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

„Rollläden und Sonnenschutz – Optimierung von Energiebedarf und Komfort durch Automation“

Wesentliche Ergebnisse der IVRSA-Studie

IVRSA INDUSTRIEVEREINIGUNG Rollladen-Sonnenschutz-Automation

ibh INGENIEURBÜRO Prof. Dr. Hauser GmbH

Forum R+T, 1.3.2018
Wilhelm Hachtel, Stephan Schlitzberger

Überblick

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 CO_2-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

Einführung: Projektvorstellung - Motivation

Klimawandel und CO_2-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

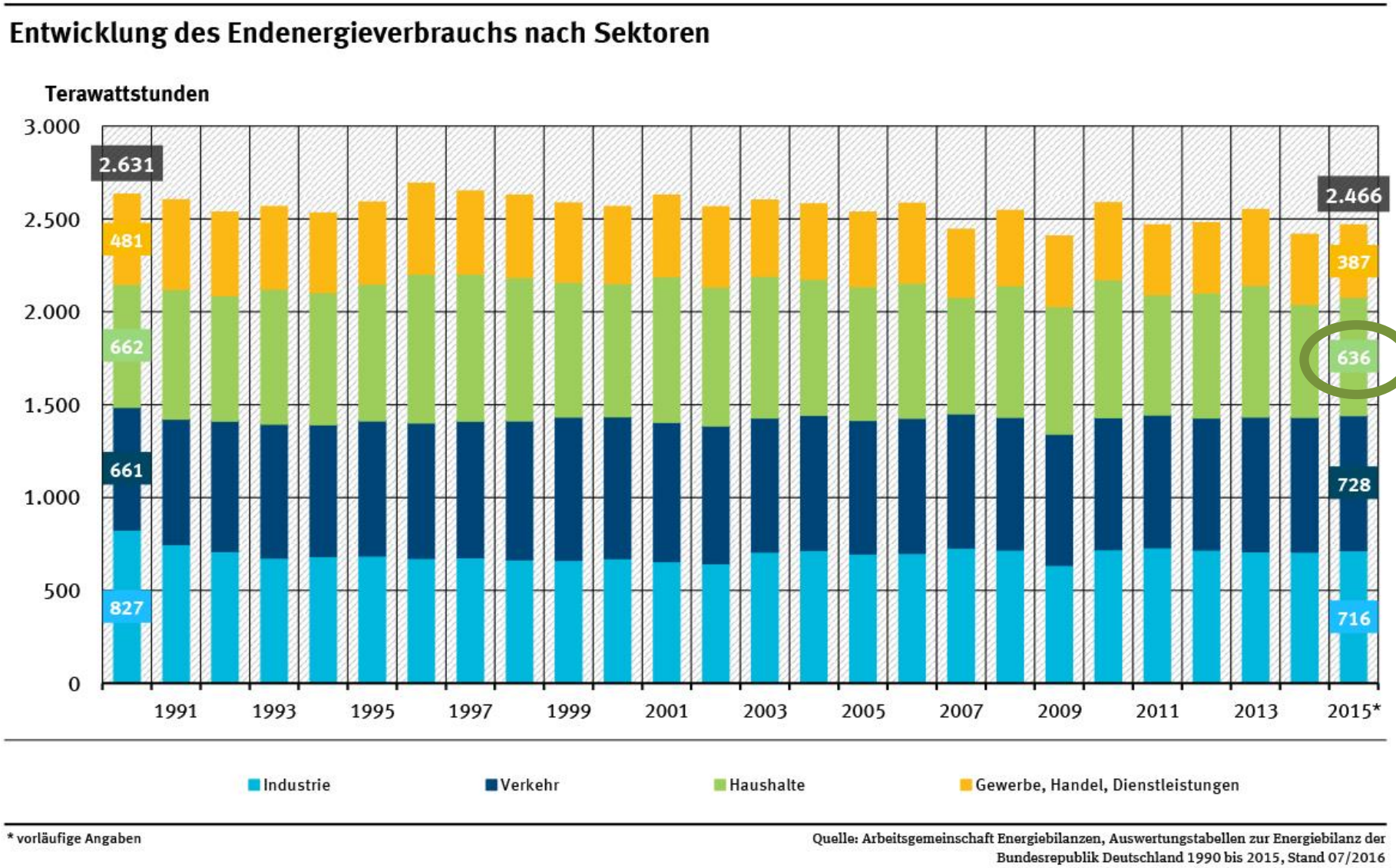
Einführung: Projektvorstellung - Ziele

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 CO_2-Einsparpotenziale für den nationalen Gebäudebestand
-> Ergebnisse dienen der „Überzeugungsarbeit“ auf politischer Ebene
-> Beitrag des Systems Fenster + Sonnenschutz an der Energiewende

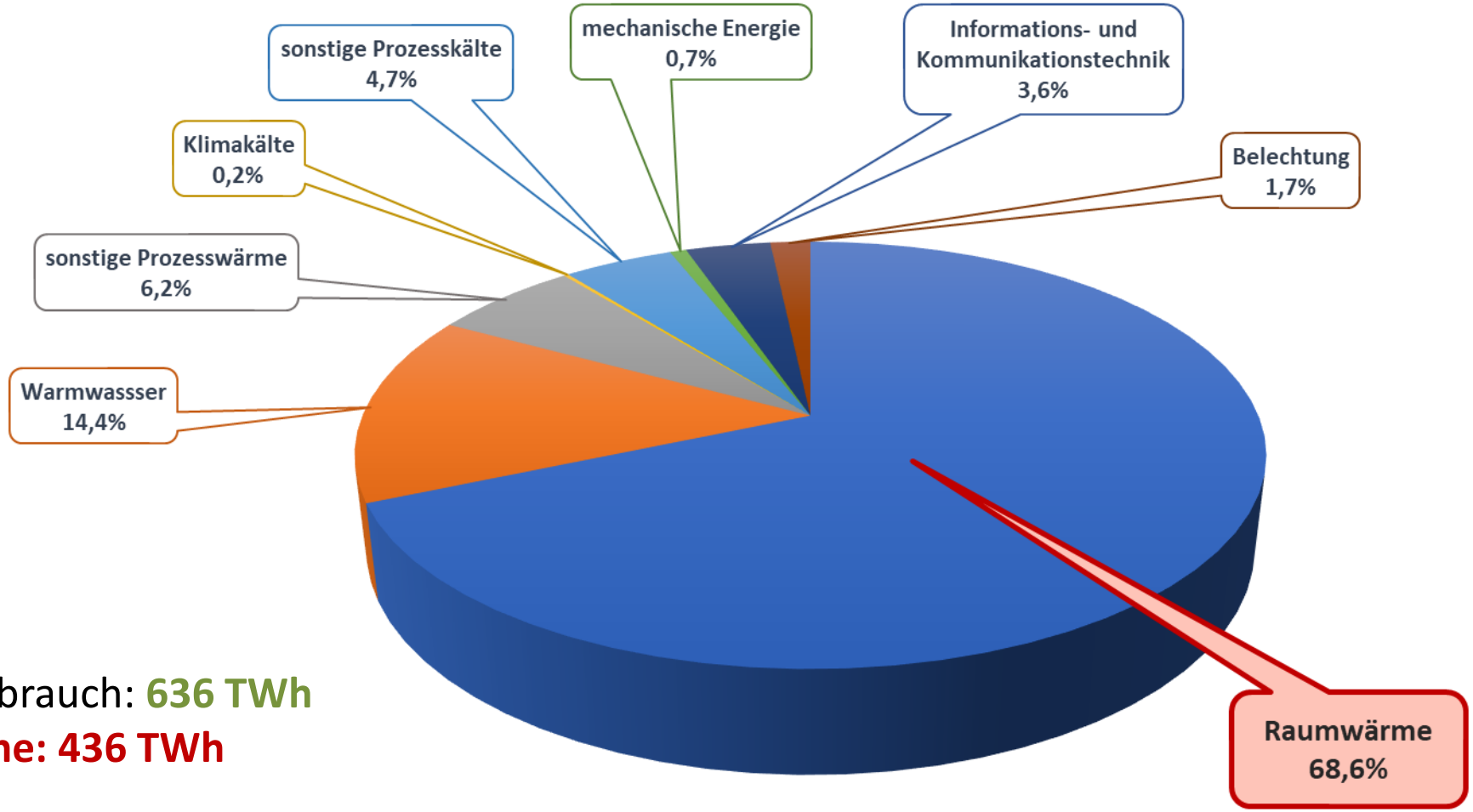
Überführung der Ergebnisse in normative Regelungen und Erarbeitung von Vorschlägen zur Fortschreibung der relevanten Verordnungen (EnEV) und Gesetze (GEG)
-> bereits erfolgt: Implementierung einer Rechenvorschrift zur Berücksichtigung eines temporären Wärmeschutzes innerhalb DIN V 18599-2

Einführung: Energieverbräuche in Deutschland



Einführung: Energieverbräuche nach Anwendungsbereichen in privaten Haushalten

Deutschland 2015



Gesamtverbrauch: **636 TWh**

Raumwärme: 436 TWh

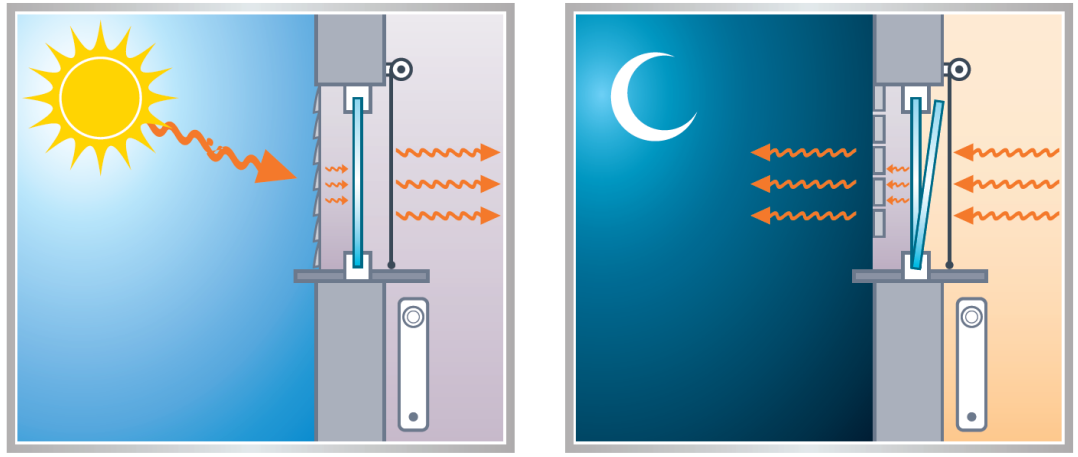
Datenquelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, eigene Darstellung

Wird diese Energie für Raumwärme in Liter Heizöl ausgedrückt, …

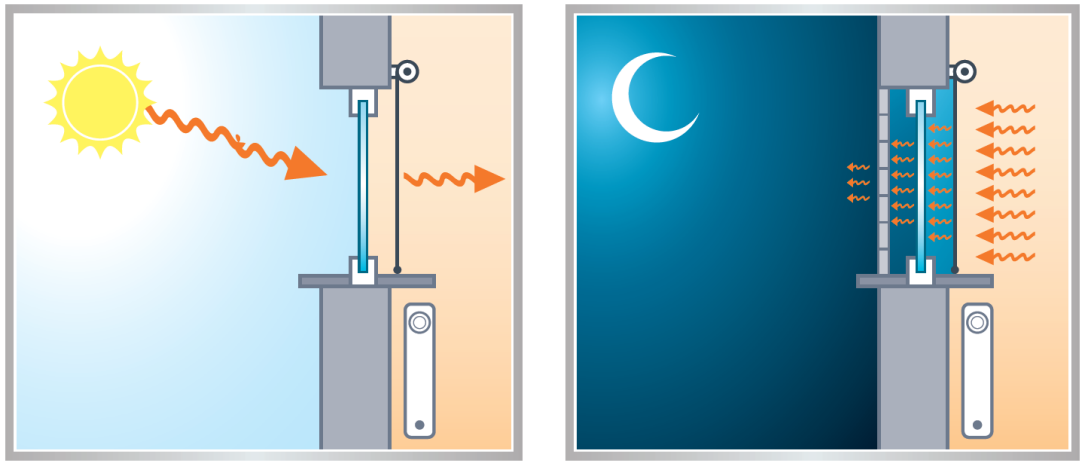
braucht es mehr als 120 Öltanker mit einem Fassungsvermögen von 300.000 Tonnen!

System Fenster + Rollladen/Sonnenschutz: Funktionen und Einsparpotenziale

Wirkungsweise im Sommer



Wirkungsweise im Winter

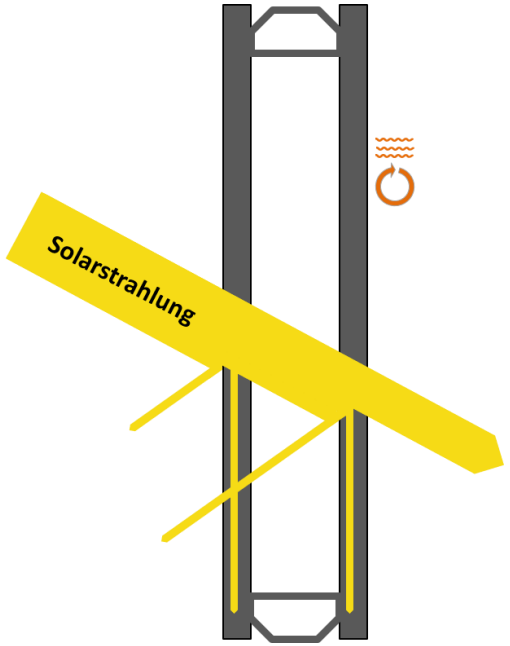


Bestmögliche Ausschöpfung der Potenziale durch AUTOMATION!

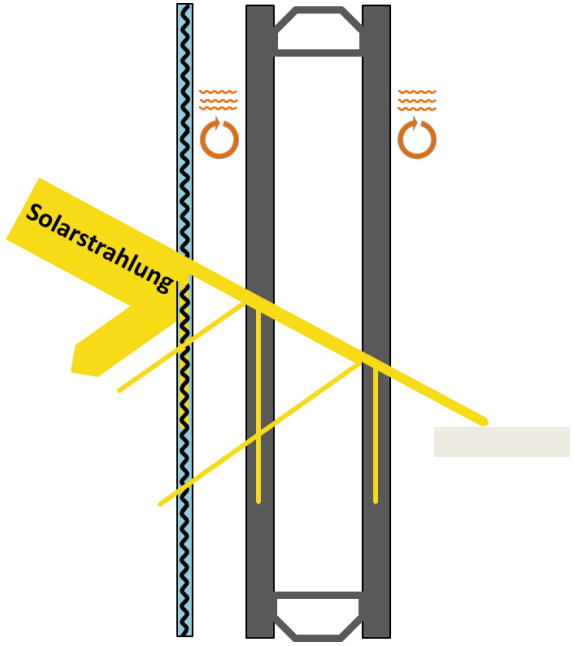
Fenster mit Beschattung: Potenziale im Sommer

Prinzip: Vermeidung/Reduzierung solarer Wärmeeinträge

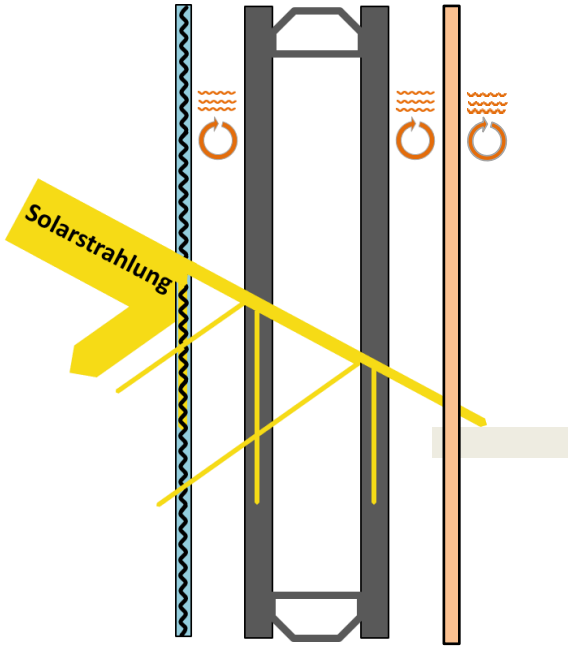
ohne Sonnenschutz



Sonnenschutz außen



Sonnenschutz außen + Blendschutz innen

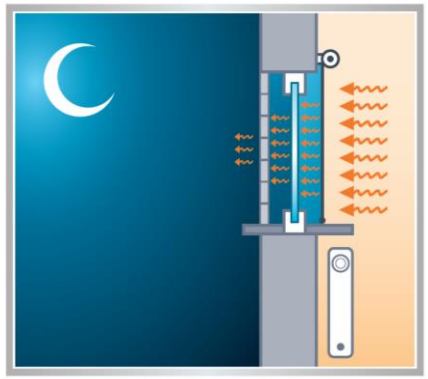


Bestmögliche Ausschöpfung der Potenziale durch AUTOMATION!

Prinzip: Erhöhung des Wärmedurchlasswiderstands (Dämmwirkung)

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

Quelle: www.warema.de



Quelle: www.mhz.de

Altbaufenster	**U = 2,8 W/(m²K)**	→	**U = 1,5 W/(m²K)**	**- 46 %**
Neubaufenster	**U = 1,3 W/(m²K)**	→	**U = 0,94 W/(m²K)**	**- 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.

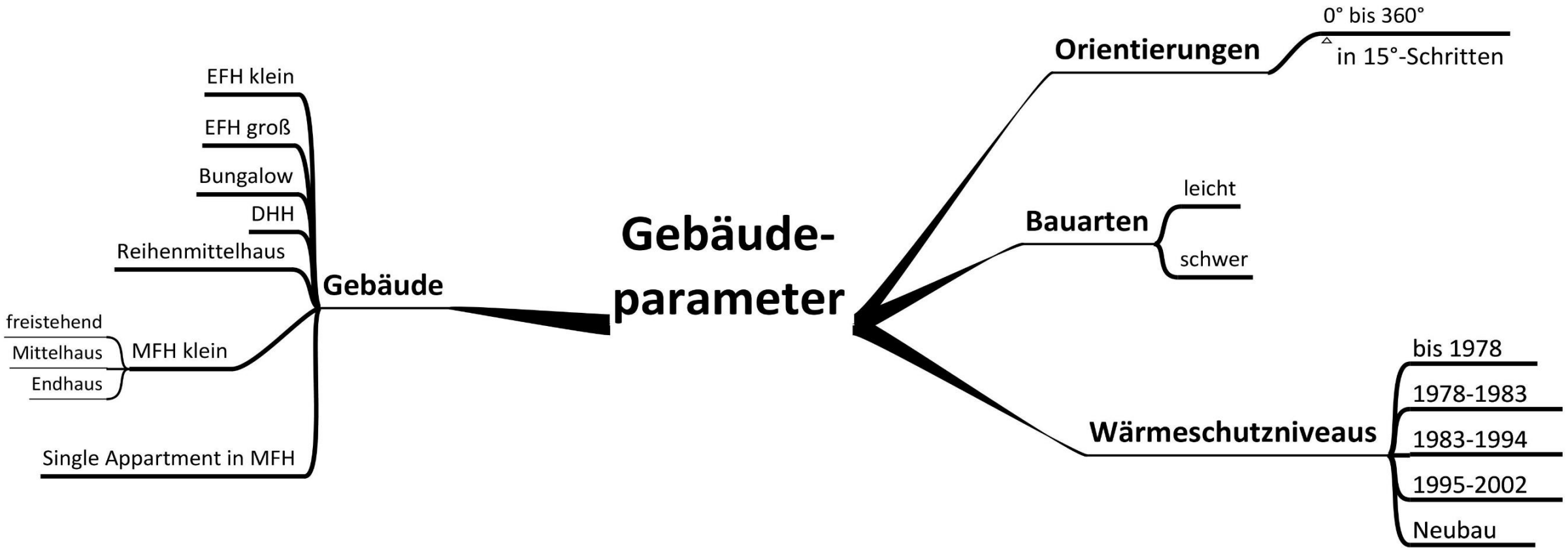
Automation im Sommer

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)



Randbedingungen und Begriffe: Wärmedurchgang durch Fenster und Sonnenschutz

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)

$F_C = g_{total} / g$

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

F_C = 0,06 / 0,6 = 0,1

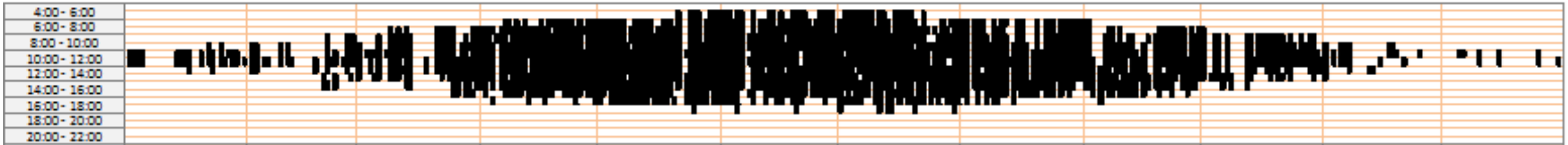
Randbedingungen und Begriffe: Steuerung des Sonnenschutzes im Sommer

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**

Zeit	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
SS aktiv [h/mth]	1	6	33	92	109	105	96	75	48	38	5	0

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



Zeit	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
SS aktiv [h/mth]	35	47	134	266	308	300	321	253	194	118	27	9

Parameterstudie (variierte Parameter Sonnenschutz)

Parameter Sonnenschutz

FC-Werte
- von **1,0** (ohne Sonnenschutz)
- ... in Schritten von **0,1**
- bis **0,10**
- zusätzlich **0,05**

Steuerung Sonnenschutz
- von **300 W/m²**
- ... in Schritten von **50 W/m²**
- bis **100 W/m²**

delta-R-Werte
- von **0 m²K/W**
- ... in Schritten von **0,1 m²K/W**
- bis **0,7 m²K/W**

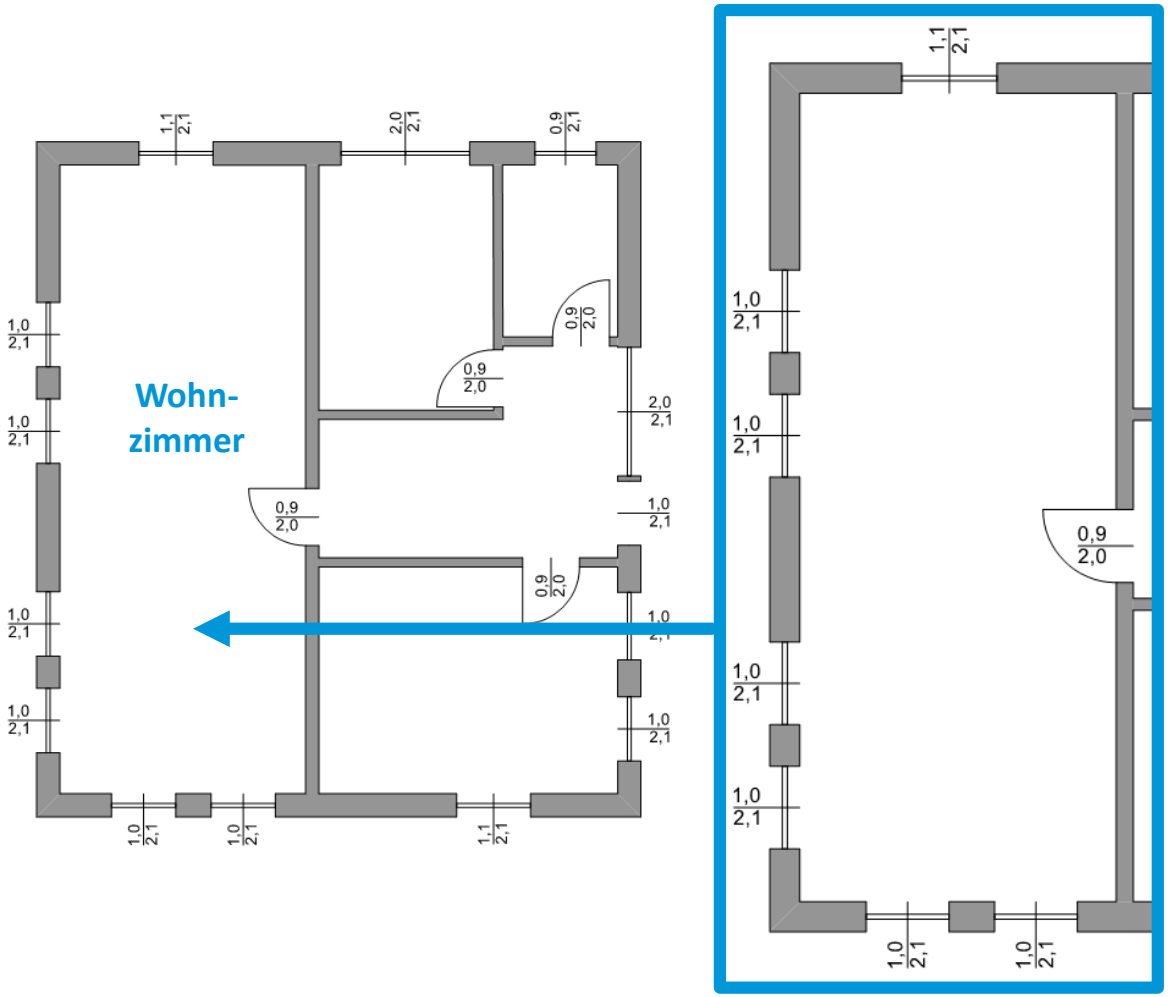
Steuerung temporärer Wärmeschutz
- 22 Uhr bis 6 Uhr
- Sonnenuntergang UND 19 Uhr bis 7 Uhr
- Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang

Gebäudebezogene Potenziale

- Perspektive Planer/Bauherr
- Einsparungen Endenergiebedarf, Komfortverbesserung

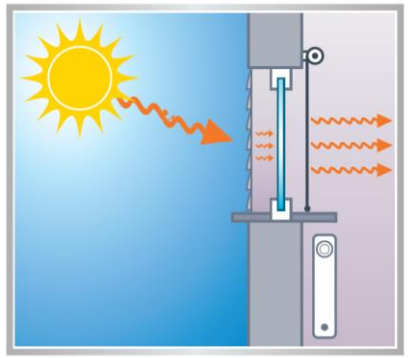
Gebäudebezogene Potenziale: Beispielhafte Auswertungen folgen für

Einfamilienhaus



ausgewählte Fälle:

Steuerung Sommer: **300 W/m² oder 150 W/m² (Grenzbestrahlung)**

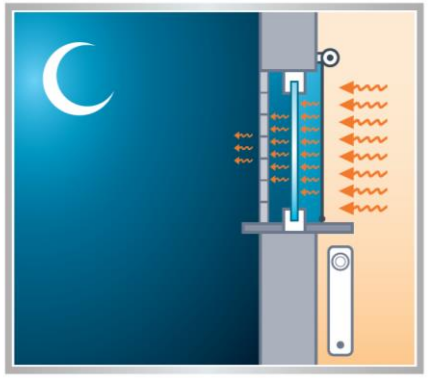


Der Sonnenschutz wird bei einer Einstrahlung größer der angegebenen Grenzbestrahlung automatisch geschlossen.

F_C-Werte:

1,0	0,7	0,1
ohne	Rollo	Rollladen geschlossen

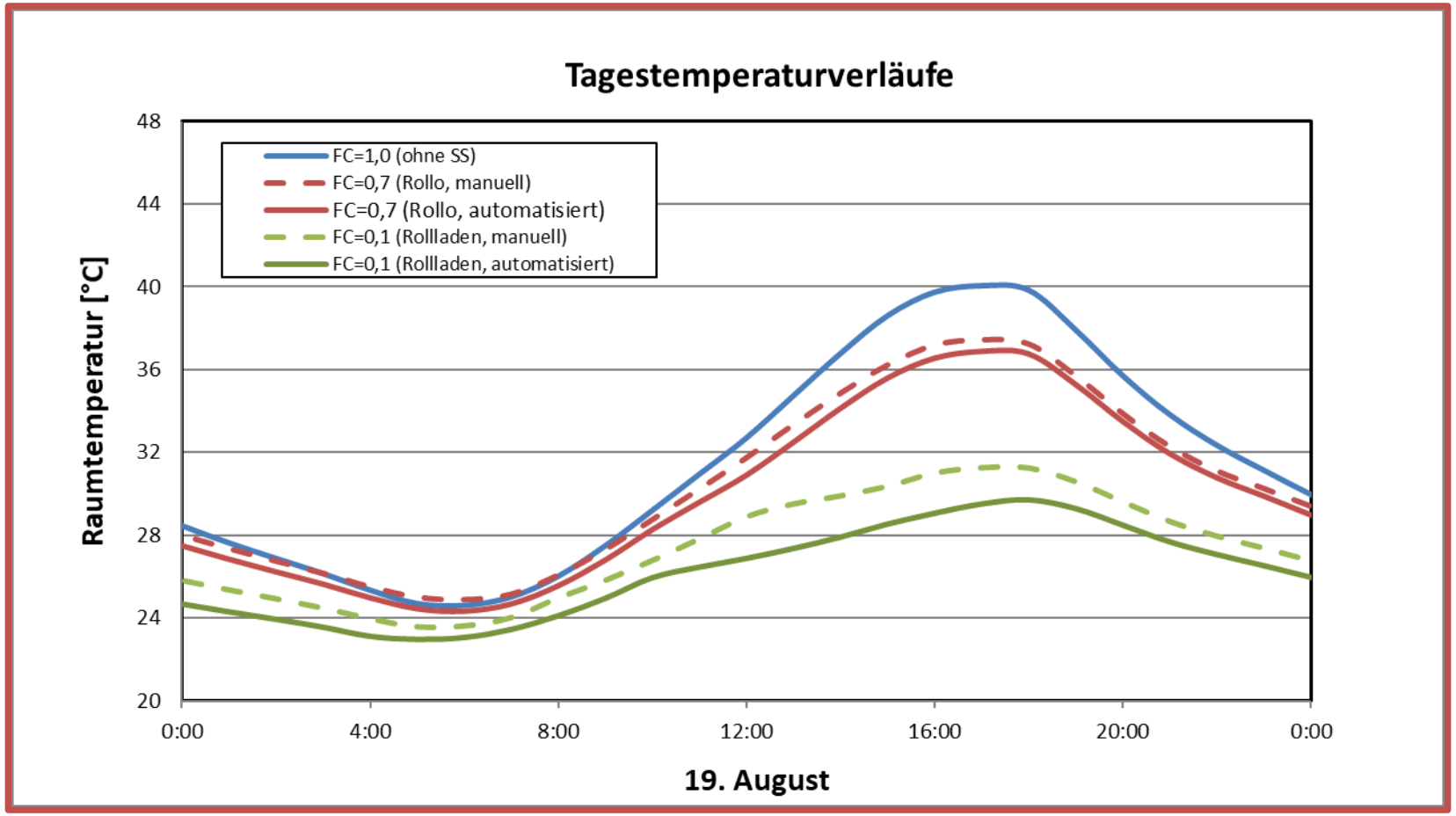
Steuerung Winter: **Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang**



ΔR-Werte [m²K/W]:

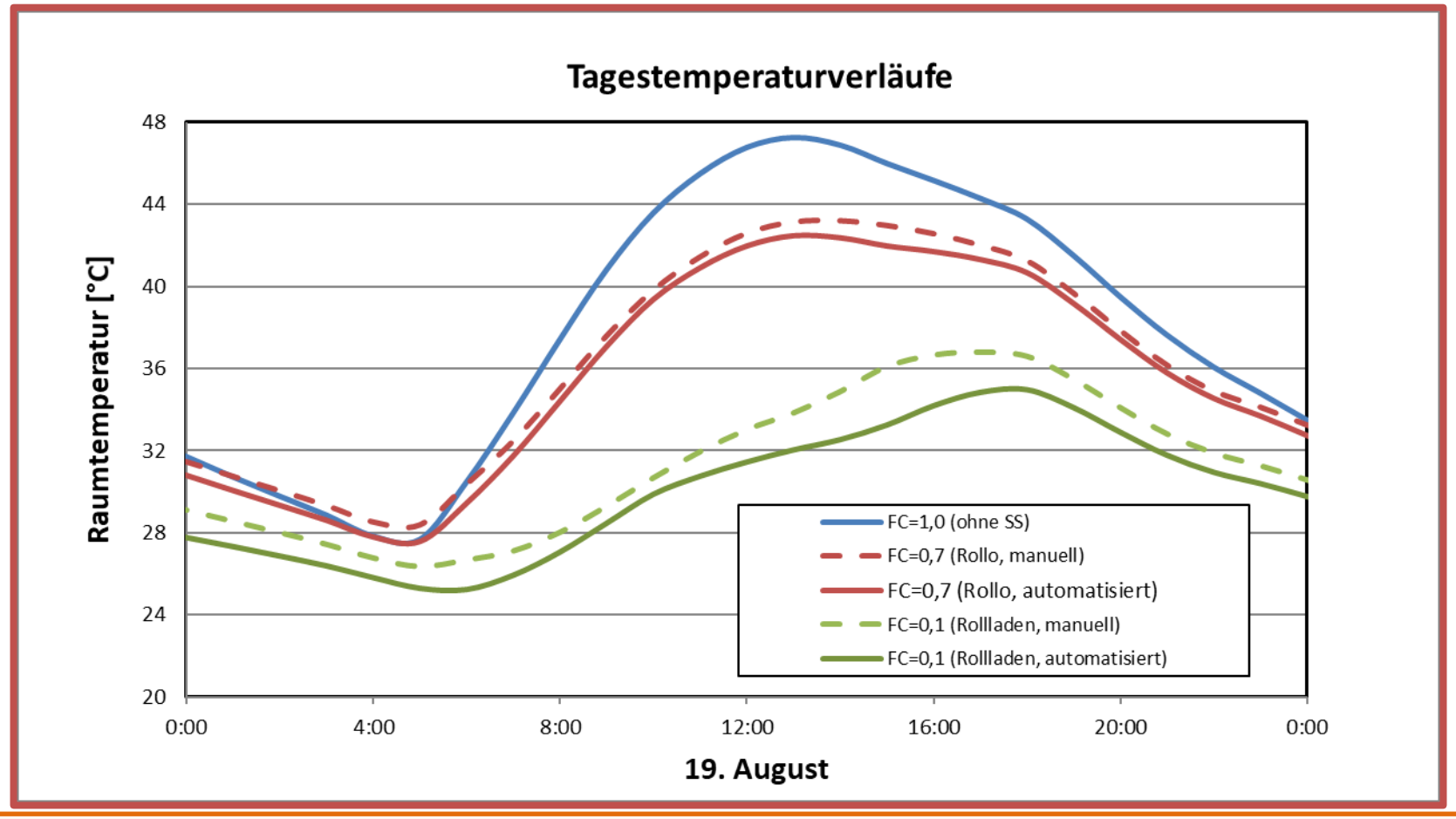
0	0,3	0,7
	Rollladen od. Kammerplissee	Rollladen oder Kammerplissee mit IR-Beschichtung

Temperaturverläufe (Wohnzimmer) im Vergleich (heißester Tag)



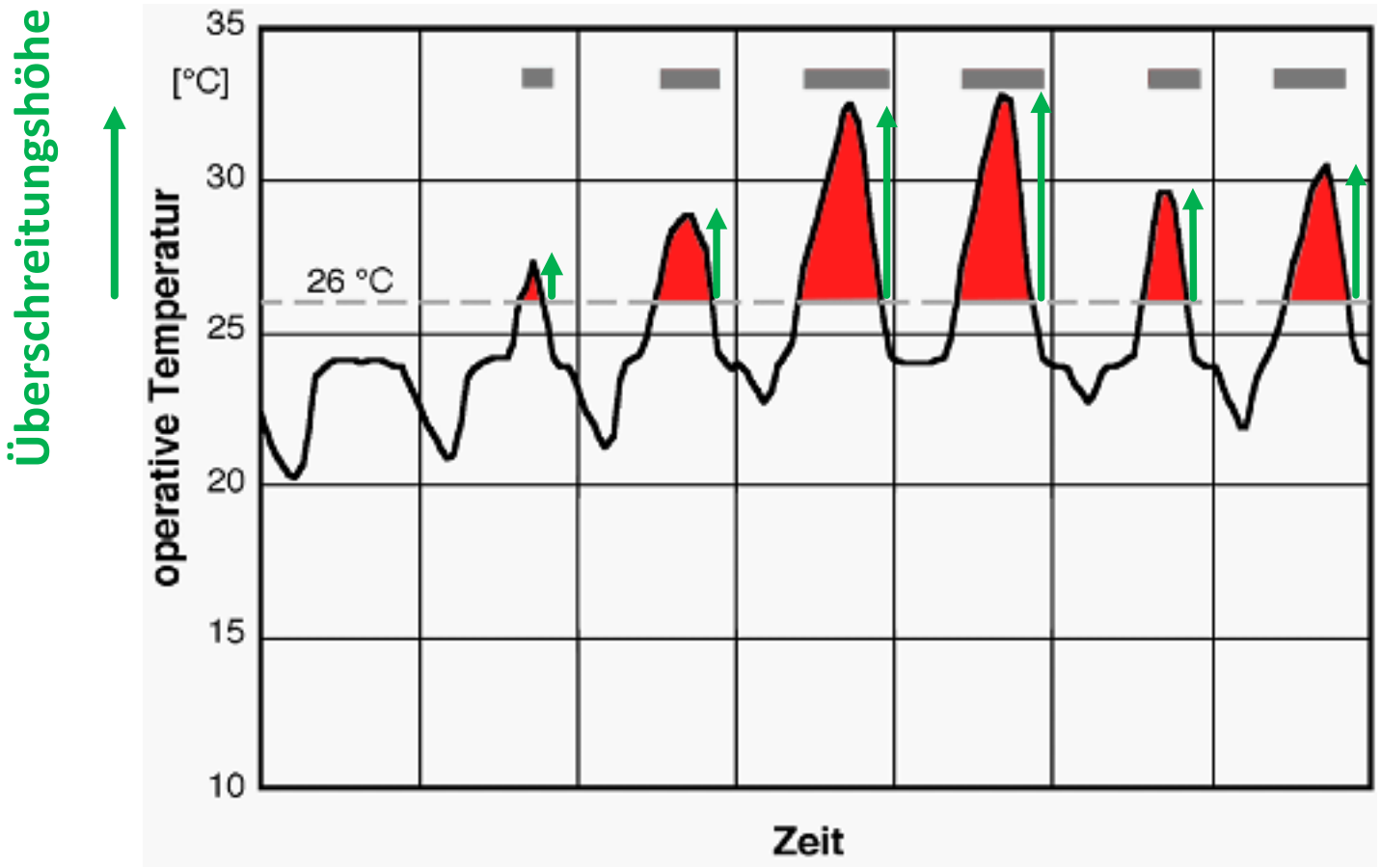
Reduzierung der Maximaltemperatur um mehr als 10°C!

Temperaturverläufe (Schlafzimmer) im Vergleich (heißester Tag)



Reduzierung der Maximaltemperatur um 17 °C!

Überschreitungshäufigkeiten und Übertemperaturgradstunden (hier Bezug 26°C)



Überschreitungs-dauer

Übertemperatur-gradstunden

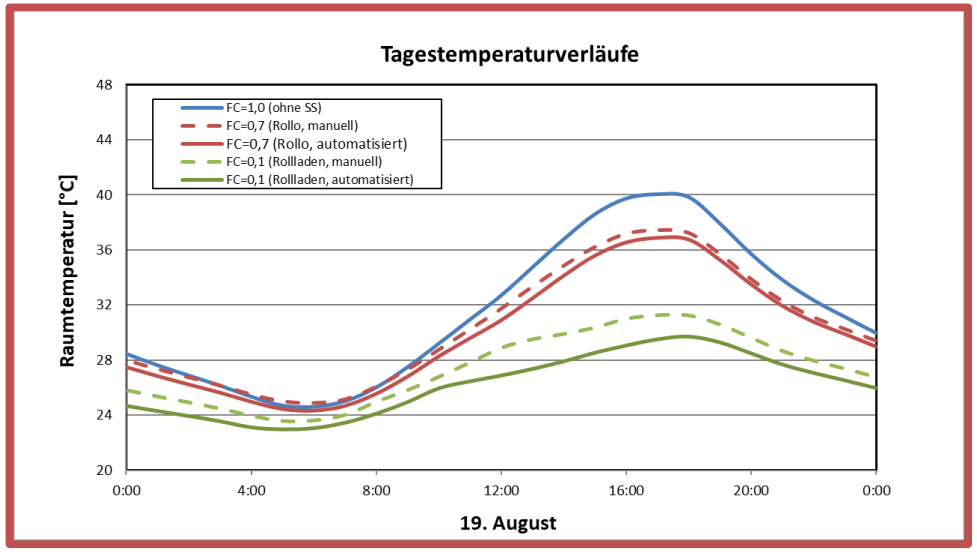
integrale Auswertungen

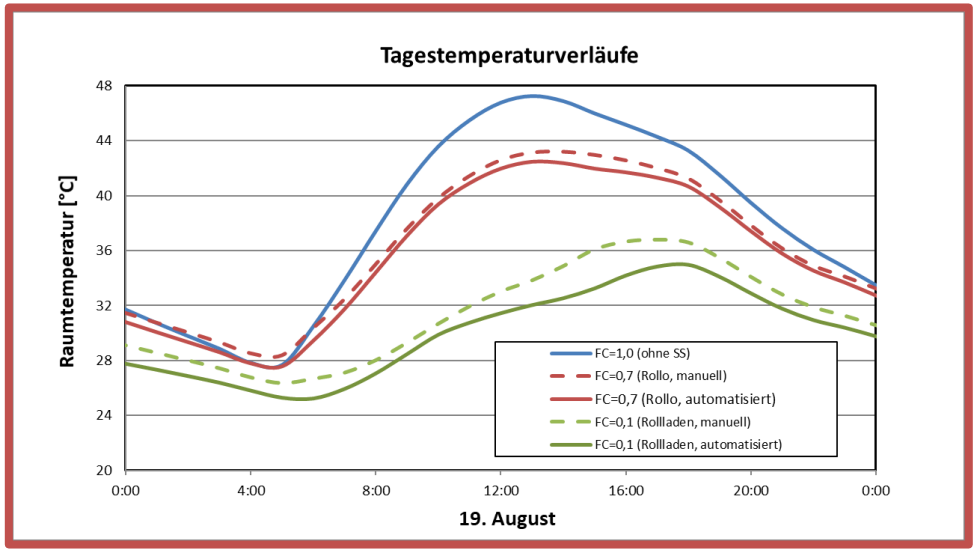
Wohnzimmer

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/m²	2394	37,5	849
F_C=0,1; I_{Grenz}=300 W/m²	536	31,3	363
F_C=0,1; I_{Grenz}=150 W/m²	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/m²	9238	45,7	1744
F_C=0,1; I_{Grenz}=300 W/m²	1672	36,6	723
F_C=0,1; I_{Grenz}=150 W/m²	778	34,5	398





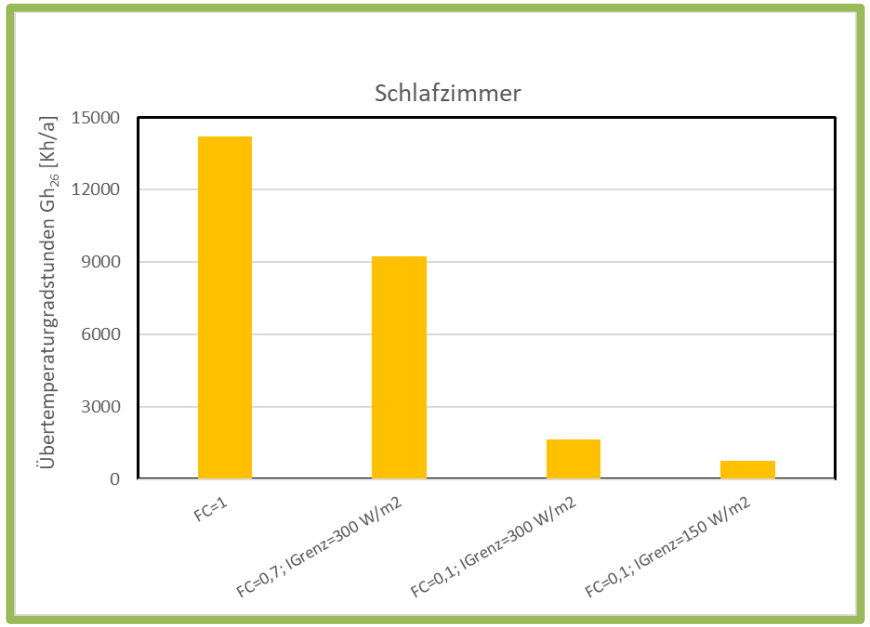
integrale Auswertungen

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/m²	2394	37,5	849
F_C=0,1; I_{Grenz}=300 W/m²	536	31,3	363
F_C=0,1; I_{Grenz}=150 W/m²	98	29,7	79

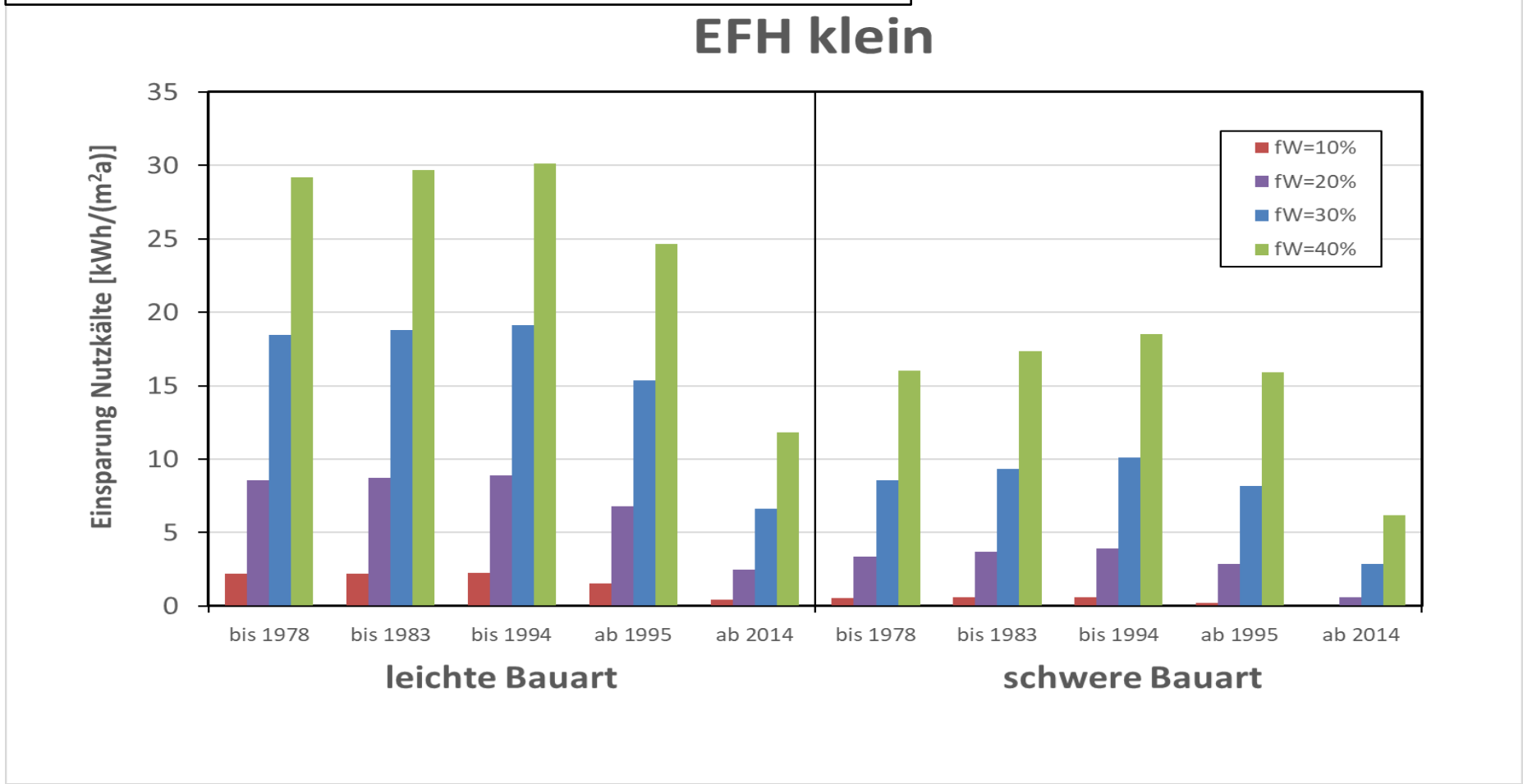
Schlafzimmer

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/m²	9238	45,7	1744
F_C=0,1; I_{Grenz}=300 W/m²	1672	36,6	723
F_C=0,1; I_{Grenz}=150 W/m²	778	34,5	398



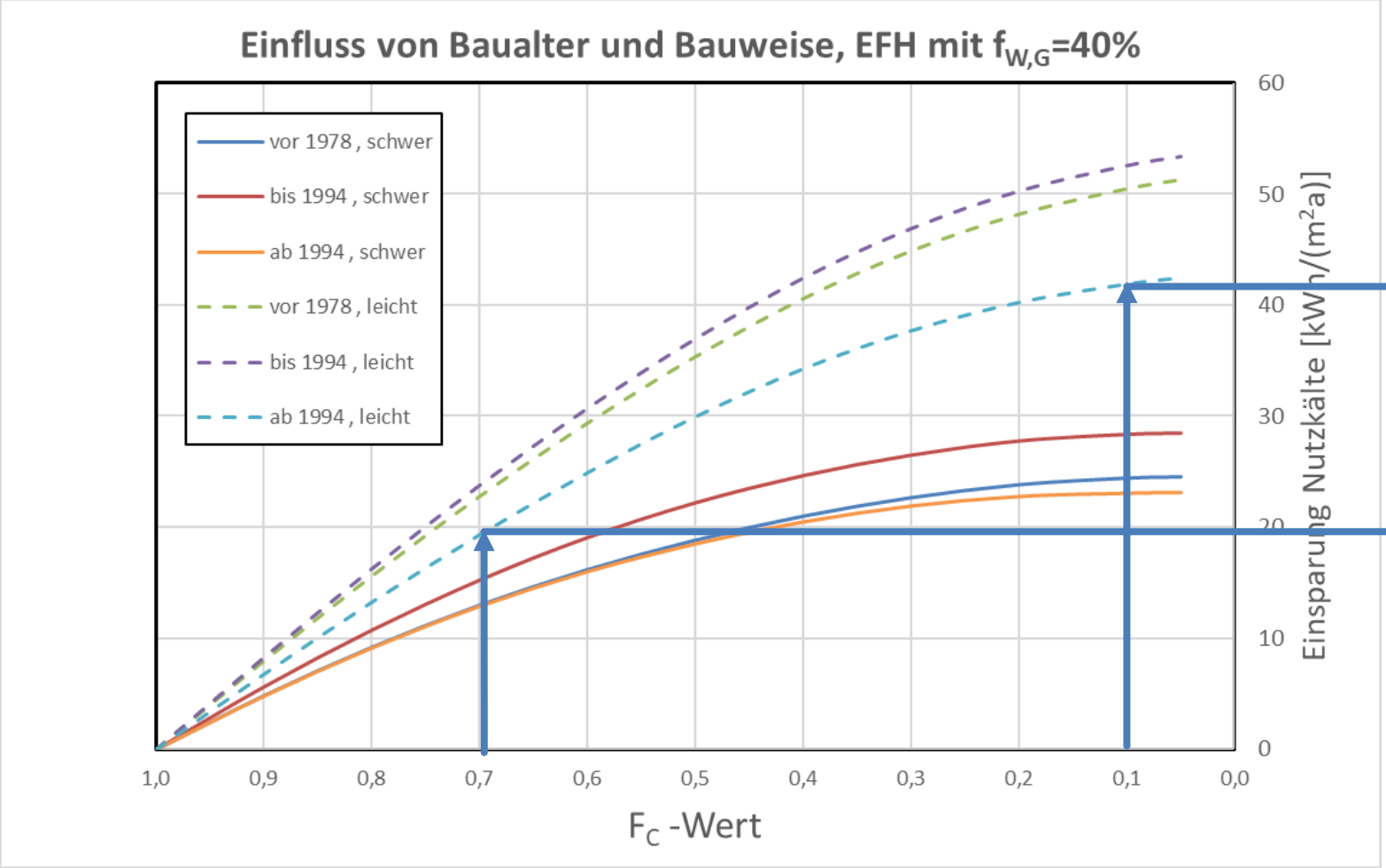
integrale Auswertungen (Einfluss Baualtersklasse und Bauart)

Einsparung Kühlkältebedarf mit Sonnenschutz



Gebäudebezogene Potenziale: Einsparpotenzial Kühlkältebedarf (virtuell)

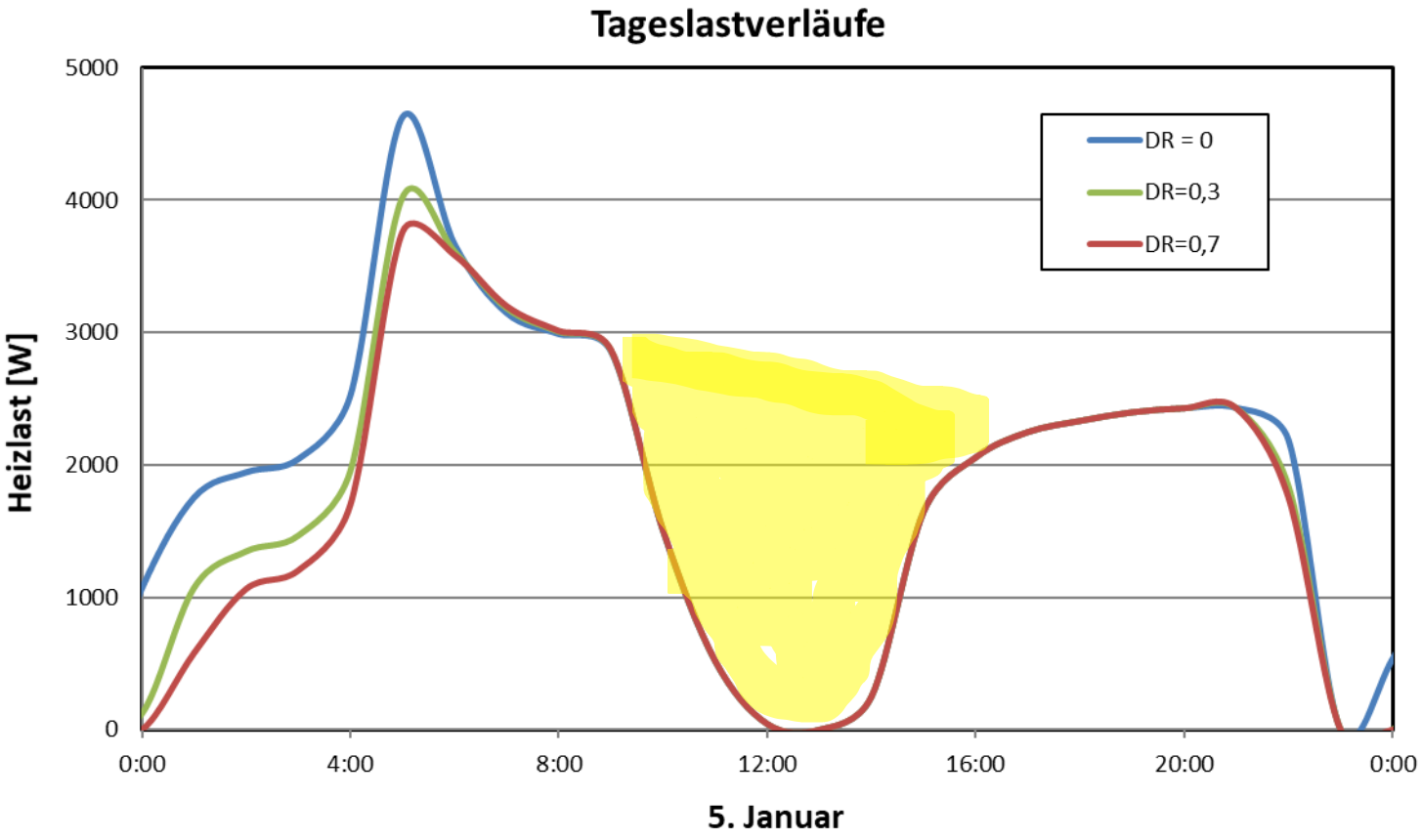
integrale Auswertungen (Einfluss Baualtersklasse und Bauart)



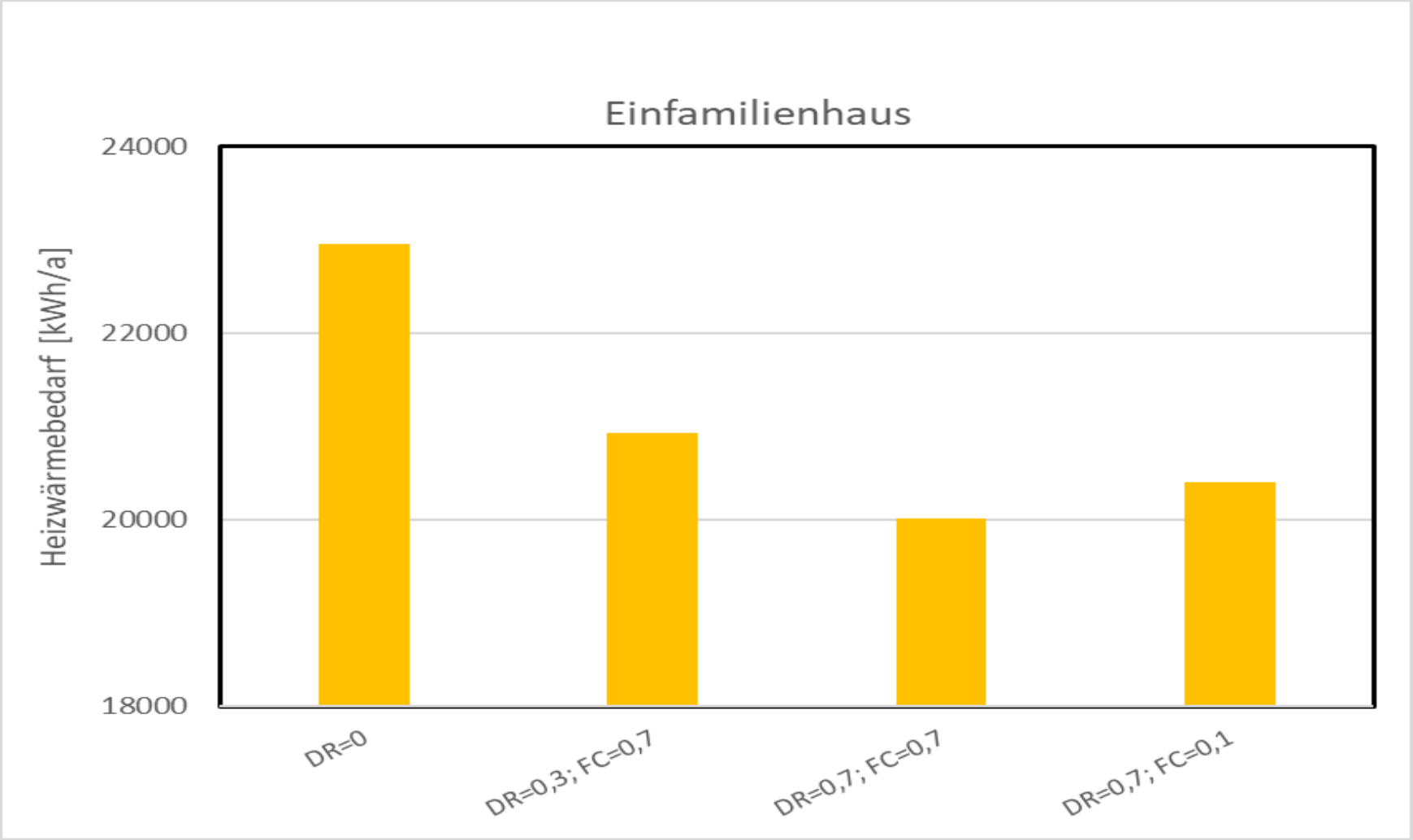
Rollladen:
42 kWh/(m²a)]
Wohnfläche

Rollo:
20 kWh/(m²a)]
Wohnfläche

Heizlastverläufe (Wohnzimmer)

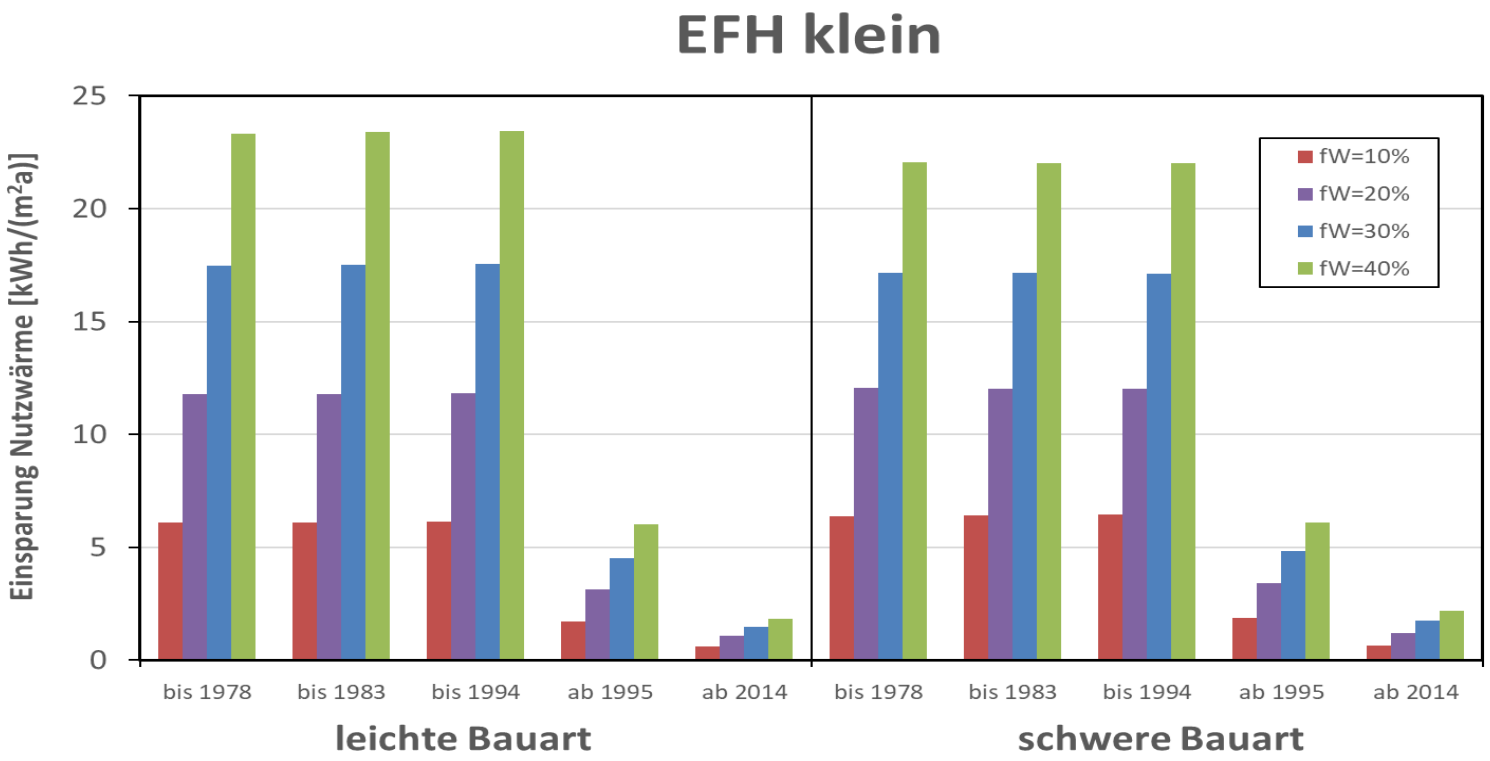


integrale Auswertungen

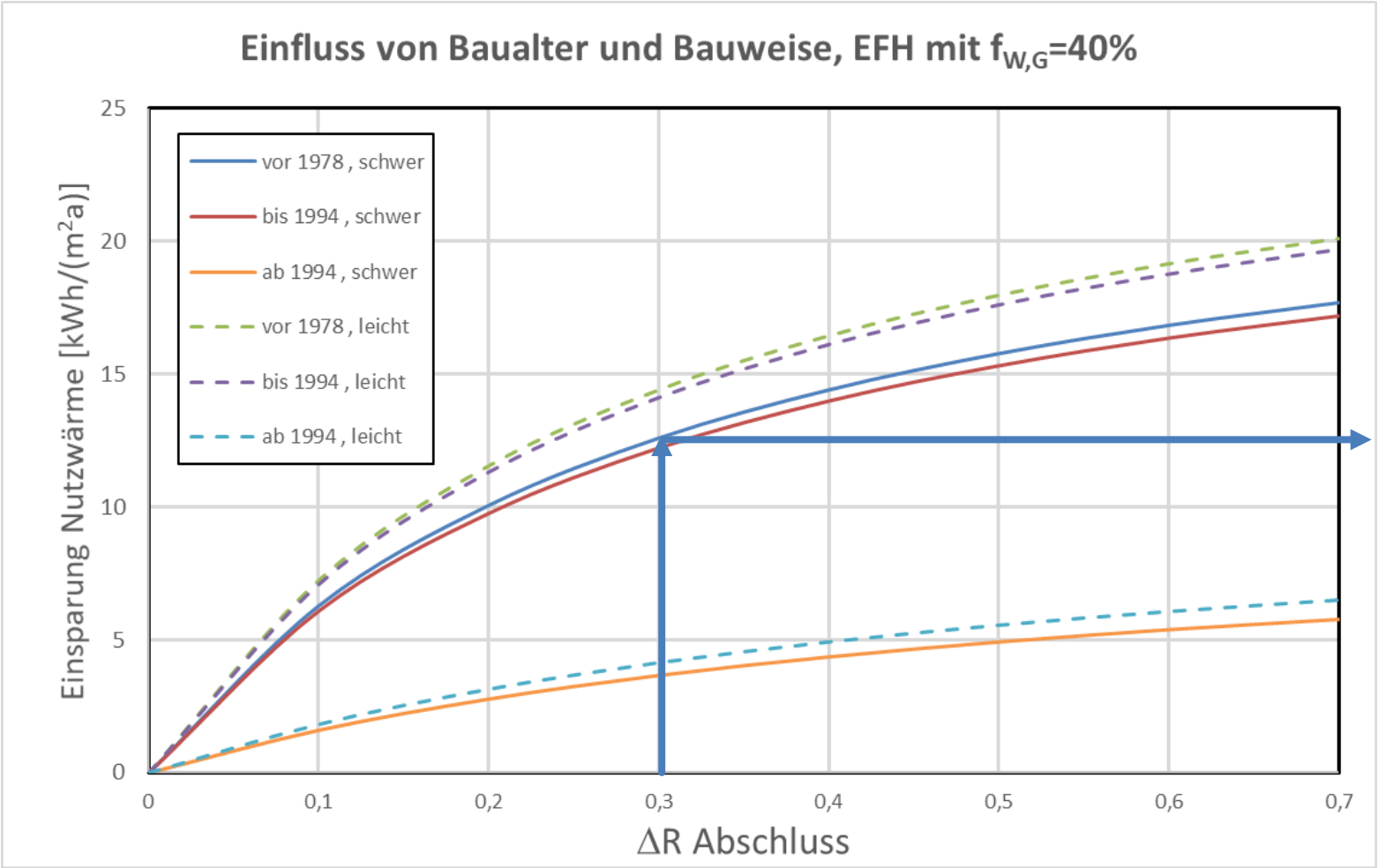


integrale Auswertungen (Einfluss Baualtersklasse und Bauart)

Einsparung HWB mit Abschluss



integrale Auswertungen (Einfluss Baualtersklasse und Bauart)



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

Einsparpotenziale national

- Wohngebäudebestand
- Hochrechnung CO_2-Einsparungen
- Energieeinsparung durch Abschlüsse

Flächen nach Baualtersklassen

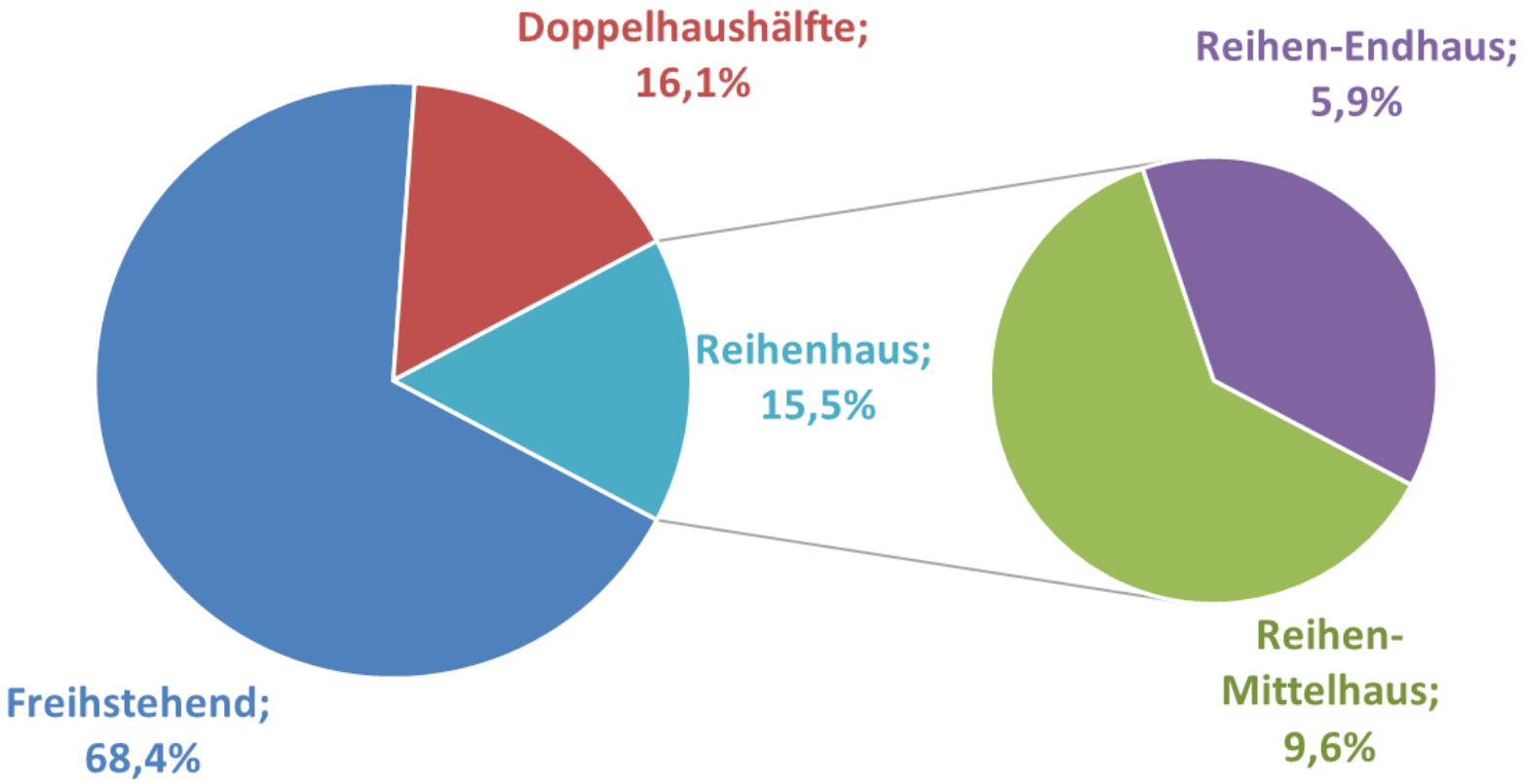
Period	Wohnfläche [Millionen m²] SFH	TH	MFH	AB	Summe
until 1859					
1860-1918					
1919-1948					
1949-1957					
1958-1968					
1969-1978					
1979-1983					
1984-1994					
1995-2001					
2002-2009					
Summe					

Period	Wohnfläche [Millionen m²] SFH	TH	MFH	AB	Summe
bis 1978					
1979-1994					
ab 1995					
Summe					

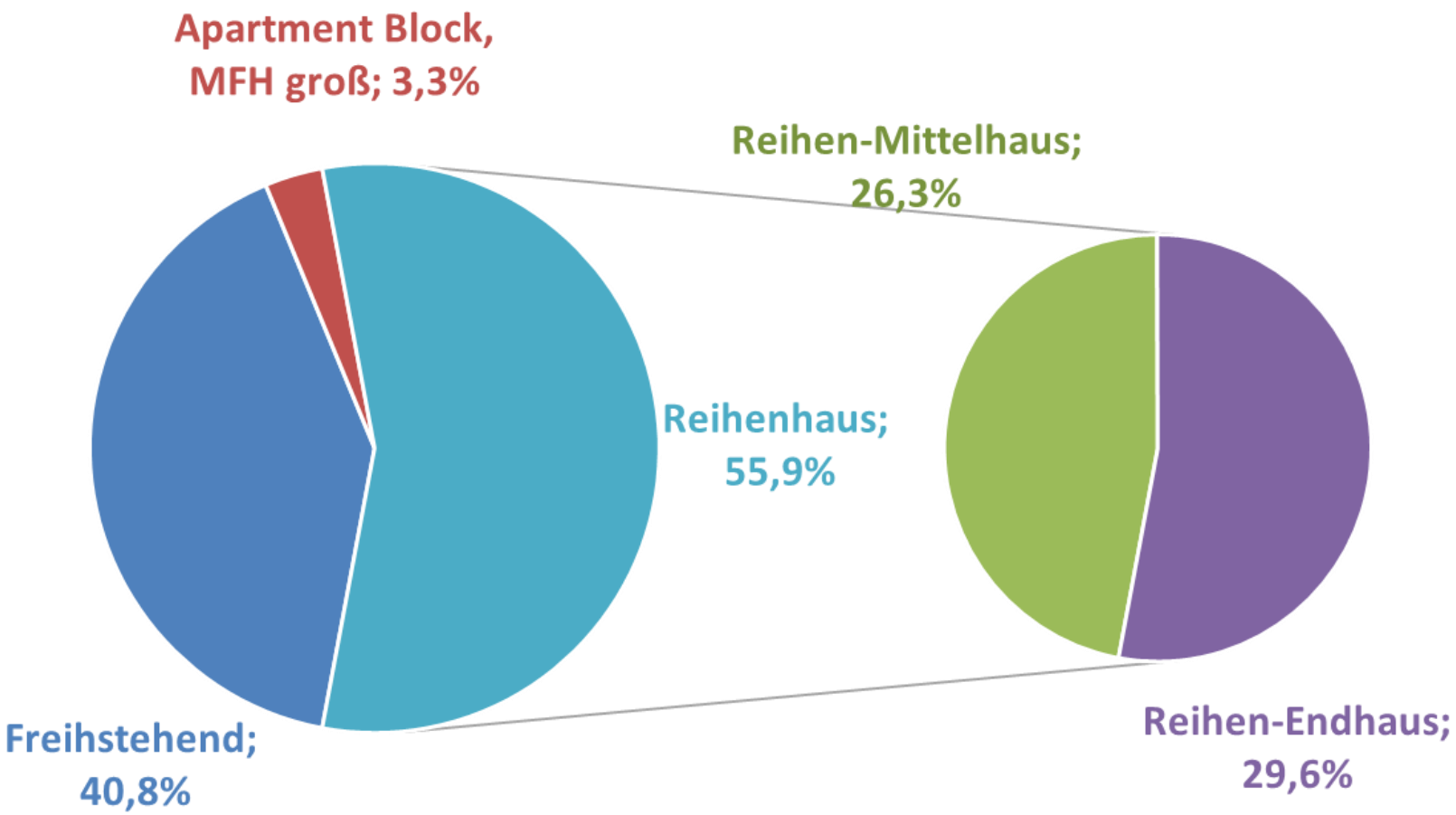
Period	nicht renovierte Anteile SFH	TH	MFH	AB
bis 1978	0,65	0,65	0,44	0,44
1979-1994	0,88	0,88	0,76	0,76
ab 1995	1	1	1	1

Period	Wohnfläche [Millionen m²] 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

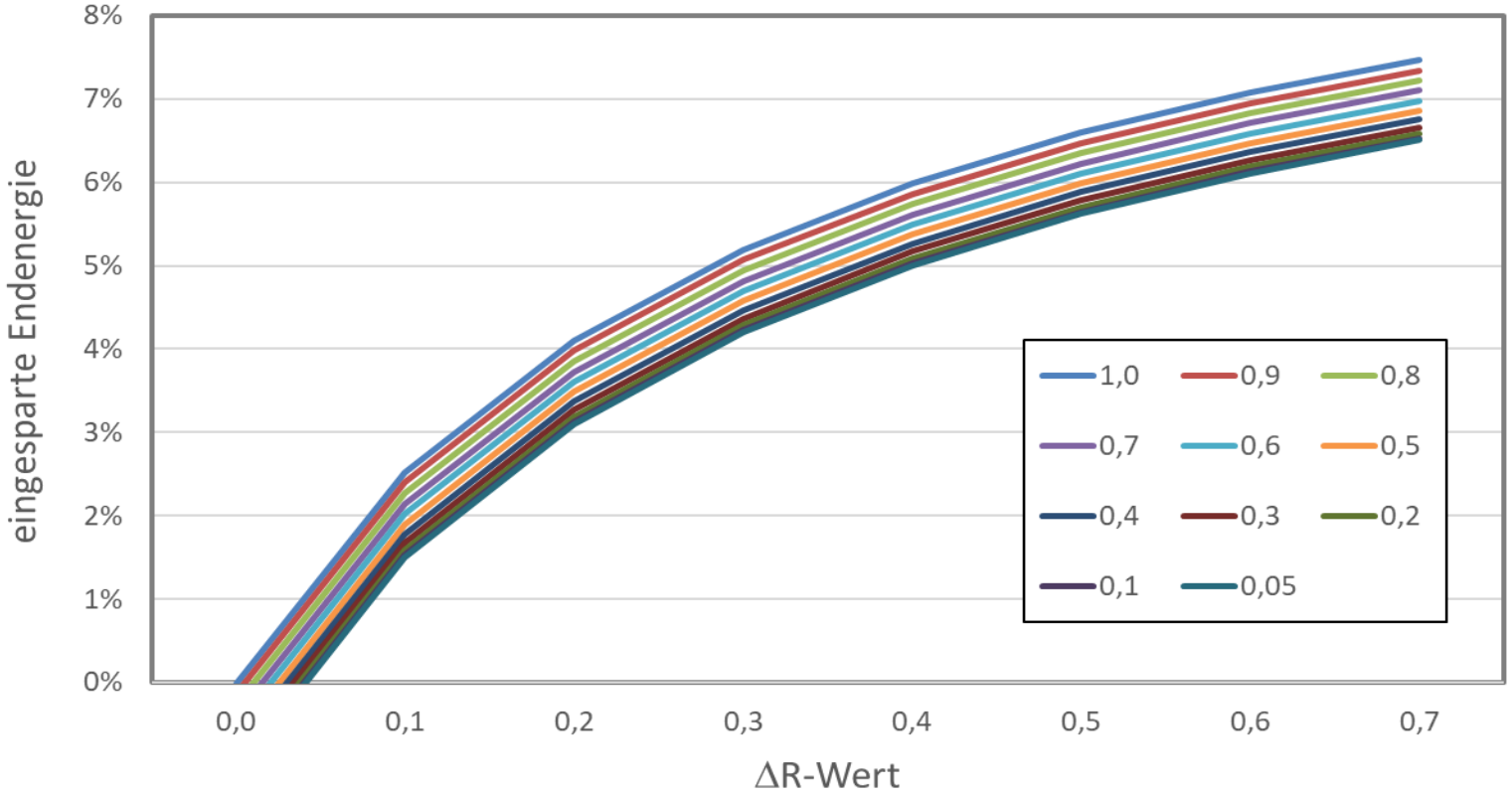
Einfamilienhaus			Mehrfamilienhaus		
bis 1978	bis 1994	ab 1995	bis 1978	bis 1994	ab 1995
1,27	1,24	1,17	1,16	1,14	1,14

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

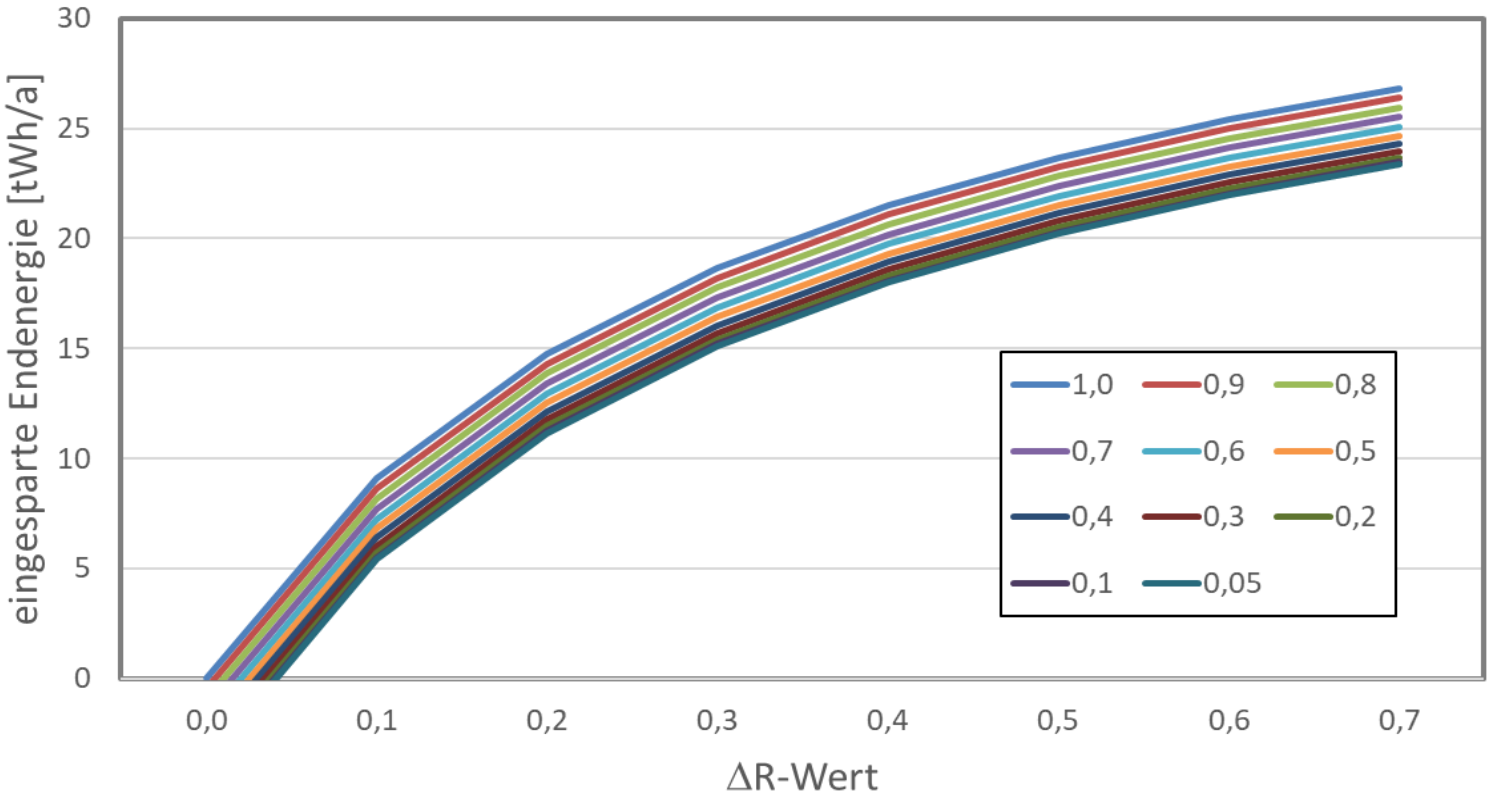
Einsparpotenzial Endenergie (prozentual bezogen auf F_C = 1 und ΔR = 0 m^2K/W)

Randbedingungen: Automatisierung Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang



Einsparpotenzial Endenergie (absolut bezogen auf F_C = 1 und ΔR = 0 m^2K/W)

Randbedingungen: Automatisierung Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang



Das entspricht einer Reduzierung an Erdöl von 12 Tankern

CO_2-Einsparpotenzial (absolut bezogen auf F_C = 1 und ΔR = 0 m²K/W)

CO_2-Emissionsfaktor für Wärmeversorgung in Deutschland (Quelle: episcope): 0,228 kg CO_2/kWh = 0,228 Mt CO_2/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

Zusammenfassung

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