

Optimierung der solaren Gewinne

Fenster und Sonnenschutz

Sommerlicher Wärmeschutz – eine geschuldete Eigenschaft

4.2.2

"Die Beklagte wird verurteilt, in den Büroräumlichkeiten der Kläger im I. und II. Obergeschoß sowie in den nicht mit einer Klimaanlage ausgestatteten Räumen des III. Obergeschosses zu gewährleisten, dass bei einer Außentemperatur von bis zu 32 Grad Celsius die Innentemperatur 26 Grad Celsius nicht übersteigt und bei höheren Temperaturen die Innentemperatur mindestens 6 Grad Celsius unter der Außentemperatur liegt.

Die Kosten des Rechtsstreits trägt die Beklagte"

(Urteil der 3. Zivilkammer des Landgerichts Bielefeld zum Thema "Raumtemperaturen in Büroräumen" in der mündlichen Verhandlung vom 25. März 2003.)

Quelle: Gerichtsurteil Landesgericht Bielefeld

Sommerlicher Wärmeschutz – eine geschuldete Eigenschaft

4.2.3

„Grundsätzlich sollen alle Gebäude ohne Klimatisierung betrieben werden. Dazu sind insbesondere im Rahmen von Neubauplanungen bauliche Maßnahmen vorzusehen, um auch im Sommer behagliche Raumkonditionen zu erreichen.

Um eine Überhitzung der Räume durch Sonneneinstrahlung zu vermeiden,

Quelle: (Stuttgart, , Landeshauptstadt, Mitteilungen des Bürgermeisteramts Nr. 24/2005, Energieerlass20. September 2005, Auszug Seite 11, Punkt 3.3)

Sommerlicher Wärmeschutz – ÖNORM B 8110-3

4.2.4

Die empfundene Raumtemperatur darf während einer Hitzeperiode

Am Tag max. +27°C

In der Nacht max. +25°C betragen.

Der Nachweis erfolgt per Berechnung, das Rechenprogramm muss den Anforderungen der ÖNORM EN ISO 13791 haben.

Quelle: ÖN B 8110 Teil 3 – 1999/12/01 Wärmeschutz im Hochbau

Maßnahmen gegen Überhitzung

4.2.5

- Südorientierung, wenig, bis keine Fenster nach Osten und Westen
- hoher Wärmeschutz hält Wärme draußen
- außenliegender Sonnenschutz
- stromsparende Elektrogeräte/Haushaltsgeräte
- Nachtlüftung: tagsüber die Fenster geschlossen halten, ab Mitternacht lüften
- Speichermasse innen

Quelle: Allgemeinwissen, Zusammenstellung: Energieinstitut Vorarlberg

Raumlufttemperaturen im Sommer - Einflussfaktoren

4.2.6

- Energieniveau des Gebäudes
- Fenstergröße, -orientierung und Qualität
- Baukonstruktion Leichtbau oder Massivbau
- Speichermassen
- Lüftung WRG + Erdreichtauscher
- Fensterlüftungssystem (Querlüftung)
- Nutzerverhalten (interne Wärmequellen)
- Flächenkühlsysteme

Quelle: Allgemeinwissen, Zusammenstellung: Energieinstitut Vorarlberg

Sonnenschutz im Außenbereich

4.2.7

- Rollläden
- Außenjalousien (Raffstores)
- Markisen
- Außenrollos
- Fensterläden

Quelle: Allgemeinwissen, Zusammenstellung: Energieinstitut Vorarlberg

Sonnenschutz im Innenbereich

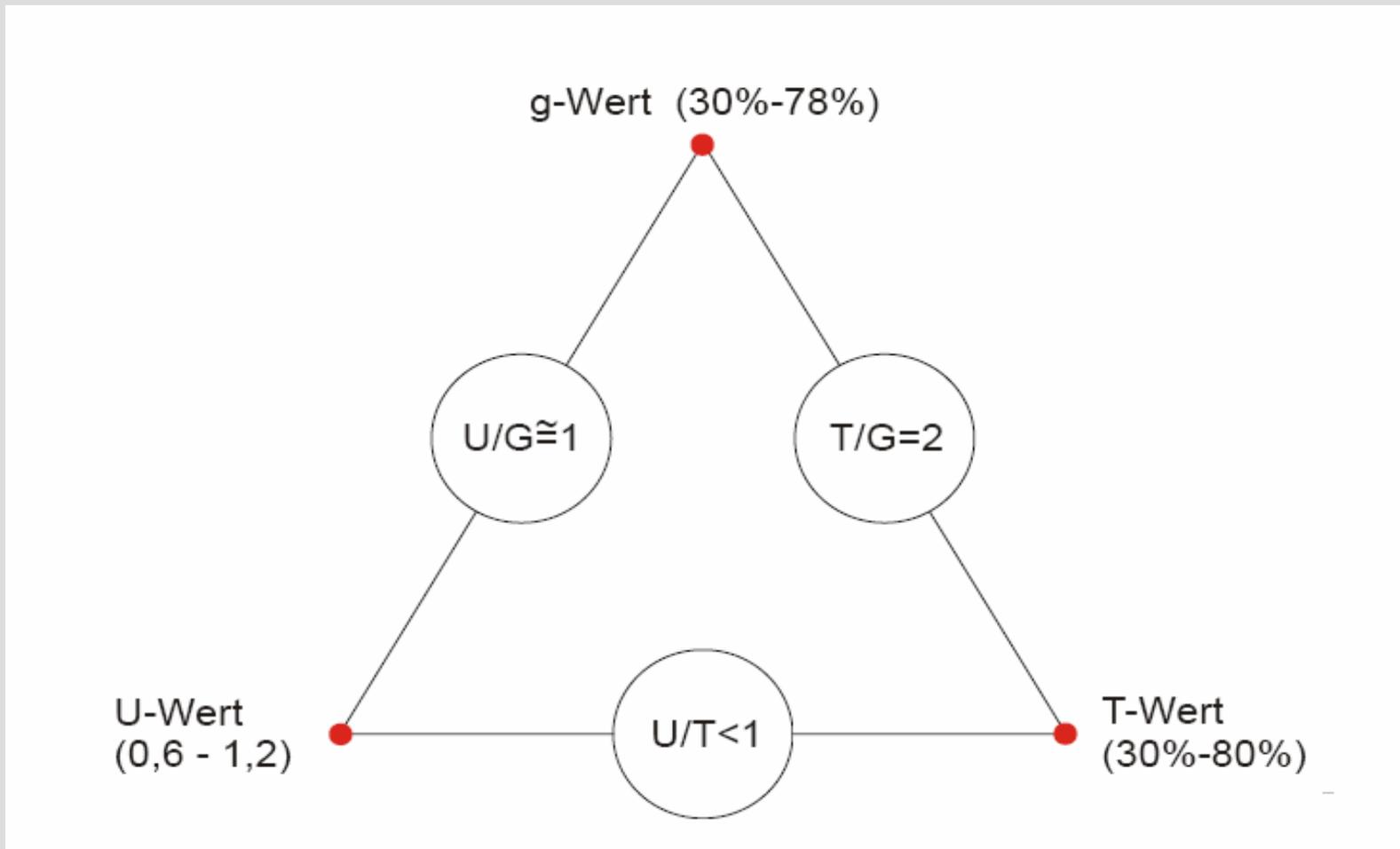
4.2.8

- Vertikaljalousien (Lamellenvorhänge)
- Innenrollos und Faltstores
- Innenjalousien
- Sonnenschutz in der Scheibe

Quelle: Allgemeinwissen, Zusammenstellung: Energieinstitut Vorarlberg

Kennwerte der Glasoptimierung

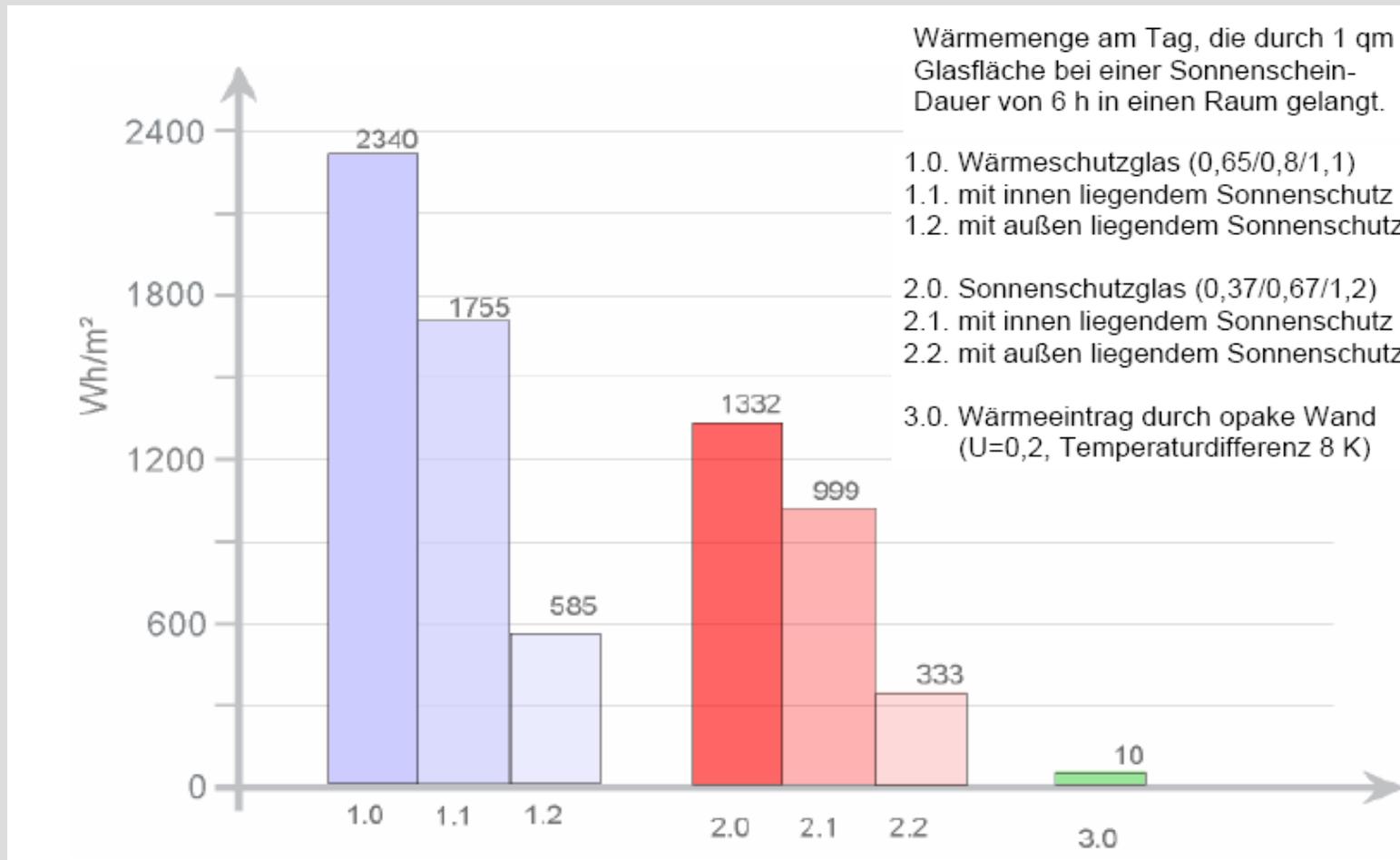
4.2.9



Quelle: Prof. Clemens Richarz, FH München, Vorlesungsmanuskript

Kennwerte der Glasoptimierung

4.2.10



Quelle: Prof. Clemens Richarz, FH München, Vorlesungsmanuskript

Abminderungsfaktoren F_c

4.2.11

Tabelle 8 – Anhaltswerte für Abminderungsfaktoren F_c von fest installierten Sonnenschutzvorrichtungen			
Zeile	Sonnenschutzvorrichtung		F_c
1	Ohne Sonnenschutzvorrichtung		1
2	Innenliegend oder zwischen den Scheiben ^b :		
	2.1	weiß oder reflektierende Oberfläche mit geringer Transparenz	0,75
	2.2	helle Farben oder geringe Transparenz ^c	0,8
	2.3	dunkle Farbe oder höhere Transparenz	0,9
3	Außenliegend		
	3.1	Drehbare Lamellen, hinterlüftet	0,25
	3.2	Jalousien und Stoffe mit geringer Transparenz ^c , hinterlüftet	0,25
	3.3	Jalousien, allgemein	0,4
	3.4	Rollläden, Fensterläden	0,3
	3.5	Vordächer, Loggien, freistehende Lamellen ^d	0,5
	3.6	Markisen ^d , oben und seitlich ventiliert	0,4
	3.7	Markisen ^d , allgemein	0,5

^a Die Sonnenschutzvorrichtung muss fest installiert sein. Übliche dekorative Vorhänge gelten nicht als Sonnenschutzvorrichtung.

^b Für innen und zwischen den Scheiben liegende Sonnenschutzvorrichtungen ist eine genaue Ermittlung zu empfehlen, da sich erheblich günstigere Werte ergeben können.

^c Eine Transparenz der Sonnenschutzvorrichtung unter 15 % gilt als gering.

^d Dabei muss näherungsweise sichergestellt sein, dass keine direkte Besonnung des Fensters erfolgt. Dies ist der Fall, wenn

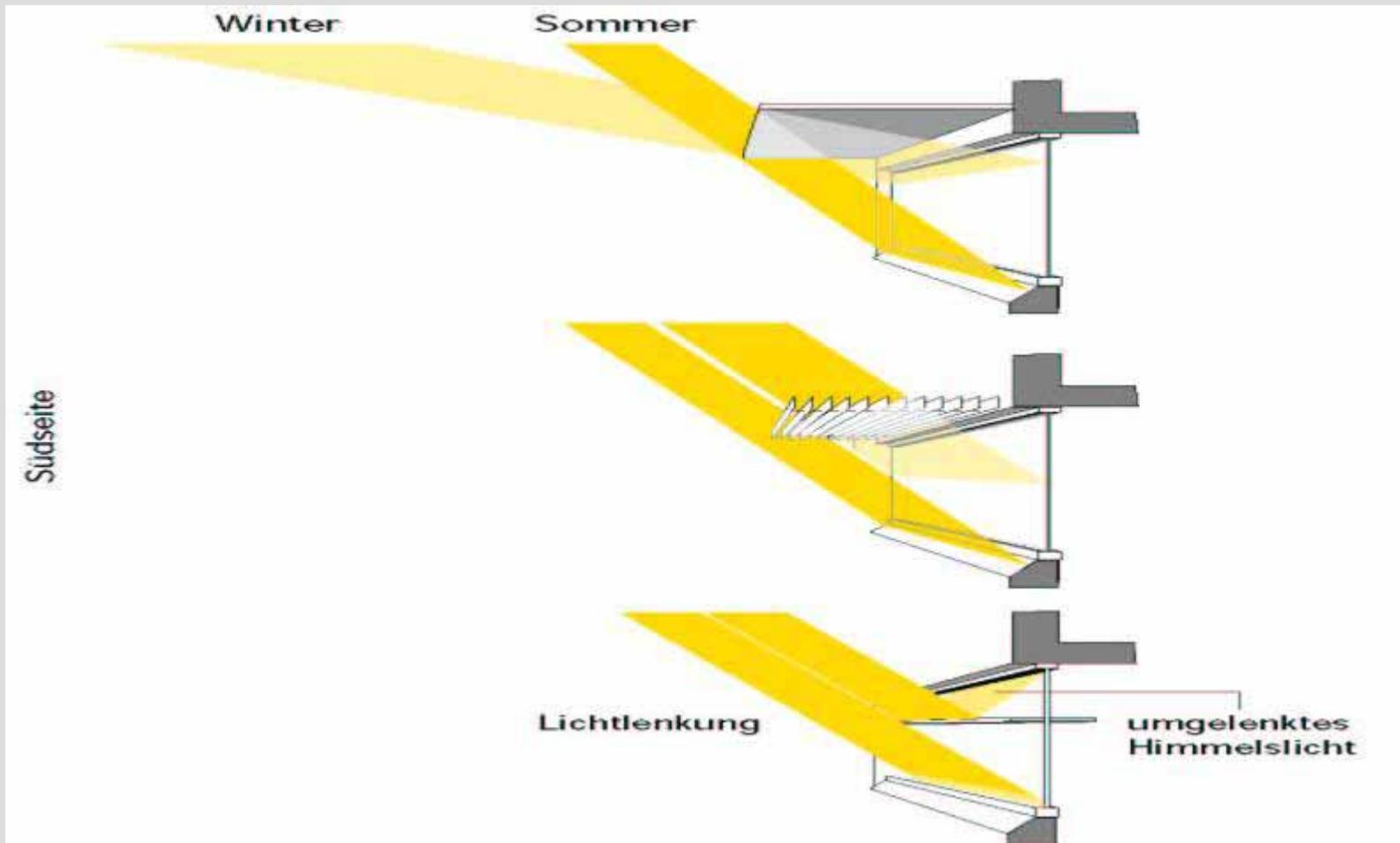
- bei Südorientierung der Abdeckwinkel $\beta \geq 50^\circ$ ist;
- bei Ost- oder Westorientierung der Abdeckwinkel $\beta \geq 85^\circ$ oder $\beta \geq 115^\circ$ ist.

Zu den jeweiligen Orientierung gehören Winkelbereiche von $\pm 22,5^\circ$. Bei Zwischenorientierungen ist der Abdeckwinkel $\beta \geq 80^\circ$ erforderlich.

Quelle: aus DIN 4108

Feststehender Sonnenschutz

4.2.12



Quelle: PACER; U. Fischer

Feststehender Sonnenschutz

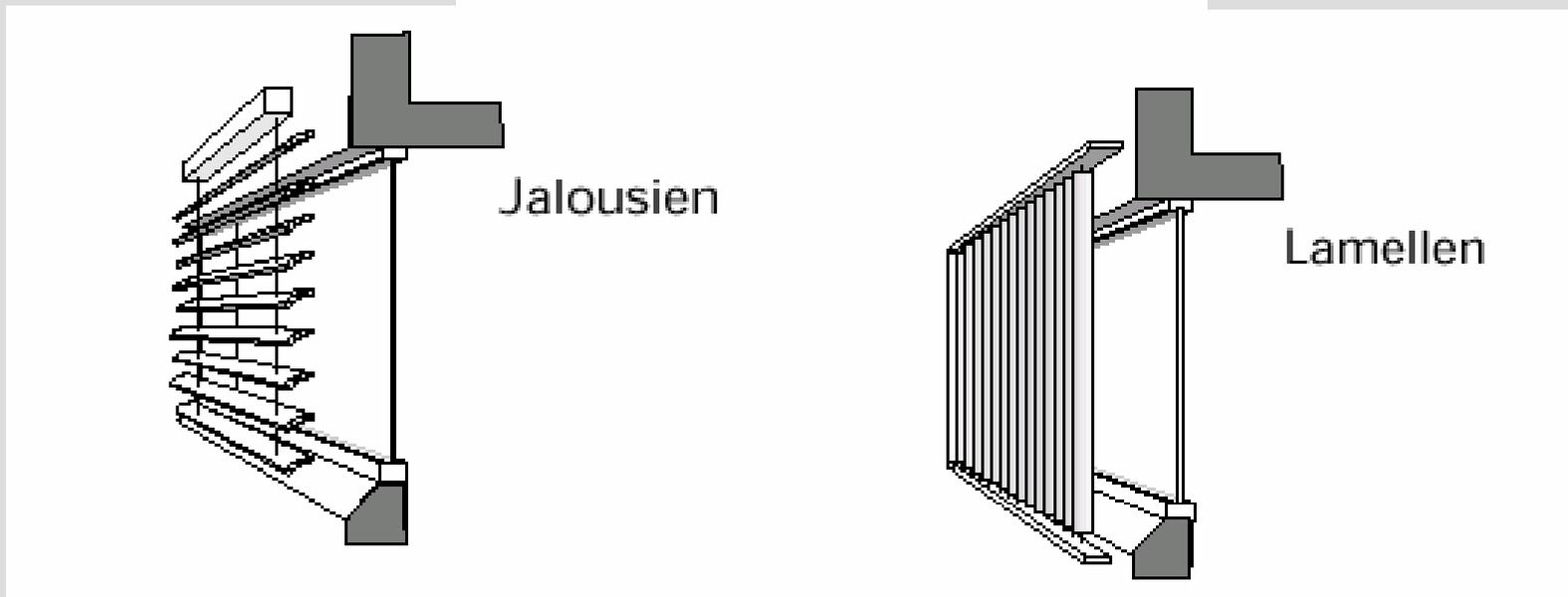
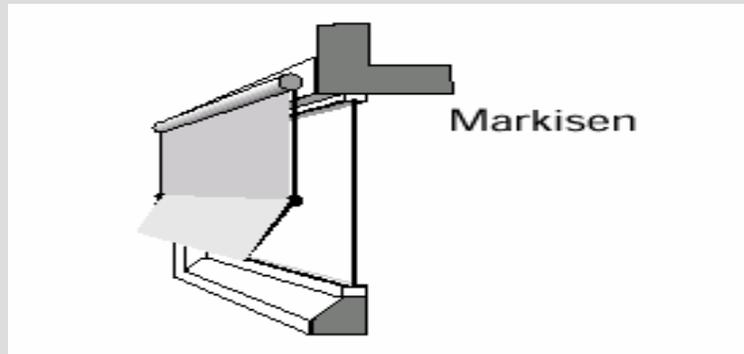
4.2.13



Quelle: PACER; U. Fischer

Sonnenschutz

4.2.14



Quelle: Pacer

Außen liegender Sonnenschutz - Beispiele

4.2.15



Außen liegender Sonnenschutz - Beispiele

4.2.16



Außen liegender Sonnenschutz - Beispiele

4.2.17



Lüftungsstrategien

4.2.18



Zusammenfassung aus AkkP 22: Sommerlüftung

- Sommerlüftung - wichtigster Parameter für Sommerbehaglichkeit
- hohe Luftmengen - einfach mit gekippten oder gedrehten Fenstern
- Randbedingungen schwanken; „bedingt“ berechenbar; Mess/Sim-Vergleich
- „richtige“ Öffnungsquerschnitte ansetzen
- Berechnungstool „SommLuft“ für mittlere Werte
- Hinweise für effiziente Sommerlüftungsstrategien
 - inklusive einer Ausweichstrategie durch viele kleinere Maßnahmen
- In der Praxis gute Sommerbehaglichkeit in Passivhäusern -
 - dabei ist die Sommerlüftung ausschlaggebend.

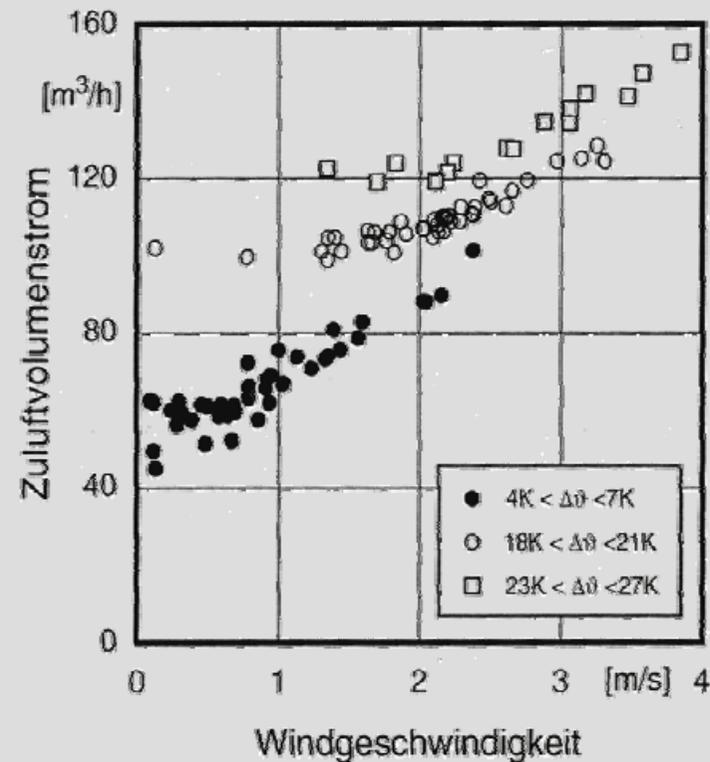
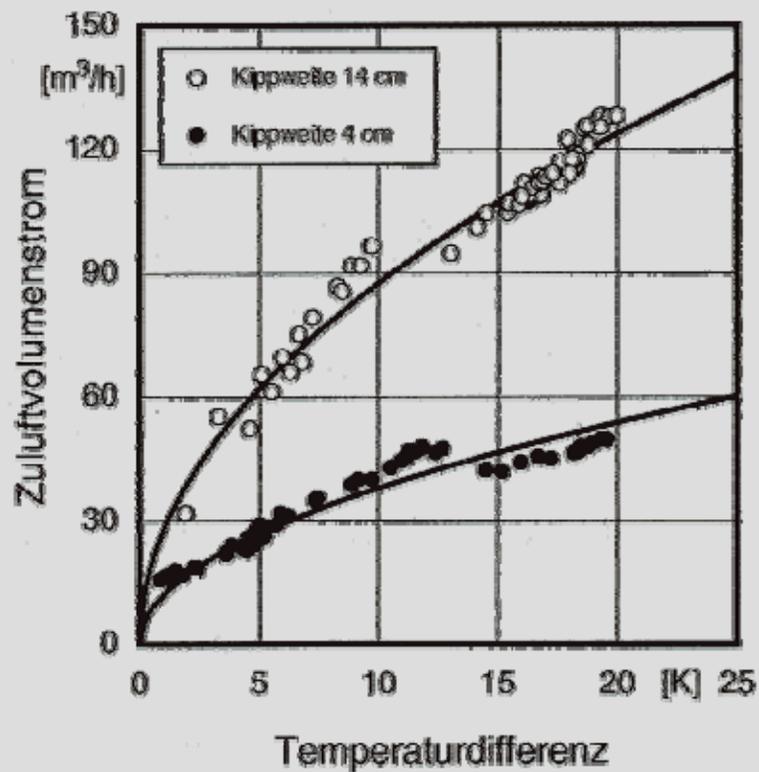
Quelle: Passivhausinstitut Darmstadt, Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser 22 Sommerlüftung

Fensterlüftung, Einfluss durch Temperatur und Wind

4.2.19



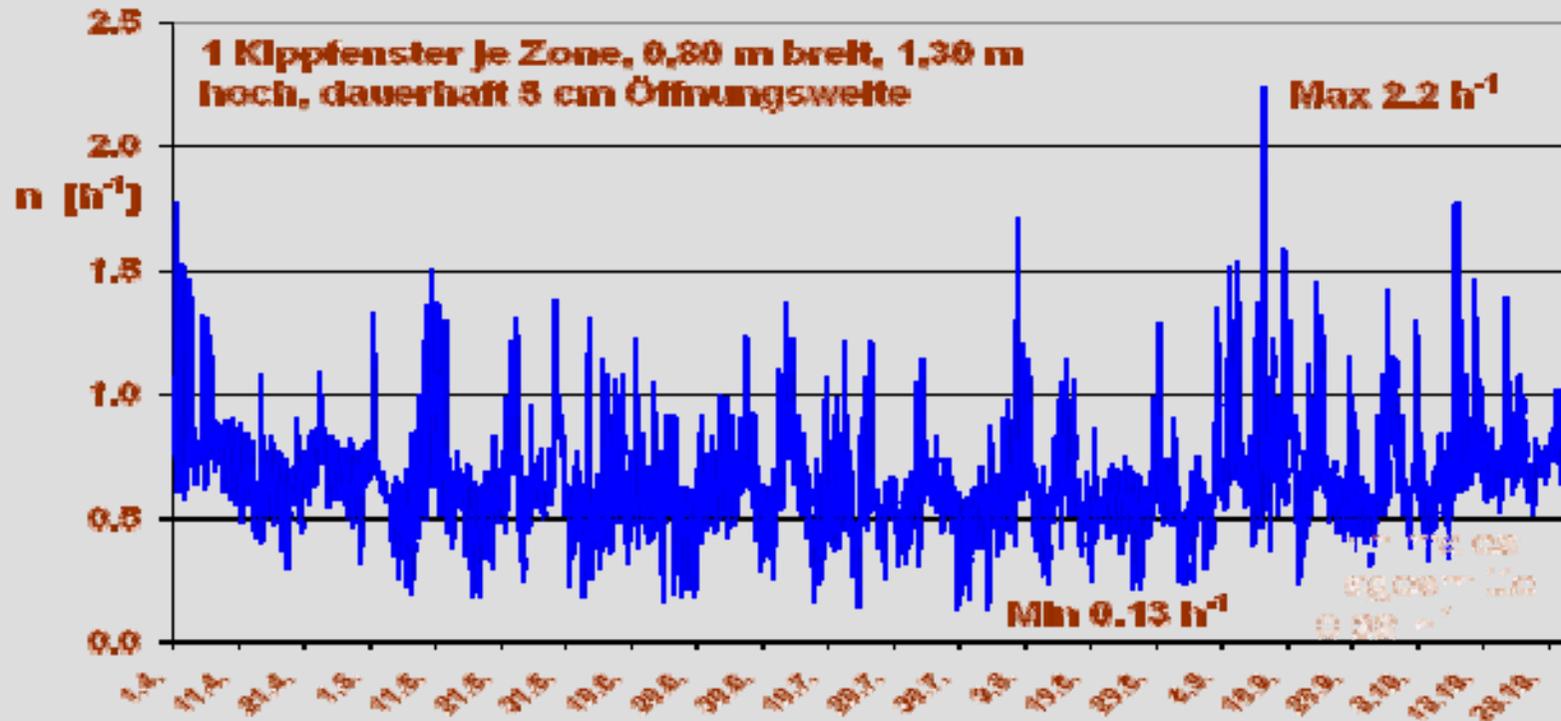
Freie Lüftung hängt stark von den Wetter-Randbedingungen ab:
(aus [Maas 1995])



Quelle: Arbeitskreisband kostengünstige Passivhäuser Nr. 22 Sommerlüftung

Kippfensterlüftung: Wirkung stark schwankend

4.2.20



Minimales Tagesmittel: 0.36 h⁻¹.

Resultierender mittlerer Luftwechsel: 0.65 h⁻¹.

Starke Schwankungen der Außenluftmengen: im Sommer ok.

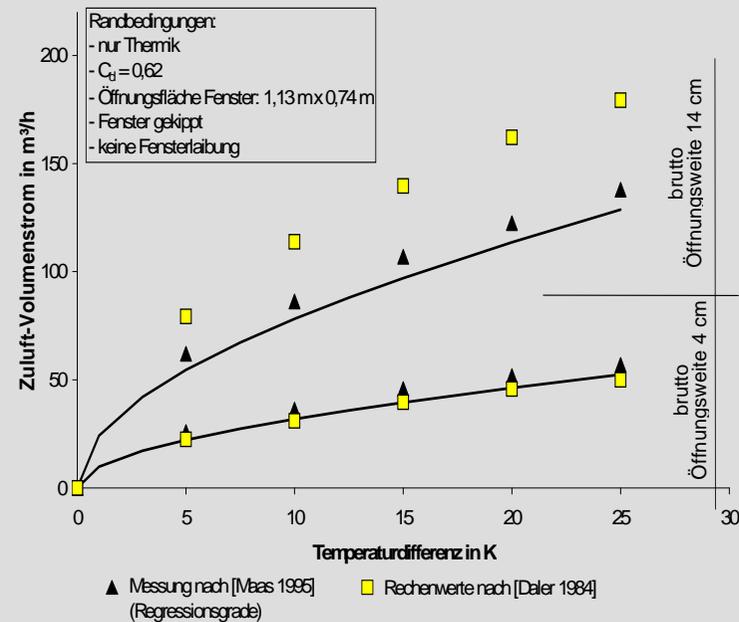
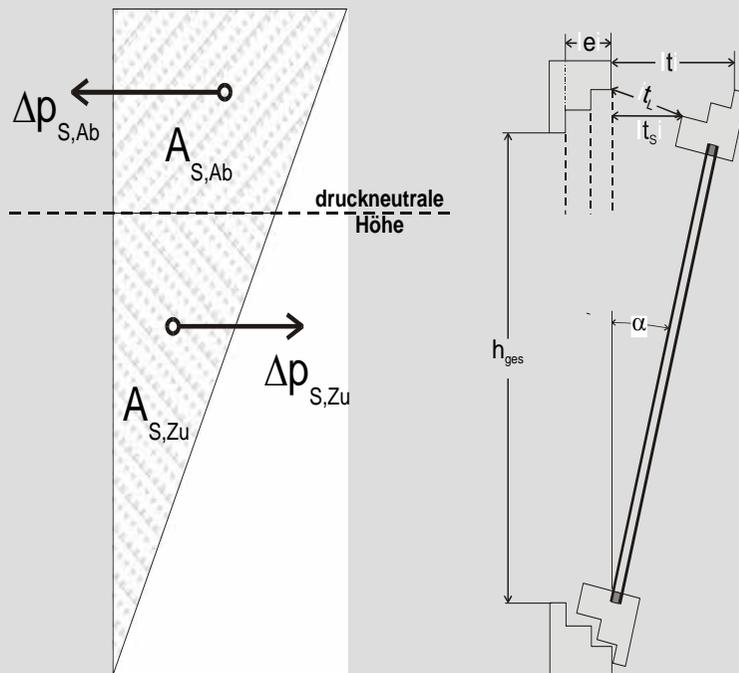
Quelle: Arbeitskreisband kostengünstige Passivhäuser Nr. 22 Sommerlüftung

Kippfenster: freier Öffnungsquerschnitt, richtig berechnen

4.2.21



Die richtigen freien Öffnungsquerschnitt verwenden: (nach [Knissel 2002])



...dann können die strömungsdynamisch berechneten Volumenströme recht gut mit den Messwerten übereinstimmen.

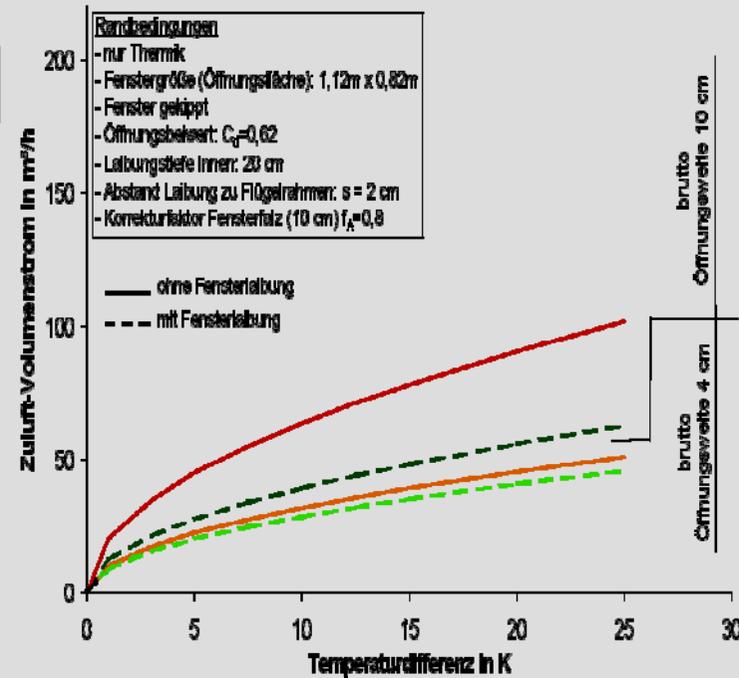
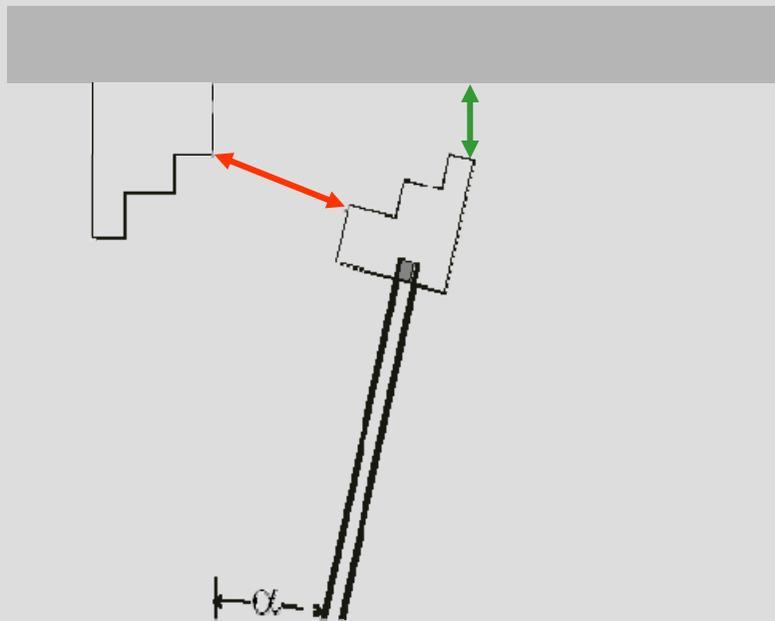
Quelle: Arbeitskreisband kostengünstige Passivhäuser Nr. 22 Sommerlüftung

Kippfenster: freier Öffnungsquerschnitt, richtig berechnen

4.2.22

Richtige effektive Öffnungsquerschnitte - beachte die Laibung: (nach [Knissel 2002])

Laibung



Die Luftvolumenströme sind oft deutlich kleiner als bei „naiver“ Berechnung!

Fensterlüftung: Demo



Klima-Randbedingungen

Temperaturdifferenz innen - außen K
Windgeschwindigkeit m/s

sonstige Parameter

f_{Dreieck} (bei Kippfenster)
 C_D
 Δc_p
Gebäudevolumen m³

Fenster 1

Anzahl
lichte Breite m
lichte Höhe m
Kippfenster?
Öffnungsweite (bei Kippfenster) m

Fenster 2 (bei Querlüftung)

Anzahl
lichte Breite m
lichte Höhe m
Kippfenster?
Öffnungsweite (bei Kippfenster) m
Höhendifferenz zu Fenster 1 m

Einseitige Lüftung

Gesamt-Volumenstrom m³/h
Luftwechsel einseitige Lüftung h⁻¹

Querlüftung

(über mehrere Fenster, auch auf derselben Seite)

Gesamt-Volumenstrom m³/h
Luftwechsel Querlüftung h⁻¹

Quelle: Passivhausinstitut Darmstadt

Fensterlüftung: Demo



Klima-Randbedingungen

Temperaturdifferenz innen - außen K
Windgeschwindigkeit m/s

sonstige Parameter

f_{Dreieck} (bei Kippfenster)
 C_D
 Δc_p
Gebäudevolumen m³

Fenster 1

Anzahl
lichte Breite m
lichte Höhe m
Kippfenster?
Öffnungsweite (bei Kippfenster) m

Fenster 2 (bei Querlüftung)

Anzahl
lichte Breite m
lichte Höhe m
Kippfenster?
Öffnungsweite (bei Kippfenster) m
Höhendifferenz zu Fenster 1 m

Einseitige Lüftung

Gesamt-Volumenstrom m³/h
Luftwechsel einseitige Lüftung h⁻¹

Querlüftung

(über mehrere Fenster, auch auf derselben Seite)

Gesamt-Volumenstrom m³/h
Luftwechsel Querlüftung h⁻¹

Quelle: Passivhausinstitut Darmstadt

Fensterlüftung: Demo



Klima-Randbedingungen

Temperaturdifferenz innen - außen	4	K
Windgeschwindigkeit	1	m/s

sonstige Parameter

f_{Dreieck} (bei Kippfenster)	0.7
C_D	0.61
Δc_p	0.3
Gebäudevolumen	390 m ³

Fenster 1

Anzahl	1
lichte Breite	1.28 m
lichte Höhe	1.38 m
Kippfenster?	x
Öffnungsweite (bei Kippfenster)	0.080 m

Fenster 2 (bei Querlüftung)

Anzahl	1
lichte Breite	1.28 m
lichte Höhe	1.38 m
Kippfenster?	x
Öffnungsweite (bei Kippfenster)	0.080 m
Höhendifferenz zu Fenster 1	2.80 m

Einseitige Lüftung

Gesamt-Volumenstrom	45	m ³ /h
Luftwechsel einseitige Lüftung	0.12	h ⁻¹

Querlüftung

(über mehrere Fenster, auch auf derselben Seite)

Gesamt-Volumenstrom	284	m ³ /h
Luftwechsel Querlüftung	0.73	h ⁻¹

Quelle: Passivhausinstitut Darmstadt

Rechnerische Abschätzung sommerliche Übertemperatur

4.2.26

S O M M E R F A L L D E M O

Übertemp.häufigkeit $h_{g \geq g_{max}}$

4.3%



Klima: Standard Deutschland
Objekt: Passivhaus-Endhaus Kranichstein

Innentemperatur: 20 °C
Gebäudetyp/Nutzung: Wohnen
Energiebezugsfläche A_{EB} : 156 m²
Standard-Personenbelegung: 4 Pers

spez. Kapazität: 156 W h/K pro m² W FL
Übertemperaturgrenze: 25 °C

Wärmebereitstellungsgrad
des Plattenwärmeübertragers

η_{WRG}

80%

wirksames
Luftvolumen V_L

A_{EB}
m²
156

lichte Raumhöhe
m
2.50

m³
390

ankreuzen:

freie Lüftung (Fenster+Fugen):

Sommerlüftung Luftwechsel: 1/h

0.70

nur mechan. Abluft

0.00 1/h

Zu- und Abluft wie Winterbetrieb mit WRG

Zu-/Abl. ohne WRG

33%

η_{EWT} Erdreichwärmetaus

η_{WRG}

$n_{L,Rest}$

energetisch wirksamer Luftwechsel n_L

0.700

+ 0.000

* (1 - 0.000)

+ 0.00

Ausrichtung
der Fläche

Winkel-
faktor
Sommer

Versch.-
faktor
Sommer

Rück-
reflektion

g-Wert
(senkr. Einstr.)

Fläche
m²

Verglasungsanteil

Apertur
m²

2. Süd 0.84

* 71%

* 0.95

* 50%

* 30.4

* 68%

= 5.9

Wärmeangebot Solarstrahlung Q_s

Summe

8.6

Innere Wärmequellen Q_i

spezif. Leistung q_i
W/m²

2.1

A_{EB}
m²

156

=

328

Übertemperaturhäufigkeit $h_{g \geq g_{max}}$

4.3%

der Übertemperaturgrenze $g_{max} = 25$ °C

Wenn die "Häufigkeit über 25°C" 10% überschreitet, sind zusätzliche Maßnahmen zum Schutz vor Sommerhitze erforderlich.

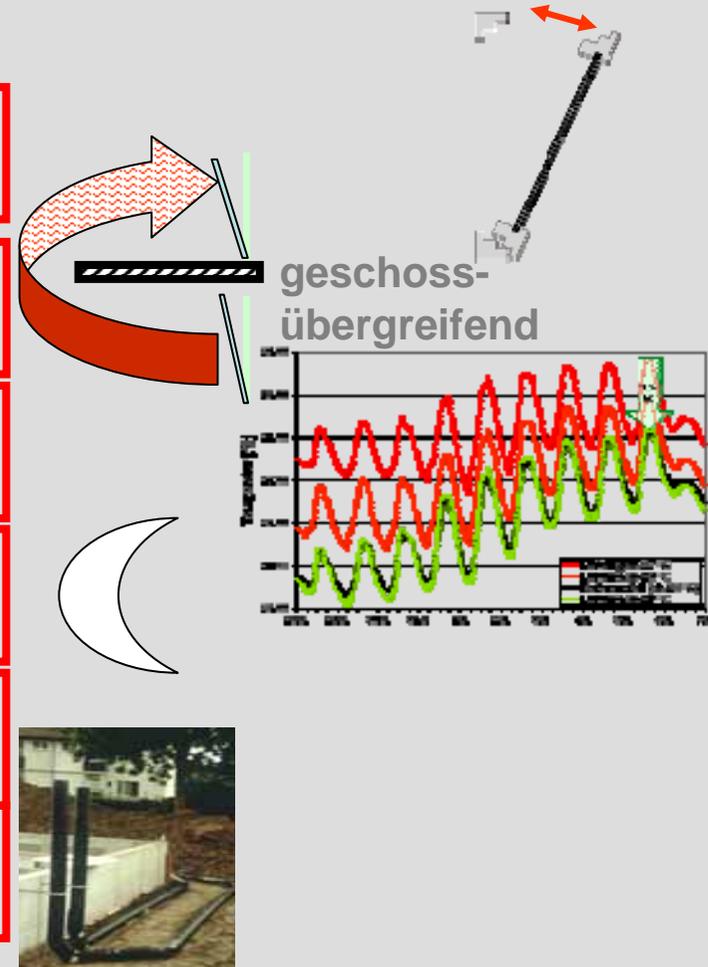
Quelle: Passivhausinstitut Darmstadt



Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser 22 Sommerlüftung

4.2.27

- Macht hoch die Tür, die Tor macht weit: Querschnitte!
- Auf Durchzug schalten: am besten über mehrere Stockwerke.
- Spare in der Zeit, dann hast du in der Not. Vorher kühl - immer kühl.
- Carpe noctem: Nachtlüftung.
- DDC allein macht nicht glücklich.
- winterdimensionierter EWT: Überhitzungsdauer geringer, Spitzentemperaturen kaum verändert.



Quelle: Text



Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser 22 Sommerlüftung

4.2.28

Kleinvieh macht auch Mist.

- reduziere innere Wärmequellen
- verschatten! Notfalls auch von innen
- Sommerbypass
- höhere Lüfterstufe (Vorsicht! Elektroleistung)
- EWT
- ein bisschen kippen...



Quelle: Passivhausinstitut Darmstadt

Sommerfall Berechnung mit PHPP

4.2.29

SOMMERFALL DEMO

Übertemp.häufigkeit $h_{g \geq g_{max}}$

3.5%

Klima:
Objekt:

Innentemperatur: °C
Gebäudetyp/Nutzung:
Energiebezugsfläche A_{EB} : m²
Standard-Personenbelegung: Pers

spez. Kapazität Wh/K pro m² WFL
Übertemperaturgrenze: °C

Wärmebereitstellungsgrad
des Plattenwärmeübertragers

η_{WRG}

wirksames
Luftvolumen V_L

A_{EB}
m²

lichte Raumhöhe
m

=

m³

ankreuzen:

-
-
-
-

freie Lüftung (Fenster+Fugen):

Sommerlüftung Luftwechsel : 1/h

Bypass

0.28 h⁻¹

nur mechan. Abluft 1/h

Stufe 2

0.18 h⁻¹

Zu- und Abluft wie Winterbetrieb mit WRG

1 Kipp

0.11 h⁻¹

Zu-/Abl. ohne WRG

η_{EWT} Erdreichwärmetaus

η_{WRG}

$n_{L,Rest}$

energetisch wirksamer Luftwechsel n_L

1/h

+

1/h

*

$(1 - \text{input type="text" value="0.000"}/h)$

1/h

+

Ausrichtung
der Fläche

Winkel-
faktor
Sommer

Versch.-
faktor
Sommer

Rück-
reflektion

g-Wert
(senkr. Einstr.)

Fläche
m²

Verglasungsanteil

Apertur
m²

2. Süd

*

*

*

*

*

=

10% Reduktion

Wärmeangebot Solarstrahlung Q_s

Summe

Innere Wärmequellen Q_i

spezif. Leistung q_i
W/m²

A_{EB}
m²

=

... führt zu behaglichem Sommerklima.

Quelle: Passivhausinstitut Darmstadt

Beispiel: messtechnische Untersuchung im Sommer

4.2.30

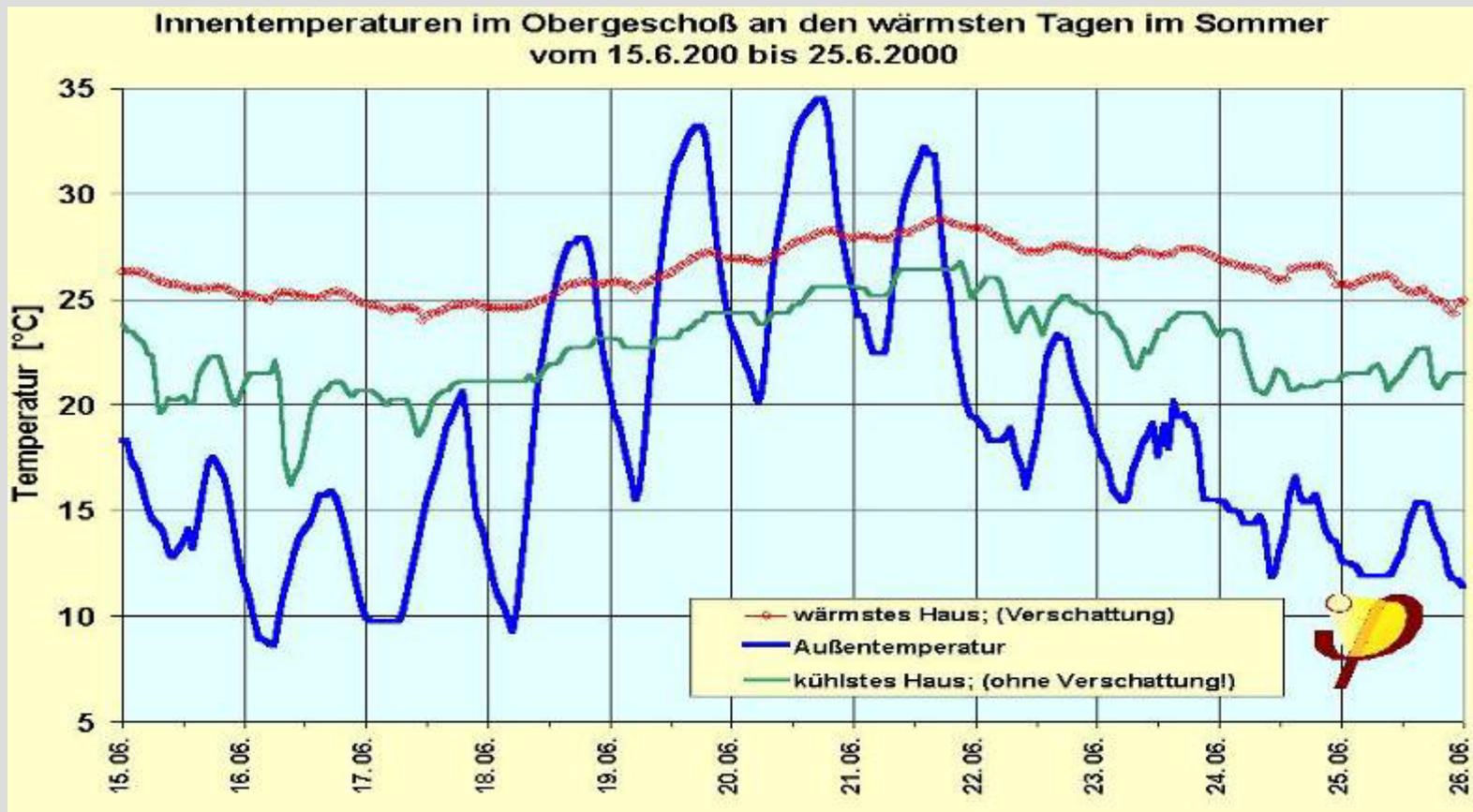


Quelle: CEPHEUS, Passivhaus Institut Darmstadt

Beispiel: messtechnische Untersuchung im Sommer

4.2.31

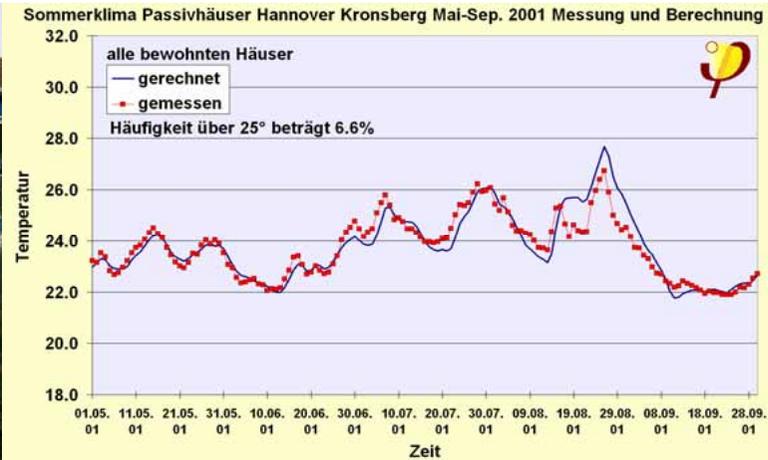
Einfluss des Menschen auf die Innentemperatur



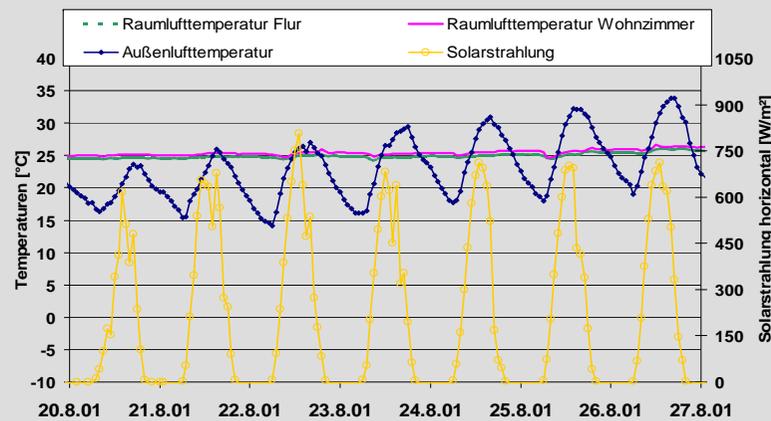
Quelle: CEPHEUS, Passivhaus Institut Darmstadt

Validierung der rechner. Abschätzung durch Messungen

4.2.32



Heißeste Woche im Sommer



Quelle: Passivhausinstitut Darmstadt

Architekt Christian Stamm; Verwaltungsgebäude; 1998

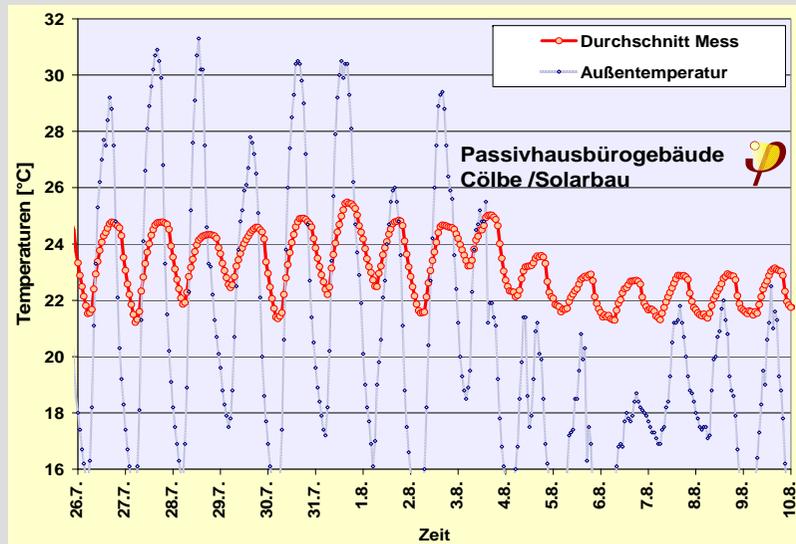
4.2.33



Quelle: Passivhausinstitut Darmstadt

Validierung der rechner. Abschätzung durch Messungen

4.2.34



Quelle: Passivhausinstitut Darmstadt

26°C wird nicht erreicht

$h_{9>25} = 0,6 \%$

Rückspiegel:

Die vorausgehende Simulation des PHI im Rahmen des SolarBau-Projektes hatte prognostiziert:

$h_{9>25} = 1.1 \%$ (Ostsegment) 1.0%

$h_{9>25} = 2.6 \%$ (Zentralsegm.) 0.7%

$h_{9>25} = 1.7 \%$ (Rundbau) 2.3%

Nachzulesen in Protokollband

Nr. 15 des AkkP (1999).

2001

PHPP – Sommerfall Berechnung

4.2.35

SOMMERFALL DEMO



Klima:
 Objekt:

Innentemperatur: °C
 Gebäudtyp/Nutzung:
 Energiebezugsfläche A_{EB}: m²
 Standard-Personenbelegung: Pers

spez. Kapazität: Wh/K pro m² WFL
 Übertemperaturgrenze: °C

Wärmebereitstellungsgrad des Plattenwärmeübertragers: η_{WRG}
 wirksames Luftvolumen V_L: m² A_{EB} * m lichte Raumhöhe = m³

ankreuzen: freie Lüftung (Fenster+Fugen): Sommerlüftung Luftwechsel: 1/h
 nur mechan. Abluft 1/h
 Zu- und Abluft wie Winterbetrieb mit WRG
 Zu-/Abl. ohne WRG η_{EWT} Erdreichwärmetaus η_{WRG}
 energetisch wirksamer Luftwechsel n_L: + * (1 -) +

möglicher, hoher Luftwechsel

Ausrichtung der Fläche: Winkel-faktor Sommer: * Versch.-faktor Sommer: * Rück-reflektion: * g-Wert (senkr. Einstr.): * Fläche: m² * Verglasungsanteil: = Apertur: m²

Wärmeangebot Solarstrahlung Q_s

Summe:

Innere Wärmequellen Q_i

spezif. Leistung q_i: W/m² * AEB: m² = W

Übertemperaturhäufigkeit h_{ϑ ≥ ϑ_{max}}: der Übertemperaturgrenze ϑ_{max} = 25 °C
 Wenn die "Häufigkeit über 25°C" 10% überschreitet, sind zusätzliche Maßnahmen zum Schutz vor Sommerhitze erforderlich.

Quelle: Passivhausinstitut Darmstadt

Sommerlüftung

Klima-Randbedingungen

Temperaturdifferenz innen - außen: 4 K
Windgeschwindigkeit: 1 m/s

Fenster 1

Anzahl: 1
lichte Breite: 1.28 m
lichte Höhe: 1.38 m
Kippfenster?: x
Öffnungsweite (bei Kippfenster): 0.080 m

Einseitige Lüftung

Gesamt-Volumenstrom: 45 m³/h

Luftwechsel einseitige Lüftung: 0.12 h⁻¹

sonstige Parameter

f_{Dreieck} (bei Kippfenster): 0.7
 C_D : 0.61
 ΔC_p : 0.3
Gebäudevolumen: 390 m³

Fenster 2 (bei Querlüftung)

Anzahl: 1
lichte Breite: 1.28 m
lichte Höhe: 1.38 m
Kippfenster?: x
Öffnungsweite (bei Kippfenster): 0.080 m
Höhendifferenz zu Fenster 1: 2.80 m

Querlüftung

(über mehrere Fenster, auch auf derselben Seite)

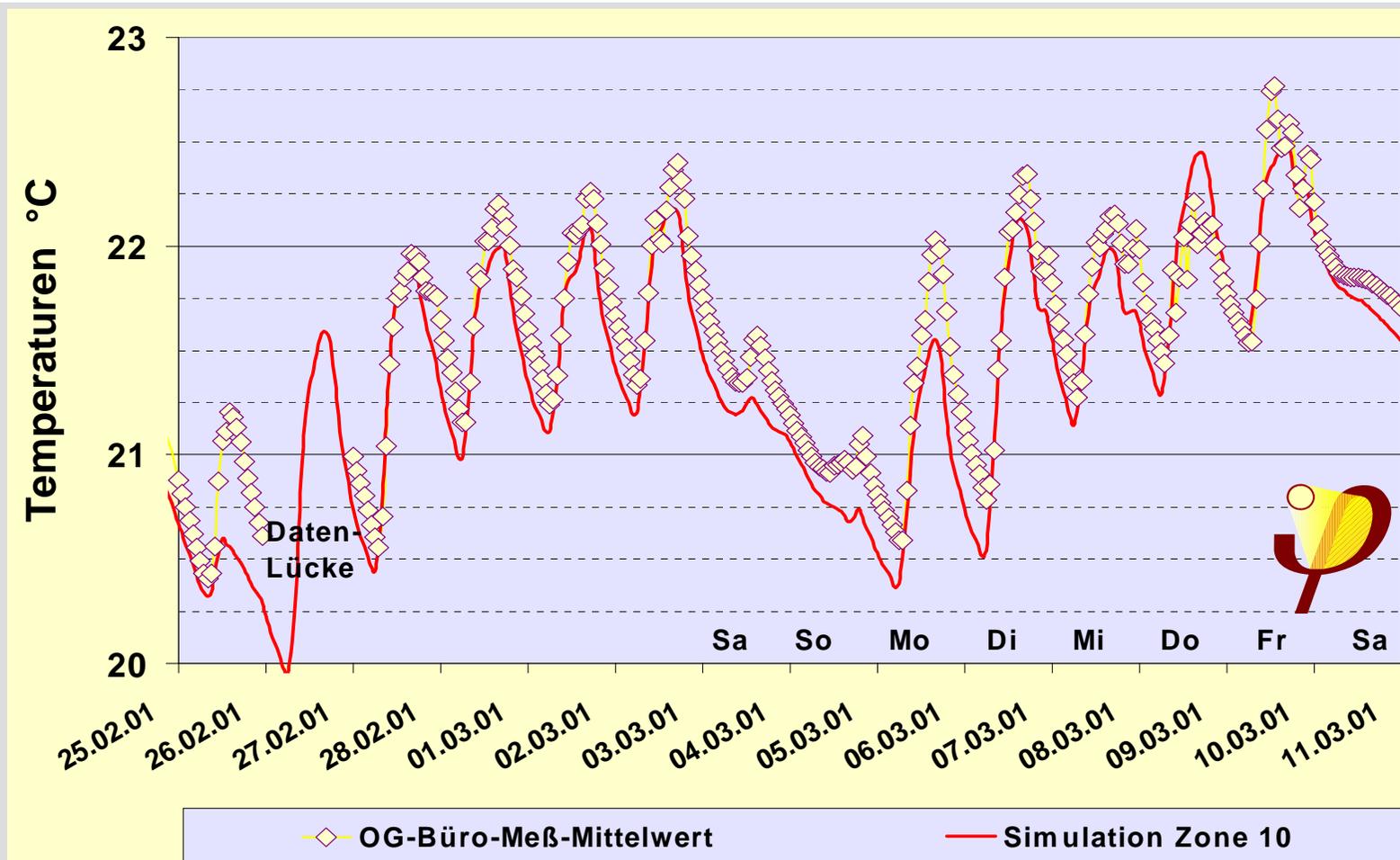
Gesamt-Volumenstrom: 284 m³/h

Luftwechsel Querlüftung: 0.73 h⁻¹

Quelle: Passivhausinstitut Darmstadt

Bürogebäude Cölbe: Temperaturen im Winter

4.2.37



Quelle: Passivhausinstitut Darmstadt

Beispiel Bürogebäude Wagner & Co in Cölbe

4.2.38

Nachlüftung
und Erdreichwärme-Übertrager

wissenschaftliche Begleitung: Wolfgang
Feist,
Jürgen Schnieders; PHI

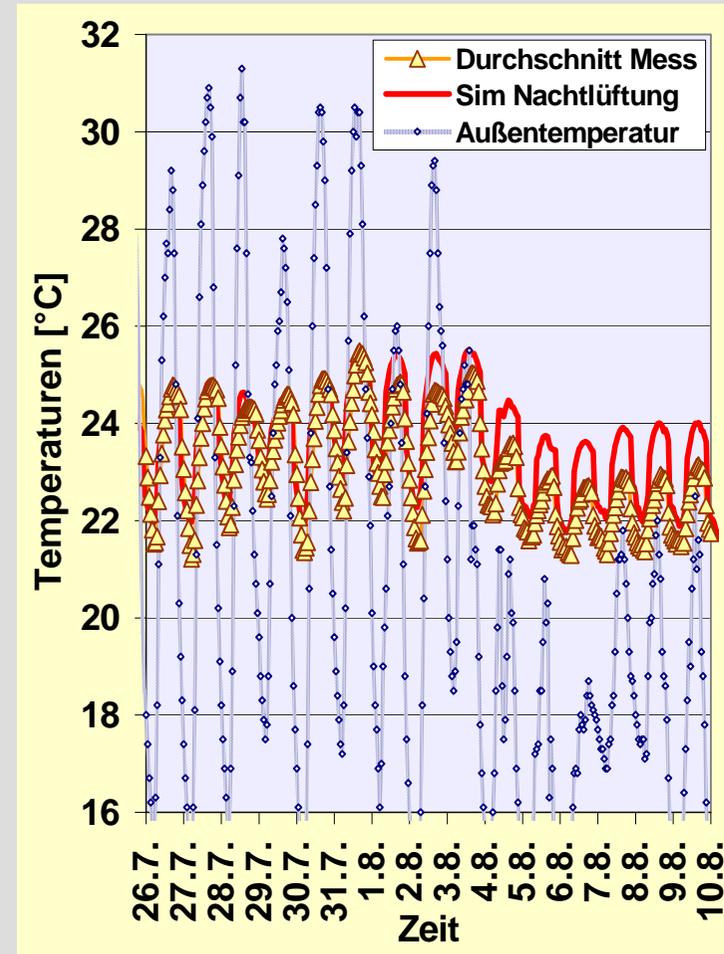
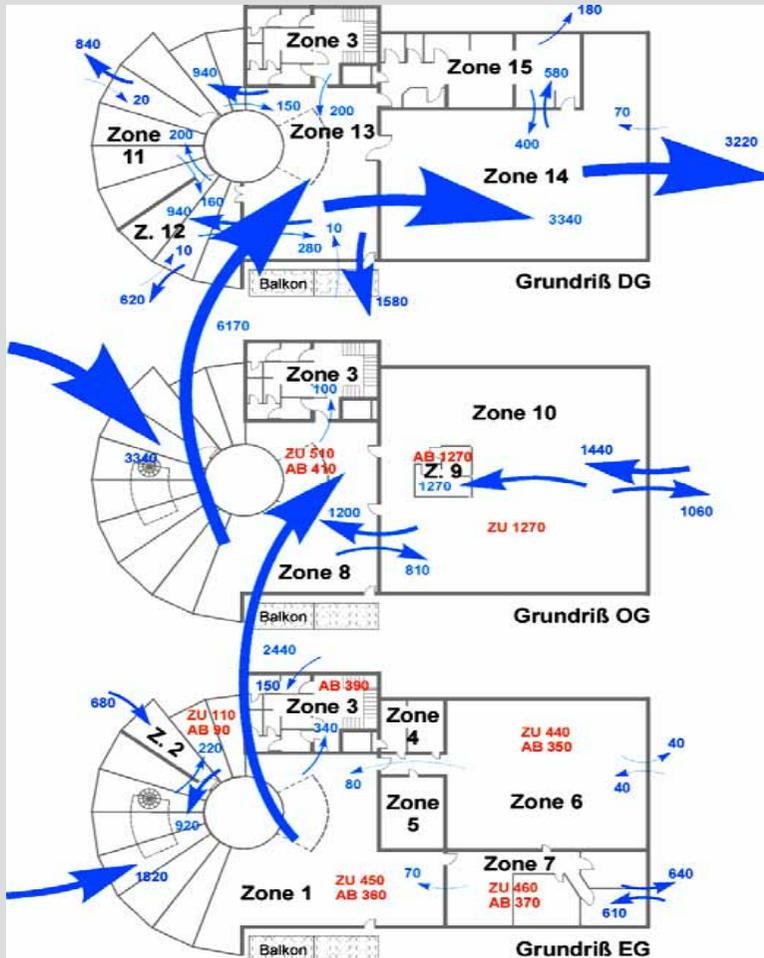
Architekt: Christian Stamm

Quelle: Passivhausinstitut Darmstadt



Sommerlüftung im Bürogebäude Cölbe

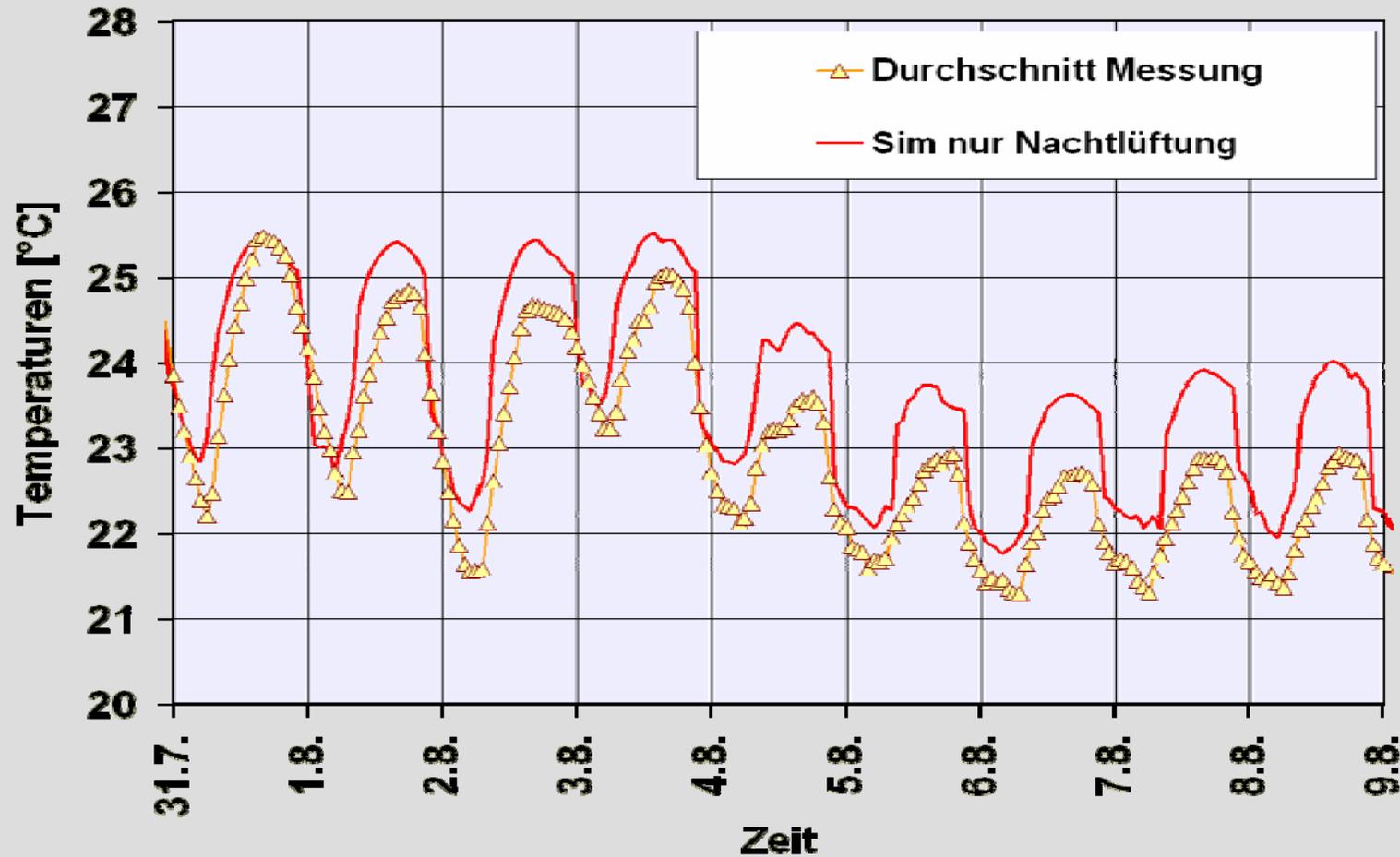
4.2.39



Quelle: Passivhausinstitut Darmstadt

Sommertemperaturen im Bürogebäude Cölbe

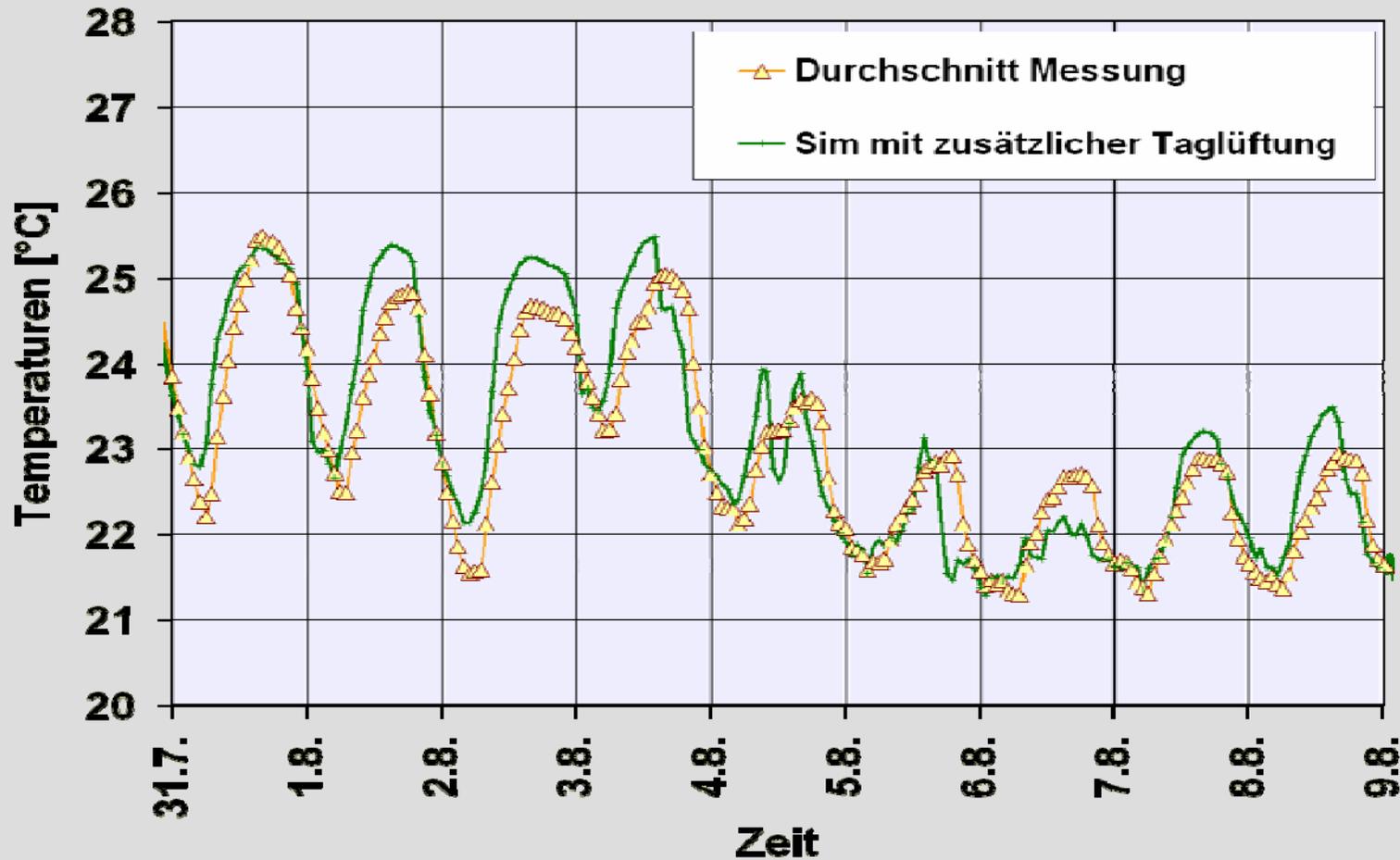
4.2.40



Quelle: Passivhausinstitut Darmstadt

Sommertemperaturen im Bürogebäude Cölbe

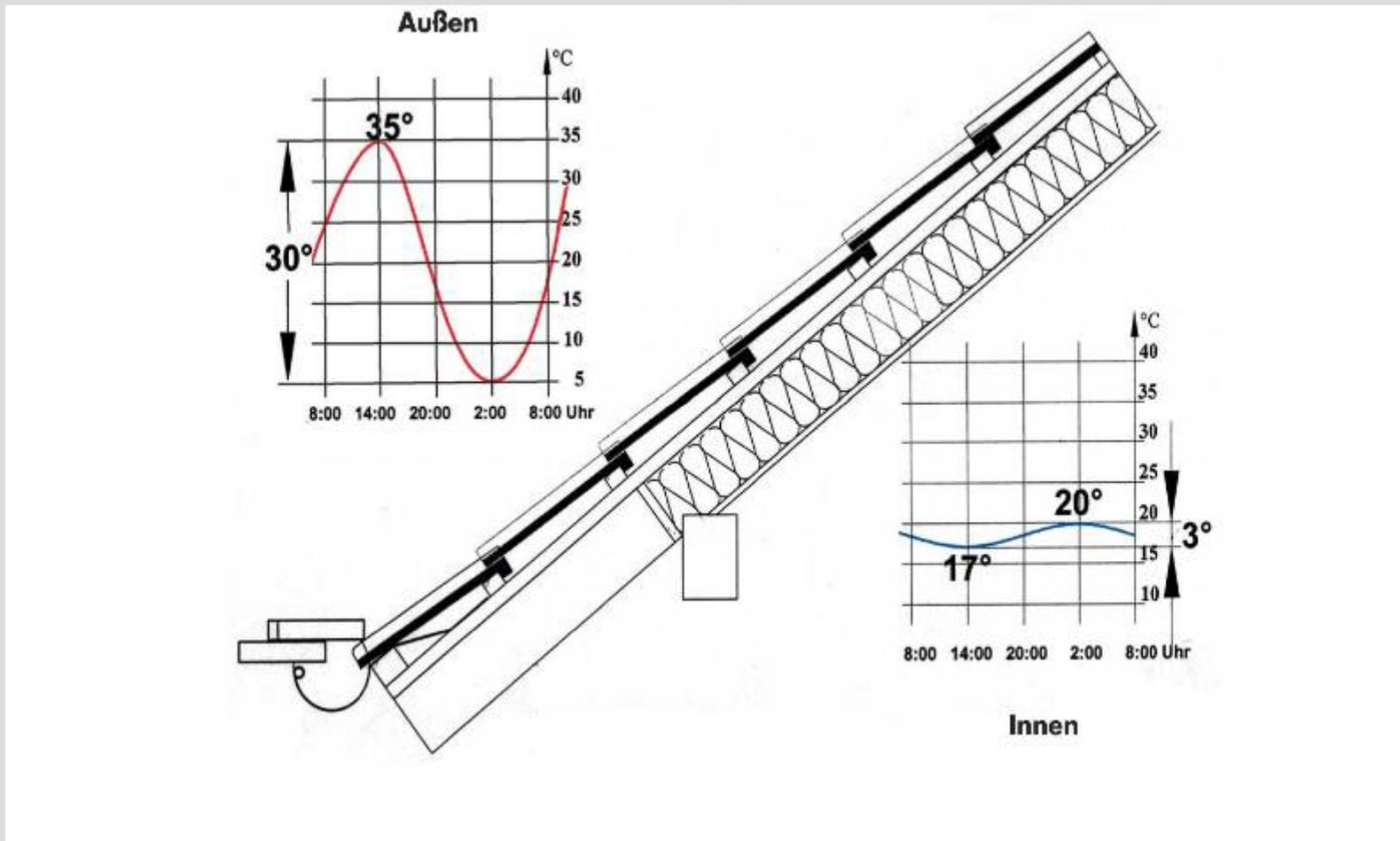
4.2.41



Quelle: Passivhausinstitut Darmstadt

Sommerlicher Wärmeschutz Phasenverschiebung

4.2.42



Sommerlicher Wärmeschutz Phasenverschiebung von Dächern mit 20 cm Dämmung

4.2.43

Dämmstoff	Rohdichte kg/m ³	λ-Wert W/mK	U-Wert W/m ² K	c-Wert J/kg K	Phasenver- schiebung*
Mineralfaser	20	0,040	0,19	1.000	7,0 Std.
Polystyrol	20	0,035	0,17	1.400	7,5 Std.
Schafwolle	20	0,040	0,19	1.720	7,6 Std.
Zellulose	60	0,040	0,19	1.930	10,8 Std.
Holzspäne	90	0,050	0,24	2.100	12,4 Std.
Holzweichfaser	170	0,045	0,22	2.100	15,8 Std.

*ohne Sparrenanteil

Maßnahmen gegen Überhitzung

4.2.44

- Südorientierung der Hauptfenster,
- wenig, bis keine Fenster nach Osten und Westen
- hoher Wärmeschutz (Verglasung, Wände) hält Wärme draußen
- außenliegender Sonnenschutz
- stromsparende Elektrogeräte/Haushaltsgeräte
- Nachtlüftung: tagsüber die Fenster geschlossen halten, ab Mitternacht lüften
- Speicherwirksame Masse der Raumumschließenden Bauteile optimieren

Quelle: Allgemeinwissen, Zusammenstellung: Energieinstitut Vorarlberg