

ES-SO Workshop “Smart solar shading as innovative concept for energy savings and healthy comfort in low energy buildings”

„**R**olläden und **S**onnenschutz – Optimierung von Energiebedarf und Komfort durch **A**utomation“

Wesentliche Ergebnisse der IVRSA-Studie



Forum R+T, 1.3.2018
Wilhelm Hachtel, Stephan Schlitzberger

Einführung

- Projektvorstellung
- Energieverbrauchsstrukturen in Deutschland
- Energiebilanz und Komfort – Funktionen, Eigenschaften und Potenziale von Fenstern mit Sonnenschutz
- Normative und verordnungstechnische Randbedingungen

Begriffe und Randbedingungen

- Was bedeutet Automation
- Umfang der Berechnungen

Gebäudebezogene Potenziale

- Perspektive Planer/Bauherr
- Einsparungen Endenergiebedarf, Komfortverbesserung

Einsparpotenziale national

- Wohngebäudebestand D/AT/CH
- Methodik der Hochrechnung
- Energie- und CO₂-Einsparung durch Sonnenschutz und Automation

Zusammenfassung

Einführung

- Projektvorstellung
- Energieverbrauchsstrukturen in Deutschland
- Energiebilanz und Komfort – Funktionen, Eigenschaften und Potenziale bei Fenstern mit Abschlüssen
- Normative und verordnungstechnische Randbedingungen

Klimawandel und CO₂-Emissionen stellen den Gebäudebereich vor große Herausforderungen!

Optimierungs- und Einsparpotenziale bei Maßnahmen im Bestand werden oft nicht untersucht

Umfassender Überblick über die Wirksamkeit unterschiedlicher Maßnahmen zur Verbesserung des sommerlichen Wärmeverhaltens fehlt

Herkömmliche „isolierte“ Betrachtungen von

1. Fenstern und Sonnenschutz sowie
2. Sommerfall und Winterfall

muss überführt werden in eine Planung, in der das System „Fenster mit Sonnenschutz“ als Einheit verstanden wird und die Wechselwirkungen von vorneherein bedacht werden

Potenziale der Automatisierung werden in Rechen- und Nachweismethoden nur unzureichend berücksichtigt

Schaffung eines „Leitfadens“ zur Optimierung der Energiebilanz von Gebäuden bei Maßnahmen im Bestand

- > Quantifizierung der Potenziale für Planer/Bauherren
- > Verbesserung der Planung/Ausführung

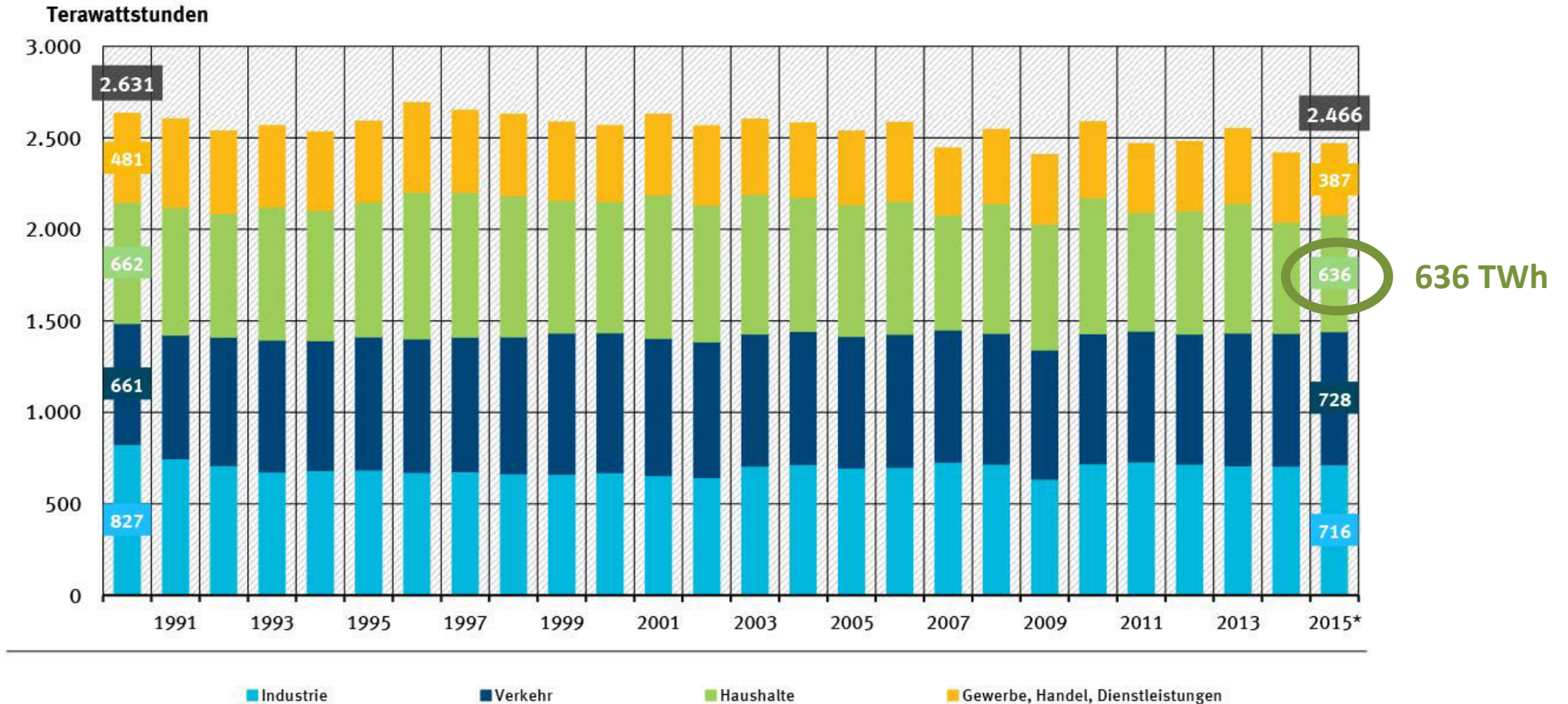
Quantifizierung der Energie- und CO₂-Einsparpotenziale für den nationalen Gebäudebestand

- > Ergebnisse dienen der „Überzeugungsarbeit“ auf politischer Ebene
- > Beitrag des Systems Fenster + Sonnenschutz an der Energiewende

Überführung der Ergebnisse in normative Regelungen und Erarbeitung von Vorschlägen zur Fortschreibung der relevanten Verordnungen (EnEV) und Gesetze (GEG)

- > bereits erfolgt: Implementierung einer Rechenvorschrift zur Berücksichtigung eines temporären Wärmeschutzes innerhalb DIN V 18599-2

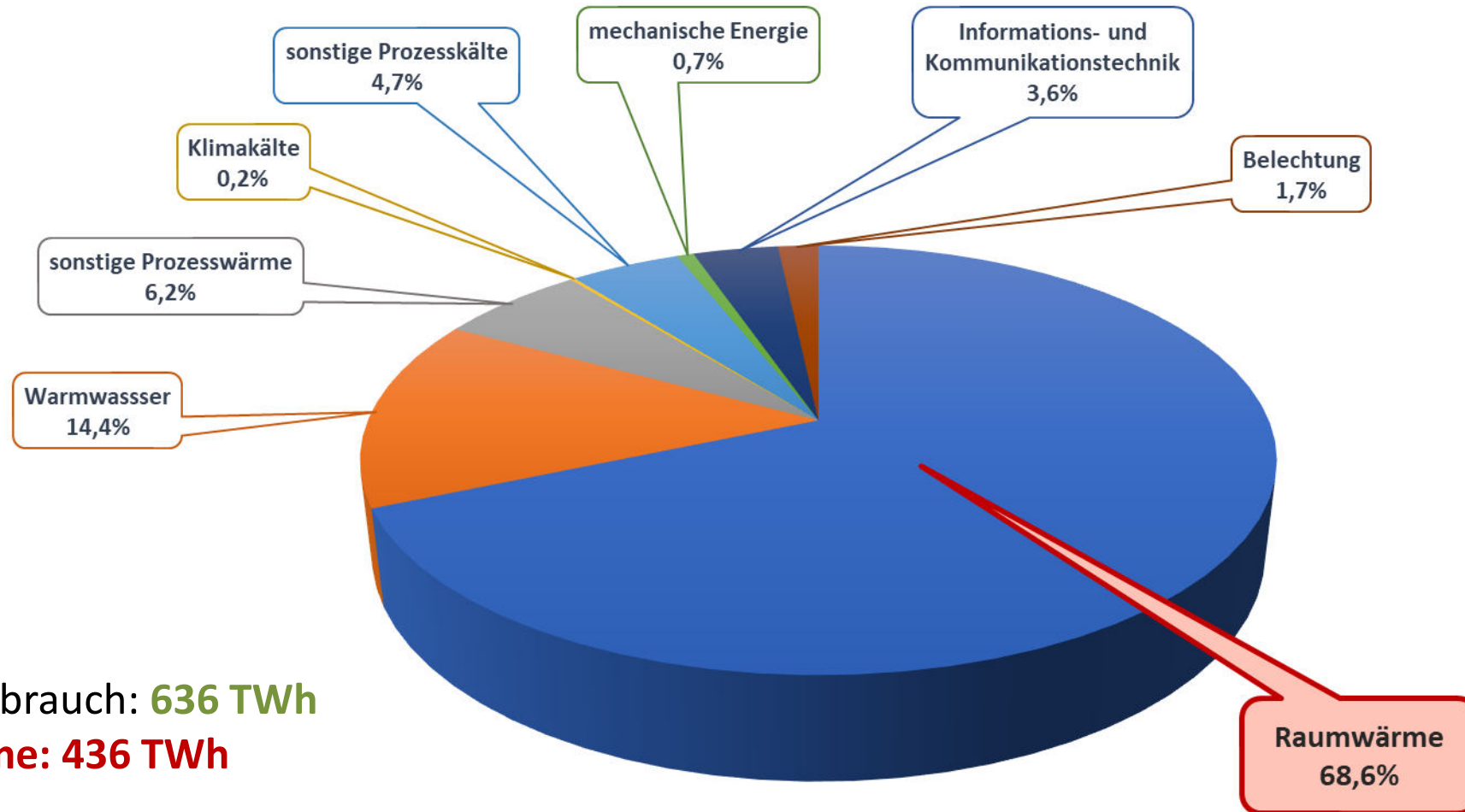
Entwicklung des Endenergieverbrauchs nach Sektoren



* vorläufige Angaben

Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Auswertungstabellen zur Energiebilanz der Bundesrepublik Deutschland 1990 bis 2015, Stand 07/2016

Deutschland 2015



Gesamtverbrauch: **636 TWh**
Raumwärme: 436 TWh

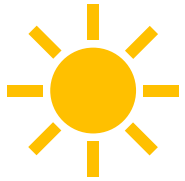
Datenquelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, eigene Darstellung

Wird diese Energie für Raumwärme in Liter Heizöl ausgedrückt, ...

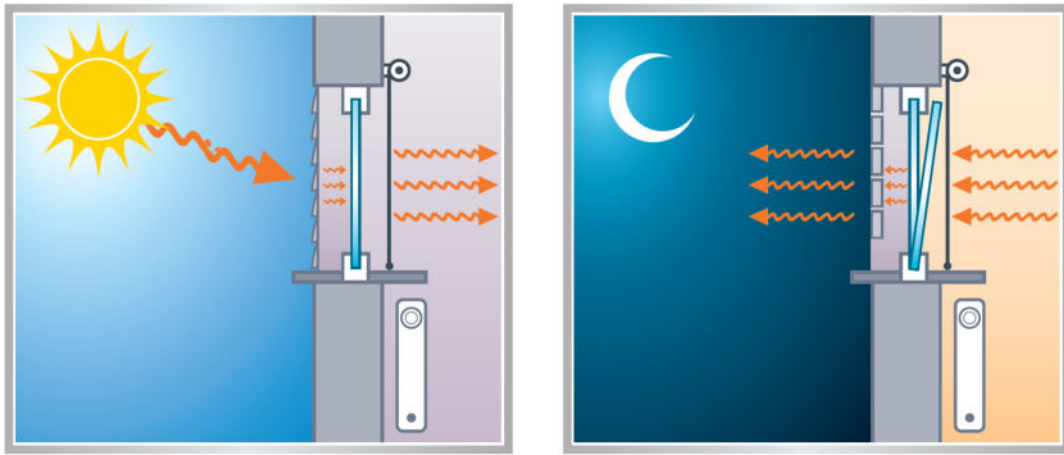


**braucht es mehr als 120
Öltanker mit einem
Fassungsvermögen von
300.000 Tonnen!**

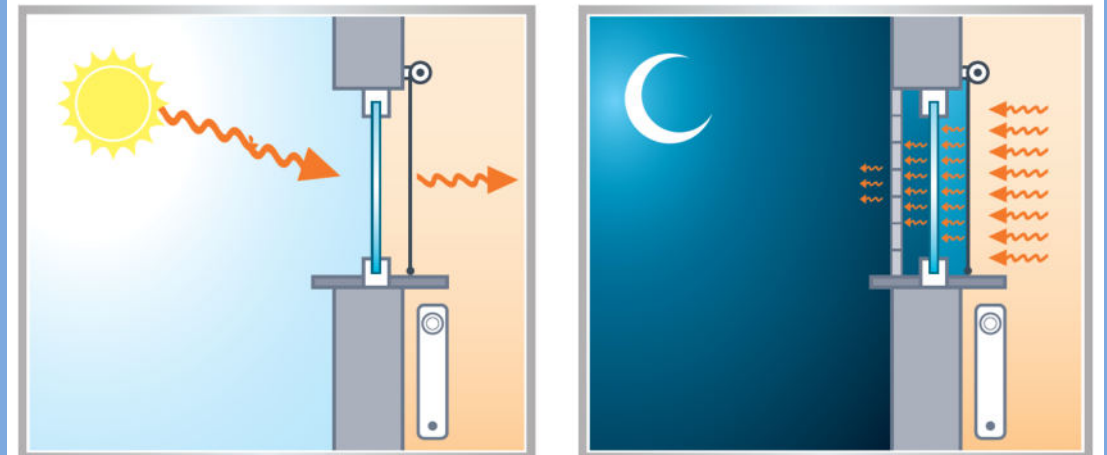
System Fenster + Rollladen/Sonnenschutz: Funktionen und Einsparpotenziale



Wirkungsweise im Sommer



Wirkungsweise im Winter

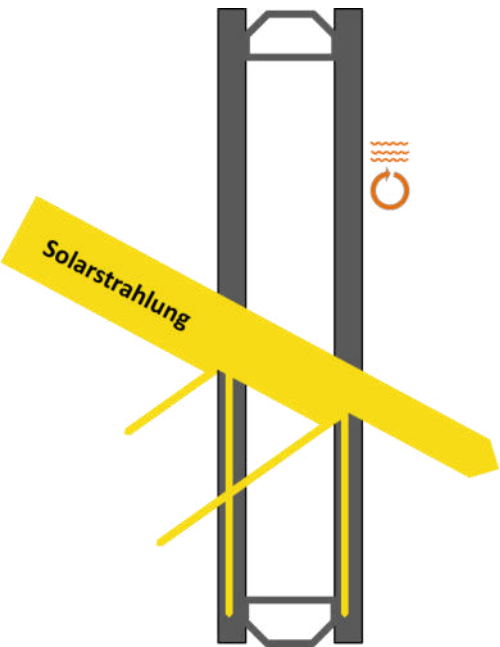


Bestmögliche Ausschöpfung der Potenziale durch **AUTOMATION!**

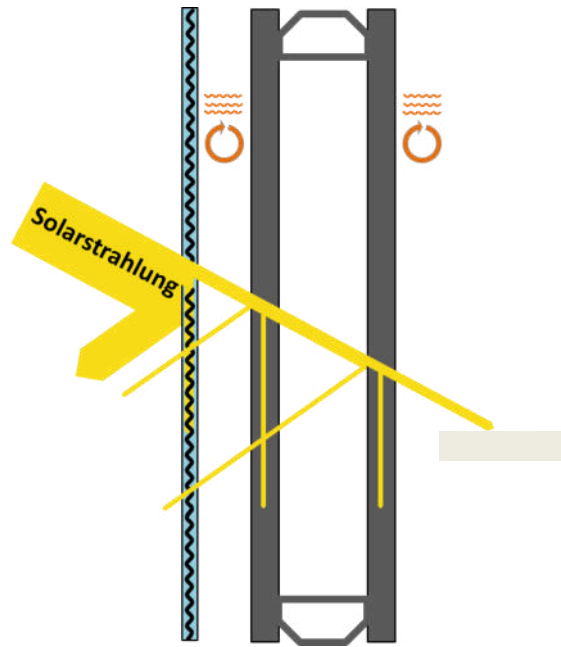
Prinzip: Vermeidung/Reduzierung solarer Wärmeeinträge



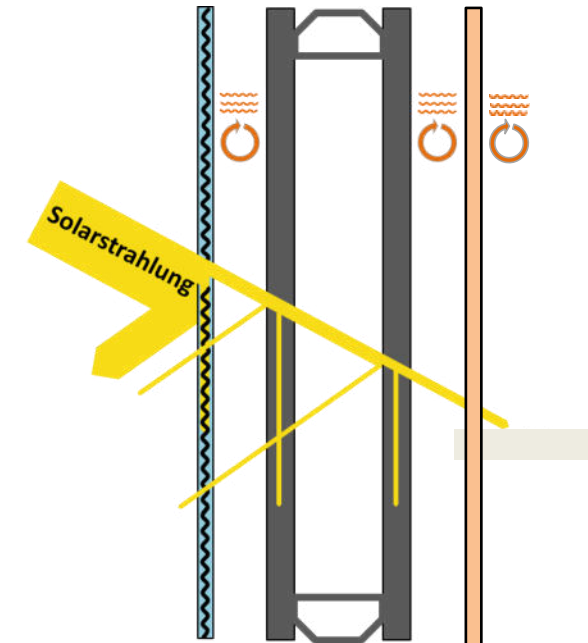
ohne Sonnenschutz



Sonnenschutz außen



Sonnenschutz außen
+ Blendschutz innen



Bestmögliche Ausschöpfung der Potenziale durch **AUTOMATION!**

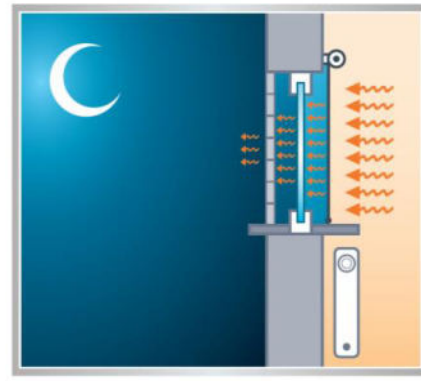
Prinzip: Erhöhung des Wärmedurchlasswiderstands (Dämmwirkung)



Beispiel: Rollläden oder Wabenplissee mit $\Delta R = 0,30 \text{ m}^2\text{K/W}$:



Quelle: www.warema.de



Quelle: www.mhz.de

Altbaufenster	$U = 2,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$		$U = 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ - 46 %
Neubaufenster	$U = 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$		$U = 0,94 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ - 28 %

Bestmögliche Ausschöpfung der Potenziale durch **AUTOMATION!**

Energieeinsparverordnung (EnEV) und künftiges Gebäudeenergiegesetz (GEG)

- nach EnEV besteht im Zuge von Bestandssanierungen keine Verpflichtung zur Einhaltung etwaiger Anforderungen an den **sommerlichen Wärmeschutz**, Nachweispflicht besteht nur für Neubauten
-> dies führt dazu, dass
 1. Planer i.d.R. den Zusatzaufwand zur Optimierung des sommerlichen Wärmeverhaltens nicht betreiben
 2. Bauherren über die (vergleichsweise leicht zu erschließenden) Potenziale nicht aufgeklärt werden
- ein verbesserter **winterlicher Wärmeschutz** infolge geschlossener Anlagen darf gegenwärtig im EnEV-Nachweis nicht berücksichtigt werden
-> real vorhandene Einsparpotenziale werden nicht ausgewiesen, Motivation zur Optimierung des Systems durch temporären Wärmeschutz wird „ausgebremst“
- **Unser Wunsch: Gesetz-/Verordnungsgeber sollte die Potenziale würdigen und eine zielführende und nachhaltige Planung durch Anpassung der Regelwerke fördern!**

Was bedeutet Automation?

Bei der Automation erfolgt eine **selbsttätige Steuerung oder Regelung** des Sonnenschutzes anhand einer dem System vorgegebenen Logik.

Automation im Sommer

Zur **Vermeidung von Überhitzung** oder zur **Minimierung des Energiebedarfs** für Gebäudekühlung wird der Sonnenschutz z.B. nach einem bestimmten Zeitschema, abhängig von der Raumtemperatur oder der einfallenden Strahlung gesteuert bzw. geregelt.

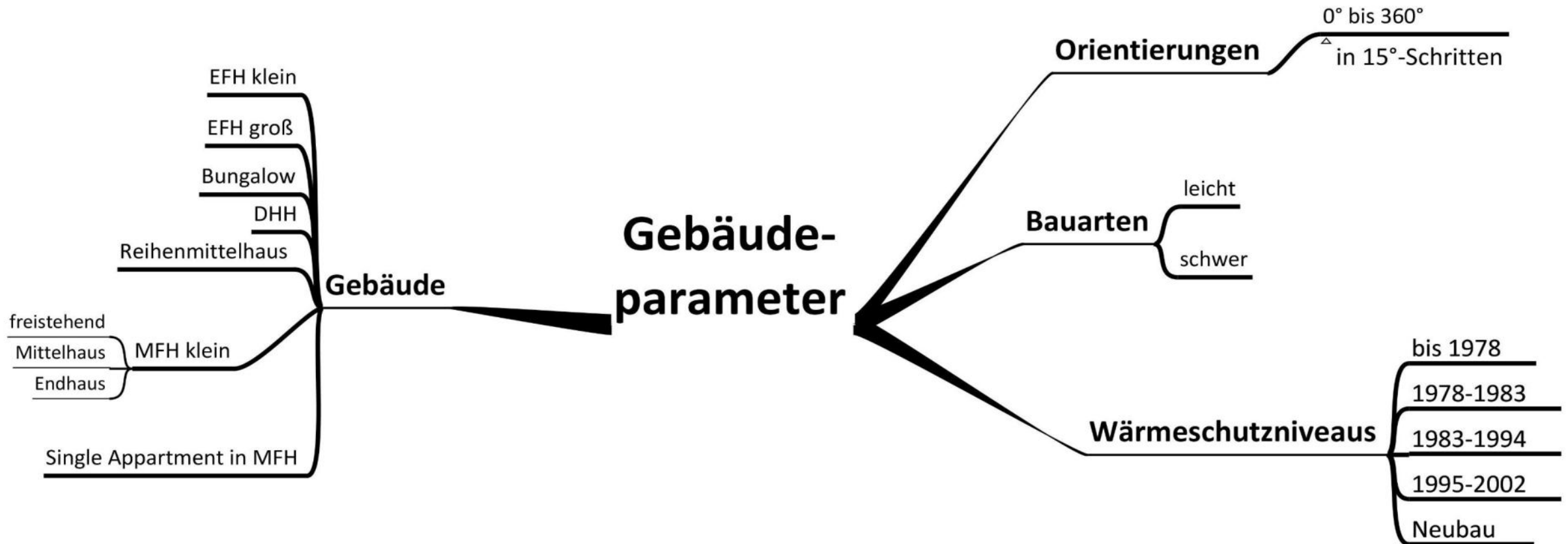


Automation im Winter

Zur **Reduzierung des Heizwärmebedarfs** wird der Sonnenschutz z.B. nach einem bestimmten Zeitschema, von Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang oder auch ab Unterschreiten eines Schwellwertes der einfallenden Strahlung gesteuert oder geregelt.



Parameterstudie (variierte Gebäudeparameter)





g-Wert (beschreibt den Wärmedurchgang durch ein Glas)

Der g-Wert eines Glases beschreibt den Anteil der solaren Einstrahlung, der den Raum „wärmewirksam“ erreicht. Er setzt sich zusammen aus dem Strahlungsanteil der Solarstrahlung, der die Scheibe „durchdringt“ (Transmission) und dem Anteil der Wärmestrahlung der inneren Scheibe, die sich durch Einstrahlung erwärmt (Absorption)

g_{total} -Wert (beschreibt den Wärmedurchgang durch Glas mit Sonnenschutz)

Der g_{total} -Wert eines Glases beschreibt den Anteil der solaren Einstrahlung, der den Raum inklusive Sonnenschutz „wärmewirksam“ erreicht.

F_c -Wert (beschreibt das Verhältnis von Wärmedurchgang mit SS zu ohne SS)

$$F_c = g_{\text{total}} / g$$

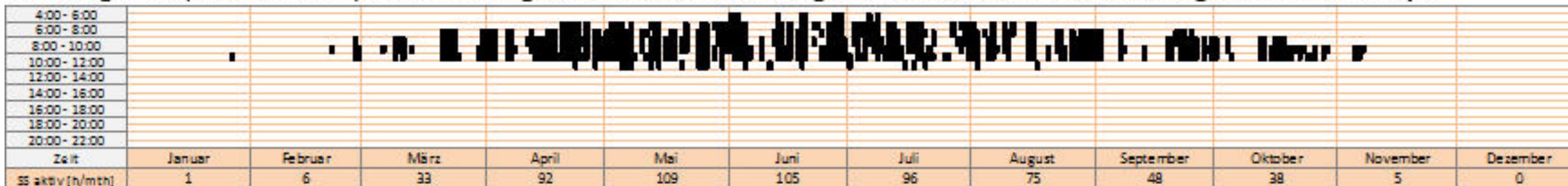
Beispiel: g-Wert Normalglas = 0,6 und Verbesserung durch z.B. Rollläden auf $g_{\text{total}} = 0,06$

$$F_c = 0,06 / 0,6 = 0,1$$

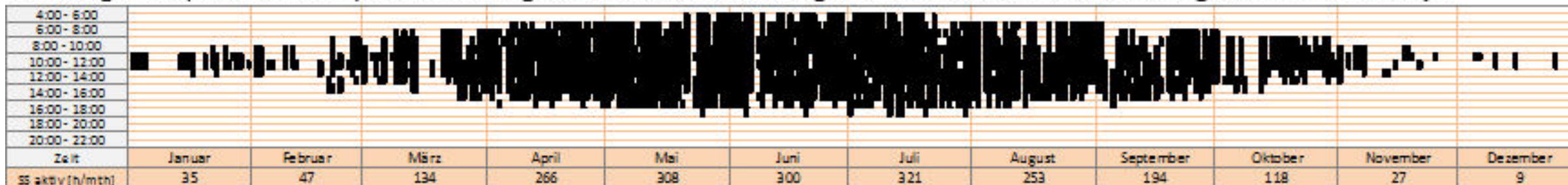
Grenzbestrahlungsstärke (I_{grenz}) beschreibt den Schwellwert, ab dessen Überschreitung der Sonnenschutz „aktiviert“ wird. Liegt die senkrecht auf das Fenster einfallende Strahlung unterhalb dieses Grenzwertes, wird der Sonnenschutz nicht aktiviert.



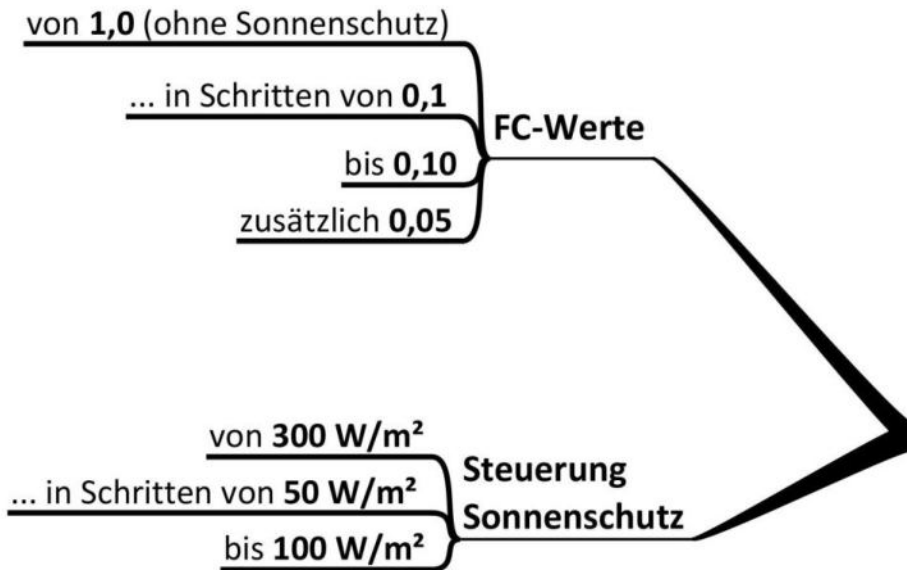
Klimaregion B (TRY Potsdam), Orientierung: Ost, Grenzbestrahlungsstärke 300 W/m². Aktivierungsstunden: 608 h/a



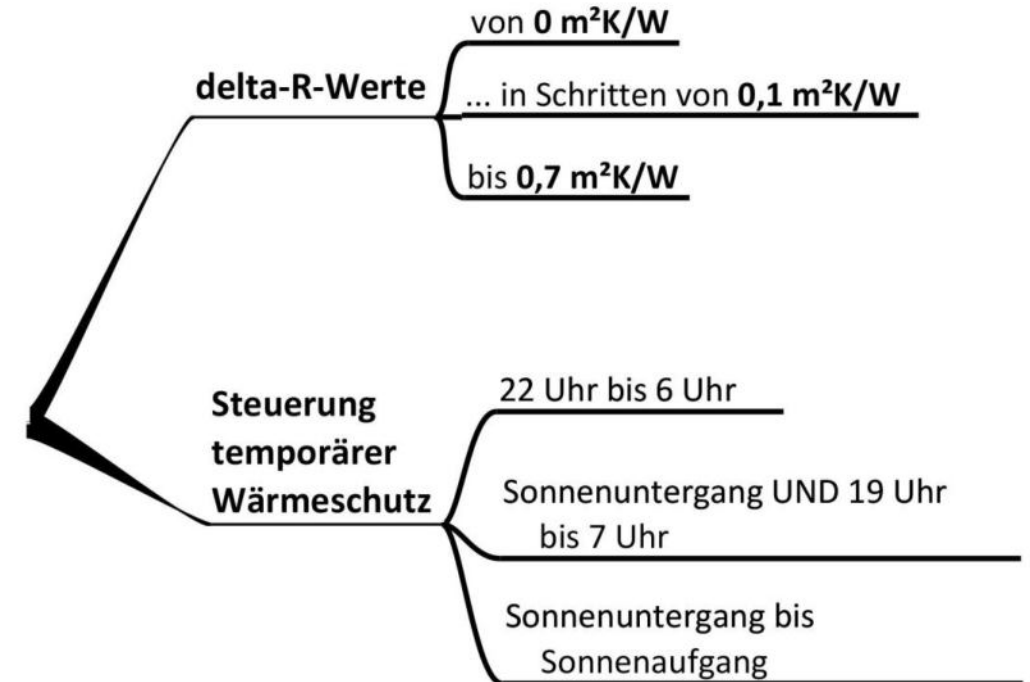
Klimaregion B (TRY Potsdam), Orientierung: Ost, Grenzbestrahlungsstärke 100 W/m². Aktivierungsstunden: 2012 h/a



Parameterstudie (variierte Parameter Sonnenschutz)



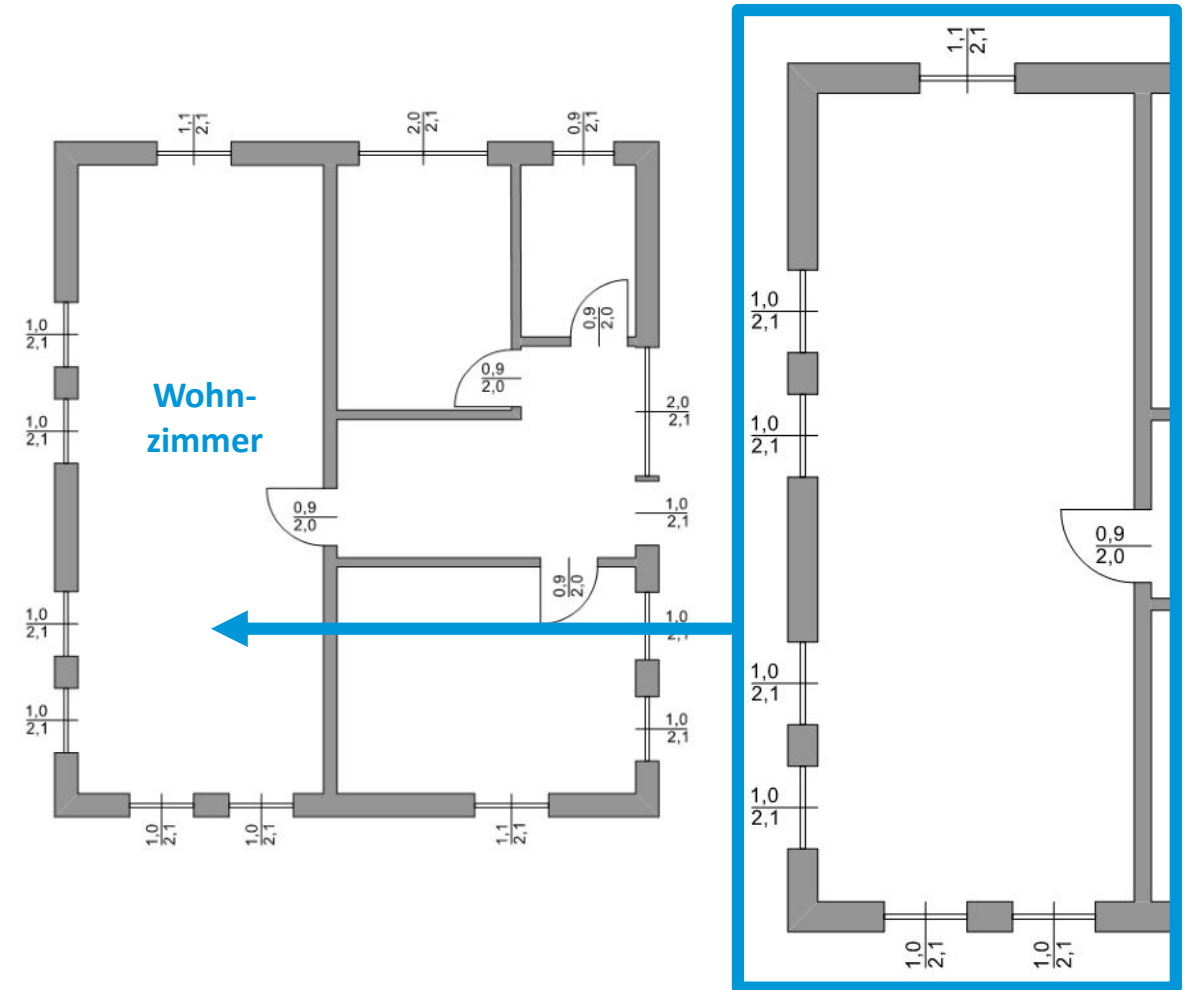
Parameter Sonnenschutz



Gebäudebezogene Potenziale

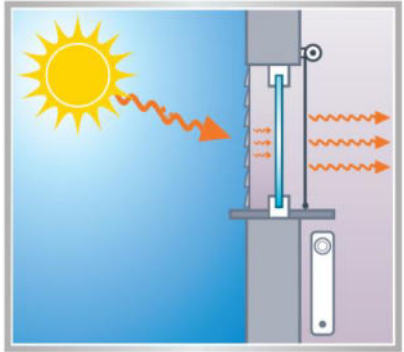
- Perspektive Planer/Bauherr
- Einsparungen Endenergiebedarf, Komfortverbesserung

Einfamilienhaus



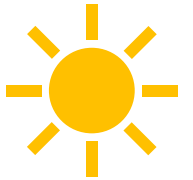
ausgewählte Fälle:

Steuerung Sommer:



300 W/m² oder 150 W/m² (Grenzbestrahlung)

Der Sonnenschutz wird bei einer Einstrahlung größer der angegebenen Grenzbestrahlung automatisch geschlossen.



F_C-Werte:

1,0

ohne

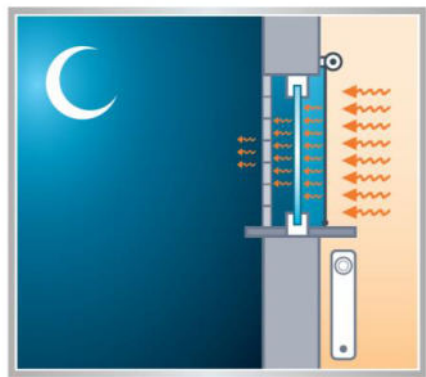
0,7

Rollo

0,1

Rollladen geschlossen

Steuerung Winter:



Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang

ΔR-Werte [m²K/W]:

0

Rollladen od.
Kammerplissee

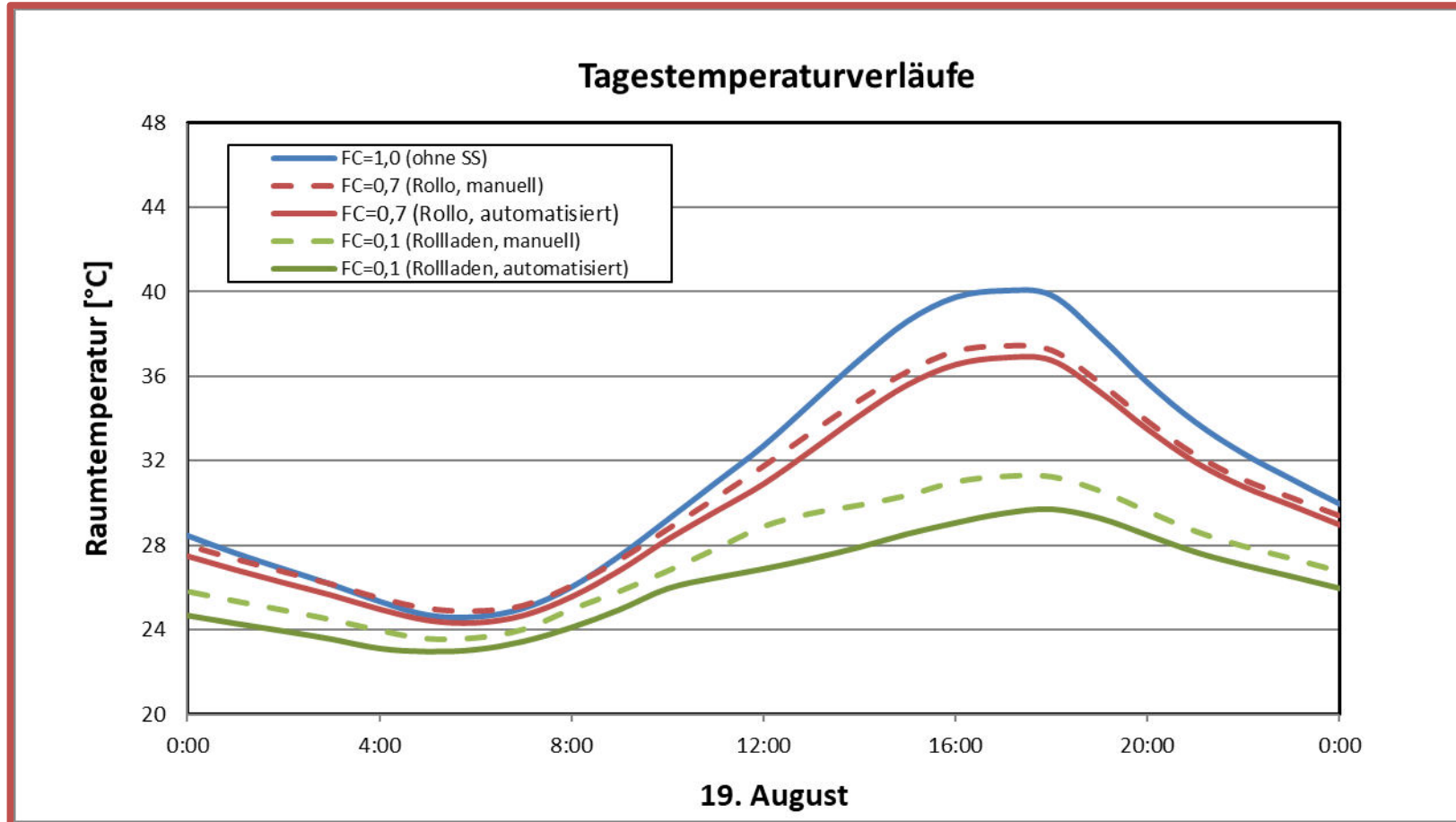
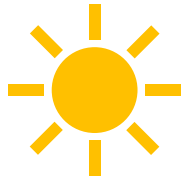
0,3

0,7

Rollladen oder
Kammerplissee mit IR-Beschichtung

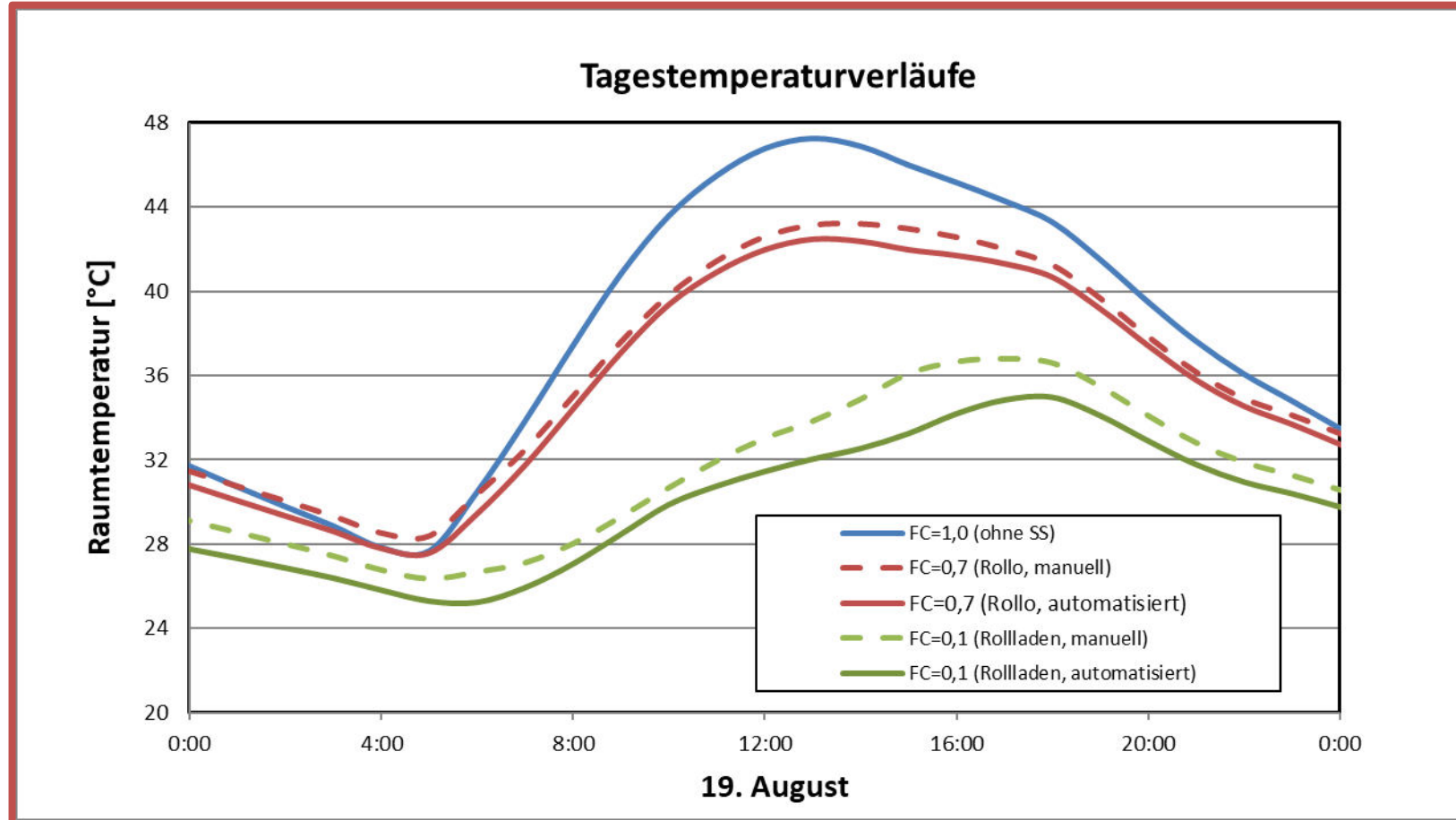
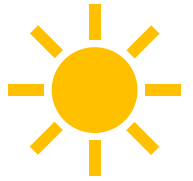


Temperaturverläufe (Wohnzimmer) im Vergleich (heißester Tag)



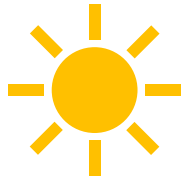
Reduzierung der Maximaltemperatur um mehr als 10°C!

Temperaturverläufe (Schlafzimmer) im Vergleich (heißester Tag)

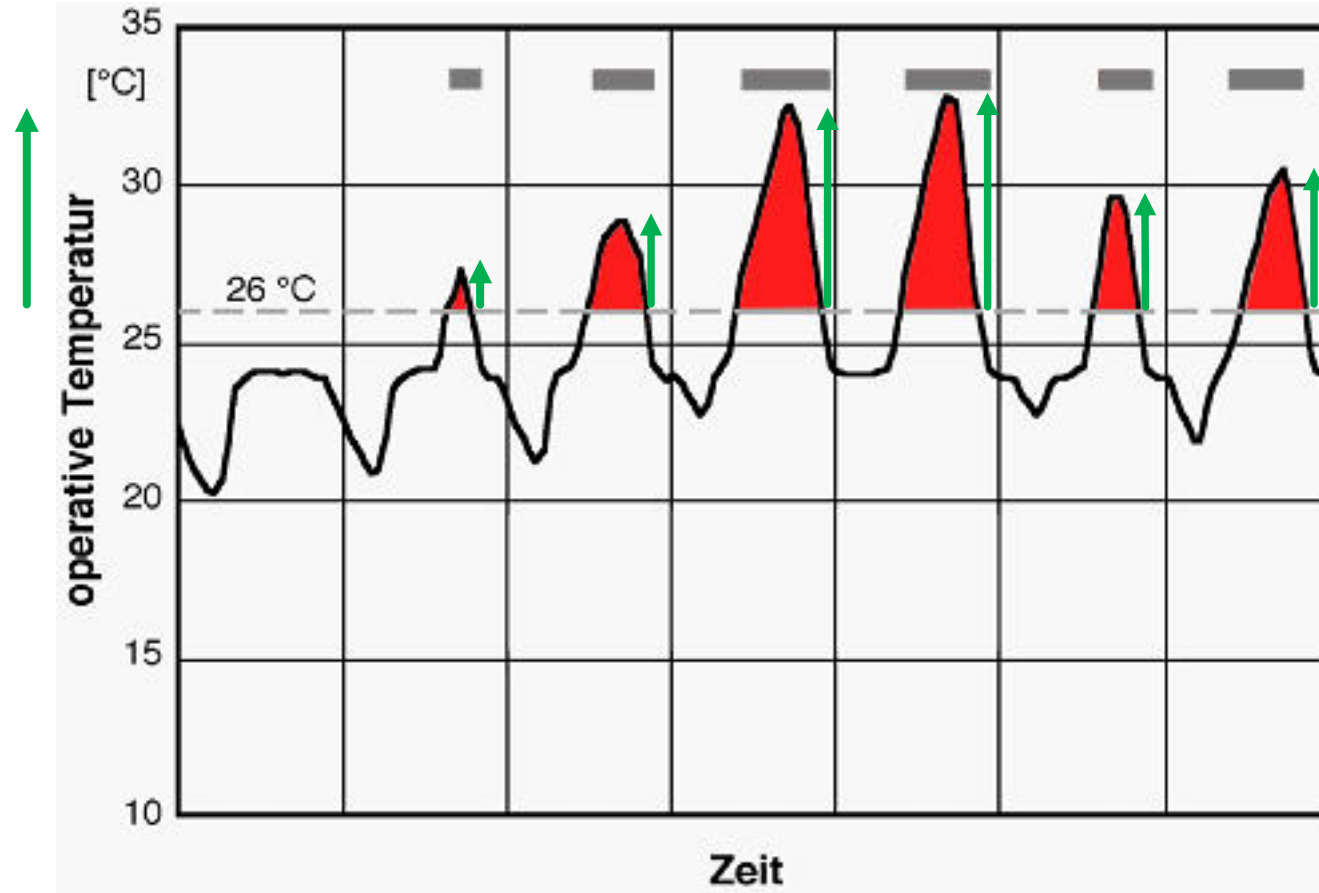


Reduzierung der Maximaltemperatur um 17 °C!

Überschreitungshäufigkeiten und Übertemperaturgradstunden (hier Bezug 26°C)



Überschreitungshöhe



Überschreitungs-
dauer

Übertemperatur-
gradstunden

integrale Auswertungen



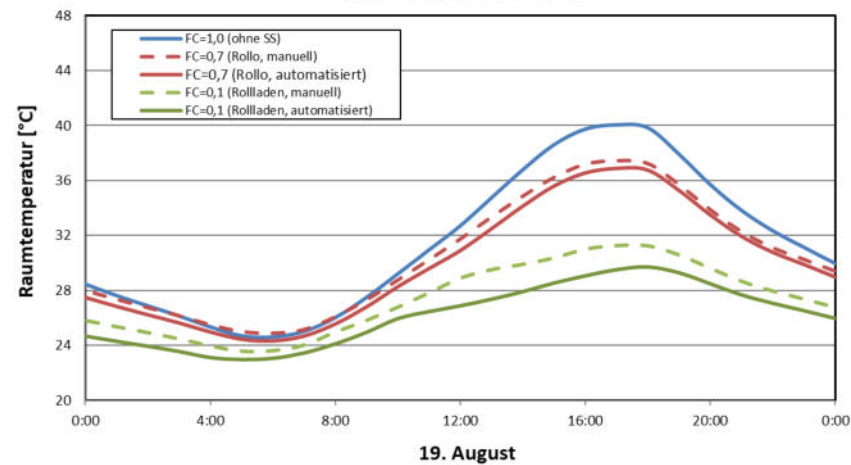
Wohnzimmer

Abschluss	Gh ₂₆ [Kh/a]	$\theta_{op,max}$ [°C]	n ₂₆ [h]
F _C =1	3634	40,1	1021
F _C =0,7; I _{Grenz} =300 W/m ²	2394	37,5	849
F _C =0,1; I _{Grenz} =300 W/m ²	536	31,3	363
F _C =0,1; I _{Grenz} =150 W/m ²	98	29,7	79

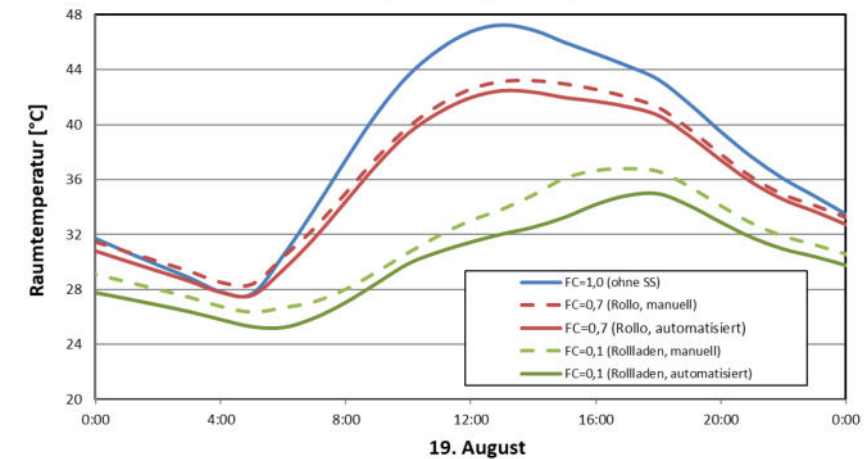
Schlafzimmer

Abschluss	Gh ₂₆ [Kh/a]	$\theta_{op,max}$ [°C]	n ₂₆ [h]
F _C =1	14216	51,5	2008
F _C =0,7; I _{Grenz} =300 W/m ²	9238	45,7	1744
F _C =0,1; I _{Grenz} =300 W/m ²	1672	36,6	723
F _C =0,1; I _{Grenz} =150 W/m ²	778	34,5	398

Tagestemperaturverläufe



Tagestemperaturverläufe



integrale Auswertungen



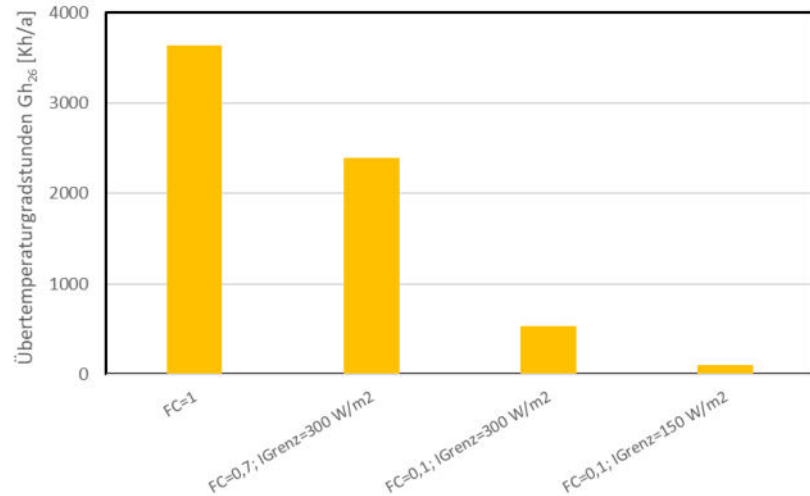
Wohnzimmer

Abschluss	Gh ₂₆ [Kh/a]	θ _{op,max} [°C]	n ₂₆ [h]
F _C =1	3634	40,1	1021
F _C =0,7; I _{Grenz} =300 W/m ²	2394	37,5	849
F _C =0,1; I _{Grenz} =300 W/m ²	536	31,3	363
F _C =0,1; I _{Grenz} =150 W/m ²	98	29,7	79

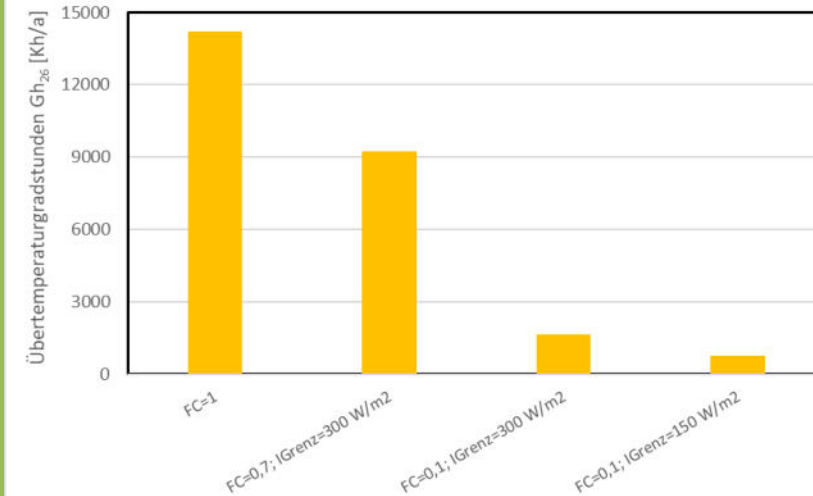
Schlafzimmer

Abschluss	Gh ₂₆ [Kh/a]	θ _{op,max} [°C]	n ₂₆ [h]
F _C =1	14216	51,5	2008
F _C =0,7; I _{Grenz} =300 W/m ²	9238	45,7	1744
F _C =0,1; I _{Grenz} =300 W/m ²	1672	36,6	723
F _C =0,1; I _{Grenz} =150 W/m ²	778	34,5	398

Wohnzimmer



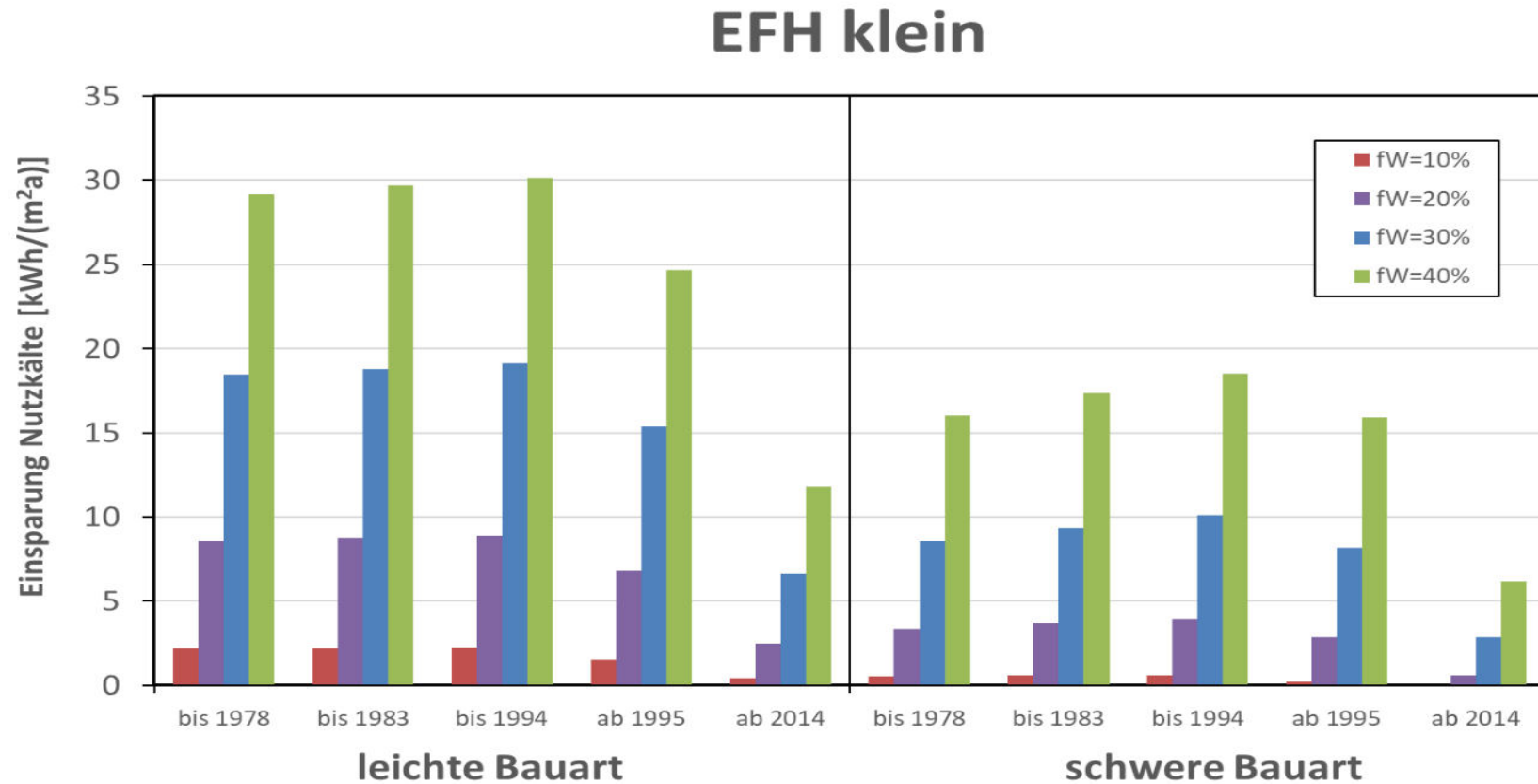
Schlafzimmer



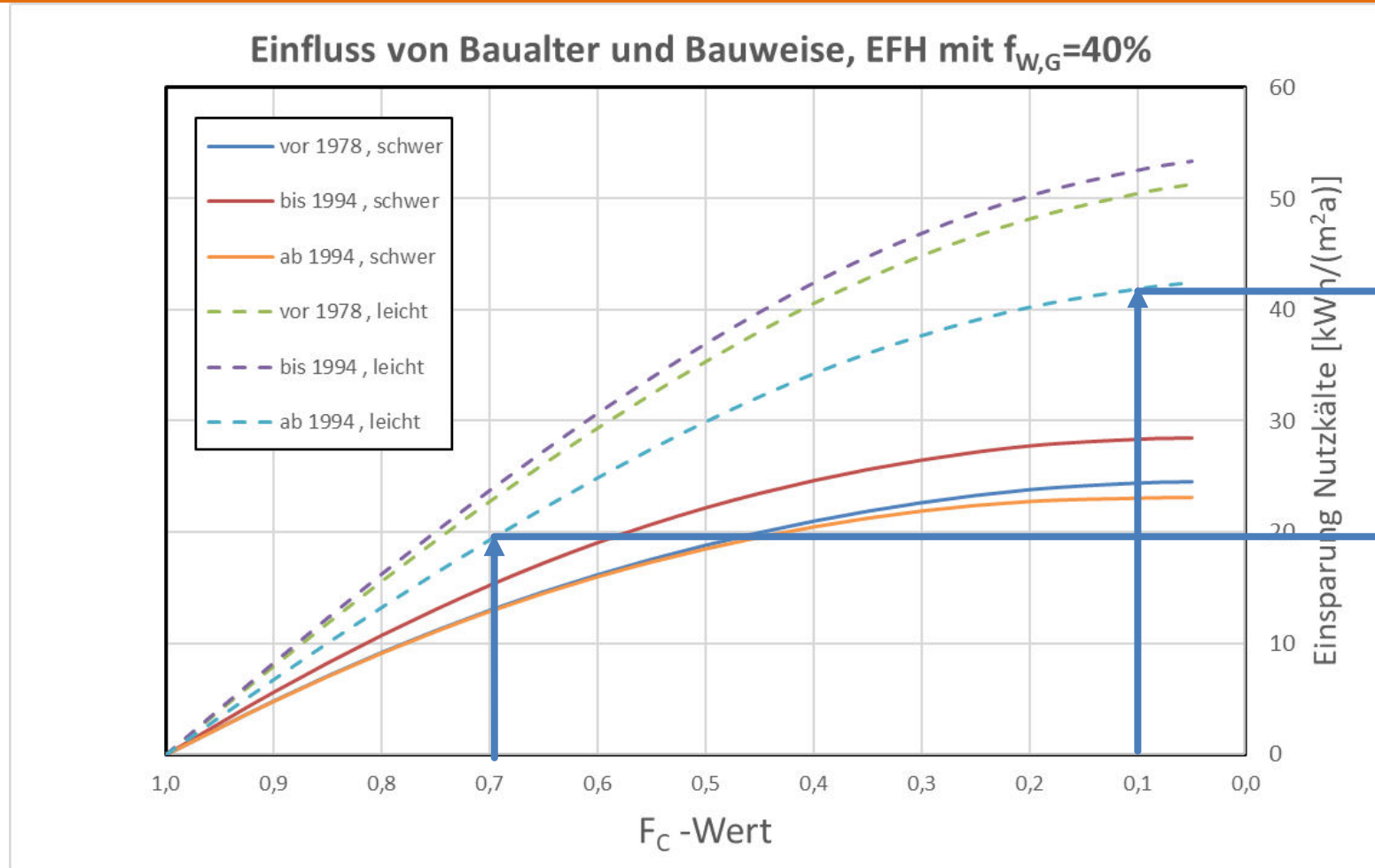
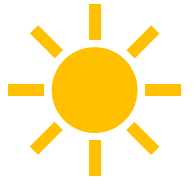
integrale Auswertungen (Einfluss Baualtersklasse und Bauart)



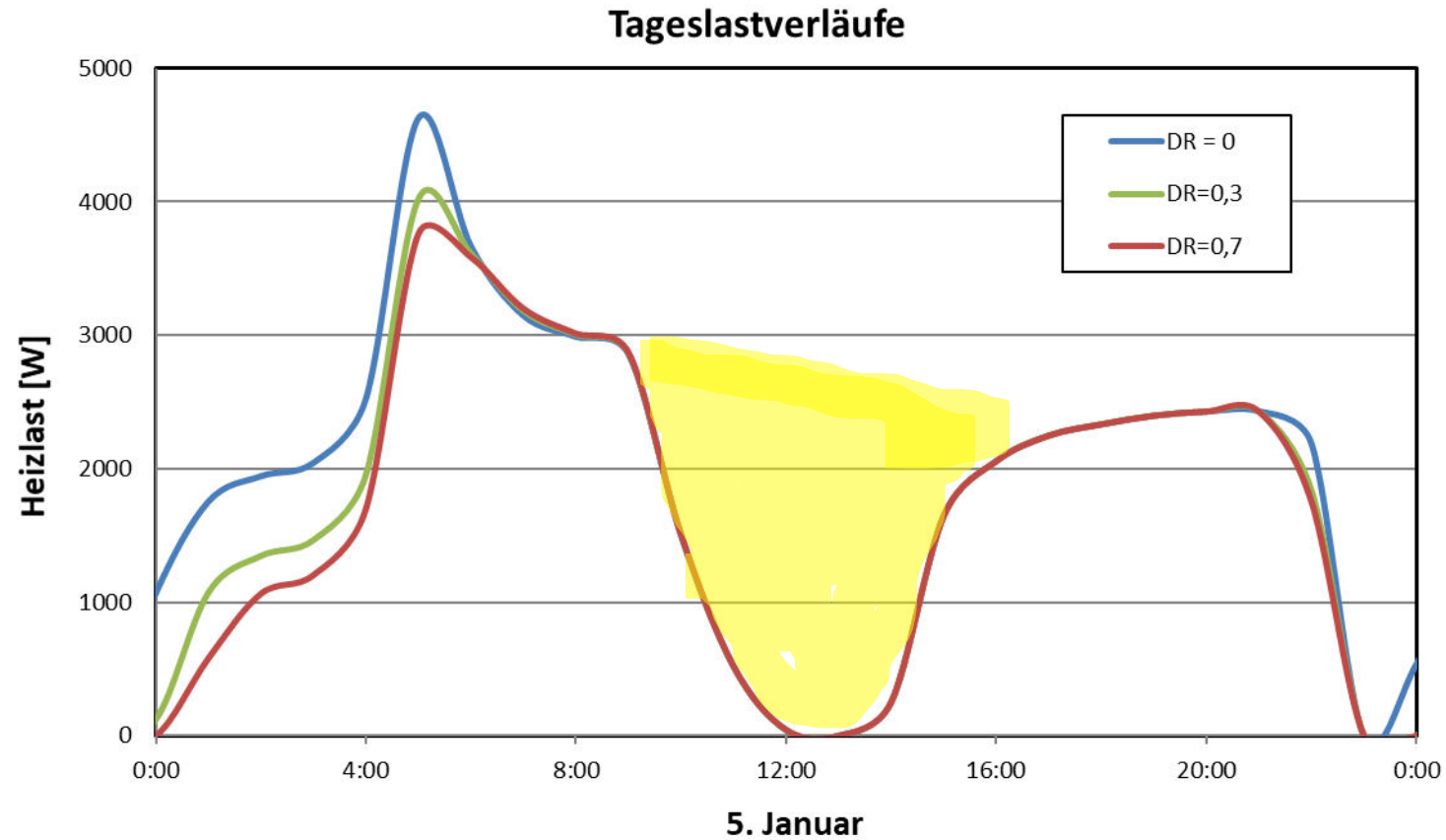
Einsparung Kühlkältebedarf mit Sonnenschutz



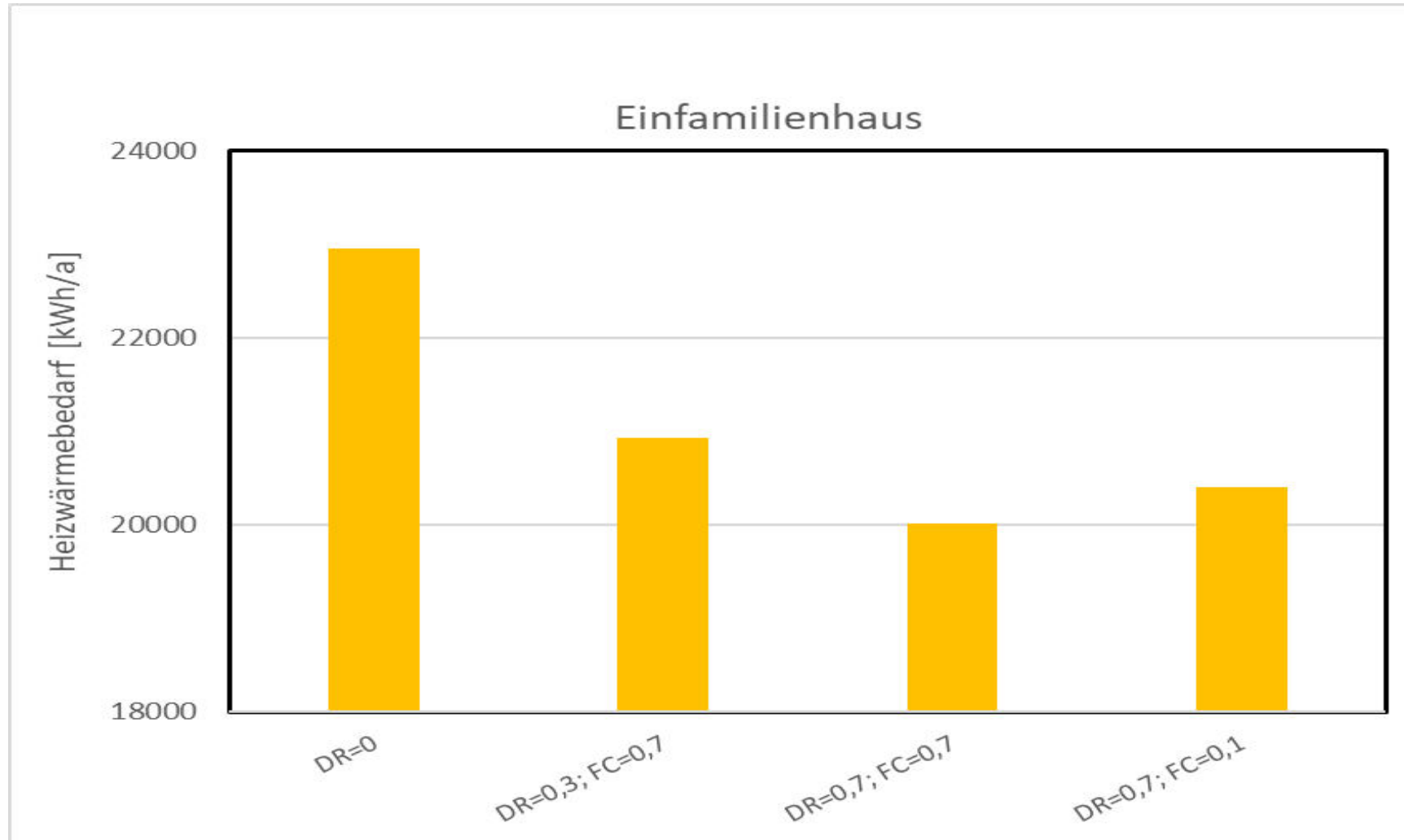
integrale Auswertungen (Einfluss Baualtersklasse und Bauart)



Heizlastverläufe (Wohnzimmer)



integrale Auswertungen

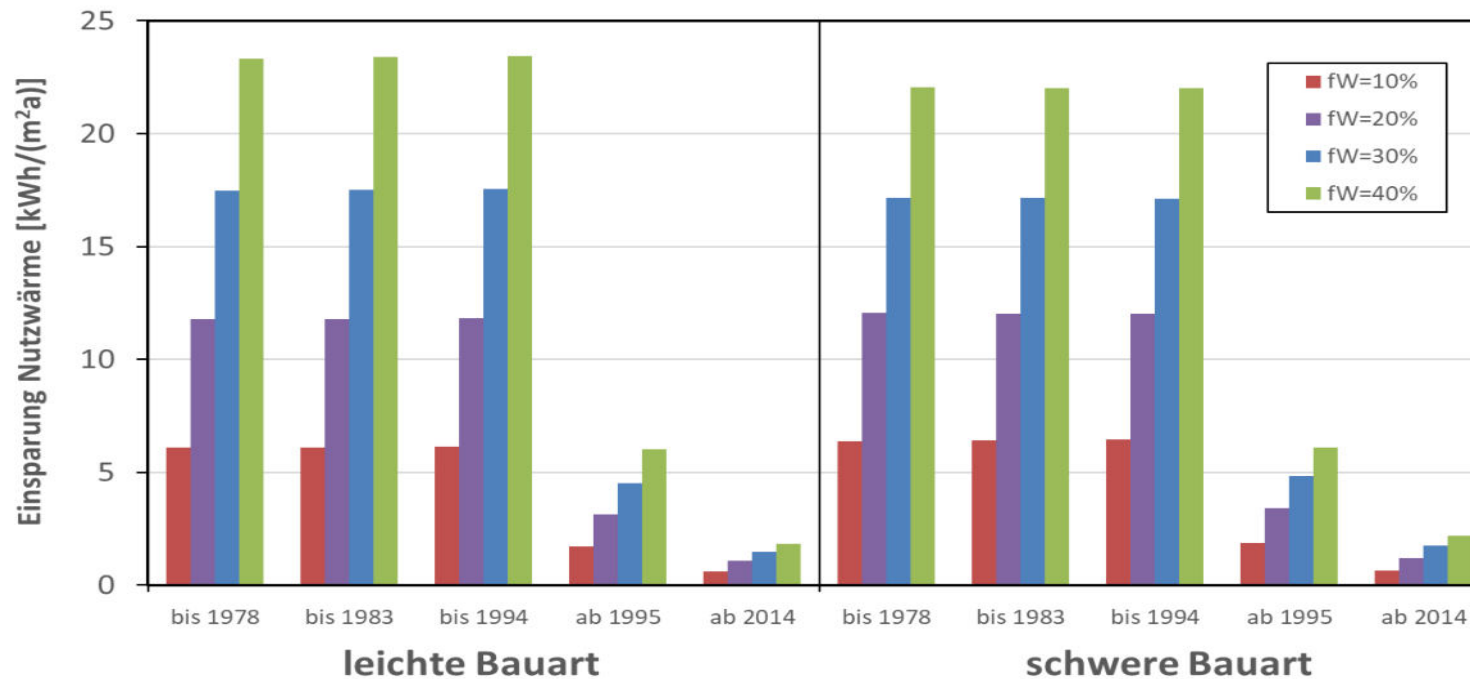


integrale Auswertungen (Einfluss Baualtersklasse und Bauart)

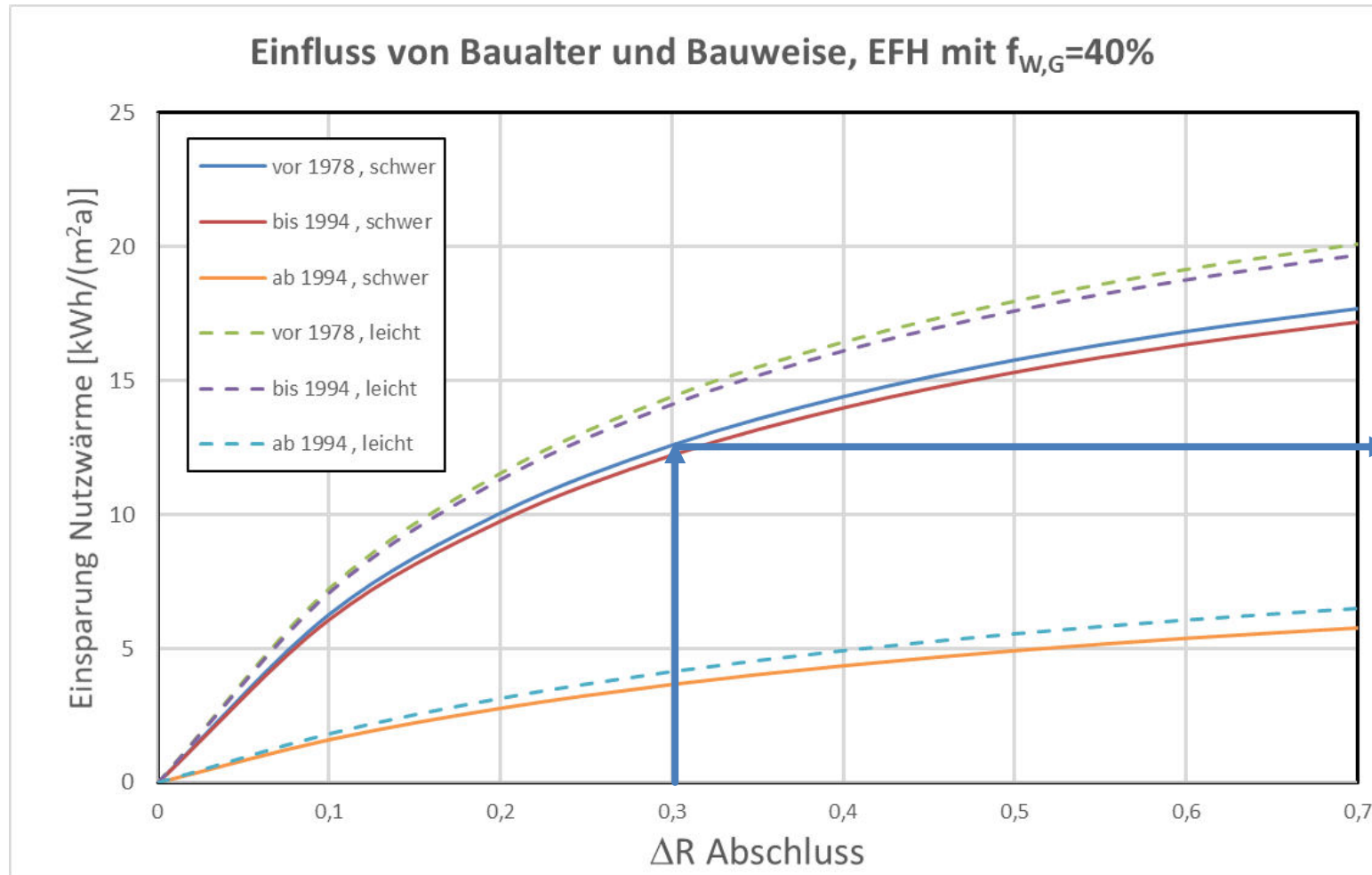


Einsparung HWB mit Abschluss

EFH klein



integrale Auswertungen (Einfluss Baualtersklasse und Bauart)



**Rollladen oder
Kammerplissee:
12,5 kWh/(m²a)
Wohnfläche**

Einsparpotenziale national

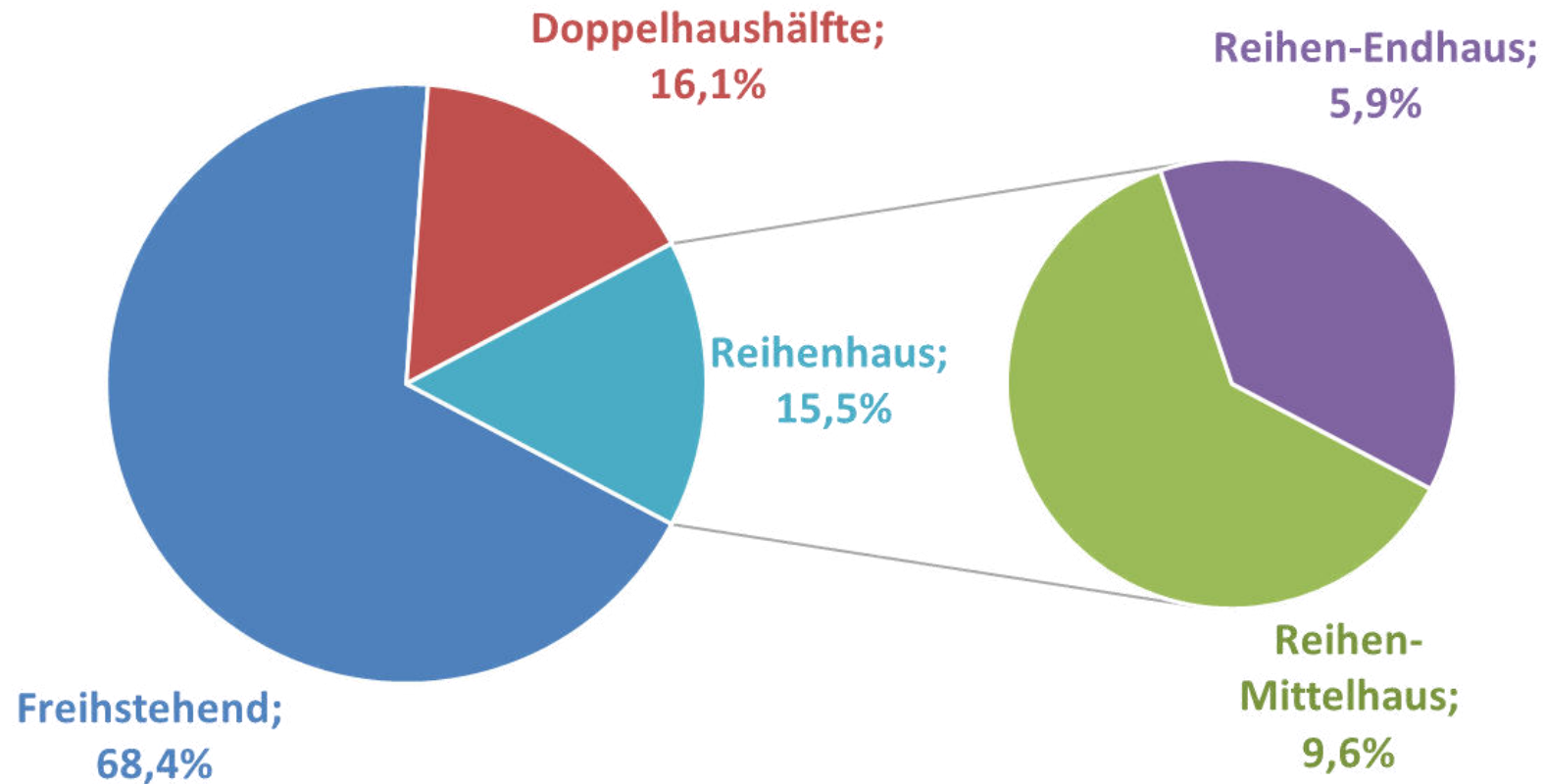
- Wohngebäudebestand
- Hochrechnung CO₂-Einsparungen
- Energieeinsparung durch Abschlüsse

Flächen nach Baualtersklassen

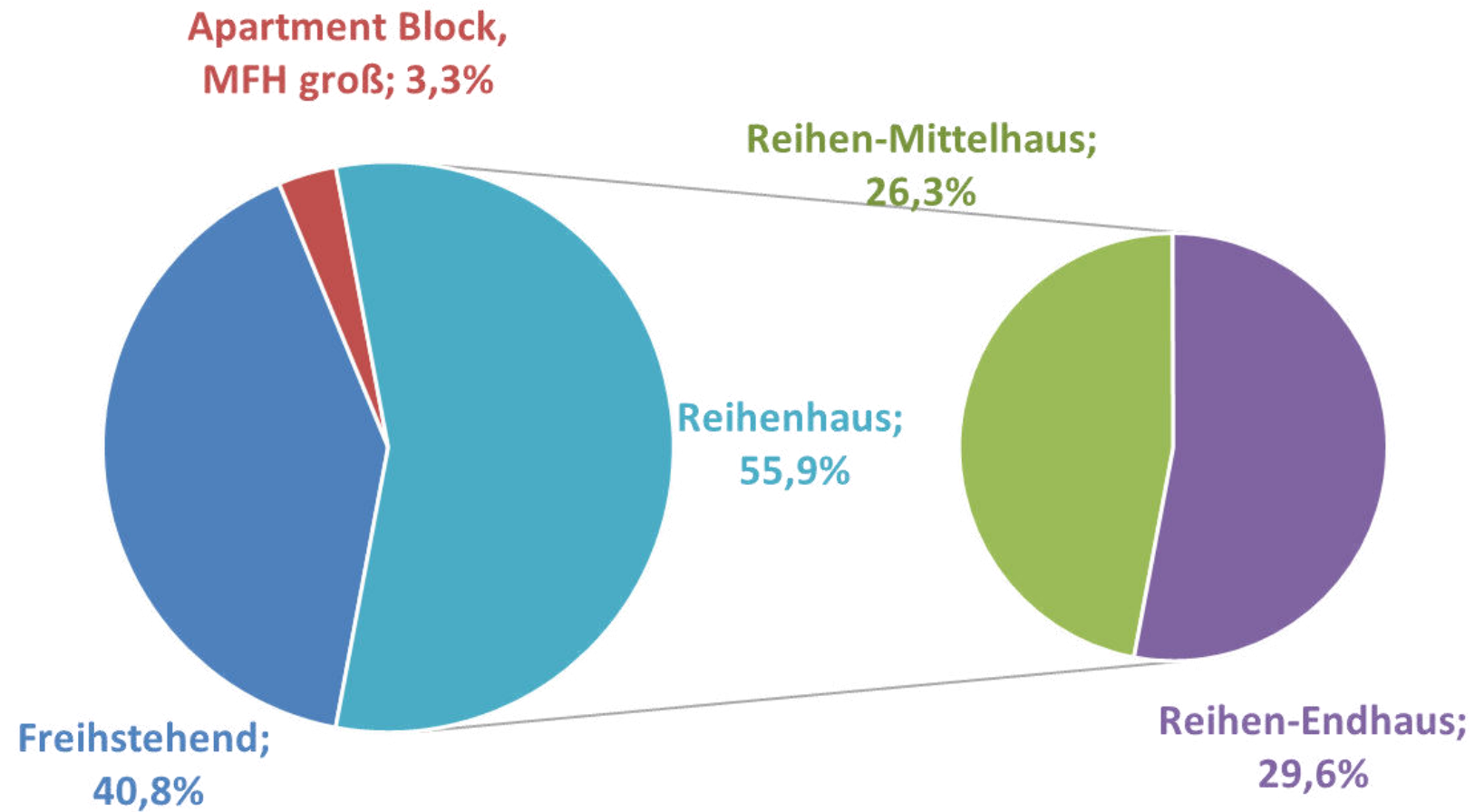
Wohnfläche [Millionen m ²]																																																													
Period	SFH TH MFH AB Summe																																																												
until 1859	<table><tr><th colspan="6">Wohnfläche [Millionen m²]</th></tr><tr><th>Period</th><th>SFH</th><th>TH</th><th>MFH</th><th>AB</th><th>Summe</th></tr><tr><td>1860-1918</td><td colspan="5"></td></tr><tr><td>1919-1948</td><td rowspan="5">bis 1978</td><td colspan="4">nicht renovierte Anteile</td></tr><tr><td>1949-1957</td><td rowspan="5">bis 1978</td><td rowspan="5">0,65</td><td rowspan="5">0,65</td><td rowspan="5">0,44</td><td rowspan="5">0,44</td></tr><tr><td>1958-1968</td></tr><tr><td>1969-1978</td></tr><tr><td>1979-1983</td></tr><tr><td>1984-1994</td></tr><tr><td>1995-2001</td><td>1979-1994</td><td colspan="4"></td></tr><tr><td>2002-2009</td><td>1979-1994</td><td colspan="4"></td></tr><tr><td>Summe</td><td>ab 1995</td><td>1979-1994</td><td>0,88</td><td>0,88</td><td>0,76</td><td>0,76</td></tr><tr><td></td><td>Summe</td><td>ab 1995</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	Wohnfläche [Millionen m ²]						Period	SFH	TH	MFH	AB	Summe	1860-1918						1919-1948	bis 1978	nicht renovierte Anteile				1949-1957	bis 1978	0,65	0,65	0,44	0,44	1958-1968	1969-1978	1979-1983	1984-1994	1995-2001	1979-1994					2002-2009	1979-1994					Summe	ab 1995	1979-1994	0,88	0,88	0,76	0,76		Summe	ab 1995	1	1	1	1
Wohnfläche [Millionen m ²]																																																													
Period		SFH	TH	MFH	AB	Summe																																																							
1860-1918																																																													
1919-1948		bis 1978	nicht renovierte Anteile																																																										
1949-1957			bis 1978	0,65	0,65	0,44	0,44																																																						
1958-1968																																																													
1969-1978																																																													
1979-1983																																																													
1984-1994																																																													
1995-2001	1979-1994																																																												
2002-2009	1979-1994																																																												
Summe	ab 1995	1979-1994	0,88	0,88	0,76	0,76																																																							
	Summe	ab 1995	1	1	1	1																																																							
1860-1918																																																													
1919-1948																																																													
1949-1957																																																													
1958-1968																																																													
1969-1978																																																													
1979-1983																																																													
1984-1994																																																													
1995-2001																																																													
2002-2009																																																													
Summe																																																													

Period	Wohnfläche [Millionen m ²]				
	SFH	TH	MFH	AB	Summe
bis 1978	584	241	364	86	1274
1979-1994	254	115	150	43	562
ab 1995	626	277	653	159	1714
Summe	1463	632	1167	288	3550

Ein- und Zweifamilienhäuser



Mehrfamilienhäuser



Anlagenaufwandszahlen



Einfamilienhaus			Mehrfamilienhaus		
bis 1978	bis 1994	ab 1995	bis 1978	bis 1994	ab 1995
1,27	1,24	1,17	1,16	1,14	1,14

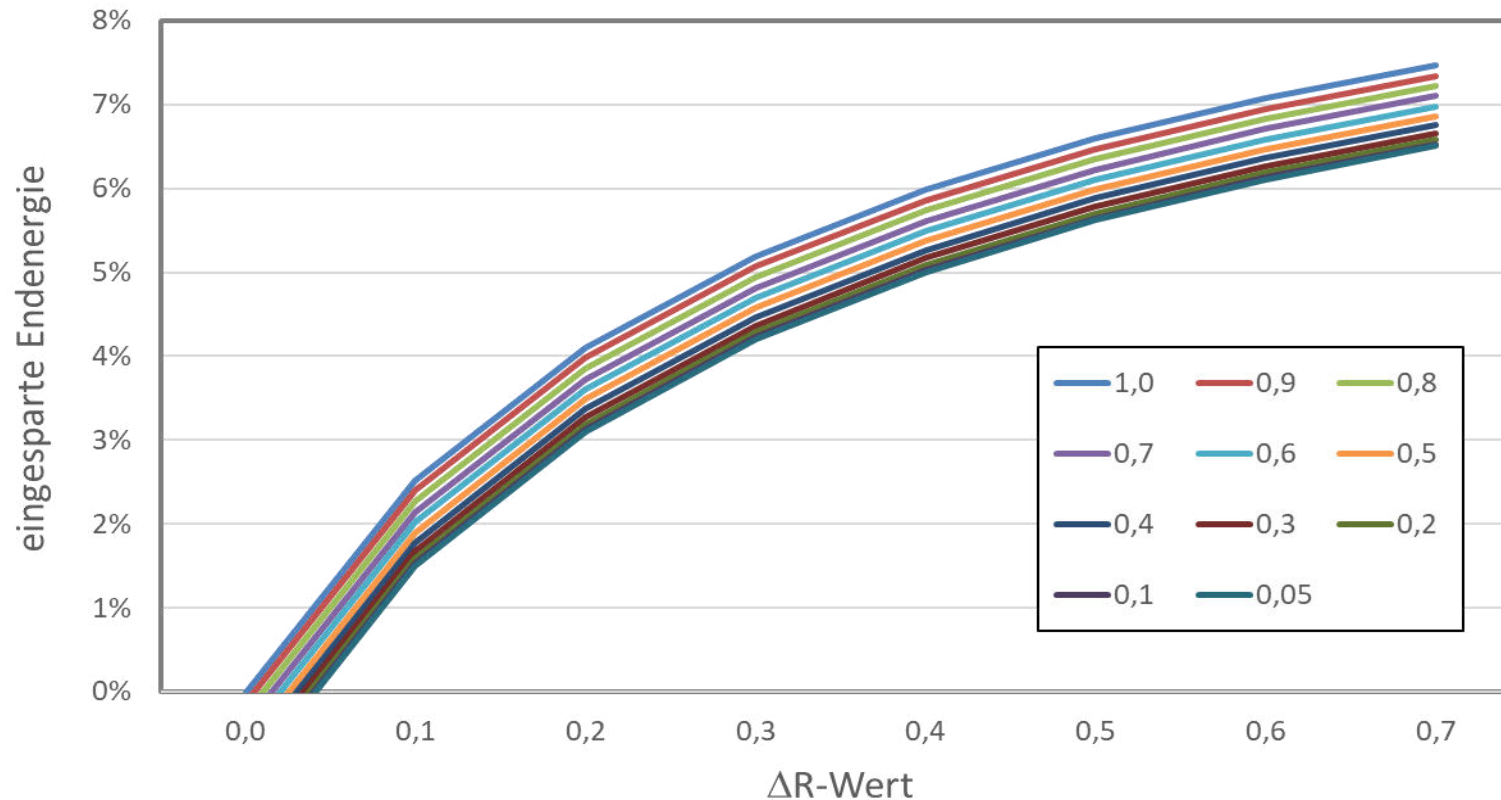
Die Anlagenaufwandszahl kennzeichnet die zusätzlichen Wärmeverluste, die bei der Wärmebereitstellung im Gebäude durch Erzeugung (Qualität des Wärmeerzeugers), Wärmeverteilung (Rohrleitungsverluste) und Wärmeübergabe (Qualität der Regelung im Raum) entstehen.

Die genannten Werte sind für Durchschnittswerte über die im deutschen Gebäudebestand installierten Heizsysteme bzw. -komponenten

Einsparpotenzial Endenergie (prozentual bezogen auf $F_c = 1$ und $\Delta R = 0 \text{ m}^2\text{K/W}$)



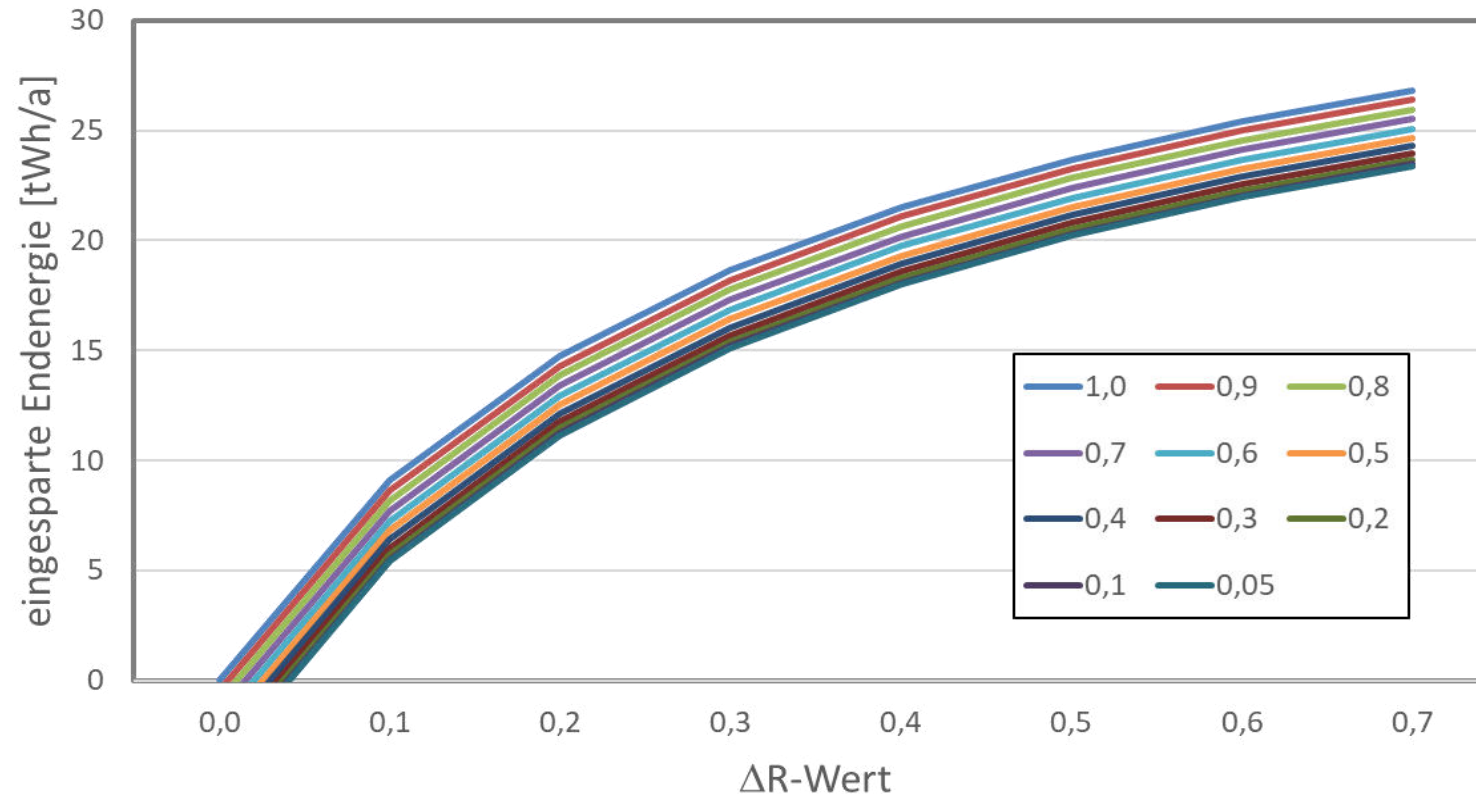
Randbedingungen: Automatisierung Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang



Einsparpotenzial Endenergie (absolut bezogen auf $F_c = 1$ und $\Delta R = 0 \text{ m}^2\text{K/W}$)



Randbedingungen: Automatisierung Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang



Das entspricht einer Reduzierung an Erdöl von 12 Tankern

CO₂-Einsparpotenzial (absolut bezogen auf $F_c = 1$ und $\Delta R = 0 \text{ m}^2\text{K/W}$)

CO₂-Emissionsfaktor für Wärmeversorgung in Deutschland (Quelle: episcopo): 0,228 kg CO₂/kWh = 0,228 Mt CO₂/TWh



Einsparung CO ₂ [Mt/a]									
		ΔR							
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
F _C	1,0	0,0	2,0	3,3	4,2	4,9	5,4	5,8	6,1
	0,9	-0,1	2,0	3,3	4,2	4,8	5,3	5,7	6,0
	0,8	-0,1	1,9	3,2	4,1	4,8	5,3	5,7	6,0
	0,7	-0,2	1,9	3,2	4,1	4,7	5,2	5,6	5,9
	0,6	-0,2	1,8	3,1	4,0	4,7	5,2	5,6	5,9
	0,5	-0,2	1,8	3,1	4,0	4,6	5,1	5,5	5,9
	0,4	-0,3	1,8	3,1	4,0	4,6	5,1	5,5	5,8
	0,3	-0,3	1,8	3,0	3,9	4,6	5,1	5,5	5,8
	0,2	-0,3	1,7	3,0	3,9	4,6	5,1	5,5	5,8
	0,1	-0,3	1,7	3,0	3,9	4,6	5,1	5,5	5,8
0,05	-0,3	1,7	3,0	3,9	4,6	5,1	5,4	5,8	

Zusammenfassung

Je nach Gebäude, Baualtersklasse und Fensterflächenanteil lassen sich leicht mehr als 30 % Heizwärme einsparen, wenn ein Rollladen/Sonnenschutz mit $\Delta R = 0,3 \text{ m}^2\text{K/W}$ mit automatischer Steuerung eingesetzt wird

(Virtuelle) Kühlenergieeinsparungen liegen je nach Bauart und Qualität des Sonnenschutzes bei Automatisierung bereits mit $F_c = 0,5$ bei über 50 %

Der Gesamtbeitrag der Rollläden/Sonnenschutzsysteme an der Heizenergieeinsparung läge in einer Größenordnung der Energieproduktionen von 1 bis 2 mittleren AKWs, wenn der gesamte Gebäudebestand mit automatisierten Systemen ausgestattet wäre

Dabei würden bis zur rund 6 Mio. Tonnen CO_2 -Emissionen im Vergleich zu einer Ausführung ohne Abschluss vermieden

Automation ist einerseits Voraussetzung und andererseits Garant für die Nutzung der Einsparpotenziale! Dem sollte die künftige Gestaltung von Normen und Richtlinien gerecht werden!

Unsere Partner in diesem Projekt

