



Energy Savings & Comfort

ENERGY SAVING AND CO₂ REDUCTION POTENTIAL FROM SOLAR SHADING SYSTEMS AND SHUTTERS IN THE EU-25

(ESCORP-EU25)

A scientific study about the effects of solar shading on energy use and comfort.
Reducing the use of fossil energy means reducing carbon emissions in the atmosphere and reducing our dependence on imported sources of energy.
Passive cooling – as opposed to artificial cooling with electric energy – is a responsible and smart way to deal with overheating in summer.
Solar shading is a large part of the answer.

A RESEARCH PROJECT COMMISSIONED BY ES-SO, THE EUROPEAN SOLAR SHADING ORGANIZATION

Deutsche Fassung !

© Copyright ES-SO 2006

The content of this report is protected by intellectual property laws. Text and image files and other content of this report are the property of ES-SO European Solar Shading Organization and are protected by copyright. ES-SO expressly prohibits the copying of any protected materials, except for the purposes of 'fair use', which includes the use of protected materials for non-commercial educational purposes, such as teaching, research, criticism, commentary, and news reporting. In such cases, users must cite the author and source. The citation must include all copyright information and other information associated with the content and none of the content may be altered or modified.

ENERGIEEINSPARUNGS- UND CO₂- REDUKTIONSPOTENZIAL VON SOLAREN VERSCHATTUNGSSYSTEMEN UND FENSTERLÄDEN IN DER EU-25

ESCORP-EU25 BERICHT 2005_09A_ES-SO

Titel: ENERGIEEINSPARUNGS- UND CO₂-REDUKTIONSPOTENZIAL VON
SOLAREN VERSCHATTUNGSSYSTEMEN UND FENSTERLÄDEN
IN DER EU-25

Studie beauftragt von ES-SO, European Solar Shading Organization
Kontakte: Dr. Georges Timmermans, strategischer Berater, gti@skynet.be
Lic. Ing. Dick Dolmans, dick.dolmans@helioscreen.be
Secretary General ES-SO/Generalsekretär ES-SO (www.es-so.org)

Studie erstellt von PHYSIBEL
Dr.ir. Piet Standaert
Heirweg 21 B-9990 Maldegem
Tel. +32 50 711432 Fax +32 50 717842 mail@physibel.be

Datum Dezember 2005

EINLEITUNG

Sonnenschutzblenden und Fensterläden tragen auf zweierlei Weise zur Reduktion des Energiebedarfs von Gebäuden bei:

- Im Winter reduzieren sie auf Grund einer bei geschlossenem Zustand erzielten zusätzlichen Wärmebeständigkeit den Heizenergiebedarf.
- Im Sommer reduzieren sie durch Vermeidung überflüssiger solarer Wärmegewinne den Kühlenergiebedarf.

Die Energiebedarfsreduktion und die entsprechende CO₂-Reduktion werden mittels sog. Gebäudesimulationen quantifiziert, d.h. mittels zahlenmäßiger Simulationen des Wärmetransfers in Gebäuden unter realen Klimabedingungen und unter Zugrundelegung realer Benutzerprofile. Die Simulationen entsprechen den EU- und ISO-Standards. Zahlreiche Parameter beeinflussen das thermische Verhalten eines Gebäudes: Klima, Fassade, Dach- und Bodenaufbau, seine Ausrichtung, sein Verwendungszweck und vieles mehr. Die Simulationen werden für eine Reihe von repräsentativen Parameter-Kombinationen durchgeführt, was eine Vorausberechnung der Energiebedarfsreduktion für den Gebäudebestand der EU durch den Einsatz von Sonnenschutzblenden und Fensterläden ermöglicht.

GEBÄUDESIMULATIONS-PARAMETER

Jedes Gebäude hat ein auf Grund der Vielzahl der einwirkenden Parameter einzigartiges Wärme- und Energieverhalten. Allerdings wird bei näherer Betrachtung der Auswirkung von Sonnenschutzblenden und Fensterläden auf den Energiebedarf von Gebäuden deutlich, dass einige Parameter wichtiger und andere weniger wichtig sind. Bei den Gebäudesimulationen werden für die weniger wichtigen Parameter feste Werte zu Grunde gelegt, während für 7 wichtige Parameter repräsentative Werte – wie nachfolgend beschrieben – ausgewählt werden.

- 1) Zu Grunde gelegt wird ein Raum mit den Maßen 5 m x 5 m x 3 m.

2 Lagetypen werden untersucht (Abb. 1):

B1: 1 Außenfassade, 3 Innenraum-Wände, ein Innenraum-Fußboden und eine Innenraum-Deckenwand

B2: 2 Außenfassaden, 2 Innenraum-Wände, ein Innenraum-Fußboden, ein hälftiges außen liegendes Dach und eine hälftige Innenraum-Deckenwand.

Der erste Typ ist charakteristisch für einen Raum in einem Wohnblock oder einen Büroraum in einem großen Gebäude, während der zweite Typ charakteristisch ist für ein Büro in einem Gebäude mit geringer Dichtigkeit, aber auch für einen Raum in einem allein stehenden Haus. Ausgehend von einem Lochstein-Mauerwerk in Wänden und Böden wird ein mittleres Wärmespeichungsvermögen des Raums zu Grunde gelegt. Die Struktur aller Wände und Böden wird in Abb. 2 beschrieben.

Der Fensterausschnitt in den Außenfassaden ist jeweils 4,5 m² groß (18 % der Bodenfläche).

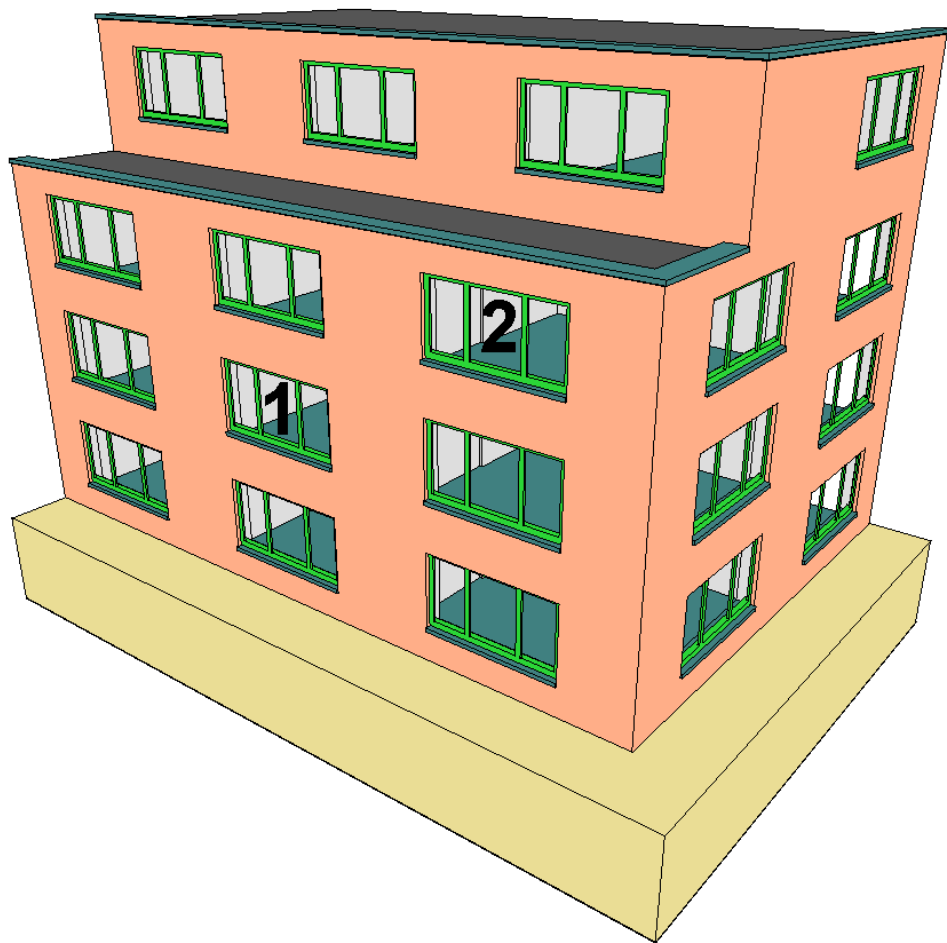


Abb. 1. Lagetypen 1 und 2.

cavity_wall_1.CWT																	
side1 ==> side2											side 1			side 2			
No.	Name	Type	Pat	d [m]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	ρ [kg/m³]	c [J/kgK]	Nu [-]	hrb [W/m²K]	τ_s [-]	s1ir [-]	p1s [-]	a1s [-]	s2ir [-]	p2s [-]	a2s [-]
1	brickwork_1800	NORMAL		0.09	0.900	0.100	1800	850	-	-	0	0.90	0.40	0.60	0.00	0.00	1.00
2	insulation	NORMAL		0.06	0.035	1.714	40	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
3	brickwork_1200	NORMAL		0.14	0.450	0.311	1200	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
4	gypsum layer	NORMAL		0.015	0.500	0.030	1300	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.90	0.70	0.30
dtot=0.305 m, Rtot=2.155 m²K/W											with [h1=25.0 W/m²K, h2=7.7 W/m²K] U=0.43 W/m²K, g=0.00						

half_wall_1.CWT																	
side1 ==> side2											side 1			side 2			
No.	Name	Type	Pat	d [m]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	ρ [kg/m³]	c [J/kgK]	Nu [-]	hrb [W/m²K]	τ_s [-]	s1ir [-]	p1s [-]	a1s [-]	s2ir [-]	p2s [-]	a2s [-]
1	gypsum layer	NORMAL		0.015	0.500	0.030	1300	850	-	-	0	0.90	0.70	0.30	0.00	0.00	1.00
2	brickwork_1200	NORMAL		0.07	0.450	0.156	1200	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.90	0.00	1.00
dtot=0.085 m, Rtot=0.186 m²K/W											with [h1=25.0 W/m²K, h2=7.7 W/m²K] U=2.81 W/m²K, g=0.00						

flat_roof_1.CWT																	
side1 ==> side2											side 1			side 2			
No.	Name	Type	Pat	d [m]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	ρ [kg/m³]	c [J/kgK]	Nu [-]	hrb [W/m²K]	τ_s [-]	s1ir [-]	p1s [-]	a1s [-]	s2ir [-]	p2s [-]	a2s [-]
1	bitumen	NORMAL		0.015	0.200	0.075	1000	1700	-	-	0	0.90	0.10	0.90	0.00	0.00	1.00
2	insulation	NORMAL		0.06	0.035	1.714	40	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
3	concrete_1600	NORMAL		0.05	0.850	0.059	1600	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
4	vaults	NORMAL		0.14	0.450	0.311	1200	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
5	gypsum_layer	NORMAL		0.015	0.500	0.030	1300	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.90	0.70	0.30
dtot=0.280 m, Rtot=2.189 m²K/W											with [h1=25.0 W/m²K, h2=7.7 W/m²K] U=0.42 W/m²K, g=0.00						

half_floor_1.CWT																	
side1 ==> side2											side 1			side 2			
No.	Name	Type	Pat	d [m]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	ρ [kg/m³]	c [J/kgK]	Nu [-]	hrb [W/m²K]	τ_s [-]	s1ir [-]	p1s [-]	a1s [-]	s2ir [-]	p2s [-]	a2s [-]
1	hard limestone	NORMAL		0.015	2.100	0.007	2350	840	-	-	0	0.90	0.40	0.60	0.00	0.00	1.00
2	concrete_1600	NORMAL		0.05	0.850	0.059	1600	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
3	vaults	NORMAL		0.04	0.450	0.089	1200	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
dtot=0.105 m, Rtot=0.155 m²K/W											with [h1=25.0 W/m²K, h2=7.7 W/m²K] U=3.08 W/m²K, g=0.00						

half_ceiling_1.CWT																	
side1 ==> side2											side 1			side 2			
No.	Name	Type	Pat	d [m]	λ [W/mK]	R [m²K/W]	ρ [kg/m³]	c [J/kgK]	Nu [-]	hrb [W/m²K]	τ_s [-]	s1ir [-]	p1s [-]	a1s [-]	s2ir [-]	p2s [-]	a2s [-]
1	vaults	NORMAL		0.1	0.450	0.222	1200	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
2	gypsum_layer	NORMAL		0.015	0.500	0.030	1300	850	-	-	0	0.00	0.00	1.00	0.90	0.70	0.30
dtot=0.115 m, Rtot=0.252 m²K/W											with [h1=25.0 W/m²K, h2=7.7 W/m²K] U=2.37 W/m²K, g=0.00						

Abb. 2. Wand- und Bodenstruktur und Materialeigenschaften.

cavity wall = Hohlwand
side 1 = Seite 1
side 2 = Seite 2
No. = Nr.
Name = Name
Type = Typ
Pat (Pattern) = Struktur
brickwork = Mauerwerk
Normal = Normal
insulation = Dämmung
gypsum layer = Gips schicht
with = mit
half wall = hälftige Wand
flat roof = Flachdach

bitumen = Bitumen
concrete = Beton
vaults = Gewölbe
half floor = hälftiger Boden
hard limestone = harter Kalkstein
half ceiling = hälftige Deckenwand

- 2) 2 Ausrichtungen werden untersucht:
 SW: Süd-West für die 1. Außenfassade, Nord-West für die 2. Außenfassade.
 NE: Nord-Ost für die 1. Außenfassade, Süd-Ost für die 2. Außenfassade.
- 3) 2 Benutzerprofile werden untersucht:
 U1: Wärmekomfort-Bedarf und 5 W/m^2 interner Gewinn von 8.00 bis 22.00 Uhr an 7 Tagen pro Woche,
 U2: Wärmekomfort-Bedarf und 25 W/m^2 interner Gewinn von 9.00 bis 18.00 Uhr an 5 Tagen pro Woche.
 Das erste Benutzerprofil ist charakteristisch für eine Wohnung, das zweite für ein Büro.
 Das eingesetzte Wärmekomfort-Kontrollsystem wird genauer beschrieben.
- 4) 2 Fenstertypen (Rahmen + Verglasung) werden untersucht (vgl. Tabelle 1):
 W 1: Fenster mit Wärmedurchgang $U = 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ und Solarfaktor $g = 0,63$,
 W 2: Fenster mit Wärmedurchgang $U = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ und Solarfaktor $g = 0,63$.
 Die erste Situation ist charakteristisch für die Sanierung eines Gebäudes mit vorhandener Doppelverglasung in gutem Zustand. Die zweite Situation ist charakteristisch für neue Fenster in neuen oder bestehenden Gebäuden.
- 5) 2 Typen von Fensterschutzsystemen werden untersucht:
 BH: mit hoher Luftdurchlässigkeit,
 BL: mit geringer Luftdurchlässigkeit.
 Der Grad der Durchlässigkeit ist in EN ISO 10077-1 (vgl. Abb. 3) definiert. Dieser Standard definiert 5 Luftdurchlässigkeits-Klassen (sehr hoch, hoch, mittel, gering, sehr gering).
 Eine Roll-Blende (Rollo) ist ein Beispiel für ein System mit hoher Luftdurchlässigkeit.
 Ein (dichter) Rollladen ist ein Beispiel für ein System mit geringer Luftdurchlässigkeit.
 Daher wird für die Bezugnahme auf ein System mit hoher Luftdurchlässigkeit der Begriff „Blende“ verwendet, während der Begriff „Laden“ für die Bezeichnung eines Systems mit geringer Luftdurchlässigkeit verwendet wird.
- 6) 2 Platzierungen von Blenden oder Läden werden untersucht.
 BE: außen liegende Platzierung
 BI: innen liegende Platzierung
 Die innen liegende Platzierung eines Systems mit hoher Luftdurchlässigkeit (Laden) kann mit dem Einsatz von Vorhängen kombiniert werden.

Tabelle 1 zeigt den Wärmedurchgang U und den Solarfaktor g der Fenster mit und ohne Blenden bzw. Läden sowie für beide Platzierungen. Diese Werte stammen aus den Listen der Materialeigenschaften gemäß EN 673, EN 410 und EN ISO 10077-1.

Transparent wall file name	thermal transmittance U	solar factor g	layer	thickness [m]	thermal conductivity [W/mK]	thermal resistance [m ² K/W]	density [kg/m ³]	specific heat [J/kgK]	side 1 longwave emissivity [-]	side 2 longwave emissivity [-]	solar transmission factor [-]	side 1 solar reflection factor	side 2 solar reflection factor
	[W/m ² K]	[-]											
Window_U2p6_g63_int_lowpb_up.CWT	2.60	0.63	eq. U=2.6 g=0.63	0.008	0.0372	0.22	2500	850	0.837	0.837	0.6	0.32	0.32
Window_U2p6_g63_int_lowpb_down.CWT	1.64	0.28	eq. U=2.6 g=0.63 cavity R 0.14 blind R 0.08	0.008 0.1 0.02	0.0372 0.25	0.22 0.14 0.08	2500 1.2 500	850 1005 1470	0.837 0.9	0.837 0.9	0.6 0.001	0.32 0.5	0.32 0.499
Window_U2p6_g63_int_highp_up.CWT	2.60	0.63	eq. U=2.6 g=0.63	0.008	0.0372	0.22	2500	850	0.837	0.837	0.6	0.32	0.32
Window_U2p6_g63_int_highp_down.CWT	2.07	0.31	eq. U=2.6 g=0.63 cavity R 0.09 blind R 0.01	0.008 0.05 0.001	0.0372 0.2	0.22 0.09 0.01	2500 1.2 500	850 1005 1470	0.837 0.9	0.837 0.9	0.6 0.1	0.32 0.5	0.32 0.499
Window_U2p6_g63_ext_lowpb_up.CWT	2.60	0.63	eq. U=2.6 g=0.63	0.008	0.0372	0.22	2500	850	0.837	0.837	0.6	0.32	0.32
Window_U2p6_g63_ext_lowpb_down.CWT	1.64	0.07	blind R 0.08 cavity R 0.14 eq. U=2.6 g=0.63	0.02 0.1 0.008	0.25 0.14	0.08 0.14 0.22	500 1.2 2500	1470 1005 850	0.9	0.9	0.001	0.5	0.499
Window_U2p6_g63_ext_highp_up.CWT	2.60	0.63	eq. U=2.6 g=0.63	0.008	0.0372	0.22	2500	850	0.837	0.837	0.6	0.32	0.32
Window_U2p6_g63_ext_highp_down.CWT	2.07	0.11	blind R 0.01 cavity R 0.09 eq. U=2.6 g=0.63	0.001 0.05 0.008	0.2 0.09	0.01 0.09 0.22	500 1.2 2500	1470 1005 850	0.9	0.9	0.1	0.5	0.499
Window_U1p8_g63_int_lowpb_up.CWT	1.80	0.63	eq. U=1.8 g=0.63	0.008	0.0207	0.39	2500	850	0.837	0.837	0.6	0.32	0.32
Window_U1p8_g63_int_lowpb_down.CWT	1.28	0.31	eq. U=1.8 g=0.63 cavity R 0.14 blind R 0.08	0.008 0.1 0.02	0.0207 0.25	0.39 0.14 0.08	2500 1.2 500	850 1005 1470	0.837 0.9	0.837 0.9	0.6 0.001	0.32 0.5	0.32 0.499
Window_U1p8_g63_int_highp_up.CWT	1.80	0.63	eq. U=1.8 g=0.63	0.008	0.0207	0.39	2500	850	0.837	0.837	0.6	0.32	0.32
Window_U1p8_g63_int_highp_down.CWT	1.53	0.34	eq. U=1.8 g=0.63 cavity R 0.09 blind R 0.01	0.008 0.05 0.001	0.0207 0.2	0.39 0.09 0.01	2500 1.2 500	850 1005 1470	0.837 0.9	0.837 0.9	0.6 0.1	0.32 0.5	0.32 0.499
Window_U1p8_g63_ext_lowpb_up.CWT	1.80	0.63	eq. U=1.8 g=0.63	0.008	0.0207	0.39	2500	850	0.837	0.837	0.6	0.32	0.32
Window_U1p8_g63_ext_lowpb_down.CWT	1.28	0.05	blind R 0.08 cavity R 0.14 eq. U=1.8 g=0.63	0.02 0.1 0.008	0.25 0.14	0.08 0.14 0.39	500 1.2 2500	1470 1005 850	0.9	0.9	0.001	0.5	0.499
Window_U1p8_g63_ext_highp_up.CWT	1.80	0.63	eq. U=1.8 g=0.63	0.008	0.0207	0.39	2500	850	0.837	0.837	0.6	0.32	0.32
Window_U1p8_g63_ext_highp_down.CWT	1.53	0.10	blind R 0.01 cavity R 0.09 eq. U=1.8 g=0.63	0.001 0.05 0.008	0.2 0.09	0.01 0.09 0.39	500 1.2 2500	1470 1005 850	0.9	0.9	0.1	0.5	0.499

Tabelle 1: Angaben für transparente Wände ohne und mit Blenden und Läden in außen oder innen liegender Platzierung.

Transparent wall – file name = transparente Wand – Dateiname
thermal transmittance U = Wärmedurchgang U
solar factor g = Solarfaktor g
layer = Schicht
thickness = Dicke
thermal conductivity = Wärmeleitfähigkeit
thermal resistance = Wärmebeständigkeit
density = Dichte
specific heat = spezifische Wärme
side 1 longwave emissivity = Seite 1 – Langwellen-Emissionsvermögen
side 2 longwave emissivity = Seite 2 – Langwellen-Emissionsvermögen
solar transmission factor = Sonnenübertragungs-Faktor
side 1 solar reflection factor = Seite 1 – Sonnenreflexions-Faktor
side 2 solar reflection factor = Seite 2 – Sonnenreflexions-Faktor
eq. = entspr.
cavity=Hohlraum
blind=Blende

5.3 Fenster mit geschlossenen Läden

Ein außen am Fenster platzierter Laden sorgt für zusätzliche Wärmebeständigkeit, die sowohl auf die zwischen dem Laden und dem Fenster befindliche Luftschicht als auch auf den Laden selbst zurück zu führen ist (vgl. Abb. 7). Der Wärmedurchgang eines Fensters mit geschlossenen Läden, U_{WS} , errechnet sich wie folgt:

$$U_{WS} = \frac{1}{1/U_W + \Delta R} \quad (7)$$

wobei

U_W für den Wärmedurchgang des Fensters steht;

ΔR für die zusätzliche Wärmebeständigkeit auf Grund der zwischen dem Laden und dem Fenster befindlichen Luftschicht und des geschlossenen Ladens selbst (vgl. Abb. 7).

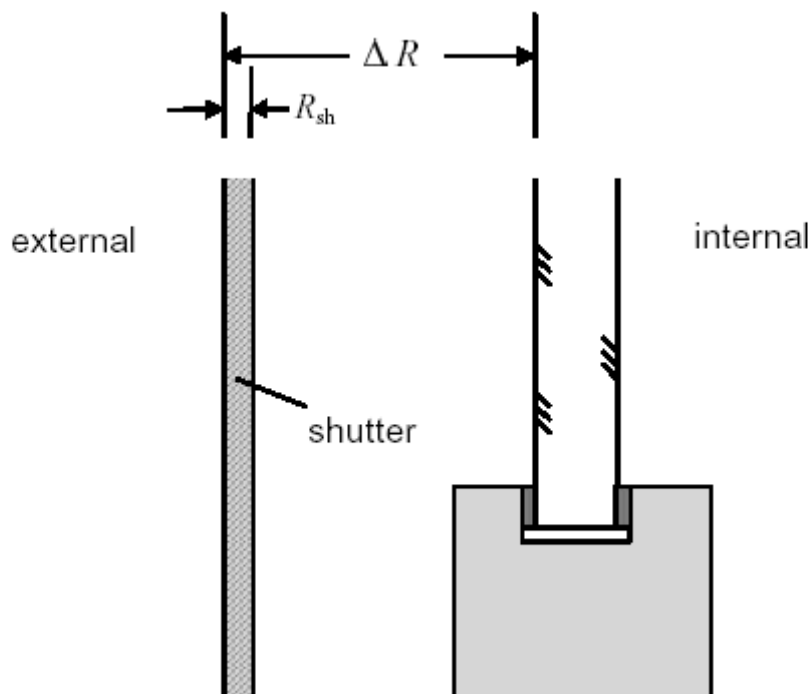


Abb. 7 – Fenster mit außen liegendem Laden

external = außen
internal = innen
shutter = Laden

Die zusätzliche Wärmebeständigkeit für fünf Kategorien der Luftdurchlässigkeit von Läden errechnet sich nach den folgenden Formeln:

- Läden mit sehr hoher Luftdurchlässigkeit:

$$\Delta R = 0,08 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W} \quad (8)$$

- Läden mit hoher Luftdurchlässigkeit:

$$\Delta R = 0,25 R_{sh} + 0,09 \text{ m}^2\cdot\text{K}/\text{W} \quad (9)$$

- Läden mit mittlerer Luftdurchlässigkeit (zum Beispiel stabile Flügelläden, Jalousien aus Holz mit stabilen überlappenden Leisten, Rollläden aus Holz, Kunststoff oder Metall mit Verbindungsleisten):

$$\Delta R = 0,55 R_{sh} + 0,11 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \quad (10)$$

- Läden mit geringer Luftdurchlässigkeit:

$$\Delta R = 0,80 R_{sh} + 0,14 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \quad (11)$$

- Dichte Läden:

$$\Delta R = 0,95 R_{sh} + 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \quad (12)$$

wobei R_{sh} für die Wärmebeständigkeit des Ladens selbst steht.

Die obigen Gleichungen gelten für

$$R_{sh} < 0,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}.$$

Wenn für R_{sh} keine gemessenen oder berechneten Werte verfügbar sind, so können die in Anlage G und H angegebenen Regel-Werte eingesetzt werden. Für außen oder innen liegende Blenden ist in die Gleichungen (8) bis (12) $R_{sh} = 0$ einzusetzen.

Abb. 3. EN ISO 10077-1: zusätzliche Wärmebeständigkeit durch Läden.

- 7) 4 Klimate werden untersucht: Brüssel (BRU), Budapest (BUD), Rom (ROM) und Stockholm (STO). Die Klimadaten umfassen stündliche Temperaturwerte und stündliche Werte der allgemeinen und diffusen horizontalen Sonneneinstrahlung während eines sog. Referenzjahres. Abb. 4 und Abb. 5 zeigen die wöchentlichen Mittelwerte für Temperatur und allgemeine diffuse Einstrahlung. Ersetzt man die in den Simulationen verwendeten stündlichen Werte durch die wöchentlichen Mittelwerte, so ergibt sich eine deutlichere Gegenüberstellung der 4 Klimate.
- Das Klima in Brüssel ist charakteristisch für ein gemäßigtes Seeklima. Das Klima in Budapest ist im Winter ähnlich, aber wärmer und sonniger im Sommer. Stockholm hat - verglichen mit Brüssel - kältere Winter und mehr sonnige Sommer. Das Klima in Rom ist wärmer und sonniger als die anderen.

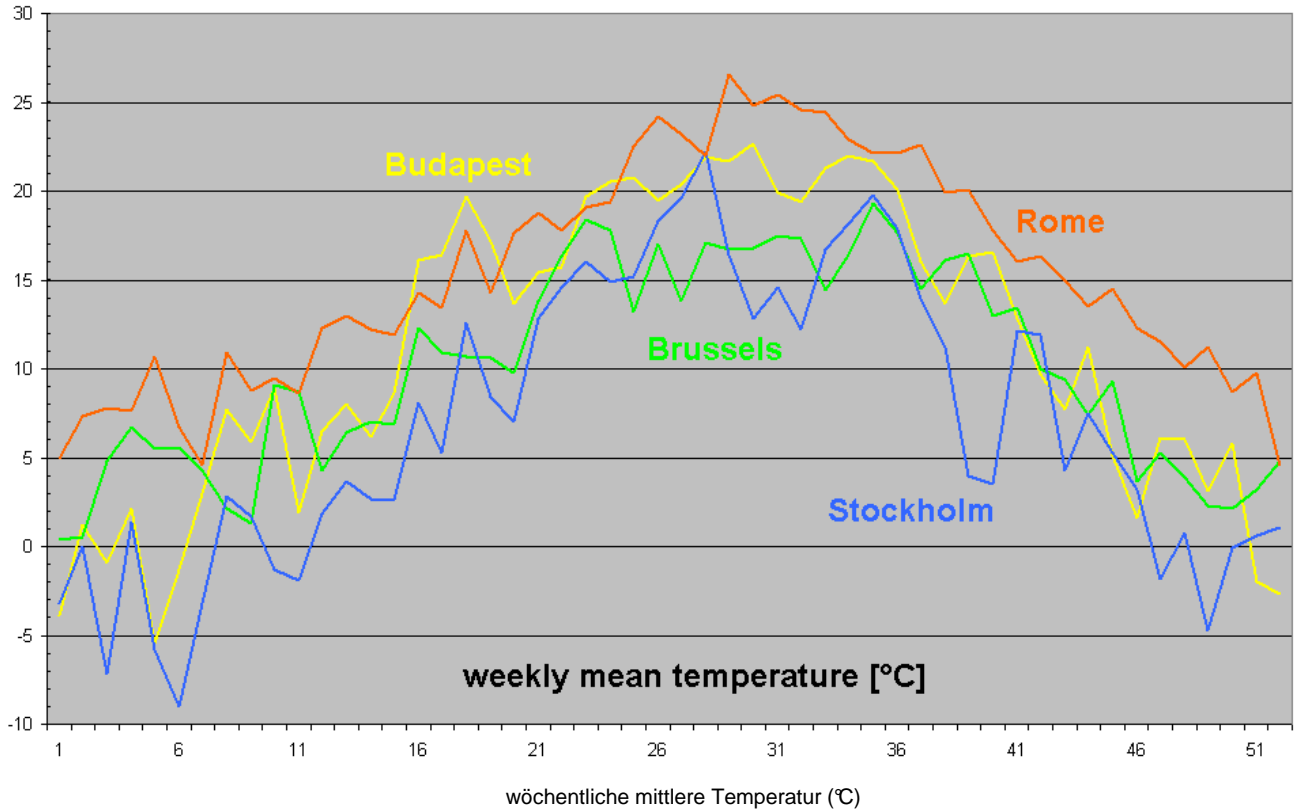


Abb. 4. Wöchentliche Temperatur-Mittelwerte für Brüssel, Budapest, Rom und Stockholm.

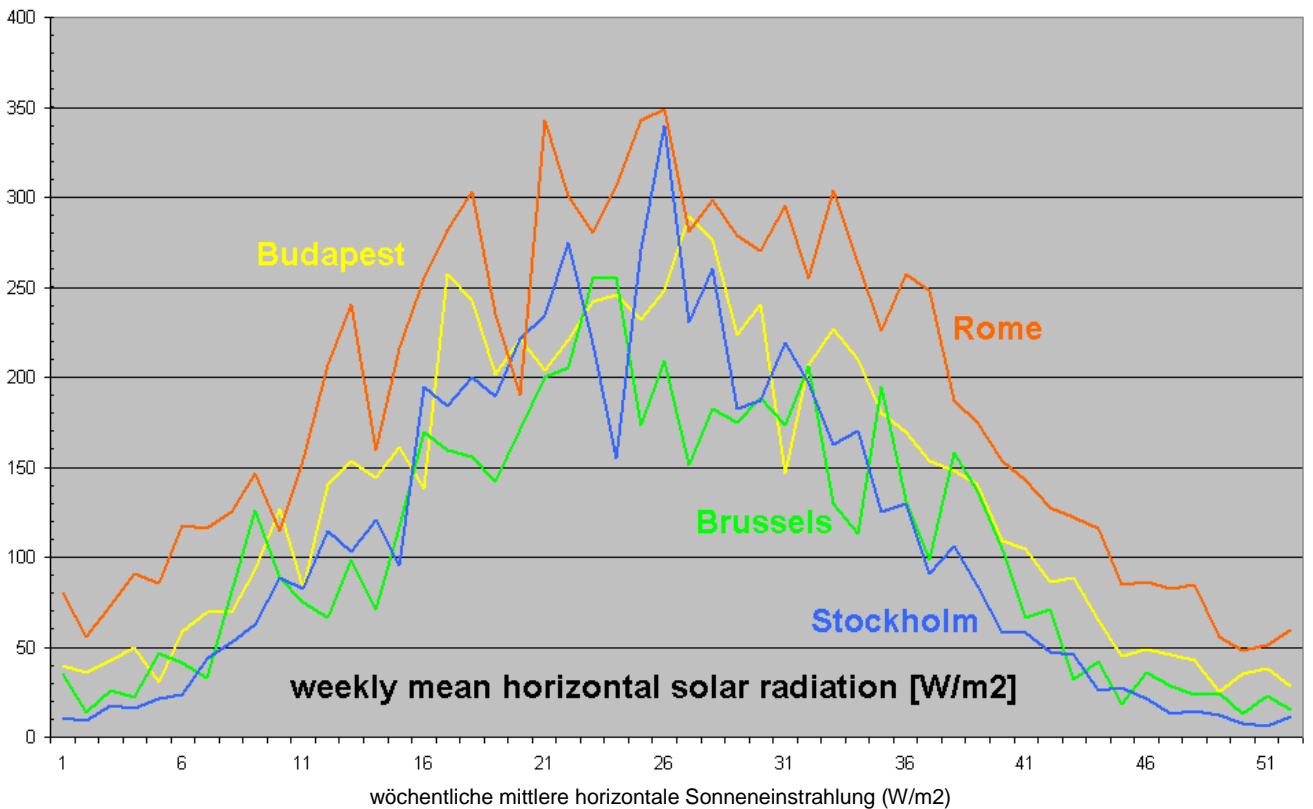


Abb. 5. Wöchentliche Mittelwerte der horizontalen allgemeinen Sonneneinstrahlung für Brüssel, Budapest, Rom und Stockholm.

Temperatursteuerung.

Ein wichtiger Aspekt bei Gebäudesimulationen ist die Temperatursteuerung. Sie betrifft die zur Erreichung des Wärmekomforts erforderlichen Maßnahmen. Zu diesen Maßnahmen zählen Heizen, Kühlen, Ventilation/Belüftung sowie das Schließen oder Öffnen von Blenden oder Läden. In der durchgeführten Gebäudesimulation werden die folgenden Steuerungseinstellungen verwendet:

- Heizen, Benutzerprofil 1 (Wohnung): Zieltemperatur von 20 °C von 8.00 bis 22.00 Uhr an 7 Tagen pro Woche und von 10 °C außerhalb dieser Zeit.
Heizen, Benutzerprofil 2 (Büro): Zieltemperatur von 20 °C von 9.00 bis 18.00 Uhr an 5 Tagen pro Woche und von 10 °C außerhalb dieser Zeit (Abb. 6).
- Kühlen, Benutzerprofil 1 (Wohnung): Zieltemperatur von 24 °C von 8.00 bis 22.00 Uhr an 7 Tagen pro Woche und von 30 °C außerhalb dieser Zeit.
Kühlen, Benutzerprofil 2 (Büro): Zieltemperatur von 24 °C von 9.00 bis 18.00 Uhr an 5 Tagen pro Woche und von 30 °C außerhalb dieser Zeit (Abb. 6).
- Kühlen, beide Benutzerprofile:
Liegt die Raumtemperatur über 26 °C und ist die Außentemperatur um 3 °C niedriger als die Raumtemperatur, erfolgt eine Zusatz-Belüftung von 75 m³/h (1 Rauminhalt pro Stunde). Hierdurch wird aktives Kühlen in der Zwischensaison vermieden.
- Blenden und Läden zur Reduktion des Heizenergiebedarfs:
 - Läden (geringe Luftdurchlässigkeit) sind von Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang geschlossen.
 - Blenden (hohe Luftdurchlässigkeit) sind nachts immer geöffnet. Systeme mit hoher Luftdurchlässigkeit wie Roll-Blenden/Rollos werden tatsächlich üblicherweise nachts nicht geschlossen (obwohl dies einen gewissen Heizenergiebedarf zur Folge hat).
- Blenden und Läden zur Reduktion des Kühlenergiebedarfs und zur Verbesserung des Wärmekomforts im Sommer:
Blenden und Läden werden geschlossen, wenn die Gesamtsonneneinstrahlung auf das Fenster 150 W/m² übersteigt und wenn die Raumtemperatur über 22 °C liegt. Diese sog. „intelligente Steuerung“ ermöglicht solare Wärmegewinne für den während der Heizphase bestehenden Heizenergiebedarf.

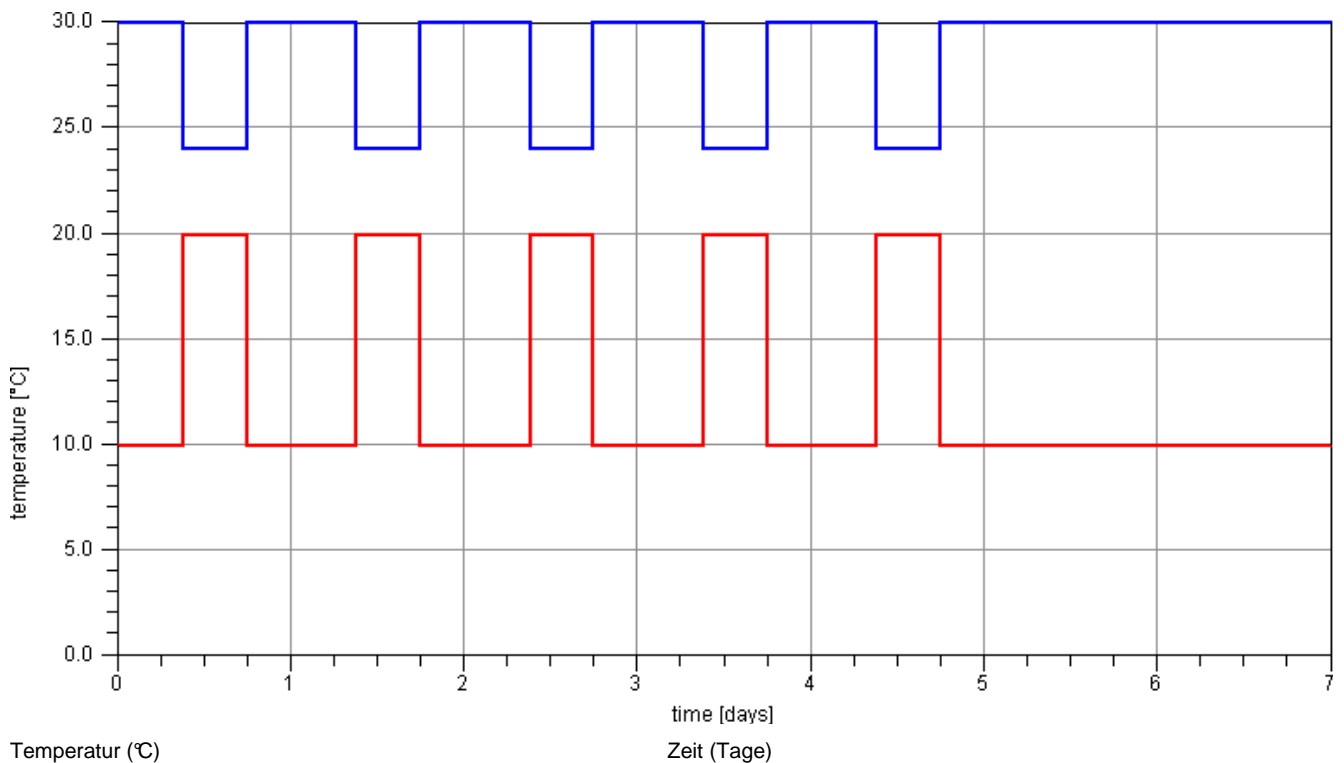


Abb. 6. Zieltemperatur beim Heizen und Kühlen für Benutzerprofil 2 (Büro).

Simulations-Grundlagen.

Die Simulationen werden unter Einsatz des Physibel Programms CAPSOL durchgeführt. Die Grundlagen der Anwendung dieses Hilfsmittels zur Gebäudesimulation werden in dem CAPSOL-Handbuch (Physibel, 2002) erläutert. Das CAPSOL-Programm ist gemäß dem internationalen Standard ISO/FDIS 13791 „Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Sommerliche Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik - Allgemeine Kriterien und Validierungsverfahren“ validiert worden.

AUSWAHL VON 24 KONSTELLATIONEN

Mit den genannten variablen Parameter sind insgesamt $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 4 = 256$ mögliche Kombinationen denkbar. Tabelle 2 zeigt diese Kombinationen. Die in der Tabelle verwendeten Abkürzungen sind im vorangehenden Abschnitt erklärt worden. Aus diesen Kombinationen wurden 24 Konstellationen so ausgewählt, dass an Hand der Ergebnisse ein Vergleich der Auswirkungen aller Parameter auf den Heiz- und Kühlenergiebedarf angestellt werden kann. Für jede Konstellation werden 2 Gebäudesimulationen durchgeführt, die erste ohne Blenden oder Läden, die zweite mit gesteuerten Blenden oder Läden.

ERGEBNISSE DER GEBÄUDESIMULATION UND ERÖRTERUNG

Im Ergebnis zeigt die Gebäudesimulation die Entwicklung der Raumlufttemperatur und Raumkomforttemperatur im Verlauf eines Jahres sowie den Heiz- und Kühlenergiebedarf.

Die Temperaturentwicklung wird nur in der ersten Konstellation dargestellt, um die Arbeitsweise des eingesetzten Simulationsprogramms zu veranschaulichen. Abb. 7, Abb. 9 und Abb. 10 zeigen die Außenlufttemperatur, die Raumkomforttemperatur, die Raumlufttemperatur und die Sonneneinstrahlung auf das Fenster jeweils im Verlauf eines Jahres, einer Woche im Winter und einer Woche im Sommer. Die Abbildungen zeigen deutlich die Heiz- und Kühlsteuerung und die Auswirkung der Sonneneinstrahlung auf die Raumkomfort- und Raumlufttemperatur sowie auf die Heiz- und Kühlsteuerung.

Auch der monatliche Heiz- und Kühlenergiebedarf wird nur für eine Konstellation dargestellt: Abb. 8 zeigt den Bedarf für Konstellation 3 sowohl ohne als auch mit Läden. Sie bezieht sich auf Blenden mit geringer Luftdurchlässigkeit, und die grafische Darstellung zeigt deutlich die Reduktion sowohl des Heiz- als auch des Kühlbedarfs.

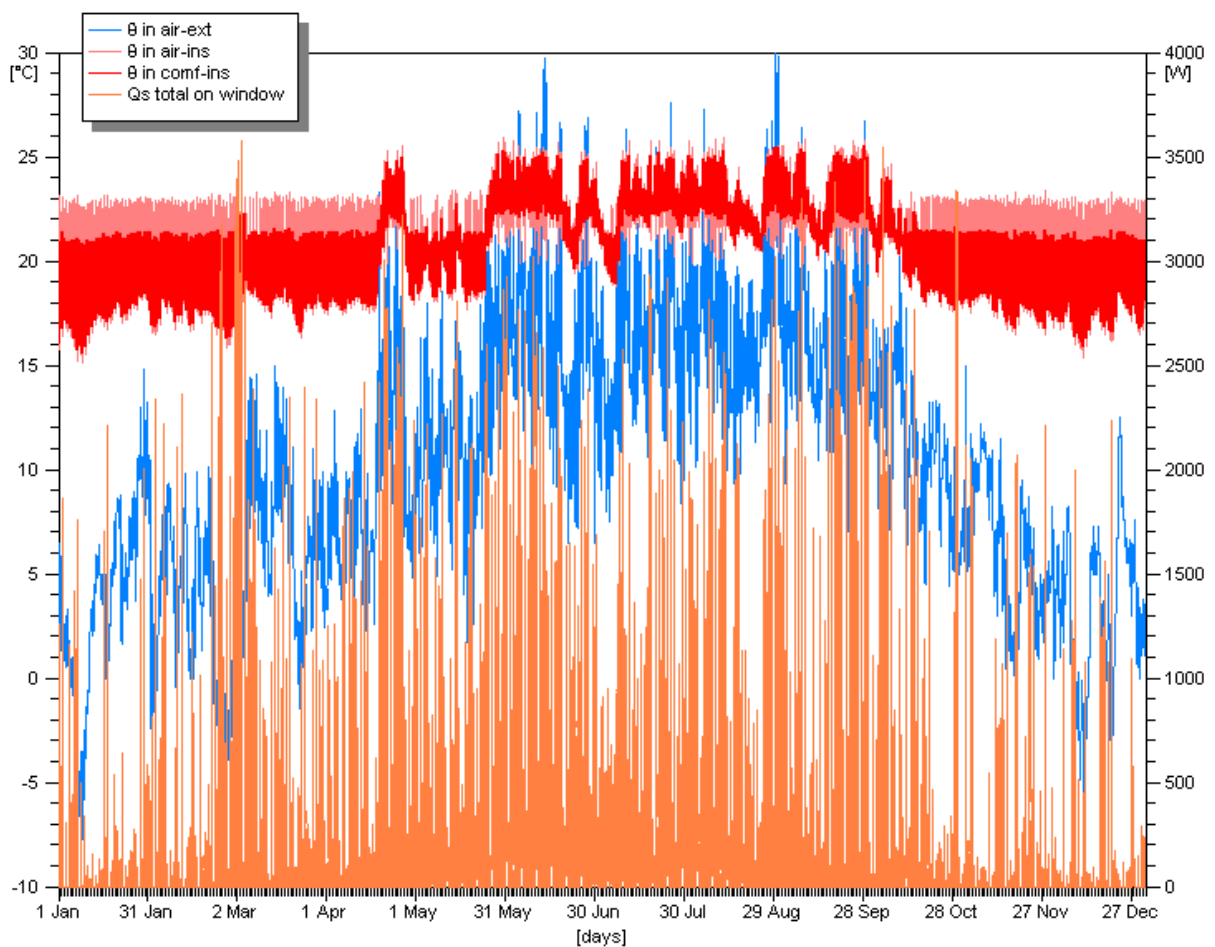


Abb. 7. Raum- und Außentemperatur und Sonneneinstrahlung auf das Fenster im Verlauf eines Jahres

air-ext = Lufttemp. außen
air-ins = Lufttemp. innen
comf-ins = Komforttemp. innen
total on window = gesamt auf Fenster

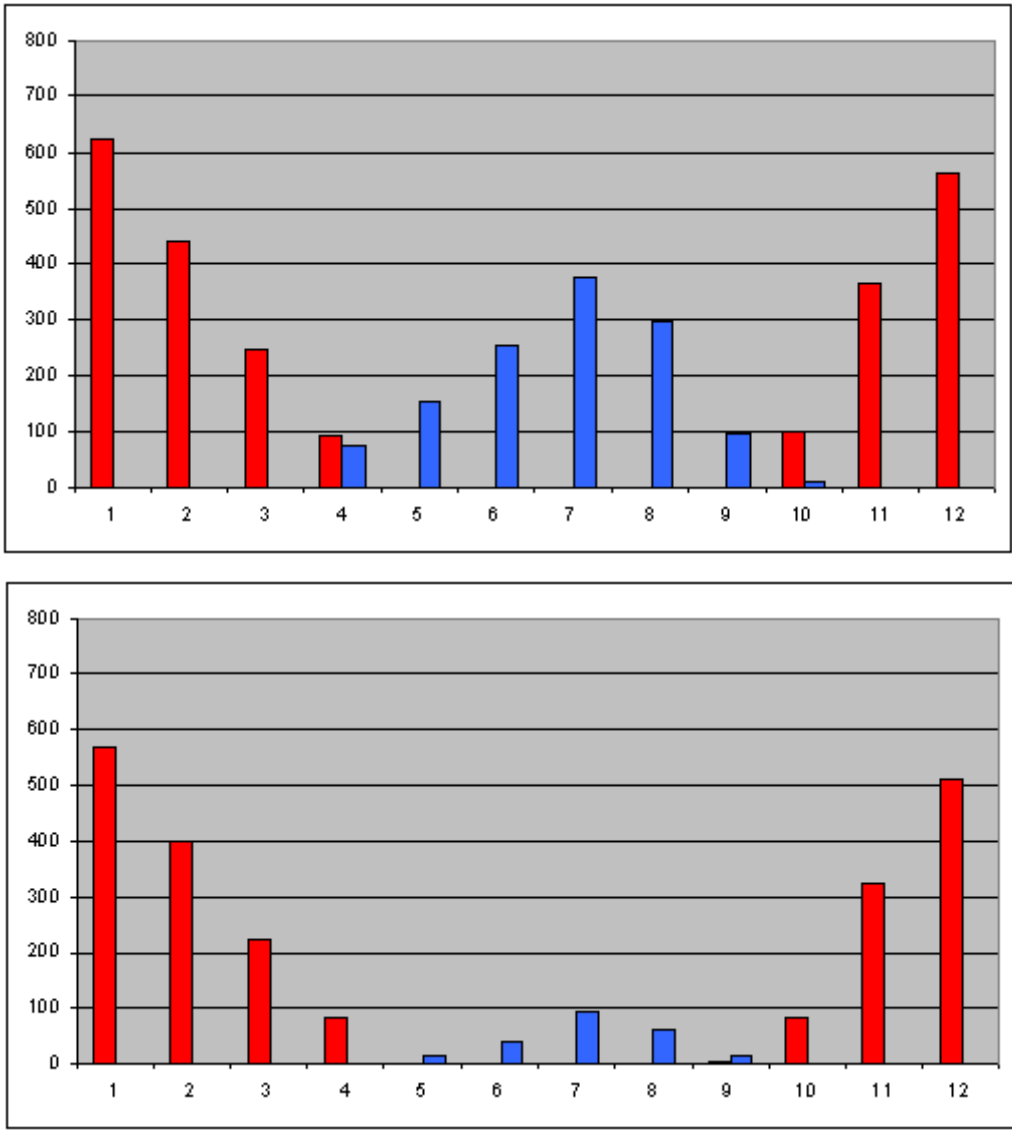


Abb. 8. Monatlicher Heiz- und Kühlbedarf in kWh für Konstellation 3, ohne Läden (oben) und mit Läden (unten)

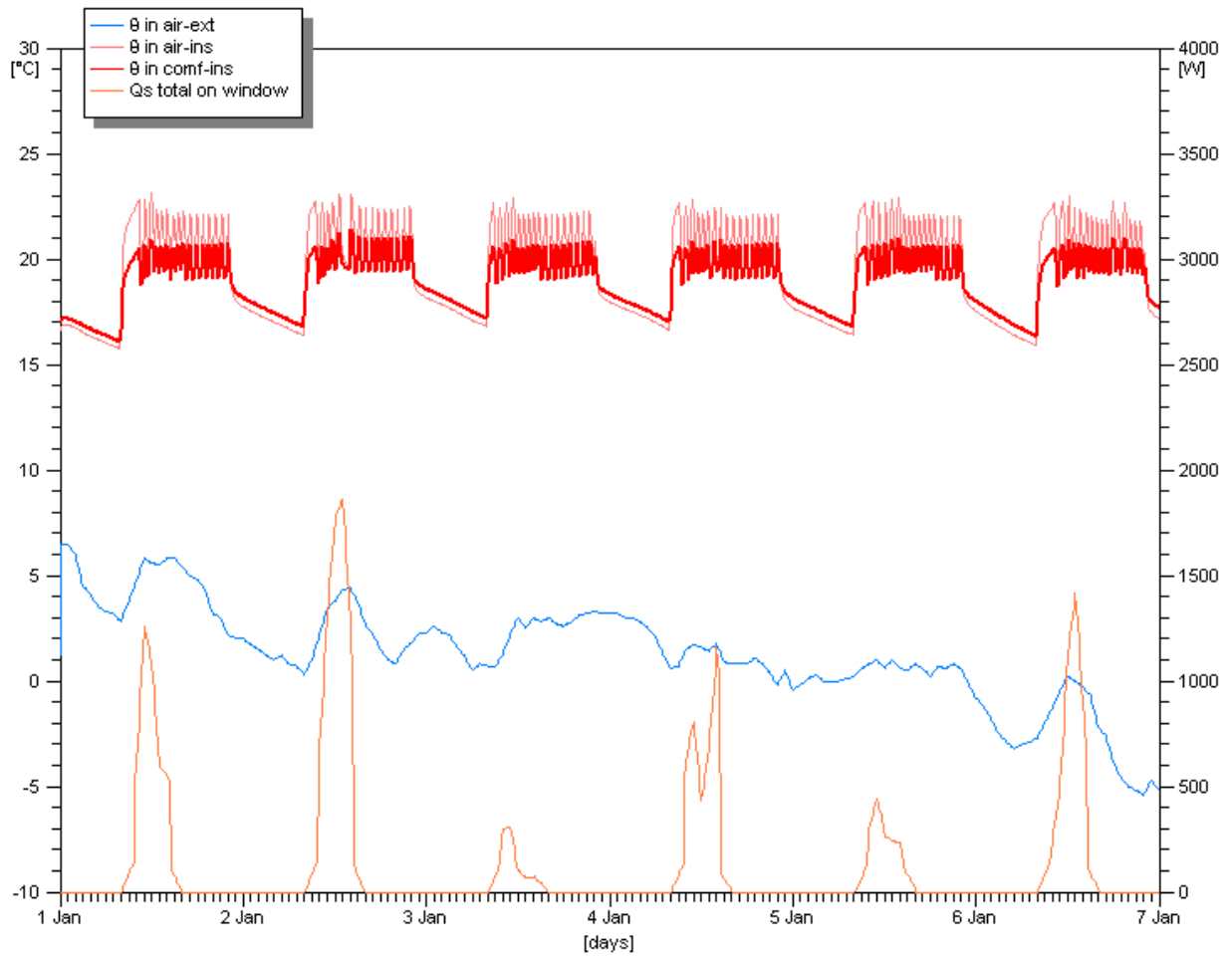


Abb. 9. Raumkomforttemperatur (dunkelrote Kurve), Raumlufttemperatur (hellrote Kurve), Außentemperatur und Sonneneinstrahlung auf das Fenster im Verlauf einer Woche im Winter

air-ext = Lufttemp. außen
 air-ins = Lufttemp. innen
 comf-ins = Komforttemp. innen
 total on window = gesamt auf Fenster

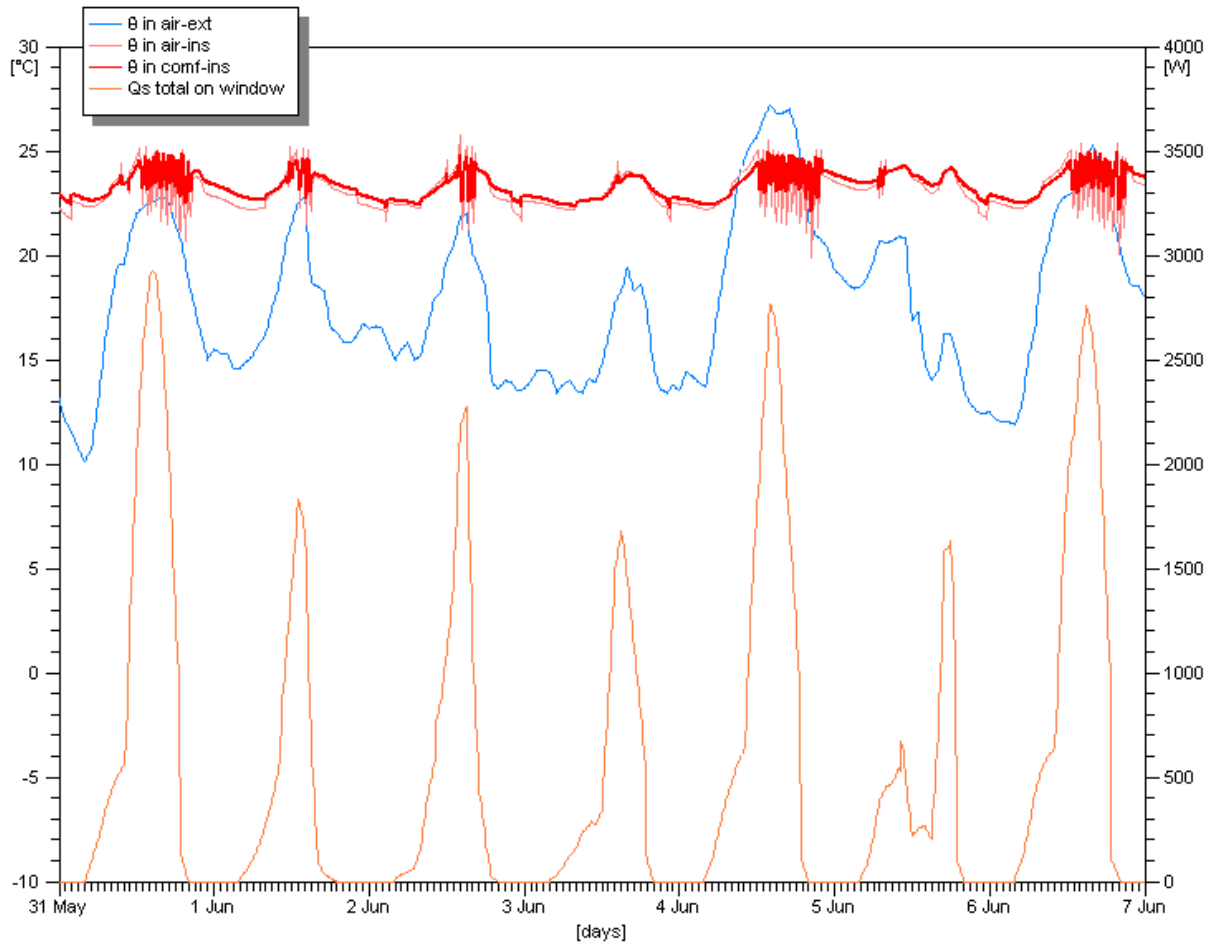


Abb. 10. Raumkomforttemperatur (dunkelrote Kurve), Raumlufttemperatur (hellrote Kurve), Außentemperatur und Sonneneinstrahlung auf das Fenster im Verlauf einer Woche im Sommer

air-ext = Lufttemp. außen
 air-ins = Lufttemp. innen
 comf-ins = Komforttemp. innen
 total on window = gesamt auf Fenster

Tabelle 3 zeigt den jährlichen Heiz- und Kühlenergiebedarf für alle 24 Konstellationen. Die in der Tabelle verwendeten Abkürzungen sind in einem der vorangegangenen Abschnitte erläutert.

Für das Heizen und Kühlen werden jeweils die folgenden Größen eingetragen:

- Energiebedarf ohne Blenden oder Läden (kWh/a)
- Energiebedarf mit gesteuerten Blenden oder Läden (kWh/a)
- Differenz zwischen den beiden Bedarfsgrößen (kWh/a)
- Differenz zwischen den beiden Bedarfsgrößen als prozentualer Anteil des Bedarfs ohne Blenden oder Läden (%)
- Differenz zwischen den beiden Bedarfsgrößen pro m^2 der Raumfläche ($25m^2$) (kWh/ m^2a).

Simulation	Building type	Mean Orientation	User Profile	Window type	Blind type	Blind position	CLimate	Heating energy demand without blinds [kWh/year]	Heating energy demand with blinds [kWh/year]	Heating energy demand difference [kWh/year]	Heating energy demand difference [%]	Heating energy demand difference [kWh/m2.year]	Cooling energy demand without blinds [kWh/year]	Cooling energy demand with blinds [kWh/year]	Cooling energy demand difference [kWh/year]	Cooling energy demand difference [%]	Cooling energy demand difference [kWh/m2.year]
1	B1	SW	U1	W1	BL	BE	BRU	1401	1256	-146	-10	-6	220	7	-214	-97	-9
2	B2	SW	U1	W1	BL	BE	BRU	2522	2257	-265	-10	-11	421	24	-397	-94	-16
3	B2	SW	U1	W1	BL	BE	BUD	2428	2190	-238	-10	-10	1259	225	-1033	-82	-41
4	B2	SW	U1	W1	BL	BE	ROM	854	717	-138	-16	-6	1663	630	-1033	-62	-41
5	B2	SW	U1	W1	BL	BE	STO	3754	3426	-328	-9	-13	704	79	-624	-89	-25
6	B2	NE	U1	W1	BL	BE	BRU	2519	2244	-275	-11	-11	393	30	-363	-92	-15
7	B1	NE	U1	W1	BL	BE	BRU	1683	1521	-161	-10	-6	61	11	-50	-82	-2
8	B1	NE	U1	W1	BL	BE	ROM	742	647	-95	-13	-4	889	317	-571	-64	-23
9	B1	SW	U2	W1	BL	BE	BRU	726	638	-88	-12	-4	483	145	-338	-70	-14
10	B2	SW	U2	W1	BL	BE	BRU	1418	1280	-138	-10	-6	601	198	-403	-67	-16
11	B1	SW	U1	W1	BH	BE	BRU	1402	1409	8	1	0	221	12	-208	-94	-8
12	B1	SW	U1	W2	BL	BE	BRU	1176	1101	-76	-6	-3	244	7	-237	-97	-9
13	B1	SW	U1	W2	BH	BE	BRU	1176	1140	-37	-3	-1	244	12	-232	-95	-9
14	B2	SW	U1	W2	BL	BI	BRU	2118	1962	-156	-7	-6	464	217	-246	-53	-10
15	B2	SW	U1	W1	BL	BI	BRU	2535	2262	-273	-11	-11	412	164	-248	-60	-10
16	B2	SW	U1	W1	BL	BI	BUD	2406	2152	-253	-11	-10	1244	645	-600	-48	-24
17	B2	SW	U1	W1	BL	BI	ROM	860	714	-146	-17	-6	1645	1036	-610	-37	-24
18	B2	SW	U1	W1	BL	BI	STO	3814	3456	-358	-9	-14	699	321	-378	-54	-15
19	B2	NE	U1	W2	BL	BI	BRU	2119	1957	-162	-8	-6	441	177	-265	-60	-11
20	B2	SW	U2	W1	BH	BE	BRU	1419	1437	19	1	1	603	237	-366	-61	-15
21	B1	SW	U2	W2	BH	BI	ROM	82	90	7	9	0	1428	1091	-337	-24	-13
22	B1	SW	U2	W2	BH	BI	STO	1126	1139	13	1	1	640	412	-228	-36	-9
23	B1	NE	U2	W2	BH	BI	ROM	247	247	0	0	0	1231	984	-246	-20	-10
24	B1	NE	U2	W2	BH	BI	STO	1410	1410	0	0	0	303	254	-49	-16	-2

Tabelle 3. Jährlicher Heiz- und Kühlenergiebedarf in den 24 Konstellationen

Simulation = Simulation

Building type = Gebäudetyp

Mean orientation = durchschnittliche Ausrichtung

User profile = Benutzerprofil

Window type = Fenstertyp

Blind type = Blendentyp

Blind position = Blenden-Platzierung

Climate = Klima

Heating energy demand without blinds (kWh/year) = Heizenergiebedarf ohne Blenden (kWh/Jahr)

Heating energy demand with blinds (kWh/year) = Heizenergiebedarf mit Blenden (kWh/Jahr)

Heating energy demand difference (kWh/year) = Differenz im Heizenergiebedarf (kWh/Jahr)

Heating energy demand difference (%) = Differenz im Heizenergiebedarf (%)

Heating energy demand difference (kWh/m2.year) = Differenz im Heizenergiebedarf (kWh/m2.Jahr)

Cooling energy demand without blinds (kWh/year) = Kühlenergiebedarf ohne Blenden (kWh/Jahr)

Cooling energy demand with blinds (kWh/year) = Kühlenergiebedarf mit Blenden (kWh/Jahr)

Cooling energy demand difference (kWh/year) = Differenz im Kühlenergiebedarf (kWh/Jahr)

Cooling energy demand difference (%) = Differenz im Kühlenergiebedarf (%)

Cooling energy demand difference (kWh/m2.year) = Differenz im Kühlenergiebedarf (kWh/m2.Jahr)

Abb. 11 zeigt den jährlichen Heizenergiebedarf für alle Konstellationen mit und ohne Blenden oder Läden.
 Abb. 12 zeigt den jährlichen Kühlenergiebedarf für alle Konstellationen mit und ohne Blenden oder Läden.

Heizenergiebedarf (kWh/a) ohne und mit Blenden oder Läden
 heating energy demand [kWh/a] without ■ and with ■ blinds or shutters

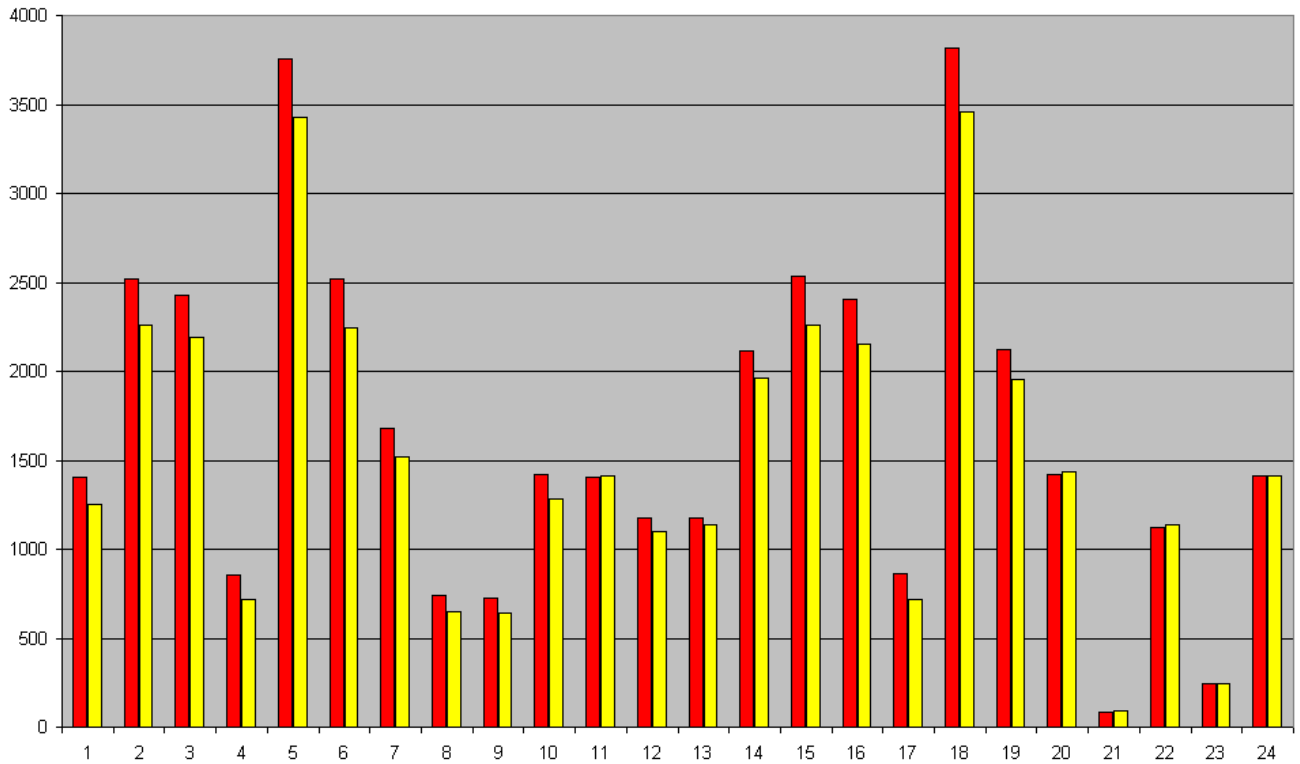


Abb. 11.

Kühlenergiebedarf (kWh/a) ohne und mit Blenden oder Läden
 Kühlanlage wird durch Blenden oder Läden überflüssig

cooling energy demand [kWh/a] without ■ and with ■ blinds or shutters
 ○ cooling installation becomes superfluous because of blinds or shutters

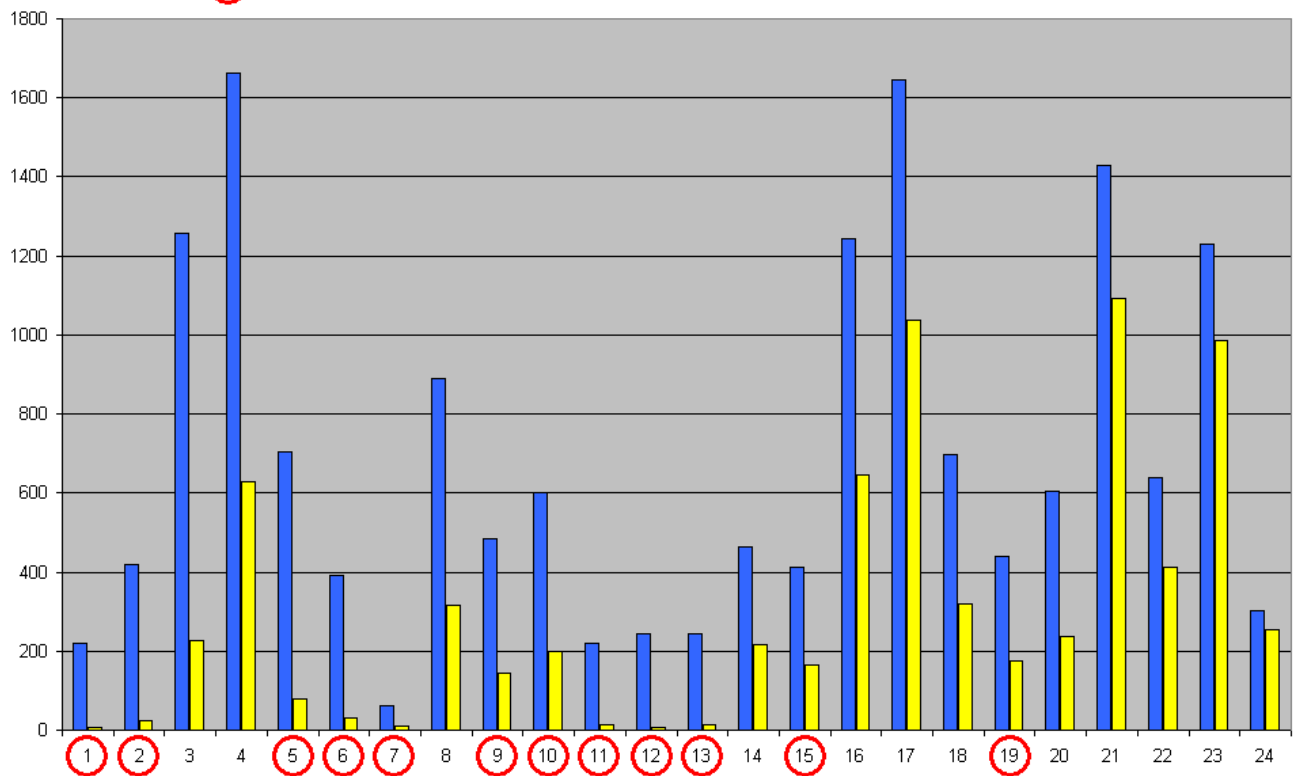


Abb. 12.

Abb. 12 zeigt, dass der Einsatz von Blenden oder Läden in 12 der 24 Konstellationen einen sehr geringen Kühlenergiebedarf (weniger als 200 kWh/a) zur Folge hat. Bei einem so geringen Bedarf ist es unwahrscheinlich, dass ein aktives Kühlsystem eingebaut wird. Hieraus ergibt sich eine erste wichtige Schlussfolgerung:

Blenden und Läden können ein aktives Kühlsystem überflüssig machen.

(Schlussfolgerung A)

Abb. 13 zeigt die Differenz im Heiz- und Kühlenergiebedarf pro m² Fläche (kWh/m²a) in den 24 Konstellationen. Abb. 14 zeigt die Differenz im Heiz- und Kühlenergiebedarf als prozentualen Anteil des Bedarfs ohne Blenden oder Läden (%)

Abb. 13 und Abb. 14 werden in weiterer Folge in anderen Ausgestaltungen (zur Darstellung verschiedener Konstellationen), die präzisere Schlussfolgerungen ermöglichen, verwendet.

Auswirkung (kWh/m².Jahr) von Blenden und Läden auf den Kühl- und Heizenergiebedarf.
 Effect [kWh/m².year] of blinds & shutters on the cooling and heating energy demand

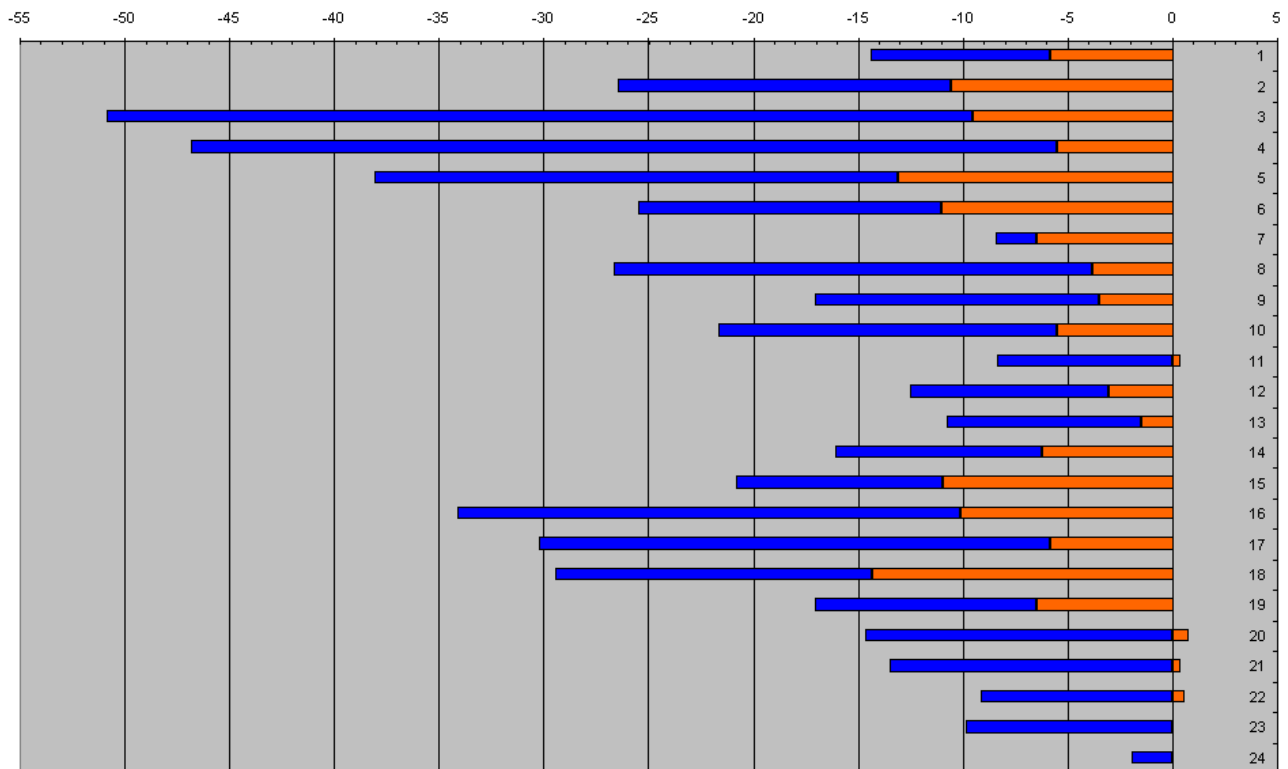


Abb. 13.

Auswirkung (%) von Blenden und Läden auf den Kühl- und Heizenergiebedarf.

Effect [%] of blinds & shutters on the cooling and heating energy demand

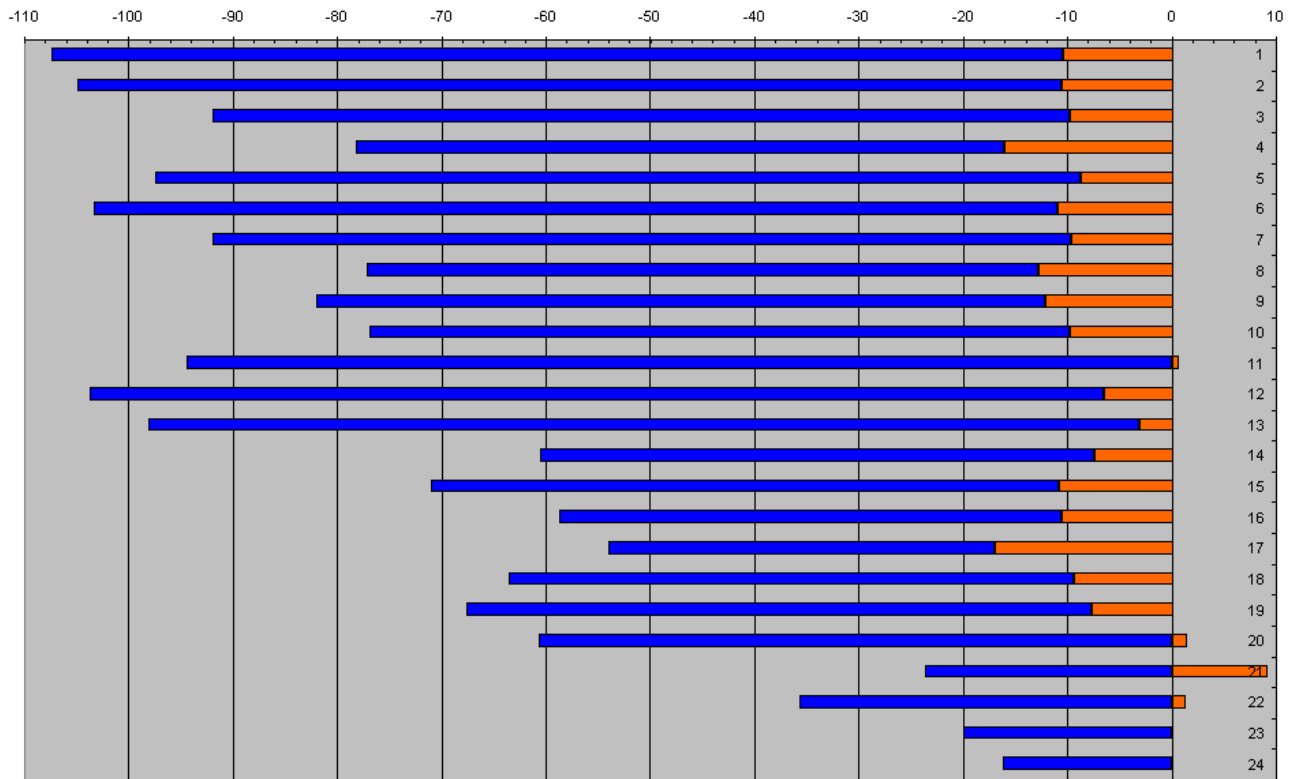


Abb. 14.

Auswirkung (kWh/m².Jahr) von Blenden und Läden auf den Kühl- und Heizenergiebedarf

hohe Luftdurchlässigkeit im Vergleich zu geringer bzw. Blenden im Vergleich zu Läden

Effect [kWh/m².year] of blinds & shutters on the cooling and heating energy demand

high versus low air permeability or blinds versus shutters

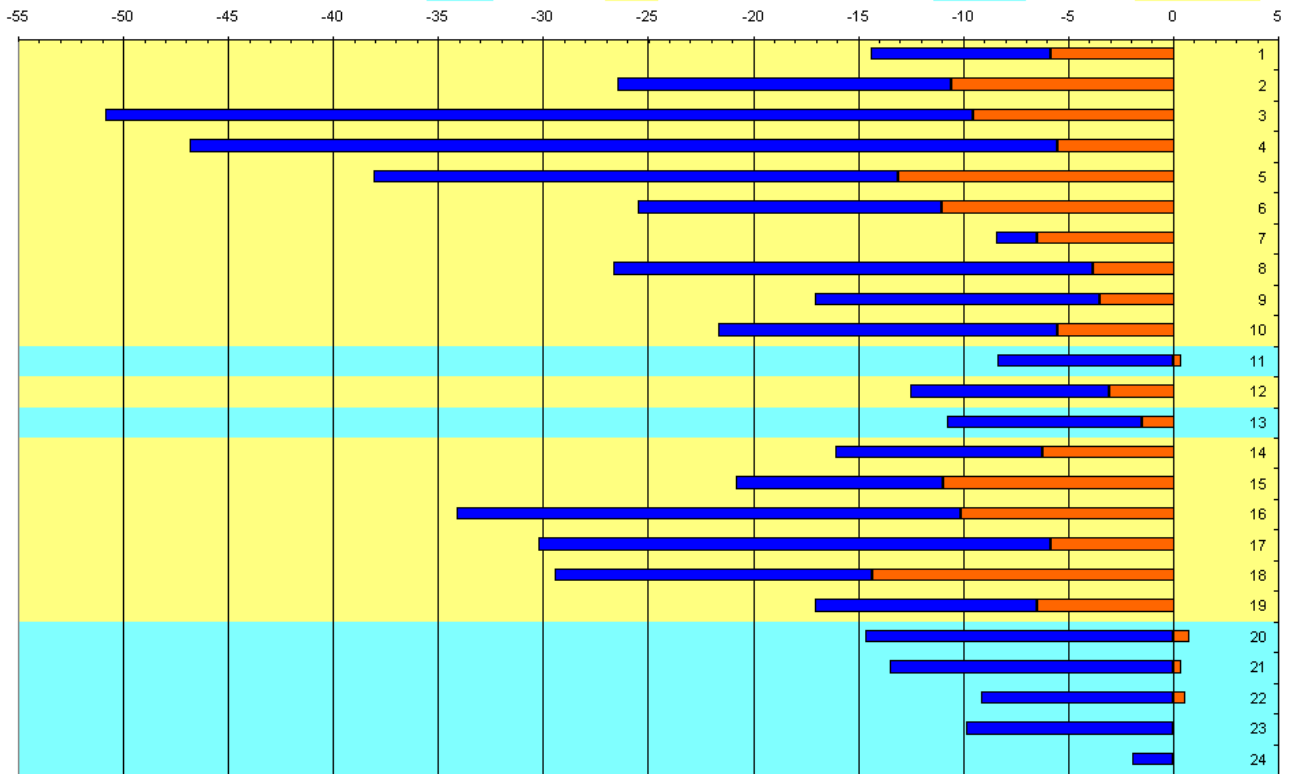


Abb. 15.

Auswirkung (%) von Blenden und Läden auf den Kühl- und Heizenergiebedarf

hohe Luftdurchlässigkeit im Vergleich zu geringer bzw. Blenden im Vergleich zu Läden

Effect [%] of blinds & shutters on the cooling and heating energy demand

high versus low air permeability or blinds versus shutters

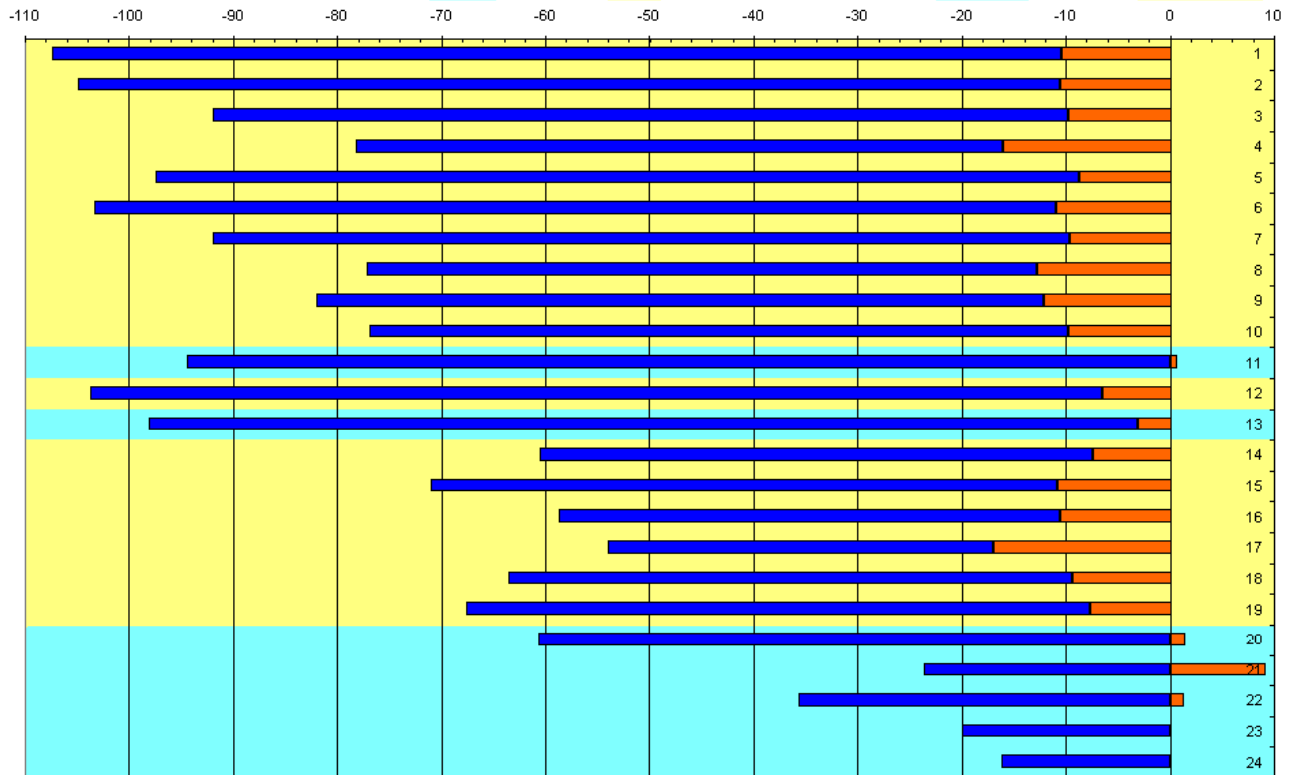


Abb. 16.

Abb. 15 und Abb. 16 verdeutlichen, dass Läden wesentlich zur Verringerung des Heizenergiebedarfs beitragen. Die Größenordnung liegt bei 10%. Mit Blenden kann dies nicht erreicht werden, was aber nachvollziehbar ist: für diesen Zweck sind sie nämlich nicht bestimmt (vgl. Abschnitt über „Temperatursteuerung“ oben).

Schlussfolgerung:

Läden können zu einer Verringerung des Heizenergiebedarfs von ca. 10 % beitragen.

(Schlussfolgerung B)

Auswirkung (kWh/m².Jahr) von Blenden und Läden auf den Kühl- und Heizenergiebedarf

größte Reduktion des Kühlenergiebedarfs

Effect [kWh/m².year] of blinds & shutters on the cooling and heating energy demand
highest cooling energy demand reductions

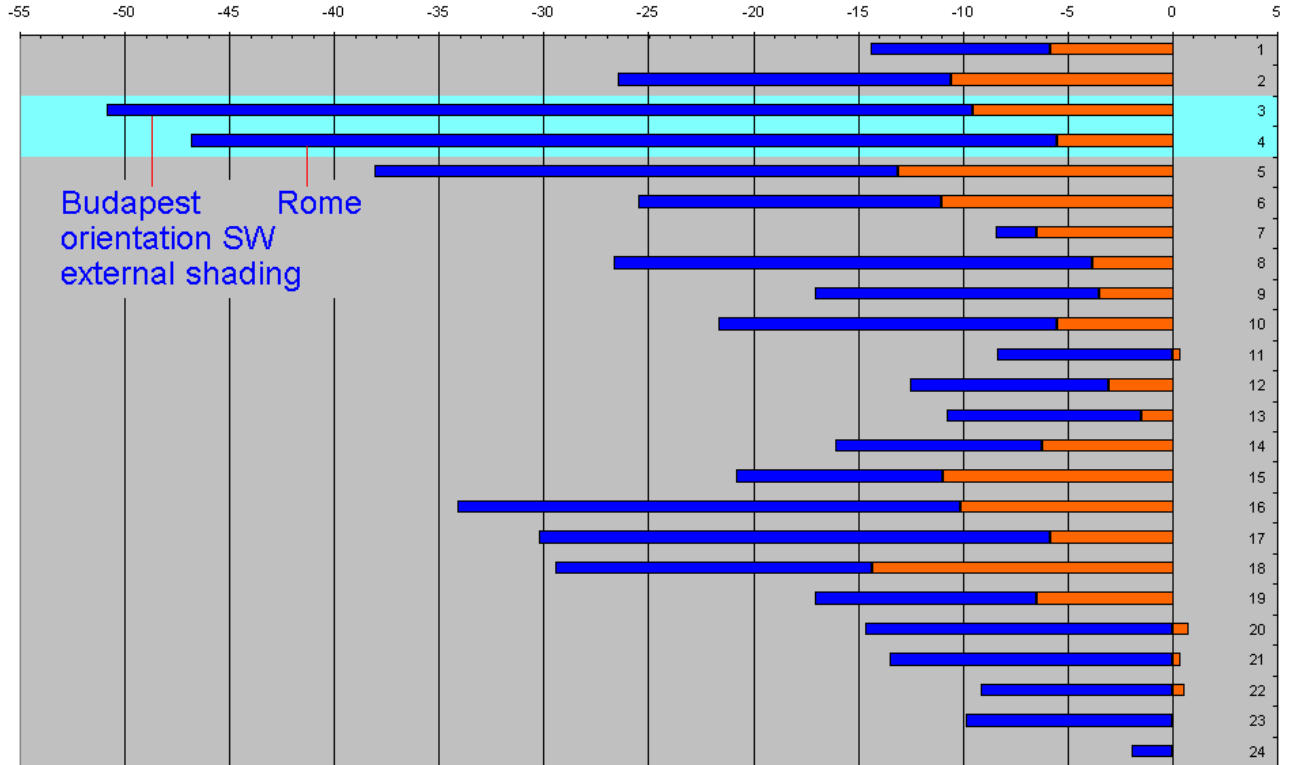


Abb. 17.

Orientation SW = Ausrichtung SW
External shading = außen liegende Verschattung

Auswirkung (%) von Blenden und Läden auf den Kühl- und Heizenergiebedarf

Kühlenergiebedarfsreduktion > 80 %

Effect [%] of blinds & shutters on the cooling and heating energy demand

cooling energy demand reduction > 80 %

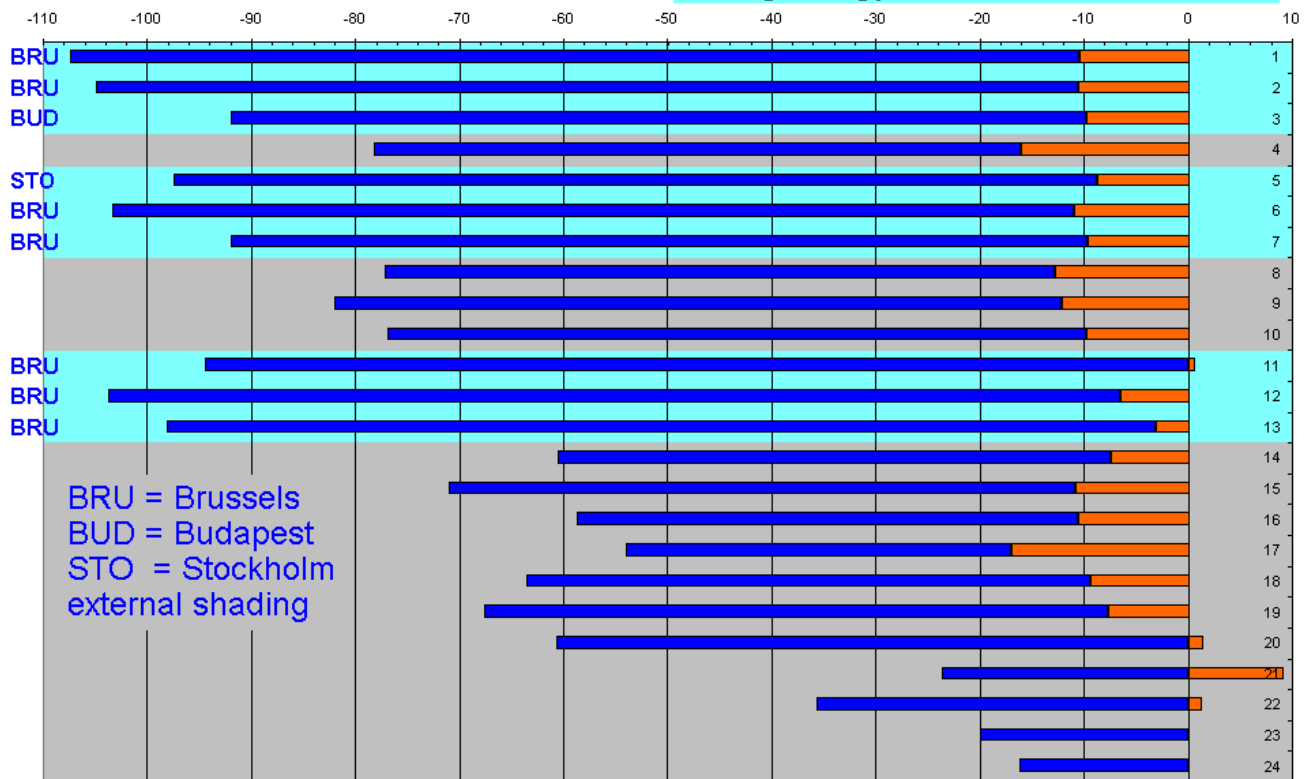


Abb. 18.

External shading = außen liegende Verschattung

Abb. 17 zeigt, dass die größte Verringerung des Kühlenergiebedarfs bei südwestlicher Ausrichtung in Rom und Budapest mittels einer außen liegenden Verschattungsvorrichtung erreicht wird. Es kann eine Verringerung von $40 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ erzielt werden. Abb. 18 zeigt, dass die relative Verringerung des Kühlenergiebedarfs für Brüssel, Budapest und Stockholm über 80 % liegt.

Schlussfolgerung:

Blenden und Läden können zu einer wesentlichen Verringerung des Kühlenergiebedarfs beitragen, und zwar bis zu 40 kWh/m^2 in südlichen und östlichen Regionen. Verhältnismäßig betrachtet haben Blenden und Läden in westlichen, nördlichen und östlichen Regionen die stärkste Auswirkung auf den Kühlenergiebedarf.

(Schlussfolgerung C)

Auswirkung (kWh/m².Jahr) von Blenden und Läden auf den Kühl- und Heizenergiebedarf

Große Dichtigkeit im Vergleich zu geringer Dichtigkeit

Effect [kWh/m².year] of blinds & shutters on the cooling and heating energy demand

high compactness versus low compactness

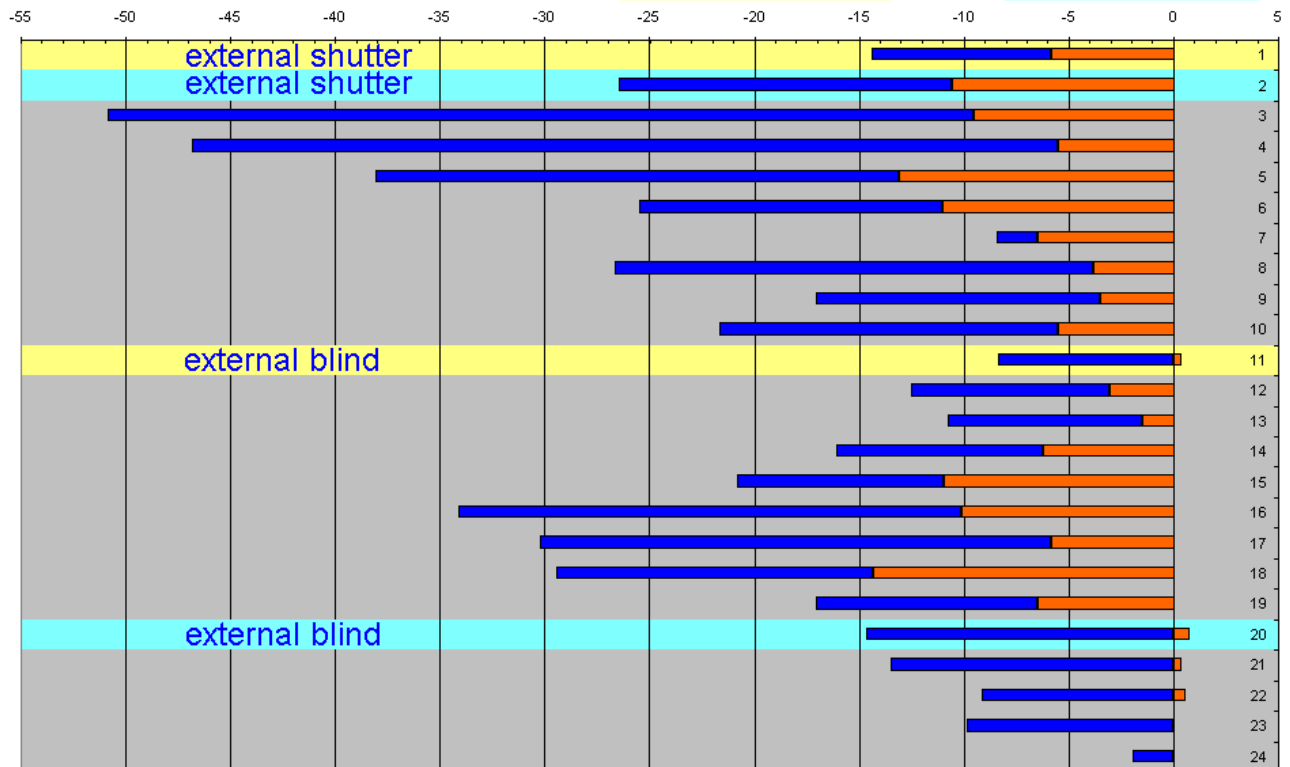


Abb. 19.

External shutter = außen liegender Laden
External blind = außen liegende Blende

Abb. 19 verdeutlicht, dass die Wirkung von Blenden und Läden bei Gebäuden mit geringer Dichtigkeit größer ist. Auf Grund des höheren Fensterbereichs sind sowohl die Wärmeverluste als auch die Wärmegewinne größer, und so entfalten auch die Schutzmaßnahmen größere Wirkung.

Schlussfolgerung:

Die Wirkung von Blenden und Läden steigt mit sinkender Dichtigkeit der Räume. (Schlussfolgerung D)

Auswirkung (kWh/m².Jahr) von Blenden und Läden auf den Kühl- und Heizenergiebedarf

außen liegende im Vergleich zu innen liegenden Läden für 4 Klimatypen

Effect [kWh/m².year] of blinds & shutters on the cooling and heating energy demand external versus internal shutters for 4 climate types

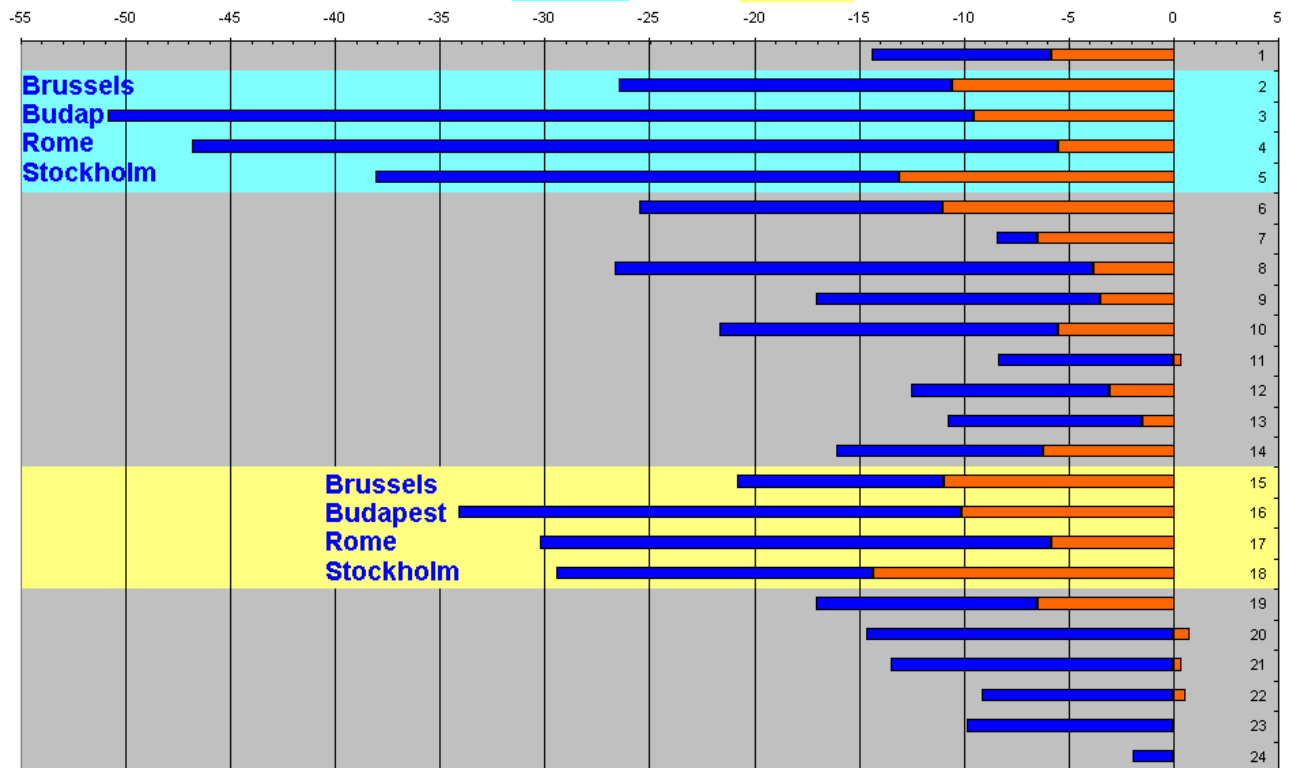


Abb. 20.

Abb. 20 zeigt, dass außen und innen liegende Läden in etwa die gleiche Wirkung auf die Verringerung des Heizenergiebedarfs haben. Außen liegende Blenden und Läden erzielen aber weitaus bessere Ergebnisse bei der Verringerung des Kühlenergiebedarfs. In südlichen (Rom) und östlichen (Budapest) Regionen ist ihre Wirkung am größten, aber auch in nördlichen (Stockholm) Regionen wird der Kühlenergiebedarf beachtlich verringert.

Schlussfolgerung:

Außen und innen liegende Läden haben die gleiche Wirkung auf den Heizenergiebedarf. Außen liegende Blenden oder Läden sind effektiver bei der Verringerung des Kühlenergiebedarfs.

(Schlussfolgerung E)

Auswirkung (kWh/m².Jahr) von Blenden und Läden auf den Kühl- und Heizenergiebedarf

nordöstliches Brüssel im Vergleich zum nordöstlichen Rom

Effect [kWh/m².year] of blinds & shutters on the cooling and heating energy demand

north-east Brussels versus north-east Rome

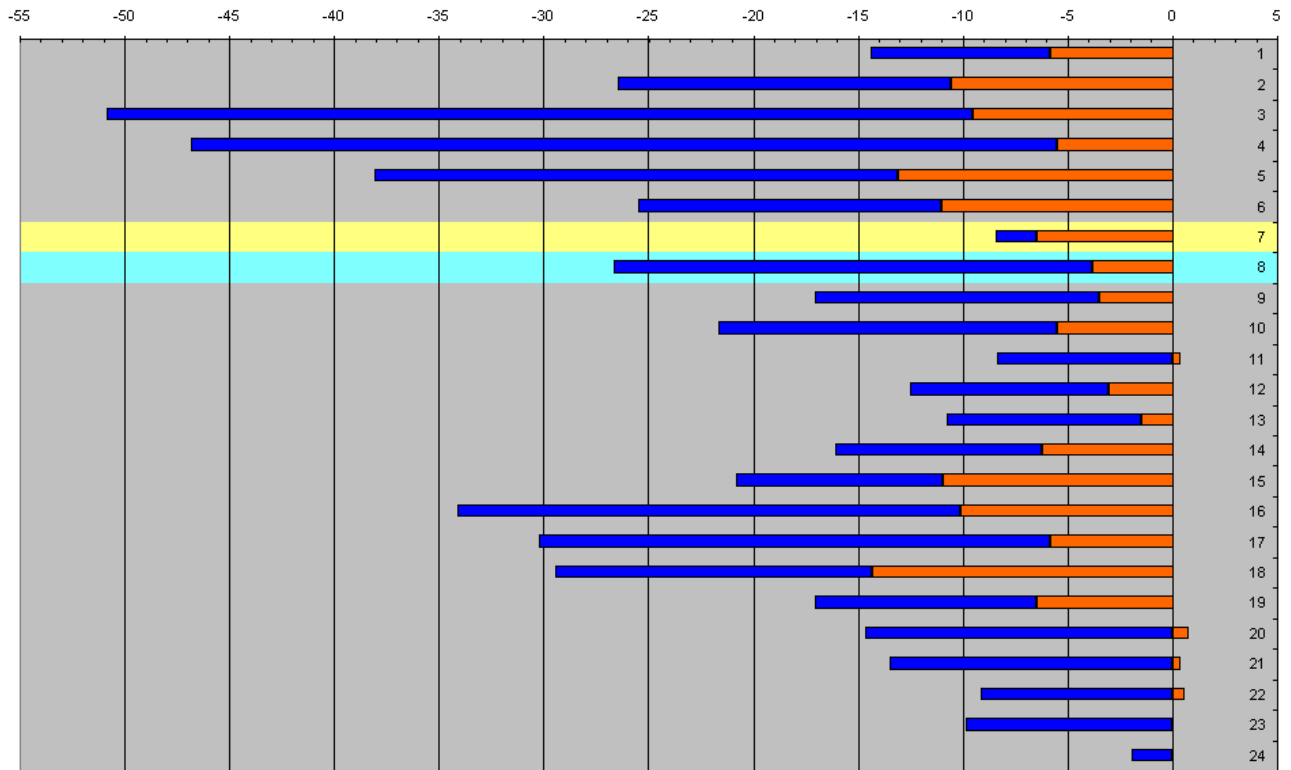


Abb. 21.

Auswirkung (kWh/m².Jahr) von Blenden und Läden auf den Kühl- und Heizenergiebedarf

Südwesten im Vergleich zu Nordosten

Effect [kWh/m².year] of blinds & shutters on the cooling and heating energy demand south-west versus north-east

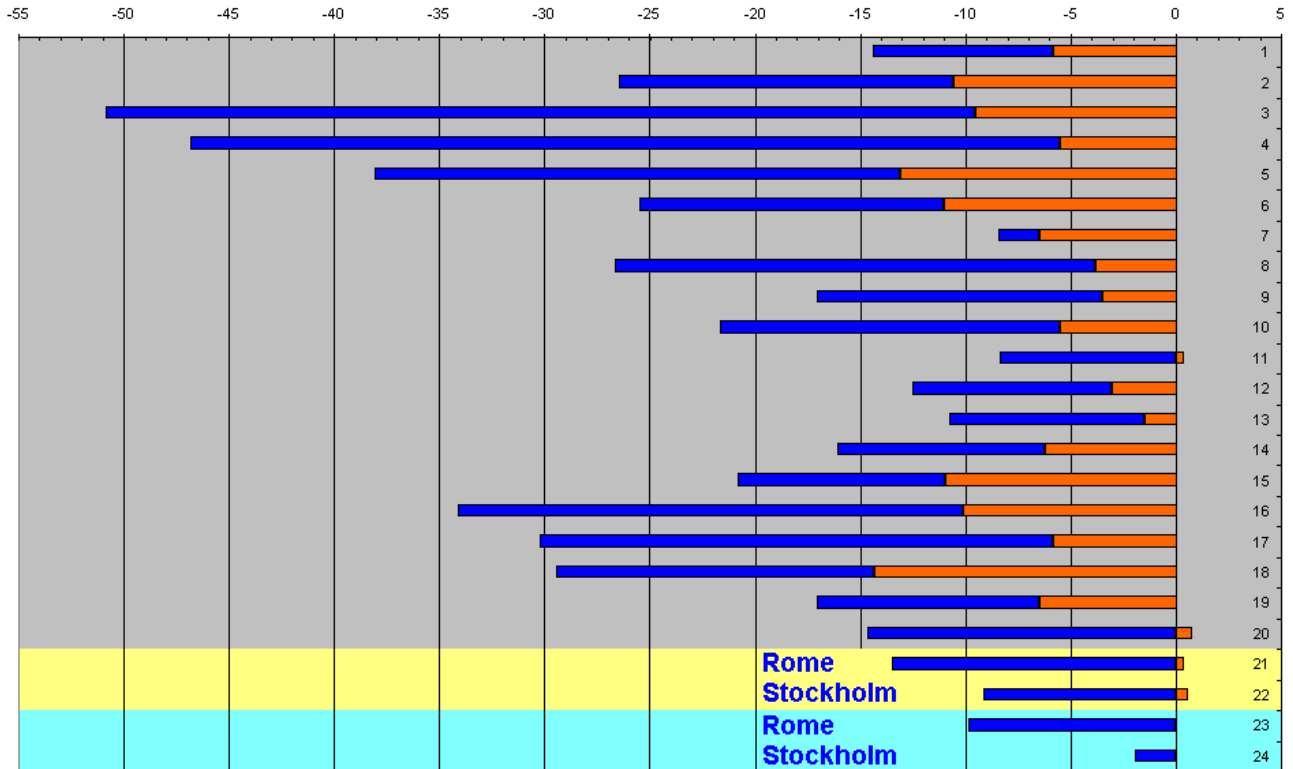


Abb. 22.

Abb. 21 und Abb. 22 verdeutlichen, dass die Wirkung von Blenden und Läden auf den Kühlenergiebedarf für nordwestliche Ausrichtungen in sonnigen Regionen weiterhin von Bedeutung ist.

Schlussfolgerung:

Die Wirkung von Blenden und Läden auf den Kühlenergiebedarf ist für nördliche Ausrichtungen in sonnigen Regionen weiterhin von Bedeutung.

(Schlussfolgerung F)

Auswirkung (kWh/m².Jahr) von Blenden und Läden auf den Kühl- und Heizenergiebedarf

Gebäude (mit hoher Dichtigkeit): Wohnung im Vergleich zu Büro

Effect [kWh/m².year] of blinds & shutters on the cooling and heating energy demand
(high compactness) building use: residence versus office

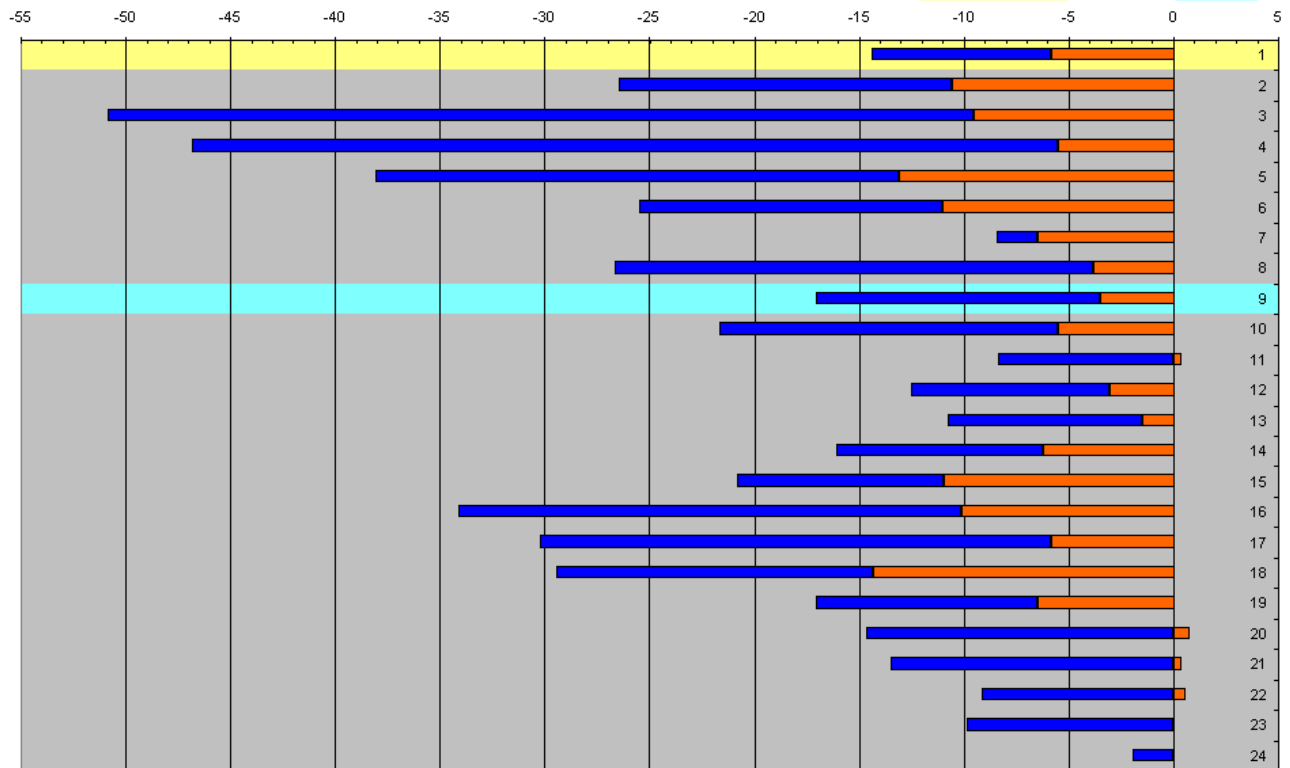


Abb. 23.

Auswirkung (kWh/m².Jahr) von Blenden und Läden auf den Kühl- und Heizenergiebedarf

Gebäude (mit geringer Dichtigkeit): Wohnung im Vergleich zu Büro

Effect [kWh/m².year] of blinds & shutters on the cooling and heating energy demand (low compactness) building use: residence versus office

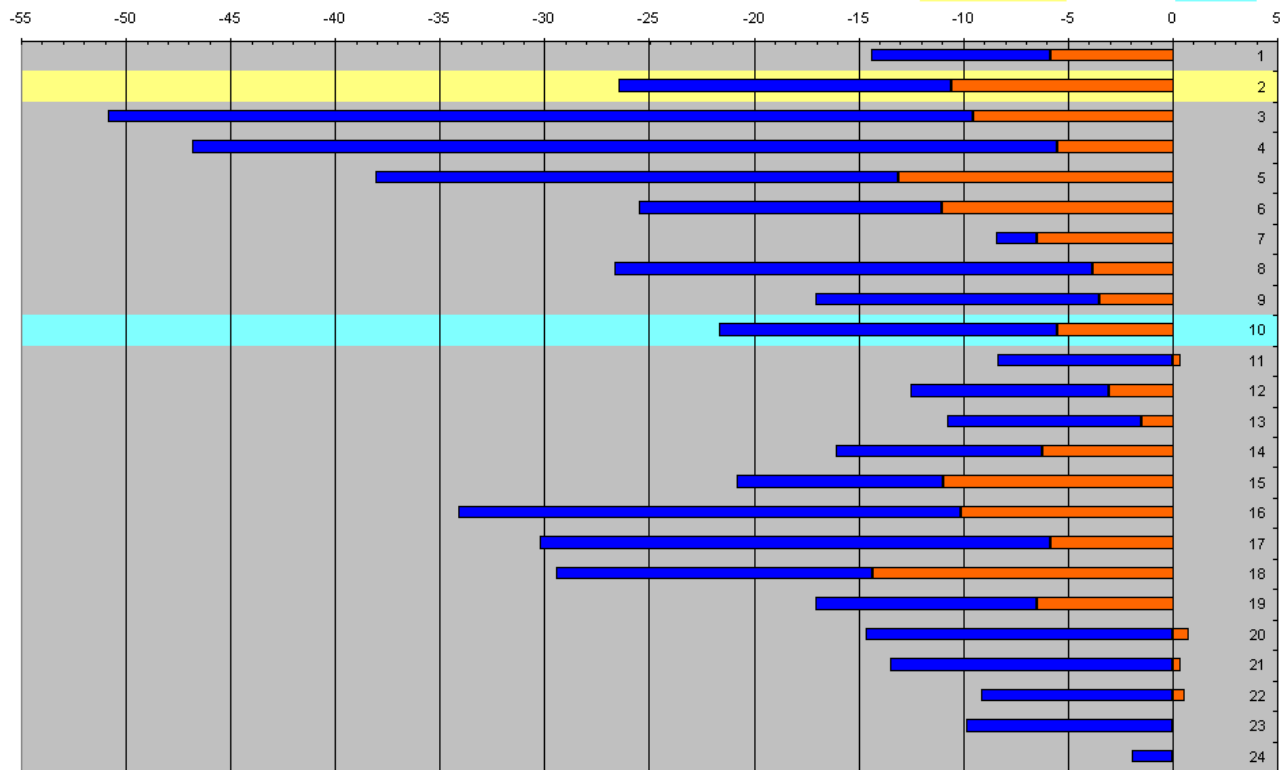


Abb. 24.

Abb. 23 und Abb. 24 zeigen, dass die Wirkung von Läden auf den Heizenergiebedarf bei Wohnhäusern größer ist. Wohnhäuser werden länger geheizt, und in den Büros treten mehr freie Energiegewinne auf. Die Wirkung von Blenden und Läden auf den Kühlenergiebedarf ist für beide Benutzerprofile in etwa gleich. In einem Büro ist die erforderliche Komfortdauer kürzer, allerdings muss die Kühlung auch die größeren freien Energiegewinne wettmachen.

Schlussfolgerung:

Die Wirkung von Läden auf den Heizenergiebedarf ist bei Wohngebäuden von größerer Bedeutung.

(Schlussfolgerung G)

Auswirkung (kWh/m².Jahr) von Blenden und Läden auf den Kühl- und Heizenergiebedarf

$U_{\text{Fenster}} = 2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$ im Vergleich zu $U_{\text{Fenster}} = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$

Effect [kWh/m².year] of blinds & shutters on the cooling and heating energy demand

$U_{\text{window}} = 2.6 \text{ W/m}^2\text{K}$ versus $U_{\text{window}} = 1.8 \text{ W/m}^2\text{K}$

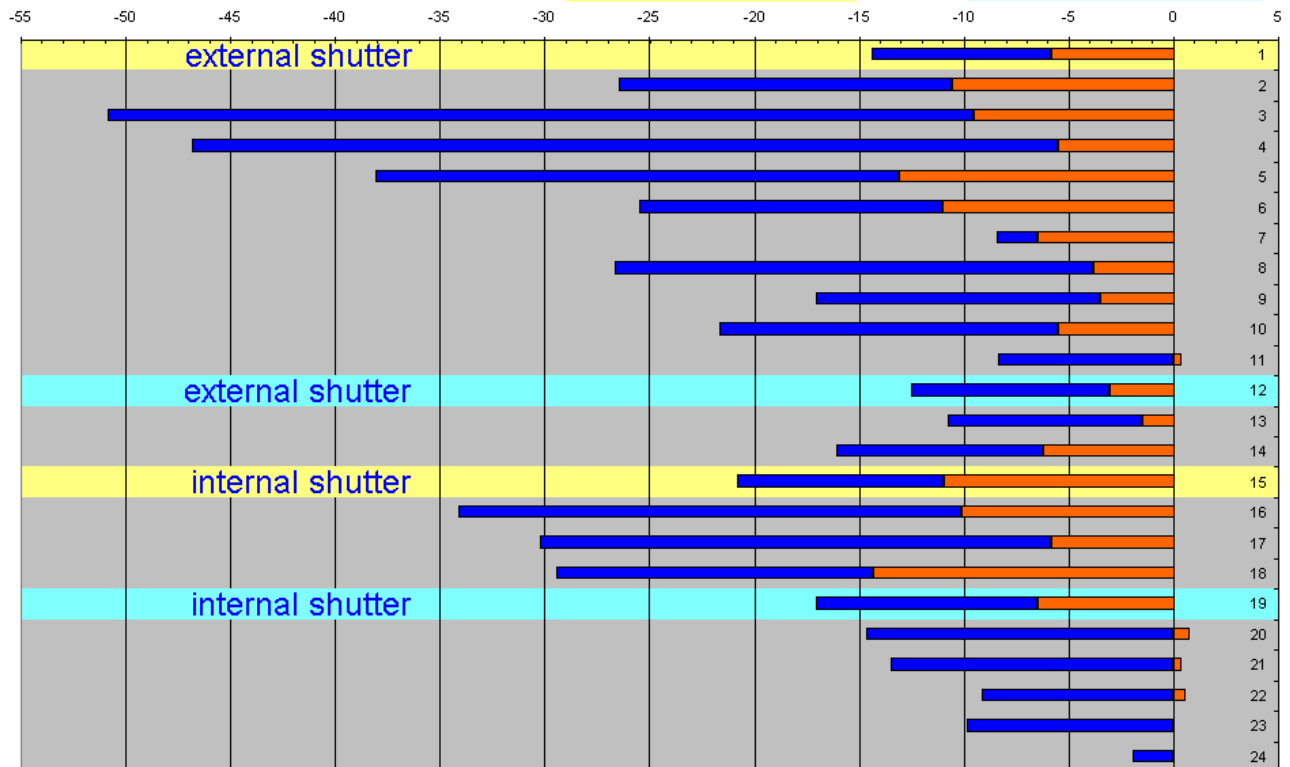


Abb. 25.

External shutter = außen liegender Laden
Internal shutter = innen liegender Laden

Abb. 25 zeigt, dass ein geringerer Wärmedurchgang des Fensters die Wirkung von Läden auf den Heizenergiebedarf verringert. Die Wirkung von Blenden und Läden auf den Kühlenergiebedarf scheint so gut wie nicht vom Wärmedurchgang des Fensters beeinflusst zu werden.

Schlussfolgerung:

Der Wärmedurchgang des Fensters beeinflusst die Wirkung von Läden auf den Heizenergiebedarf, aber nicht ihre Wirkung auf den Kühlenergiebedarf.

(Schlussfolgerung H)

MITTELS BLENDEN UND LÄDEN REALISIERBARE ENERGIEBEDARFSREDUKTION

Abb. 26 zeigt die sowohl beim Heizen als auch beim Kühlen realisierbare Energiebedarfsreduktion in kWh/m².a für die 4 untersuchten Klimatypen. Die Zahlen stammen aus den für die 24 Konstellationen durchgeführten Simulationen.

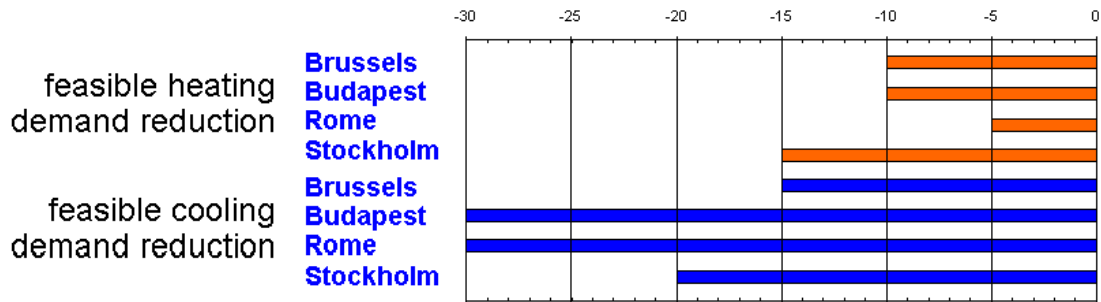


Abb. 26.

Feasible heating demand reduction = realisierbare Heizbedarfsreduktion
 Feasible cooling demand reduction = realisierbare Kühlbedarfsreduktion

In Tabelle 4 werden diese Energiebedarfsreduktionen pro m² Fläche wie folgt für alle Wohn- und Bürogebäude in der EU hochgerechnet.

4 Klimaregionen werden untersucht: Westen (Belgien, Dänemark, Frankreich, Deutschland, Irland, Luxemburg, die Niederlande, Vereinigtes Königreich), Osten (Österreich, Tschechische Republik, Ungarn, Polen, Slovakische Republik, Slowenien), Süden (Zypern, Griechenland, Italien, Malta, Portugal, Spanien) und Norden (Estland, Finnland, Lettland, Litauen, Schweden).

climate type	number of habitants	floor area per habitant	floor area	blind or shutter applicability factor	applicable floor area	Mtoe - MWh conversion factor
	person x 10 ⁶	m ² /person	m ² x10 ⁶		m ² x10 ⁶	Mwh/Mtoe
west	236.4	54.8	12955	0.5	6477	1.16E+07
east	74.6	50.0	3730	0.5	1865	
south	120.5	52.7	6350	0.5	3175	
north	21.2	57.7	1223	0.5	612	

climate type	feasible heating demand reduction	heating system efficiency	feasible (fuel eq.) energy demand reduction	average CO2 emission factor	applicable floor area	feasible heating CO2 emission reduction	feasible heating Mtoe reduction
	kWh/m ² .a	-	kWh/m ² .a	kg/kWh	m ² x10 ⁶	Mt/a	Mtoe/a
west	10	0.8	12.5	0.229	6477	19	7.0
east	10	0.8	12.5	0.229	1865	5	2.0
south	5	0.8	6.3	0.202	3175	4	1.7
north	15	0.8	18.8	0.245	612	3	1.0
						31	12

climate type	feasible cooling demand reduction	cooling system efficiency	feasible (fuel eq.) energy demand reduction	average CO2 emission factor	applicable floor area	feasible cooling CO2 emission reduction	feasible cooling Mtoe reduction
	kWh/m ² .a	-	kWh/m ² .a	kg/kWh	m ² x10 ⁶	Mt/a	Mtoe/a
west	15	0.71	21.0	0.229	6477	31	11.7
east	30	0.71	42.0	0.229	1865	18	6.7
south	30	0.71	42.0	0.202	3175	27	11.5
north	20	0.71	28.0	0.245	612	4	1.5
						80	31

Tabelle 4. realisierbare Reduktion des Energiebedarfs, des CO₂-Ausstoßes und des Mtoe mittels Blenden und Läden in der EU.

climate type = Klimatyp
number of habitants = Einwohnerzahl
floor area per habitant = Fläche je Einwohner
floor area = Fläche
blind or shutter applicability factor = Faktor für die Eignung von Blenden oder Läden
applicable floor area = maßgebliche Fläche
Mtoe – MWh conversion factor = Faktor für die Umwandlung Mtoe – MWh
feasible heating/cooling demand reduction = realisierbare Reduktion des Heiz-/Kühlbedarfs
heating/cooling system efficiency = Effizienz des Heiz-/Kühlsystems
feasible (fuel eq.) energy demand reduction = realisierbare Reduktion des Energiebedarfs (Kraftstoffeinheit)
average CO2 emission factor = Faktor für den mittleren CO₂-Ausstoß
feasible heating/cooling CO2 emission reduction = realisierbare Reduktion des CO₂-Ausstoßes beim Heizen/Kühlen
feasible heating/cooling Mtoe reduction = realisierbare Mtoe-Reduktion beim Heizen/Kühlen.

Die Einwohnerzahl für jede Region (Quelle: <http://www.eu2004.ie>) multipliziert mit der Fläche je Einwohner (Quelle: Cost-Effective Climate Protection in the EU Building Stock (Kosteneffektiver Klimaschutz im EU-Gebäudebestand), Bericht von Ecofys für Eurima, 02/2005) und multipliziert mit einem „Faktor für die Eignung von Blenden oder Läden“ ergibt die gesamte maßgebliche Fläche. Der „Faktor für die Eignung von Blenden

oder Läden“ (Wert 0,5) berücksichtigt, dass der Einsatz von Blenden oder Läden nicht immer sinnvoll ist, so beispielsweise an von Natur aus schattigen Plätzen (Gebäude, die von Bäumen umgeben sind, enge Straßen) oder bei geringfügig beheizten bzw. gekühlten Räumen. Der Faktor berücksichtigt weiterhin, dass ein Teil der vorhandenen Gebäude bereits mit Blenden oder Läden ausgestattet ist.

Die realisierbare Reduktion des Kraftstoffeinheiten-Energiebedarfs wird berechnet, indem die Heiz- und Kühlbedarfsreduktion durch die Systemeffizienz dividiert wird. Für die Wärmeproduktion wird eine Systemeffizienz von 0,8 zu Grunde gelegt. Für die Kälteproduktion wird eine Systemeffizienz von 0,71 angenommen unter Zu-Grunde-Legung eines Leistungs-Koeffizienten COP=2 und eines Faktors für die Umwandlung Elektrizität-Kraftstoff von 2,8.

Multipliziert man die realisierbare Reduktion des Kraftstoffeinheiten-Energiebedarfs mit dem Faktor für den mittleren CO₂-Ausstoß (die Werte stammen aus dem genannten Ecofys-Bericht) und mit der maßgeblichen Fläche, so erhält man die sowohl beim Heizen als auch beim Kühlen realisierbare Reduktion des CO₂-Ausstoßes.

Teilt man das Produkt aus realisierbarer Reduktion des Kraftstoffeinheiten-Energiebedarfs und maßgeblicher Fläche durch den Faktor für die Umwandlung Mtoe-MWh, so erhält man die sowohl beim Heizen als auch beim Kühlen realisierbare Mtoe (million tonnes of oil equivalent – Millionen Tonnen Öleinheiten)-Reduktion.

Solarverschattung und Läden ermöglichen auf Grund der durch sie erzielten Heizenergiebedarfsreduktion eine CO₂-Reduktion von 31 Mt/a.

Blenden oder Läden ermöglichen auf Grund der durch sie erzielten Kühlenergiebedarfsreduktion eine CO₂-Reduktion von 80 Mt/a.

Diese Zahlen berücksichtigen nicht, dass bei einer beachtlichen Anzahl von Gebäuden durch die Ausstattung mit Blenden oder Läden die Investition für ein aktives Kühlsystem wegfällt, was einen zusätzlichen Vorteil darstellt.