

---

# Ermittlung der Sonnenschutzwirkung der Fassade

Tilman Kuhn

Fraunhofer-Institut  
für Solare Energiesysteme, Freiburg

---

# Inhalt des Vortrags

- Einführung
- Grundlagen
- Methodik für die Analyse des thermischen Komforts und  
Grundsätzliche Unterschiede im Systemverhalten

---

# Die Methode hat sich in der Praxis bewährt

Beispiel: Gallileo, Frankfurt (Main), Germany

Auftraggeber

- GVP (Dresdner Bank)

und

- Bug AluTechnic



020604\_TK

---

# Die Methodik hat sich in der Praxis bewährt

Beispiel: Messturm, Basel

$g = 0.06$   
(geschlossene Lamellen)

$g = 0.10$   
(Lamellen  $40^\circ$  aus der  
Horizontalen gekippt)



020604\_TK



**Fraunhofer**  
Institut  
Solare Energiesysteme

Auftraggeber:

- Bug AluTechnic

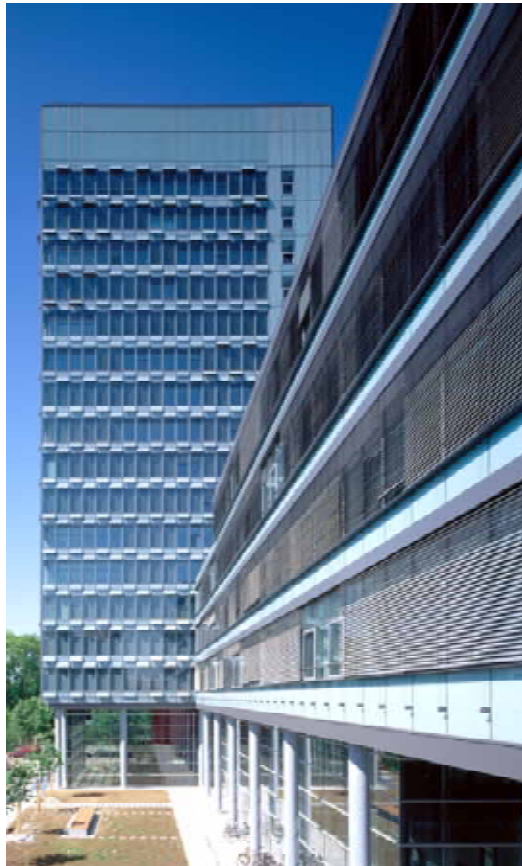
---

# The methodology has been proven in practice

Example: New building of the Fraunhofer headquarters

Customer

- Fraunhofer Society



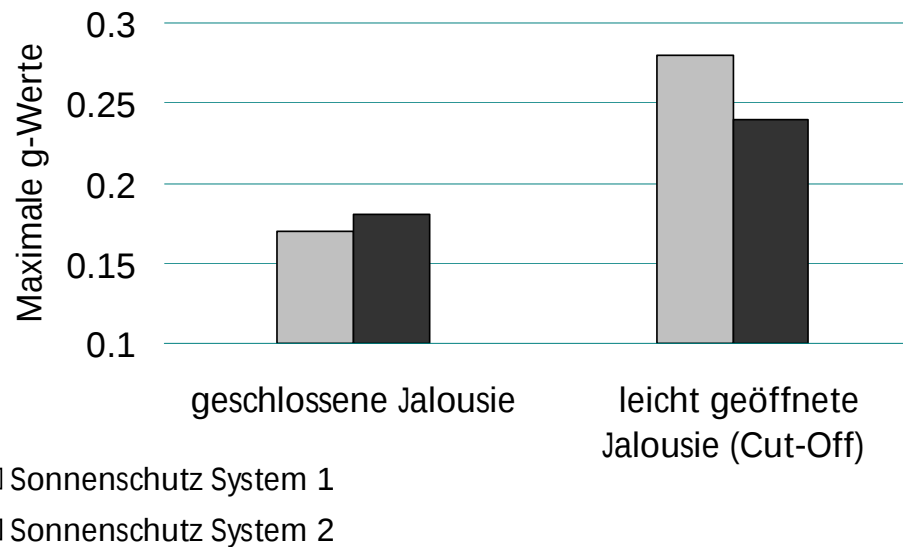
020604\_TK

# GALAXY Wien



- System 1 (verspiegelt):  
Solare Gewinne ändern sich um 65% je nach Nutzung
- System 2 (weiß):  
Solare Gewinne ändern sich um 33% je nach Nutzung

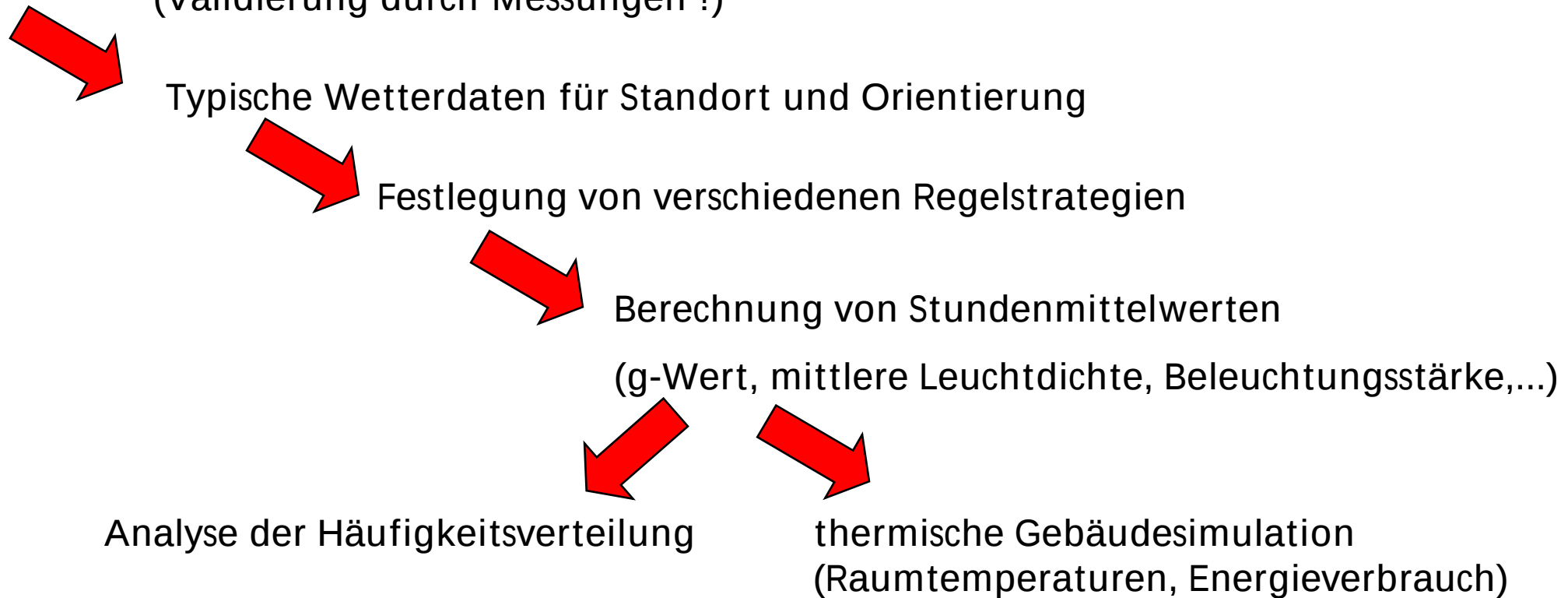
## Süd-Südost Fassade GALAXY



# Analyse des Gebäudeverhaltens

Physikalisches Modelle für Sonnenschutz, Blendschutz + Tageslichtversorgung

(Validierung durch Messungen !)



020604\_TK

# Analyse des Gebäudeverhaltens

Physikalisches Modelle für Sonnenschutz, Blendschutz + Tageslichtversorgung  
(Validierung durch Messungen !)

Typische Wetterdaten für Standort und Orientierung

Festlegung von verschiedenen Regelstrategien

Berechnung von Stundenmittelwerten

(g-Wert, mittlere Leuchtdichte, Beleuchtungsstärke,...)

Analyse der Häufigkeitsverteilung

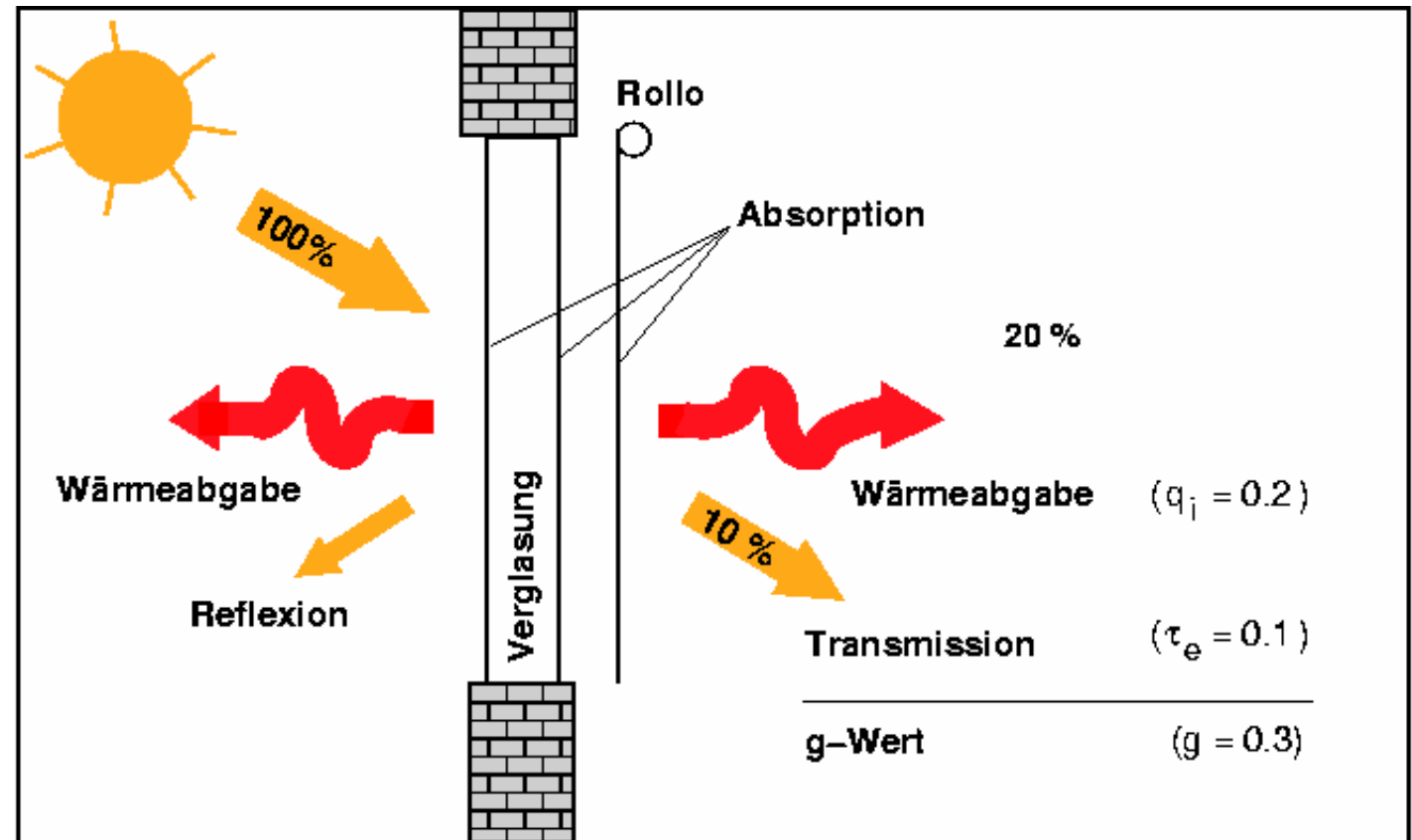
thermische Gebäudesimulation  
(Raumtemperaturen, Energieverbrauch)

# Maß für die Sonnenschutzwirkung: Der g-Wert

g-Wert abhängig von:

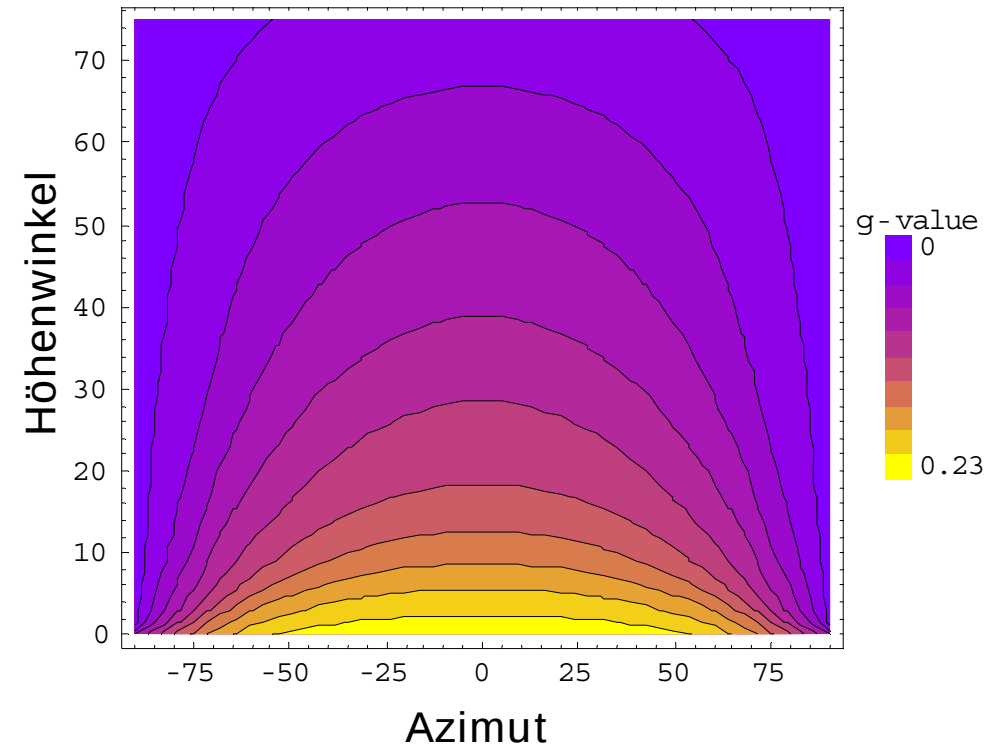
- Einstellung
- Einfallsrichtung
- Verglasungstyp  
und  
Sonnenschutzsystem
- Wind

g-Wert kann direkt im Kalorimeter gemessen werden.



# Thermische Charakterisierung

winkelabhängige  
g-Werte



# Wie wird g bestimmt ?

## Zweifach- oder Dreifachverglasungen

=> Berechnung nach Norm  
DIN EN 410 / ISO 9050  
früher: DIN67507  
möglich und üblich

=> Normen gelten nur für  
senkrechten  
Lichteinfall

=> Optische Daten als Basis:  
Spektrale Vermessung  
der einzelnen Gläser

## Sonderverglasungen, Sonnenschutz; Winkelabhängigkeit

=> kalorimetrische  
Absolutmethode ist  
für alle Typen  
geeignet

=> direkte Bestimmung  
des Solareintrags bei  
bestimmten Winkeln

=> Berechnung nach  
prEN13363  
ISO15099

=> Optische Daten als  
Basis:  
Sonnenschutz  
und Verglasung  
bzw.  
Scheiben (ISO)

020604\_TK



Fraunhofer  
Institut  
Solare Energiesysteme

# Kalorimetrische Messungen sind wichtig zur Validierung von Modellen.

Weiße Jalousie  
in Kombination mit einer  
Sonnenschutzverglasung



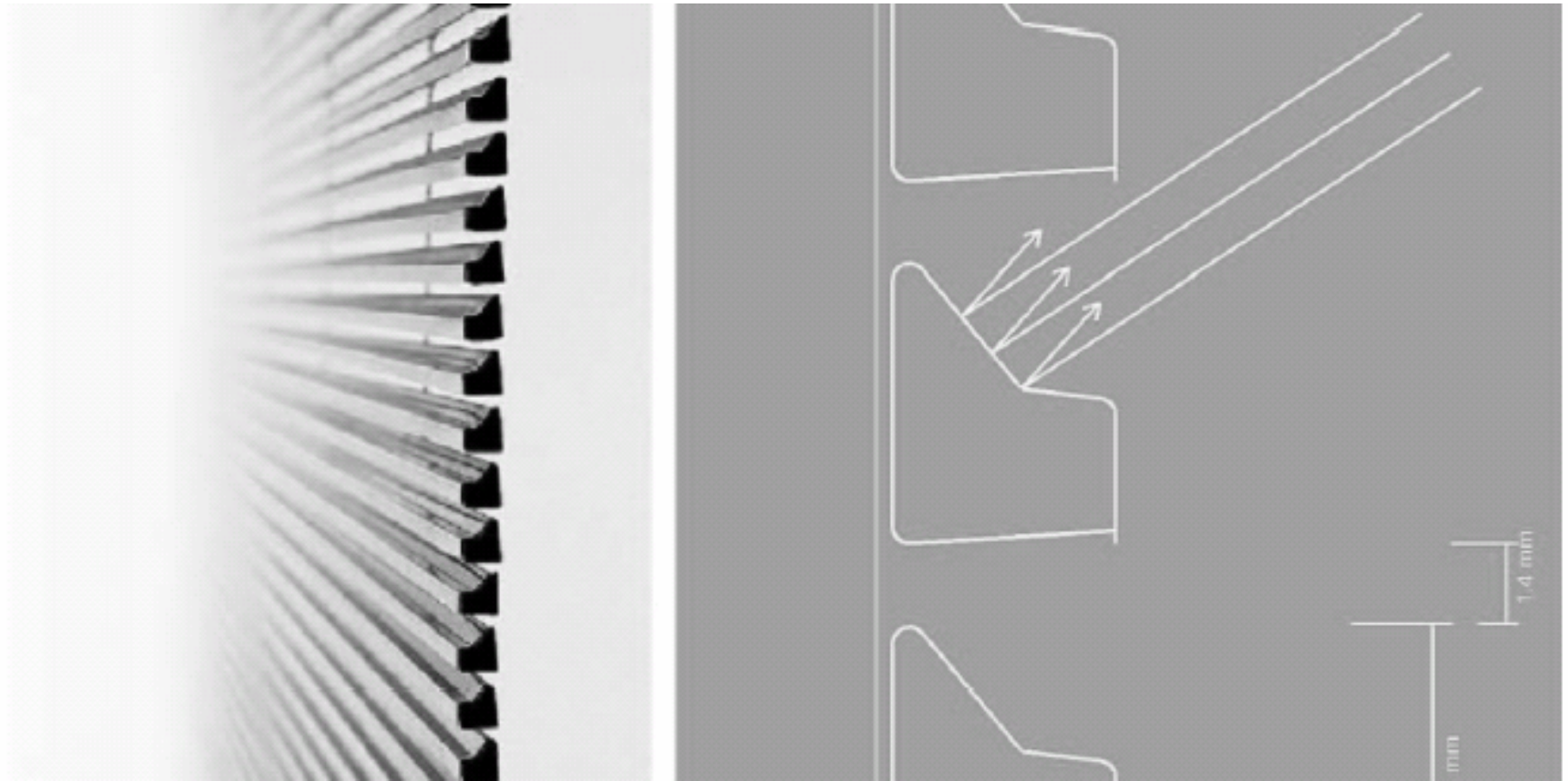
|                      |             |
|----------------------|-------------|
| Einfallswinkel       | 0°          |
| Lamellenstellung     | geschlossen |
| g-Wert Kalorimeter   | 0.20        |
| g-Wert DIN EN410     | 0.16        |
| Abweichung DIN EN410 | 19%         |

# Solar control / External venetian blind s\_en



020604\_TK

# Solar control / External venetian blind s<sub>enn</sub>



020604\_TK

# Solar Control

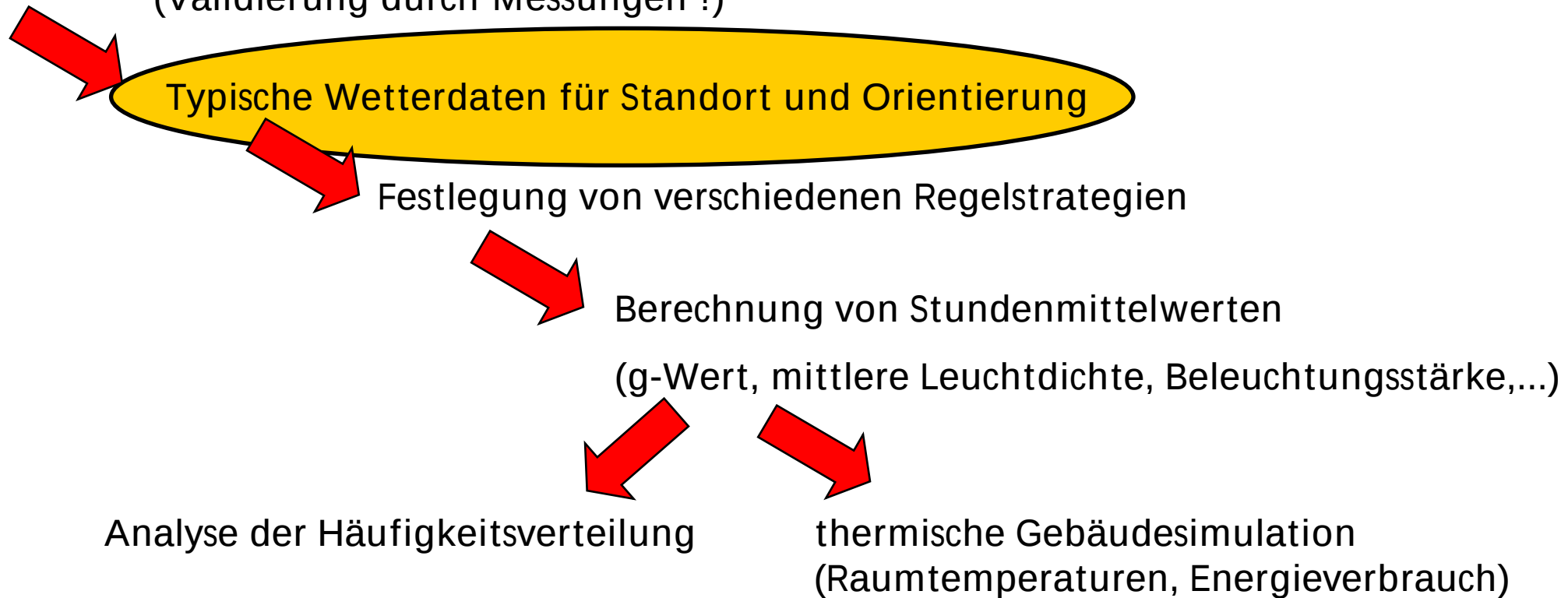
External venetian blind combined with glazing

| glazing type  | $\alpha_s$ [°] | $\gamma_f$ [°] | $g_{\text{tot,calorimeter}}$ | $g_{\text{tot,eq.}(26)}$ |
|---------------|----------------|----------------|------------------------------|--------------------------|
| heat mirror   | 0              | 0              | $0.16 \pm 0.02$              | 0.16                     |
| heat mirror   | 45             | 0              | $0.02 \pm 0.02$              | 0.04                     |
| solar control | 0              | 0              | $0.10 \pm 0.02$              | 0.12                     |
| solar control | 45             | 0              | $0.01 \pm 0.01$              | 0.04                     |

# Analyse des Gebäudeverhaltens

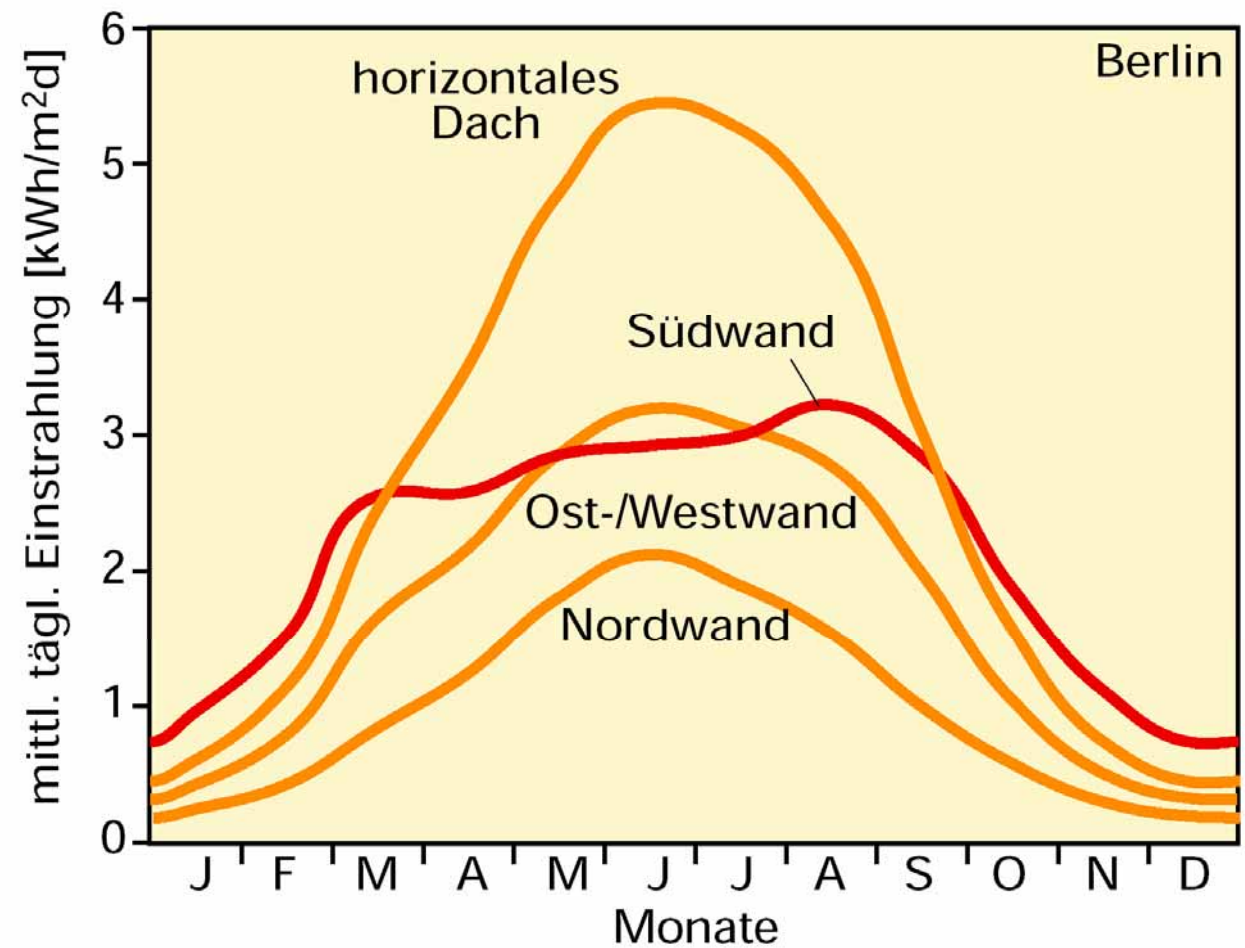
Physikalisches Modelle für Sonnenschutz, Blendschutz + Tageslichtversorgung

(Validierung durch Messungen !)



020604\_TK

# Einstrahlung: Jahresverlauf



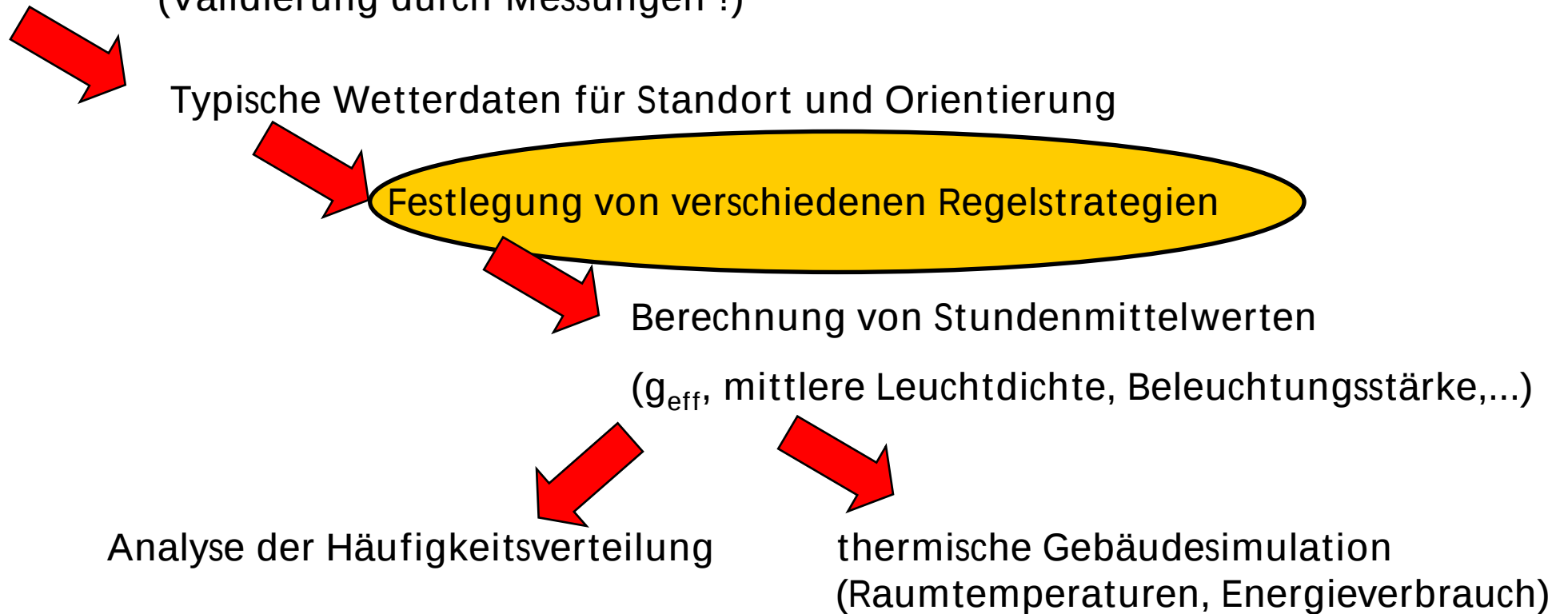
Quelle: Wuppertal-Institut

020604\_TK

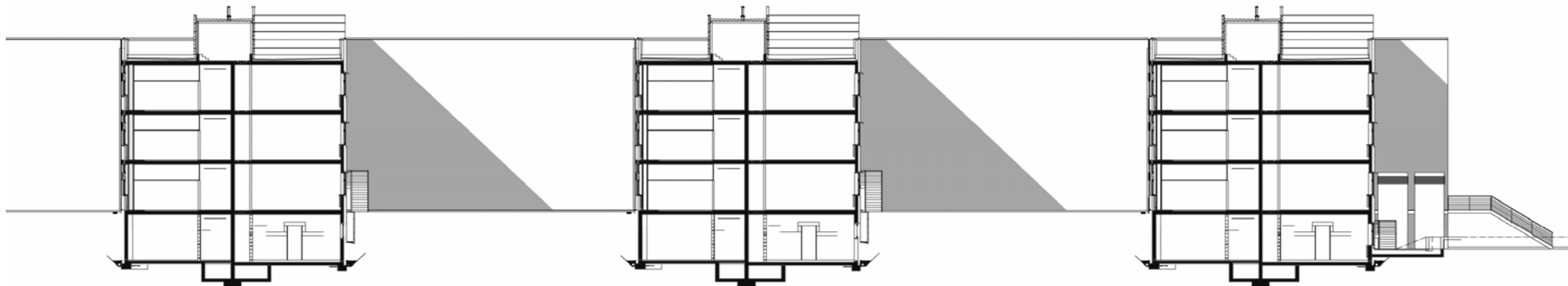
# Analyse des Gebäudeverhaltens

Physikalisches Modelle für Sonnenschutz, Blendschutz + Tageslichtversorgung

(Validierung durch Messungen !)



020604\_TK



# Sonnenschutz: Nutzerverhalten

12 Räume mit ~30 Nutzern

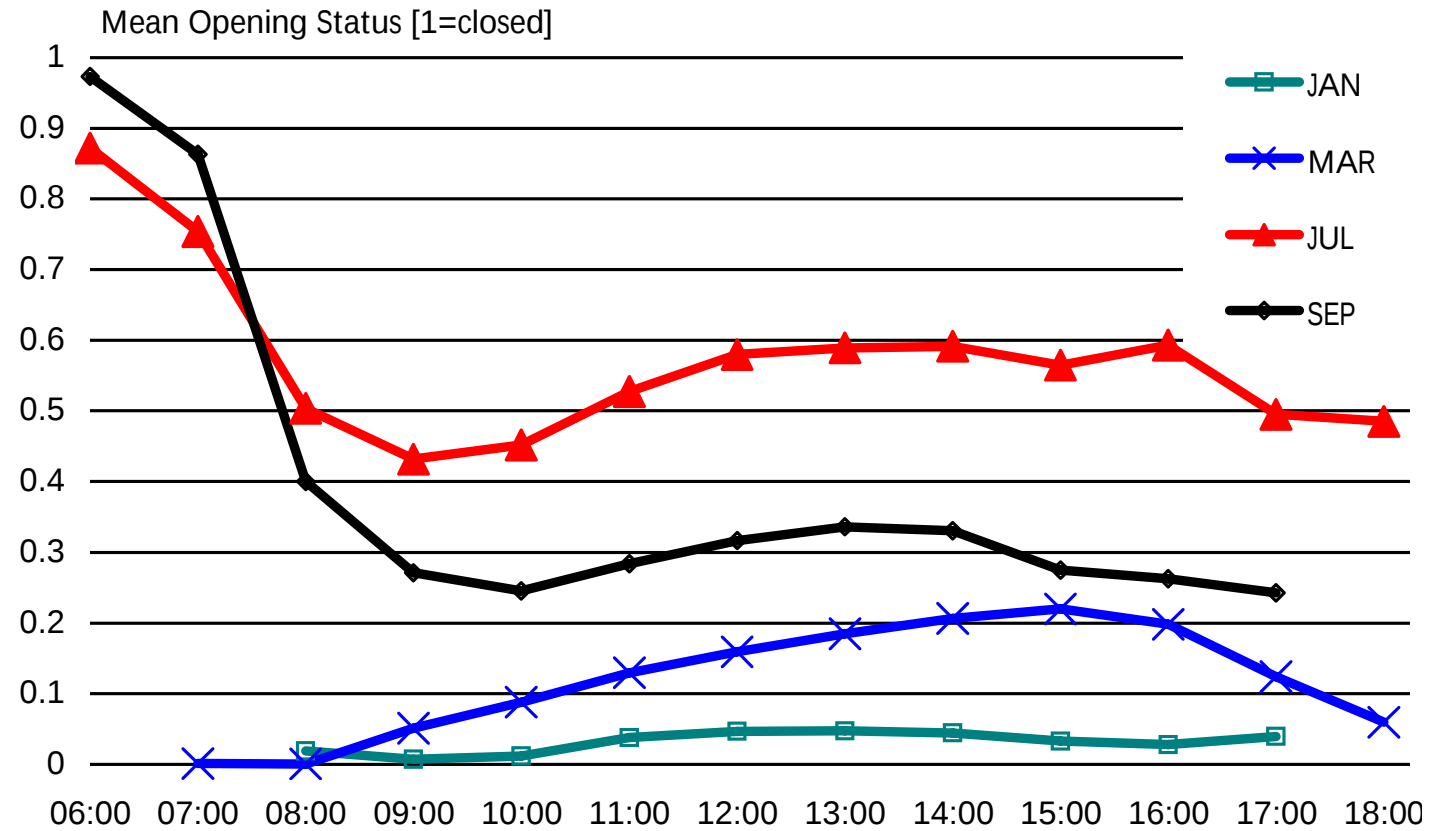
Messung:

- Anwesenheit
- Ein/Ausschalten von Grundbeleuchtung und Arbeitsplatzleuchten
- Beleuchtungsstärke
- Sonnenschutz mit einer CCD-Kamera
- Wetter
- Raumtemperaturen



020604\_TK

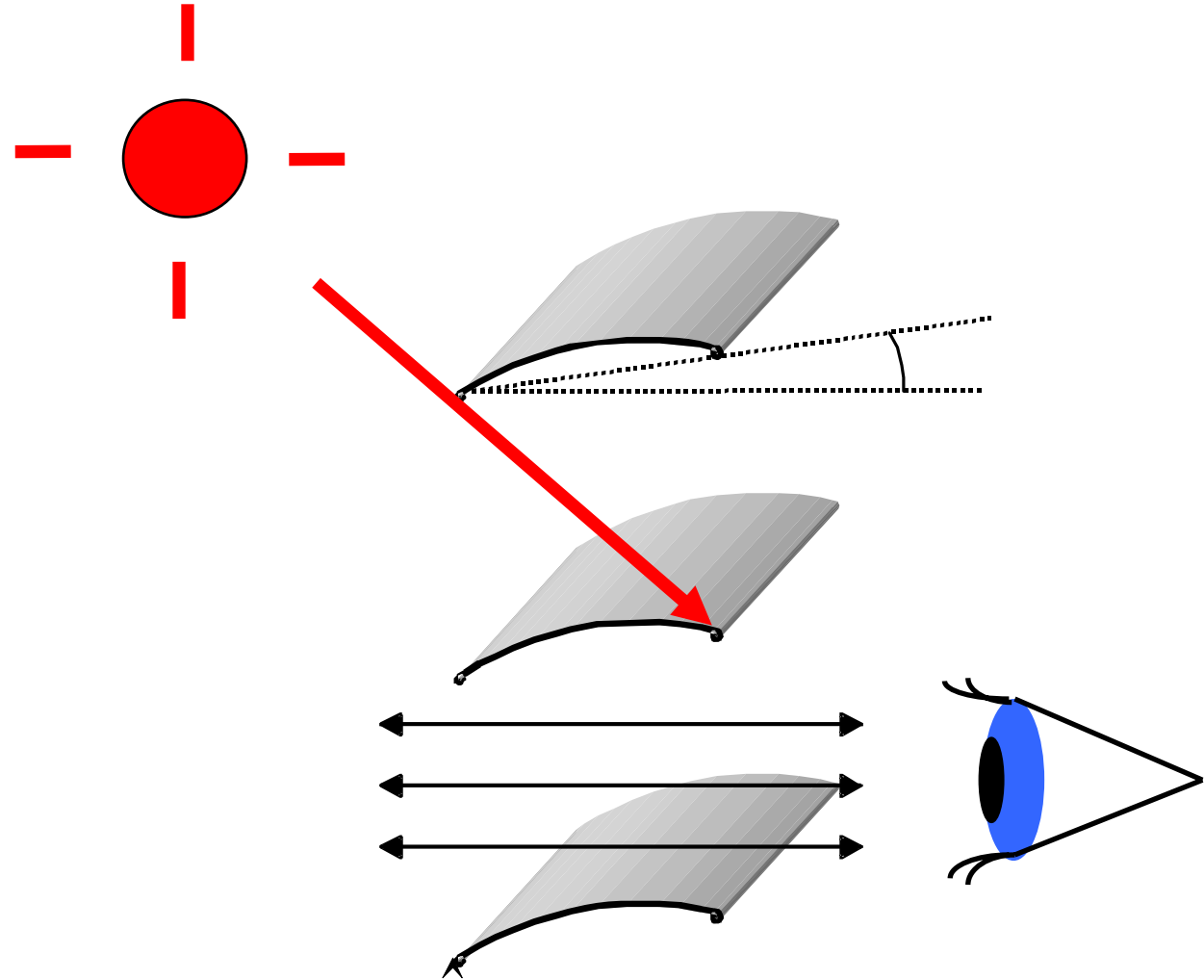
# Sonnenschutznutzung: Tagesprofile



020604\_TK

# Regel-Strategie

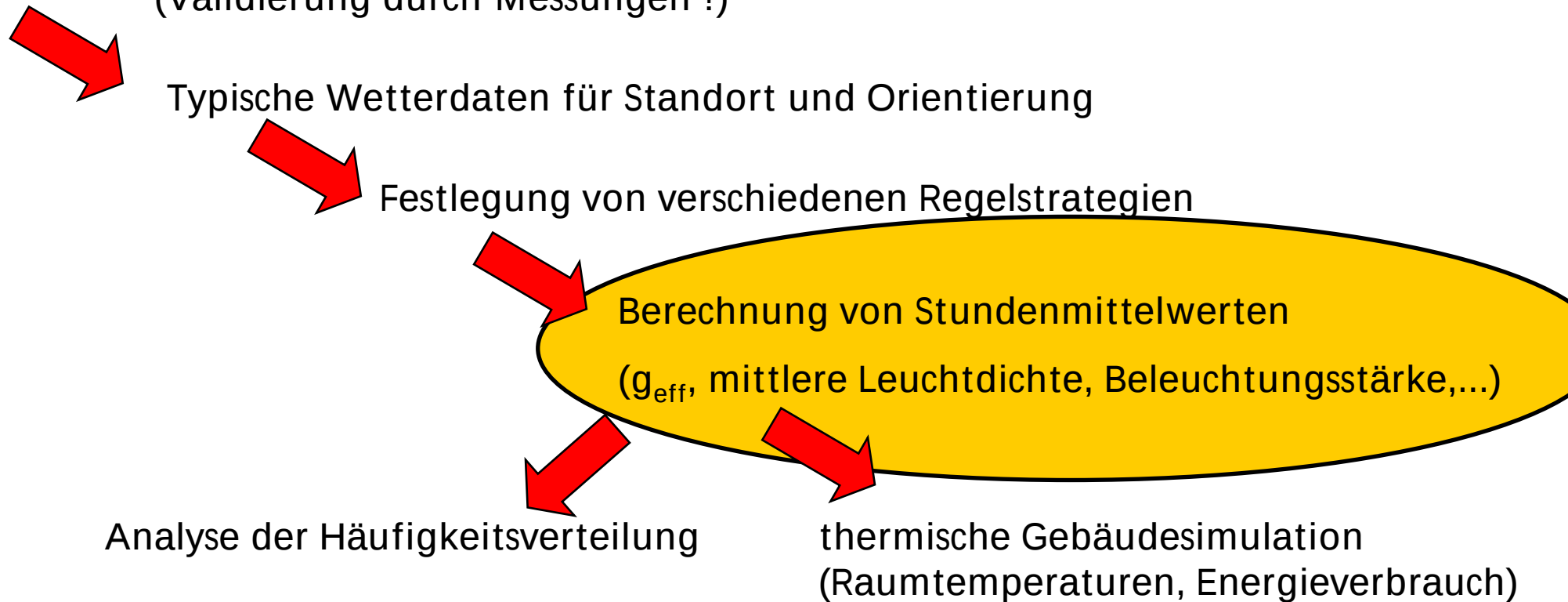
»Cut-Off«



# Analyse des Gebäudeverhaltens

Physikalisches Modelle für Sonnenschutz, Blendschutz + Tageslichtversorgung

(Validierung durch Messungen !)



020604\_TK

---

# Effektiver g-Wert

(Stundenmittelwert/Monatsmittelwert)

$$g_{\text{eff}} = \frac{\sum \text{eintreffende Strahlung}}{\sum \text{solare Gewinne}}$$

$$g_{\text{eff, sunshading active}}^{\text{monthly}} = \frac{\sum \text{solar gains when system active}}{\sum \text{incident irradiance when system active}}$$

# Solar control / Monthly effective g-value



External white stainless steel blind s<sub>enn</sub>  
combined with heat mirror glazing  
g<sub>tot</sub>(0°) = 0.17 !

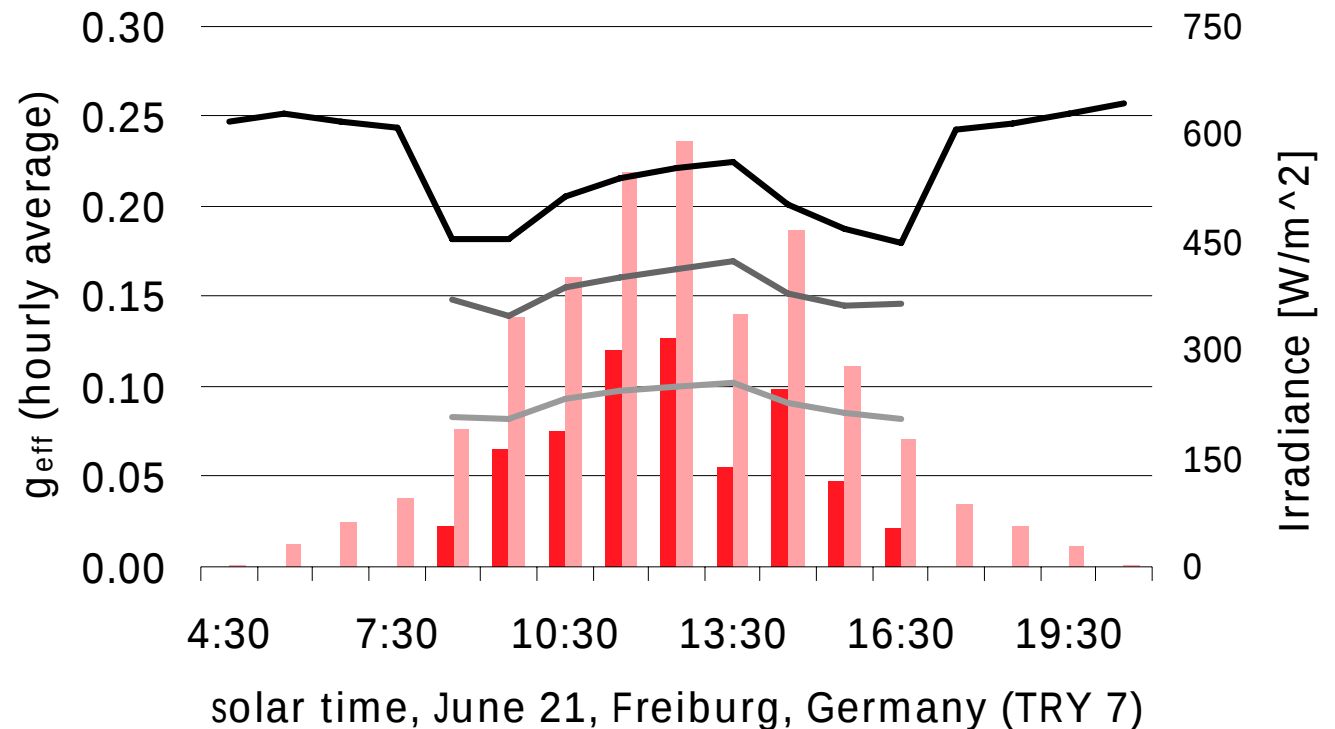
| orientation | Jan  | Feb  | Mar  | Apr  | May  | Jun  | Jul  | Aug  | Sep  | Oct  |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| south       | 0.08 | 0.06 | 0.06 | 0.05 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.06 | 0.06 |
| west        | 0.08 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.06 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 |
| north       | -    | -    | -    | 0.06 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | -    |

# Hourly effective g-values for south-oriented facade

internal venetian blind with “Genius” slats,  $g_{\text{DGU}} = 0.31$



- Irradiance vertical, direct
- Irradiance vertical, global
- $g_{\text{eff}}$  blind retracted
- $g_{\text{eff}}$ , slats horizontal (cut-off)
- $g_{\text{eff}}$ , blind closed



# Frequency distribution of $g_{\text{eff}}$ for south-oriented facade

Internal white/grey venetian blind [closed slats],  $g_{\text{DGU}} = 0.38$

| $g_{\text{eff}}$ | number of hours |
|------------------|-----------------|
| 0.11             | 0               |
| 0.12             | 1               |
| 0.13             | 5               |
| 0.14             | 9               |
| 0.15             | 18              |
| 0.16             | 34              |
| 0.17             | 74              |
| 0.18             | 70              |
| 0.19             | 118             |
| 0.20             | 152             |
| 0.21             | 364             |
| 0.22             | 83              |
| 0.23             | 16              |
| 0.24             | 0               |

June 21 - September 21,  
Frankfurt, Germany (TRY 6)

# Frequency distribution of $g_{\text{eff}}$ for south-oriented facade

Internal white/grey venetian blind [closed slats],  $g_{\text{DGU}} = 0.38$

| $g_{\text{eff}}$ | number of hours |
|------------------|-----------------|
| 0.11             | 0               |
| 0.12             | 1               |
| 0.13             | 5               |
| 0.14             | 9               |
| 0.15             | 18              |
| 0.16             | 34              |
| 0.17             | 74              |
| 0.18             | 70              |
| 0.19             | 118             |
| 0.20             | 152             |
| 0.21             | 364             |
| 0.22             | 83              |
| 0.23             | 16              |
| 0.24             | 0               |

In Frankfurt on south-oriented facades, there are typically 34 hours with  $g_{\text{eff}} = 0.16$

June 21 - September 21,  
Frankfurt, Germany (TRY 6)

# Frequency distribution of $g_{\text{eff}}$ for south-oriented facade

Internal white/grey venetian blind [closed slats],  $g_{\text{DGU}} = 0.38$

| $g_{\text{eff}}$ | number of hours |
|------------------|-----------------|
| 0.11             | 0               |
| 0.12             | 1               |
| 0.13             | 5               |
| 0.14             | 9               |
| 0.15             | 18              |
| 0.16             | 34              |
| 0.17             | 74              |
| 0.18             | 70              |
| 0.19             | 118             |
| 0.20             | 152             |
| 0.21             | 364             |
| 0.22             | 83              |
| 0.23             | 16              |
| 0.24             | 0               |

In Frankfurt on south-oriented facades, there are typically 34 hours with  $g_{\text{eff}} = 0.16$

max. effective hourly g-value: 0.23

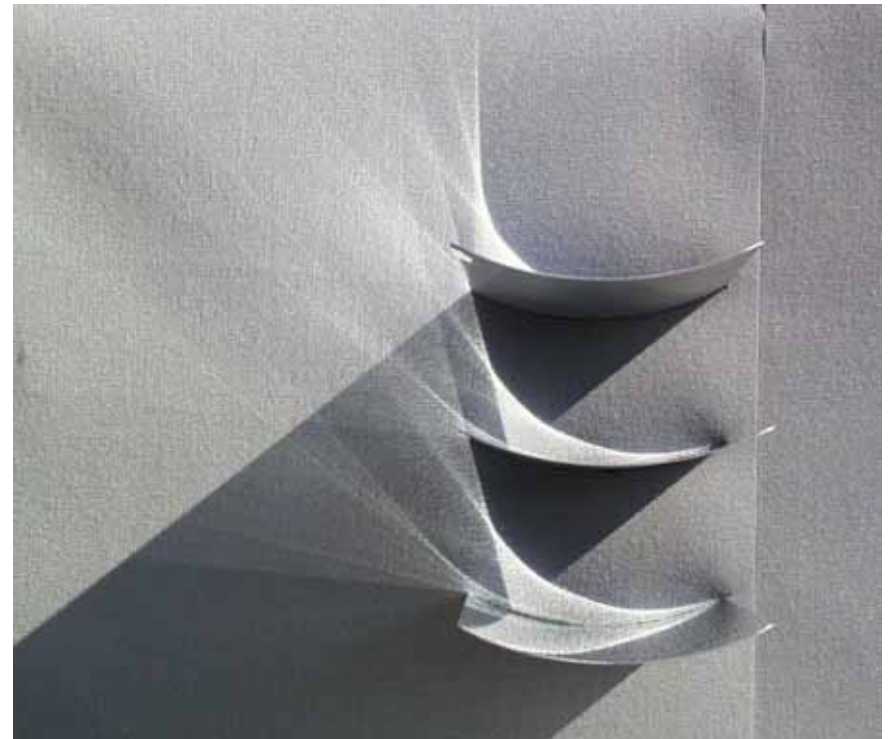
June 21 - September 21,  
Frankfurt, Germany (TRY 6)

# Solar control

$g_{\text{tot}}$  for two different internal venetian blinds combined with a solar control glazing



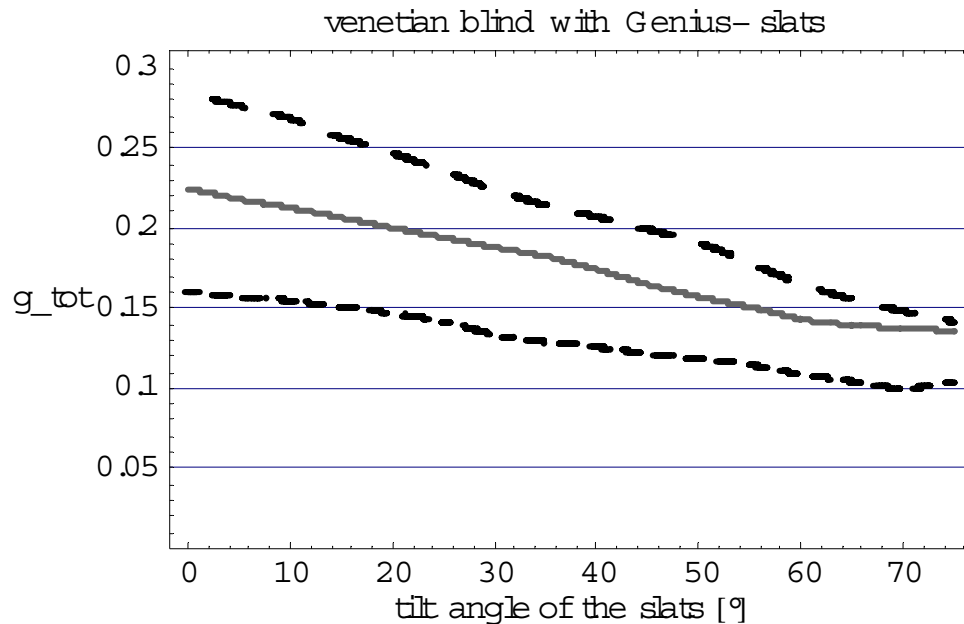
Copyright: HÜPPELUX (HÜPPE Genius)



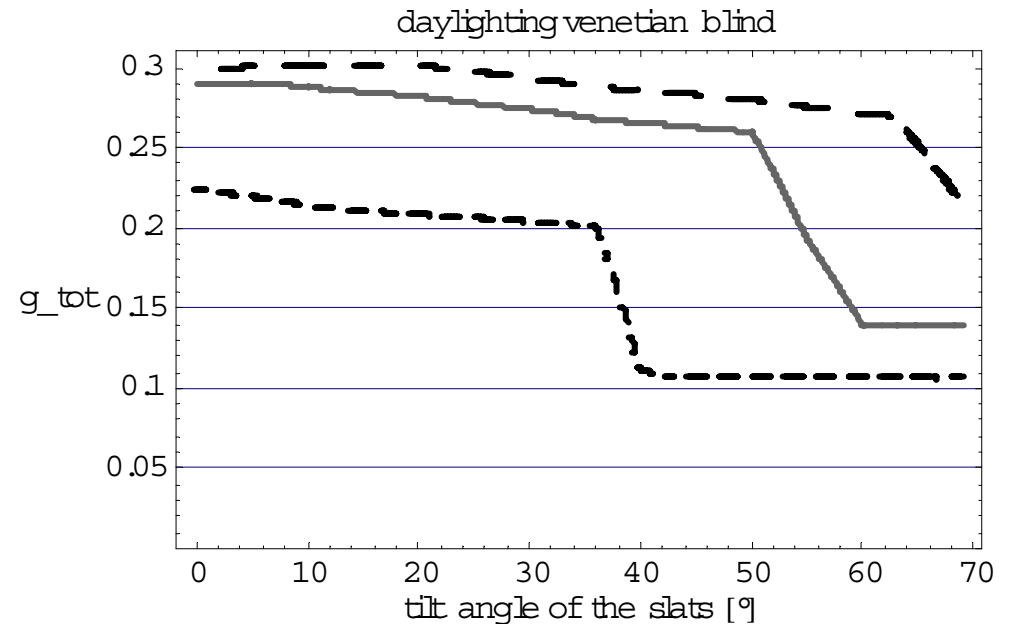
Copyright: Warema (daylighting blind)

# Solar control

$g_{tot}$  for internal venetian blinds combined with glazing



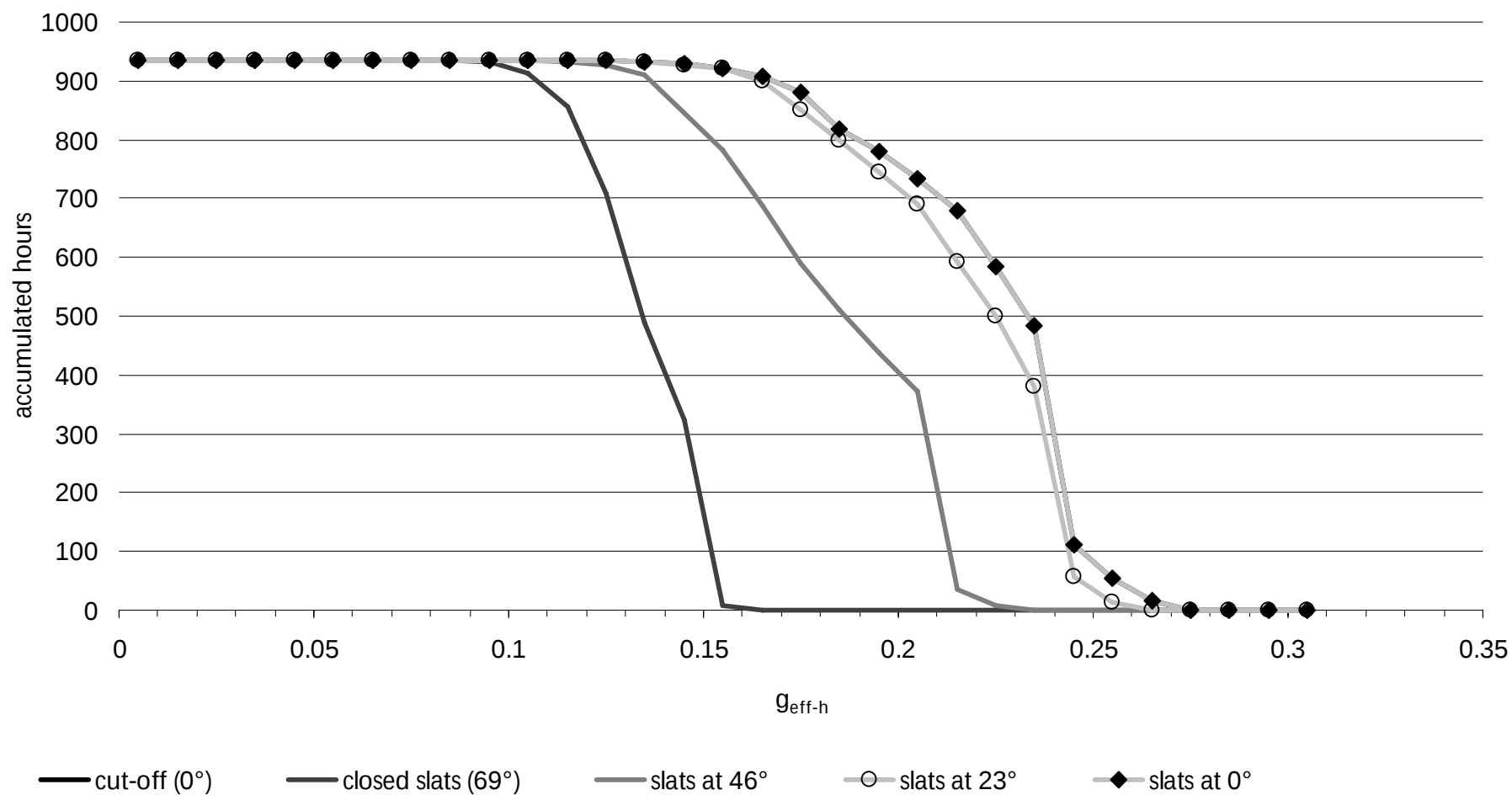
— — 0° solar altitude  
— 30° solar altitude  
- - - 60° solar altitude



— — 0° solar altitude  
— 30° solar altitude  
- - - 60° solar altitude

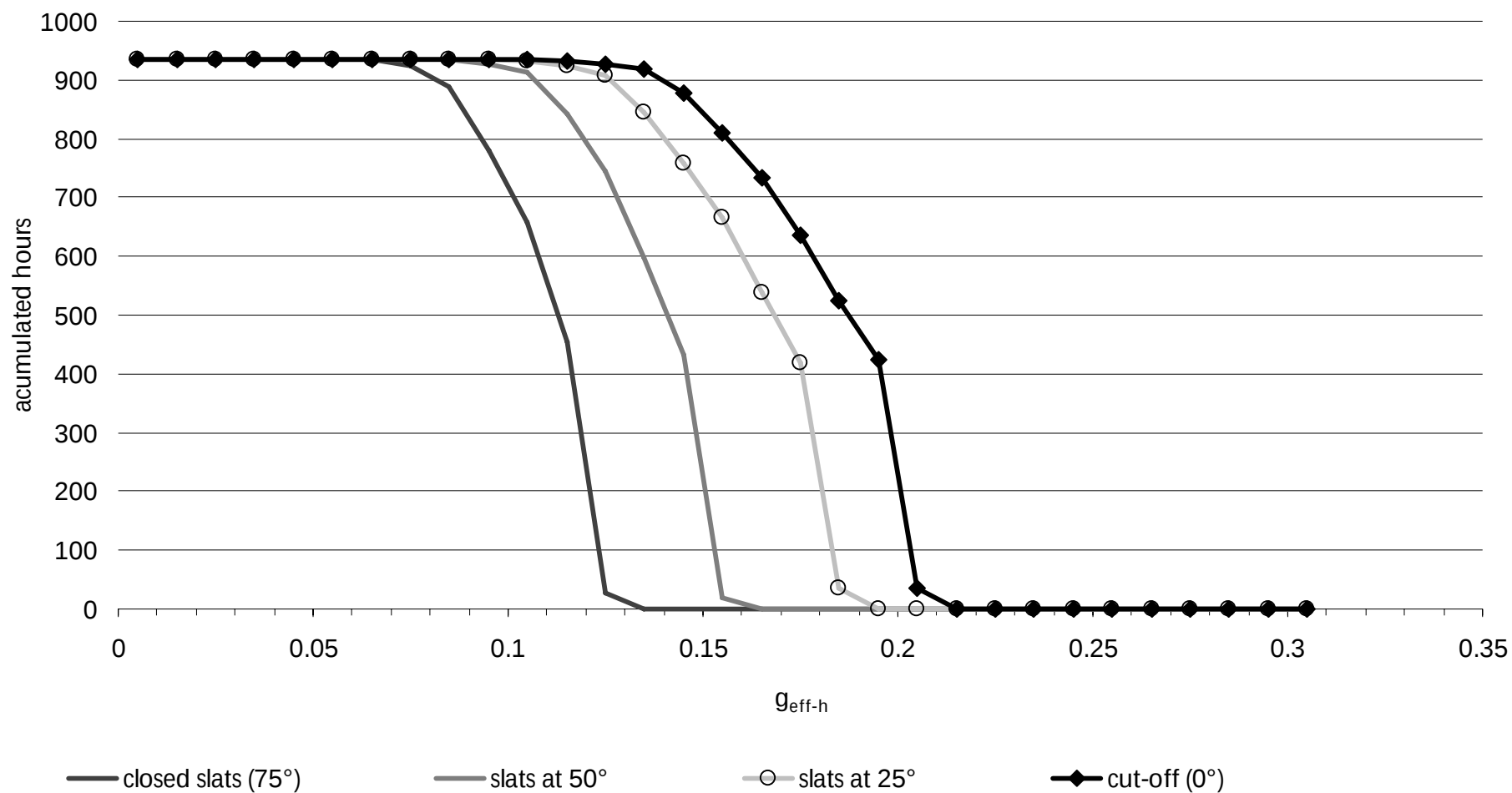


## Performance analysis of an internal daylighting blind



020604\_TK

## Performance analysis of an internal venetian blind with 'Genius' slats

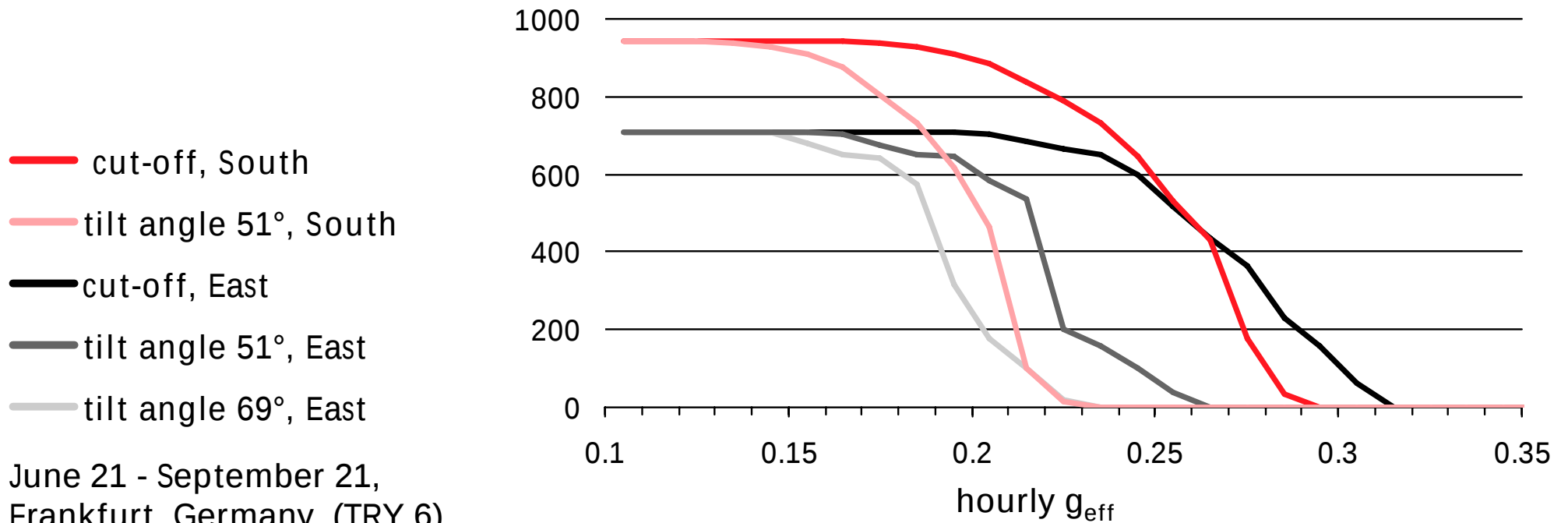


020604\_TK

# Cumulated frequency distribution of $g_{\text{eff}}$

internal white/grey venetian blind,  $g_{\text{DGU}} = 0.38$

Number of hours with  $g_{\text{eff}}$  higher than  
respective value on abscissa



---

# Danke fürs Zuhören!