermische Masse, Interne Wärmelasten und im innerstädtischen Bereich auch Direktverschattung durch Gebäude in der Umgebung. So können für Glasflächen, die durch Umgebungsverschattung nur wenige Stunden am Tag überhaupt einer direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind, auch gute innen liegende Verschattungssysteme einen ausreichenden Sonnenschutz bieten. Hier wird der Aspekt der Tageslichtnutzung möglicherweise umso wichtiger sein. Wie die wichtigsten bauphysikalischen Parameter im Sinne des sommerlichen Komforts optimiert werden, ist im Kapitel 7 beschrieben.

4.8.3 Funktionale Erfordernisse

Die wichtigsten funktionalen Erfordernisse für Sonnenschutzsysteme (Sonnenschutz, Nutzung solarer Wärmeeinträge im Winter, Tageslichtnutzung, Blendschutz und Sichtverbindung zur Außenwelt) wurden im Kapitel 3 beschrieben. Doch können die funktionalen Anforderungen je nach Gebäudetyp auch variieren, und somit auch unterschiedliche Sonnenschutzsysteme erforderlich machen.

So rückt zum Beispiel für Wohngebäude der Aspekt des Blendschutzes in den Hintergrund, da dieser vor allem für Bildschirmarbeitsplätze notwendig ist; dafür gewinnt die Robustheit des Sonnenschutzsystems als zusätzliche Einbruchssicherung Bedeutung. In Sporthallen oder Museen ist die Sichtverbindung zur Außenwelt von untergeordneter Bedeutung; dafür kann der Gleichmäßigkeit des Blendschutzes oder der Tageslichtlenkung möglicherweise eine höhere Bedeutung zugemessen werden. In Schulen oder Universitäten sollte das Sonnenschutzsystem einerseits eine wirkungsvolle Tageslichtnutzung erlauben, andererseits aber auch eine weitgehende Verdunkelung der Räume ermöglichen. Die gleichzeitige Erfordernis aller fünf Anforderungen in Bürogebäuden kann dafür die getrennte Steuerung von Sonnenschutz, Blendschutz und Tageslichtlenkung notwendig machen, zum Beispiel durch zweigeteilte Systeme für Sonnen- und Blendschutz im Arbeitsplatzbereich und Tageslichtlenkung im Deckenbereich oder durch die Kombination von außen liegendem, automatisch gesteuertem Sonnenschutz und innen liegendem, individuell vom Nutzer / von der Nutzerin steuerbarem Blendschutz.

Die umseitige Tabelle ermöglicht einen Vergleich der dargestellten Sonnenschutzsysteme und erleichtert damit die Entscheidungsfindung.

4.8.4 Übersichtstabelle Sonnenschutzsysteme

System	Systemvarianten	Lage	Einbaumöglichkeit	Bedienbarkeit	Sonnenschutzwirkung
Außenjalousien	<i>Horizontaljalousien mit breiten Lamellen (> 50 mm)</i>	außen	- vor der Fassade - mit Prallscheibe - in Doppelfassaden	dynamisch mit regulierbarem Licht-/Energieeintrag, Behanghöhe einstellbar	hoch, F_c meist <0,15
	<i>Raffstore</i>	außen			
Lichtlenkjalousien		außen oder innen	- mit Prallscheibe - in Doppelfassaden - im Verbundfenster - im Kastenfenster - innen liegend		hoch, F_c innen < 0,3 F_c außen < 0,10
Rollläden	<i>Tageslichtrollläden</i>	außen	vor der Fassade	dynamisch mit starken Lichtlenkprofilen, Behanghöhe einstellbar	hoch, F_c < 0,25
	<i>Rollläden</i>	außen		dynamisch, Behanghöhe einstellbar	hoch, F_c meist < 0,15, abhängig von der Farbe des Behanges
Fassadenmarkisen	<i>Markisoletten, Ausstell-Markisen</i>	außen	vor der Fassade	dynamisch, Behanghöhe einstellbar	hoch, F_c meist < 0,20, abhängig vom Transparenzgrad des Behanges
	<i>Fassaden- oder Senkrecht-Markisen</i>	außen			
Feststehende horizontale Elemente	<i>Balkone, Schwerter, Großlamellen</i>	außen	auskragend über der Verglasung	statisch, Lamellen tw. schwenkbar	mittel, nur für Südfassaden geeignet
	<i>Horizontale Großlamellen</i>	außen	vor der Verglasung		mittel bis gering, v.a. wenn tiefe Sonnenstände nicht abgeschattet werden
Feststehende vertikale Elemente	<i>Vertikale Großlamellen</i>	außen	vor der Verglasung	statisch, Lamellen schwenkbar	hoch, F_c < 0,3 je nach Transparenz der Lamellen
				statisch, starre Elemente	gering, nur für Ost- und Westfassaden geeignet
Innenverschattung	<i>Textile Innenbeschattungen (Rollos, Plissees, ...)</i>	innen	- im Verbundfenster - im Kastenfenster - im Isolierglas	dynamisch mit regulierbarem Licht/Energieeintrag, Behanghöhe einstellbar	mittel bis gering, F_c meist > 0,5, bei sehr hellen oder hoch reflektierenden Oberflächen auch geringer
	<i>Vertikal- und Horizontaljalousien mit schmalen Lamellen (< 50mm)</i>	innen	- raumseitig hinter der Verglasung		
Sonnenschutzglas		im Glas	im Glas	permanent	mittel bis gering, unterschiedliche F_c -Werte; u. U. erhöhte interne Wärmelasten infolge Beleuchtungsbedarf

	Nutzung solarer Energie im Winter	Tageslichtnutzung	Blendschutz	Sichtkontakt	Architektur	Einsatzempfehlung
	hoch	mittel	gut	mittel	je nach Fassadenintegration unterschiedliche Beeinflussung des Erscheinungsbildes	empfohlen für alle Gebäudetypen
		hoch				empfohlen für Bürogebäude, Universitäten, Sporthallen usw.
	hoch	mittel	gut	gut geradlinige Konstruktion	Akzente durch die Konstruktion und durch die Materialien (z.B. Edelstahl)	möglich bei Bürogebäuden, Schulen, Museen, Sporthallen, usw., nur für Wohngebäude sinnvoll
		schlecht	nicht geeignet	kein Sichtkontakt		
	hoch	mittel	gut, abhängig vom Transparenzgrad des Behanges	gut, abhängig vom Transparenzgrad und von der Webart des Behanges	gestaltet die Fassade, kann Akzente setzen	für Wohngebäude sowie für Nichtwohngebäude mit geringem Tageslichtbedarf
		mittel bis schlecht				
	hoch	schlecht	nicht geeignet	hoch, keine Sichtbehinderung	individuelle Gestaltungsmöglichkeit	bei Gebäuden mit geringer erwartbarer Kühllast; in Kombination mit innen liegendem Blendschutz. Ausrichtung der Fassadenflächen beachten!
	gering		nicht geeignet	mittel		
			gut bis mittel			
			nicht geeignet			
	hoch	gut bis schlecht je nach System	hoch	mittel bis gering	geringe Beeinflussung des Erscheinungsbildes	in der Regel nur als Ergänzung zu außen liegenden Sonnenschutzsystemen zu empfehlen
		mittel		mittel		
	gering	mittel bis schlecht	nicht geeignet	hoch, u. U. Farbverfälschung	gläserne Hülle; u. U. verspiegelt	nicht zu empfehlen

5 Neuentwicklungen

5.1 Weiterentwicklung von Sonnenschutzsystemen

Der Schwerpunkt der Innovationen in der Sonnenschutzbranche liegt in der Weiterentwicklung ihrer bestehenden Produkte unter zwei wesentlichen Gesichtspunkten:

- Verbesserte Tageslichtnutzung und
- Verbesserte Windfestigkeit.

5.1.1 Verbesserte Tageslichtnutzung

Sonnen- und Blendschutzsysteme tageslichttauglich zu machen eröffnet ein enormes Innovationspotenzial. Klassische Sonnenschutzprodukte – egal ob aus Lamellen oder Textilien, ob rollbar, raffbar oder statisch oder als Beschichtung auf Verglasungen – wurden stets als Abschatter konstruiert. Erst in den letzten Jahren wurde neben Sonnen- und Blendschutz auch das Thema Tageslichtnutzung aufgegriffen, um dem wachsenden Beleuchtungsbedarf trotz großer Glasflächen zu begegnen.

Kombination verschiedener Systeme

Ein außen liegender Sonnenschutz kommt am besten nur an jenen Tagen zum Einsatz, an denen ein Kühlbedarf zu erwarten ist. Die Blendschutzfunktion hingegen ist unabhängig von der Außentemperatur und kann auch im Winter auftreten, wenn gleichzeitig die solaren Wärmegewinne zur Entlastung des Heizsystems genutzt werden sollten. Die Tageslichtversorgung ist unabhängig von der Witterung ganzjährig zu gewährleisten. Die Steuerung des Sonnenschutzes und der Tageslichtversorgung geschieht idealerweise automatisch; Blendschutz und Außensicht sind nutzerspezifische Bedürfnisse, die am besten durch eine Steuerung durch die NutzerInnen selbst zu befriedigen sind.

Um alle Funktionen optimal zu erfüllen, erscheint es sinnvoll, unterschiedliche Sonnenschutzsysteme miteinander zu kombinieren. Die einfachste Form ist die Kombination von einem automatisch gesteuerten, außen liegenden, lichtdurchlässigen Sonnenschutz mit einem individuell steuerbaren, innen liegenden Blendschutz. Am wirkungsvollsten hinsichtlich Tageslichtnutzung sind dabei Blendschutzprodukte, die von unten nach oben gefahren werden: So kann im Bereich der Arbeitsplätze der notwendige Blendschutz garantiert, und gleichzeitig über Kopf der volle Tageslichteintrag zur Raumbeleuchtung genutzt werden.

FOTO JOHANN GERSTMANN



FOTO GENIOLUX, MARKUS ESTELER

Eine andere Form sind Jalousien mit einem zweigeteilten Behang, der für die verbesserte Tageslichtnutzung im oberen Bereich entweder stärker geöffnet oder mit Lichtlenklamellen bestückt sind. Diese vereinen praktisch zwei unterschiedliche Jalousientypen in einem System und machen einen zusätzlichen Blendschutz überflüssig, sind aber in der Steuerung nicht so flexibel wie zwei völlig getrennte Systeme.

Die Beispielgebäude im Kapitel 8 zeigen mehrere Varianten zur Kombination verschiedener Sonnenschutzsysteme. So wurde im ENERGYbase ein innovativ gestalteter feststehender Sonnenschutz mit einer innen liegenden Blendschutzjalousie kombiniert, im UNIOA Tower ein automatisch gesteuerter Doppelbehang mit Lichtlenkjalousien zusätzlich mit einem innen liegenden, individuell steuerbaren Blendschutz versehen. Im Neubau der Campusschule Monte Laa kam ein gemeinsam gesteuerter Doppelbehang zum Einsatz. In der Schulsanierung in Ottakring sind einfache, manuell gesteuerte Außenjalousien eingesetzt worden. In einem Teil der Schule sind jedoch auch die innen liegenden Vorhänge erhalten geblieben, die unabhängig von den Jalousien als Blendschutz genutzt werden können.

Lichtlenkung mit verspiegelten Lamellen

Die neueste Entwicklung im Bereich der Tageslichtnutzung sind die schon oben beschriebenen Lichtlenkjalousien. Die Lamellen dieser Jalousien werden fortwährend dem Sonnenstand nachgeführt, um bei gleichzeitiger Sonnen- und Blendschutzwirkung ein Maximum an Tageslicht in den Innenraum zu transportieren.

Herkömmliche weiße Lamellen streuen das Licht und verteilen es diffus im Raum. Hellgraue Lamellen werden manchmal auch als lichtlenkend bezeichnet, haben aber praktisch keine Lichtlenkwirkung. Um das Sonnenlicht, und auch einen großen Teil der energiearmen, diffusen Himmelsstrahlung in den Raum hineinzulenken, wurden spezielle Lichtlenklamellen mit einer verspiegelten Oberfläche entwickelt. Wegen ihrer hohen Reflexion erwärmen sich Spiegellamellen auch weniger als herkömmliche Lamellen und eignen sich dadurch besser für Doppelfassaden, für fensterintegrierte Formen oder für eine innen liegende Ausführung.

Doch sind diese Systeme im Vergleich zu herkömmlichen Lamellen kostenintensiv und auch selten auf dem Markt: In Österreich stellt derzeit kein Hersteller verspiegelte Lamellen her.



FOTO GLASTEC, ROSENHEIM

Lichtlenkung mit Prismenlamellen

Lichtlenkung kann nicht nur mit verspiegelten Oberflächen, sondern auch mit Prismen geschehen. Die Prismen reflektieren bei richtiger Ausrichtung zur Sonne das direkte Sonnenlicht, lassen jedoch gleichzeitig die diffuse Himmelsstrahlung nahezu ungehindert in den Raum. Durch die Verarbeitung zu Lamellen ist diese Sonnenschutztechnologie vielseitig einsetzbar, zum Beispiel in Form von innen liegenden Vertikaljalousien oder außen liegenden, drehbaren Großlamellen. Die Technologie der Prismenlamellen ist noch relativ jung; in den nächsten Jahren sind daher auch weitere Neuentwicklungen zu erwarten.

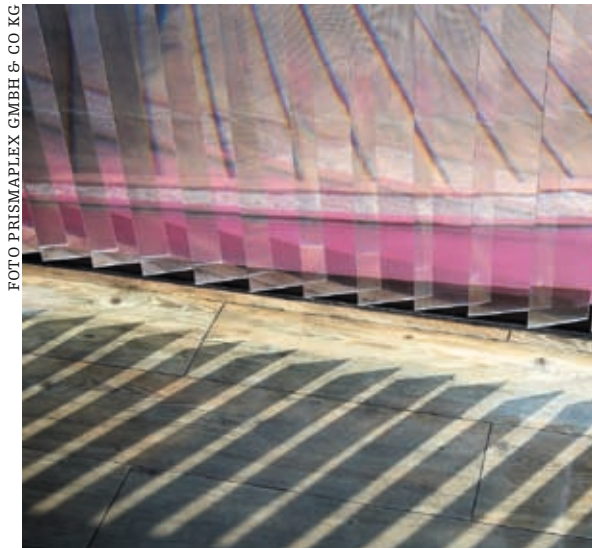


FOTO PRISMAPLEX GMBH & CO KG

Prismenlamellen bieten einen effektiven Sonnenschutz bei gleichzeitiger hoher Tageslichtnutzung. Da die Sonnenschutzwirkung ausschließlich auf Reflexion beruht, erwärmen sich Prismenlamellen nicht durch das einfallende Sonnenlicht. Sie bieten daher auch bei innen liegender Anordnung gute Sonnenschutzwerte. Um eine optimale Sonnenschutzwirkung zu erreichen, müssen die Lamellen allerdings genau dem Sonnenstand nachgeführt werden. Dies geschieht am besten durch eine automatische, sonnenstand- oder kalendergeführte Steuerung. Auch

der Sichtbezug nach Außen bleibt erhalten, die Bilder durch die geschlossenen Prismenlamellen sind allerdings verschwommen.

Bei dieser Neuentwicklung gibt es noch eine Reihe ungelöster Probleme: Um eine Totalreflexion der direkten Strahlung zu erreichen, müssen die Lamellen genau dem Sonnenstand nachgeführt werden, was nicht nur eine gute Steuerung, sondern auch eine äußerst präzise Mechanik erfordert. Die Prismen gewährleisten zwar einen Durchblick nach Außen; dieser ist jedoch meistens irritierend, da durch die geschlossenen Lamellen nur schemenhafte Bilder entstehen.



FOTO ROMA ROLLADENSYSYSTEME GMBH

5.1.2 Verbesserte Windfestigkeit

Windfeste dynamische Außenverschattungen

Außen liegende Sonnenschutzsysteme müssen den Einflüssen von Wind und Wetter standhalten. Dynamische Systeme sind dabei meist weniger robust als feststehende Elemente; um Schäden durch den Wind zu vermeiden, werden sie meist mit einem Windwächter versehen, der sie bei Überschreitung der zulässigen Windgeschwindigkeit automatisch einfährt. Doch in diesem Zustand kann das Sonnenschutzsystem seine Sonnenschutz- Blendschutz- oder Tageslichtlenkwirkung nicht entfalten. Um auch bei hohen Windgeschwindigkeiten eine Funktionali-

tät des Sonnenschutzsystems zu erhalten, kann dieses auch durch eine zusätzliche Prallscheibe geschützt werden, zum Beispiel als Doppelfassade oder in fensterintegrierter Ausführung. In Hochhäusern kommt außen liegender Sonnenschutz grundsätzlich nur in dieser Form zum Einsatz – häufig wird aber auch aus Kostengründen auf einen außen liegenden Sonnenschutz verzichtet und damit ein höherer Kühlbedarf in Kauf genommen.

In den letzten Jahren wurden in fast allen Bereichen der außen liegenden Sonnenschutzsysteme auch windfeste Ausführungen entwickelt, die auch bei hohen Windgeschwindigkeiten ohne zusätzliche Prallscheibe ihre Funktionalität erhalten können. So sind zum Beispiel windfeste Fassadenmarkisen mit seitlich geführter permanenter Tuchspannung auf dem Markt, oder Markisoletten, die nicht durch die Schwerkraft, sondern durch eine Gasdruckfeder gespannt werden. Bei Raffstoren und Tageslichtrollläden gibt es sturm feste Produkte, die bei voller Funktionalität Windgeschwindigkeiten bis zu 120 km/h (33 m/s) standhalten können. Solche Produkte kommen in den meisten Lagen auch ohne zusätzlichen Windschutz aus – sind aber auch in der Regel kostenintensiver als weniger belastbare Produkte.

Außenverschattung an großen Glasflächen

Durch die Entwicklung der Glasindustrie ist es heute möglich, das Standardraster von 1,35 m bei Bü-

TA MEDIA VERLAGSGEBÄUDE, ZÜRICH
ARCHITEKTUR & FOTOS ATELIER WW, ZÜRICH



rogebäuden zu durchbrechen und zusammenhängende Glasflächen bis zu einer Größe von 3 mal 6 m zu schaffen. Die Außenverschattung solch großer Glasflächen stellt besondere Ansprüche an Statik und Windschutz, für die Standardprodukte meistens nicht ausreichen. Hier wird heutzutage meistens mit Prototypen oder mit feststehenden Sonnenschutzelementen gearbeitet. Einzelne Sonnenschutzhersteller arbeiten jedoch an Standardelementen, die auch an großen Glasflächen einsetzbar sind: So sind zum Beispiel die schon oben erwähnten windfesten Fassadenmarkisen bis zu einer Größe von 3 mal 6 m erhältlich.

5.2 Neue Technologien

5.2.1 Variables Sonnenschutzglas

Variable Sonnenschutzgläser sind Weiterentwicklungen des herkömmlichen Sonnenschutzglases, bei denen sich der Energiedurchlassgrad des Glases verändern lässt. Es sind verschiedenste Technologien in Entwicklung, von elektrochromer über gas-, photo- zu thermochromer Verglasung, die die Verdunkelung auf unterschiedliche Weise erzeugen (vgl. z.B. Nitz & Wagner, 2002). Die meisten Technologien befinden sich erst im Entwicklungsstadium. Am weitesten ist elektrochromes Glas, das im Fahrzeugbau schon seit einigen Jahren eingesetzt wird. Im Gebäudebereich wird es in prototypischen Gebäuden getestet und von einzelnen Herstellern bereits verkauft.



FOTO LUC BOEGLY, ST. GOBAIN

Regulierbare Gläser lösen das wichtigste Problem der herkömmlichen Sonnenschutzgläser, und können sich durch ihren variablen g-Wert an die Außenbedingungen anpassen. Einzelne Produkte erreichen im dunklen Zustand g-Werte, die mit einer Außenverschattung vergleichbar sind. Im ungeschalteten Zustand sind die g-Werte höher, im Idealfall mit denen eines unbeschichteten Glases vergleichbar.

Die wichtigste Herausforderung ist dabei die Optimierung des Verhältnisses zwischen Energiedurchlassgrad und Lichttransmission. Ziel der Entwicklung ist, den g-Wert des Glases zu minimieren, ohne dass das Glas gleichzeitig dunkel oder milchig wird. Eine zweite Herausforderung ist die Maximierung der Lebensdauer, genauer gesagt der Anzahl der Schaltvorgänge, die ohne dauerhafte Farbänderungen möglich sind. Weitere mögliche Optimierungspunkte sind die Regelung der Reaktionszeit und die meist veränderte Farbe des Glases. Da die Abschattungswirkung über Absorption erreicht wird, erhitzen sich die Glasscheiben mitunter stark.

5.2.2 Sonnenschutzfolien

Sonnenschutzfolien können auf Glas aufgeklebt werden, um aus einer herkömmlichen Glasscheibe ein „Sonnenschutzglas“ zu machen. Dabei gibt es sowohl innen wie auch außen liegende Folien. Die Angebotspalette ist sehr breit, und reicht von neutral durchsichtigen Sonnenschutzfolien bis hin zu starken Blendschutzfolien mit nur 1 % Lichttransmission.

Die generellen Vor- und Nachteile von Sonnenschutzfolien sind die gleichen wie beim Sonnenschutzglas. Sie bieten einen permanenten Kontakt zur Außenwelt bei hohen möglichen Abschattungswerten. Nachteilig wirken die häufig vorhandene Farbverschiebung sowie die Reduktion des Tageslichteintrags bei stark abblendenden Folien, die auch tagsüber einen Kunstlichtbedarf erzeugt. Im Winter, wenn die Sonneneinstrahlung erwünscht wäre, können auch Folien nicht entfernt werden. Ebenso, wenn gerade kein Blendschutzrisiko besteht – permanent aufgeklebte Blendschutzfolien erfüllen somit nicht die Anforderung eines verstellbaren Blendschutzes in der Bildschirmarbeitsplatzverordnung. Bei nachträglichem Aufkleben einer Folie kann zudem die Herstellergarantie auf das Glas erlöschen.

Zur Nachrüstung bestehender Fenster an Fassaden, an denen andere Sonnenschutzsysteme keine Anwendung finden können, sind Sonnenschutzfolien trotz dieser Vorbehalte häufig die einzig geeignete Lösung

(z.B. an Schaufenstern oder an innen und außen denkmalgeschützten Gebäuden). Folien müssen aber nicht immer auf das Glas aufgeklebt werden: Sie bieten auch gute Ausgangsmaterialien für andere Sonnenschutzsysteme, insbesondere in Einbauvarianten mit geringem Platzangebot. Im Vergleich zu Textilien haben Folien eine geringere Absorption, und liefern damit auch bei innen liegender Anordnung oder im Scheibenzwischenraum relativ gute Abschattungswerte.

Die technische Entwicklung hat wie beim Sonnenschutzglas zum Ziel, den Energiedurchlassgrad der Folie zu senken, ohne die Lichttransmission übermäßig einzuschränken. Neueste Sonnenschutzfolien sind



FOTO 3M ÖSTERREICH GMBH



FOTO GLASTECH, ROSENHEIM

praktisch unsichtbar, und filtern trotzdem wirksam die Wärme bringende Infrarotstrahlung aus dem Sonnenlicht. Sie sind daher auch zur Nachrüstung denkmalgeschützter Gebäude geeignet, bei denen das Fassadenbild nicht verändert werden darf. Sonnenschutzfolien mit variabler Beschichtung sind auch in Entwicklung, aber noch nicht am Markt erhältlich.

5.2.3 Sonnenschutzintegrierte Photovoltaik- oder solarthermische Systeme

Da der Sonnenschutz naturgemäß der Sonne ausgesetzt ist, bietet sich eine Integration von solarthermischen oder photovoltaischen Systemen an: So nutzen die Systeme die Solarenergie, anstatt sie einfach zu reflektieren oder zu absorbieren.

Solarthermische Systeme werden meist auf feststehende Sonnenschutzelemente angebracht. Photovoltaiksysteme können sowohl in feststehende, als auch – als dünne, halbtransparente Platten – in dynamische Systeme integriert werden.

Der Vorteil der Kombination ist der doppelte Nutzen: Energieerzeugung und Sonnenschutz zugleich. Doch im Vergleich zu optimal ausgerichteten, dachintegrierten Anlagen ist mit einem stark reduzierten Energieertrag zu rechnen.

Bei der Planung muss darauf geachtet werden, dass die Integration von Photovoltaikelementen oder Solar Kollektoren nicht zulasten der Funktionalität des Sonnenschutzes geht und der Energieertrag des Solar-systems für zusätzliche Kühlung oder Beleuchtung aufgewendet werden muss. Was leicht passieren kann:

ENERGYBASE, WIEN
ARCHITEKTUR POS ARCHITEKTEN, FOTO WWFF



Photovoltaikmodule können zum Beispiel starke Kontraste auf die Arbeitsfläche werfen, was den visuellen Komfort belastet. Feststehende Elemente verringern, im Vergleich zu dynamischen Systemen, den Tageslichteintrag an lichtarmen Tagesrand- und Jahreszeiten.

In Summe erscheint daher die Integration von Solarkollektoren oder Photovoltaikmodulen in Sonnenschutzsysteme nur in architektonischen Spezialfällen zielführend: Wie zum Beispiel am Energybase in Wien, das über eine eigens entworfene, gefaltete „Solarfassade“ mit integrierter Photovoltaik verfügt, die gleichzeitig den Anforderungen von Sonnenschutz genügt und eine optimale Ausrichtung für die Solarzellen bietet. Für Standardgebäude sind eher hochwertige Sonnen-

schutzsysteme mit Tageslichtlenkung zu empfehlen: Sie erlauben für dieselbe Investition die direkte Nutzung des Sonnenlichtes als Tageslicht und sparen dadurch mindestens so viel Strom ein, wie die Solarzellen herstellen würden.

5.2.4 Transparente Wärmedämmung mit Phasenwechselmaterialien

Eine transparente Wärmedämmung mit Phasenwechselmaterialien speichert die Wärme der Sonnenstrahlen am Tag, um sie bei Nacht an ihre Umgebung abzugeben. Damit leistet sie einen wichtigen Beitrag zur Nutzung der solaren Wärmegegewinne im Winter.

MARCHÉ INTERNATIONAL SUPPORT OFFICE, KEMPTTHAL, SCHWEIZ
ARCHITEKTUR BEAT KÄMPFEN, ZÜRICH; FOTO WILLI KRACHER, ZÜRICH



Dabei handelt es sich nicht um Sonnenschutz, sondern um eine verbesserte Wärme- und Tageslichtnutzung bei sonst opaken Wandflächen bzw. um eine permanente Verdunkelung eines Teils der Fassade. Die Elemente lassen zwar vergleichsweise viel Tageslicht durch, doch gewährleisten sie keine Durchsicht, und sind auch nicht regelbar.

Einzelne Systeme haben zusätzlich einen Sonnenschutz als äußerste Schicht der transparenten Wärmedämmung integriert, der die hoch stehende Sommersonne reflektiert und nur die tief stehende Wintersonne durchlässt. Dieser permanente Sonnenschutz ist jedoch nur an Südfassa-

den wirksam, da an Ost- und Westfassaden gerade die tiefen Sonnenstände die größte Einstrahlung herbeiführen.

6 Energieverbrauch und Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit wird häufig als Argument gegen außen liegende Sonnenschutzsysteme verwendet. Weil diese in der Anschaffung teurer sind und höhere Reinigungs- bzw. Wartungskosten verursachen, begnügen sich Bauherren häufig mit Sonnenschutzglas oder einem innen liegenden Blendschutz. Gleichzeitig lässt sich aber mit einer geschickten Sonnenschutzstrategie wertvolle Kühl- Heiz- und Beleuchtungsenergie einsparen.

- Erhöhen außen liegende Systeme die Gesamtkosten, oder erlauben sie Kostenreduktionen in anderen Bereichen?
- Sind die Energieeinsparungen nennenswert?
- Lassen sich durch die Energieeinsparungen die Mehrkosten für Reinigung und Wartung ausgleichen?
- Wie groß sind die Unterschiede zwischen den Gesamtkosten der unterschiedlichen Systeme während der Nutzungsdauer einer Immobilie?

Auch wenn jedes Gebäude eigene Charakteristika aufweist, können Energie- und Wirtschaftlichkeitsberechnungen anhand eines Modellgebäudes einige Antworten auf diese Fragen geben.

6.1 Modellrechnung

Als Modellgebäude dient ein durchschnittlich großes Bürogebäude mit rechteckigem Grundriss, fünf Geschoßen, einer Bandfassade mit rund 70% Glasflächenanteil, einer durchschnittlich gedämmten Gebäudehülle, mittelschwerer Bauweise sowie konventionellen Energiesystemen (Heizung mit Fernwärme, Kühlung mit einer mechanischen Kältemaschine und Trockenkühler). Um einen Vergleich anzustellen, wurde das Gebäude mit unterschiedlichen Sonnenschutzsystemen bestückt, und in Folge eine Energiebedarfs- und Lebenszykluskostenberechnung durchgeführt.

Folgende Sonnenschutzvarianten wurden miteinander verglichen:

- Innen liegender Blendschutz, manuell gesteuert;
- Sonnenschutzglas, mit innen liegendem, manuell gesteuertem Blendschutz;
- Außenjalousie, automatisch gesteuert, ohne innen liegenden Blendschutz;
- Jalousie mit Lichtlenklamellen im Fensterverbundsystem, automatisch gesteuert, ohne innen liegenden Blendschutz.



Abb. 6 Modellgebäude für die Energie- und Wirtschaftlichkeitsberechnungen

6.2 Auswirkungen auf den Energiebedarf

Die vier untersuchten Sonnenschutzvarianten zeigen deutliche Unterschiede beim Energiebedarf. Gegenüber dem einfachen innen liegenden Blendschutz verringern alle drei Sonnenschutzvarianten den Kühlbedarf. Mit einer Außenjalousie wird sogar eine Halbierung des Kühlbedarfs erzielt.

Der Heizwärmebedarf wird hingegen unterschiedlich beeinflusst: Die für die Lichtlenkjalousie notwendige Dreischeibenverglasung bewirkt eine deutliche Verringerung des Heizwärmebedarfs, während er bei Außenjalousien (bei Zweischeibenverglasung) in etwa gleich bleibt und mit einem Sonnenschutzglas sogar um einen Viertel erhöht wird. Ähnlich verhält sich auch der Energiebedarf für die Beleuchtung.

In Summe hat das Gebäude mit dem einfachen innen liegenden Blendschutz den höchsten Endenergiebedarf. Die Variante mit Sonnenschutzglas spart gegenüber dieser Variante ca. 5% Energie ein, eine Außenjalousie 12%, und eine Lichtlenkjalousie im Fensterverbundsystem 23%.

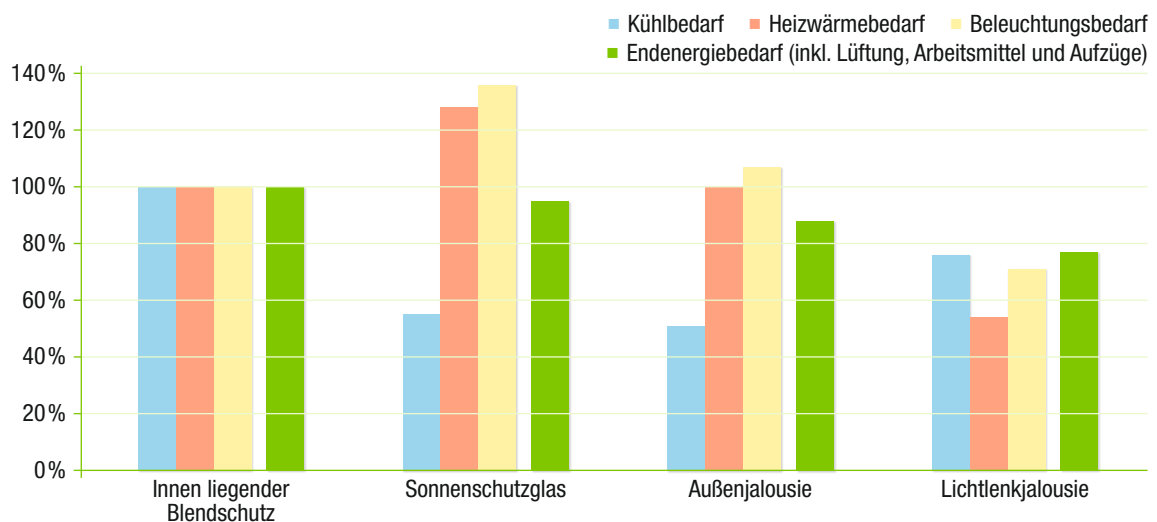


Abb. 7 Auswirkungen der unterschiedlichen Sonnenschutzvarianten auf den Nutz- und Endenergiebedarf im Modellgebäude.

6.3 Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit

Im Bereich der Wirtschaftlichkeit sind die Unterschiede zwischen den betrachteten Varianten wesentlich geringer.

Alle drei betrachteten Sonnenschutzvarianten verursachen zwar in der Anschaffung Mehrkosten gegenüber der Basisvariante mit einem innen liegenden Blendschutz. Doch die verwendete Sonnenschutztechnologie wirkt sich nicht nur auf die Kosten des Ausbaus aus, sondern über die Heiz- und Kühllast auch indirekt auf die Haustechnikkosten. So können bei allen drei Sonnenschutzvarianten die Heiz- und Kühlsysteme kleiner dimensioniert werden als beim innen liegenden Blendschutz, was einen Teil der Mehrkosten für die Sonnenschutzsysteme bereits hier wieder einspart.

Dies führt dazu, dass die Errichtungskosten bei diesem Modellgebäude bei der Variante mit der Außenjalousie am geringsten sind. Die Ausstattung mit einer Innenjalousie kostet rund 1% mehr, mit Sonnenschutzglas und Innenjalousie rund 2%, und mit einer Lichtlenkjalousie im Verbundfenster rund 4%.

Die beträchtliche Reduktion des Heizwärme-, Kühl- und Beleuchtungsbedarfs wirkt sich auch auf die Energie- und Verbrauchskosten aus: Mit einer Lichtlenkjalousie lässt sich eine Kostenreduktion von rund 14 % erzielen, mit einer Außenjalousie rund 10 %. Das Sonnenschutzglas spart gegenüber der Basisvariante nur 2 % ein.

Die weiteren Nutzungskosten gleichen diese Einsparungen jedoch weitgehend wieder aus. So ist die Fassadenreinigung bei den außen liegenden Varianten teurer, und auch für Wartung und Instandsetzung sind höhere Beträge zu reservieren. Insgesamt hat die Variante mit den Lichtlenkjalousien die geringsten Nutzungskosten, die Nutzungskosten der anderen Varianten liegen rund 1-2 % darüber.

Über eine Nutzungsdauer von 50 Jahren betrachtet verschwinden die Unterschiede, die bei den Investitionskosten noch vorhanden waren, gänzlich. Eine Barwertberechnung, der eine moderate Strompreiserhöhung zugrunde gelegt wurde, zeigt, dass die Gesamtkosten sich in den ersten vier Jahrzehnten der Nutzung immer mehr angleichen, und nach 50 Jahren bei den Varianten mit außen liegendem Sonnenschutz und Lichtlenkjalousie geringfügig unter denen der Basisvariante und der Variante mit dem Sonnenschutzglas liegen.

Insgesamt zeigt die Modellrechnung, dass es keine wirtschaftlichen Hindernisse gibt, energieeffiziente Sonnenschutzsysteme in Bürogebäuden einzusetzen. Die Mehrkosten, die solche Systeme in der Anschaffung verursachen, gleichen sich zu einem großen Teil bereits in der Errichtungsphase durch Einsparungen an Haustechnikkosten aus. Über die Nutzungsdauer eines Bürogebäudes betrachtet werden sogar aufwendige Systeme wie eine fensterintegrierte Lichtlenkjalousie mit den günstigeren Systemen konkurrenzfähig.

Betrachtet man die Unsicherheit der Strompreisentwicklung in den nächsten Jahrzehnten, so ist es auch möglich, dass sich die Energiekosten wesentlich stärker auf die Nutzungskosten des Gebäudes auswirken als in dieser Modellrechnung. Die Verwendung Energie sparender Systeme senkt dabei die Abhängigkeit von den Energiepreisen und minimiert dadurch auch das Risiko unkontrollierbar steigender Nutzungskosten.

Die Modellrechnung hat lediglich die Auswirkungen der verwendeten Sonnenschutzvarianten dargestellt. Einsparungen, die aus einer energetischen Gesamtoptimierung des Modellgebäudes resultieren würden, wurden dabei nicht berücksichtigt. Bei einem optimierten Gesamtkonzept, wie es im nächsten Kapitel skizziert ist, ist ein weit tieferer Energiebedarf und damit verbunden auch eine stärkere Reduktion der Nutzungskosten zu erwarten. Ähnlich zu den berechneten Varianten kann davon ausgegangen werden, dass sich die Kosten der Haustechnikausstattung ebenfalls weiter senken lassen, möglicherweise auch Haustechnikflächen für die Gebäudenutzung frei werden können.

In der Realität verfügen moderne Bürogebäude meist über komplexere Grundrisse als das hier angenommene Modellgebäude. Die Ergebnisse können daher im Einzelfall von den hier dargestellten Tendenzen abweichen. Um alle Parameter optimal aufeinander abzustimmen, ist für die Planung von größeren Bürogebäuden die Durchführung einer Wirtschaftlichkeitsanalyse für das konkrete Objekt zu empfehlen.

6.4 Auswirkungen auf den Innenraumkomfort

Schließlich ist auch der Komfortgewinn, der durch einen verbesserten Sonnenschutz entsteht, nicht zu unterschätzen. So ist mit der Reduktion des Kühlbedarfs mit einem außen liegenden Sonnenschutz nicht nur ein verringerter Energiebedarf verbunden, sondern auch eine Reduktion unangenehmer Nebenerscheinungen der Klimatisierung wie z.B. Lüftungsgeräusche, Zugerscheinungen oder zu große Unterschiede zwischen der Lufttemperatur und der Temperaturen der raumabschließenden Flächen. In nicht-klimatisierten Gebäuden kann der Sonnenschutz zwar keine Kühlenergie einsparen; doch trägt er wesentlich dazu bei, dass die Komforttemperaturen auch in der warmen Jahreszeit eingehalten werden. Die verbesserte Tageslichtnutzung mit einem Lichtlenksystem reduziert nicht nur den Bedarf an Kunstlicht, sondern erhöht auch das Wohlbefinden der GebäudenutzerInnen.

Solche Zusammenhänge können nicht in der Lebenszykluskostenberechnung abgebildet werden. Doch hat auch der Arbeitsplatzkomfort wirtschaftliche Auswirkungen, zum Beispiel über die Leistungsfähigkeit oder über die Zufriedenheit der NutzerInnen. Untersuchungen zu den Krankheitsabsenzzraten in Bürogebäuden zeigen sogar, dass in Gebäuden, die komfortable Innenraumbedingungen ohne Klimatisierung herstellen können, auch die MitarbeiterInnen gesünder und die Krankheitsabsenzzraten deutlich niedriger sind als in klimatisierten Objekten (vgl. z.B. Preziosi, Czernichow, Gehanno, & Herberg, 2004).

Mit dem Einsatz hochwertiger Sonnenschutzsysteme lassen sich zu beinahe unveränderten Errichtungskosten Bürogebäude erstellen, die für ihre künftigen NutzerInnen den Anreiz eines deutlich höheren Arbeitsplatzkomforts bei gleichzeitig geringerem Energiebedarf schaffen. Energieverbrauch und Innenraumkomfort sind auch wesentliche Eingangsparameter jeglicher Nachhaltigkeitsbewertung von Gebäuden, vom Energieausweis über österreichische Labels wie z.B. das klima:aktiv haus oder TQB bis hin zu internationalen Zertifikaten wie LEED, BREEAM oder DGNB. Erste Ansätze zur besseren Verwertbarkeit von zertifizierten Gebäuden lassen sich bereits am Immobilienmarkt erkennen; es kann davon ausgegangen werden, dass sich dieser noch junge Trend in naher Zukunft weiter verstärken wird.

7 Weitere Möglichkeiten passiver Kühlung

Der Sonnenschutz ist zweifellos eines der wichtigsten Mittel, um den Kühlbedarf eines Gebäudes gering zu halten. Für ein energieoptimiertes Gesamtkonzept gibt es jedoch eine Reihe weiterer Aspekte, die im Bereich des sommerlichen Komforts zu berücksichtigen sind (vgl. z.B. Varga et al., 2007):

Glasflächenanteil — Mit Hilfe von Sonnenschutz lässt sich die Sonneneinstrahlung durch die Glasflächen wirksam regulieren. Durch eine Optimierung des Glasflächenanteils kann übermäßige Sonneneinstrahlung von vornherein minimiert werden. Der optimale Glasflächenanteil für Bürogebäude liegt bei rund 50% der Fassadenflächen. Darunter gelangt meist zuwenig Tageslicht in die Räume; darüber steigt der Wärmeeintrag übermäßig an, ohne die Tageslichtversorgung weiter zu verbessern.

Bauweise — Durch ihre Wärmespeicherfähigkeit tragen auch die Bauteile eines Gebäudes zur Temperaturregulierung in den Innenräumen bei. Freiliegende, massive Bauteile wirken ausgleichend auf die Temperatur, indem sie über den Tag Wärme aus dem Innenraum aufnehmen, und in der Nacht, wenn die Lufttemperaturen geringer sind, diese Wärme wieder abgeben. Ein leichter Innenausbau mit abgehängten Decken, doppelten Fußböden und Gipskarton-Zwischenwänden vermag hingegen praktisch keine Wärme zu speichern; die Sonneneinstrahlung sowie die internen Wärmelasten wirken sich vollumfänglich auf die Innenraumtemperatur und somit auf den Kühlbedarf aus. Für ein energieoptimiertes Bürogebäude sollten zumindest die Decken unverkleidet bleiben, damit sie als so genannte thermische Masse wirksam werden können. Unverkleidete Fußböden, massive Zwischenwände oder Parapete sind weitere Möglichkeiten, die wirksame thermische Masse eines Gebäudes zu erhöhen.

Interne Wärmelasten — Rund ein Drittel der Kühllasten in einem Bürogebäude wird im Gebäude selbst generiert: Durch die künstliche Beleuchtung, die Abwärme der elektrischen Anlagen und Kleingeräte, sowie durch die Personen, die sich im Gebäude befinden. Am wirksamsten können diese so genannten „internen Wärmelasten“ durch eine optimale Tageslichtnutzung, Energie sparende Beleuchtung, umsichtige Planung und Beschaffung von Bürogeräten und ein wirkungsvolles Power Management verringert werden. Auf diese Weise spielt der Sonnenschutz auch hier eine Rolle: Bewirkt ein nicht optimaler Sonnen- oder Blendschutz eine Abdunkelung der Räume, so wird auch tagsüber künstliche Beleuchtung nötig – im schlechtesten Fall wird der Kühlbedarf, den der Sonnenschutz einsparen würde, durch die Abwärme der Beleuchtung wieder wettgemacht.

Nutzung passiver Kühltechnologien — Wurde der Glasflächenanteil, der Sonnenschutz und die Bauweise eines Bürogebäudes optimiert und werden die internen Wärmelasten gering gehalten, so sollte im österreichischen Klima nur mehr ein geringer Kühlbedarf vorhanden sein, der vollständig durch passive Kühltechnologien gedeckt werden kann. Die wichtigsten passiven Kühltechnologien im mitteleuropäischen Klima sind (vgl. z.B. Varga, 2006):

- Nächtlicher Luftwechsel in Verbindung mit wirksamer Speichermasse im Gebäude;
- Vortemperierung der Zuluft durch Luft-Erdwärmetauscher;
- Nutzung der Erdkälte durch Erdwärmetauscher oder senkrechte Erdsonden, zur direkten Kühlung der Bauteile oder zur Rückkühlung von Kältemaschinen;
- Kühlung mit Hilfe von Grundwasser über Grundwasserbrunnen und Wärmetauscher, zur direkten Kühlung der Bauteile oder zur Rückkühlung von Kältemaschinen.

Nutzung solarer Kältemaschinen und effiziente Verwendung von mechanischer Kühlung — Sollte in Spitzenzeiten immer noch ein Kühlbedarf auftreten, so kann dieser nur noch durch künstliche Kälte ausgeglichen werden. Wie Kältemaschinen optimal ausgelegt und energieeffizient betrieben werden, beschreibt der Technologieleitfaden „Energieeffiziente Klimatisierung“ (Hinterndorfer, Laaber & Sattler, 2010).

8 Beispielgebäude

8.1 Feststehende horizontale Sonnenschutzelemente im ENERGYbase

Das ENERGYbase ist ein vielfach ausgezeichneter Passivhaus-Bürobau in Wien Floridsdorf. Das Gebäude beherbergt in den unteren Geschossen die Räumlichkeiten von zwei Fachhochschulen. Die oberen Geschosse werden als Büros vermietet.

Zentrales architektonisches Element des Gebäudes ist die gefaltete „Solarfassade“ auf der Südseite. Sie dient der maximalen Ausnutzung der einfallenden Solarenergie, sorgt für eine ausgezeichnete Versorgung mit Tageslicht und hält im Winter den Heizwärmebedarf gering. Im Sommer fungiert die Faltung als feststehender baulicher Sonnenschutz, der zusätzlich eine optimale Neigung für die Stromerzeugung mit Photovoltaik-Elementen aufweist. Diese integrale Entwurfsmaßnahme bewirkt, dass die Südseite trotz sehr hohem Verglasungsanteil ohne zusätzlichen Sonnenschutz die passivhauskonformen geringen Kühllasten aufweist. Die übrigen Fassadenflächen (Ost, West und Nord) sind hoch gedämmte Lochfassaden mit einem geringeren Fensterflächenanteil. An diesen Fassaden wird der Sonnenschutz durch eine perforierte Außenjalousie gewährleistet. Für den an der Südseite ganzjährig erforderlichen Blendschutz wird eine innen liegende, fein perforierte Blendschutzjalousie verwendet. Die feine Perforierung ermöglicht auch bei geschlossener Jalousie eine gute Sicht nach Außen sowie einen ausreichenden Tageslichteintrag, so dass man an hellen Tagen auch bei gezogenem Blendschutz auf eine künstliche Beleuchtung verzichten kann.

Das gesamte Gebäudekonzept steht im Zeichen von optimaler Energienutzung: Eine Gebäudehülle in Passivhausqualität sorgt dafür, dass im Winter wenig Wärme verloren geht und im Sommer wenig Wärme ins Gebäudeinnere eindringen kann. Die hohe thermische Masse der frei gehaltenen Decken kann Temperaturschwankungen während des Tages weitgehend ausgleichen. Durch die umfassenden Sonnenschutzmaßnahmen bleibt der Kühlbedarf gering; der restliche Kühlbedarf wird durch eine passive Kühlung über einen Grundwasserbrunnen gedeckt. Die nötige Heizenergie wird durch eine Solaranlage und eine Grundwasser-Wärmepumpe bereitgestellt. Für eine effiziente Kälte- und Wärmeverteilung im Gebäude sorgt eine Bauteilaktivierung. Alle Räume sind mit einer kontrollierten Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung versehen. Die Zuluft wird im Sommer durch eine solare Kälteanlage auf das Innentemperaturniveau abgekühlt. Spezialpflanzen sorgen für eine Luftbefeuchtung im Winter. Um die Optimierungspotenziale in der Betriebsführung voll auszuschöpfen, werden die ersten Betriebsjahre wissenschaftlich begleitet.

Zahlen und Fakten **ENERGYbase**

Bürogebäude

Adresse: Giefinggasse 6, 1210 Wien

Baujahr: 2007/2008

Gebäudeeigentümer: Wiener Wirtschaftsförderungsfonds (WWFF)

Architektur und nachhaltiges Gebäudekonzept: pos architekten ZT KEG

Vermietbare Nutzfläche (ohne Tiefgarage): 7.358 m²

Heizwärmebedarf: 11 kWh/m²a

Kühlbedarf: <15 kWh/m²a, größtenteils durch passive Kühlung gedeckt

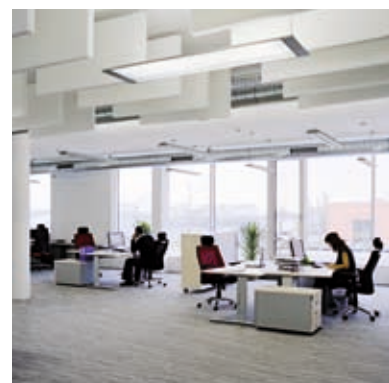
Endenergiebedarf: 25 kWh/m²a

Gesamtkosten: ca. 15 Mio. Euro

Auszeichnungen:

- Österreichischer Solarpreis 2008
- Solid Baupreis 2008, Kategorie Ökologie
- GreenBuilding certificate 2008
- GreenBuilding award for highest innovation 2009
- ATGA Facility Preis 2009
- Nominierung zum Staatspreis für Energie und Umwelttechnologie 2008, Kategorie Innovation
- Nominierung zum DIVA Award 2008
- Nominierung zum European Environmental Press Award 2008

FOTOS HERTHA HURNAUS



8.2 Lichtlenkjalousien in der Doppelfassade des UNIQA Towers

Der UNIQA Tower ist die neue Konzernzentrale des Versicherungskonzerns UNIQA. Das ellipsenförmige, sich nach oben öffnende Hochhaus setzt einen visuellen Schwerpunkt am Ufer des Donaukanals, und zeigt durch seine Transparenz einen der Grundwerte des Unternehmens.

Bei der Errichtung des Towers spielten Energieeffizienz und Umweltschutz eine zentrale Rolle. Um beispielsweise die Erdwärme für Heizung und Kühlung zu nutzen, wurden 44 km Absorberleitungen in die Schlitzwände um das Fundament des Gebäudes eingebracht. Rund ein Drittel des Heizenergie- und Kühlbedarfs kann so kostenlos und CO₂-neutral durch Geothermie gedeckt werden. Die Klimatisierung erfolgt über ein Quellluftsystem und über eine konvektive Kühldecke: Diese Kombination bietet einen höheren Komfort und benötigt weniger Energie als eine konventionelle Klimatisierung.

Die Doppelfassade ist Teil des Heiz-, Kühl- und Beleuchtungssystems. Einerseits bietet sie die Möglichkeit natürlicher Be- und Entlüftung. Andererseits beherbergt sie ausgeklügelte Sonnenschutztechnik: Als Sonnenschutz dient eine automatisch gesteuerte, hoch reflektierende Außenjalousie, die im oberen Drittel zusätzlich mit Lichtlenklamellen bestückt ist. Um auch bei geschlossener Jalousie eine Durchsicht zu ermöglichen, sind die Lamellen durchgehend perforiert. Die Steuerung des Sonnenschutzes erfolgt gemeinsam mit der Beleuchtung und dem Energiehaushalt des Gebäudes über die zentrale Gebäudeleittechnik und wird laufend dem Sonnenstand und der Helligkeit im Innenraum angepasst. Um den Blendschutz unabhängig vom Sonnenschutzsystem gewährleisten zu können, gibt es für jeden Arbeitsplatz zusätzlich einen vom eigenen PC aus steuerbaren innen liegenden Blendschutz.

Die ersten fünf Betriebsjahre des Gebäudes wurden minutiös überwacht und ausgewertet. Die Erfahrungen zeigen, dass das Energiesystem mit einer hochwertigen Doppelfassade, ausgefeilten Lichtlenksystemen und der Nutzung von Geothermie nicht nur funktioniert, sondern sogar effizienter ist als ursprünglich angenommen wurde. Die Amortisationszeit der dafür notwendigen Investitionen hat sich von ursprünglich 6,5 Jahren auf ca. 6 Jahre verkürzt.

Zahlen und Fakten **UNIQA Tower****Bürogebäude****Adresse:** Untere Donaustrasse, 21, 1029 Wien**Baujahr:** 2001 – 2004**Gebäudeeigentümer:** UNIQA Versicherungen AG**Architektur:** Neumann + Partner, Architekt Heinz Neumann ZT GmbH**Büro Nettonutzfläche:** 19.450 m²**Höhe:** 75 m, 21 Stockwerke oberirdisch, 5 Stockwerke unterirdisch**Heizwärmebedarf:** 49,01 kWh/m²a**Kühlbedarf:** 45,44 kWh/m²a**Endenergiebedarf:** 80,74 kWh/m²a**Gesamtkosten:** ca. 70 Mio. Euro**Auszeichnungen:**

- Bauherrenpreis der Zentralvereinigung der Architekten Österreichs, 2006
- GreenBuilding-Zertifikat, 2008
- Facility Preis, 2008

FOTOS UNIQA VERSICHERUNGEN AG



8.3 Außen liegender Sonnenschutz im Schulbau: Beispiele aus Neubau und Sanierung

Für Schulbauten in Wien werden die Richtlinien des Österreichischen Instituts für Schul- und Sportstättenbau (ÖISS-Schulbaurichtlinien) angewendet, die sich unter anderem ausführlich mit Tageslichtnutzung und der Vermeidung von sommerlicher Überhitzung auseinandersetzen. Im Raumbuch für Schulen der Stadt Wien (MA 34, 2010), das als Pflichtenheft die Richtlinien für die Planung, Errichtung und umfassende Sanierung von Schulbauten enthält, ist außen liegender Sonnenschutz explizit festgehalten: Demnach sind in allen Schulneubauten und -sanierungen Außenjalousien mit Führungsschiene und Metalllamellen einzusetzen.



Campuschule Monte Laa

Ein gutes Beispiel liefert die kürzlich fertig gestellte Campuschule Monte Laa im 10. Bezirk. Das Schulgebäude fasst unterschiedliche Funktionen wie Turnsaal, Volksschule und Kindergarten in einem Baukörper zusammen, und schafft dadurch großzügige Freiflächen für die Pausen- und Sportnutzung.

Das Gebäude verfügt über ein modernes konventionelles Energiesystem: Eine Gebäudehülle in Niedrigenergieausstandard, und eine mechanische Be- und Entlüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung. Die Heizung erfolgt mittels Fernwärme. Es ist keine aktive Kühlung vorgesehen; nur die Zuluft wird im Sommer mit einer mechanischen Kältemaschine vorkonditioniert.



Um den Kühlbedarf trotz großzügiger Verglasung gering zu halten, wurde das Gebäude mit Außenjalousien aus halbrunden Lamellen bestückt. Die Behänge sind zweigeteilt und im oberen Bereich für eine bessere Tageslichtnutzung weiter geöffnet. Die Jalousien werden von den LehrerInnen per Schlüsselschalter elektrisch gesteuert. Ein Windwächter sorgt dafür, dass der Sonnenschutz bei zu starkem Wind automatisch eingefahren wird. Diese Art der Steuerung verlangt von den NutzerInnen Disziplin und eine aktive Auseinandersetzung mit den Themen sommerliche Überhitzung und Sonnenschutz. Erfahrungswerte über die Funktionalität in der warmen Jahreszeit liegen noch nicht vor: Das Schulgebäude wurde im Herbst 2009 eröffnet.

Zahlen und Fakten **Campuschule Monte Laa**

Schulgebäude

Adresse: Rudolf-Friemel-Gasse 3, 1100 Wien

Baujahr: 2007 – 2009

Gebäudeeigentümer: Stadt Wien

Architektur: NMPB-Architekten mit AN-architects

Nutzfläche: 12.226 m²

Heizwärmebedarf: 27,4 kWh/m²a

Gesamtkosten: ca. 22 Mio. Euro

Berufsschule für Frisur, Maske und Perücke und Berufsschule für Handel und Administration

Bei der Sanierung des historischen Doppel-Schulgebäudes in Wien Ottakring wurden robuste, manuell gesteuerte Außenjalousien eingesetzt. Bedingt durch die Ausrichtung der Fassaden (Ost und West) ist hier sommerliche Überhitzung ein Dauerthema; besonders die Räume an der Ostfassade sind während des Schulbetriebs der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt. Die Jalousien dienen daher vor allem dem sommerlichen Kom-

FOTOS MÁRTON VARGA



fort; in den Computerräumen der Schule werden sie auch als Blendschutz verwendet.

Durch die Steuerung per Handkurbel sind die Jalousien sehr einfach, von den LehrerInnen und auch von den SchülerInnen zu bedienen. Freilich springt eine Jalousie auch einmal aus der Führung, wenn die SchülerInnen zu schnell kurbeln. Eine elektrische Steuerung würde die Verschattung wohl schonender führen – doch auch die Schüler mehr zum „Spielen“ verleiten.

Bei der Sanierung wurden auch die alten Fenster durch neue Holz-Aluminium-Verbundfenster ersetzt. Durch den Fenstertausch ist der Heizenergieverbrauch merklich gesunken. Gekühlt wird der Altbau nicht; durch den Sonnenschutz wird daher keine Kühlenergie eingespart, doch wurden die Komfortbedingungen im Sommer durch diese Sanierungsmaßnahme deutlich verbessert.

Zahlen und Fakten **Sanierung Schule 16**

Adresse: Panikengasse 31/Kreitnergasse 32, 1160 Wien

Baujahr: 1892, Sanierung: 2002

Gebäudeeigentümer: Stadt Wien

Nutzfläche: 1720 m²

Schulgebäude

9 Abkürzungsverzeichnis und Begriffsdefinitionen

Beleuchtungsstärke: Maßeinheit des Lichteinfalls auf eine Fläche, wird in Lux (lx) angegeben. Direktes Sonnenlicht bewirkt in Mitteleuropa eine Beleuchtungsstärke von rund 20.000 lx im Winter bis zu 100.000 lx im Sommer. Bei bedecktem Himmel bewirkt das Sonnenlicht Beleuchtungsstärken zwischen 5.000 bis 20.000 lx, bei klarem Himmel ohne direkte Sonneneinstrahlung bis zu 15.000 lx. Für Arbeitsflächen gelten maximale Beleuchtungsstärken von rund 2-5.000 lx als angenehm, höhere Beleuchtungsstärken führen zu Blendungserscheinungen.

F_c-Wert: Abschattungsfaktor oder Z-Faktor eines Sonnenschutzsystems. Faktor, mit dem der Sonnenschutz den Energiedurchlassgrad des Fensters abmindert. Der F_c-Wert als dimensionslose Zahl zwischen 0 und 1 oder als Prozentwert angegeben. Je kleiner der F_c-Wert, umso effizienter ist der Sonnenschutz.

g-Wert: Energiedurchlassgrad oder Transmissionsgrad einer Verglasung: Anteil der auftreffenden Strahlungsenergie, die durch die Verglasung in den Innenraum eines Gebäudes eintritt. Der g-Wert wird als dimensionslose Zahl zwischen 0 und 1 oder als Prozentwert angegeben.

g_{glas}: g-Wert der Verglasung ohne zusätzliche Sonnenschutzeinrichtungen. Ein Zweischeiben-Isolierglasfenster mit Wärmeschutzbeschichtung hat zum Beispiel einen g_{glas} von ca. 0,6.

g_t, g_{total}: g-Wert des Gesamtsystems Fenster und Sonnenschutz. Grundsätzlich gilt: $g_t = g_{\text{glas}} * F_c$, das ausführliche Berechnungsverfahren nach ÖNORM EN 13363 liefert jedoch genauere Ergebnisse.

Heizwärmebedarf (HWB): Wärmemenge, die den konditionierten Räumen zugeführt werden muss, um deren vorgegebene Solltemperatur einzuhalten. Der HWB wird in kWh/m²a, Kilowattstunden pro Quadratmeter beheizte Bruttogeschosfläche und Jahr, angegeben.

Kühlbedarf (KB): Wärmemenge, die den konditionierten Räumen entzogen werden muss, um deren vorgegebene Solltemperatur einzuhalten. Der KB wird in kWh/m²a, Kilowattstunden pro Quadratmeter konditionierte Bruttogeschosfläche und Jahr, angegeben.

Endenergiebedarf (EEB): Energiemenge, die dem Heizsystem und allen anderen energietechnischen Systemen zugeführt werden muss, um den Heizwärmebedarf, den Warmwasserwärmebedarf, den Kühlbedarf sowie die erforderlichen Komfortanforderungen an Belüftung und Beleuchtung decken zu können, ermittelt an der Systemgrenze des betrachteten Gebäudes.

Lichtdurchlässigkeit, Lichttransmission, Transparenzgrad: Strahlungsanteil im Bereich des sichtbaren Lichts, das durch die Verglasung bzw. durch den Sonnenschutz in den Innenraum eines Gebäudes eintritt. Die Lichtdurchlässigkeit wird als dimensionslose Zahl zwischen 0 und 1 oder als Prozentwert angegeben. Normales, unbeschichtetes Isolierglas aus zwei Glasscheiben hat eine Lichtdurchlässigkeit von ca. 80%. Starke Blendschutzfolien haben eine Lichtdurchlässigkeit von nur 1%.

Prallscheibe: Zusätzliche Glasscheibe, die vor außen liegende Sonnenschutzsysteme vorgesetzt wird, um diese vor Wind und Witterungseinflüssen zu schützen.

U-Wert: Wärmedurchgangskoeffizient von Bauteilen, bezeichnet die Wärmeleitungsfähigkeit der Gebäudehülle. Wird in $\text{W/m}^2\text{K}$ angegeben. Je kleiner der U-Wert der Bauteile, umso besser ist die Dämmung der Gebäudehülle. Gut isolierte Wände haben zum Beispiel einen U-Wert von rund $0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$, Isolierglasfenster rund $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$. Schlechte Fenster in Bestandsgebäuden können U-Werte von $3 \text{ W/m}^2\text{K}$ und mehr aufweisen.

Versprossung: Sichtbehinderung durch Sonnenschutzelemente.

10 Literatur- und Normenverzeichnis

10.1 Rechtsgrundlagen und Normen

10.1.1 EU-Richtlinien

- Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden.
- Richtlinie 90/270/EWG des Rates vom 29. Mai 1990 über die Mindestvorschriften bezüglich der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes bei der Arbeit an Bildschirmgeräten.

10.1.2 Österreichische Rechtsgrundlagen

- BGBl. Nr. 450/1994, Bundesgesetz über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit (ArbeitnehmerInnenschutzgesetz – ASchG): § 66. Sonstige Einwirkungen und Belastungen, § 68. Besondere Maßnahmen bei Bildschirmarbeit.
- BGBl. II Nr. 124/1998, Verordnung der Bundesministerin für Arbeit, Gesundheit und Soziales über den Schutz der Arbeitnehmer/innen bei Bildschirmarbeit (Bildschirmarbeitsverordnung – BS-V).
- BGBl. II Nr. 368/1998, Verordnung der Bundesministerin für Arbeit, Gesundheit und Soziales, mit der Anforderungen an Arbeitsstätten und an Gebäuden auf Baustellen festgelegt und die Bauarbeiter-schutzverordnung geändert wird (Arbeitsstättenverordnung – AStV): § 25 Lichteintrittsflächen und Sichtverbindung.
- BGBl. II Nr. 251/2009, Vereinbarung gemäß Art. 15a. B-VG zwischen dem Bund und den Ländern über Maßnahmen im Gebäudesektor zum Zweck der Reduktion des Ausstoßes an Treibhausgasen.

10.1.3 Wichtige Normen und Richtlinien

- OIB-Richtlinie 3: Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz. Wien: Österr. Institut für Bautechnik.
- OIB-Richtlinie 6: Energieeinsparung und Wärmeschutz.
- OIB-Leitfaden Energietechnisches Verhalten von Gebäuden.
- Erläuternde Bemerkungen zu OIB-Richtlinie 6: „Energieeinsparung und Wärmeschutz“ und zum OIB-Leitfaden „Energietechnisches Verhalten von Gebäuden“.
- ÖNORM B 8110-3, Wärmeschutz im Hochbau – Teil 3: Wärmespeicherung und Sonneneinflüsse.
- ÖNORM B 8110-6, Wärmeschutz im Hochbau – Teil 6: Grundlagen und Nachweisverfahren – Heizwärmebedarf und Kühlbedarf.
- ÖNORM EN 12216, Abschlüsse: Terminologie, Benennungen und Definitionen.
- ÖNORM EN 13125, Abschlüsse - Zusätzlicher Wärmedurchlasswiderstand – Zuordnung einer Luftdurchlässigkeitsklasse zu einem Produkt.
- ÖNORM EN 13363-1, Sonnenschutzeinrichtungen in Kombination mit Verglasungen: Berechnung der Solarstrahlung und des Lichttransmissionsgrades – Teil 1: Vereinfachtes Verfahren (kons. Fassung).
- ÖNORM EN 13363-2, Sonnenschutzeinrichtungen in Kombination mit Verglasungen: Berechnung der Solarstrahlung und des Lichttransmissionsgrades – Teil 2: Detailliertes Berechnungsverfahren.
- ÖNORM EN 13561, Markisen: Leistungs- und Sicherheitsanforderungen.
- ÖNORM EN 13659, Abschlüsse außen: Leistungs- und Sicherheitsanforderungen.
- ÖNORM EN 14501, Abschlüsse – Thermischer und visueller Komfort: Leistungsanforderungen und Klassifizierung.
- ÖNORM EN ISO 10077-1, Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen - Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten – Teil 1: Allgemeines (ISO 10077-1:2006 + Cor 1:2009, kons. Fassung).
- ÖNORM EN ISO 10077-2, Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen - Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten – Teil 2: Numerisches Verfahren für Rahmen (ISO 10077-2:2003).

- ÖNORM EN ISO 13786, Wärmetechnisches Verhalten von Bauteilen – Dynamisch-thermische Kenngrößen – Berechnungsverfahren (ISO 13786:2007).
- ÖNORM EN ISO 13791, Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Sommerliche Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik – Allgemeine Kriterien und Validierungsverfahren (ISO 13791:2004).
- ÖNORM H 6040, Lüftungstechnische Anlagen – Kühllastberechnung.
- ÖISS Richtlinien für den Schulbau. Stand Dezember 2009. Wien: Österreichisches Institut für Schul- und Sportstättenbau.

10.2 Verwendete Literatur

- Adnot, J. et al. (1999). Energy Efficiency of Room Air-Conditioners (EERAC). Study for the Directorate-General for Energy (DGXVII) of the Commission of the European Communities. Final report.
- Adnot, J. et al. (2003). Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioners (EECCAC). Study for the D.G. Transportation-Energy (DGTREN) of the Commission of the E.U. Final report.
- Benke, G. & Leutgöb, K. (2008). Energieeffizienz bei Lüftungsanlagen. Ein Ratgeber für die Praxis. Wien, MA 27, EU-Strategie- und Wirtschaftsentwicklung, Energie- und SEP-Koordination.
- Gerstmann, J. (2009). Produktbeschreibungen für nachhaltigen Sommerkomfort: Sonnenschutz. Bericht für IEE Intelligent Energy Europe im Rahmen des Projektes Keep Cool II. Meise (Belgien): ES-SO European Solar Shading Organization.
- Hinterndorfer, M., Laaber, M., & Sattler, P. (2010). Energieeffiziente Klimatisierung. Wien, MA 27, EU-Strategie- und Wirtschaftsentwicklung, Energie- und SEP-Koordination.
- MA 34. (2010). Raumbuch für Schulen der Stadt Wien, Version 03/2010. Wien: MA 34 Bau- und Gebäudemangement.
- Nitz, P. & Wagner, A. (2002). Schaltbare und regelbare Verglasungen. BINE Informationsdienst: Themeninfo 1/02. Bonn: Fachinformationszentrum Karlsruhe.
- Preziosi, P., Czernichow, S., Gehanno, P., & Hercberg, S. (2004). Workplace air-conditioning and health services attendance among French middle-aged women: a prospective cohort study. *International Journal of Epidemiology* 33, 1120-1123.
- Varga, M. (2006). Technologien der passiven Kühlung. [http://www.energytech.at/\(de\)/architektur/portrait_artikel-3.de.html](http://www.energytech.at/(de)/architektur/portrait_artikel-3.de.html)
- Varga, M., Bangens, L., Cavelius, R., Davison, J. M., Garcia, F. A., Isaksson, C., Laia, C., Leutgöb, K., Lopes, C., Nicol, J. F., Pagliano, L., Perednis, E., & Read, G. E. F. (2007). Service Buildings Keep Cool: Promotion of sustainable cooling in the service building sector. Final Report. Brussels: Intelligent Energy Executive Agency.

10.3 Weiterführende Literatur

- Hausladen, G, de Saldanha, M. Liedl, P. & Sager, C. (Hrsg., 2005). *ClimaDesign: Lösungen für Gebäude, die mit weniger Technik auskommen können*. München, Callwey.
- Hausladen G., de Saldanha, M., & Liedl, P. (Hrsg., 2006). *ClimaSkin. Konzepte für Gebäudehüllen, die mit weniger Energie mehr leisten*. München: Callwey.
- Zimmermann, M. (2003). *Handbuch der passiven Kühlung: Rationelle Energienutzung in Gebäuden*. Stuttgart, Fraunhofer IRB.



Interessierte können das Städtische Energieeffizienz-Programm der Stadt Wien und weitere Informationen aus dem Internet downloaden (www.sep.wien.at) oder in gedruckter Form beziehen (Tel.: +43(1)4000 27007).