



Sonnenschutzvarianten für historische Bauten
Simulationen zur Innenraumtemperatur

Sonnenschutz und Stadtbild



Sonnenschutzvarianten für historische Bauten
Simulationen zur Innenraumtemperatur

Sonnenschutz und Stadtbild

Autorin

Ursula Schneider
pos sustainable architecture

TRNSYS – Simulationen

Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH

Studie im Auftrag der
Stadt Wien – Architektur und Stadtgestaltung

Inhaltsverzeichnis

	Vorwort	4
	Einstieg ins Thema	6
	Sonnenschutz und attraktives Stadtbild – ein Widerspruch?	6
1.	Grundlegendes zum Thema Sonnenschutz	8
1.1.	Historische Vorbilder – Entwicklung von Fenstern und Sonnenschutz	10
1.2.	Zur Wirkung von Sonnenschutz	12
	Thermischer Komfort	12
	Strahlungseintrag	13
	Tageslicht, Ausblick und Durchsicht	14
	Blendschutz	15
	Solare Gewinne durch saisonale Veränderbarkeit	15
2.	Sonnenschutzsysteme – eine Übersicht	17
2.1.	Raffstores	18
	Sonderform Lichtlenkjalousien	19
2.2.	Rollläden	19
	Sonderform Tageslichtrollläden	20
2.3.	Senkrecht- und Ausstellmarkisen	20
2.4.	Fensterläden	21
	Klappläden	22
	Faltläden	22
2.5.	Folien	23
3.	Neuentwicklungen von Sonnenschutzsystemen	25
3.1.	Jalousien / Rollos	26
	Klemmbare Rollos	26
	Innenrollos mit erhöhter Wirksamkeit	26
	Forschungsprojekt „Flexibler Sonnenschutz“	26
3.2.	Sonnenschutzfolie mit erhöhter Wirksamkeit	27
3.3.	Studie zu Vakuumisoliertglas	27
4.	Good-Practice-Beispiele	29
4.1.	Bürogebäude Lenaugasse 10 – Ausstellmarkisen	30
4.2.	Wohngebäude Mariahilfer Straße 182 – Ausstellmarkisen	31
4.3.	Wiener Mittelschule Leipziger Platz 1 – Senkrechtmarkisen	31
4.4.	Kunsthistorisches Museum – Maria-Theresien-Platz – Sonderkonstruktion	32
5.	Bewertungsmatrix zu den Sonnenschutzsystemen	33
6.	Lösungsvarianten für außenliegenden Sonnenschutz	39
6.1.	Ausgangssituationen	40
6.1.1.	Kastenfenster hinter Gewände	40
6.1.2.	Kastenfenster frontbündig	41
	Fensterflügel nach außen und innen aufgehend	39
	Fensterflügel nach innen aufgehend	42
	Sonderform Rundbogenfenster	43
6.1.3.	Kasten-Iso-Fenster	44
6.1.4.	Neues 3-Scheiben-Fenster	45

6.2.	Lösungen für Einzelfenster	46
6.2.1.	Senkrecht- oder Fallarmmarkise, Montage im Gewände	46
6.2.2.	Fallarmmarkise vor der Fassade, Flügel nach außen öffnend	47
6.2.3.	Blumenkiste mit Kletterpflanzen an Rankstäben	48
6.2.4.	Fix-Screens auf Flügeln, Fenster nach außen öffnend	49
6.2.5.	Markise vor dem Kämpfer / Fix-Screen vor dem Oberlicht	50
6.3.	Lösungen für die gesamte Hausfassade	51
6.3.1.	Vorgesetzter Rahmen mit Rollläden / Raffstore / Markise	51
6.3.2.	Fensterläden horizontal faltbar, Montage im Gewände	53
6.3.3.	Markise vor dem Kämpfer / Oberlicht mit Klappläden vertikal	54
6.3.4.	Markise vor dem Kämpfer, Oberlicht mit fixen Lamellen	55
6.4.	Lösungen bei Fenstertausch	56
6.4.1.	Neue Proportion bei hoher Fensteröffnung	56
6.4.2.	Neues 3-Scheiben-Fenster, rückversetzt in Leibung	57
6.4.3.	Klappläden mit Kasten-Iso-Fenster bei glatter Fassade	58
6.5.	Übersichtstabelle Sonnenschutzvarianten	59
7.	Simulationen zur thermischen Situation in Innenräumen	63
7.1.	Aufbau der Simulationen	64
7.2.	Generelle Annahmen Standardraum, Ausgangsvariante	65
7.2.1.	Raumgeometrie	65
7.2.2.	Gebäudekennwerte	65
	Tabelle Bauteilaufbauten	65
	Fenster	66
7.2.3.	Standort und Orientierung	66
	Klimadaten	66
	Orientierung	66
7.2.4.	Lüftung	66
7.2.5.	Luftdichtheit	66
7.2.6.	Innere Lasten	66
	Personen	66
	Licht	66
	Geräte	66
7.3.	Diagramme zu den Einflussfaktoren	67
7.3.1.	Standardraum ohne und mit Sonnenschutz	67
7.3.2.	Einflussfaktor Raumgröße	68
7.3.3.	Einflussfaktor Orientierung	70
7.3.4.	Einflussfaktor Gebäudenutzung	71
7.3.5.	Einflussfaktor Nutzungsverhalten	72
7.3.6.	Einflussfaktor Sonnenschutzqualität	73
7.3.7.	Einflussfaktor Nachtlüftung	75
7.3.8.	Einflussfaktor Dämmung	77
7.3.9.	Einflussfaktor Klimatische Entwicklung	78
7.4.	Best-Practice-Szenarien für Wohnen und Büronutzung	79
7.4.1.	Ergebnis Best-Practice-Szenario Wohnen	79
7.4.2.	Ergebnis Best Practice-Szenario Büro	82
	Resümee	85
	Begriffserklärungen	86
	Abbildungsverzeichnis	88
	Quellenverzeichnis	90
	Impressum	92



Ulli Sima

Ulli Sima

Amtsführende Stadträtin
für Innovation, Stadtplanung und Mobilität

Die Anpassung an den Klimawandel und an die zunehmende Hitze im urbanen Bereich ist die zentrale Herausforderung, der sich die Stadt Wien seit langem mit der Umsetzung zahlreicher Maßnahmen stellt. Im historisch wertvollen Gebäudebestand ist diese Herausforderung noch ein Stück weit komplexer. Denn einerseits muss der Wohnkomfort durch maßvolle Modernisierung an heutige Standards angepasst werden, andererseits soll das ursprüngliche Erscheinungsbild des Gebäudes möglichst gut erhalten bleiben.

In diesem Spannungsfeld stellt sich die Frage, welche konkreten Maßnahmen zur Verfügung stehen, um die Temperaturen auf einem angenehmen Niveau zu halten.

Klimaanlagen kühlen zwar den Innenraum, werden aber bald mehr Energie verbrauchen als für das Heizen aufgewendet wird – sie sind aus Klimaschutzgründen keine optimale Lösung. Zusätzlich belasten sie die Umgebung mit warmer Abluft und Lärm. Gleichzeitig sind diese Anlagen nicht gerade eine Bereicherung für das Stadtbild.

Wie auch historische Vorbilder zeigen, ist ein erster wichtiger Schritt zum angenehmen Raumklima die außenliegende Beschattung der Fenster. Die Stadt Wien fördert daher den Einbau von außenliegendem Sonnenschutz mit bis zu 1.500 € pro Wohnung.

Richtig eingesetzt kann mit Sonnenschutz in Kombination mit Dämmung und Nachtlüftung ein angenehmes Temperaturniveau erreicht werden.

Die in der vorliegenden Studie entwickelten Sonnenschutzvarianten sind nicht nur wirkungsvoll, sondern fügen sich auch gut in das historische Stadtbild. Mithilfe dieses gestalterischen Leitfadens kann für die verschiedensten baulichen Ausgangssituationen eine nachhaltige und ressourcenschonende Anpassung an den Klimawandel und die steigenden Temperaturen in der Stadt gelingen. Die Lebensqualität für die Bewohnerinnen und Bewohner wird dadurch erhöht und ein weiterer wichtiger Schritt für Wien auf dem Weg zur Klimamusterstadt gesetzt.

Neben den Anschaffungskosten ist auch die Leistbarkeit über den Lebenszyklus zu beachten, die den Aufwand für Wartung und Reinigung berücksichtigt. Dabei ist die Robustheit des Systems hinsichtlich Windstabilität, Bedienbarkeit (händisch oder elektronisch) und in bestimmten Situationen auch die Sicherheit vor Vandalismus von wesentlicher Bedeutung.

Die Gebäudenutzung und somit die Art und Häufigkeit der Beanspruchung ist bei der Wahl des Sonnenschutzes zu berücksichtigen. Es ist daher zu unterscheiden, ob es sich um ein öffentliches Gebäude, Wohngebäude oder Bürogebäude handelt. Auch die Bedienbarkeit ist ein wesentlicher Faktor, der über den Einsatz und damit die Wirkung eines Sonnenschutzsystems entscheidet. Die einfachste Bedienung mit Kurbel erweist sich zumeist als robusteste Variante. BUS-Systeme („Binary Unit System“ zur Übertragung von Daten innerhalb eines Netzwerks) und Übersteuerungen wurden bei Befragungen von den Nutzerinnen und Nutzern kritisch kommentiert.

Eine nachträgliche Montage der Systeme sollte möglichst leicht umsetzbar sein und wenig Koordinationsaufwand zwischen verschiedenen Gewerken erfordern.

Nicht zuletzt ist auch der Einfluss der Bedienungsgewohnheiten von Nutzerinnen und Nutzern von wesentlicher Bedeutung, selbst der beste Sonnenschutz wirkt nur dann, wenn er zum richtigen Zeitpunkt eingesetzt wird.

Für denkmalgeschützte Gebäude wird seitens des Bundesdenkmalamtes Folgendes festgehalten:

Fensterkonstruktionen sind integraler Bestandteil der Architektur und Architekturoberfläche. Sie sind maßgeblich für das Erscheinungsbild des Baudenkmals verantwortlich. Daher liegt das denkmalfachliche Ziel in der Erhaltung historisch überlieferter Fenster- und Fensterladenkonstruktionen einschließlich des Fensterglases und der Beschläge.

Technische oder energetische Verbesserungen an Fensterkonstruktionen sind an der Nutzung des Raumes und den damit verbundenen raumklimatischen wie bauphysikalischen Aspekten zu bemessen. Veränderungen, wie z. B. die Anbringung von einem außenliegenden Sonnenschutz, der Wechsel auf beschichtete Einfachgläser, das Einführen einer zweiten Fensterebene, oder in Ausnahmen der Einbau einer Isolierverglasung in der zweiten Fensterebene, sind im Kontext der vorhandenen historischen Substanz und der maßgebenden Zeitstellung im Erscheinungsbild des Bauwerks im Einzelfall zu beurteilen. Grundsätzlich gilt das Ziel, mit dem Sonnenschutz innerhalb der Leibung zu bleiben und eine farbliche Angleichung an die Fensterfarbe herzustellen.

Ein Fenstertausch ist nur bei nachweislich nicht mehr gegebener Reparaturfähigkeit genehmigungsfähig. Dabei handelt es sich in der Regel um einen Nachbau. Die Fenster sind dabei in Material, Typus, Konstruktion, Funktionsweise (z. B. Einfachfenster, Verbund- oder Kastenfenster, Aufschlagrichtung etc.), Dimensionierungen der Konstruktionsteile, Profilierungen etc. möglichst genau zu rekonstruieren.



*Grundlegendes zum Thema
Sonnenschutz*

1



1.1. Historische Vorbilder – Entwicklung von Fenstern und Sonnenschutz

In historischen Stichen oder auch Fotografien sieht man, wie weit verbreitet der außenliegende Sonnenschutz bei historischen Gebäuden einmal war.

Vor allem das System der Persienne, des Fensterladens mit Ausstellteil und Holzlamellen, erfreute sich großer Beliebtheit. Aber auch klassische senkrechte Fensterläden waren durchaus vertreten. Als drittes System kamen auch damals schon Ausstellmarkisen mit Stoffbehang zum Einsatz.

Vor die ehemaligen Einfachverglasungen wurden schon ab der Barockzeit ursprünglich sogenannte „Winterflügel“ gesetzt, die im Winter außen eingehängt und im Sommer entfernt wurden. Daraus wurde in weiterer Folge das Kastenfenster entwickelt. Zwei Einfachfenster wurden hintereinander montiert, um durch den entstehenden Zwischenraum zusätzliche Wärmedämmung zu erreichen. In dieser neuen Form bleiben die beiden Flügel das ganze Jahr über eingehängt. Das Fenster sitzt fassadenbündig und die äußeren Flügel öffnen nach außen. Dabei sind die Flügelrahmen aufgrund der damals limitierten Glasgröße nicht nur meistens im oberen Drittel waagrecht durch einen Kämpfer unterteilt, sondern auch die Flügel selbst sind meistens noch in je zwei Glasfelder unterteilt. Kastenfenster aus Holz sind ein integraler Bestandteil



Abb. 1:
Freyung um 1800

unserer historisch gewachsenen Städte. Die große Verbreitung hängt mit ihrer Langlebigkeit zusammen, die wiederum auf den bauphysikalischen Vorteilen und der kontinuierlichen Instandhaltung der Holzfenster beruht.

In der Epoche der Gründerzeit (1840 bis 1918) wurden diese ursprünglich nach innen und außen aufgehenden Fenster verändert und perfektioniert. Das Kastenfenster wurde nun zumeist hinter einem Gewände angeordnet. Beide Fensterebenen öffnen dabei nach innen. Der Vorteil dieser Konstruktion liegt darin, dass das äußere Fenster besser gegen Schlagregen geschützt ist und der Verwitterung weniger stark ausgesetzt ist. Außerdem kann der äußere Flügel leichter bedient und gereinigt werden und ist im geöffneten Zustand nicht so windexponiert. Bedingung für die Konstruktion ist jedoch, dass das äußere Fenster etwas kleiner ist als das Innere, damit es durch dieses hindurch geöffnet werden kann. In der Folge muss der Kämpfer höher angesetzt werden und der Glasflächenanteil wird etwas reduziert.

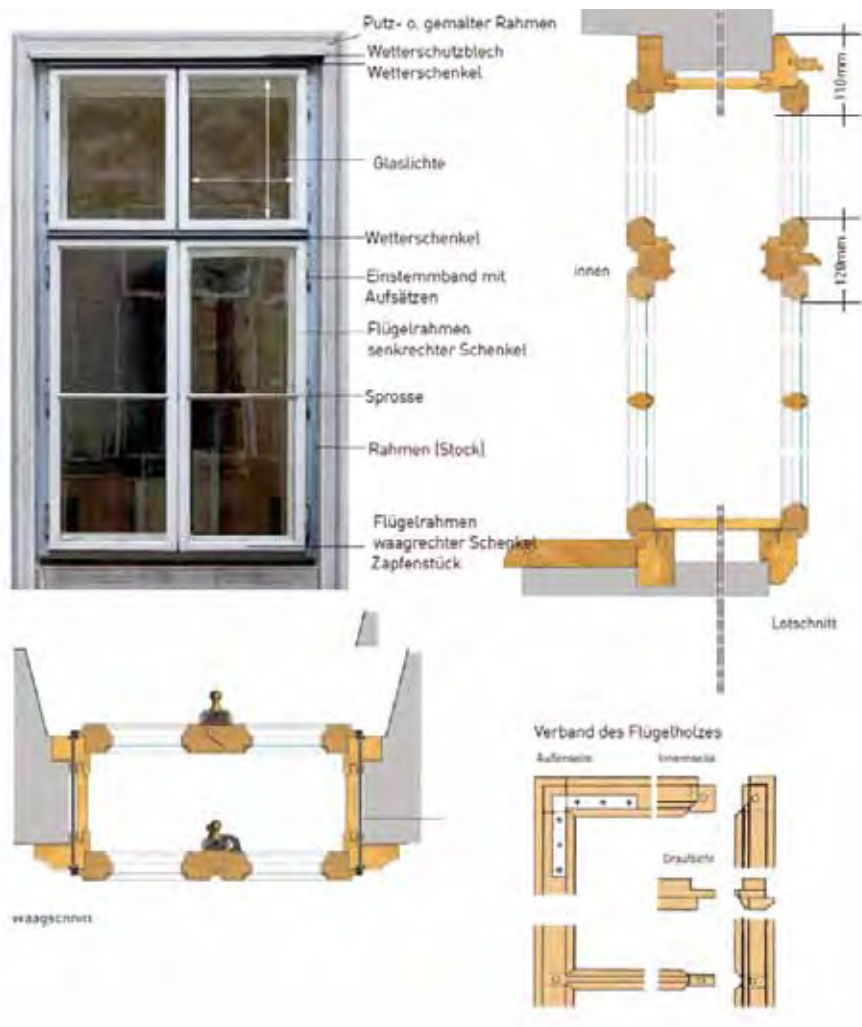


Abb. 2: Historische Ansichten von Wien

Als dritte Variante wurde speziell in Wien noch ein Fenster entwickelt, dessen Rahmen fassadenbündig sitzt. Die äußeren Flügel wirken dabei aufgrund ihrer Lage außerhalb des Rahmens so, als würden sie – wie barocke Fenster – nach außen öffnen, was jedoch nicht der Fall ist. Dadurch kann die Ansichtsbreite des Rahmens verhältnismäßig schmal gehalten werden. Dies wird durch eine spezielle Falzausbildung ermöglicht.

Zu guter Letzt finden sich auch noch Kastenfenster jüngerer Datums, die ebenfalls fassadenbündig eingebaut sind und ebenfalls nach innen öffnen, bei denen dies aber klar erkennbar ist. Nachteil von dieser Variante ist der relativ breite äußere Fensterrahmen.

Die folgende Darstellung zeigt ein vorgründerzeitliches Wiener Kastenfenster mit der charakteristischen fassadenbündigen Lage und den nach außen öffnenden Außenflügeln.



. 3: Konstruktion des Kastenfensters Außenansicht

1.2. Zur Wirkung von Sonnenschutz

Thermischer Komfort

Thermischer Komfort oder thermische Behaglichkeit ist die wesentliche Messgröße, mit der wir die Sommertauglichkeit von Innenräumen beurteilen. Diese wird in der EN ISO 7730 „Ergonomie der thermischen Umgebung“ definiert.

Einflussfaktoren sind die Luft-, die Strahlungs- und die empfundene Temperatur. Die Definitionen in der EN ISO 7730 basieren im Wesentlichen auf Arbeiten von P. O. Fanger aus den 1970er-Jahren und sind vor allem für die Untersuchung von Behaglichkeit im Winter entwickelt worden. Auf der Basis von Fangers Untersuchungen kann aus den Faktoren eine voraussichtliche Behaglichkeitsbewertung eines Raumes durch Personen errechnet werden (Predicted Mean Vote) und daraus wiederum die Anzahl der voraussichtlich unzufriedenen Personen (Predicted Percentage of Dissatisfied). Mit diesen Zahlen wird einem Raum eine Komfortklasse zugeschrieben (A, B oder C).

Thermische Behaglichkeit auf den Winter bezogen bedeutet, dass die herrschende Temperatur weder als zu kalt noch als zu warm empfunden wird. Im Sommer geht die Frage des Wohlfühlens mit zahlreichen weiteren Kriterien einher, wie z. B. ob ein Gebäude natürlich belüftet ist oder gekühlt wird und welche kulturellen Muster eine Gesellschaft prägen und welche Arbeitsstile vorherrschen. Generell werden in nicht klimatisierten Gebäuden Temperaturüberschreitungen als deutlich weniger negativ empfunden als in Gebäuden, die mechanisch klimatisiert sind. Auch Faktoren wie Verhaltensanpassung, Gewöhnung und vor allem die Erwartung spielen dabei eine wesentliche Rolle. Daher wurde in der ÖN EN 15251 „Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik“ ein adaptives Behaglichkeitsmodell für nicht klimatisierte Gebäude als Basis verwendet. Nach diesem sind höhere Temperaturen zulässig als in klimatisierten Gebäuden.

Ein wesentliches Maß ist in diesem Zusammenhang auch die höchste geistige Leistungsfähigkeit. Diese nimmt nach Studien von D. P. Wyon bis 28° C bereits um 20 % ab.

Im Sommer wirken sich auf die Behaglichkeit vor allem auch Strahlungsasymmetrien und hohe Luftfeuchtigkeit negativ aus. Unter Strahlungsasymmetrie versteht man große Temperaturunterschiede zwischen den raumumschließenden Flächen, wie das z. B. bei einem unverschatteten Fenster im Vergleich zur massiven Wand der Fall ist.

Geringe Luftfeuchtigkeit wird im Sommer als angenehm empfunden. Luftfeuchtigkeitswerte mit einem Wassergehalt von mehr als 12 g/m³ werden als schwül wahrgenommen. So kann ein Raum mit 27° C und 45 % Luftfeuchtigkeit noch als akzeptabel, mit 75 % Luftfeuchtigkeit aber schon als deutlich zu warm wahrgenommen werden.

Luftbewegung wird im Winter sehr schnell als Zugluft und damit negativ empfunden, im Sommer kehrt sich der Effekt häufig um, auch in Abhängigkeit von der Temperatur und der Frage, ob es sich um natürliche Luftbewegung bei offenem Fenster oder die nicht beeinflussbare Luftbewegung einer Klimaanlage handelt.

Auch das Maß der körperlichen Aktivität und die Bekleidung haben direkten Einfluss auf den thermischen Komfort – sehr leichte Bekleidung kann gut 1 bis 2° C Temperaturüberschreitung kompensieren.

Strahlungseintrag

Über die Fenster gelangt solare Strahlung verschiedener Wellenlängen in den Raum. Dabei wird ein Teil der Strahlung bereits in der Glasebene wieder nach außen reflektiert oder im Glas absorbiert. Nur die Reststrahlung gelangt in den Raum. Dies wird als Transmission bezeichnet. Auch an einem Sonnenschutz kann gemessen werden, welche Anteile der Sonnenstrahlung reflektiert, absorbiert oder durchgelassen werden. Die Werte variieren je nach Material des Sonnenschutzes und Wellenlänge der Strahlung. Durch eine einfache Glasscheibe gelangt z. B. 90 % des sichtbaren Lichtes, während die UV-Strahlung fast zur Gänze abgehalten wird.

Ist die Strahlung einmal im Raum angelangt, so wird sie an den Raumboflächen ebenfalls absorbiert oder reflektiert. Bei der Absorption wird die kurzwellige in langwellige Strahlung umgewandelt. Der größte Teil der Strahlung verbleibt dabei als Wärme im Raum. Das bedeutet, dass die erste Strategie immer sein muss, die Strahlung davon abzuhalten, in den Raum zu gelangen.

Dabei ist auch der „diffuse Strahlungsanteil“ zu beachten. Sehr gute Ergebnisse können nur erzielt werden, wenn nicht nur die direkte Solarstrahlung, sondern auch die diffuse Strahlung vom Raum ferngehalten wird, wenn also das Sonnenschutzsystem möglichst vollständig und allseitig geschlossen ausgebildet wird.

Als anschauliches Beispiel wird in der folgenden Abbildung der solare Eintrag auf eine Süd- und eine Nordfassade gegenübergestellt. Man kann erkennen, dass im Sommer (bei Stunde 3500 bis 5500) auch solarer Eintrag auf eine unverschattete Nordfassade (grün) erfolgt, wenn auch nur halb so viel wie auf eine Südfassade (orange). Dies resultiert zum kleineren Teil daraus, dass im Sommer in der Früh und am Abend auch direkte Strahlung auf eine Nordfassade gelangt, zum größeren Teil aber aus der diffusen Strahlung während des Tages, die auf jede Fassade gleichermaßen auftrifft.

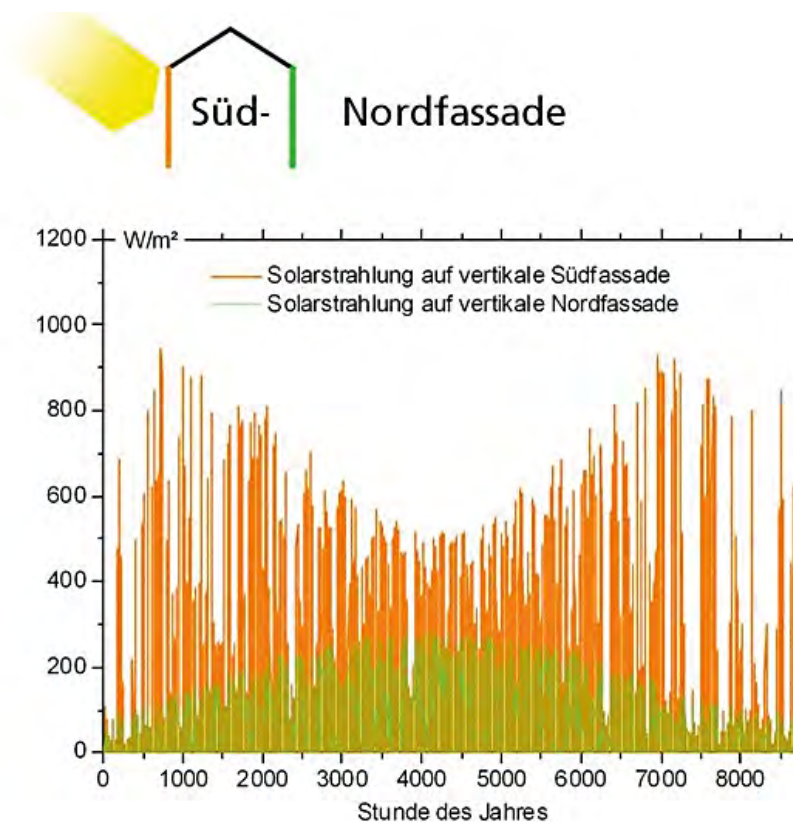


Abb. 4:
Gegenüberstellung des solaren Eintrags auf einer Nord- und einer Südfassade

Tageslicht, Ausblick und Durchsicht

Jedes undurchsichtige Material vor dem Fenster hält gleichzeitig auch das sichtbare Licht ab. Eine leichte Verdunklung kann zwar im Sommer das Gefühl der Kühle verstärken, aber für das Arbeiten im Besonderen ist eine ausreichende Belichtung/Beleuchtung erforderlich. Deshalb wird bei Hitze in vielen Räumen abgeschattet und Kunstlicht aktiviert, eine energetisch ungünstige Lösung. Dieses Problem lässt sich nicht vollständig lösen, denn der Wärmeeintrag erhöht sich, sobald sich im oder neben dem Sonnenschutz Öffnungen befinden, durch die Tageslicht einfällt. Deshalb muss bei jeder Sonnenschutzlösung ein Kompromiss zwischen Abschattung und Tageslichtverlust eingegangen werden.

Ein positives Beispiel dafür ist ein Raffstorebehang, der, obwohl unten völlig geschlossen, im oberen Drittel leicht aufgewendet werden kann und dann Tageslicht an die Decke „wirft“.

Eine gleichzeitig für die Durchsicht von innen sehr attraktive Lösung der moderaten Tageslichtversorgung sind gelochte Raffstores mit einem Lochanteil von 5-8 %. Der zusätzliche Strahlungseintrag ist mit 5-10 % noch akzeptabel, die Tageslichtversorgung wird deutlich gesteigert. Wesentlich für eine angenehme Lichtverteilung ist dabei eine sehr kleine (ca. 0,8 mm) und möglichst gleichmäßige Lochung.

Neben der Tageslichtversorgung ist auch der Ausblick und die horizontale Sichtverbindung nach außen von maßgeblicher Bedeutung. Nicht umsonst wird diese im österreichischen Arbeitsrecht explizit eingefordert. Hier kann man sich eine Eigenschaft des menschlichen Gehirns zunutze machen.

Der vorher genannte Lochanteil von ca. 10 % bringt gefühlt schon eine sehr gute Durchsicht. Werden Menschen nach ihrer Einschätzung des Anteils der Löcher gefragt, so werden bei 10 % tatsächlichem Anteil zumeist 25-40% geschätzt. Dies funktioniert deshalb, weil das Gehirn die empfangene Information vervollständigt und so mehr „sieht“, als der tatsächliche Lochanteil gestattet. Hilfreich dabei ist neben dem kleinen Lochdurchmesser eine dunkle Farbe auf der Innenseite des Sonnenschutzes. Der ideale Raffstore ist daher gelocht, innen dunkel und außen speziell reflektierend oder hell.

Blendschutz


Außenliegender Sonnenschutz soll eigentlich nicht als Blendschutz verwendet werden, weil er einerseits selten als vollwertiger Blendschutz tauglich ist und andererseits während des Winterhalbjahres die wertvolle solare Strahlung abhalten würde. Als Blendschutz eignen sich daher innenliegende Systeme, die händisch genau an eine bestimmte Situation angepasst werden können, beispielsweise Plissees.

Solare Gewinne durch saisonale Veränderbarkeit

In unserem Klima mit übers Jahr stark schwankenden Temperaturwerten und Tageslängen werden Sonnenschutzvorrichtungen gebraucht, die saisonal veränderbar sind, beispielsweise Faltläden, Raffstores, Markisen etc., die im Sommer zugezogen werden und im Winter eingefahren bleiben.

Im Winter soll solare Strahlung in die Räume gelangen, nicht nur wegen des Wärmeeintrags, sondern vor allem wegen des für unsere Gesundheit so wichtigen direkten Sonnen- bzw. Tageslichts. Im Sommer hingegen wird versucht, den Wärmeeintrag zu minimieren, gleichzeitig sollen die Räume dennoch natürlich belichtet bleiben. Alle Systeme, die permanent verschatten, wie Sonnenschutzgläser oder Folien, haben daher den großen Nachteil, dass der Tageslichteintrag im Winter ebenfalls stark eingeschränkt wird.

Lediglich unveränderliche Systeme, die aufgrund ihrer Geometrie auf die unterschiedlichen Sonnenstände reagieren können, sind hiervon ausgenommen. Ein altbewährtes Beispiel für einen sinnvollen starren Sonnenschutz ist das Vordach nach Süden. Die hochstehende Sommersonne wird abgehalten, die flache Wintersonne kann die Räume erreichen. Dennoch ist die Wirkung im Sommer hinsichtlich des Kühleffekte nicht zu 100 % optimal, da der gesamte diffuse Strahlungsanteil ungehindert in den Raum gelangt.



Sonnenschutzsysteme müssen neben ihrer primären Funktion der Minderung der sommerlichen Überwärmung von Innenräumen vielen anderen Ansprüchen genügen.

Einerseits ist ihr äußeres Erscheinungsbild auf das architektonische Konzept einer Fassade abzustimmen, auf das Gebäudeensemble, auf das Stadtbild, auf historische und kulturelle Traditionen. Dies auch von dem Hintergrund, ob einzelne Fenster oder ganze Fassaden mit einem Sonnenschutzsystem ausgestattet werden sollen. Andererseits ist neben den verschiedenen Auswirkungen der einzelnen Systeme die Frage des Materials, der Anschaffungskosten und der Wartungskosten über den Lebenszyklus zu beantworten. Auch Zusatznutzen wie Schalldämmung oder Einbruchsschutz können für die Systementscheidung relevant sein.

Sonnenschutzsysteme lassen sich je nach Lage und Bedienbarkeit in außen- und innenliegende sowie in dynamische, statische und permanente Systeme unterteilen. Dabei ist der außenliegende Sonnenschutz deutlich effektiver als der innenliegende, dieser beeinflusst aber auch das Stadtbild wesentlich stärker. Auf starre horizontale oder vertikale Elemente über gesamte Fenster oder Fassaden wird nicht eingegangen, weil sie an historischen Fassaden keine Anwendung finden können.

Auch Sonnenschutzglas wird nicht behandelt, weil dafür die Fenster getauscht werden müssen und der stark reflektierende Effekt im Stadtbild unerwünscht ist.

*Sonnenschutzsysteme –
eine Übersicht*

2.

2.1. Raffstores

Raffstores sind charakterisiert durch ihren Lamellenbehang (fast ausschließlich) aus pulverbeschichtetem Aluminium. Die Lamellen sind wendbar und können der Sonne nachgeführt werden. Der Behang lässt sich nach oben wegfahren, wenn kein Beschattungsbedarf besteht, oder gezielt solare Strahlung in den Raum gelassen werden soll. Raffstores sind somit das flexibelste Sonnenschutzsystem.

Die Behänge werden mit gebördelten, d. h. an den Rändern umgebogenen, oder flachen Lamellen ausgeführt. Gebördelte Lamellen bedingen größere Pakethöhen und damit höhere Kästen, Flachlamellen kommen mit ca. 20 % niedrigeren Kästen aus.

Je nach Windanforderungen müssen die Behänge, Führungsschienen und Seile mit zusätzlichen Maßnahmen ausgerüstet werden.

Raffstores werden zumeist elektrisch betrieben und können zusätzlich zur Basisausstattung mit einer tageslichtabhängigen Steuerung ausgerüstet werden. Diese misst die Strahlung an der Fassade, fährt den Sonnenschutz hinunter und kann ihn auch je nach Sonnenstand in Winkelabstufungen von 15° C entsprechend aufwenden. In einfacherer Ausführung werden sie nur mit Wind- und Regenwächter ausgestattet, damit bei zu viel Wind oder Regen automatisch hochgefahren wird. Eine händische Bedienung per E-Schalter ist möglich. Kurbelbedienungen scheiden zumeist wegen der großen Leibungstiefe und den schlanken Fensterrahmen aus, da die Kurbelumlenkung nicht bis zur Jalousie geführt werden kann.

Die Behänge können zweifärbig ausgeführt werden (außen reflektierend, innen dunkel), es können auch auf einen Behang unten dunkle und oben helle Lamellen gefädelt werden. Dies hat positiven Einfluss auf Blendung und Belichtung. Im direkten Sichtbereich unter 1,8-2m verhindern dunkle Lamellen die Blendung, oben angeordnete weiße oder reflektierende Lamellen können, wenn aufgewendet, zusätzlich Licht an die Decke bringen. Generell können Raffstores auch mit einer Tageslichtfunktion ausgeführt werden. Dabei kann der obere Teil des Behangs anders gewendet werden als der untere, unten kann also bei flach stehender Sonne der Behang völlig geschlossen sein, während er oben gleichzeitig (etwas) aufgewendet stehen kann.

Vorteile:

- hohe Abschattungswirkung
- beste Anpassbarkeit an die wechselnden Anforderungen während des Tages und auch während des Jahres
- Durchsicht und Einfall von Tageslicht ist möglich
- solare Erträge im Winter können genutzt werden
- ausreichender Blendschutz
- sehr flexibles System mit gutem Preis-Leistungs-Verhältnis, zumindest in der einfachen Ausführung
- zahlreiche Farb- und Behangvarianten
- maximale Automatisierbarkeit,
- BUS-gesteuerte Sonnenstandsnachführung ist möglich

Nachteile:

- höhere Windanfälligkeit
- höhere Wartungs- und Reinigungskosten als andere Systeme
- relativ hoher Kasten, vor allem bei der Verwendung von gebördelten Lamellen



Abb. 5: Raffstore

Sonderform Lichtlenkjalousien

Einige Firmen haben sogenannte Lichtlenklamellen in ihrem Programm, spezielle Lamellen in Z- oder S-Form, die das Tageslicht besser in den Raum lenken sollen.

Laut Firmeninformationen werden bessere Durchblickmöglichkeiten bei gleichzeitig vollem Sonnen- und Blendschutz und bis zu 50 % höherer Tageslichtnutzung erreicht, was die technischen Daten aber nicht immer im gleichen Ausmaß belegen können.

Vorteile:

- Lichtlenksysteme erreichen prinzipiell sehr gute Sonnenschutzwerte und gleichzeitig verbesserte Tageslichtausbeute, sie konnten sich jedoch bisher am Markt nicht durchsetzen.

Nachteile:

- Sowohl die Anschaffung als auch die häufiger erforderliche Reinigung der reflektierenden Lamellen sind mit höheren Kosten verbunden.



Abb. 6: Jalousie mit S-Lamellen

2.2. Rollläden

Rollläden bestehen aus einem Behang aus Profilstäben aus Holz, Aluminium oder Kunststoff. Diese besitzen im Vergleich mit anderen Systemen relativ mehr Masse und können vor allem vollständig geschlossen werden. Ihre Sonnenschutzwirkung ist daher generell am höchsten, allerdings nur, wenn sie vollständig geschlossen sind. Dabei gelangt kein oder fast kein Tageslicht mehr in den Raum.

Werden Rollläden nur zu 60 % heruntergefahren, um Tageslicht im Raum zu erhalten, vermindert sich die Sonnenschutzleistung dadurch deutlich. Gleichzeitig ist die erwünschte Belichtung im Verhältnis zum – nicht erwünschten – thermischen Eintrag geringer als bei anderen Systemen, weil das Tageslicht in diesem Fall zur Ausleuchtung ungünstig in der unteren Raumhälfte eintritt.

Positiv ist die Masse der Profilstäbe (Alu mit Dämmschaum oder Holz), die ihrerseits sowohl im Sommer als auch im Winter als leichte Wärmedämmung fungiert.

Vorteile:

- sehr hohe Abschattungswirkung
- Anpassbarkeit an die wechselnden saisonalen Anforderungen
- solare Erträge im Winter können genutzt werden
- ausreichender Blendschutz
- günstige Anschaffungskosten
- geringe Wartungs- und Reinigungskosten
- höchste Windstabilität
- einbruchshemmend
- Schutz vor Vandalismus
- kleiner Wärmeschutzbeitrag durch U-Wert-Verbesserung

Nachteile:

- Tageslichtnutzung nur sehr eingeschränkt und mit hohem Wirkungsgradverlust möglich
- keine Durchsicht
- hoher Kunstlichtbedarf
- hohe Kastentiefe- zumeist nicht ohne Zusatzmaßnahmen in historische Leibungen integrierbar



Abb. 7: Rollläden

Sonderform Tageslichtrollläden

Sonderformen mit speziell geformten („Tageslicht“-)Profilen können mit Abstand zwischen den Profilen ausgefahren werden, dadurch werden geringe Mengen an Tageslicht durchgelassen und eine Nutzung der Innenräume wird auch im geschlossenen Zustand ermöglicht. Diese Rollläden sind ebenfalls mit Ausstellteilen erhältlich und damit bezüglich Tageslichteintrag mit Ausstellmarkisen vergleichbar. Der wesentliche Nachteil von Rollläden wird dadurch größtenteils kompensiert. Eine Durchsicht ist aber weiterhin nicht gegeben.

2.3. Senkrecht- und Ausstellmarkisen

Markisen sind charakterisiert durch ihren textilen Behang, wobei die Stoffe meist einen Lochanteil (Transmissionsgrad) von 3–15 % aufweisen, um Durchsicht zu gewährleisten. Der Behang lässt sich aufrollen, wenn er nicht benötigt wird, und gewährleistet damit saisonale Veränderbarkeit, solare Erträge im Winter sind möglich.

Hinsichtlich der Abschattung rangiert die Markise aufgrund des Lochanteils etwas hinter den Raffstores, bei der Auswahl muss genau auf die Reflexions-, Absorptions- und Transmissionswerte geachtet werden, weil es hier zwischen den einzelnen Stoffen bzw. Gewebearten große Unterschiede in der Wirkung gibt.

Bei einem Material mit hohem Abschattungsfaktor ist die Umgebung durch den Behang nur mehr sehr schemenhaft erkennbar, während bei einem Transmissionsgrad von 15 % noch ausreichende Durchsicht gegeben ist. Auch hier gilt: je dunkler der Behang von innen, desto besser die Durchsicht. Gegenläufig zur Durchsicht verhält sich der Blendschutz, der bei 15 % Lochanteil unter Umständen nicht mehr gegeben ist.

Die Markise ist als Senkrecht- und Ausstellmarkise erhältlich. Im Fall der Ausstellmarkise entsteht ein luftiger attraktiver Eindruck von innen und außen, Durchblick und Tageslichteintrag werden verbessert. Dafür muss jedoch ein hoher Eintrag an diffuser Strahlung in Kauf genommen werden.

Markisen können an den Rändern auch dichtschießend ausgeführt werden, was sich sehr positiv auf die Verringerung des Strahlungseintrags auswirkt. Bei Ausstellmarkisen ist die Tageslichtnutzung eingeschränkt gewährleistet. Im Gegensatz zu Raffstores ist aber keine Tageslichtlenkung möglich.

Bei Zippssystemen wird der Behang an der seitlichen Schiene mit einem Reißverschluss befestigt. Diese haben daher einen vollständig dichten Anschluss an die Fassade, das erhöht sowohl die Abschattungswirkung als auch die Windstabilität.

Da die Markisen in aufgerolltem Zustand – im Gegensatz zu Raffstores und Rollläden – deutlich kleiner sind, eignen sie sich gut für die nachträgliche Anbringung an historischen Fassaden.

Vorteile:

- saisonale Veränderbarkeit
- solare Erträge im Winter
- ausreichende Tageslichtverfügbarkeit, vor allem bei Ausstellbehängen oder Behängen mit 15 % Perforation
- kleinste Ausmaße, gut integrierbar
- Windstabilität, wenn als Zippsystem seitlich gehalten
- ausreichender Blendschutz
- Durchsicht nur bei Behängen mit 15 % Perforation
- gutes Preis-Leistungs-Verhältnis



Abb. 8: Senkrechtmarkise

Nachteile:

- durch Aufschneiden leicht zu beschädigen
- bei dichterem Behang kaum Durchsicht
- wenig Veränderbarkeit im Tagesverlauf
- in Standardausführungen windanfällig

2.4. Fensterläden

Fensterläden sind als Rahmen mit Lamellen oder mit flächigen, eventuell gelochten Füllungen aus Holz oder Aluminium ausgeführt, die in der Leibung angeschlagen werden und nach außen zu öffnen sind. Sie können ausschließlich händisch geöffnet und geschlossen werden. Die Lamellen können drehbar ausgeführt sein, in Varianten können Teile der Füllungen auch nach außen geklappt bzw. ausgestellt werden.

Es handelt sich um ein historisches System, das gut an wechselnde Anforderungen hinsichtlich Tageslicht und Durchsicht angepasst werden kann, wenn die Lamellen beweglich ausgeführt sind. Im aufgeklappten Zustand kann die Sonne im Winter ungehindert in den Raum dringen. In geschlossenem Zustand sind Fensterläden sehr windstabil, im offenen Zustand müssen sie an der Fassade gesichert werden.

Die äußere Ansicht des Fensters wird zwar nicht – wie bei Systemen wie Raffstores oder Rollläden – beeinträchtigt, die Gesamtgestaltung der Fassade wird jedoch durch Fensterläden am stärksten beeinflusst. Sind Fassadenflächen zum Klappen nicht breit genug, können auch Faltsysteme eingesetzt werden.

Vorteile:

- robust
- windstabil
- saisonal und tageszeitlich veränderbar
- Tageslichteinfall und Durchblick bei aufklappbaren Teilstücken möglich
- geringe Wartungskosten
- mit Einbruchsschutz herstellbar
- historisch bekanntes Element

Nachteile:

- nur händisch zu bedienen
- teurer als Raffstores



Abb. 9: Klappläden

Klappläden

Konventionelle Klappläden sind weit verbreitet und in vielen Materialien und Farben erhältlich. Sie werden meist mit Kloben an der Fassade befestigt, einige Firmen haben Befestigungssysteme entwickelt, die eine Montage von innen ermöglichen.

Auch andere spezielle Lösungen wurden entwickelt, so z. B. Läden, deren Lamellen mit dem Rahmen innen und außen bündig abschließen. Das hat den Vorteil, dass die Läden sehr schlank sind und flach an der Fassade liegen können.



Abb. 10: Klappläden – Detail

Faltläden

Eine weitere Ausführungsmöglichkeit sind gefaltete Läden, sogenannte Faltläden. Vor allem bei stark profilierten Fassaden stellen sie eine sinnvolle Option dar, weil sie sehr platzsparend sind und keine ebene Fassadenfläche erforderlich ist. Einige Firmen sind auf Holzfaltläden spezialisiert und entwickeln auch maßgeschneiderte Lösungen.

Bei Holzläden zu beachten ist die Rahmenbreite im Verhältnis zum Lamellenfeld. Bei Lädenhöhen über 180 cm muss zumeist ein horizontales Fries eingebaut werden.

Läden aus Metall bieten im Vergleich dazu mehr Gestaltungsfreiheit. So werden beispielsweise gekantete und in den Ecken verschweißte Metallkassetten eingesetzt. Dadurch wird bei geringer Aufbauhöhe sehr hohe Stabilität erreicht. Eine zusätzliche, umlaufende Rahmenkonstruktion an der gemauerten Leibung ist in diesem Fall nicht erforderlich.



Abb. 11: Faltladen



Abb. 12: Schiebefaltbalken (Schönaugasse, Graz)



Abb. 13: Schiebefaltbalken im geöffneten Zustand (Schönaugasse, Graz)

2.5. Folien

Generell handelt es sich bei Folien um eine Variation des Sonnenschutzglases. Sonnenschutzfolien werden auf die Innenseite des Außenflügels aufgeklebt und sind somit im Vergleich zu den bisher beschriebenen Systemen nicht sichtbar. Aus diesem Grund werden sie für die Erhaltung eines unveränderten Gesamtbildes von historischen Fassaden bevorzugt.

Die verschiedenen Fabrikate unterscheiden sich wenig voneinander, lediglich der Anteil an Reflexion und Transmission kann je Folie unterschiedlich sein. Eine Folie mit hohem Tageslichteintrag hat dabei auch einen höheren Gesamtenergiedurchlassgrad und umgekehrt. Zahlreiche Herstellerfirmen versprechen Varianten, die zwar Wärme abhalten, nicht jedoch das Tageslicht. Tatsächlich geht aber beim Reflektieren der Globalstrahlung immer auch Tageslicht „verloren“.


Die Folien sind nicht veränderbar und bedingen dadurch sowohl einen höheren Heizwärmebedarf im Winter als auch einen höheren Beleuchtungsenergiebedarf im Jahresverlauf. Weisen sie sehr geringe Transmissionswerte auf, macht sich im Raum ganzjährig „Novemberstimmung“ breit. Dies ist für Museen geeignet, für andere Nutzungen weniger.

Vorteile:

- treten gestalterisch nicht in Erscheinung
- windsicher/kostengünstig
- wartungsarm
- volle Durchsicht gewährleistet

Nachteile:

- Sonnenschutzwirkung im Vergleich zu anderen Varianten deutlich geringer
- keine saisonale Veränderbarkeit
- erhöhter Heizenergiebedarf im Winter
- erhöhter Kunstlichtbedarf und verringerte Tageslichtversorgung („Novemberstimmung“)



Derzeit gibt es kaum Neuentwicklungen von Sonnenschutzsystemen auf dem Markt. Dabei sind das Zusammenspiel von Verschattung und Verglasung beziehungsweise die Wechselwirkungen zwischen diesen Elementen und deren Beschichtungen noch wenig überprüft. Steigende Kosten für Kühlenergie könnten aber in Zukunft als Motor für Innovationen und die Optimierung des Sonnenschutzes wirken.

*Neuentwicklungen von
Sonnenschutzsystemen*

3.

3.1. Jalousien / Rollos

Klemmbare Rollos

Die Firma Blinos hat ein Montagesystem entwickelt, das zur Gänze auf Klemmen basiert und damit auch von Laien montiert und auch wieder demontiert werden kann. Eine wesentliche Grundvoraussetzung für die Montage sind nach innen aufgehende Flügelfenster. Wetterschenkel am Fensterflügel, die weiter nach draußen ragen als der äußere Fensterrahmen, wären ein Ausschlusskriterium wegen einer möglichen Kollision.

Das Rollo kann bis zu einer Höhe von 2,4 m und einer Breite von 2,0 m gefertigt werden. Bei höheren Elementen (mit Oberlichte) können zwei Elemente montiert werden, sofern ein entsprechender horizontaler Steg vorhanden ist.

Zusätzlich wird derzeit ein alternatives Gewebe evaluiert, das noch bessere Eigenschaften aufweist als das aktuell eingesetzte Material.

Innenrollos mit erhöhter Wirksamkeit

Die Firma Multifilm bietet hochwertige Folien und Gewebe an, die als Innenrollos angeordnet werden und dennoch ungewöhnlich gute Resultate erzielen können. Die Anwendung des Rollos wurde in Kombination mit unterschiedlichen Gläsern getestet. Wesentlich ist dabei, dass die Rollos nahe am Glas angeordnet sowie seitlich geführt und damit abgedichtet werden. Dabei weist die Kombination „Multifilm mit 2-Scheiben-Isolierverglasung“ sowohl im Sommer als auch im Winter ausgezeichnete Gesamtwerte auf, es erfolgt auch eine U-Wert-Verbesserung.

Das Folienrollo kommt innen hinter einer schon älteren Isolierverglasung auf einen rechnerischen F_c -Wert von 0,25, ein Wert, der üblicherweise nur mit außenliegendem Sonnenschutz erreicht werden kann. Selbst hinter einem Wärmeschutzglas erreicht die Kombination rechnerisch noch ein F_c -Wert von 0,33, bei einem resultierenden Gesamt-U-Wert von 0,76 (bei einem U-Wert des Glases von 1,1). Der Vorteil des Folienrollos gegenüber einer geklebten Folie ist auch die so wichtige saisonale Veränderbarkeit.

Forschungsprojekt „Flexibler Sonnenschutz“

An der TU Darmstadt wurde ein innovativer Sonnenschutz entwickelt, der die Vorteile von Textilrollos und Jalousien vereinen soll und gleichzeitig zur Lichtlenkung genutzt werden kann. Dabei wird versucht, die flexible Veränderbarkeit der Jalousie auch mit einer Markise zu erreichen. Licht soll gezielt gelenkt werden können, der Sonnenschutz/Blendschutz soll erhalten bleiben und ein einfaches Aufrollen möglich sein.

Für den Sonnenschutz wird eine Stofffläche im Lasercutting-Verfahren mit einem optimierten Muster aus kleinen, zueinander versetzten Kurven perforiert. Wird nun die gesamte Stoffbahn unter Zug genommen und gestreckt, klappen die so erzeugten „Gelenke“ auf, die Stoffzungen wölben sich dreidimensional nach einer Seite auf, und es entstehen gleichförmige Öffnungen. Durch unterschiedlich starken Zug lässt sich die Lichtmenge, die das Rollo durchlässt, stufenlos regulieren. Zudem werden Blendeffekte zuverlässiger ausgeschaltet.

Die Schnittmuster sind dabei variabel. Dreht man sie im oberen Teil des Rollos um 180 Grad, bilden sich bei Zugspannung dort kleine „Kelche“, die Tageslicht gezielt von außen in den Raum leiten können, während trotzdem der Blendschutz in Fensternähe gewährleistet ist. Gegenüber herkömmlichen Lamellenjalousien hätte dieser neue Sonnenschutz den Vorteil, dass er einfacher konstruiert ist, weniger Bauteile benötigt und geringerer mechanischer Verschleiß auftritt.

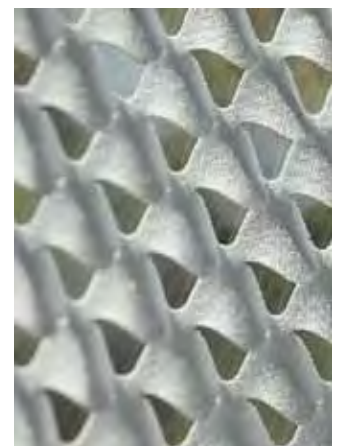


Abb. 14: Makroaufnahme des Prototyps des flexiblen Sonnenschutzes

„Sonnen- und Blendschutz sind in unseren Breiten Zukunftsfragen im Bauwesen“, sagt Professor Stefan Schäfer, Leiter des Instituts für Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion, der die Entwicklung des innovativen textilen Sonnenschutzes mitgetragen hat.

3.2. Sonnenschutzfolie mit erhöhter Wirksamkeit

Die Firma Haverkamp hat eine leistungsstarke Sonnenschutzfolie entwickelt, die innen auf die Scheibe geklebt wird. Diese Folie kann laut Firmeninformation bei hoher Infrarotrückweisung von 84 % eine Lichttransmission von 74 % aufweisen (ohne Angaben zur Qualität des Glases). Diese sehr guten technischen Werte werden erzielt, weil in die Folie keramische Nanopartikel eingearbeitet sind. Die Folie kann auf alle handelsüblichen Gläser (von 1-Scheiben- bis zur 3-Scheiben-Verglasung) aufgebracht werden. Ein Nachteil bleibt die fehlende saisonale Veränderbarkeit, die Folie „schützt“ mit gleicher Intensität auch vor solarer Wärme im Winter.

3.3. Studie zu Vakuumisolierverglasung

Die TU Wien hat in Kooperation mit der Holzforschung Austria und den Büros Hohenstein und Vallentin+Reichmann ein Projekt zum Thema Vakuumisolierverglasung durchgeführt (Forschungsprojekt im Rahmen des Programms Stadt der Zukunft des BMVIT, Leitung DI Dr. Ulrich Pont und DI Ernst Heiduk). Dabei wurde die Anwendbarkeit von Vakuumisolierverglasungen generell und im Speziellen für die Sanierung von Bestandsfenstern untersucht.

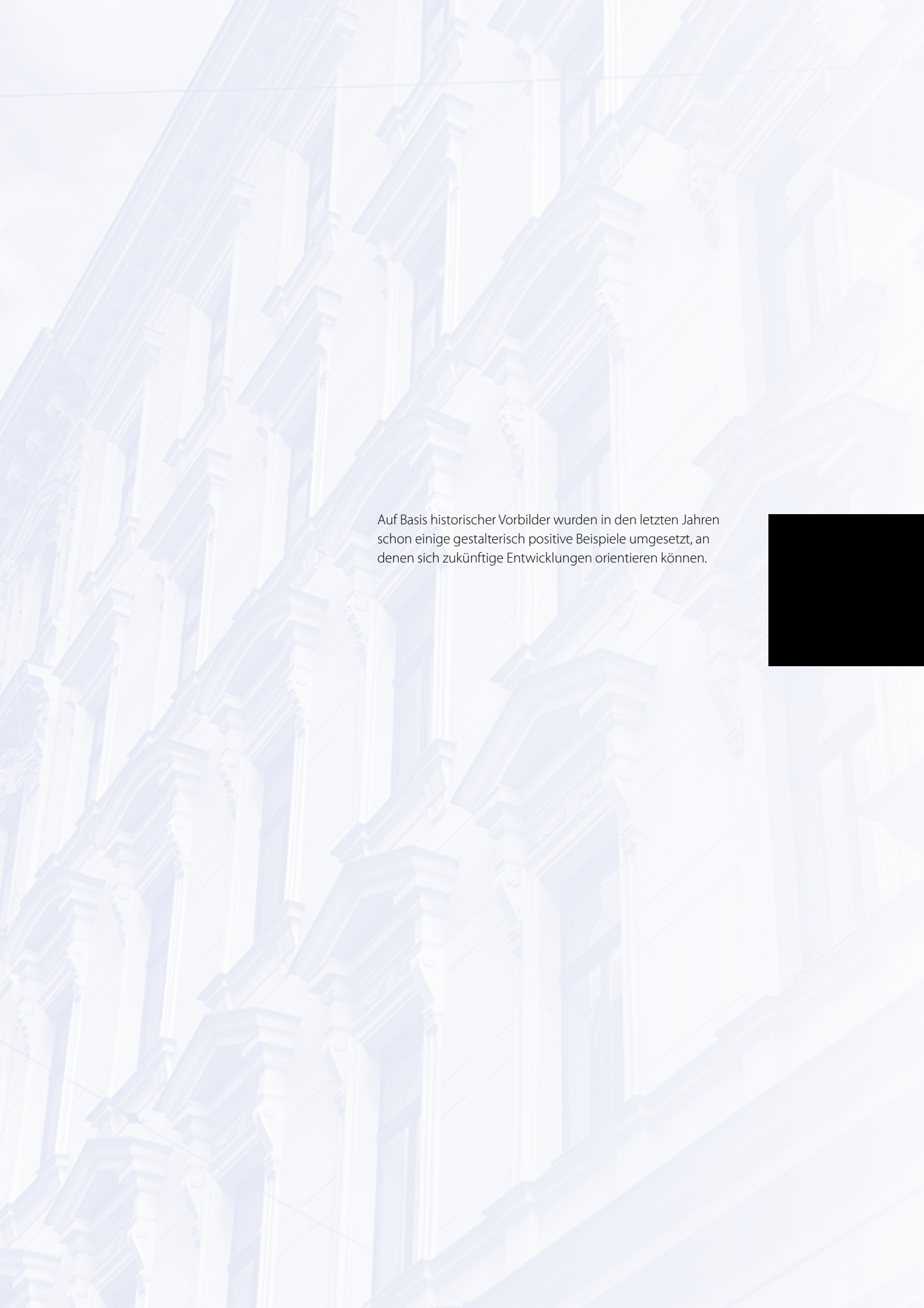
Vakuumisolierverglasungen weisen folgende Vorteile auf: Sie sind dünner (6,2 mm) und leichter als Isolierglas, der U-Wert ist neigungsunabhängig, sie „pumpen“ sich bei Wärmestrahlung nicht auf, d. h. sie wölben sich nicht nach außen. Der Glasrandverbund ist sehr resistent gegen einseitige Erwärmung, der Schallschutz ist sehr hoch. Das Glas kann unabhängig von der Höhenlage eingesetzt werden, d. h. der Gasdruck muss nicht an den Druck der Atmosphäre angepasst werden. Es wird eine Lebensdauer von rund 50 Jahren erwartet (gegenüber 25 Jahren bei Wärmeschutzgläsern) und es sind Ug-Werte von bis zu 0,2 erreichbar.

An mehreren realen Modellen wurden Versuche zur Belastbarkeit sowie thermische Versuche durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass der Temperaturunterschied am Vakuumglas so hoch ist, dass es als Außenflügel und nicht, wie herkömmliche Isoliergläser, als Innenflügel eingesetzt werden soll. Mit außen liegender Vakuumscheibe konnte der Kastenfenster-Zwischenraum bei Außentemperaturen von minus -15° C auf über +13° C gehalten werden.

Den auftretenden starken Temperaturunterschieden zwischen Randverbund und Mitte der Glasfläche und auch der Wärmebrücke der Bauanschlussfuge sind aber noch erhöhte Aufmerksamkeit zu widmen, um Kondensatschäden sicher zu vermeiden.

Konsequenzen für den Sonnenschutz: Wenn in Zukunft die Außenflügel von Kastenfenstern mit Vakuumglas ausgeführt werden, wird der außenliegende Sonnenschutz noch mehr an Bedeutung gewinnen, weil der Fensterzwischenraum damit thermisch noch mehr als bisher dem Innenraum zuzuordnen sein wird. Der thermische Komfort wird dadurch winters wie sommers erhöht.

Mit den U-Werten werden auch die G-Werte (Gesamtenergiedurchlassgrad) und die Lichttransmission weiter abnehmen. Umso wichtiger wird es in Zukunft sein, dass der Sonnenschutz saisonal veränderbar ist, damit im Winter ausreichend Tageslicht zur Verfügung steht.



Auf Basis historischer Vorbilder wurden in den letzten Jahren schon einige gestalterisch positive Beispiele umgesetzt, an denen sich zukünftige Entwicklungen orientieren können.

Good-Practice-Beispiele

4.

4.1. Bürogebäude Lenaugasse 10 – Ausstellmarkisen

Am Gebäude des Wohnfonds Wien in der Lenaugasse 10 kamen Fallarmmarkisen mit textilem Behang zum Einsatz, die ohne Kasten nur mit einer zarten Blechabdeckung geschützt sind. Es handelt sich dabei um eine Spezialabdeckung, die für den Einsatz bei diesem konkreten Projekt entwickelt wurde.

Die Ausführung ist auf max. 70 km/h Wind ausgelegt, in 5 Jahren gab es diesbezüglich keine Störfälle, die Bespannung wird alle 2 Jahre gereinigt.

Hinsichtlich des Komforts berichten Nutzerinnen und Nutzer vor allem vom positiven psychologischen Effekt, weil fast keine direkte Sonne mehr in die Räume gelangt, die Raumtemperatur steigt jedoch trotz Sonnenschutz in Bereiche jenseits der Behaglichkeitsgrenzen. Die Anlage ist mit einem Windwächter ausgestattet und fährt bei Wind automatisch hoch, die Zufriedenheit der Nutzerinnen und Nutzer mit dieser Übersteuerung ist laut Facility Management als mäßig zu beschreiben.



Abb. 15:
Fallarmmarkisen (Lenaugasse 10, Wien)

4.2. Wohngebäude Mariahilfer Straße 182 – Ausstellmarkisen

Auch das Haus Mariahilfer Straße 182 wurde mit Fallarmmarkisen ausgestattet, die farblich auf die Fassadenfarbe abgestimmt sind. Die schräg ausgestellten Markisen unterstützen in ihrer Schattenbildung das Prinzip Fassadenprofilierungen, das allen gründerzeitlichen Fassaden innewohnt.

(Planung: Architekturbüro Trimmel Wall Architekten ZT GmbH)



Abb. 16: Fallarmmarkise
(Mariahilfer Straße 182, Wien)

4.3. Wiener Mittelschule Leipziger Platz 1 – Senkrechtmarkisen

Bei der Schule am Leipziger Platz wurde der Sonnenschutz im Zuge der Fenstererneuerung installiert. Daher konnte auf den Sonnenschutz mit einer „oberen Stockaufdopplung“ Rücksicht genommen werden. Dabei wurde das Fenster um die Höhe des Markisenkastens verkleinert und der Markisenkasten darübergesetzt. Der Fensterrahmen ist so durchgehend sichtbar und wird nicht von der Senkrechtmarkise abgedeckt.



Abb. 17: Senkrechtmarkisen
(Leipziger Platz, Wien)

4.4. Kunsthistorisches Museum Maria-Theresien-Platz – Sonderkonstruktion

Für das Kunsthistorische Museum wurde ein spezieller außenliegender Sonnenschutz entwickelt. Vor dem äußeren Fensterflügel ist ein zusätzliches Beschattungselement angebracht. Dieses besteht aus einem separat im Stock befestigten schlanken Metallwinkelrahmen. In diesen ist ein 4 mm starkes 1-Scheiben-Sicherheitsglas mit Sonnenschutzfolie eingesetzt, hinterlegt mit einem feinen, silberfarbigen Streckmetall. Dieser Zusatzflügel ist hinterlüftet und mit speziellen „Verschwinde-Bändern“ so befestigt, dass er zum Reinigen aufgeschwenkt werden kann.

Darüber hinaus wurden Lüftungsschlitze in das Kastenfenster eingearbeitet, die per Schieber bedienbar sind. Temperaturmessungen im direkten Fensterbrettbereich haben eine Temperaturabsenkung um 10° C ergeben. Zur Absenkung der Raumtemperatur liegen keine Messungen vor. Diese Konstruktion bewirkt eine permanente Teilverschattung und auch Verdunkelung des Raumes, was für die museale Nutzung von Vorteil ist, in Wohn- und Bürogebäuden ist diese Lösung aber nur sehr bedingt einsetzbar. (Planung: Knauer Architekten)



Abb. 18: Beschattungselemente am Kunsthistorischen Museum



*Bewertungsmatrix zu den
Sonnenschutzsystemen*



5.

System		Anwendung		Einbau	
System	Systemvarianten	Einsatzempfehlung	Anwendbarkeit bei Denkmalschutz	Einbaumöglichkeit	Maßnahmen bei Einbau
Raffstores	Raffstore	Kastenfenster Bestand, mit Gewände		Einbau in Leibung	Durchbohren der Leibung, Elektroinstallation
		Kasten-Iso-Fenster alt/neu, unveränderte Proportion, mit Gewände			Austausch innerer Flügel, sonst wie vor
		Kasten-Iso-Fenster neu/neu, neue Proportion, mit Gewände			Austausch beider Flügel, sonst wie vor
		Neues 3-Scheiben-Fenster mit oberer Stockverbreiterung			Austausch Fenster samt Verputzarbeiten, sonst wie vor
		Kastenfenster Bestand, fassadenbündig, Fenster nach innen öffnend			
	Raffstore mit Rahmen	Kastenfenster Bestand, mit Gewände	in geregelten Ausnahmefällen nur für gesamte Hausfassade einsetzbar	Einbau in eine durch den Rahmen geschaffene Leibung, auch möglich, wenn das Fenster fassadenbündig angeordnet ist, oder wenn das bestehende Gewände nicht tief genug für den Raffstorekasten ist	Durchbohren der Leibung, Elektroinstallation, Versetzen Rahmen
		Kasten-Iso-Fenster alt/neu, unveränderte Proportion, mit Gewände			Austausch innerer Flügel, sonst wie vor
		Kasten-Iso-Fenster neu/neu, neue Proportion, mit seichem Gewände			Austausch beider Flügel, sonst wie vor
		Neues 3-Scheiben-Fenster mit oberer Stockverbreiterung		Austausch Fenster samt Verputzarbeiten, sonst wie vor	
Rolläden	Rolladen	Kasten-Iso-Fenster neu, neue Proportion, mit tiefem Gewände		in Leibung rückversetzt, um Rolladen fassadenbündig zu integrieren	Durchbohren Leibung, Elektroinstallation, Austausch beider Flügel
		Neues 3-Scheiben-Fenster mit oberer Stockverbreiterung			Durchbohren Leibung, Elektroinstallation, Austausch Fenster samt Verputzarbeiten
	Rolladen mit Rahmen	Kastenfenster Bestand, mit Gewände	in geregelten Ausnahmefällen nur für gesamte Hausfassade einsetzbar	Einbau in eine durch den Rahmen geschaffene Leibung, vor allem möglich, wenn das bestehende Gewände nicht tief genug für den Rolladenkasten ist	Durchbohren der Leibung, Elektroinstallation, Versetzen Rahmen
		Kasten-Iso-Fenster alt/neu, unveränderte Proportion, mit Gewände			Austausch innerer Flügel, sonst wie vor
		Kasten-Iso-Fenster neu/neu, neue Proportion, mit Gewände			Austausch beider Flügel, sonst wie vor
		Neues 3-Scheiben-Fenster mit oberer Stockverbreiterung			Austausch Fenster samt Verputzarbeiten, sonst wie vor
Markise	Senkrechtmarkise	Kastenfenster Bestand, mit Gewände	einsetzbar	in Leibung	Durchbohren der Leibung, Elektroinstallation
		Kasten-Iso-Fenster alt/neu, unveränderte Proportion, mit Gewände			Austausch innerer Flügel, sonst wie vor
		Kasten-Iso-Fenster neu/neu, neue Proportion, mit Gewände			Austausch beider Flügel, sonst wie vor
		Kastenfenster - fassadenbündig mit innen/innen aufgehenden Fenstern		vor der Fassade	Durchbohren der Leibung, Elektroinstallation, Spezialbefestigung für Überdachung
		Kasten-Iso Fenster alt/neu, Fenster fassadenbündig mit innen/innen aufgehenden Fenstern			Austausch innerer Flügel, sonst wie vor
		Neues 3-Scheiben-Fenster		hinter dem Gewände	Austausch Fenster samt Verputzarbeiten, sonst wie vor
	Senkrechtmarkise vor Kämpfer + Oberlicht fix (Screen oder Holz)	Kastenfenster Bestand mit Gewände	einsetzbar	vor Kämpfer	Durchbohren der Leibung, Elektroinstallation
		Kastenfenster - fassadenbündig mit innen aufgehenden Fenstern			Abbrucharbeiten, neues Fenster anbringen, verputzen, Elektroinstallation
		Kasten-Iso-Fenster alt/neu, unveränderte Proportion, mit Gewände			
		Kasten-Iso-Fenster alt/neu, Fenster fassadenbündig mit innen/innen aufgehenden Fenstern			
		Neues 3-Scheiben-Fenster			
	Rahmen mit Senkrechtmarkise	Kastenfenster Bestand mit Gewände		in Leibung	Elektroinstallation, Rahmen anbringen
		Kasten-Iso-Fenster alt/neu, unveränderte Proportion, mit Gewände			Abbrucharbeiten, neues Fenster + Rahmen anbringen, verputzen, Elektroinstallation
		Kasten-Iso-Fenster neu/neu, neue Proportion, mit seichem Gewände			
Neues 3-Scheiben-Fenster					

Bedienbarkeit	Wirkung						Kosten
	Gestalterische Wirkung	Tageslicht-nutzung	Blendschutz	Sichtkontakt	Nutzung solarer Energie im Winter	Sonnenschutz-wirkung	
Raffstore erlaubt maximale Bedienungsmöglichkeiten, von einfachem elektrischem Antrieb bis zu tageslicht-gesteuerten automatischen Systemen	Fensterstock und Glas zum Teil abgedeckt	sehr hoch, vor allem bei Lichtlenk-lamellen oder gelochten Lamellen	gut, aber der Blendschutz sollte immer getrennt vom Sonnenschutz innenliegend ausgeführt werden	hoch, kann durch gelochte Lamellen noch verbessert werde	hoch, da Raffstore im Winter nicht gezogen wird	hoch, Fc 0,1 bis 0,25 je nach Qualität und Farbe Behang	+
							+++
	neue Proportion, damit Fenster nicht abgedeckt wird						++++
	obere Stockverbreiterung, damit Fenster nicht abgedeckt wird						++++
	Fensterstock und Glas zum Teil abgedeckt, jedoch Rahmen erzeugt Schatten						++
	Fensterstock und Glas zum Teil abgedeckt, jedoch Rahmen erzeugt Schatten						++
	obere Stockverbreiterung, damit Fenster nicht abgedeckt wird						++++
	+++++						
	+++++						
üblicherweise mit elektrischem Antrieb	obere Stockverbreiterung damit Fenster nicht abgedeckt wird	gering	nicht geeignet, zu hoher Kontrast zwischen Elementen und Zwischen-räumen	gering, außerdem zu wenig Gleich-mäßigkeit	hoch, da Rolladen im Winter nicht ausgefahren wird	hoch, Fc 0,1 bis 0,20 je nach Öffnungs-größe der Behang-zwischenräume	++++
							++++
	Fensterstock und Glas zum Teil abgedeckt, jedoch Rahmen erzeugt Schatten						++
							++++
	obere Stockverbreiterung, damit Fenster nicht abgedeckt wird						+++++
	+++++						
je nach Produkt elektrisch oder händisch bedienbar, Behanghöhe einstellbar	Fensterstock und Glas zum Teil abgedeckt	gut bis mittel, abhängig vom Lochanteil des Behanges	gut, abhängig vom Transparenz-grad des Behanges und der inneren Farbe	gut bis gering, abhängig vom Transparenz-grad und der Webart des Behanges	hoch, da Markise im Winter nicht verwendet wird	hoch, Fc 0,1 bis 0,25 je nach Qualität, Farbe und Lochan-teil des Behanges	+
							+++
	obere Stockverbreiterung, damit Fenster nicht abgedeckt wird						++++
	neues Element in Fassadenebene, gestalterische Durchbildung der Markisenüberdachung notwendig						++
	fast unsichtbar, maximale Glasgröße, kein Verdecken des Fensters, Leibung wird deutlich tiefer						++++
je nach Produkt elektrisch oder händisch bedienbar, Behanghöhe einstellbar, Oberlicht fix, muss saisonal entfernt werden	sehr kleiner Kasten oder ohne Kasten verwendbar, da nur 2/3 der Fensterhöhe, Oberlicht muss saisonal demontiert werden						++
							++
							++++
							++++
							++++
je nach Produkt elektrisch oder händisch bedienbar, Behanghöhe einstellbar	Fensterstock und Glas zum Teil abgedeckt, jedoch Rahmen erzeugt Schatten						++
	obere Stockverbreiterung, damit Fenster nicht abgedeckt wird						++++
	geringe obere Stockverbreiterung, damit Fenster nicht abgedeckt wird						+++++

System		Anwendung		Einbau		
System	Systemvarianten	Einsatzempfehlung	Anwendbarkeit bei Denkmalschutz	Einbaumöglichkeit	Maßnahmen bei Einbau	
Markise	Fallarmmarkise bzw. Ausstellmarkise	Kastenfenster Bestand mit Gewände	einsetzbar	in Leibung	Durchbohren der Leibung, Elektroinstallation	
		Kasten-Iso-Fenster alt/neu, unveränderte Proportion, mit Gewände			Austausch innerer Flügel, sonst wie vor	
		Kasten-Iso-Fenster neu/neu, neue Proportion, mit Gewände			Austausch beider Flügel, sonst wie vor	
		Kastenfenster - fassadenbündig mit innen/innen aufgehenden Fenstern		einsetzbar	vor der Fassade	Durchbohren der Leibung, Elektroinstallation, Spezialbefestigung für Überdachung
		Kasten-Iso-Fenster alt/neu, Fenster fassadenbündig mit innen/innen aufgehenden Fenstern				Austausch innerer Flügel, sonst wie vor
		Neues 3-Scheiben-Fenster			hinten dem Gewände	Austausch Fenster samt Verputzarbeiten, sonst wie vor
Fensterladen	Klappladen	Kastenfenster Bestand mit Gewände	einsetzbar, aus Holz	vor der Fassade	Anbringen Fensterladen, geringfügig Verputzarbeiten	
		Kastenfenster Bestand - fassadenbündig mit außen/innen aufgehenden Fenstern				
		Kastenfenster - fassadenbündig mit innen aufgehenden Fenstern				
		Kasten-Iso-Fenster alt/neu, unveränderte Proportion, mit Gewände			Austausch innere Flügel, sonst wie vor	
		Kasten-Iso-Fenster alt/neu, Fenster fassadenbündig mit innen aufgehenden Fenstern				
		Kasten-Iso-Fenster alt/neu, Fenster fassadenbündig mit außen/innen aufgehenden Fenstern				
	Kasten-Iso-Fenster alt/neu, Fenster fassadenbündig mit außen/innen aufgehenden Fenstern	statt Außenflügel				
	Faltladen	Kastenfenster Bestand mit Gewände	einsetzbar, aus Holz	in Leibung	Anbringen Fensterladen, geringfügig Verputzarbeiten	
		Kasten-Iso-Fenster alt/neu, unveränderte Proportion, mit Gewände				
Neues 3-Scheiben-Fenster - im Gewände rückversetzt						
Fixscreen	Fixscreen	Kastenfenster - fassadenbündig mit außen/innen aufgehenden Fenstern	einsetzbar	auf Flügel	Fixscreen auf Flügel anbringen, im Fall von Kasten-Iso-Fenster: Tausch innere Flügel	
		Kastenfenster - fassadenbündig mit innen aufgehenden Fenstern				
		Kasten-Iso-Fenster alt/neu, Fenster fassadenbündig mit innen aufgehenden Fenstern				
		Kasten-Iso-Fenster alt/neu, Fenster fassadenbündig mit außen/innen aufgehenden Fenstern				
Innenverschattung	Rollo	Kasten-Iso-Fenster alt/neu, Fenster fassadenbündig, mit außen/innen aufgehenden Fenstern	einsetzbar	zwischen Fenstern	Rollo montieren, Austausch innere Flügel	
	Sonnenschutzfolie geklebt	alle Fenster		zwischen Fenstern	auf Flügel kleben	
Be-grünung	Blumenkiste	mit Gewände		in Leibung	Montage Kiste auf Fensterbank	

Bedienbarkeit	Wirkung						Kosten
	Gestalterische Wirkung	Tageslicht-nutzung	Blendschutz	Sichtkontakt	Nutzung solarer Energie im Winter	Sonnenschutz-wirkung	
je nach Produkt motorisch oder händisch bedienbar, Behanghöhe einstellbar	Fensterstock und Glas zum Teil abgedeckt	mittel, seitlicher Eintrag gegeben, aber zumeist dichter Behang als Ausgleich	gering, da teilweise solare Direktstrahlung, nicht beeinflussbar	gut bis mittel, seitliche Aussicht möglich, sonst abhängig vom Transparenzgrad und der Webart des Behanges	hoch, da Markise im Winter nicht verwendet wird	mittel, Fc 0,2–0,3, seitlicher diffuser und auch teilweise direkter Eintrag verschlechtert Performance, kann mit Qualität Behang nur teilweise ausgeglichen werden, angenommen: dafür geringerer Lochanteil	+
	obere Stockverbreiterung, damit Fenster nicht abgedeckt wird						+++
	neues Element in Fassadenebene, gestalterische Durchbildung der Markisenüberdachung notwendig						++++
	fast unsichtbar, maximale Glasgröße, kein Verdecken des Fensters, Leibung wird deutlich tiefer						++
							++++
ausschließlich händisch ggf. Lamellen schwenkbar	historisch tradierte Beschattungsform, Fenster wird nicht abgedeckt, gestalterische Durchbildung in Abstimmung mit Gliederung der Fassade und Fensterladenmaterial	mittel, je nach Aufwendbarkeit der Lamellen	nicht geeignet	mittel, wenn aufwendbar, Durchsicht teilweise gegeben, sonst eher gering	hoch, da Fensterladen im Winter nicht verwendet wird	hoch bis mittel, Fc 0,1–0,3 je nachdem, ob Lamellen beweglich sind und sich komplett schließen lassen, geringer, wenn tiefe Sonnenstände nicht abgeschattet werden können	++
							++
							++
							++++
							++++
							++++
							++++
	++++						
neue Interpretation einer historischen Beschattungsform, vor allem für tiefe Gewände oder stark gegliederte Fassaden	+++						
starres Element - saisonal demontierbar	vollständiges Verdecken der Verglasung, aber der Fensterproportion folgend	gut bis mittel, abhängig vom Lochanteil des Behanges	gut, abhängig vom Transparenzgrad des Behanges und der inneren Farbe	gut bis gering, abhängig vom Transparenzgrad und der Webart des Behanges	hoch	hoch, Fc 0,1 bis 0,25 je nach Qualität, Farbe und Lochanteil des Behanges	+
							+
							+++
							+++
händisch bedienbar	von außen wenig wahrnehmbar, beeinflusst äußere Proportion nicht	gut bis mittel, abhängig vom Lochanteil des Behanges	gut, abhängig vom Transparenzgrad des Behanges und der inneren Farbe	gut bis gering, abhängig vom Transparenzgrad und der Webart des Behanges	hoch	mittel bis gering, Fc 0,3–0,55, je nach Qualität des Behanges und Unterstützung durch Lüftung des Scheibenzwischenraumes	+++
							+++
keine	von außen wenig wahrnehmbar	sehr gering, vor allem im Winter, im Sommer tolerierbar	nicht geeignet	sehr hoch	sehr gering	gering, je nach Folientyp	+
Blumen gießen	Attraktivität durch Blüten / Herbstfärbung / Funktion als „Biotop“ / Kühlung durch Verdunstung / stimmungsaufhellende Wirkung von Blattgrün	mittel	nicht definierbar	mittel, aber Grünblick ist sehr sympathisch	hoch, da Pflanzen im Winter zurückgeschnitten werden	gut, je nach Dichte des Bewuchses. Die Beschattungswirkung wird durch die Verdunstungskühlung der Pflanzen geringfügig verstärkt	+

Außenliegender Sonnenschutz ist im Wiener Klima generell sinnvoll, an Ost-, Süd- und Westseiten jedenfalls, aber selbst an Nordseiten kann damit die nicht geringe diffuse Strahlung wirkungsvoll vom Raum abgehalten werden.

Bei der Suche nach dem passenden außenliegenden Sonnenschutz für ein stadtgestalterisch besonders wertvolles Gebäude ist eine Vielzahl an unterschiedlichen Eingangsparametern zu berücksichtigen. Daher sind die dargestellten Lösungsvorschläge exemplarisch zu verstehen und können in unterschiedlichen Situationen angewendet bzw. für die jeweilige Situation vor Ort adaptiert werden. Folgende Parameter sind besonders zu beachten:

- **Fenstertyp und Öffnungsart der Flügel**

Zunächst ist zu unterscheiden, ob es sich um Bestandskastenfenster oder zwischenzeitlich erneuerte Fenster handelt. Weiters ist es wesentlich, ob das Fenster flächenbündig in der Front sitzt (barocke und biedermeierliche Fenster) oder ob ein Gewände ausgebildet ist (Gründerzeit). Sehr bestimmend für die Wahl der Lösung ist auch, ob die Flügel nach außen oder nach innen öffnen.

- **Fassadenornamentik**

Während bei glatten oder abgeschlagenen Fassaden rein technisch, aber auch gestalterisch, eine größere Bandbreite an Lösungen zur Verfügung steht, engen sich die Möglichkeiten bei stärker profilierten Umrahmungen der Fenster stark ein.

- **Erneuerung der Fenster**

Wenn ein gesamtes Fenster oder die innere Flügellage erneuert werden sollen, bieten sich mehrere Lösungen an, die Lage in der Leibung oder die Proportion des Fensters zu verändern, um so Platz für den Sonnenschutz zu schaffen.

- **Einzelfenster oder Fassadenkonzept**

Manche der vorgeschlagenen Lösungen sind aus Perspektive der Stadtgestaltung oder des Denkmalschutzes auch für Einzelfensterlösungen tauglich, während andere nur bei Vorliegen eines Konzepts für die gesamte Fassade vorstellbar sind.

- **Schutzzone, denkmalgeschütztes Gebäude**

In Schutzzonen und speziell bei denkmalgeschützten Gebäuden ist jedenfalls das Einvernehmen mit der Begutachtungsstelle der Abteilung für Architektur und Stadtgestaltung der Stadt Wien bzw. dem Bundesdenkmalamt herzustellen und in Abstimmung für die jeweilige Situation die entsprechende Lösung zu suchen.

- **Nutzungsdruck**

Die Art der Nutzung, die Beanspruchung und die Häufigkeit der Beanspruchung des Sonnenschutzes sind zu differenzieren. Es ist zu unterscheiden, ob es sich um öffentliche Gebäude, Gebäude mit Wohnnutzung, Büronutzung oder auch mit gewerblicher Nutzung handelt. Hierbei geht es einerseits um Fragen der Sicherheit vor Vandalismus, ob der Sonnenschutz automatisch oder händisch betrieben wird, wie hoch die Nutzungsfrequenz ist und wie hoch die Kosten für allfällig erforderliche Wartungen sind.

- **Windanfälligkeit**

Ein weiteres Kriterium ist die Widerstandsfähigkeit gegen Wind. Während manche Systeme wie Rollläden höchsten Windbelastungen standhalten, sind andere Systeme nur bis zu definierten Windstärken tauglich. Bei einem händischen System liegt dann die Verantwortung beim Nutzer/bei der Nutzerin, während bei einem elektrischen System ein Windwächter installiert wird. Systeme, die windanfällig sind, sind für Nutzungen wie Büro oder Bildung nicht geeignet.

- **Tageslichtversorgung des Raums**

Während für Wohnnutzungen eine starke Reduktion des Tageslichts vorstellbar ist, wenn die Verwendung der Räume tagsüber stark eingeschränkt ist, verhält sich dies für Büronutzungen diametral gegenläufig. Hier – und auch bei Bildungsbauten – ist die Tageslichtversorgung eine wesentliche Größe.

Lösungsvarianten für außenliegenden Sonnenschutz



6.1. Ausgangssituationen

6.1.1. Kastenfenster hinter Gewände

Das meisteingesetzte Fenster seit der Gründerzeit ist ein Kastenfenster hinter einem Gewände mit nach innen aufgehenden Flügeln. Dies ermöglicht gegenüber den älteren Modellen aus der Barockzeit einen besseren Witterungsschutz.

Diese Kastenfenster haben den Vorteil der einfachen Bedienung und sind leicht zu reinigen. Da die äußeren Flügel immer kleiner als die inneren sein müssen, damit diese über die inneren auch aufgedreht werden können, muss hier vor allem der Kämpferbereich höher ausfallen. Dies wirkt sich leicht nachteilig auf die Größe der Glasflächen und auf den Tageslichteinfall aus.

Eine Vielzahl von Beschlägen und Beschlagsystemen (offen und verdeckt) aus Stahl und Buntmetallen sowie ebenso unterschiedliche Falzausbildungen wurden im Laufe der Zeit entwickelt.

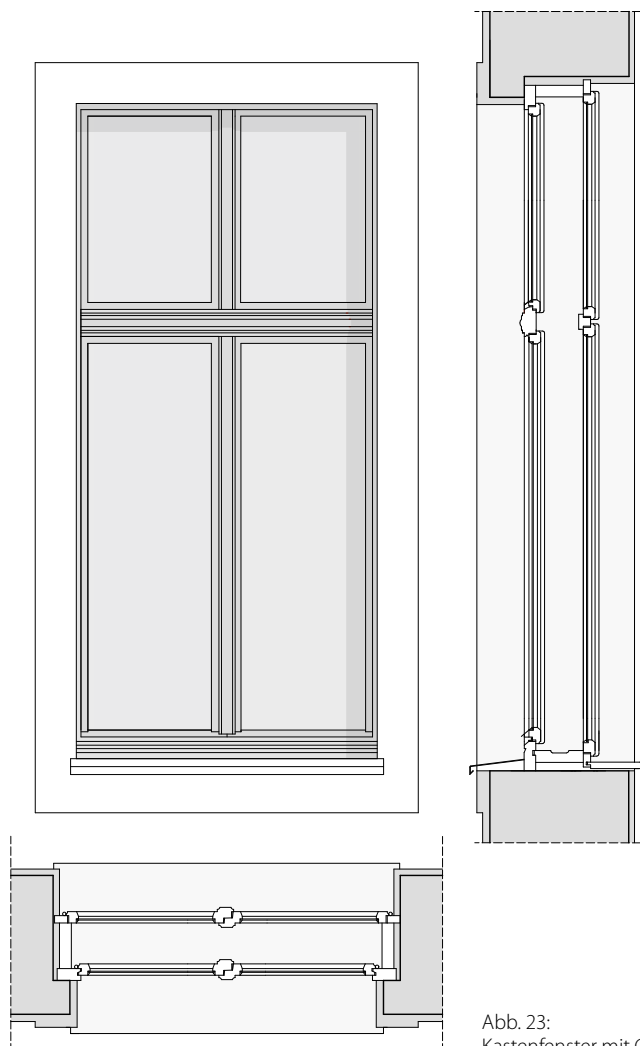


Abb. 23:
Kastenfenster mit Gewände



Abb. 20, 21, 22:
Varianten von Kastenfenstern
hinter einem Gewände

6.1.2. Kastenfenster frontbündig

Fensterflügel nach außen und innen aufgehend

Die ältere Variante besteht aus dem Kastenfenster mit einem Pfostenstock, bei dem sich die äußeren Fensterflügel nach außen und die inneren Fensterflügel nach innen öffnen lassen. Dabei sind Außen- und Innenflügel gleich groß, die Verkleidungs- und Falzleisten decken die Fuge zwischen dem Stock und der Mauer ab und stellen den Falz her. Das äußere Fenster sitzt bündig mit der Fassade.

Der Tageslichteintrag im Verhältnis zur Öffnungsfläche ist hier optimiert, da sowohl Kämpfer als auch Rahmen in der Ansicht vom Flügel überdeckt werden und somit sehr schmal ausfallen. Darin besteht auch der besondere Charme dieser Fenster: in den zarten Profilen im Verhältnis zur massiven Wand und in der flächigen Eleganz der zumeist sehr zurückhaltend und fein profilierten Fassaden.

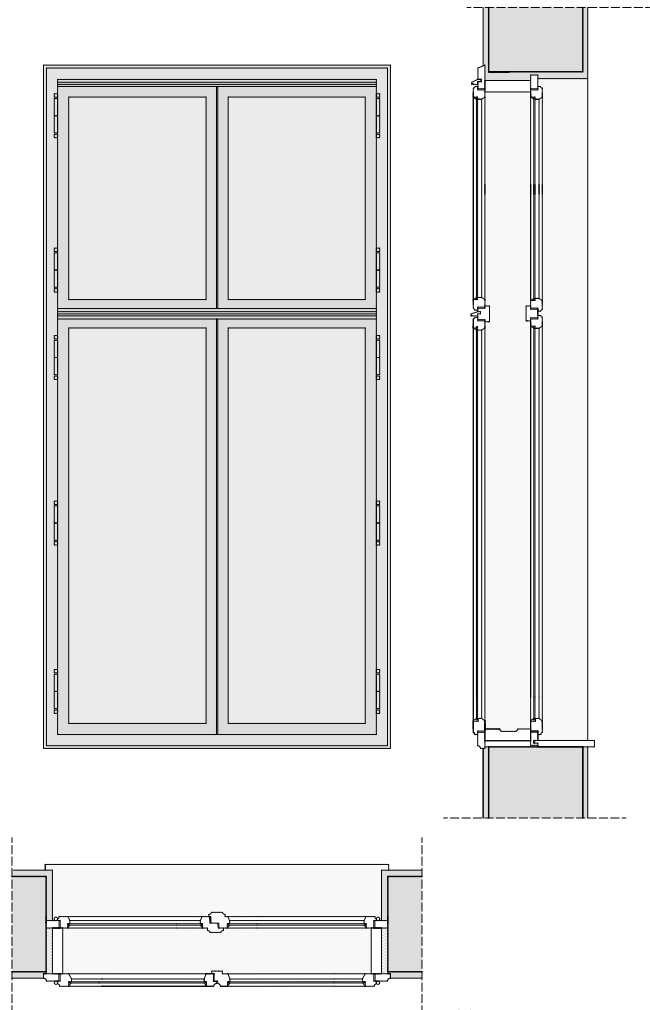


Abb. 27:
Kastenfenster fassadenbündig
(Öffnungsrichtung außen/innen)



Abb. 24, 25, 26:
Fassadenbündige Kastenfenster,
Öffnungsrichtung außen/innen

Fensterflügel nach innen aufgehend

Zudem gibt es noch die (relativ später entstandene) Variante, bei der das Fenster fassadenbündig sitzt, beide Fenster jedoch nach innen öffnen.

Auf dem ersten Blick wird das charakteristische Reflexionsbild und die fassadenbündige Lage der ursprünglichen Kastenfenster beibehalten.

Dies muss jedoch dadurch erkauft werden, dass die Ansicht des äußeren Fensterrahmens sehr breit ist, um einerseits den Anschluss an die Fassade, andererseits den Fensterfalz aufnehmen zu können.

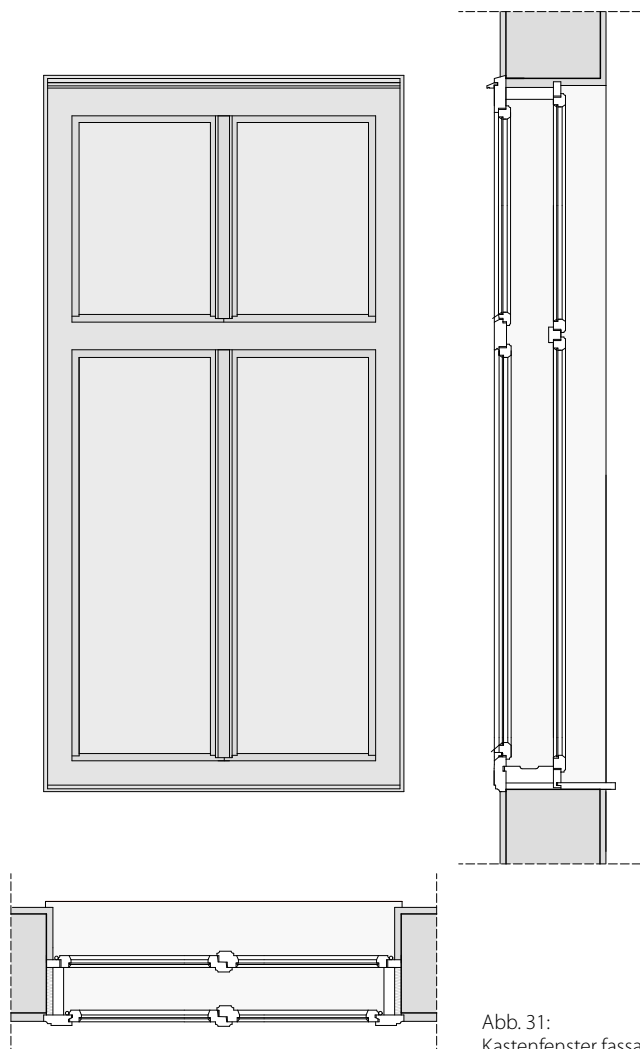


Abb. 31:
Kastenfenster fassadenbündig
(Öffnungsrichtung innen/innen)

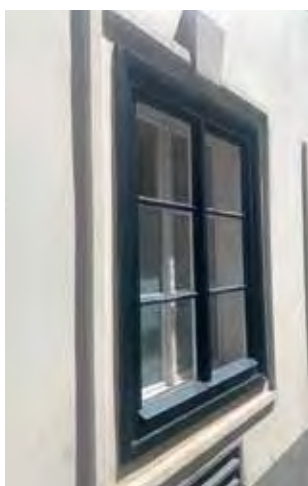


Abb. 28, 29, 30:
Fassadenbündige Kastenfenster mit
nach innen aufgehenden Fenstern

Sonderform Rundbogenfenster

Eine häufig vorkommende Sonderform aller Kastenfenstertypen frontbündig oder hinter einem Gewände sind Fenster mit einer Oberlichte in Sonderform, meistens als Rundbogen ausgebildet.

Hier muss für die Oberlichte eine spezielle Lösung gefunden werden. Oft sind solche Fenster auch im Erdgeschoss eingesetzt.

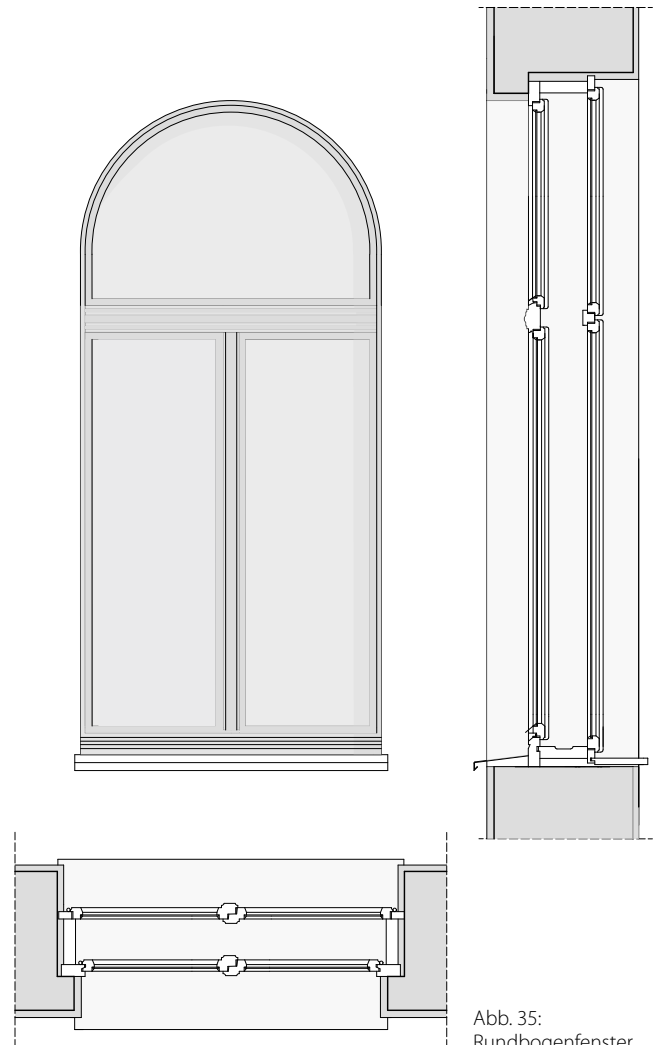


Abb. 35:
Rundbogenfenster



Abb. 32, 33, 34:
Rundbogenfenster fassadenbündig
oder hinter einem Gewände

6.1.3 Kasten-Iso-Fenster

Wenn ein Fenster partiell oder zur Gänze erneuert werden soll und dabei einerseits die Optik des Kastenfensters erhalten werden soll und andererseits die Dämmwirkung auf modernen Standard angehoben werden soll, so bietet es sich an, den äußeren Flügel als 1-Scheiben-Flügel herzustellen oder zu belassen – mit den sehr schlanken Dimensionen einer 1-Scheiben-Verglasung und den inneren Flügel als Isolierglasfenster mit Wärmeschutzverglasung auszuführen.

Prinzipiell beruht die Dämmwirkung eines Kastenfensters auf dem Zwischenraum der inneren und äußeren Fensterflügel, welcher einen dämmenden Luftpolster bildet.

Die Wärmedämmwirkung dieser Fensterkonstruktion wird durch die zuvor beschriebene Konstruktion deutlich gesteigert.

Der U-Wert der Fenster lässt sich damit deutlich verbessern. Es kann eine Reduktion der Energieverluste um 62 % erreicht werden, Gleichzeitig bieten sich zusätzliche, verbesserte Möglichkeiten für den Sonnenschutz. Am Markt sind Firmen verfügbar, die sich auf diese moderne Art des Kastenfensters spezialisiert haben, z. B. das Wiener Komfort Fenster.

Vor allem im Bereich des Denkmalschutzes kann diese Fenstererneuerung überzeugen, weil das äußere Erscheinungsbild völlig unverändert bleibt.

Das Fenster kann sowohl als Kastenfenster mit nach außen aufgehenden Außenflügeln ausgebildet werden als auch dann, wenn beide Fensterebenen nach innen aufgehen.

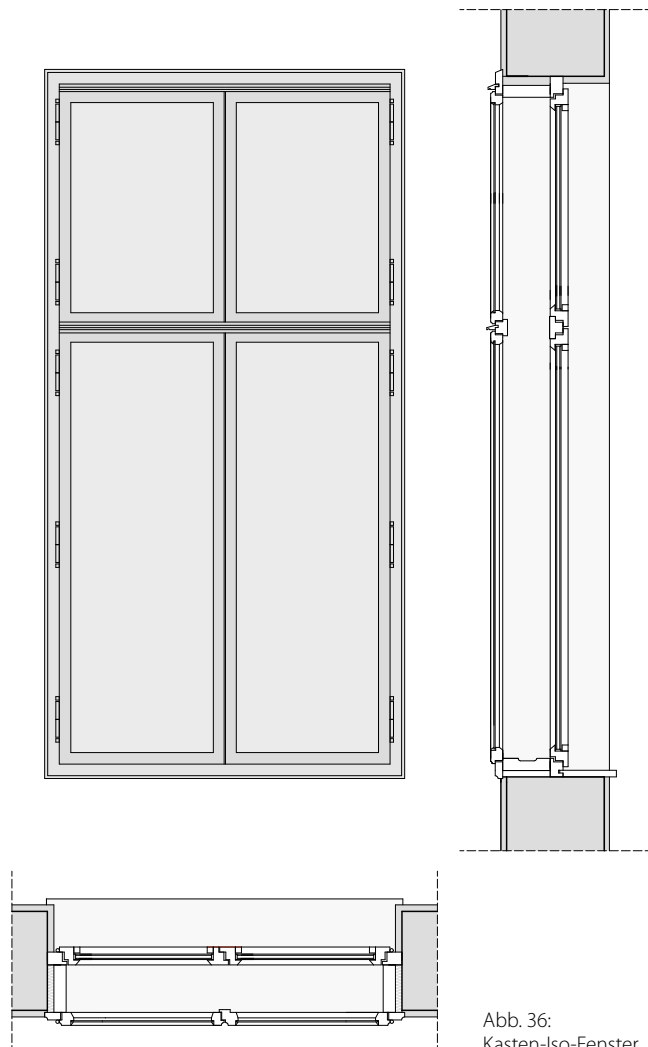


Abb. 36:
Kasten-Iso-Fenster

6.1.4. Neues 3-Scheiben-Fenster

In Neubauten haben sich mittlerweile 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen mit besten U-Werten als Standard durchgesetzt. Der geringe Energieverlust, die Risikolosigkeit der Konstruktion, die relativ hohen Temperaturen auf der Scheibeninnenseite und damit die 100%ige Kondensatfreiheit im Winter sind Vorteile dieser Fenstergeneration, die allgemein anerkannt werden. Isolierglasfenster sind nun seit 40 Jahren auf dem Markt, 3-Scheiben-Wärmeschutzverglasungen mit zeitgemäßen U-Werten sind seit ca. 20 Jahren am Markt verfügbar und erprobt.

Diese Fenster waren anfänglich nur mit dickeren Profilen erhältlich, was sie für den Einsatz in der Sanierung teilweise unattraktiv erscheinen ließ.

Mittlerweile jedoch sind Konstruktionen erhältlich, deren schlanke Profile auch von einer alten 1-Scheibenverglasung in der Ansichtsbreite nicht mehr unterscheidbar sind. Lediglich die Tiefe der Profile ist natürlich größer, allerdings befindet sich die Glasebene sehr weit außen, sodass die Tiefe des Profils von außen nicht wahrnehmbar ist.

Die Fenster sind mit den Vorteilen der neuen Fenster-technologie ausgestattet: Kippbarkeit, Sperrbarkeit, Einsatzmöglichkeit von Querstäben beim Reinigen, Einbindbarkeit in eine Brandmeldeanlage, elektrische Öffnbarkeit etc. sind realisierbar.

Wenn Fenster getauscht werden sollen, ist das 3-Scheiben-Fenster jedenfalls kostengünstiger als der komplette Nachbau eines Kastenfensters mit 2 Ebenen.

Die dritte Scheibe vermindert den Gesamtenergiedurchlassgrad der Verglasung und trägt daher im Sommer auch zur Reduktion des Strahlungseintrags bei.

Der Gesamtenergiedurchlassgrad dieser Verglasungen beträgt ca. 0,5 (50 % der Strahlung werden durchgelassen) deutlich weniger als der einer 2-Scheiben-Verglasung mit ca. 0,7, aber mehr als der einer Sonnenschutzverglasung mit ca. 0,25. So stellt die 3-Scheiben-Verglasung einen guten Mittelweg zwischen gewünschtem winterlichen Wärmeeintrag und sommerlichem Abhalten von Wärme dar.

Zudem kann das Fenster mit einem Motor ausgestattet werden und mit einer automatischen regengesicherten nächtlichen Lüftungssteuerung ausgestattet werden, was in Amtsgebäuden, Bürogebäuden oder Bildungseinrichtungen einen großen Vorteil darstellt.

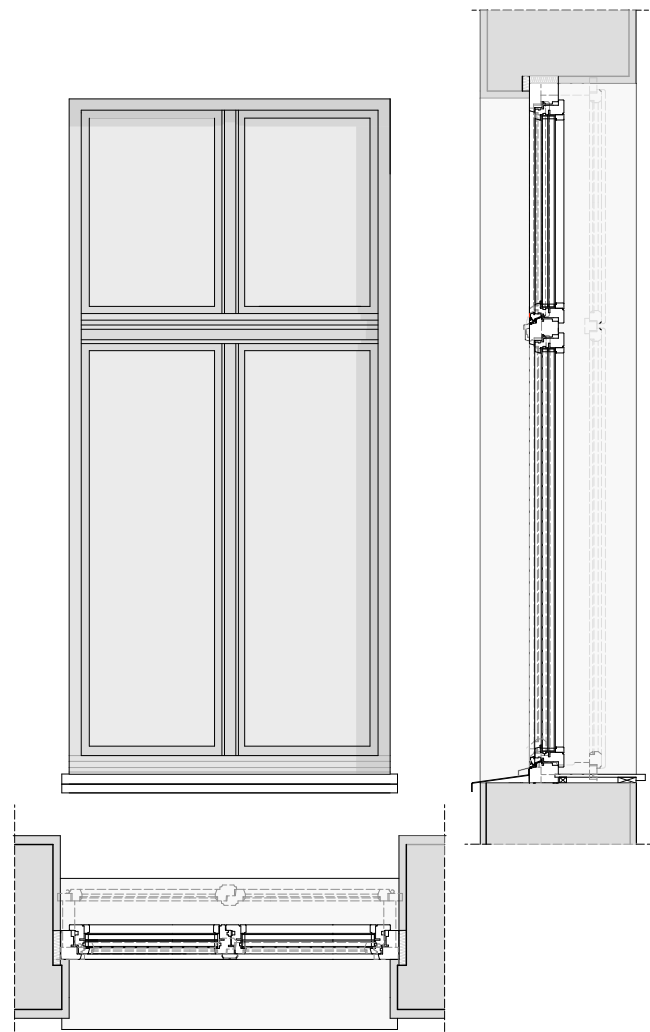


Abb. 37:
Neues 3-Scheiben-Fenster
mit Gewände

6.2. Lösungen für Einzelfenster

In diesem Kapitel sind alle Lösungen zusammengefasst, die auch für einzelne Fenster anwendbar sind. Die optische Veränderung ist gering, die Lösungen harmonisieren gestalterisch mit dem Rest der Fassade.

6.2.1. Senkrecht- oder Fallarmmarkise, Montage im Gewände

Bei Kastenfenstern, welche hinter einem Gewände sitzen, kann eine Fassadenmarkise eingesetzt werden. Am Markt verfügbar sind kleine Kästen ab 7,5–9 cm, mit denen relativ wenig von dem Bestandsfenster abgedeckt wird.

Diese Kästen können in allen Fällen so in das Gewände versetzt werden, dass sie deutlich hinter der Vorderkante angeordnet sind und noch eine Schattenbildung erfolgen kann. Sie sollten in der Fensterfarbe beschichtet werden, sodass sie optisch als zum Fenster gehörig wahrgenommen werden.

Mit seitlichen Schienen, die in die Leibung eingeputzt werden können, schließt eine Senkrechtmarkise die Öffnung vollständig ab. Wird ein Behang mit geringem Energietransmissionsgrad ausgesucht, kann eine sehr hohe Abschattungswirkung erreicht werden.

Ein weiterer Aspekt ist die ökologische Materialität des Behangs, PVC-haltige Produkte sollten wenn möglich vermieden werden. Wichtig ist der Vergleich der technischen Werte für Transmission, Absorption und Reflexion. Angaben wie „hochlichtdurchlässig“ oder „reflektiv“ etc. ohne entsprechende Datenhinterlegung sind wenig aussagekräftig.

Diese Lösungsvariante wird auch seitens des Bundesdenkmalamtes positiv gesehen und ist daher nach einer Abstimmung im Detail auch für denkmalgeschützte Gebäude genehmigungsfähig.

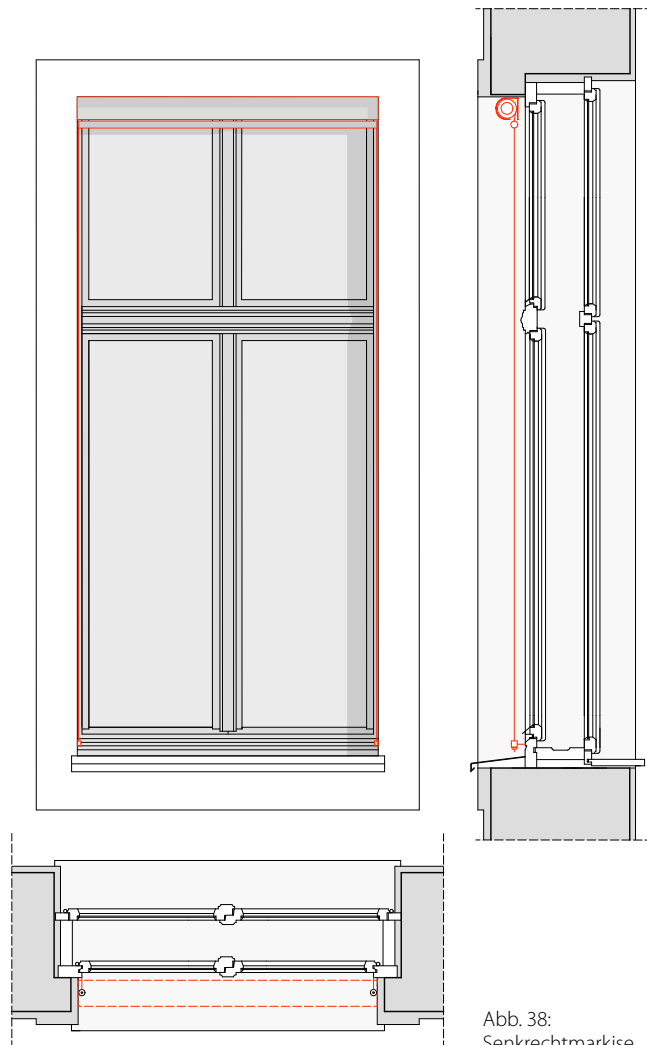


Abb. 38:
Senkrechtmarkise
in der Leibung

6.2.2. Fallarmmarkise vor der Fassade, Flügel nach außen öffnend

Auch die Fallarm- oder Ausstellmarkise kann vor mehreren Fenstertypen eingesetzt werden. Wenn sie vor einem nach außen öffnenden Fenster eingesetzt werden soll, muss sie oberhalb des Fensterrahmens – gegebenenfalls im Bereich einer Fensterfasche – angebracht werden.

Dabei sollte das Element, das aufgesetzt werden muss, auch in allen seinen Bestandteilen als aufgesetzt wahrnehmbar bleiben. In diesem Fall wird empfohlen, den Markisen-Rollokörper nicht mit einem (an die Wand angebauten) Kasten, sondern lediglich mit einem Vordach zu schützen, um den Eingriff so dezent wie möglich zu halten und die Trennung zwischen Fassade und „Aufsatzelement“ zu bewahren.

Dieses Element ist in seinen maximal kleinen Dimensionen als Aufbau auf der Fassade optisch noch akzeptabel. Da das Element jedenfalls aufgesetzt ist, sollte die Farbe metallisch bleiben, es kann z. B. Zinkblech, eloxiertes Blech oder eine Pulverbeschichtung in mittlerem Grau mit Metalliceffekt gewählt werden.

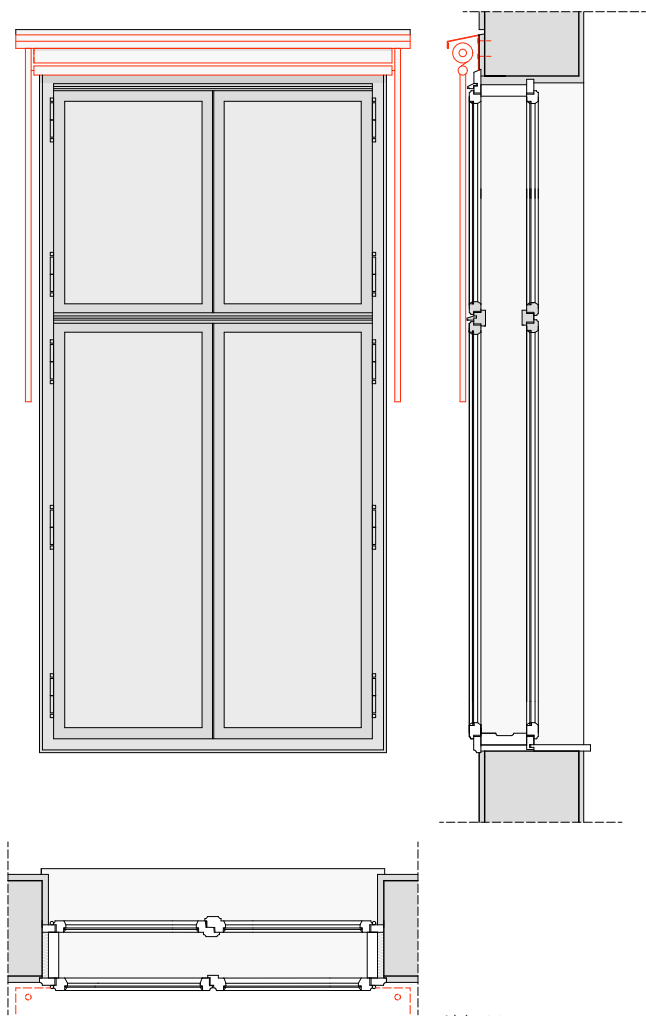


Abb. 39:
Fallarmmarkise vor der Fassade,
Fensterflügel nach außen öffnend

6.2.3. Blumenkiste mit Kletterpflanzen an Rankstäben

Auch eine Fassadenbegrünung kann effektiv als Sonnenschutz eingesetzt werden. In Blumenkisten werden schlanke Rankstäbe eingesetzt.

Einige Firmen am Markt bieten sturmsichere Blumenkastenhalterungen an, welche ohne Bohrungen an den Fensterbänken befestigt werden können. Die Halterung besteht aus einem Vierkantprofil und zwei Gewindespannern sowie den Haltebügeln für den Blumenkasten. Die Verspannung der Konstruktion in der Fensterleibung erfolgt durch das Festdrehen der Muttern an den Gewindespannern. Als Bepflanzung würde sich an Standorten mit Vormittagssonne z. B. die Pflanze „Ipomoea“ und z. B. die Feuerbohne auf der eher windigeren und stark sonnenbelasteten Westseite eignen.

Mit einer Fassadenbegrünung werden die Glasflächen beschattet, zusätzlich positiv kommt als kleiner Effekt die Verdunstungskühlung durch die Feuchteabgabe der Pflanzen hinzu. Dadurch werden die beschatteten Flächen noch zusätzlich leicht gekühlt.

Durch ihre Fähigkeit der CO₂- und Feinstaubbindung sowie Sauerstoffproduktion und Verdunstung leisten die begrüneten Flächen gleichzeitig einen kleinen Beitrag zur Verbesserung des städtischen Mikroklimas.

Wenn die Bepflanzung als Sonnenschutz wirken soll, muss sie dicht zuwachsen. Der Ausblick wird zwar blockiert, jedoch ist der von außen belichtete „grüne Vorhang“ von innen attraktiv anzuschauen, und die Bewegung der Blätter hat zusätzlich einen beruhigenden, positiven Effekt.

Im Herbst, wenn der Sonnenschutz nicht mehr so notwendig ist und die ausreichende Versorgung mit Tageslicht wieder in den Vordergrund rückt, kann die „grüne Wand“ einfach mit der Schere nach Belieben ausgeschnitten werden. Die Pflanzen bieten – wenn sie dicht gewachsen sind – einen relativ guten Regenschutz, sodass die Fenster zumeist auch bei Regen in der Nacht offen gehalten werden können.

Das System ist einjährig und muss im Frühjahr erneuert werden. Es ist wesentlich, auf eine rechtzeitige Aussaat der Samen zu achten. Außerdem muss das System täglich gegossen werden.

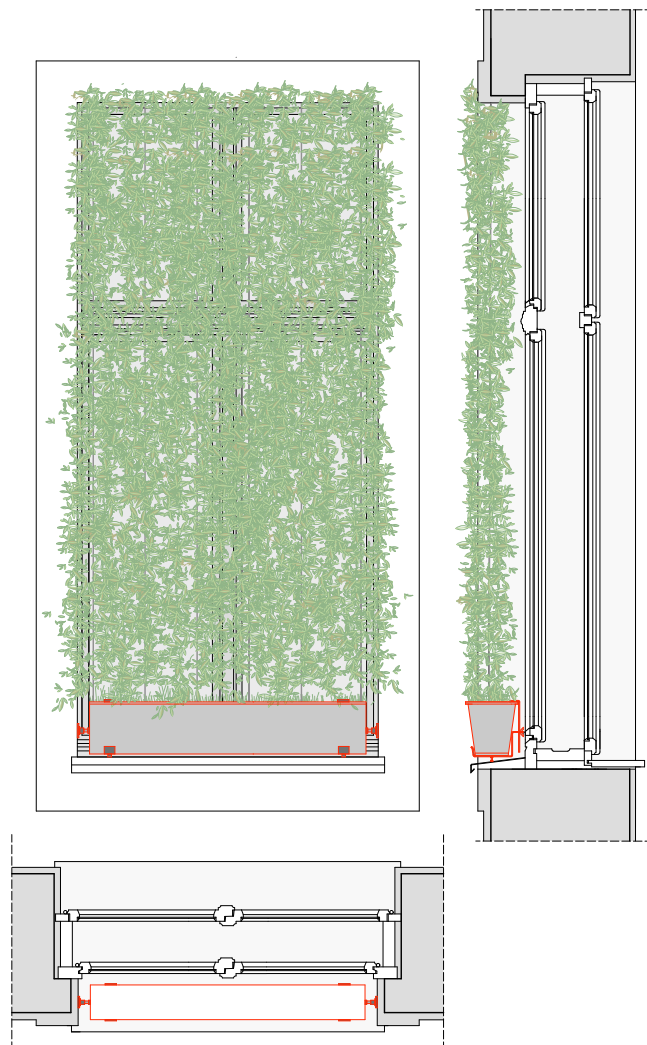


Abb. 40:
Blumenkiste mit
Kletterpflanzen an Rankstäben

6.2.4. Fix-Screens auf Flügeln, Fenster nach außen öffnend

Bei fassadenbündigen Kastenfenstern mit einer Aufgehrichtung des äußeren Fensters nach außen ist eine Sonnenschutzeinrichtung nicht einfach zu bewerkstelligen, da sie zumeist mit dem Fenster kollidiert. Wenn dies vermieden werden soll, empfiehlt sich ein „Fix-Screen“, der aus einem in einen Metallrahmen gespannten Gewebe besteht.

Der Rahmen wird mit Drehhaken („Reiberl“) am Fensterrahmen montiert. Im Winter wird der Fix-Screen abgenommen. Als Behang eignen sich hochwertige „High-Tech-Tücher“, die auch für Fassadenmarkisen eingesetzt werden. Diese nur geringfügig transparenten Behänge reflektieren je nach Lochanteil bis zu 97 % der solaren Einstrahlung.

Wie schon erwähnt, ist ein Ausgleich zwischen Durchsicht, Verschattung und Tageslichteintrag zu finden. Der Behang sollte zugunsten der Durchsicht von innen dunkel sein, von außen jedoch möglichst hell und reflektierend. Für die Durchsicht ist ein Lochanteil von zumindest 5 % erforderlich.

Die Farbe des Screen-Rahmens sollte an Fensterflügel und Rahmen angepasst sein.

Diese Lösungsvariante wird auch seitens des Bundesdenkmalamtes positiv gesehen und ist daher nach einer Abstimmung im Detail auch für denkmalgeschützte Gebäude genehmigungsfähig.

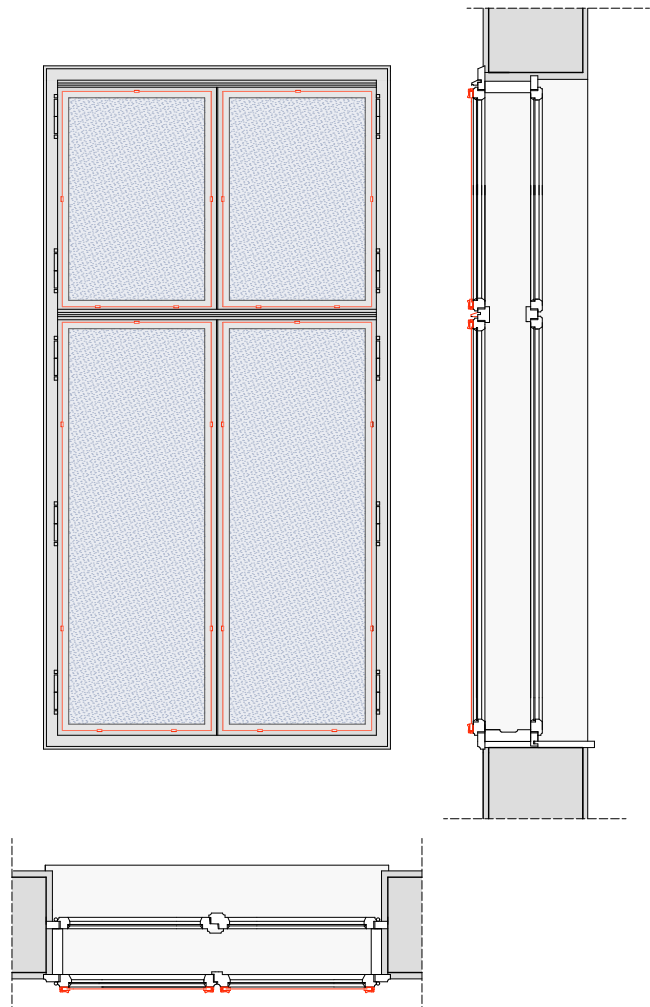


Abb. 41:
Fix-Screens auf Fensterflügeln,
Fenster nach außen öffnend

6.2.5. Markise vor dem Kämpfer / Fix-Screen vor dem Oberlicht

Eine Variante für ein Rundbogenfenster sieht eine Fassadenmarkise vor, die im Bereich des Kämpfers montiert wird. Der Rundbogen im Oberlichtbereich wird mit einem „Fix-Screen“ abgedeckt, der aus dem gleichen Behangmaterial gefertigt ist wie die Markise darunter.

Der Screen wird wie ein Insektenschutzgitter mit einfachen Drehhaken („Reiberln“) auf dem Fensterflügel montiert.

Diese Lösungsvariante wird auch seitens des Bundesdenkmalamtes positiv gesehen und ist daher nach einer Abstimmung im Detail auch für denkmalgeschützte Gebäude genehmigungsfähig.

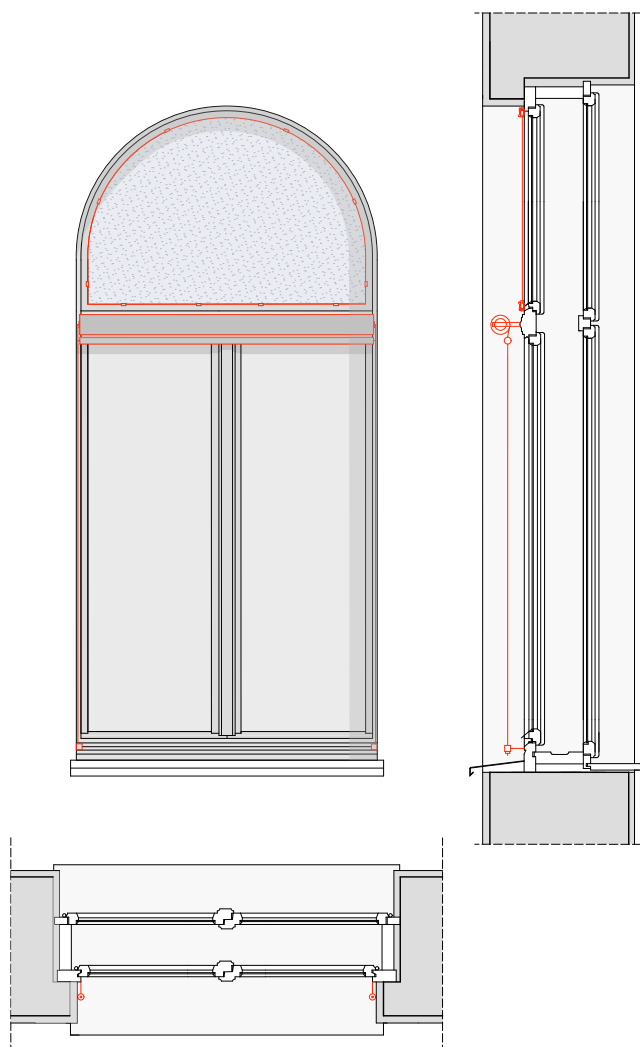


Abb. 42:
Rundbogenfenster mit Markise
vor dem Kämpfer und Fix-
Screen vor dem Oberlicht

6.3. Lösungen für die gesamte Hausfassade

Die nachfolgenden Lösungsvorschläge sind an stadtgestalterisch besonders wertvollen Gebäuden nur dann umsetzbar, wenn für die gesamte Fassade ein Gestaltungskonzept für den Sonnenschutz ausgearbeitet wird. In diesem Fall sind aus der Perspektive der Stadtgestaltung auch stärkere Veränderungen des Erscheinungsbildes möglich.

6.3.1. Vorgesetzter Rahmen mit Rollläden / Raffstore / Markise

Für Rollläden und Raffstoreanlagen reicht die Leibungstiefe oftmals nicht aus, der Kasten würde leicht seitlich über die Leibung vorstehen. Um dies zu verhindern, eine integrierte Seitenansicht zu schaffen und das Sonnenschutzelement von der Front abzusetzen, kann ein umlaufender Rahmen ausgebildet werden. Der Rahmen besteht aus pulverbeschichtetem Alu- oder Stahlblech mit einer Ansichtsbreite von ca. 3 cm und ragt 10–15 cm vor die Fassade. Dieser Rahmen kann als moderne Ergänzung der Fensterfasche oder der Fensterumrahmung gesehen werden und sollte daher auch farblich zu dieser gehören.

Die Kästen der Raffstoreanlage, Fassadenmarkise oder des Rollladens, die so weit wie möglich eingedrückt in die Leibung gesetzt werden, sind in Fensterfarbe zu beschichten. Alle Kästen sollten zudem eckig und ohne Abschrägungen ausgeführt werden. Auf schlanke Dimensionen sollte unbedingt Wert gelegt werden.

Der Rahmen stellt eine der wenigen Möglichkeiten dar, einen Rollladenkasten gestalterisch in ein Fassadenkonzept zu integrieren.

Eine seitliche Führungsschiene kann im Rahmen verdeckt ausgeführt werden, die Leibung kann hell gestaltet werden, hinsichtlich der Oberfläche wäre in Anlehnung an den Putz eine matte oder seidenmatte Ausführung anzudenken.

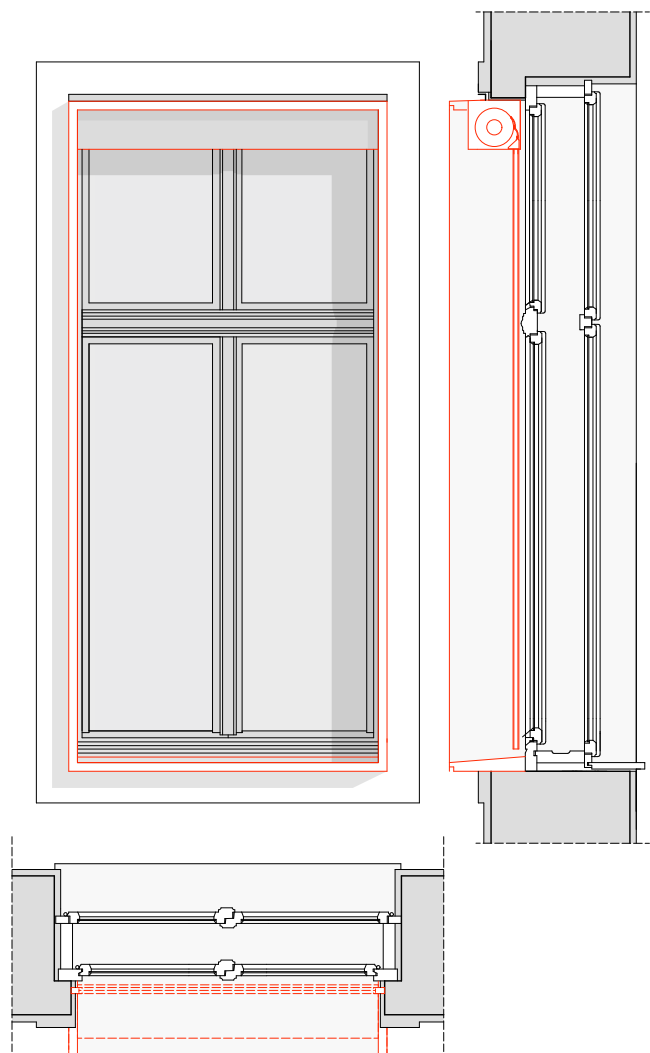


Abb. 43:
Vorgesetzter Rahmen mit Rollläden

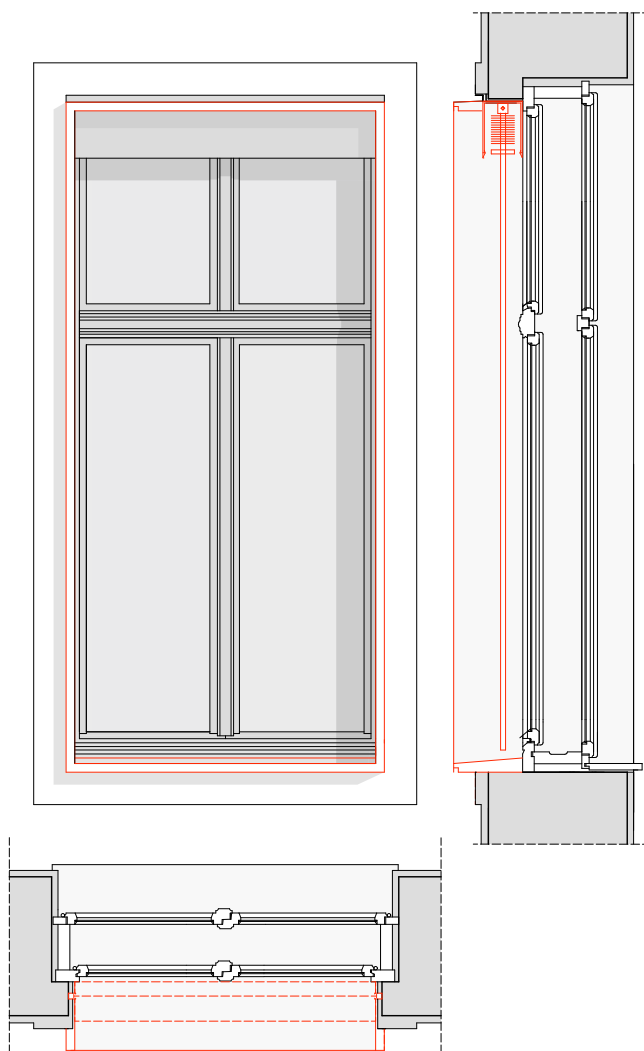


Abb. 44:
Vorgesetzter Rahmen mit Raffstore

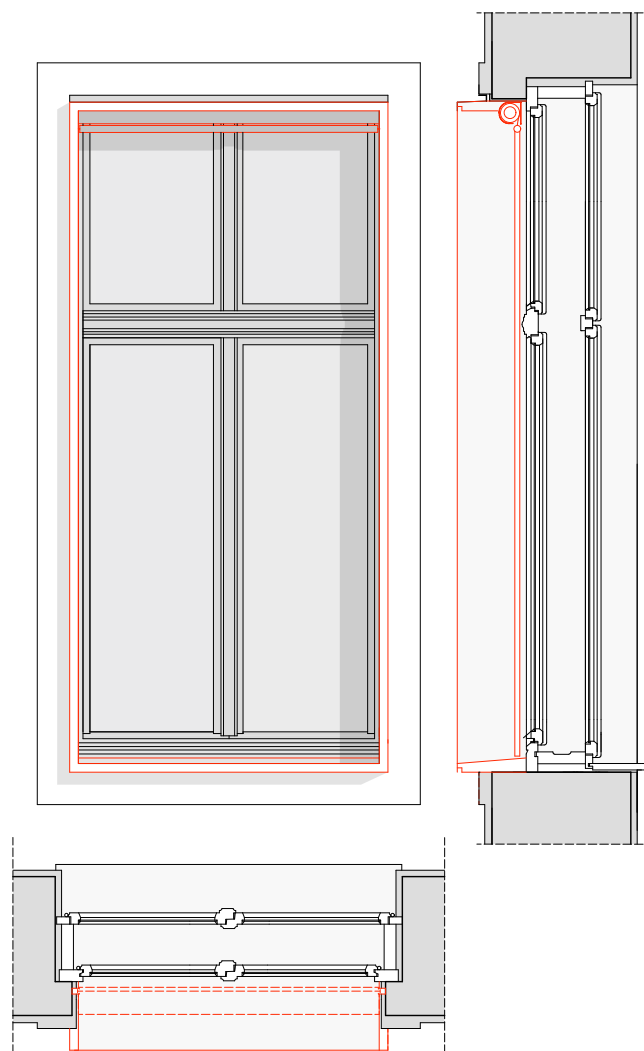


Abb. 45:
Vorgesetzter Rahmen mit Senkrechtmarkise

Diese Lösungsvarianten sind aus Sicht des Bundesdenkmalamtes bei denkmalgeschützten Gebäuden nur für die gesamte Hausfassade bzw. in geregelten Ausnahmefällen genehmigungsfähig.

6.3.2. Fensterläden horizontal faltbar, Montage im Gewände

Fensterläden sind eine alte und bewährte Methode der Verschattung. Für stark profilierte Fensterleibungen bieten sich Faltläden an, die dann vollständig in der Leibung liegen, ohne vorzustehen. Diese Läden können vor allen Fenstervarianten mit nach innen aufgehenden Flügeln eingesetzt werden.

Der Fensterladen sollte mit beweglichen Lamellen ausgestattet sein und kann dann – wie ein Raffstore – auf den Sonnenstand reagieren, die Lamellen können vollständig geschlossen oder aufgedreht werden. Dies bietet gegenüber einer Markise einen entscheidenden Vorteil in der Belichtung des Raumes.

Zusätzlich hat der Körper der Lamellen eine gewisse „Speicherwirkung“, sodass etwas weniger Wärmehausstrahlung gegeben ist als bei einem Raffstore aus Metall.

Die Fensterläden können traditionell aus Holz gefertigt werden, es gibt aber auch zahlreiche Firmen, die Metallfensterläden herstellen. Einige Firmen ahmen mit ihren Alu-Läden präzise die Optik von lackierten Holzfensterläden nach, andere setzen auf modernere Designs mit flachem Lochblech, Streckmetallkassetten oder frei stanzbaren Mustern.

Diese Lösungsvarianten sind aus Sicht des Bundesdenkmalamtes bei denkmalgeschützten Gebäuden für die gesamte Hausfassade genehmigungsfähig, wenn die Läden in Holz ausgeführt sind.

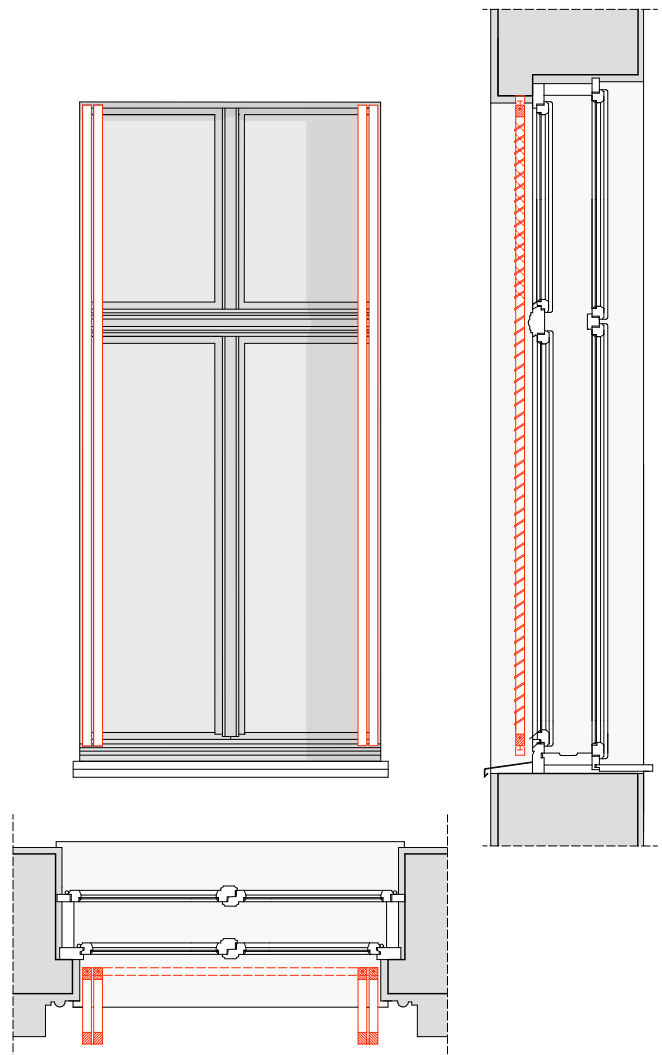


Abb. 48:
Fensterläden horizontal faltbar,
Montage im Gewände



Abb. 46, 47:
Geeignete Ausgangssituationen
für Faltläden

6.3.3. Markise vor dem Kämpfer / Oberlicht mit Klappblenden vertikal

Dieser Vorschlag eignet sich vorwiegend für glatte, schmucklose Fassaden, denen ein klappbares Oberlichtelement neue Tiefe verleihen könnte.

Das Prinzip besteht aus einer Zweiteilung des Verschattungselements:
Vor dem Oberlicht wird ein Klappblenden mit drehbaren Lamellen angebracht. Dieser Vertikalklappblenden steht im Winter offen, die Lamellen sind so gedreht, dass die Sonne durch das Element hindurch in den Raum fallen kann.

Bei leichtem Sonnenschutzbedarf oder an Südfassaden bei steilem Sonnenstand kann der Klappblenden auch im Sommer horizontal ausgeklappt bleiben, die Lamellen allerdings so gedreht, dass die direkte Strahlung zu 100 % ausgeblendet werden kann. Damit kann der Ausblick zu 100 % erhalten bleiben. An heißen Tagen oder im Hochsommer kann das Element heruntergeklappt werden und komplett geschlossen werden.

Im unteren Bereich kann zusätzlich eine Markise heruntergefahren werden, die im Bereich des Kämpfers montiert ist.

Mit der Veränderbarkeit der beiden Elemente in sich und miteinander ist eine sehr attraktive Möglichkeit gegeben, den Sonnenschutz genau an die jeweiligen Anforderungen anpassen zu können.

Die Proportion der Fenster dahinter muss nicht verändert werden, die maximale Glasgröße kann erhalten bleiben.

Diese Lösungsvariante ist aus Sicht des Bundesdenkmalamtes bei denkmalgeschützten Gebäuden vor Originalfenstern für die gesamte Hausfassade genehmigungsfähig, wenn die Klappblenden mit Holzsprossen ausgeführt sind.

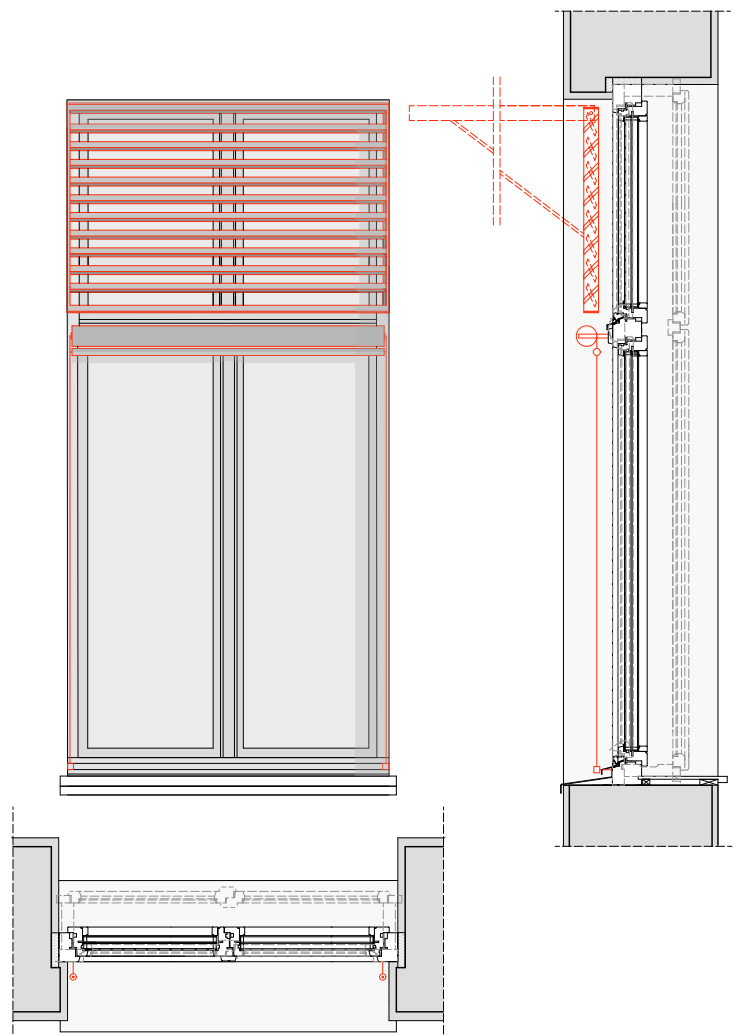


Abb. 49:
Markise vor dem Kämpfer,
Oberlicht mit vertikalem
Klappblenden

6.3.4. Markise vor dem Kämpfer / Oberlicht mit fixen Lamellen

Diese Variante stellt eine Abwandlung der vorhergehenden Lösung dar, Fassadenmarkise und Lamellenelement sind gleich, die Klappfunktion des Fensterladens ist allerdings beim Rundbogen nicht möglich.

Das Fensterladenelement muss fix montiert bleiben. Auch die Drehbarkeit der Lamellen ist hier nicht dargestellt, sie wäre aber möglich.

Daher empfiehlt es sich, die Oberlichtlamelle im Winter zu entfernen, um den Tageslichteintrag nicht unnötig zu verringern.

Dieser Lösungsvorschlag ist aus Sicht des Bundesdenkmalamtes bei denkmalgeschützten Gebäuden vor Originalfenstern für die gesamte Hausfassade genehmigungsfähig, wenn die Oberlichtelemente in Holz ausgeführt sind.

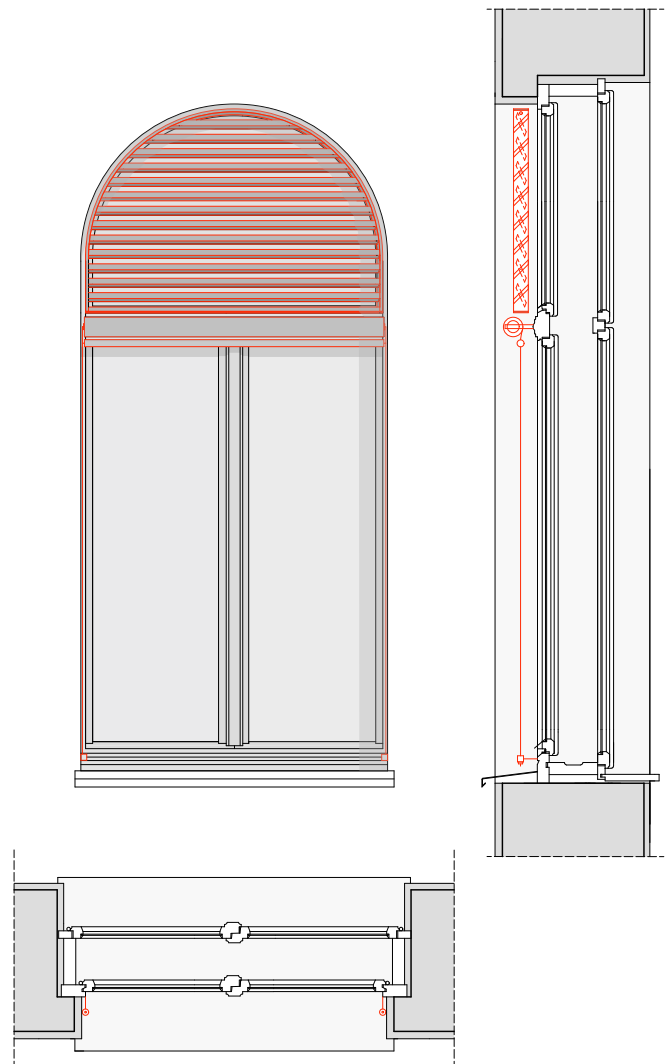


Abb. 50:
Rundbogenfenster mit Lamellen
vor dem Oberlicht und Markise
im Kämpferbereich

6.4. Lösungen bei Fenstertausch

6.4.1. Neue Proportion bei hoher Fensteröffnung

Wenn gleichzeitig mit der Installation eines Sonnenschutzes die Fenster getauscht werden sollen, so kann mit dem neuen Fenster auf die Höhe des Sonnenschutzes Rücksicht genommen werden.

Das Fenster wird um die Höhe des Sonnenschutzkastens verkleinert ausgeführt und der Kasten oberhalb des Fensters eingesetzt. Davor ist allerdings zu prüfen, ob die verbleibende Glasfläche groß genug ist, um den Raum ausreichend zu belichten. Mit dieser Maßnahme wird die Fensterproportion zwar etwas verändert, dafür kann aber die Sonnenschutzvorrichtung sehr unauffällig integriert werden.

Sowohl Markisen als auch Raffstores können für diese Variante eingesetzt werden, wobei Raffstores größere Kästen erforderlich machen, aber gleichzeitig Vorteile bezüglich Sonnenschutzwirkung aufweisen.

Wenn wieder ein Kastenfenster gebaut werden soll, ist es ratsam, den inneren Flügel als 2-Scheiben-Wärmeschutzverglasung auszuführen.

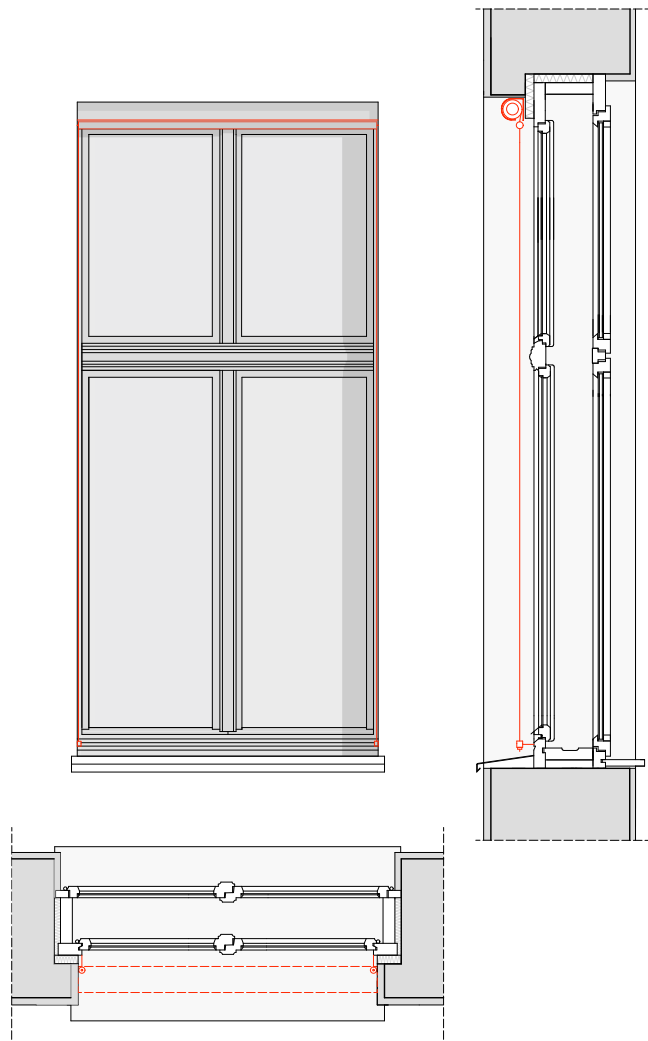


Abb. 51: Neue Proportion – Kasten-Iso-Fenster mit Stockaufdopplung

6.4.2. Neues 3-Scheiben-Fenster, rückversetzt in Leibung

Wenn ein Gewände besteht und gleichzeitig die Fenster erneuert werden sollen, so kann auch das Fenster als neues 3-Scheiben-Fenster ($U_w = 0,8$) ausgeführt werden.

Dieses kann weiter nach innen in die Leibung gesetzt werden, sodass hinter dem Gewände Platz für eine Senkrecht- oder Ausstellmarkise geschaffen wird. Dies hat den Vorteil, dass allseits im Bereich der Markise ein Hochleistungs-Wärmedämmstoff (z. B. PUR) aufgebracht werden kann, der die Wärmebrücken im Bereich des Fensters deutlich verringert.

Auf diese Weise kann meistens die volle Höhe der Mauerlichte genützt bzw. die volle Stocklichte erhalten bleiben und die erforderliche Stockaufdopplung minimiert werden.

Es sind 3-Scheiben-Fenster erhältlich, die in der äußeren Ansichtsbreite die Maße von gründerzeitlichen Kastenfenstern einhalten können. Darüber hinaus kann das Fenster in Holz mit Alu-Deckschale ausgeführt werden, was derzeit die langlebigsten, wartungsfreiesten und damit umweltfreundlichsten Varianten darstellt.

Es können auch reine Holzfenster eingesetzt werden, welche aber häufiger zu warten sind. Die Oberfläche muss jährlich wieder mit Leinöl eingelassen werden.

Optisch stellt die tiefere Leibung eine Veränderung des gründerzeitlichen Erscheinungsbildes dar. Dass der Kasten hinter dem Gewände nicht mehr oder fast nicht mehr sichtbar ist, wirkt allerdings eleganter als ein vorspringender Kasten, der im Zusammenhang mit dem gründerzeitlichen Fensterloch immer einen Fremdkörper darstellt.

Durch die tiefere Leibung wird auch die seitliche Leibungverschattung größer, das bedeutet, dass die direkte solare Strahlung entsprechend kürzer auf das Fenster fällt.

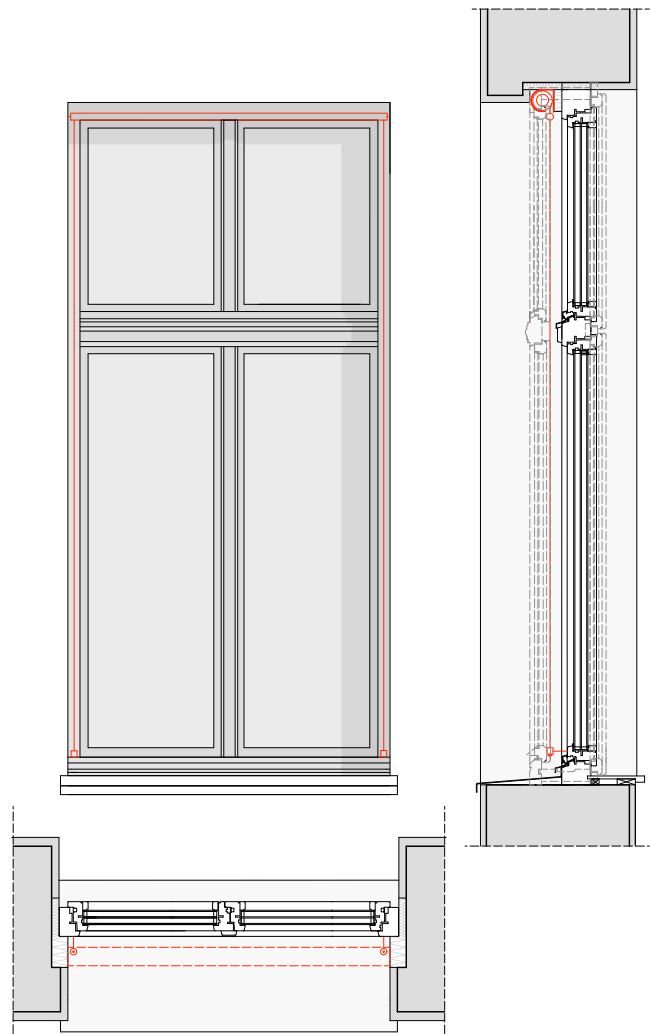


Abb. 52:
3-Scheiben-Fenster
rückversetzt mit Stockauf-
dopplung, Markise hinter
dem Gewände

6.4.3. Klappladen mit Kasten-Iso-Fenster bei glatter Fassade

Der klassische Fensterladen ist für glatte Fassaden eine ausgezeichnete Option. Mit beweglichen Lamellen ausgestattet, ist die Reaktionsfähigkeit auf den Sonnenstand eine sehr gute Möglichkeit, Abschattung und Tageslichteintrag sinnvoll kombinieren zu können. Auch hier ist das Material Holz selbst leicht „wärmedämmend“, sodass im Vergleich zu Metall weniger Wärme an die Scheiben gelangt.

Der Klappladen ist hier in einer Fenstervariante mit nach außen aufgehenden Außenflügeln eingesetzt. In Anlehnung an die Entstehung des Kastenfensters, in das ursprünglich der äußere Flügel nur als „Winterflügel“ eingesetzt wurde, wird er im Sommer anstatt der Außenflügel eingesetzt.

Diese Maßnahme empfiehlt sich jedoch nur, wenn gleichzeitig ein Kasten-Iso-Fenster ausgeführt wird, wenn also der äußere Flügel bestehen bleibt, der innere jedoch gegen eine 2-Scheiben-Verglasung getauscht wird. Auf diese Weise verbleibt hinter dem Klappladen zumindest eine 2-Scheiben-Verglasung mit einem G-Wert (Gesamtenergiedurchlassgrad) von 0,7.

Würde nur eine Scheibe verbleiben, so wäre durch diese Scheibe – trotz der Verschattung – ein höherer Wärmeeintrag vorhanden. Dieser würde die Verschattung teilweise (negativ) kompensieren.

Die Ausführung muss nicht zwingend so gewählt werden. Der Klappladen kann im Prinzip auch zusätzlich zum vollständigen Kastenfenster eingesetzt werden. Dies ist sehr leicht der Fall, wenn beide Flügelebenen nach innen aufgehen. Bei nach außen aufgehenden Fenstern muss der Beschlag im Detail dann so gelöst werden, dass sich sowohl Klappladen als auch Fenster öffnen lassen. Das ist möglich, bedarf aber spezieller Detaillösungen.

Die Lösungsvariante „Klappladen“ ist seitens Bundesdenkmalamt auch für denkmalgeschützte Gebäude genehmigungsfähig, allerdings unter der Voraussetzung, dass der äußere Flügel auch im Sommer vor Ort bleibt und der Klappladen zusätzlich ausgeführt wird.

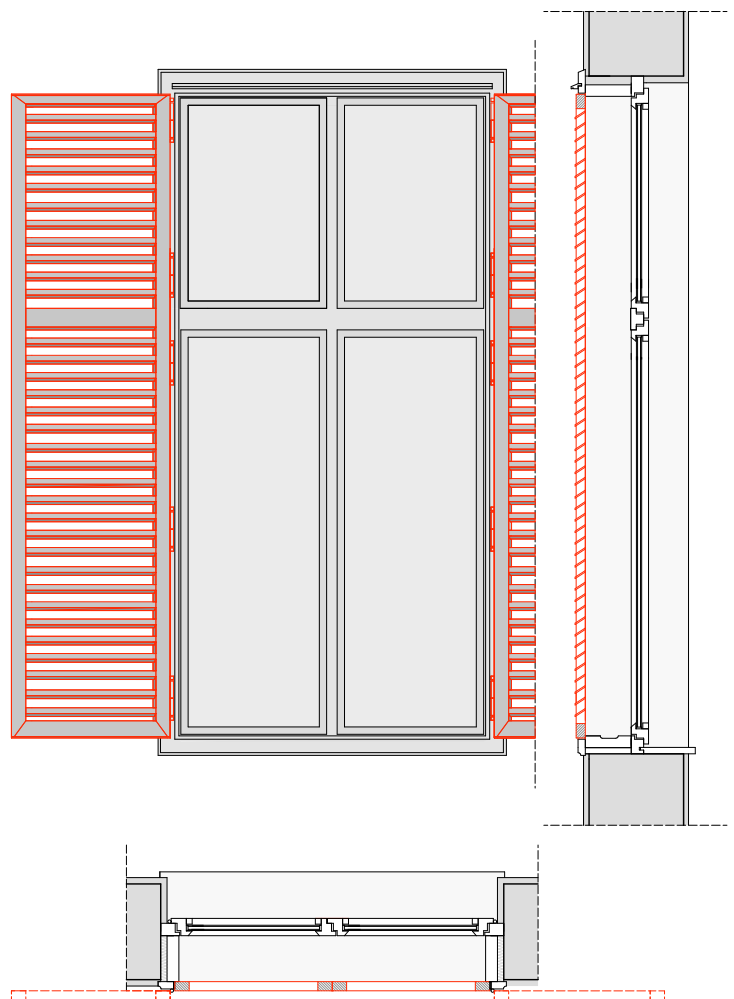


Abb. 53: Kasten-Iso-Fenster mit Klappläden statt Außenflügeln

6.5. Übersichtstabelle Sonnenschutzvarianten

Erläuterung der Übersichtstabelle zu den Sonnenschutzvarianten:

In der Übersichtstabelle (Abb. 56) nächste Seite sind die Fenster in vier Kategorien gegliedert:

- Bestandskastenfenster,
- Kasten-Iso-Fenster mit bestehenden Außenflügeln und neuen Innenflügeln,
- Kasten-Iso-Fenster mit neuen Außen- und Innenflügeln,
- Neues 3-Scheiben-Fenster.

Als Kasten-Iso-Fenster werden Fenster bezeichnet, die eine Kastenfensterkonstruktion aufweisen, bei denen jedoch statt des inneren Flügels ein (wärmeschutz-)isoliertes 2-Scheiben-Fenster eingebaut wurde.

Beim ersten Typ wird davon ausgegangen, dass der äußere Bestandsflügel erhalten bleibt und nur der innere Flügel erneuert wird, beim zweiten Typ wird auch der äußere Flügel erneuert.

Innerhalb dieser Unterscheidung in vier Kategorien wird weiter differenziert nach

- der Lage der Fenster in der Wand,
- der Öffnungsrichtung der Flügel und
- der Profilierung der Fassade.

Die Lage der Fenster in der Wand kann hinter einem Gewände oder fassadenbündig sein, das Öffnen der äußeren Flügel kann nach außen oder innen erfolgen, und die Fassade kann stark profiliert sein oder nicht. In der jeweiligen Zeile ist farblich markiert, welche Annahmen zur Ausgangssituation für das Fenster getroffen wurden. In den anschließenden Spalten sind 17 grundsätzliche Lösungsvariationen dargestellt, die den jeweiligen Fensterarten als Möglichkeit zugeordnet werden (X). Die roten Kreuze stellen dabei die Lösungsmöglichkeiten dar, die grafisch dargestellt wurden.

Die Sonnenschutzvarianten ohne grafische Darstellung weisen folgende Charakteristika auf:

Ad 1. Bestehende Rollladenkästen aktivieren: In manchen historischen Fassaden sind bereits Kästen für Holzrollläden – von außen unsichtbar – integriert. Die Reaktivierung dieser Kästen durch den Einbau von Holzrollläden wird aus der Perspektive von Stadtbilderhaltung und Denkmalschutz positiv gesehen. In diesem Fall wird empfohlen, zur bestmöglichen Reduktion von Wärmebrücken ein Bauphysikbüro beizuziehen.

Ad 5. Rollladen in der Leibung: Diese Variante ist aus Perspektive der Stadtbilderhaltung nicht erwünscht, weil der Rollladenkasten in den allermeisten Fällen tiefer ist als die Leibung und dadurch seitlich vorstehen würde.

Ad 6. Raffstore in der Leibung: Diese Variante ist ebenfalls aus Perspektive der Stadtbilderhaltung nicht erwünscht, weil der Raffstorekasten sehr hoch ist und auch in den meisten Fällen seitlich vorstehen würde.

Ad 12. Klappläden vor der Fassade: Diese Variante ist ähnlich der Variante 13 und wird bei dieser auch mitbeschrieben. Das Kastenfenster behält beide Fensterebenen, der Klappladen wird mit verkröpften Halterungen davorgesetzt.


Ad 15. Faltläden zwischen den Fenstern: Diese Variante ist manchmal bei Bestandsfenstern anzutreffen: Ein hölzerner Fensterladen ist bereits in die Leibung zwischen beiden Fenstern gefaltet. Die Instandsetzung und Reaktivierung dieser Sonnenschutzelemente wird aus Perspektive der Stadtbilderhaltung positiv gesehen.

Ad 16. Rollo zwischen den Fenstern: Eine häufig anzutreffende Variante ist auch das Anbringen eines Rollos zwischen den beiden Fensterebenen des Kastenfensters. Die Maßnahme ist nur dann wirksam, wenn speziell hochwertige Folien in einen gut abdichtenden Rahmen eingesetzt werden. Werden einfache Stoffrollen verwendet, bleibt die Wirkung sehr gering.

Ausgangssituation - Fenstertypen								
	Lage in der Wand			Öffnungsrichtung			Fassade profiliert	
	hinter Gewände	fassadenbündig	hinter Gewände rückversetzt	innen, innen	außen, innen	Einfachflügel innen	nein	ja
Kastenfenster Bestand	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kasten-Iso-Fenster: Außenflügel - Bestand / Innenflügel - mit neuer 2-Scheiben-Verglasung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kasten-Iso-Fenster mit neuer Proportion: Außenflügel - mit neuer 1-Scheiben-Verglasung / Innenflügel - mit neuer 2-Scheiben-Verglasung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Neues 3-Scheiben-Fenster	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- Präferiert
- sinnvoll möglich
- sinnvoll möglich, zeichnerisch dargestellt
- eventuell möglich, begrenzt wirksam

Sonnenschutzvarianten																
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Bestehende Rollladenkästen reaktivieren	Vorgesetzter Rahmen mit Rollladen in der Leibung (Abb. 43)	Vorgesetzter Rahmen mit Raffstore in der Leibung (Abb. 44)	Vorgesetzter Rahmen mit Markise in der Leibung (Abb. 45)	Rollladen in der Leibung	Raffstore in der Leibung	Senkrecht- oder Fallarmmarkise im Gewände (Abb. 38, Abb.51)	Fallarmmarkise vor der Fassade (Abb. 39)	Senkrecht- oder Fallarmmarkise hinter dem Gewände rückversetzt	Markise vor dem Kämpfer, Oberlicht fix (Abb. 42, Abb. 50)	Faltladen Montage im Gewände (Abb. 48)	Klappladen vor der Fassade	Klappladen statt der Außenflügel (Abb. 53)	Blumenkiste mit Kletterpflanzen an Rankstäben (Abb. 40)	Faltladen zwischen den Fenstern	Rollo zwischen den Fenstern	FixScreens auf Flügeln (Abb. 41)
X	X	X	X			X			X		X		X	X	X	
X	X	X	X			X			X	X			X	X	X	
							X				X			X	X	X
							X							X	X	X
							X		X		X		X	X	X	X
							X		X				X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X					X				
X	X	X	X	X	X	X	X									
							X									
							X									
X	X		X						X				X			
X	X	X	X						X				X			
								X								
								X		X						



Um die Wirkung des außenliegenden Sonnenschutzes näher zu beleuchten, wurden in einer thermischdynamischen Simulation mit der Software TRNSYS einige Sensitivitätsanalysen durchgeführt, und zum Schluss Best-Practice-Varianten durchgespielt. Dabei zeigt sich, dass es mit außenliegendem Sonnenschutz alleine nicht möglich ist, während des Sommers durchgehend ein behagliches Klima im Innenraum sicherzustellen, sondern dass immer eine Kombination von Maßnahmen erforderlich ist, um eine ausreichende Wirkung zu erzielen.

In einer thermischdynamischen Simulation wird ein Gebäude mit seiner Geometrie und den Randbedingungen wie z. B. Bauteilaufbauten, Anwesenheit von Personen, stündliches Nutzungsprofil von Geräten, veränderliche Bauteile wie Sonnenschutz oder Fenster und deren Regelstrategien u. a. m. dargestellt. Unter Zugrundelegen eines Wetterdatensatzes über ein Jahr kann dann stündlich oder auch viertelstündlich die in einem Raum oder einer Zone des Gebäudes vorhandene Temperatur und Luftfeuchtigkeit ausgegeben werden. Die Ausgabe der Ergebnisse (z. B. Raumtemperaturen und Wärme-/Kältebedarf) erfolgt grafisch.

*Simulationen zur thermischen
Situation in Innenräumen*



7.1. Aufbau der Simulationen

Die Simulation wurde vom IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH durchgeführt. Simuliert wurde ein Raum in einem Mittelgeschoss eines Wiener Gründerzeithauses mit rezenten, jedoch synthetischen Wiener Klimadaten.

Als „Standardraum“ wurde ein „klassischer“, ca. quadratischer Raum mit 2 Fensterachsen definiert. Er wird in weiterer Folge „Raum 2“ genannt. Der Raum ist nach Süden orientiert.

Die Fenster weisen jeweils eine Größe von 1,1 x 2,1 m auf. In einer seitlichen Wand und in der Rückwand befindet sich jeweils eine geschlossene Türe mit 1,4 x 2,4 m. Der Raum liegt in der Mitte eines Gebäudes, besitzt also eine Außenwand, 3 Seitenwände zu weiteren Innenräumen, einen Fußboden und eine Decke, ebenfalls zu weiteren Innenräumen.

Als Nutzung wurde grob eine Wohnnutzung angenommen, ohne Anwesenheit von Personen am Tag, aber Anwesenheit in der Nacht, sowie am Freitag und am Wochenende ganztags.

In Variante 1 wurde dieser Raum ohne weitere Maßnahmen in seinem thermischen Verhalten dynamisch über ein Standardjahr berechnet, abgebildet ist jeweils eine heiße Woche im Sommer.

In Variante 2 wurde dem gleichen Raum ein außenliegender Sonnenschutz mittlerer Qualität hinzugefügt.

Die sonstigen Annahmen für den Standardraum sind im Detail im folgenden Abschnitt dargestellt.

Der Standardraum ohne Sonnenschutz (Variante 1) wurde in jeder der Sensitivitätsanalysen orange strichliert dargestellt, der gleiche Raum mit Sonnenschutz (Variante 2) wurde zum Vergleich grau strichliert dargestellt. Zusätzlich ist in jeder Analyse die Außenlufttemperatur in schwarz dargestellt. Gegenüber diesen Kurven sind die jeweiligen Sensitivitätsanalysen zu bewerten.

Dargestellt ist jeweils die operative Temperatur, das ist die von Menschen empfundene Temperatur. Diese unterscheidet sich von der tatsächlich gemessenen mittleren Raumtemperatur dadurch, dass Strahlungsasymmetrien (z. B. Glasoberfläche heißer als Raumluft) mitbewertet werden, die das Temperaturempfinden beeinflussen.

7.2. Generelle Annahmen Standardraum, Ausgangsvariante

7.2.1. Raumgeometrie

Standardraum – „Raum 2“: 4,8 m breit, 5 m tief, zwei Kastenfenster jeweils 1,1 x 2,2 m

7.2.2. Gebäudekennwerte

Bauteilaufbauten

Außenwand AW: 45 cm Ziegel verputzt

AW45	d [m]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	ρ [kg/m ³]
Kalkzementputz, außen (1800)	0,025	0,8	1100	1800
Vollziegelmauerwerk (1600)	0,45	0,7	900	1600
Kalkputz (innen)	0,015	0,7	1130	1400

Seitliche Wände: 18 cm Ziegel verputzt

IW18	d [m]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	ρ [kg/m ³]
Kalkzementputz (innen)	0,015	0,8	1100	1800
Vollziegelmauerwerk (1600)	0,18	0,7	900	1600
Kalkputz (innen)	0,015	0,7	1130	1400

Mittelwand: 60 cm Ziegel

MM60	d [m]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	ρ [kg/m ³]
Kalkzementputz (innen)	0,015	0,8	1100	1800
Vollziegelmauerwerk (1600)	0,60	0,7	900	1600
Kalkputz (innen)	0,015	0,7	1130	1400

Geschossdecken: Putz auf Stukaturrohr, Tramdecke

Tramdecke mit versenkter Schalung	d [m]	λ [W/mK]	c [J/kgK]	ρ [kg/m ³]
Kalkputz auf Schil-Stukkatur	0,015	1	1116	1800
Schilf/Strohplatte unverputzt	0,015	0,056	612	190
Holzschalung	0,015	0,13	2340	450
Holz, dazwischen Luft	0,14	1	1215	73
Holz, dazwischen Luft	0,05	1	1295	73
Holzschalung	0,03	0	2340	450
Holz, dazwischen Schüttung	0,06	0	1312	702
Schlacke	0,012	0,35	1116	750
Holzsparschalung	0,025	0,13	2340	450
Parkettboden	0,025	0,15	2340	740

Fenster

Für die Untersuchung des sommerlichen Temperaturverhaltens werden bestehende Kastenfenster ($U_g = 2,91$, $U_f = 1,24$, Glasrandverbund $\Psi = 0,155$) angenommen.

7.2.3. Standort und Orientierung

Die Untersuchung erfolgt für den Standort Wien.

Referenzklimazone: Klimaregion Nord

Lage: Längengrade: $48^\circ 13' N$, Breitengrade: $16^\circ 22' O$

Seehöhe: 170 m

Tagesmittelwert der Außenlufttemperatur: $24^\circ C$

Die Normalstrahlungsintensität (S) wird mit $1322 W/m^2$, der Reitz'sche Trübungsfaktor (K) mit $0,333$, die Reflektionszahl der terrestrischen Umgebung (p) mit $0,2$, der Link'sche Trübungsfaktor (T) mit $4,5$ und die Bodentemperatur mit $10^\circ C$ festgelegt.

Klimadaten

Für die Ausgangsvariante wird ein synthetisches Klima verwendet. Es sind Kälte- und Hitzeperioden in einem Referenzjahr ergänzt. Referenzjahr 2020.

Orientierung

Der Standardraum ist nach Süden orientiert, es ist keine Verschattung durch Nachbargebäude berücksichtigt.

7.2.4. Lüftung

Zur Sicherstellung des hygienischen Luftwechsels ist bei Anwesenheit von Personen ein Luftwechsel von $35 m^3/h/Person$ berücksichtigt, wenn die Außenlufttemperatur unter $26^\circ C$ liegt bzw. ein reduzierter Luftwechsel von $25m^3/h/Person$, wenn die Außenlufttemperatur über $26^\circ C$ liegt.

Eine Nachtlüftung zur Kühlung im Sommer ist in der Ausgangsvariante (V1 bzw. V 2) nicht berücksichtigt.

7.2.5. Luftdichtheit

Bezüglich Luftdichtheit wird ein dreifacher Luftwechsel pro Stunde bei einem Druck von 50 Pascal angenommen (Luftwechselrate von $3,0 x h^{-1}$ bei 50 Pa)

7.2.6. Innere Lasten

Personen

Anwesenheit wochentags 18:00 – 8:00; Anwesenheit Freitag, Samstag und Sonntag ganztags
3 Personen, $80 W/Person$; Personen teilen sich auf 3 Zimmer auf (Standardraum und anliegende Räume)

Licht

Bei Anwesenheit und wenn die Globalstrahlung unter $300 W$ sinkt: $10 W/m^2$
Annahme mittlerer Tageslichtquotient: $2,5 \%$

Geräte

$80 W$ Wärmeabgabe Dauerleistung pro Raum

7.3. Diagramme zu den Einflussfaktoren

In jedem Diagramm sind folgende Vergleichskurven dargestellt:

- V1: Standardraum (Raum 2) ohne Sonnenschutz, mit 2 Kastenfenstern, Belegung 3 Personen, Orientierung: Süd, ohne Nachtlüftung
 - V2: Standardraum (Raum 2) mit Sonnenschutz, mit 2 Kastenfenstern, Belegung 3 Personen, Orientierung: Süd, ohne Nachtlüftung
- Außenlufttemperatur

7.3.1. Standardraum ohne und mit Sonnenschutz

Variante 1: Raum 2 ohne Sonnenschutz

Variante 2: Raum 2 mit Sonnenschutz

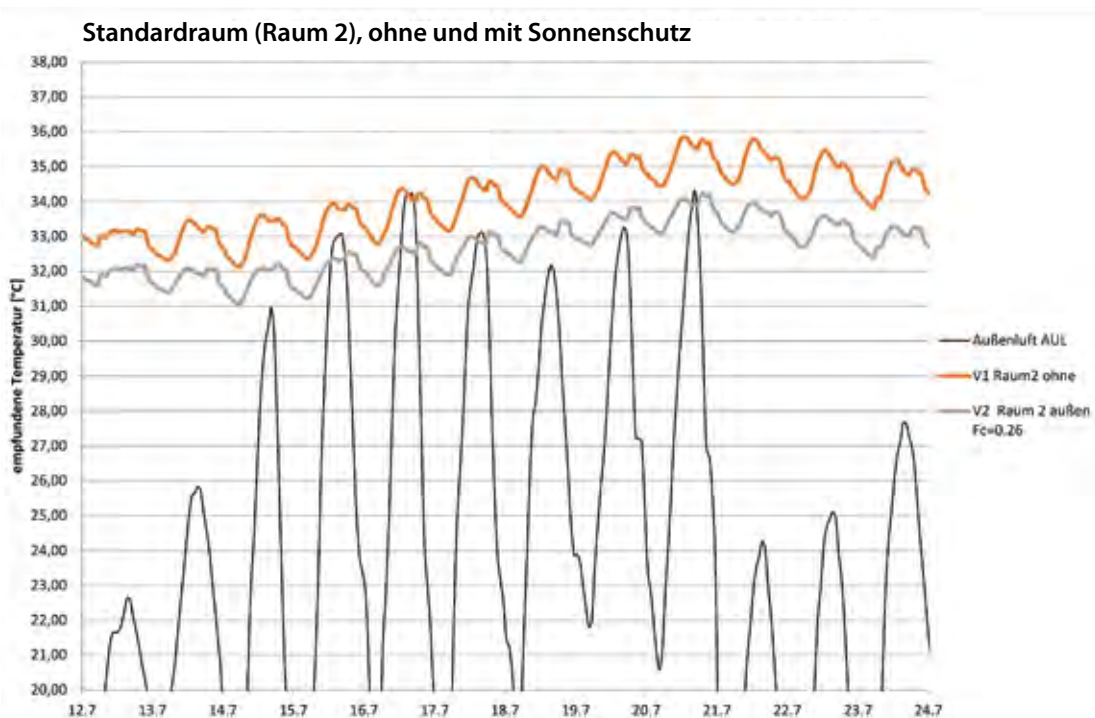


Abb. 55: Simulation der Ausgangsvarianten

Interpretation:

Man kann erkennen, dass sich der Raum bereits in den Vortagen aufgeheizt hat. Tägliche Wärmeeinträge durch solare Strahlung und innere Lasten können ohne Nachtlüftung nicht wieder abgeführt werden. Raum 2 ohne Sonnenschutz hat daher bereits zu Beginn der „sehr heißen Woche“ ein Temperaturniveau von 33° C das in der Nacht nur geringfügig abnimmt.

Im Laufe der Woche steigt die operative Tagestemperatur auf fast 36° C an, in der Nacht sinkt die Temperatur lediglich um 1,5–2° C.

Werden die Fenster mit einem außenliegenden Sonnenschutz mittlerer Qualität ($F_c = 0,26$) verschattet, so liegt das Temperaturniveau im Raum um ca. 1,5 bis 2° C niedriger. Dabei ist zu bemerken, dass die Differenz umso größer ist, je höher die Temperaturen steigen. Man kann aber auch ganz deutlich erkennen, dass mit außenliegendem Sonnenschutz alleine in dem Raum keine behaglichen Temperaturen herzustellen sind, da die Höchstwerte immer noch bei 34° C liegen.

7.3.2. Einflussfaktor Raumgröße

Um zu sehen, welchen Einfluss die Raumgröße auf das Temperaturverhalten im Raum hat, wurden hier abweichend vom Standardraum zwei weitere Raumgrößen untersucht.

In den Varianten 3 und 4 wurde ein Raum mit nur einem Fenster betrachtet, der dem klassischen „Kabinett“ entspricht, dieser Raum wird Raum 1 genannt. Weiters wurde in Variante 5 und 6 ein Raum mit 4 Fensterachsen und ca. 63 m² untersucht, dieser Raum heißt Raum 3.

Raum 1: „Kabinett“, 12 m² (2,4 m breit, 5 m tief, 3,3 m hoch, ein Kastenfenster 1,1 / 2,1 m)

Raum 2: Standardraum, 24 m² (4,8 m breit, 5 m tief, doppelt groß, zwei Kastenfenster 1,1 / 2,1 m)

Raum 3: „Klassenraum“, ca. 63 m² (9,6 m breit, 6,5 m tief, 4 Kastenfenster 1,1 / 2,1 m)

Variante 3: Raum 1 (Kabinett) ohne Sonnenschutz

Variante 4: Raum 1 (Kabinett) mit Sonnenschutz

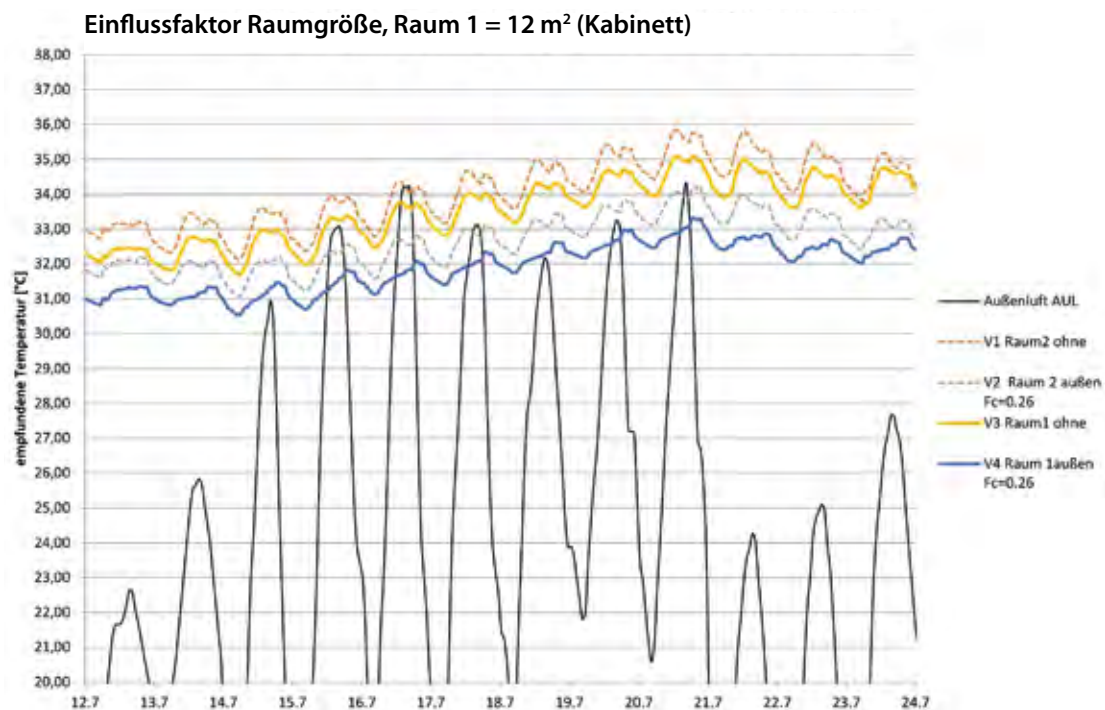


Abb. 56: Simulation zum Einflussfaktor Raumgröße (kleiner Raum)

Interpretation:

Man kann erkennen, dass in Raum 1 (Kabinett) generell das Temperaturniveau um 1° C niedriger liegt als im Standardraum. Dies kommt daher, dass im Verhältnis zur Raumfläche das Kabinett mehr raumumgrenzende Flächen besitzt und daher im Verhältnis zum Raumvolumen und zur Fensterfläche deutlich mehr Speichermasse hat. Dieser Effekt wäre bei neueren Gebäuden mit Innenausbau in Gipskarton deutlich geringer ausgeprägt. In alten Gebäuden aufgrund der Tatsache, dass auch die nicht tragenden Bauteile aus (Voll-)Ziegelmauerwerk errichtet sind, ist er deutlich wahrnehmbar. Das bedeutet, dass hier im unverschatteten Fall die maximale Temperatur „nur“ mehr bei 35° C liegt und im beschatteten Fall bei 33° C.

Variante 5: Raum 3 Klassenraum ohne Sonnenschutz

Variante 6: Raum 3 Klassenraum mit Sonnenschutz

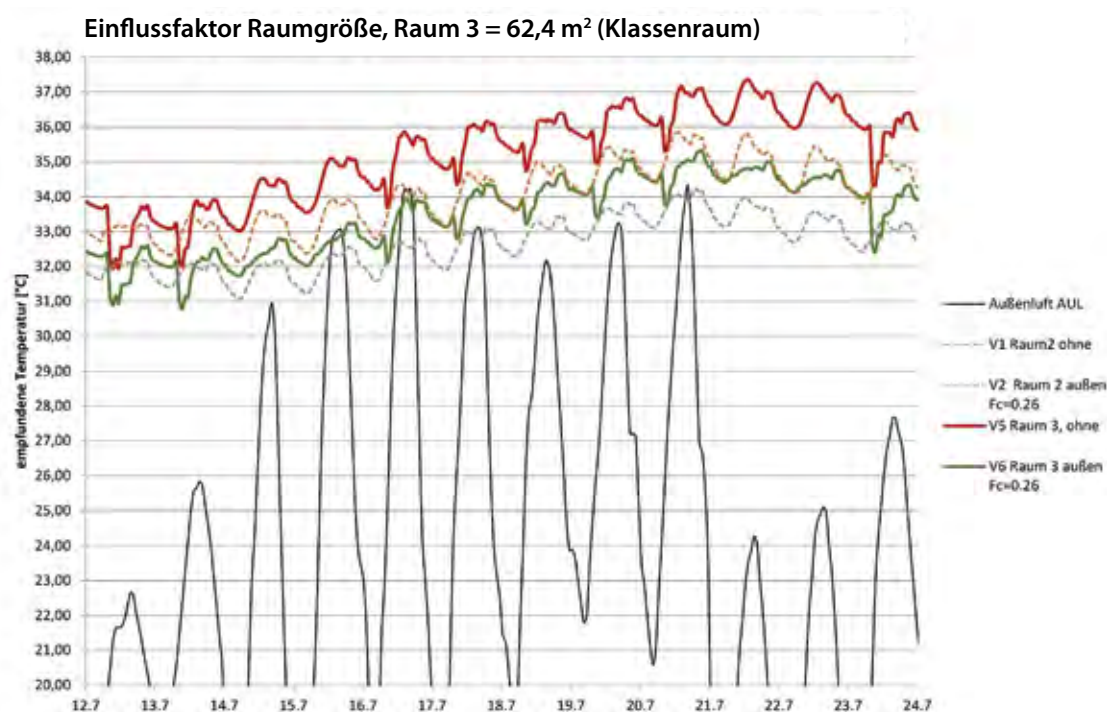


Abb. 57: Simulation zum Einflussfaktor Raumgröße (größerer Raum)

Interpretation:

Im Gegensatz zum Kabinett aus der vorhergehenden Analyse sieht man in Variante 5 nun sehr deutlich, dass im Klassenraum (Raum 3 mit 4 Fensterachsen) durch das im Verhältnis zur Speichermasse größere Raumvolumen die Raumtemperatur noch einmal um 1,5–2° C höher liegt als in Raum 2. Sie klettert im Maximalfall auf über 37° C. Vor allem sinkt die Temperatur auch nach dem Ende der extrem heißen Tage am 22.7. nicht gleich signifikant ab, sondern die Abkühlung verzögert sich im Vergleich zum Standardraum (Raum 2).

In Variante 6 mit dem außenliegenden Sonnenschutz zeigt sich ein ähnliches Bild, wenn auch hier die Raumtemperatur im Maximum nur bei 35° C liegt.

Diese Auswirkungen sind rein der Raumgeometrie geschuldet, es befinden sich nur die 1–3 Standardpersonen im Raum bzw. in den Räumen daneben.

7.3.3. Einflussfaktor Orientierung

Variante 7: Orientierung nach Osten ohne Sonnenschutz

Variante 8: Orientierung nach Westen ohne Sonnenschutz

Variante 9: Orientierung nach Westen mit Sonnenschutz (mittlere Qualität $F_c = 0,26$)

Variante 10: Orientierung nach Norden ohne Sonnenschutz

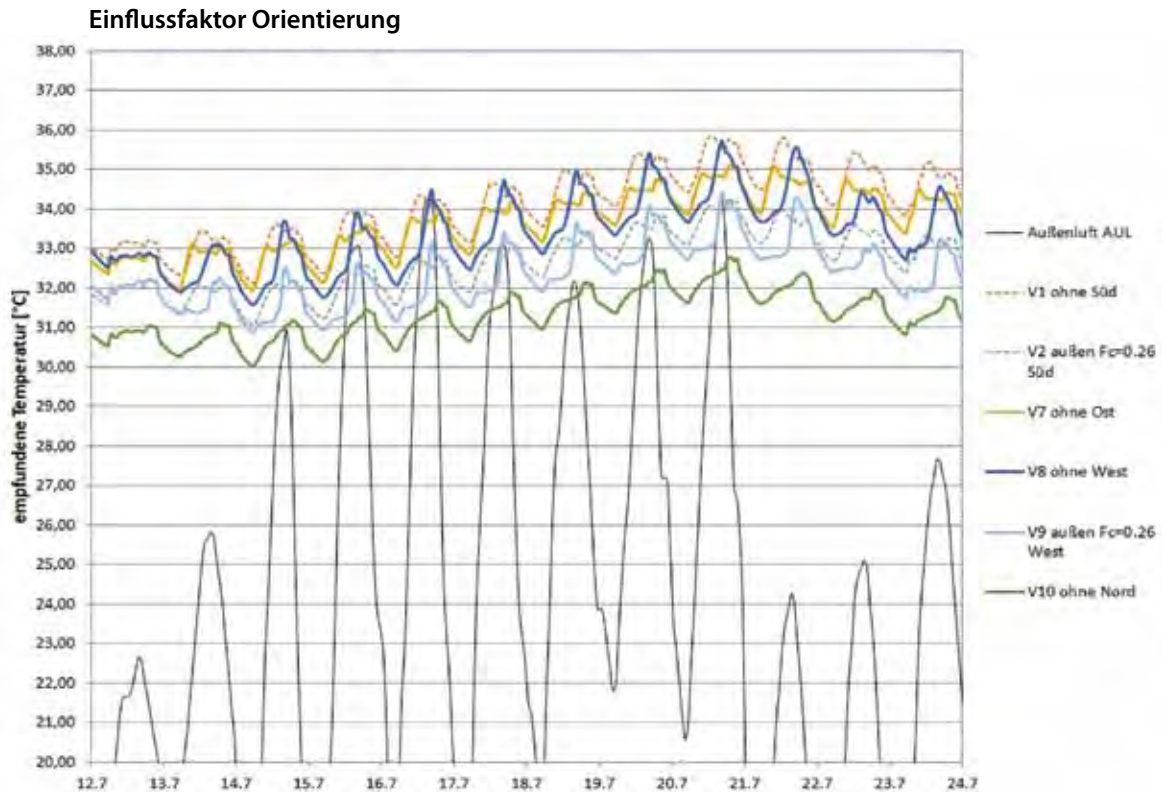


Abb. 58: Simulation zum Einflussfaktor Orientierung

Interpretation:

Die Analysen zur Orientierung bringen die erwarteten Ergebnisse. Der unverschattete, nach Süden orientierte Standardraum (Raum 2) weist sowohl die höchsten Temperaturen als auch die längste Dauer hoher Temperaturen auf.

Die Temperaturen im ebenfalls nicht beschatteten Raum 2 mit Ostorientierung liegen fast 1° C tiefer. Raum 2, nach Westen orientiert, weist zwar fast gleiche Spitzentemperaturen auf wie der nach Süden orientierte Raum, allerdings steigt die Temperatur erwartungsgemäß erst später am Tag – dafür umso schneller – an. Raum 2 mit Nordorientierung weist gegenüber der Südrichtung um 3° C niedrigere Raumtemperaturen auf. Aber auch die Nordlage weist immer noch Maximaltemperaturen von 32–33° C auf, also auch hier deutlich über dem behaglichen Bereich.

7.3.4. Einflussfaktor Gebäudenutzung

In der Analyse Nutzung werden abweichend von der bisher behandelten Wohnnutzung mit tagsüber geringen inneren Lasten die Nutzung Büro und die Nutzung „Schulklasse“ dargestellt.

Das Büro ist mit 4 Personen belegt, die zusätzlich Computer und Bildschirme verwenden, die Schulklasse ist ein klassischer Gründerzeitschulraum mit 63 m² (Raum 3), der mit 28 Jugendlichen belegt ist.

- Variante 11:** Büro: Standardraum 2 ohne Sonnenschutz, höhere innere Lasten (4 Personen halten sich die gesamte Anwesenheitsdauer nur in einem Raum auf, zusätzliche Geräte)
- Variante 12:** Büro: Standardraum 2 mit Sonnenschutz (mittlere Qualität $F_c = 0,26$), höhere innere Lasten (4 Personen halten sich für die gesamte Anwesenheitsdauer nur in einem Raum auf, zusätzliche Geräte)
- Variante 13:** Schulklasse: Raum 3 ohne Sonnenschutz, höhere innere Lasten durch 28 Personen
- Variante 14:** Schulklasse: Raum 3 mit Sonnenschutz (mittlere Qualität $F_c = 0,26$), höhere innere Lasten durch 28 Personen; Nachtlüftung

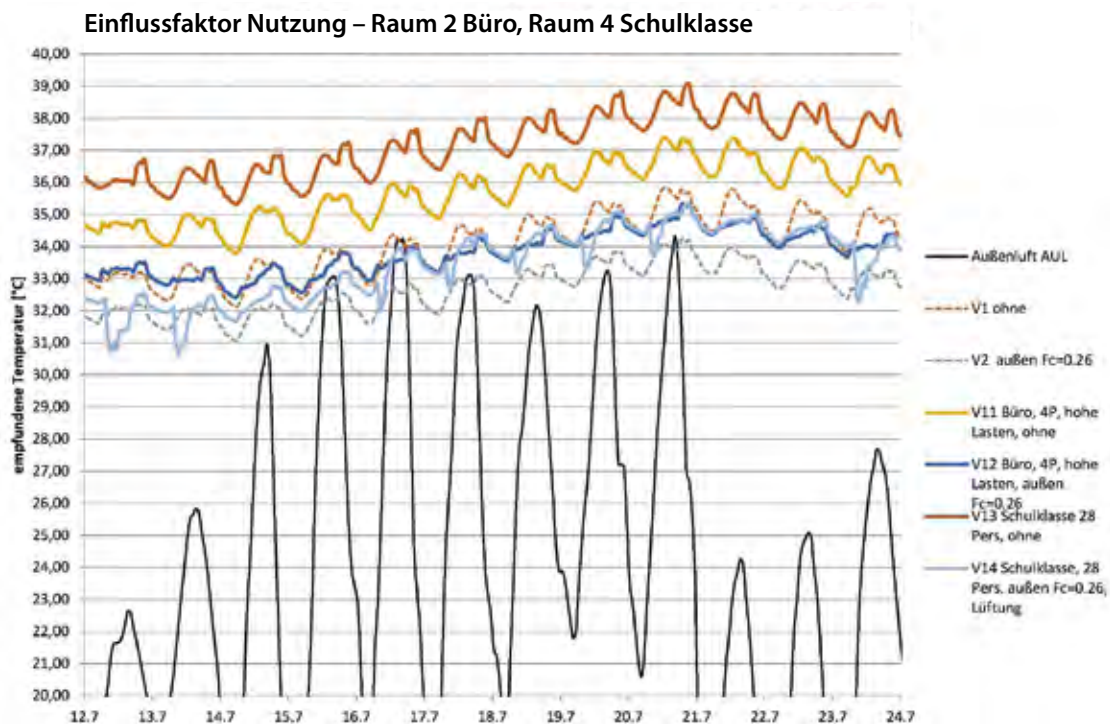


Abb. 59: Simulation zum Einflussfaktor Gebäudenutzung

Interpretation:

In den Varianten 11 und 12 ist das Büro-Szenario dargestellt, die Temperatur erhöht sich durch die Anwesenheit der Personen und Geräte gegenüber der Standardvariante um ca. 1,5° C. Bei außenliegendem Sonnenschutz (Variante 12) fällt die Erhöhung etwas geringer aus, hier ist nur ca. 1° C zu erkennen.

Variante 13 ist mit der Situation in vielen Schulklassen in Wien vergleichbar, wo die Temperaturen in Hitzeperioden fast bis 40° C ansteigen können und in der Folge ein konzentriertes Arbeiten schwer möglich erscheint. Es wurde daher in Variante 14 die Schulklasse sowohl mit Sonnenschutz als auch mit nächtlicher Lüftung (offene Fensterflügel) berechnet. Selbst mit beiden Maßnahmen können die Maximaltemperaturen von 39° C nur auf 34° C gesenkt werden.

7.3.5. Einflussfaktor Nutzungsverhalten

In dieser Analyse werden die Auswirkungen von tagsüber geöffneten Fenstern aufgezeigt. Es wird angenommen, dass zwar ein Sonnenschutz vorhanden ist, dass aber tagsüber die Fenster die gesamte Zeit offenstehen.

Variante 15: Standardraum 2 mit Sonnenschutz, offene Fenster tagsüber

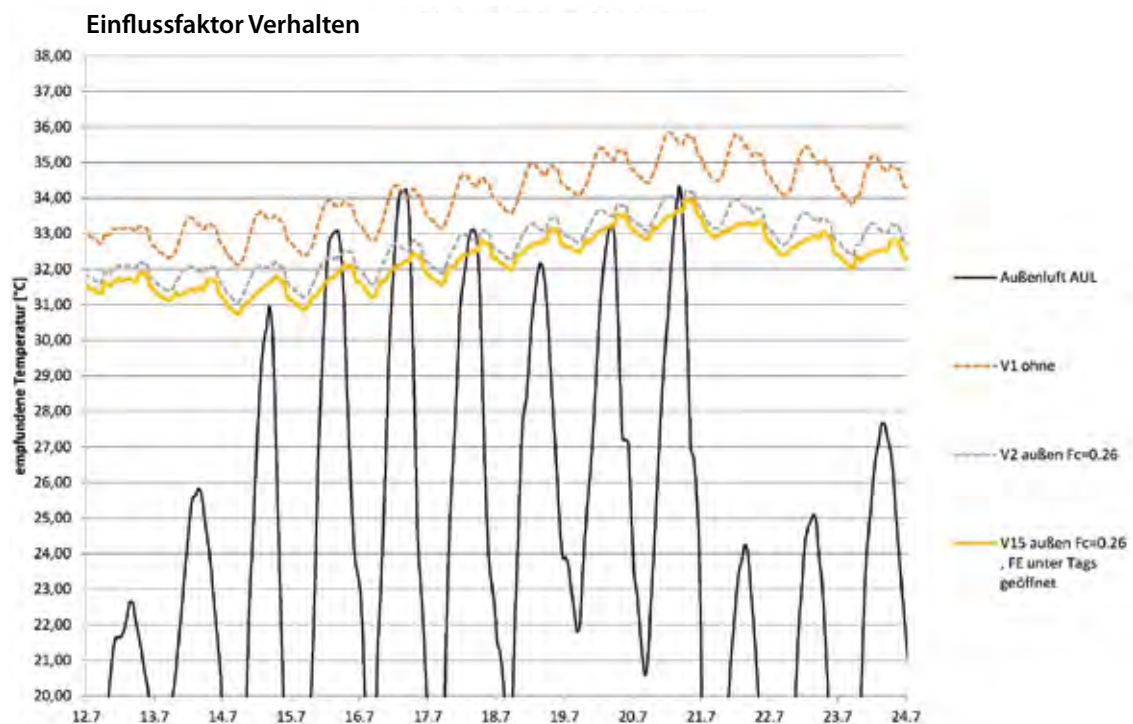


Abb. 60: Simulation von Fehlverhalten der Nutzenden

Interpretation:

Das Nutzungsverhalten hat in diesem Fall einen eher positiven Effekt. Das rührt daher, dass für den Raum in der Standardvariante keine nächtliche Lüftung angenommen wurde. Die Temperatur im Raum ist während eines Großteils der Zeit höher als draußen, sodass natürlich das Lüften einen positiven temperatur-senkenden Effekt hat.

Lüften ist jedoch in dem Moment kontraproduktiv, in dem die Raumtemperatur unter der Außentemperatur liegt, und nur wärmere Luft in den Raum gelangen würde.

Trotz dieser allgemein gültigen Tatsache hat das Lüften und damit die Luftbewegung einen zusätzlichen Effekt: Die Luftbewegung führt zu einer verstärkten Verdunstung von Schweiß, sodass sich ein leichter Kühleffekt auf der Haut bemerkbar macht. Solange die Außentemperatur nur wenig über der Innentemperatur liegt, wird das Lüften und die Luftbewegung zumeist als angenehm empfunden. Auch der generelle Abtransport von Feuchtigkeit aus dem Raum führt dazu, dass die Luft als etwas weniger schwül wahrgenommen wird. Bei höheren Temperaturdifferenzen (ab 3° C) jedoch überwiegt der negative Effekt des zusätzlichen Wärmeeintrags.

7.3.6. Einflussfaktor Sonnenschutzqualität

In der Standardvariante wurde von einem Sonnenschutz mittlerer Wirkung mit einem F_c von 0,26 ausgegangen. Das bedeutet, 26 % der Gesamtenergie der Sonnenstrahlung gelangen in den Raum. Wie in den Grundlagen schon erläutert, ist dies einerseits von den Werten des Stoffes oder der Lamelle (Reflexion, Absorption, Transmission) abhängig, andererseits davon, wie dicht der Sonnenschutz außen anschließt, wie wenig Restenergiemenge also über seitliche Spalten oder Fädellöcher eines Raffstores noch in den Raum gelangt. Hier wurde auch in geringem Umfang mitbewertet, dass kein für die Abschattung optimaler Behang gewählt wird, dass der Sonnenschutz vielleicht nicht immer optimal gezogen ist oder im Fall von aufgedrehten Lamellen reduziert wird („erhöhter diffuser Anteil“).

Variante 16: Standardraum 2 mit außenliegendem Sonnenschutz,

Ausstellmarkise hohe Qualität $F_c = 0,13$ mit erhöhtem diffusen Anteil

Variante 17: Standardraum 2 mit außenliegendem Sonnenschutz, hohe Qualität $F_c = 0,10$

Variante 18: Standardraum 2 mit außenliegendem Sonnenschutz, dunkel, mittlere Qualität $F_c = 0,28$

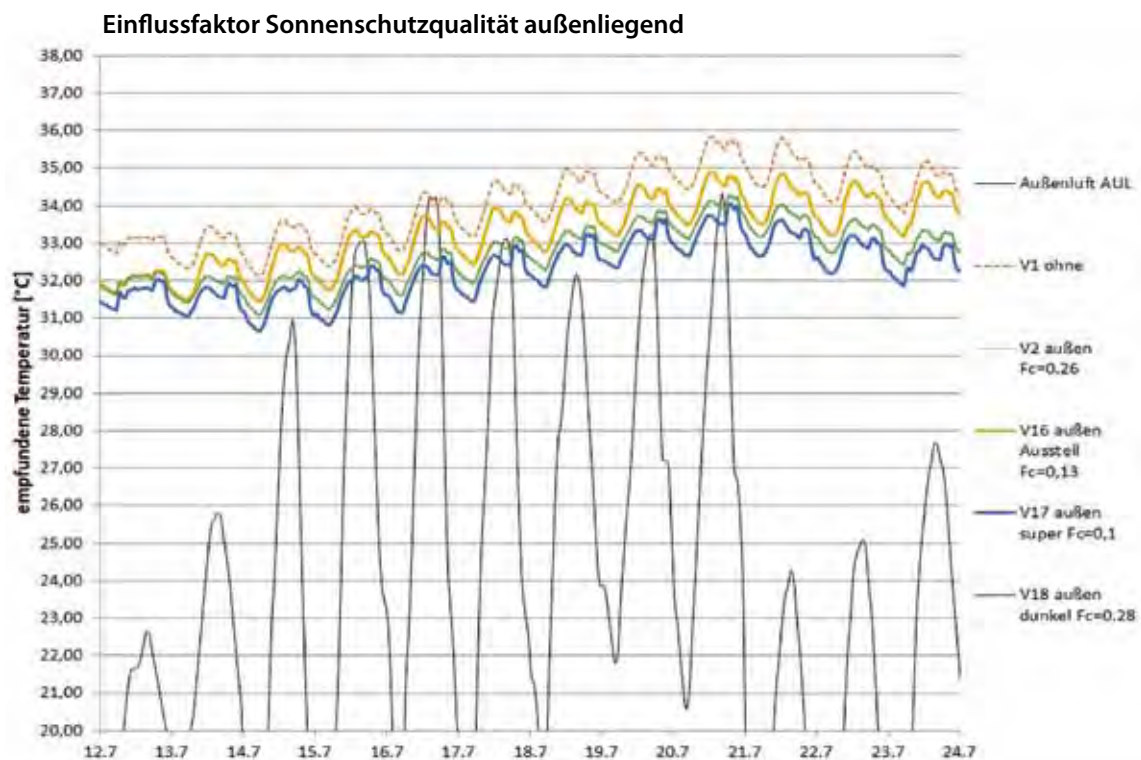


Abb. 61: Simulation zum Einflussfaktor Sonnenschutzqualität (Fenster mit außenliegenden Sonnenschutzelementen)

Interpretation:

Variante 16 stellt einen Standardraum mit einer Ausstellmarkise mit höchst effizientem Behang als Sonnenschutz dar. Man kann erkennen, dass trotz des niedrigen F_c -Wertes (0,13) der diffuse seitliche Strahlungseintrag im ausgestellten Zustand hoch ist, sodass die Wirkung des Sonnenschutzes gegenüber einem Sonnenschutz mit bestem F_c (0,1), der seitlich vertikal geführt ist, um die Hälfte verringert wird. Ausstellmarkisen sind zwar beliebt und gestalterisch attraktiv, aus Sicht der Sonnenschutzwirkung sind sie jedoch nicht als optimal zu bewerten und wirken nur wie zwischen den Scheiben angeordneter Sonnenschutz. Variante 17 stellt einen optimalen außenliegenden Sonnenschutz dar. Das Bedienfehlerverhalten, das auch in der Standardvariante 2 angenommen wurde, ist hier ebenfalls angesetzt. Variante 18 bildet einen dunklen Behang ab und liegt mit einem F_c von 0,28 schlechter, aber nahe dem im Standardraum angenommenen F_c -Wert von 0,26. Es ist daher auch kein Unterschied zum Standardraum mit Beschattung zu erkennen.

- Variante 19: Standardraum 2 mit zwischen den Scheiben liegendem Sonnenschutz, mittlere Qualität, Scheibenzwischenraum durchlüftet (z. B. Lüftungklappen), F_c gesamt = 0,32
- Variante 20: Standardraum 2 mit innenliegendem Sonnenschutz, mittlere Qualität, $F_c = 0,76$
- Variante 21: Standardraum 2 mit Sonnenschutzfolie an äußerer Scheibe aufgeklebt, $F_c = 0,3$
- Variante 22: Standardraum 2 mit innenliegendem Sonnenschutz, gute Qualität $F_c = 0,5$
- Variante 23: Standardraum 2 mit zwischen den Scheiben liegendem Sonnenschutz, mittlere Qualität, Scheibenzwischenraum durchlüftet (z. B. Lüftungklappen), F_c gesamt = 0,27

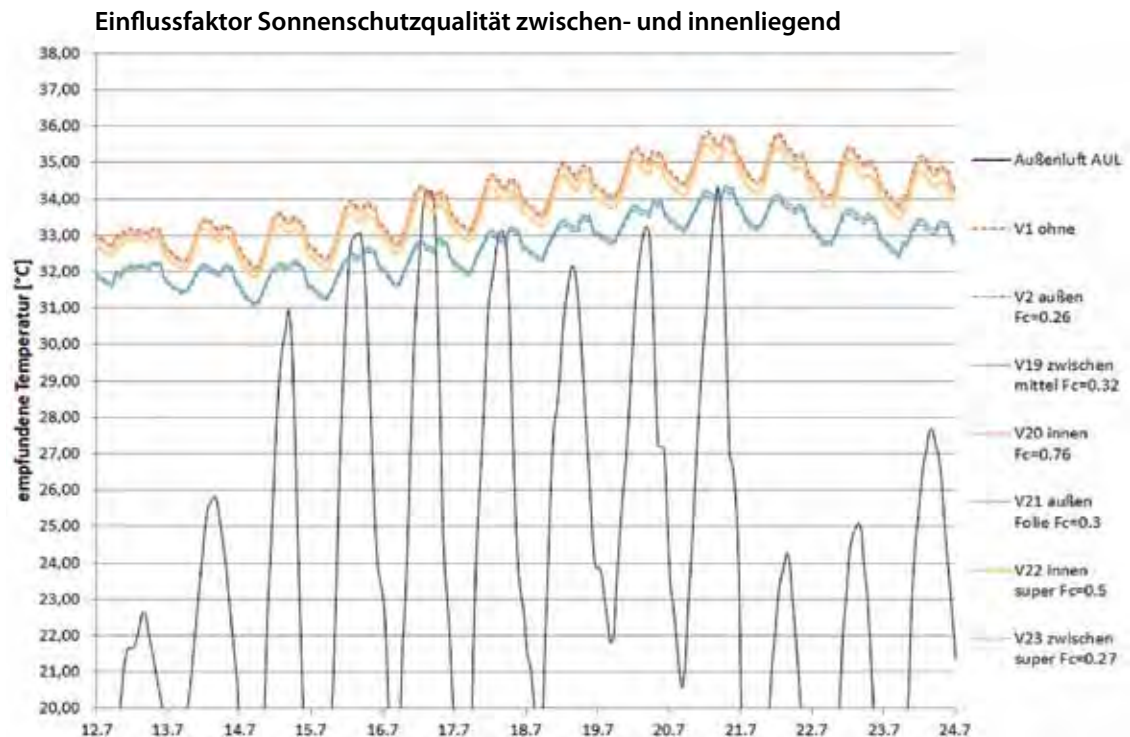


Abb. 62: Simulation zum Einflussfaktor Sonnenschutzqualität (Fenstern mit zwischen und innenliegenden Sonnenschutzelementen)

Interpretation:

Während der innenliegende Sonnenschutz (Variante 20 und 22) neben dem Ausblenden der thermischen Wirkung direkter Sonneneinstrahlung auf der Haut nicht viel bewirkt (die beiden Kurven überlagern sich annähernd mit V1), ist es mit Rollos im Zwischenraum zwischen den Flügeln (Varianten 19 und 23) – wenn dieser belüftet wird – durchaus möglich Resultate zu erzielen, die einem außenliegenden Sonnenschutz nahe kommen (die beiden Kurven stimmen weitgehend mit V2 und V 21 überein). Dies muss allerdings sorgfältig geplant werden, da die Belüftung des Scheibenzwischenraums im Winter wiederum vermieden werden soll.

Variante 21 zeigt eine auf die Scheibe geklebte Sonnenschutzfolie, die Wirkung ist der anderer Maßnahmen im durchlüfteten Scheibenzwischenraum gleichzusetzen, die bereits beschriebenen negativen Wirkung auf die Tageslichtversorgung und den solaren Ertrag im Winter sind jedoch zu beachten.

Generell zeigt sich ein zu erwartendes Bild:

Außenliegender Sonnenschutz ist besser als einer im Scheibenzwischenraum und dieser wiederum besser als innenliegender Sonnenschutz. Letzterer zeigt kaum akzeptable Wirkung. Hohe diffuse Anteile (wie bei der Ausstellmarkise oder dem aufgewendeten Raffstore) reduzieren die Wirkung sehr deutlich. Bei der Ausstellmarkise kann dieser Eintrag nicht verhindert werden, den Raffstore kann man jedoch schließen.

Die Qualität des Behanges sollte immer beachtet werden, technische Werte wie Transmissionfaktoren sollten unbedingt verglichen werden. Dunkle Farben verschlechtern das Ergebnis.

7.3.7. Einflussfaktor Nachtlüftung

In dieser Simulation wird angenommen, dass die Fenster tagsüber geschlossen bleiben, jedoch in der Nacht je nach Außentemperatur geöffnet werden. Die Lüftung erfolgt nicht automatisch und temperaturgeregelt, sondern es wird eine händische Bedienung angenommen, die auch „Fehlverhalten“ bzw. Bedienungsfehler mit sich bringt. Die Lüftung erfolgt daher zumeist nicht perfekt genau zum Optimum (bei 26° C Außentemperatur), sondern manchmal zu früh oder auch zu spät, wenn die Temperaturen noch nicht ausreichend gesunken sind oder (in der Früh) schon wieder angestiegen sind.

Variante 24: Standardraum 2 ohne Sonnenschutz, Fenster gekippt (in Anwesenheit, wenn die Außentemperatur (T_{außen}) <26° C), effektive Kippweite 15 cm; 30 % „Fehlverhalten“ angenommen.

Variante 25: Standardraum 2 mit außen liegendem Sonnenschutz (mittlere Qualität $F_c = 0,26$), Fenster gekippt (in Anwesenheit, wenn T_{außen} <26° C), 30 % Fehlverhalten des Nutzers, effektive Kippweite 15 cm, 30 % „Fehlverhalten“ angenommen.

Variante 26: Standardraum 2 ohne Sonnenschutz, Fenster geöffnet (in Anwesenheit, wenn T_{außen} <26° C), 30 % „Fehlverhalten“ angenommen

Variante 27: Standardraum 2 mit außenliegendem Sonnenschutz (mittlere Qualität $F_c = 0,26$), Fenster geöffnet (in Anwesenheit, wenn T_{außen} <26° C), 30 % „Fehlverhalten“ angenommen

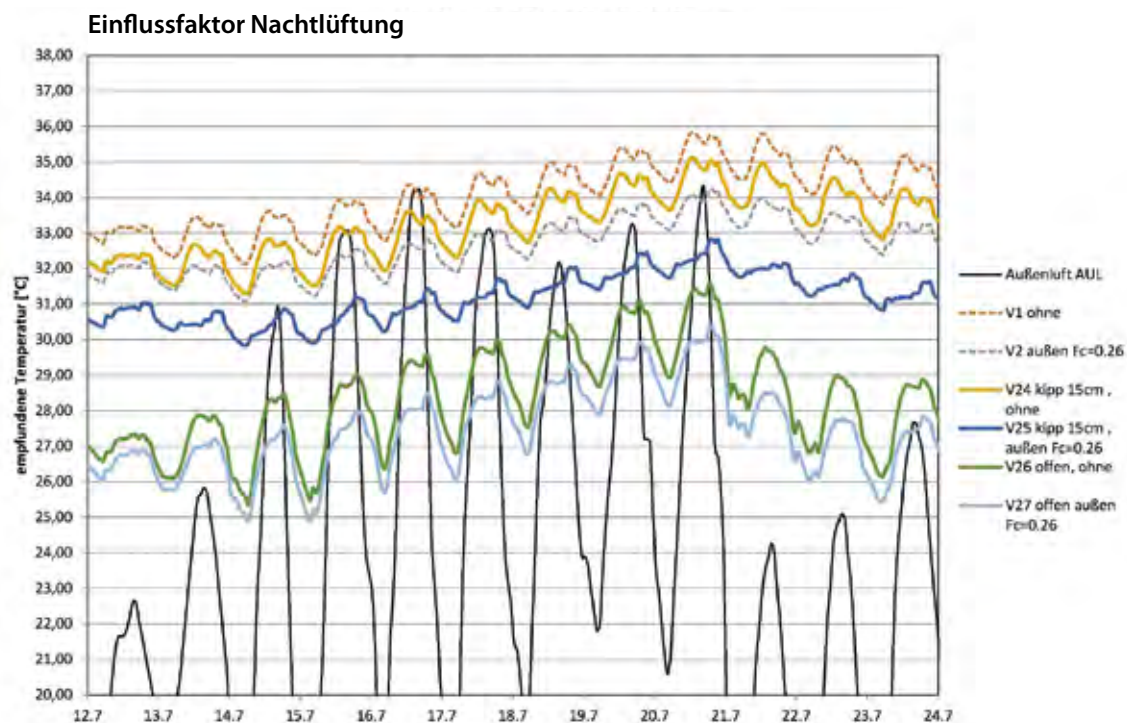


Abb. 63: Simulation zum Einflussfaktor Nachtlüftung

Interpretation:

In dieser Simulation kann man sehr gut die große Wirkung der Nachtlüftung erkennen. Bei Variante 24 (Fenster gekippt ohne Sonnenschutz) ist die Wirkung noch relativ klein und beträgt nur ein Grad Temperaturreduktion (normale Kastenfensterflügel können nicht gekippt werden, es wurde in diesem Fall von der Geometrie eines neuen Fensters ausgegangen, wiewohl es auch gebaute Beispiele aus der Gründerzeit gibt, bei denen die Oberlichten gemeinsam mit einer Kippschere nach innen geöffnet werden können).

Bei Variante 25 wird ebenfalls ein gekipptes Fenster angenommen, das aber zusätzlich mit außenliegendem Sonnenschutz ausgestattet ist.

Bei Variante 26 (Fenster nachts komplett offen, kein Sonnenschutz) liegt die Temperatur um 5° C tiefer als bei Variante 1 (Fenster nachts geschlossen, kein Sonnenschutz).

Bei Variante 27 (Fenster nachts komplett offen, mit außenliegendem Sonnenschutz) sieht man erstmals ein Temperaturniveau, das noch im Bereich des Erträglichen bleiben würde. Die Ausgangstemperatur nach der Vorwoche liegt bei 26–27° C und steigt dann im Laufe der heißen Periode auf maximal 30° C an. Die Nachttemperatur-Werte im Raum starten zu Beginn der Hitzeperiode bei 25° C und steigen dann bis maximal 28° C an.

Die Nachtlüftung ist eine der wichtigsten Standardmethoden zur Senkung der Raumtemperatur im Sommer. Dabei ist das Kippen nur teilweise effektiv, je mehr offener Querschnitt zur Verfügung gestellt werden kann, desto größer fällt die Wirkung aus. Querlüftung wurde hier nicht simuliert, da sie oft nicht herstellbar ist oder auch zu sehr großen Zugscheinungen führen kann, die oft auf Widerspruch stoßen. Hinsichtlich der Fensterformate ist ein hohes Format von Vorteil.

Im Raum besteht eine Temperaturschichtung, über ein hohes Fenster kann im unteren Bereich kühlere Außenluft nachströmen, während oben die heißesten Luftvolumina abströmen. Wenn kein Wind geht und der Temperaturunterschied zwischen innen und außen gering bleibt, dann kann durch ein hohes Fensterformat noch eine gewisse Luftbewegung erreicht werden.

7.3.8. Einflussfaktor Dämmung

Die Dämmung ist ein weiterer Baustein im Versuch, historische Räume im Sommer behaglich zu machen. Untersucht wurden hier ausschließlich Innendämmungen.

Variante 28: Standardraum 2 ohne Sonnenschutz, 5 cm Innendämmung (z. B. Multiporplatte)

Variante 29: Standardraum 2 mit Sonnenschutz (mittlere Qualität $F_c = 0,26$),
5 cm Innendämmung (z. B. Multiporplatte)

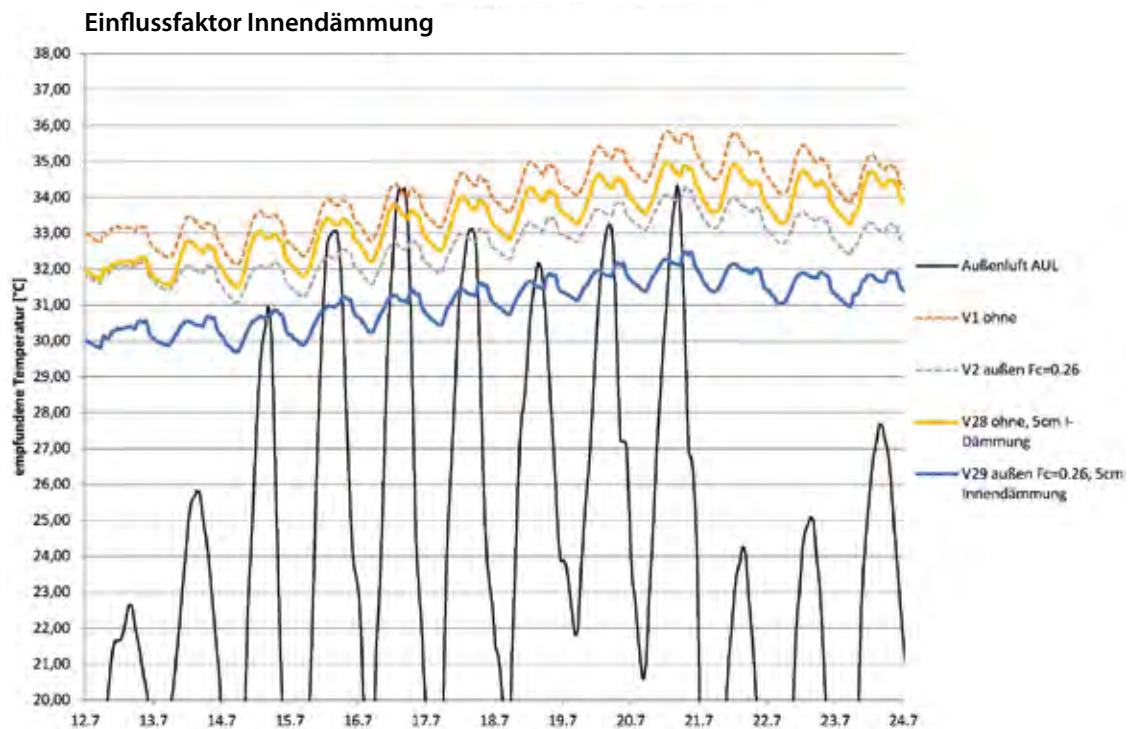


Abb. 64: Simulation zum Einflussfaktor Innendämmung

Interpretation:

Es ist zu beachten, dass in jeder Analyse nur jeweils eine Maßnahme getrennt betrachtet wird. Variante 28 zeigt die Wirkung einer Innendämmung auf den Standardraum, der nicht verschattet ist, die Absenkung der Temperatur beträgt ca. 1°C .

Wenn jedoch der Raum mit einem außenliegenden Sonnenschutz ausgestattet ist, so beträgt die Temperaturreduktion ca. $1,5$ bis 2°C .

7.3.9. Einflussfaktor klimatische Entwicklung

In dieser Analyse wurde untersucht, wie sich die Temperaturen im Standardraum in Zukunft verändern werden. Dazu wurden jeweils Daten aus den Klimaszenarien für Wien verwendet.

Variante 30: Standardraum 2 ohne Sonnenschutz, Klima 2050

Variante 31: Standardraum 2 mit Sonnenschutz (mittlere Qualität $F_c = 0,26$), Klima 2050

Variante 32: Standardraum 2 ohne Sonnenschutz, Klima 2100

Variante 33: Standardraum 2 mit Sonnenschutz (mittlere Qualität $F_c = 0,26$), Klima 2100

Anmerkung: Die Klimadaten 2050 und 2100 wurden in Anlehnung an „Klimaszenarien für das Bundesland Wien bis 2100“ Szenario RCP8.5 zusammengestellt

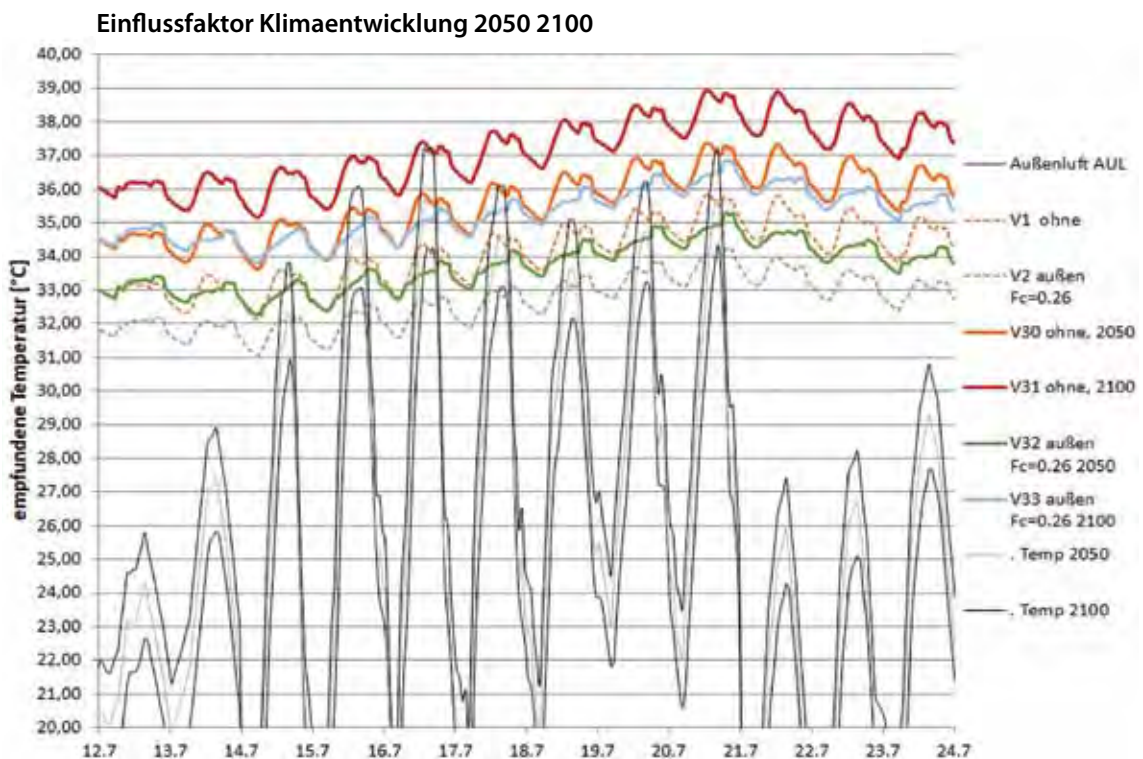


Abb. 65: Simulation zum Einflussfaktor Klimaentwicklung

Interpretation:

2050 wird es im Standardraum mit Sonnenschutz so heiß sein, wie heute ohne Sonnenschutz. Danach wird die Temperatur weiter ansteigen.

Auch mit Sonnenschutz sind dann Maximaltemperatur-Werte von bis zu 37° C zu erwarten.

Bis 2100 ist mit einer Erhöhung der Raumtemperatur-Werte um 3° C zu rechnen.

7.4. Best-Practice-Szenarien für Wohnen und Büronutzung

Die Sensitivitätsanalysen dienen dazu, die Wirkung verschiedener Faktoren auf die Innenraumtemperatur zu beleuchten. Zum Abschluss soll nun gezeigt werden, dass es in der Frage, wie ausreichender sommerlicher Komfort in historischen Gebäuden erzielt werden kann, jedenfalls um ein Maßnahmenpaket geht. Einzelne Maßnahmen alleine sind als bei weitem nicht ausreichend anzusehen.

Zu erwähnen ist allerdings, dass in der gesamten Simulation keine Verschattungen durch Nachbargebäude berücksichtigt wurden, da diese bei steil stehender Sonne im Sommer nur in unteren Geschossen wirksam sind. Außerdem kann mit dieser Art der Verschattung nur die direkte Strahlung reduziert werden, der diffuse Anteil und die Lufttemperatur bleiben jedoch erhalten.

7.4.1. Ergebnis Best-Practice-Szenario Wohnen

In den Varianten 34 bis 36 wurde eine Kombination von Maßnahmen auf den Standardraum 2 mit Wohnnutzung angewandt: Es wird ein hocheffizienter außenliegender Sonnenschutz eingesetzt, in der Nacht gelüftet und eine Wärmedämmung angebracht. Innen- und Außendämmung sowie die Situation im Jahr 2100 bei optimiertem Maßnahmenpaket werden einander gegenübergestellt.

Variante 34: Standardraum 2 mit hocheffizientem Sonnenschutz $F_c = 0,1$, nächtliche Lüftung mit offenstehenden Fenstern, 5 cm Innendämmung (z. B. Multiporplatte)

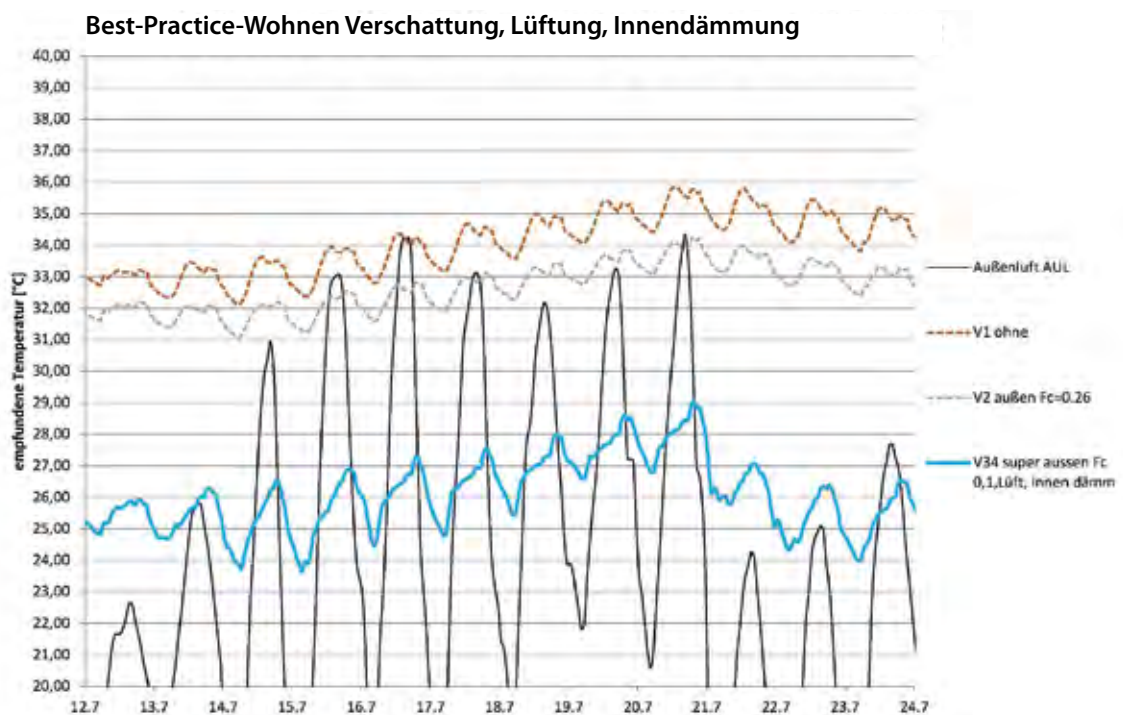


Abb. 66: Simulation Best-Practice-Beispiel Wohnen, Verschattung, Lüftung, Innendämmung

Interpretation:

An Variante 34 kann man erkennen, dass die Temperaturen mit Innendämmung, optimalem Sonnenschutz und Nachtlüftung recht gut im behaglichen Bereich bleiben. In der Nacht kann zu Beginn der Periode noch auf ca. 24° C herunter gekühlt werden, tagsüber steigt die Temperatur aufgrund der trotz Innendämmung noch ausreichenden Speichermassen nur um ca. 2-3° C an, und erreicht am Spitzentag eine Maximaltemperatur von knapp 29° C. In der Nacht jedoch können fast durchgehend 26° C oder weniger erzielt werden.

Variante 35: Standardraum 2 mit hocheffizientem Sonnenschutz $F_c = 0,1$, nächtliche Lüftung mit offenstehenden Fenstern, 15 cm Außendämmung

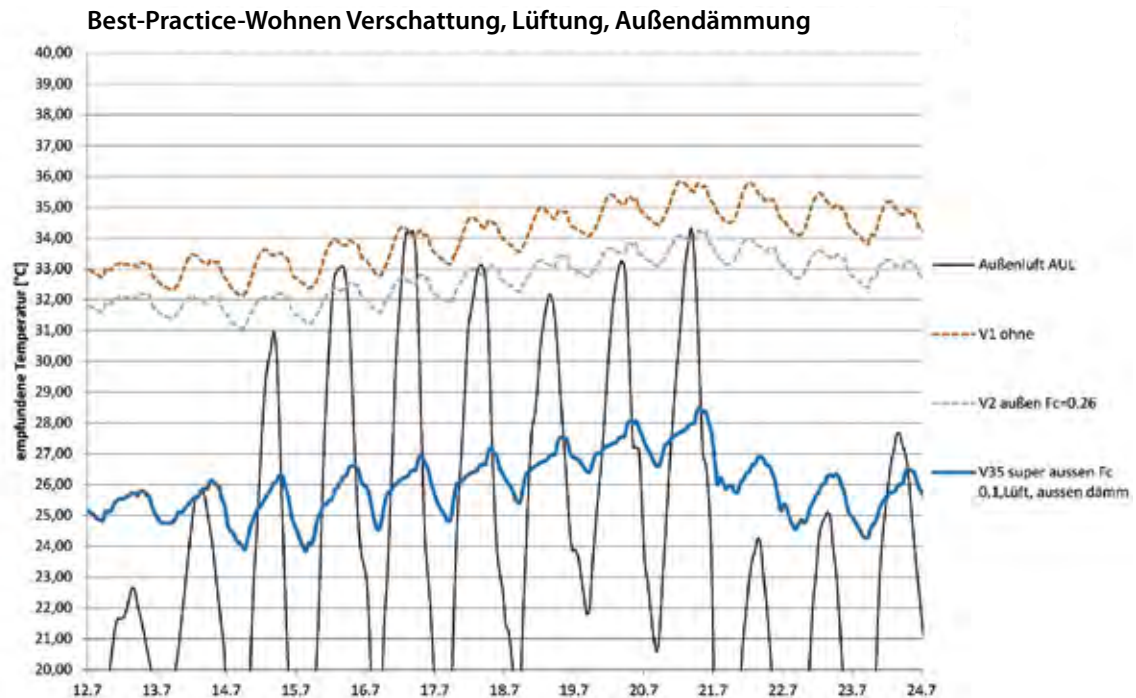


Abb. 67: Simulation Best-Practice-Beispiel Wohnen, Verschattung, Lüftung, Außendämmung

Interpretation:

Mit Außendämmung (Variante 35) können noch etwas bessere Ergebnisse erzielt werden, der Unterschied ist jedoch relativ gering. Der Maximalwert sinkt noch um $0,5^{\circ}\text{C}$, und der Unterschied zwischen Tag und Nacht ist ebenfalls um fast 1°C geringer. Die Steigerung der Temperatur innerhalb der Periode verläuft flacher, was sich vor allem dann positiv auswirkt, wenn Perioden noch länger andauern.

Variante 36: Standardraum 2 mit hocheffizientem Sonnenschutz $F_c = 0,1$, nächtliche Lüftung mit offenstehenden Fenstern, 15 cm Außendämmung, Klima 2100

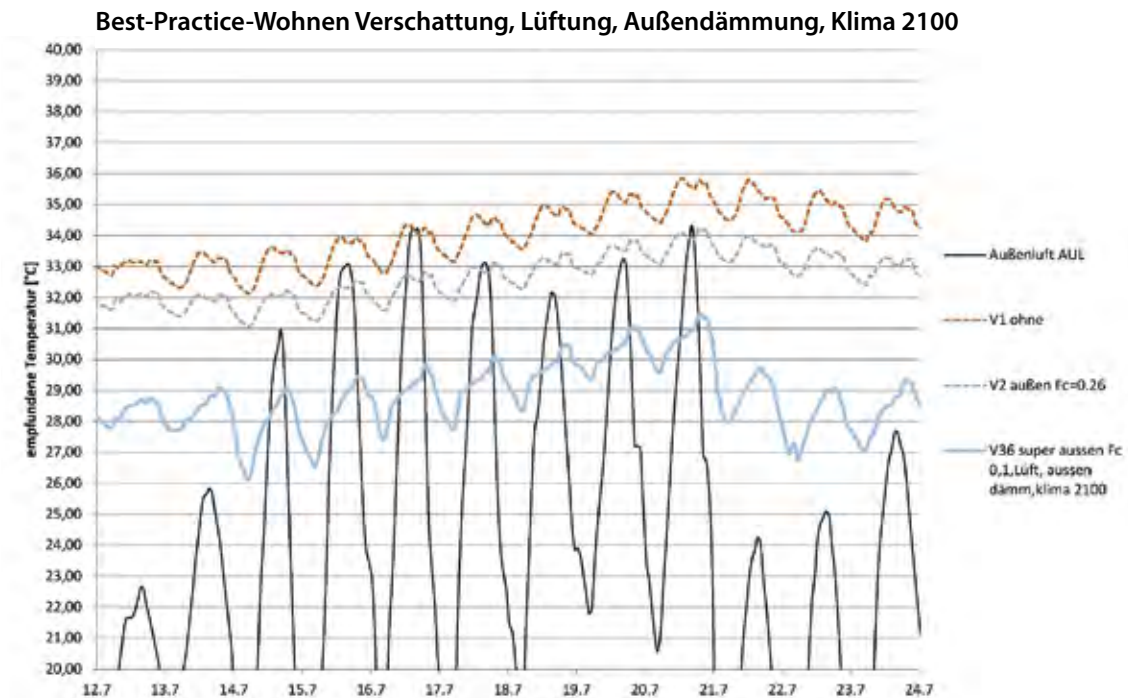


Abb. 68: Simulation Best-Practice-Beispiel Wohnen, Verschattung, Lüftung, Außendämmung, Klima 2100

Interpretation:

In der letzten Variante wurde das Maßnahmenpaket noch mit dem erwarteten Klima von 2100 dargestellt. Die Klimaerwärmung führt dazu, dass die Behaglichkeit eigentlich nicht mehr gegeben ist. Nächtliche Temperaturen von bis zu 30° C erlauben keinen erholsamen Schlaf mehr. Ohne Kühlunterstützung wird das Raumklima in der Zukunft auch in der Wohnnutzung nicht mehr sommertauglich sein. Trotzdem haben die Maßnahmen, die gesetzt werden können, um den Kühlbedarf gering zu halten, große Wirkung.

Wenn im Jahr 2100 an heißen Tagen von 39° C auf 27° C heruntergekühlt werden soll, so kann das beschriebene Best-Practice-Paket davon immerhin zwei Drittel dieser Leistung erfüllen. Vor allem wird man an normalen nicht zu heißen Sommertagen immer noch mit den natürlichen Maßnahmen das Auslangen finden. Nicht mitberücksichtigt ist dabei allerdings, dass bei steigenden Temperaturen auch eine Entfeuchtung notwendig werden wird. Die Maßnahmen Beschatten und Dämmen werden auch 2100 noch wichtig sein, für Kombinationen zwischen mechanischem Kühlen und Nachtlüftung werden allerdings bei zunehmender Entfeuchtungserfordernis noch neue Wege gefunden werden müssen.

7.4.2. Ergebnis Best-Practice-Szenario Büro

In den Varianten 37 bis 39 wurde eine Kombination von Maßnahmen auf den Standardraum 2 mit Büronutzung angewandt: Es wird ein hocheffizienter außenliegender Sonnenschutz eingesetzt, in der Nacht gelüftet und eine Wärmedämmung angebracht. Innen- und Außendämmung sowie die Situation im Jahr 2100 bei optimiertem Maßnahmenpaket werden einander gegenübergestellt.

Variante 12: Vergleichskurve Büro: Standardraum 2 mit Sonnenschutz (mittlere Qualität $F_c = 0,26$), höhere innere Lasten (4 Personen halten sich über die gesamte Anwesenheitsdauer nur in einem Raum auf, zusätzliche Geräte)

Variante 37: Standardraum 2 mit Büronutzung wie zuvor beschrieben, allerdings mit hocheffizientem Sonnenschutz $F_c = 0,1$, nächtliche Lüftung mit offenstehenden Fenstern, 5 cm Innendämmung (z. B. Multiporplatte)

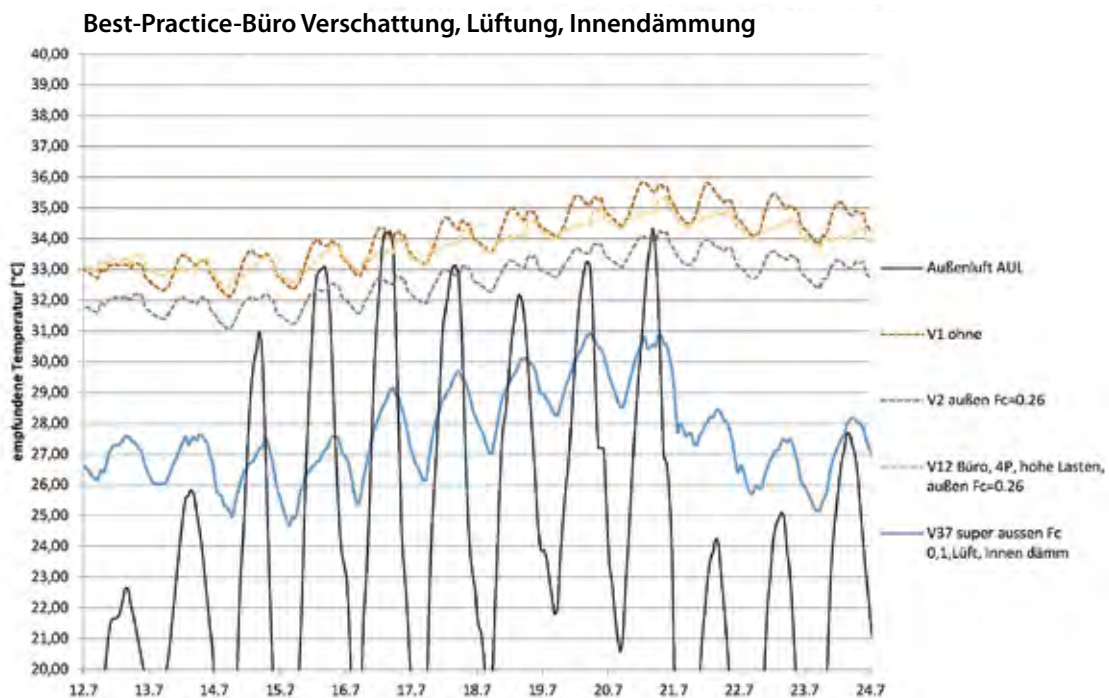


Abb. 69: Simulation Best-Practice-Beispiel Büro, Verschattung, Lüftung, Innendämmung

Interpretation:

In dieser Simulation zeigt sich, dass zwar mit dem Maßnahmenpaket die Temperatur um 4–7° C gesenkt werden kann, dass jedoch die Temperaturen im Raum am kritischsten Tag bis zu 31° C ansteigen und dann auch in der Nacht nicht mehr unter 28° C abkühlen. Für eine intensivere Büronutzung mit 4 Personen auf 25 m² ist also auch heute schon eine Kühlunterstützung erforderlich.

Variante 38: Standardraum 2 mit Büronutzung wie zuvor beschrieben, allerdings mit hocheffizientem Sonnenschutz $F_c = 0,1$, nächtliche Lüftung mit offenstehenden Fenstern, 15 cm Außendämmung

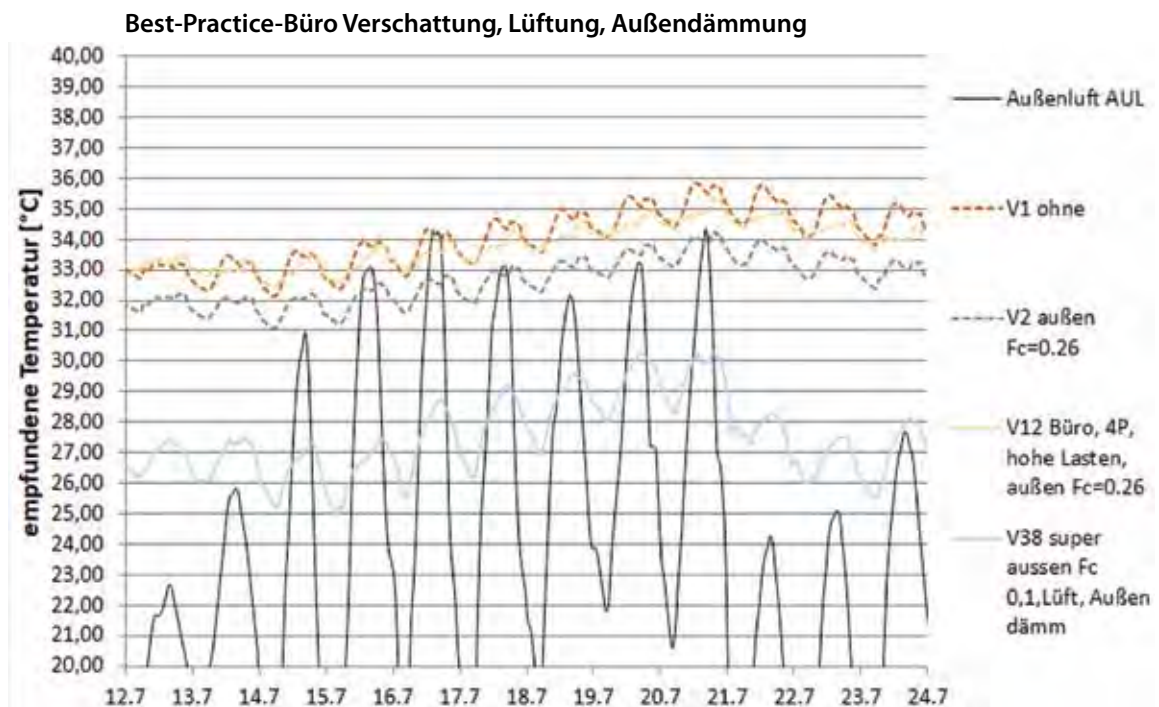


Abb. 70: Simulation Best-Practice-Beispiel Büro, Verschattung, Lüftung, Außendämmung

Interpretation:

In der Büronutzung zeigt sich auch die zusätzliche Wirkung einer Außendämmung stärker, die Temperaturen bleiben ca. noch 1°C geringer, und die Schwankungen Tag Nacht sind kleiner.

Dennoch reicht auch diese Veränderung nicht aus, um tagsüber unter 26°C zu bleiben. Allerdings muss beachtet werden, dass die Innenraumtemperatur normgemäß über 26°C ansteigen darf, wenn sie dabei 5°C unter der Außentemperatur bleibt. Diese Bedingung kann mit der Außendämmung heute fast noch eingehalten werden.

Variante 39: Standardraum 2 mit Büronutzung wie oben beschrieben, allerdings mit hocheffizientem Sonnenschutz $F_c = 0,1$, nächtliche Lüftung mit offenstehenden Fenstern, 15 cm Außendämmung, Klima 2100

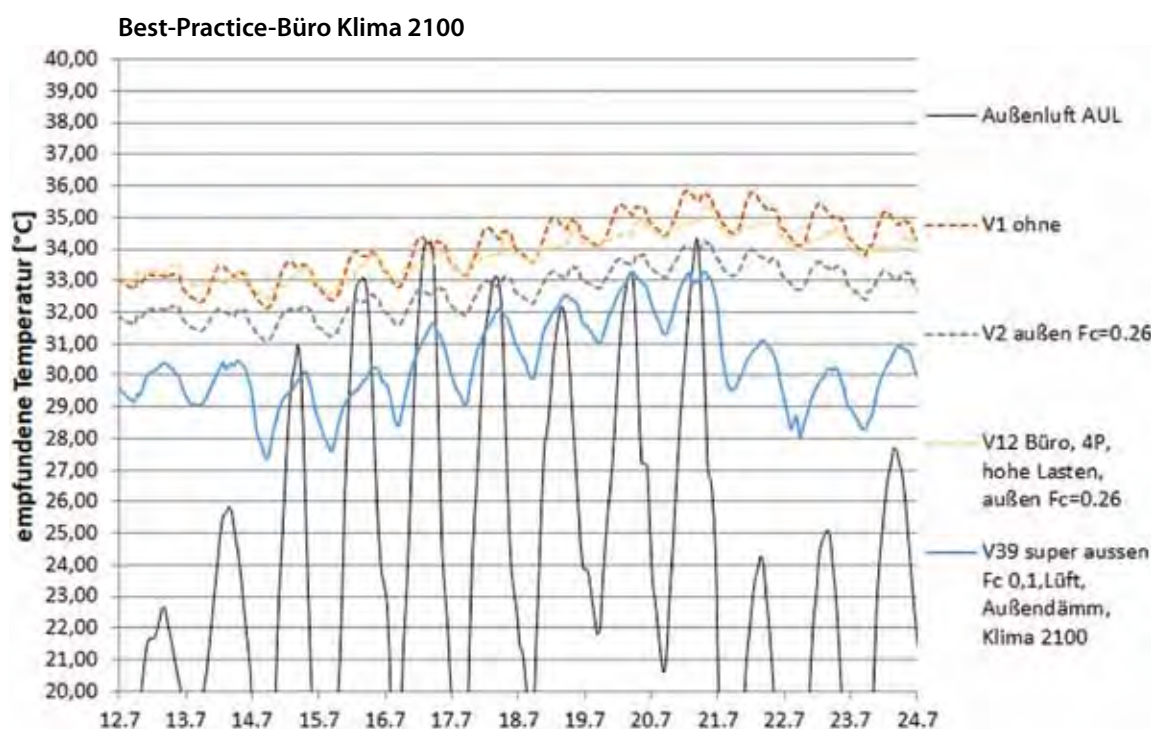


Abb. 71: Best-Practice-Szenario Büro mit Klima 2100

Interpretation:

Abschließend wird noch dargestellt, dass sich vor allem im Büro das wärmere Klima von 2100 noch deutlicher auswirken wird, sodass alle gesetzten Maßnahmen zwar die Klimaerwärmung kompensieren können, aber Temperaturen von 28–33° C jedenfalls eine aktive Kühlung erforderlich machen werden.

Resümee

So vielgestaltig die historischen Fenster sind, so vielgestaltig muss – auch aufgrund der zahlreichen anderen determinierenden Faktoren – der gewählte Sonnenschutz sein.

In unserem Klima ist den jahreszeitlich veränderbaren Systemen grundsätzlich der Vorzug zu geben. Im Winter soll solare Strahlung ins Gebäude gelangen, im Sommer soll sie (zu einem größeren Teil) abgehalten werden.

Wenn Einzelfenster mit Sonnenschutz ausgestattet werden, soll die optische Veränderung so gering wie möglich gehalten werden. Fallarm-, Ausstellmarkisen und Fensterläden sind am besten geeignet, diesen Anforderungen zu entsprechen und historische Beschattungstechniken nachzuempfinden. So attraktiv jedoch diese Formen des Sonnenschutzes für das Stadtbild sein mögen, so begrenzt effizient sind sie teilweise im Hinblick auf die Sonnenschutzwirkung.

Zwar sollten Behänge für eine optimale Sonnenschutzwirkung außen reflektierend beschichtet sein, insgesamt zeigen aber die Simulationen, dass der Einfluss unterschiedlicher Behangqualitäten auf die Raumtemperatur nicht als entscheidend einzuschätzen ist, solange der Sonnenschutz außen liegt, jahreszeitlich veränderbar ist und mit anderen Maßnahmen kombiniert wird.

Daher sollten nach Möglichkeit Sonnenschutzkonzepte immer für ein gesamtes Gebäude entwickelt werden, da so auch zeitgemäße neue und unkonventionelle Wege beschritten werden können. Einige Beispiele für solche neuen Lösungsansätze wurden in der vorliegenden Studie ausgearbeitet.

Neben der Sonnenschutzwirkung sind auch die Einflüsse von Sonnenschutzsystemen auf die Tageslichtversorgung und den Sichtkontakt nach außen zu beachten. Die Durchsicht von innen wird verbessert, wenn ein gewisser „Lochanteil“ gegeben ist und die Sonnenschutzelemente (innen) dunkel gehalten sind.

Eine Kombination aus Sonnenschutz, nächtlicher Lüftung und Wärmedämmung ist erforderlich, wenn signifikante Absenkungen der Temperatur das Ziel sind. Bei Nutzungen mit vielen Personen (Bildungseinrichtungen) oder hohen inneren Lasten (Büros) ist in Hitzeperioden auch dieses Maßnahmenpaket nicht ausreichend.

Insgesamt kann Sonnenschutz in unserem Klima nur ein Teil der Lösung auf dem Weg zu komfortablen Sommertemperaturen im Innenraum sein. Dennoch reduziert jede Sonnenschutzmaßnahme den Gesamtkühlbedarf und ist daher ein wesentlicher Faktor.

Begriffserklärungen

BUS-System: BUS ist die Abkürzung für das „Binary Unit System“. Dieses System dient innerhalb eines Netzwerks für die Übertragung von Daten zwischen den einzelnen Teilnehmern. Dieses Versenden von Nachrichten erfolgt über einen gemeinsamen Übertragungsweg, wobei die einzelnen Datenübertragungen jedoch klar voneinander getrennt sind.

Diffuse Solarstrahlung: Bei der diffusen Strahlung wird das Sonnenlicht aufgrund von Nebel, Dunst oder Wolken gestreut und trifft aus verschiedenen Richtungen auf die Erdoberfläche auf.

Direkte Solarstrahlung: Bei der direkten Strahlung erreichen die Sonnenstrahlen die Erdoberfläche ohne Streuung.

Ensembleschutz: Im Bereich des Denkmalschutzes wird der Begriff Ensembleschutz oder Gesamtanlage verwendet für bauliche Gruppen, die aufgrund ihres Zusammenspiels als erhaltungswürdig erachtet werden und geschützt werden sollen. Auch wenn die einzelnen Gebäude kein Denkmal sind, kann das Gebäudeensemble unter Ensembleschutz stehen.

Falzausbildung: Unter Falzausbildung versteht man die an drei Seiten umlaufende zurückgesetzte Kantenausbildung (links, rechts und oben), mit der das Türblatt oder der Fensterflügel an den Rahmen anschließt. Der Falz wird dabei sowohl im Flügel als auch im Rahmen ausgebildet.

Fassadenbündig bzw. frontbündig: Lage eines Elementes – z. B. eines Fensters – in der Weise zur Fassade, dass die Außenkante des Elementes mit der aussenkante der Fassade (auch als Front bezeichnet) in gleicher Ebene liegt und nicht davor oder dahinter.

Fc-Wert: beschreibt den Abminderungsfaktor einer Sonnenschutzvorrichtung. Der Abminderungsfaktor ist ein Zahlenwert zwischen Null und Eins, er steht auch in Abhängigkeit vom verwendeten Glas. Je geringer der Wert, umso größer ist die Abminderung der Sonneneinstrahlung durch den Sonnenschutz.

Gewände: Das Gewände oder die Ausschrägung ist die schräg in das Mauerwerk geschnittene, seitliche Begrenzung eines Portals, eines Fensters oder einer Schießscharte, im Unterschied zur senkrecht geschnittenen Leibung.

Globalstrahlung: Unter Globalstrahlung versteht man die gesamte an der Erdoberfläche auf eine horizontale Empfangsfläche auftreffende Solarstrahlung. Sie setzt sich zusammen aus der auf direktem Weg eintreffenden Solarstrahlung, der Direktstrahlung, und der kurzwelligen Diffus Strahlung, welche die Erdoberfläche über Streuung an Wolken, Wasser- und Staubteilchen erreicht.

G-Wert: Der Energiedurchlassgrad (auch g-Wert, engl. Solar Heat Gain Coefficient, SHGC) ist ein Maß für die Durchlässigkeit von transparenten Bauteilen für Energie. Dieser gibt an, welcher prozentuale Anteil der Energie durch z. B. Sonneneinstrahlung nach innen gelangen kann und dort zur Erwärmung beiträgt. Der g-Wert als Gesamtenergiedurchlassgrad ist die Summe aus der direkten Transmission solarer Strahlung, sowie der sekundären Wärmeabgabe nach innen durch Strahlung und Konvektion. Verlust entsteht durch Reflexion oder Absorption vom oder am transparenten Bauteil. Der g-Wert nimmt Werte zwischen 0 und 1 ein. Ein g-Wert von 0,7 gibt an, dass 70 % der einstrahlenden Energie durchgelassen wird.

Isolierglas: Isolierglas besteht aus mindestens zwei Glasscheiben, die durch einen hermetisch abgeschlossenen Scheibenzwischenraum (SZR) getrennt sind und nur durch den Randverbund zusammengehalten werden. Der SZR ist luft- oder gasgefüllt.

Als „altes Isolierglas“ werden umgangssprachlich Gläsern aus den Anfängen der Isolierglasherstellung (60iger, frühe 70iger Jahre) bezeichnet, die jedenfalls luftgefüllt waren und bei denen manchmal der Randverbund noch nicht ausreichend dauerhaft ausgeführt war.

Kämpfer: Die waagrechte Unterteilung eines Fensters.

Leibung: die Mauerfläche, die der Fensteröffnung seitlich, links und rechts, zugewandt ist. Oben ist der Fenstersturz, unten die Fenstersohle.

Operative Temperatur (empfundene Temperatur): die operative Temperatur beinhaltet den Einfluss der örtlichen Umschließungsflächentemperatur und der örtlichen Raumtemperatur. Sie lässt sich vereinfacht als Mittelwert zwischen örtlichen Strahlungstemperaturen und der Lufttemperatur beschreiben und ist in der EN ISO 7730 genauer definiert.

Pfostenstock: Bei einem Pfostenstock (im Unterschied zur Zarge) wird der Tür- oder Fensterrahmen aus einem einfachen rechteckigen Holz gebildet. Durch Anschlagen von je einer eingerückten Leiste auf jeder Seite wird der notwendige Anschlag oder Falz für die Türe (das Fenster) gebildet.

Psi-Wert: Zur Berechnung des thermischen Wertes U_w (Fenster + Glas), ist der Psi-Wert ein Wert der berücksichtigt werden soll. Dieser ist vom Isolierglasabstandhalterttyp und Fensterrahmentyp abhängig. Der Psi-Wert wird ebenfalls dadurch beeinflusst, ob es sich um 2-fach oder 3-fach Isolierglas handelt.

U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient): Der U-Wert ist ein Maß für den Wärmestromdurchgang durch eine Materialschicht, wenn auf beiden Seiten verschiedene Temperaturen herrschen. Er gibt die Energiemenge an, die pro Fläche fließt, wenn sich die beidseitig anliegenden Lufttemperaturen unterscheiden. Im Allgemeinen hängt der U-Wert von Fenstern von dem Rahmenmaterial, der Verglasung und der Dichtigkeit ab. Bei dem U-Wert bei Fenstern unterscheidet man drei unterschiedliche Wärmedurchgangskoeffizienten.

Ug-Wert: Der Ug-Wert ist der U-Wert der Verglasung Teil des U_w - Werts (w steht für ‚window‘). Der Wärmedurchgangs-koeffizient (U) ist hier auf ein spezifisches Bauteil bezogen, in diesem Fall gibt er den messbaren Wärmedurchgang von Luft durch Fensterglas an (g für ‚glazing‘). Der Ug-Wert wird wie auch der Gesamtwert U_w in $W/(m^2K)$ gemessen, also in Watt pro Quadratmeter mal Kelvin.

Uf-Wert: Der Uf-Wert bezeichnet den U Wert für den Fensterrahmen. Das f steht dabei für das englische Wort frame = Rahmen. Bei der Berechnung werden ausschließlich die konstruktiven Merkmale der Fensterrahmen (Baumaterial, Verarbeitung, Technik) berücksichtigt. Die Werte für die Verglasung bleiben außer Ansatz.

Uw- Wert: U window - der U Wert des gesamten Fensters. In ihn fließen die Werte für den Fensterrahmen und die Verglasung mit ein.

Wärmeschutzglas: Ein Wärmeschutzglas ist ein Isolierglas mit einer zum Scheibenzwischenraum hin beschichteten Glasseite. Diese Beschichtung dient dazu die Wärme im Raum zu behalten, in dem die Beschichtung (als Low-e-Beschichtung bezeichnet) kurzwellige Strahlung hindurch lässt und langwellige reflektiert. Mit dieser Beschichtung wird der U Wert des Isolierglases gesenkt.

Abbildungsverzeichnis:

- Abb. 1: Freyung auf historischer Postkarte
Quelle: Bundesdenkmalamt - Abteilung für Wien
- Abb. 2: Historische Ansichten – Quelle: Bundesdenkmalamt – Abteilung für Wien
- Abb. 3: Konstruktion des Kastenfensters mit Außenansicht – Quelle: „Wiener Fenster – Gestaltung und Erhaltung“, Werkstattbericht 140 der Stadtentwicklung Wien, 2014
- Abb. 4: Gegenüberstellung des solaren Eintrags auf einer Nord- und einer Südfassade; Simulation aus der Planung des Bürogebäudes energy base, Quelle: TU Graz, 2006
- Abb. 5: Raffstore – Quelle: Firma Warema
- Abb. 6: Jalousie mit S-Lamellen – Quelle: Firma Griesser
- Abb. 7: Rollläden – Quelle: Firma Warema
- Abb. 8: Senkrechtmarkise – Quelle: Firma Warema
- Abb. 9: Klappläden – Beispielfoto – Quelle: Firma Metra
- Abb. 10: Klappläden Detail - Quelle: Firma Metra
- Abb. 11: Faltladen System Standard 30 – Quelle: Firma Baier bewegt
- Abb. 12: Schiebefaltbalken (Schönaugasse, Graz) – Foto: © paul ott / Architektur Strobl ZT GmbH / Produkt der Firma Blank/Lustenau
- Abb. 13: Schiebefaltbalken im geöffneten Zustand (Schönaugasse, Graz) – Foto: © paul ott / Architektur Strobl ZT GmbH / Produkt der Firma Blank/Lustenau
- Abb. 14: Makroaufnahme des Prototyps des innovativen Sonnenschutzes (durch Spannung entstehen Öffnungen, die Licht durchlassen). Foto: Sandra Junker / TU Darmstadt; <https://www.architekturzeitung.com/innovation/96-fassade/3778-tu-darmstadt-entwickelt-sonnenschutz-mit-textilen-gelenken.html>
- Abb. 15: Fallarmmarkisen (Lenaugasse 10, Wien) - Foto: Wohnfonds Wien
- Abb. 16: Fallarmmarkisen (Mariahilfer Straße 182, Wien) – Planung / Foto: Architekturbüro trimmel wall architekten ZT GmbH
- Abb. 17: Senkrechtmarkisen (Leipziger Platz, Wien) – Fotos: C. Prinz – Brandenburg (Stadt Wien, MA19)
- Abb. 18: Beschattungselemente am Kunsthistorischen Museum Wien – Planung / Grafiken / Fotos: Knauer Architekten
- Abb. 19: Bewertungsmatrix Sonnenschutzsysteme - pos architekten
- Abb. 20, 21, 22: Varianten zu Kastenfenster hinter einem Gewände – Fotos: pos architekten
- Abb. 23: Kastenfenster mit Gewände – Quelle: pos architekten
- Abb. 24, 25, 26: Fassadenbündige Kastenfenster mit nach außen aufgehenden Fensterflügeln – Fotos: pos architekten
- Abb. 27: Kastenfenster: Fenster fassadenbündig (Öffnungsrichtung außen/innen) – Quelle: pos architekten
- Abb. 28, 29, 30: Fassadenbündige Kastenfenster mit nach innen aufgehenden Fenstern – Fotos: pos architekten
- Abb. 31: Kastenfenster: Fenster fassadenbündig (i/i) – Quelle: pos architekten
- Abb. 32, 33, 34: Diverse Rundbogenfenster – Fotos: pos architekten
- Abb. 35: Rundbogenfenster – Quelle: pos architekten
- Abb. 36: Kasten-Iso-Fenster – Quelle: pos architekten
- Abb. 37: Neues 3 Scheiben-Fenster mit Gewände – Quelle: pos architekten
- Abb. 38: Senkrechtmarkise in Leibung – Quelle: pos architekten
- Abb. 39: Fallarmmarkise - Fensterflügel nach außen öffnend – Quelle: pos architekten
- Abb. 40: Blumenkiste mit Rankstäben – Quelle: pos architekten
- Abb. 41: Fix-Screen auf Flügel – Quelle: pos architekten
- Abb. 42: Rundbogenfenster mit Fix-Screen oben und Markise im Kämpferbereich – Quelle: pos architekten
- Abb. 43: Rahmen mit Rollläden in Leibung – Quelle: pos architekten

- Abb. 44: Rahmen mit Raffstore in Leibung – Quelle: pos architekten
- Abb. 45: Rahmen mit Senkrechtmarkise in Leibung – Quelle: pos architekten
- Abb. 46, 47: Geeignete Ausgangssituationen für Faltläden– Fotos: pos architekten
- Abb. 48: Holzläden faltbar – Quelle: pos architekten
- Abb. 49: Markise vor Kämpfer, Oberlicht Klapppladen – Quelle: pos architekten
- Abb. 50: Rundbogenfenster mit Lamellen oben + Markise im Kämpferbereich –
Quelle: pos architekten
- Abb. 51: Kasten-Iso-Fenster mit neuer Proportion – Quelle: pos architekten
- Abb. 52: Markise hinter Gewände mit Stockaufdopplung – Quelle: pos architekten
- Abb. 53: Kasten-Iso-Fenster mit Klapppläden – Quelle: pos architekten
- Abb. 54: Sonnenschutzvarianten für unterschiedliche Ausgangssituationen –
Übersichtstabelle - Quelle: pos architekten
- Abb. 55: Simulation der Ausgangsvarianten
Quelle: IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH
- Abb. 56: Simulation des Einflussfaktors Raumgröße - kleinerer Raum
Quelle: IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH
- Abb. 57: Simulation des Einflussfaktors Raumgröße - größerer Raum
Quelle: IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH
- Abb. 58: Simulation des Einflussfaktors Orientierung
Quelle: IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH
- Abb. 59: Simulation des Einflussfaktors Gebäudenutzung
Quelle: IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH
- Abb. 60: Simulation des Einflussfaktors Nutzungsverhaltens
Quelle: IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH
- Abb. 61: Simulation des Einflussfaktors außen liegender Sonnenschutz
Quelle: IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH
- Abb. 62: Simulation des Einflussfaktors zwischen und innen liegender Sonnenschutz
Quelle: IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH
- Abb. 63: Simulation des Einflussfaktors Nachtlüftung –
Quelle: IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH
- Abb. 64: Simulation des Einflussfaktors Innendämmung –
Quelle: IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH
- Abb. 65: Simulation Einflussfaktors der Klimaentwicklung –
Quelle: IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH
- Abb. 66: Simulation: Best Practice Beispiel – Wohnen, Verschattung, Lüftung, Innendämmung –
Quelle: IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH
- Abb. 67: Simulation: Best Practice Beispiel – Wohnen, Verschattung, Lüftung, Außendämmung –
Quelle: IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH
- Abb. 68: Simulation Best Practice Beispiel – Wohnen, Verschattung, Lüftung, Außendämmung,
Klima 2100– Quelle: IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH
- Abb. 69: Simulation: Best Practice Beispiel – Büro, Verschattung, Lüftung, Innendämmung –
Quelle: IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH
- Abb. 70: Simulation: Best Practice Beispiel – Büro, Verschattung, Lüftung, Außendämmung –
Quelle: IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH
- Abb. 71: Simulation: Best Practice – Büro, Klima 2100
Quelle: IBO – Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH

Quellenverzeichnis

Bernard, Erich:

„Wiener Fenster - Gestaltung und Erhaltung“; im Auftrag der Stadt Wien, Magistratsabteilung 19, Wien 2014. Eigenverlag

Fanger, Ole Poul:

„Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering“, McGraw-Hill, New York 1970

Wyon, David P.:

„The effects of indoor air quality on performance and productivity“, Indoor air Jahrgang 14 Heft 1, S. 92-101, Kopenhagen 2004

Gerstmann, Johann:

„Planungsleitfaden Sonnenschutz - Österreichische Rahmenbedingungen für die Planung von Sonnen- und Blendschutz-Anlagen hinsichtlich Energieeffizienz, Komfort, Gesundheit und Umwelt“; im Auftrag des Bundesverbandes Sonnenschutztechnik Österreich (BVST); Wien 2013. Eigenverlag

Standaert, Piet:

„Energy Saving and Co2 Reduction Potential from Solar Shading Systems and Shutters in the EU-25“; im Auftrag der European Solar Shading Organization (ES-SO), Maldegem, Belgien 2005. Eigenverlag

Varga, Márton; Gerstmann, Johann; Kuh, Christoph und Hofer, Gerhard:

„Sonnenschutz! Voraus - Verschattungssysteme und Blendschutz richtig eingesetzt“; im Auftrag der Stadt Wien, Magistratsabteilung 20, Wien 2013. Eigenverlag

aktivbau.at :

„Rollläden oder Raffstore? Die Vorteile und Nachteile im Überblick, <<https://aktivbau.at/rollladen-oder-raffstore-die-vorteile-und-nachteile-im-ueberblick/>>, Stand: 06.07.2020.

Firma WAREMA Austria GmbH

<<https://www.warema.at/>>, Stand: 06.07.2020.

„Lichtlenk -Systeme – Tageslicht optimal genutzt“, <<https://www.warema.at/lichtlenk-systeme/index.php>>, Stand: 06.07.2020.

Firma Serge Ferrari

„Markisen - Flexible und innovative Compositmaterialien“, <<https://www.sergeferrari.com/de-de>>, Stand: 06.07.2020.

Firma Heydebreck GmbH:

„Holzrollläden“, <https://heydebreck.com/produkte/holzrolllaeden/?gclid=EAlaIqObChMI9Kev7e2Q6AIVhsCyCh1tZA64EAMYASAAEgJna_D_BwE>, Stand: 06.07.2020.

Firma Metra SpA:

„Fenster und Türen“, <<http://www.metra.it/building/DE/fenster-und-t%C3%BCren-4.aspx>>, Stand: 06.07.2020.

Firma Griesser:

Katalog „Klappläden konventionell“, <<https://pdf.archiexpo.de/pdf/griesser/klapplaeden-konventionell-griesser/56223-247250.html>>, Stand: 06.07.2020.

Firma A. BLANK GmbH & Co. KG:

„Fensterläden und Schiebeläden“,
<<https://www.blank.at/fensterlaeden-in-oesterreich>>, Stand: 06.07.2020.

Firma Baier GmbH:

„Schiebeläden- beweglich und verstellbar“,
<<https://www.baier-gmbh.de/de/>>, Stand: 06.07.2020.

Firma BLINOS GmbH:

„Das Außenrollo – Das einzige Außenrollo zum Klemmen“, <<https://blinos.at/>>, Stand: 06.07.2020.

Firma MULTIFILM Sonnen- und Blendschutz GmbH:

„Folienrollos für Gewerbe- & Bürogebäude“, <<https://www.multifilm.de/>>, Stand: 06.07.2020.

**Prof. Stefan Schäfer, – Institut für Konstruktives Gestalten und Baukonstruktion /
Technische Universität Darmstadt,**

„Variabler Sonnenschutz aus perforierten Textilien“, <https://www.kgbauko.tu-darmstadt.de/forschung_6/aktuelleforschungsvorhaben_2/variabler_sonnenschutz/variable_sun_protection.de.jsp>, Stand: 06.07.2020.

Firma HAVERKAMP GmbH

OPALFILM® Nanoceramic : Sonnenschutzfolien : Fensterfolien : Architektur, <<https://www.haverkamp.de/de/sonnenschutz-und-folientechnologie/architektur/fensterfolien/sonnenschutzfolien>>, Stand: 09.07.2020.

Pont, Ulrich; Proskurnina, Olga und Mahdavi, Ardeshir:

„Das Potential von Vakuumgläsern für Bestand und Neubau: Empirische, messtechnische und simulationsgestützte Annäherung an entsprechende Architekturdetaillierung“ in „querschnitt“, Publikation zum Forschungstag 2016/17 der Fakultät für Architektur und Raumplanung, Wegweisungen 19; TU Wien Fakultät für Architektur und Raumplanung, Wien 2017. Eigenverlag

Impressum

Eigentümerin und Herausgeberin

Stadt Wien – Architektur und Stadtgestaltung

Autorin

Ursula Schneider,
pos sustainable architecture

TRNSYS – Simulationen

Österreichisches Institut für Bauen und Ökologie GmbH

Redaktion

Claudia Prinz – Brandenburg
Stadt Wien – Architektur und Stadtgestaltung

Fotos

siehe Abbildungsverzeichnis, © Dieter Steinbach (Foto von Fr. StRin Sima)

Grafische Gestaltung

Atelier Unterkircher Jankoschek

Lektorat

Ernst Böck

Technische Koordination

Willibald Böck
Stadt Wien – Stadtentwicklung und Stadtplanung

Druck

Druckerei der Stadt Wien

© Stadt Wien – Architektur und Stadtgestaltung, 2021

Werkstattbericht Nr. 186

ISBN 978-3-903003-65-1

