

Bürgerinformationsveranstaltung

zum Thema
Sommerlicher Wärmeschutz



M. Eng. Florian Wachler
Institut für Energietechnik IfE GmbH
an der Ostbayerischen Technischen Hochschule Amberg-Weiden
Kaiser-Wilhelm-Ring 23
92224 Amberg

[1]

Sommerlicher Wärmeschutz

Gliederung

1. Motivation und Zielstellung

- Gesellschaftliche und politische Situation
- Ziele in Bezug auf Gebäude

2. Grundlagen – Kenngrößen und Fachbegriffe

3. Randbedingungen (Gesetze, Normen, Richtlinien)

4. Praxisbeispiel

5. Fazit und Ausblick

Motivation und Zielstellung

Gesellschaftliche und politische Situation



Gebäude werden seit jeher durch Materialien und Bautechnologien der jeweiligen Zeit dominiert

Altbau

- Lange durch hohe Wärmeverluste und Schwierigkeiten bei der Glasherstellung geprägt
 - Geringer Energiestandard, häufig kleine Fenster
 - Schlechtere Luftdichtheit

Neubau

- Entwicklungen im Baubereich (z.B. Dämmstoffe, Verglasung) können winterlichen Wärmeschutz sicherstellen
- Andere Baukultur:**
- Hoher Energiestandard, häufig große Fenster
 - Erhöhte Luftdichtheit

Motivation und Zielstellung

Gesellschaftliche und politische Situation

Klimawandel



[16]

Der Klimawandel führt zu immer extremeren Wetterereignissen
z.B. Hitzeperioden (Sommer 2018)
oder Starkregenereignisse

Motivation und Zielstellung

Ziele in Bezug auf Gebäude

Ziel beim sommerlicher Wärmeschutz:



- Übererwärmung von Aufenthaltsräumen infolge der sommerlichen Wärmeeinwirkung, ohne den Einsatz von aktiver Gebäudekühlung, minimieren
 - Gesundheit der Nutzer sicherstellen
 - Behaglichkeit gewährleisten
 - Vermeidung aktiver Kühlung oder Reduzierung des Energiebedarfs

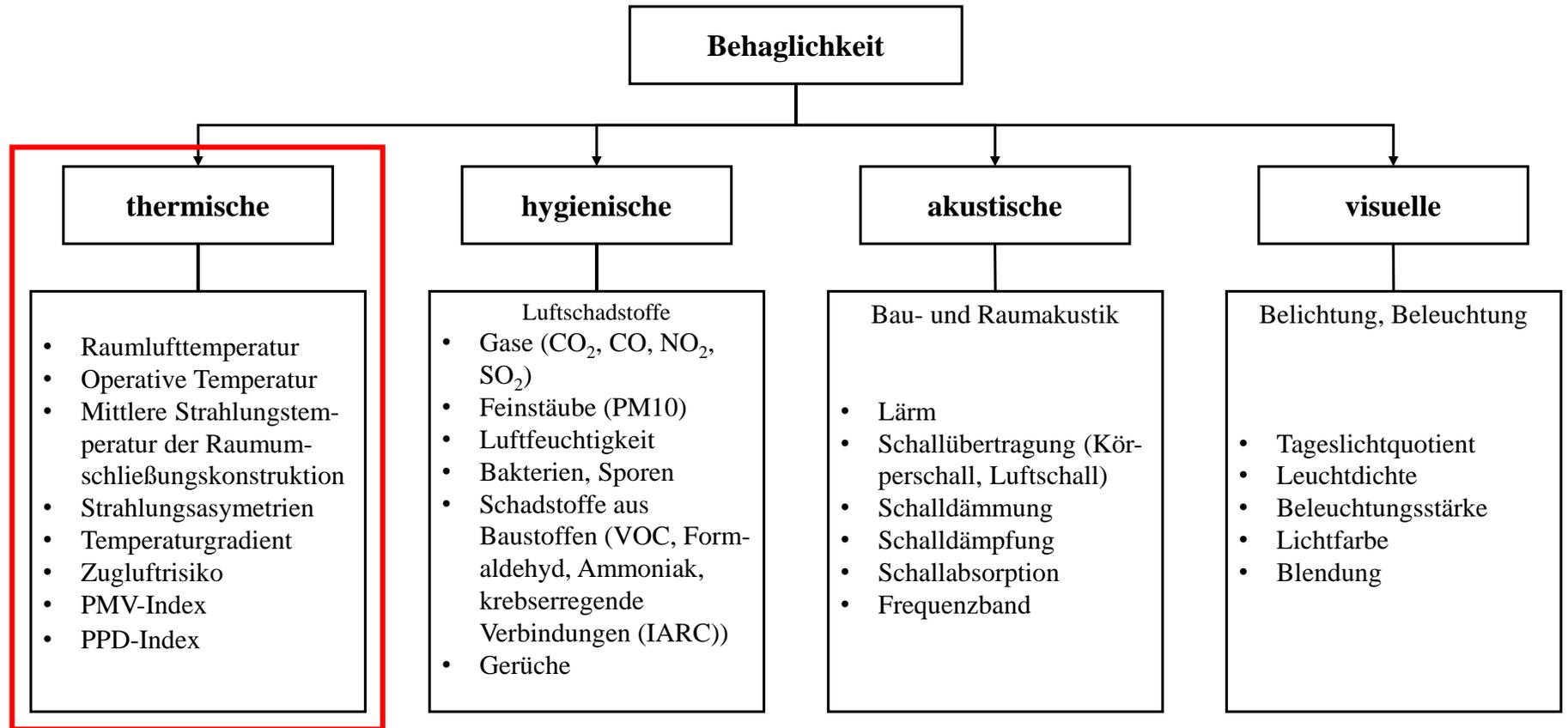
Sommerlicher Wärmeschutz

Gliederung

1. Motivation und Zielstellung
2. Grundlagen – Kenngrößen und Fachbegriffe
 - thermische Behaglichkeit
 - Einflussgrößen auf den sommerlichen Wärmeschutz in Gebäuden
3. Randbedingungen (Gesetze, Normen, Richtlinien)
4. Praxisbeispiel
5. Fazit und Ausblick

Grundlagen – Kenngrößen und Fachbegriffe

thermische Behaglichkeit



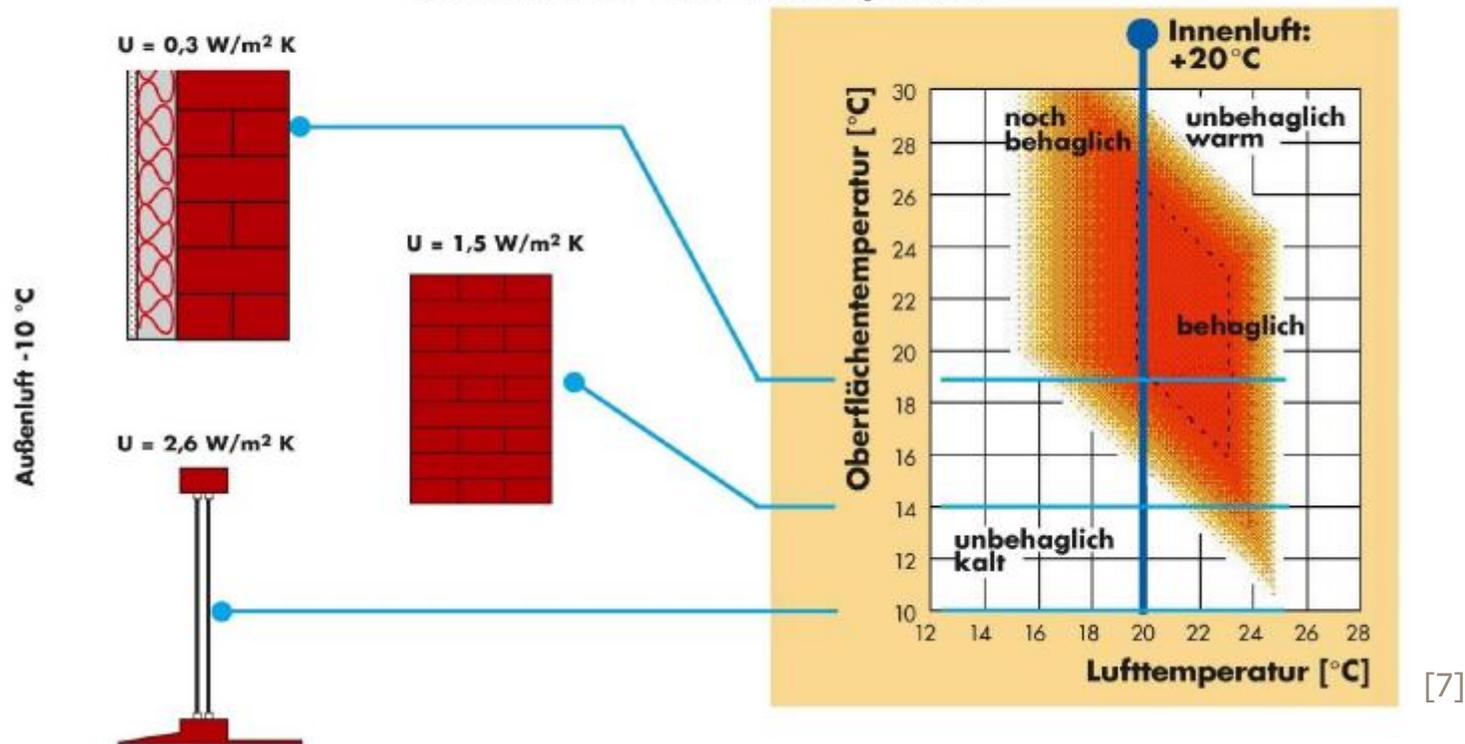
[5]

Grundlagen – Kenngrößen und Fachbegriffe

thermische Behaglichkeit

Thermische Behaglichkeit

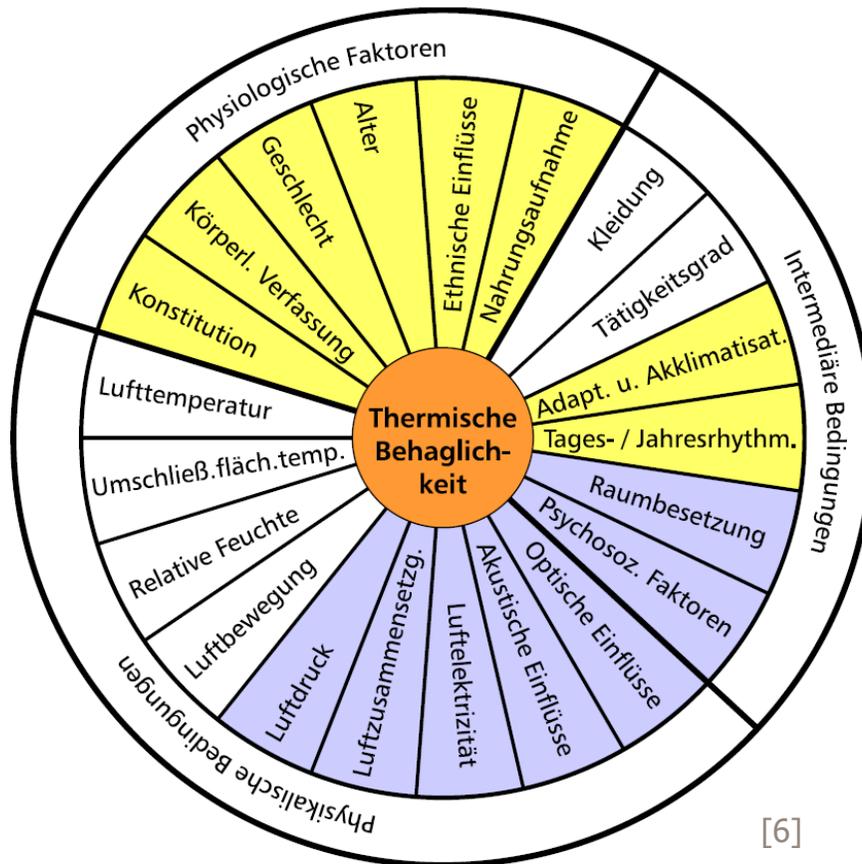
Oberflächen- und Lufttemperatur



Grundlagen – Kenngrößen und Fachbegriffe

thermische Behaglichkeit

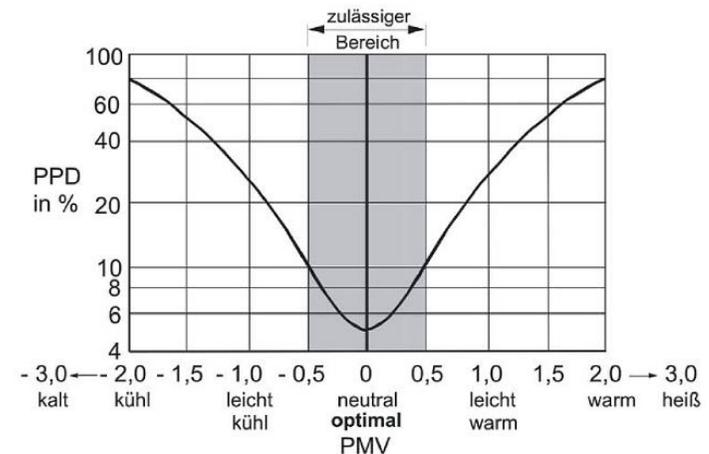
Einordnung der Einflussfaktoren im Bereich der thermischen Behaglichkeit



- Primäre und dominierende Faktoren
- Zusätzliche Faktoren
- Sekundäre und vermutete Faktoren

[6]

- Die thermische Behaglichkeit ist von vielen individuellen Faktoren abhängig
- Es ist kaum möglich für alle Personen und in allen Raumbereichen ein angenehmes Raumklima zu schaffen



[7]

Grundlagen – Kenngrößen und Fachbegriffe

Einflussgrößen auf den sommerlichen Wärmeschutz in Gebäuden

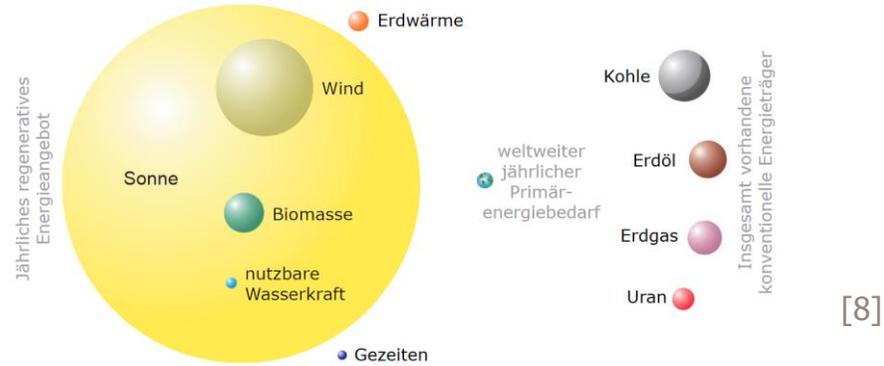
Die sommerliche Raumlufttemperatur ist im wesentlichen abhängig von:

- Klima am Standort
- Größe, Orientierung und Neigung transparenter Bauteile
- (Sonnen-) Energiedurchlässigkeit der transparenten Bauteile
- Wirksamkeit von Sonnenschutzeinrichtungen
- Verschattung (Eigen- und Fremdverschattung)
- Speicherfähige Massen (Wärmekapazität) der raumumschließenden Flächen
- Interne Wärmequellen
- Lüftungsverhalten (bzw. Steuerung/Regelung von RLT-Anlagen)
- Kühlung (aktiv oder passiv)

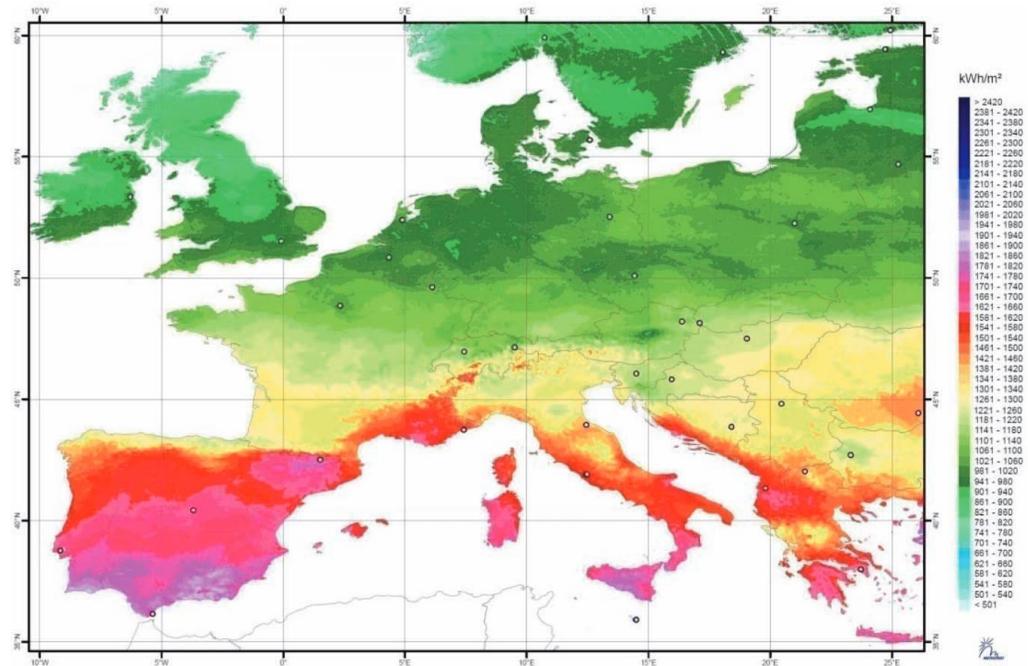
Grundlagen – Kenngrößen und Fachbegriffe

Einflussgrößen auf den sommerlichen Wärmeschutz in Gebäuden

jährliches
solares
Strahlungsangebot



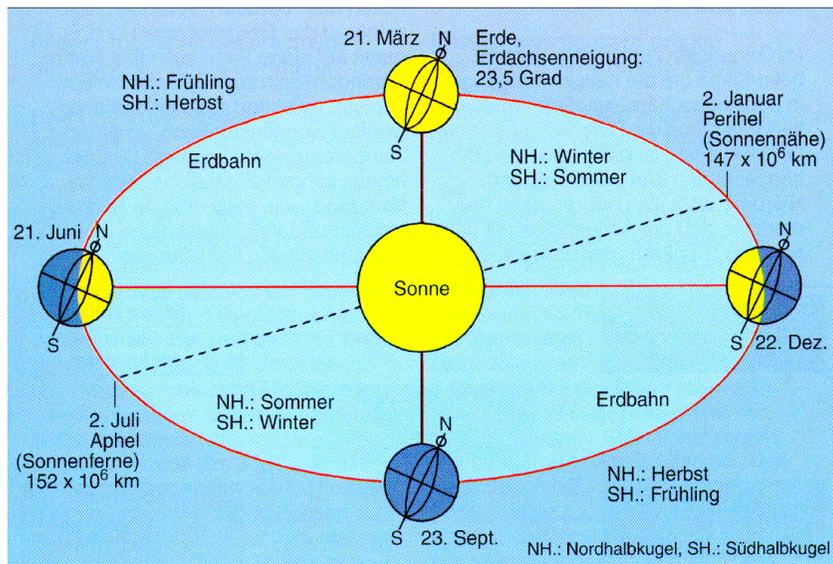
langjähriges Mittel der
jährlichen globalen
horizontalen Bestrahlung
in Europa



Grundlagen – Kenngrößen und Fachbegriffe

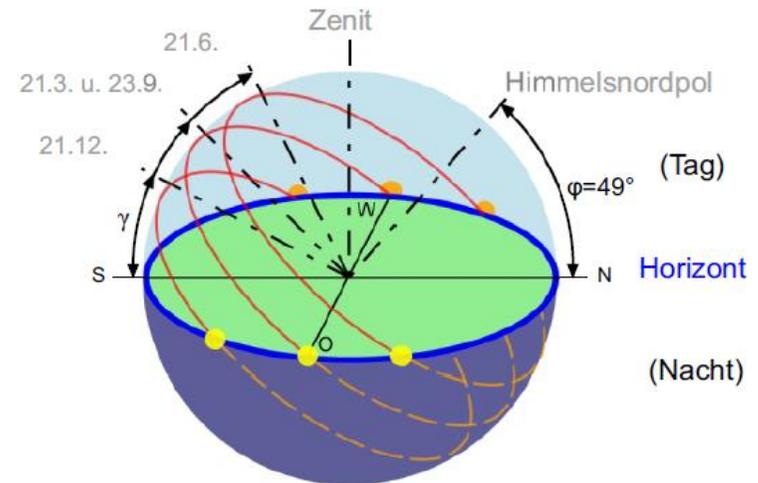
Einflussgrößen auf den sommerlichen Wärmeschutz in Gebäuden

Entstehung der Jahreszeiten



[9]

Tagesbahn der Sonne



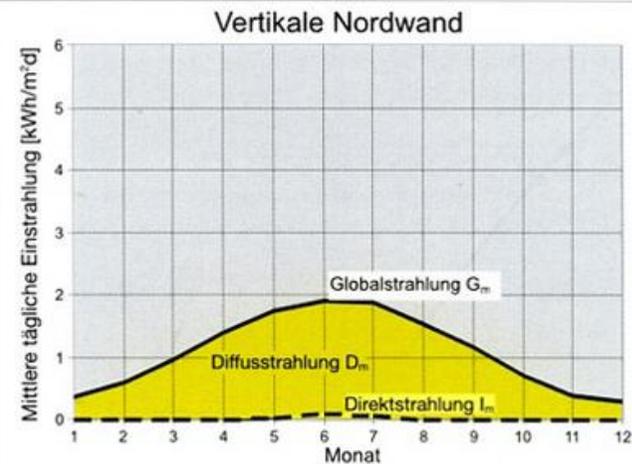
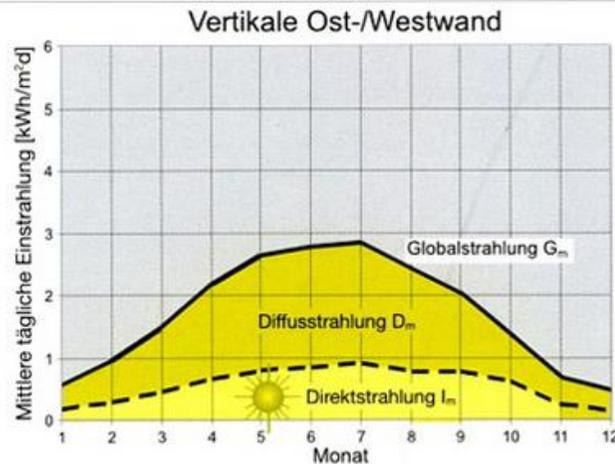
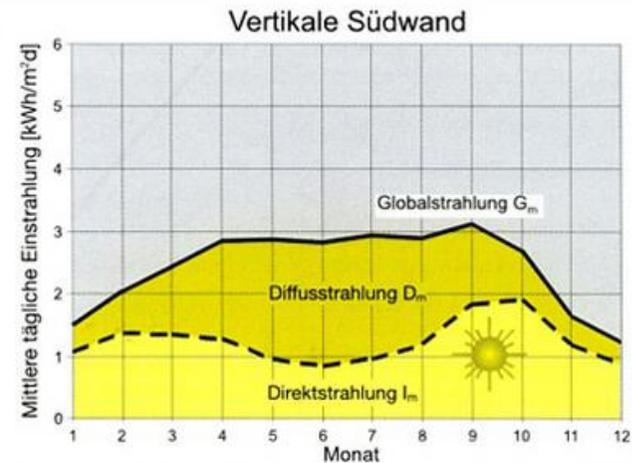
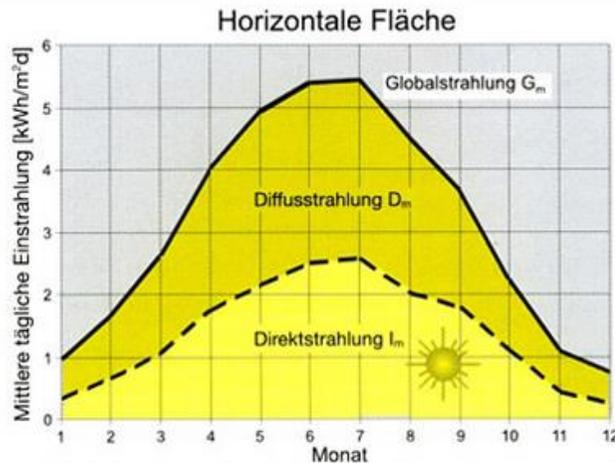
[6]

φ für Nürnberg: 49° nördl. Breite
 γ : Höhenwinkel der Sonne

Grundlagen – Kenngrößen und Fachbegriffe

Einflussgrößen auf den sommerlichen Wärmeschutz in Gebäuden

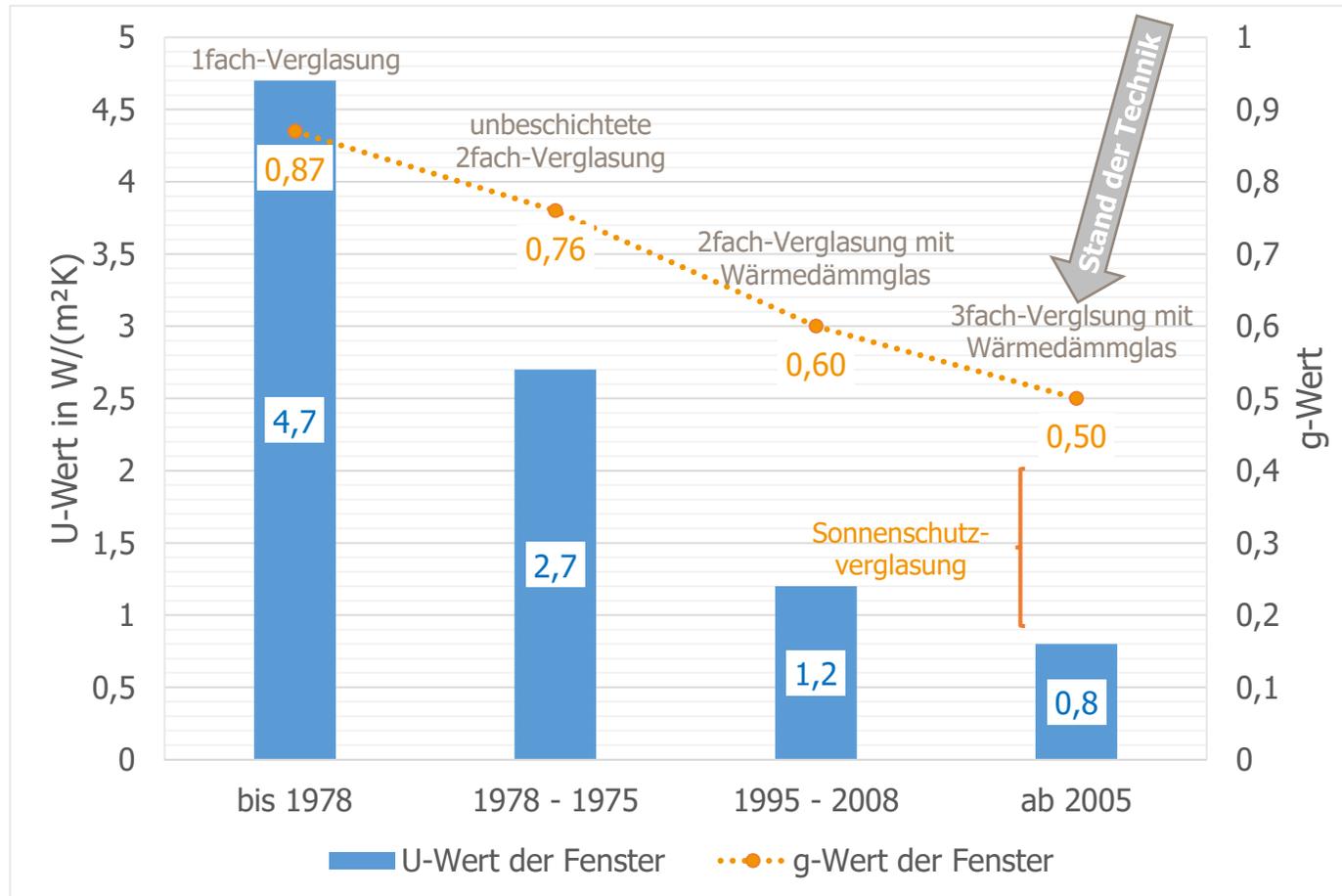
Direkte und diffuse Strahlung für den Standort Stuttgart



[10]

Grundlagen – Kenngrößen und Fachbegriffe

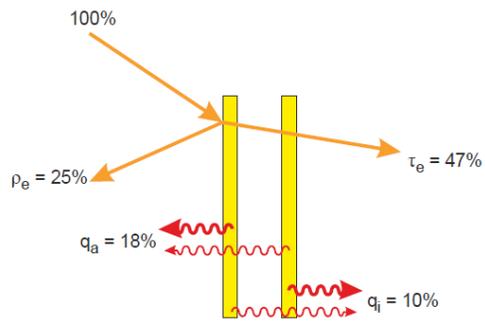
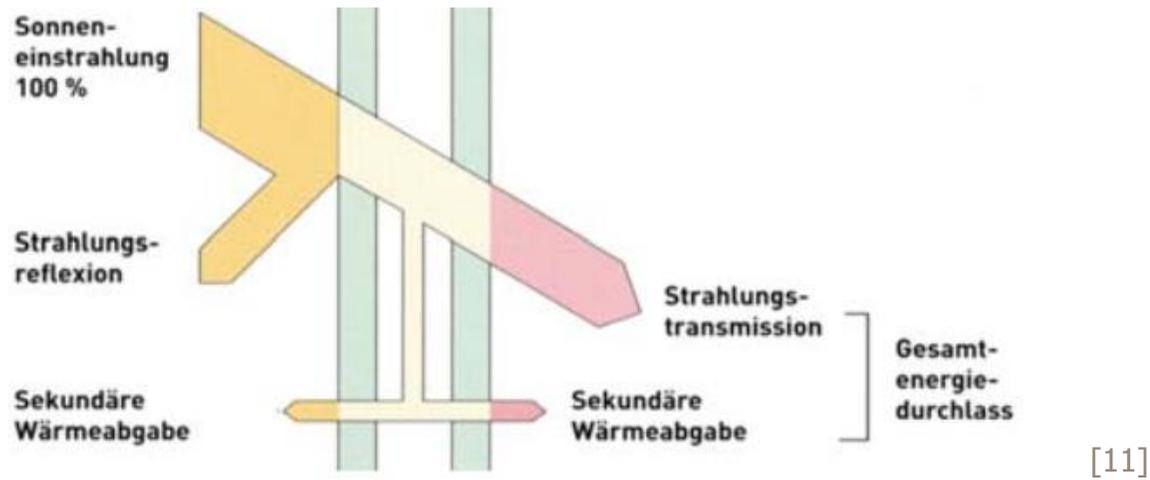
Einflussgrößen auf den sommerlichen Wärmeschutz in Gebäuden



Grundlagen – Kenngrößen und Fachbegriffe

Einflussgrößen auf den sommerlichen Wärmeschutz in Gebäuden

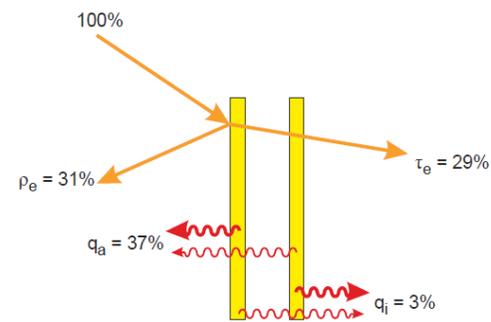
Gesamtenergiedurchlassgrad g transparenter Bauteile



$g = 57\%$

Wärmeschutzisolierverglasung

[6]



$g = 32\%$

Sonnenschutzisolierverglasung

[6]

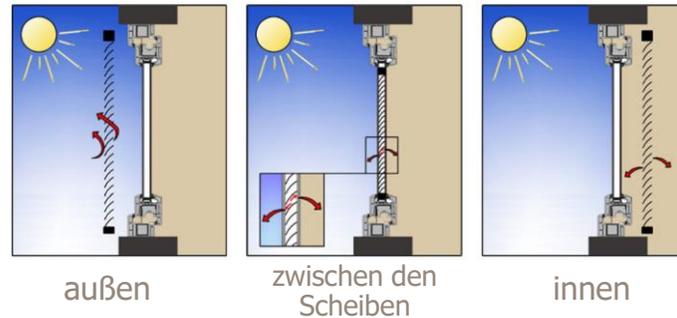
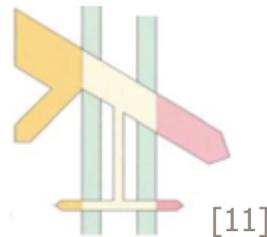
Grundlagen – Kenngrößen und Fachbegriffe

Einflussgrößen auf den sommerlichen Wärmeschutz in Gebäuden

Gesamtenergiedurchlassgrad g

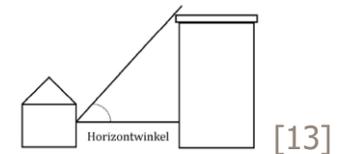
$$g_{\text{tot}} = g \cdot F_C \cdot F_S$$

Gesamtenergiedurchlass = Energiedurchlass Bauteil · Abminderungsfaktor für Sonnenschutzvorrichtungen · Teilbestrahlungsfaktor

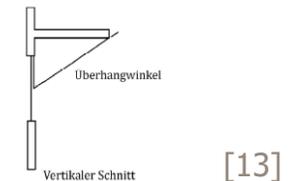


$$F_S = F_h \cdot F_o \cdot F_f$$

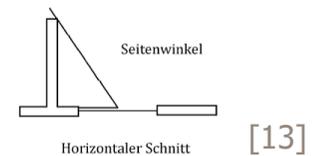
- F_h = Horizontverschattung



- F_o = Bauteilüberstände oberhalb



- F_o = seitliche Bauteilüberstände



abhängig von:

- Bauteilorientierung
- Bauteilneigung
- Strahlungsintensität
- Standort
- Größe

Bewertung nach Norm:

Sonnenschutzvorrichtung:

ohne Sonnenschutz

Innenliegend oder zwischen den Scheiben (helle Farben oder geringe Transparenz)

Außenliegend (Jalousie, 45° Lamellenstellung)

Vordächer, Markisen

Abminderungsfaktor:

1

0,8

0,25

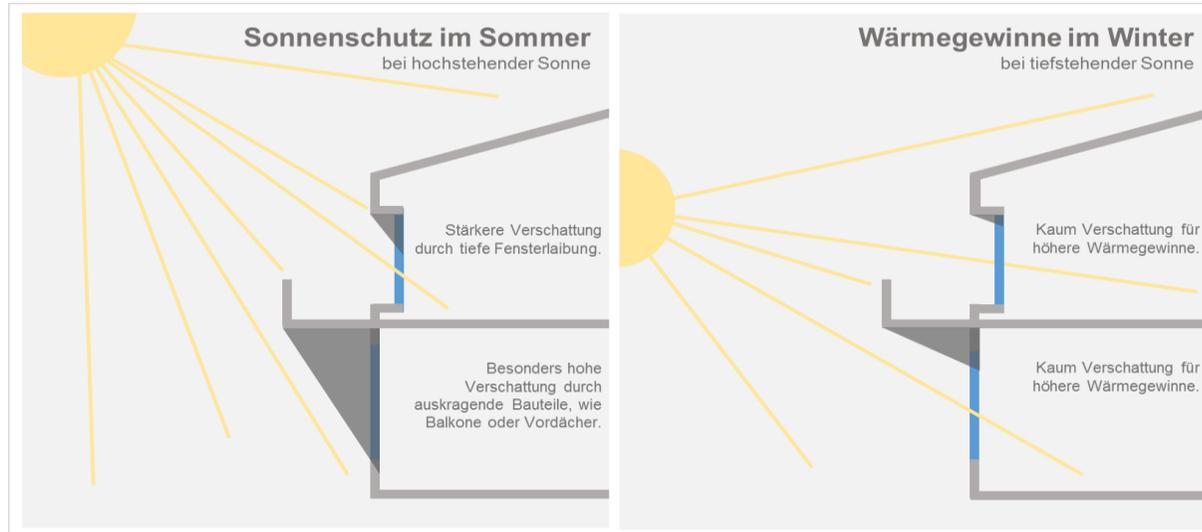
0,5

Grundlagen – Kenngrößen und Fachbegriffe

Einflussgrößen auf den sommerlichen Wärmeschutz in Gebäuden

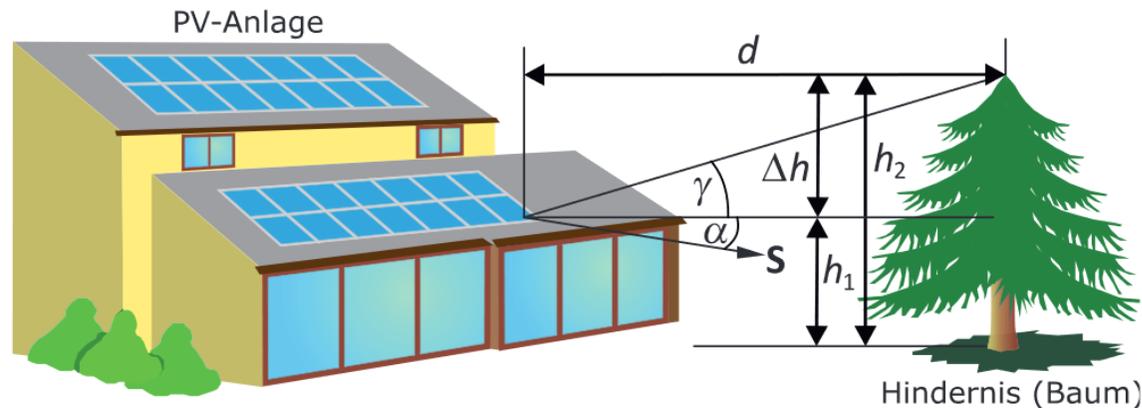
Verschattung (Eigen- und Fremdverschattung)

Eigenver-
schattung



[14]

Fremdver-
schattung



[8]

10.04.2019

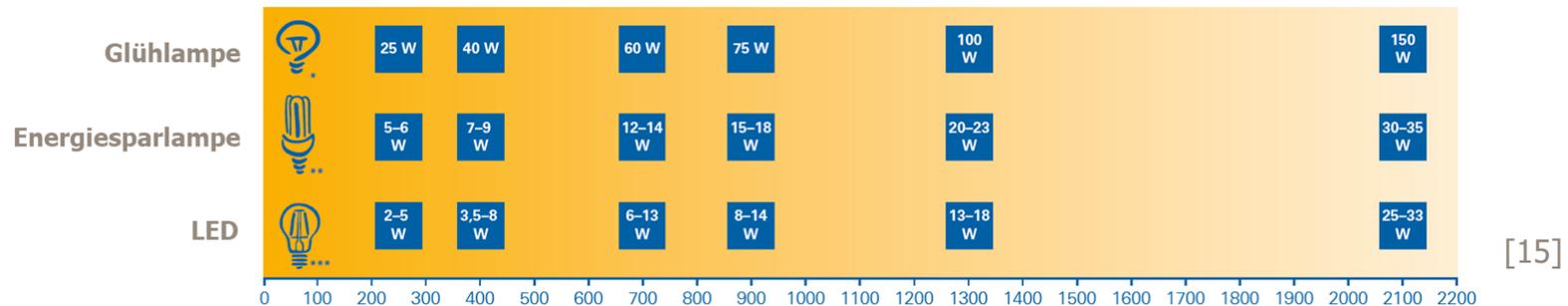
17

Grundlagen – Kenngrößen und Fachbegriffe

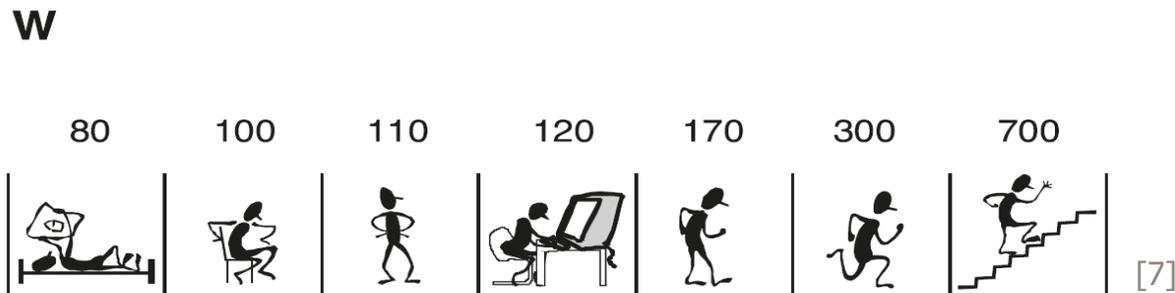
Einflussgrößen auf den sommerlichen Wärmeschutz in Gebäuden

Interne Lasten

- Geräte (Drucker, Computer, Fernseher, etc.)
- Beleuchtung



- Personen



Grundlagen – Kenngrößen und Fachbegriffe

Einflussgrößen auf den sommerlichen Wärmeschutz in Gebäuden

- Speicherfähige Massen (wirksame Wärmespeicherfähigkeit)

$$C_{\text{wirk},j} = \sum_i (c_i \cdot \rho_i \cdot d_i \cdot A_i)_j = C_{m,j}$$



[17]



[18]

Lüftungsverhalten

- Grundluftwechsel
- Intensive Taglüftung
- erhöhte Nachtlüftung
- Regelung

Sommerlicher Wärmeschutz

Gliederung

1. Motivation und Zielstellung
2. Grundlagen – Kenngrößen und Fachbegriffe
3. Randbedingungen (Gesetze, Normen, Richtlinien)
 - EnEV und ASR
 - DIN 4108-2
4. Praxisbeispiel
5. Fazit und Ausblick

Randbedingungen (Gesetze, Normen, Richtlinien)

EnEV und ASR

EnEV

(EnergieEinsparVerordnung)

Sommerlicher Wärmeschutz:

→ Neubauten haben Nachweispflicht

Nachweispflicht über DIN 4108-2:

→ Sonneneintragskennwerte

→ Übertemperaturstunden

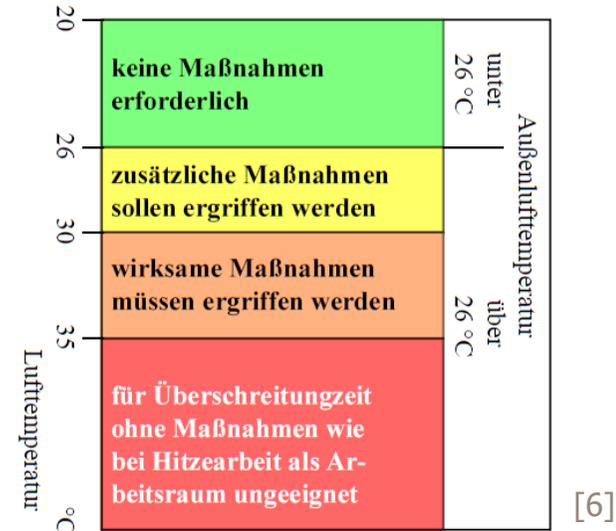
Für den „kritischen“ Raum (höchste Anforderungen)

Verantwortlichkeit:

- Austeller des Energieausweises

ASR A3.5

(Technische Regeln für Arbeitsstätten)



Verantwortlichkeit:

- Arbeitgeber

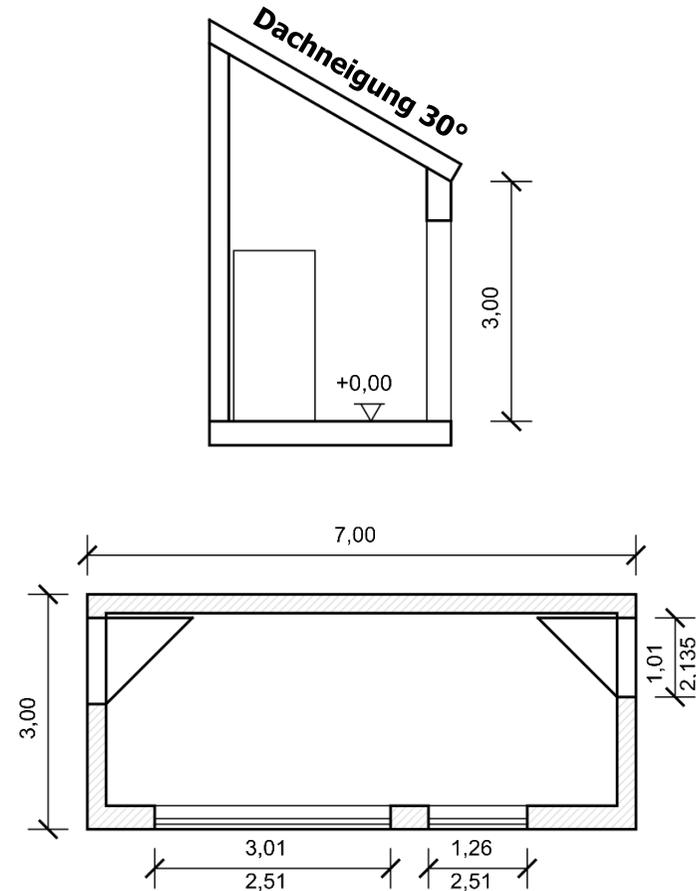
Sommerlicher Wärmeschutz

Gliederung

1. Motivation und Zielstellung
2. Grundlagen – Kenngrößen und Fachbegriffe
3. Randbedingungen (Gesetze, Normen, Richtlinien)
4. Praxisbeispiel
 - Einzelraumsimulation
 - Gebäudesimulation
5. Fazit und Ausblick

Praxisbeispiel

Einzelraumsimulation



Randbedingungen:

Bauart: mittelschwer

Bauteile: Neubaustandard

Sommerklima region: B

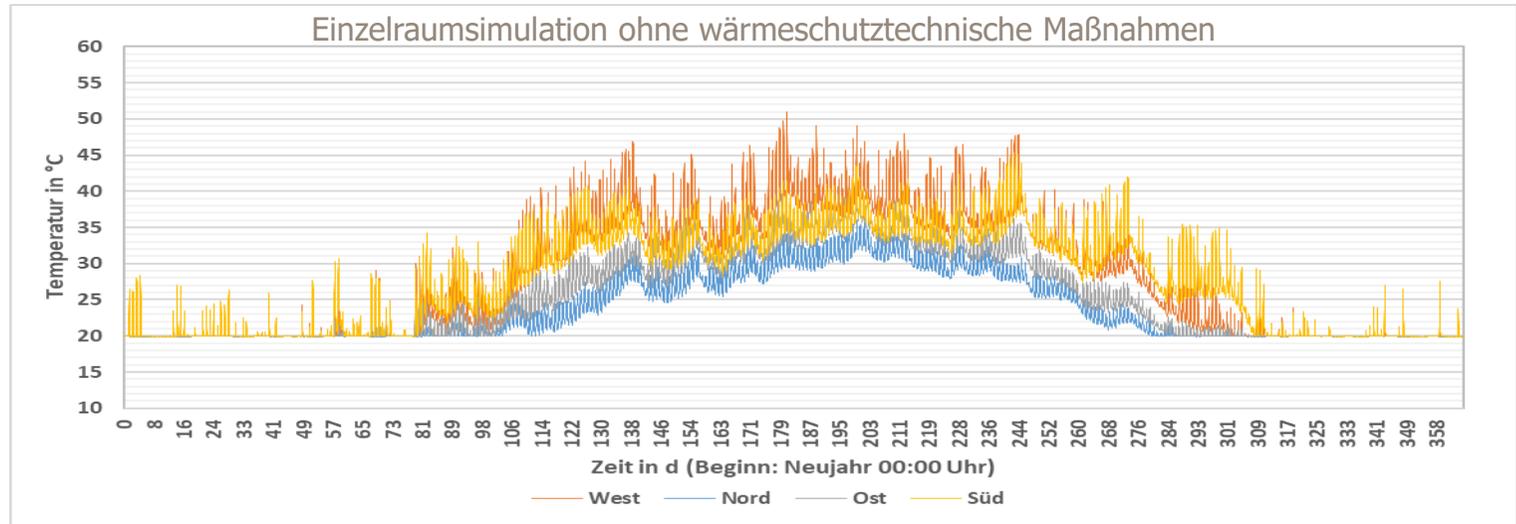
Grenztemperatur: 26°C

Praxisbeispiel

Einzelraumsimulation (Parametervariation)

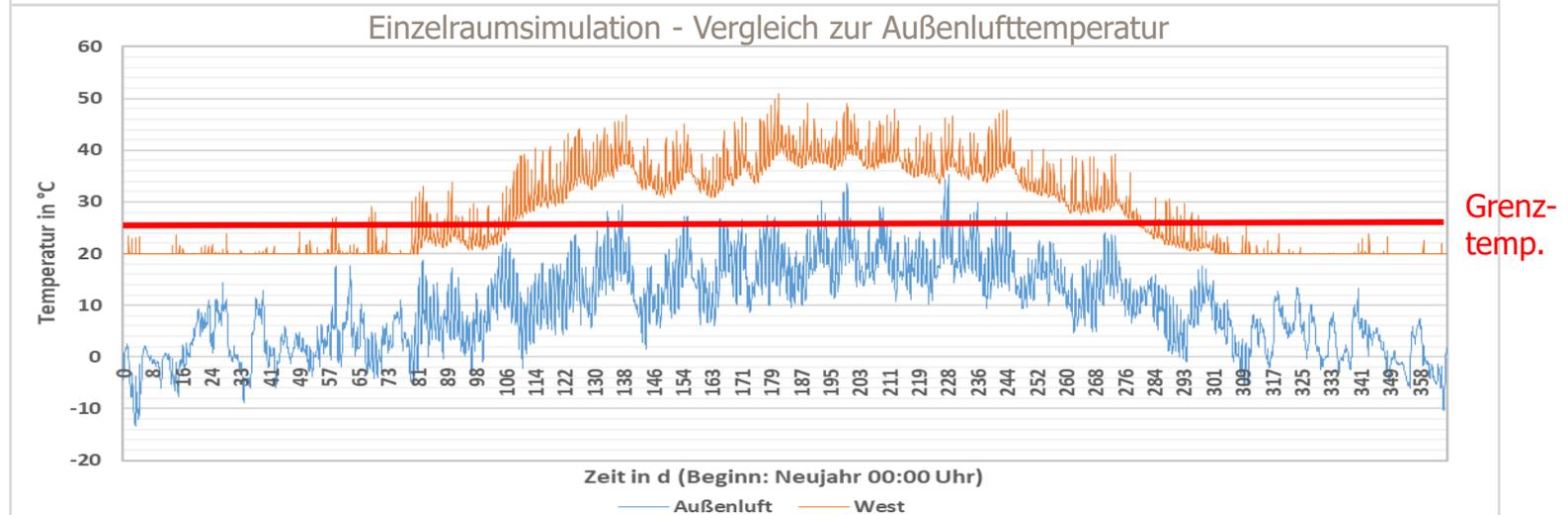
Erkenntnisse:

- Fensterflächen mit Südorientierung weisen häufig im Sommer nicht die höchsten thermischen Lasten auf
- Auf Räume mit West- und Ostorientierung sollte ebenfalls geachtet werden



Erkenntnisse:

- Außenluft-temperatur häufig unter 26°C
- Einzelraumsimulation schwingt sich bei extremen Verhältnissen schnell auf



Praxisbeispiel

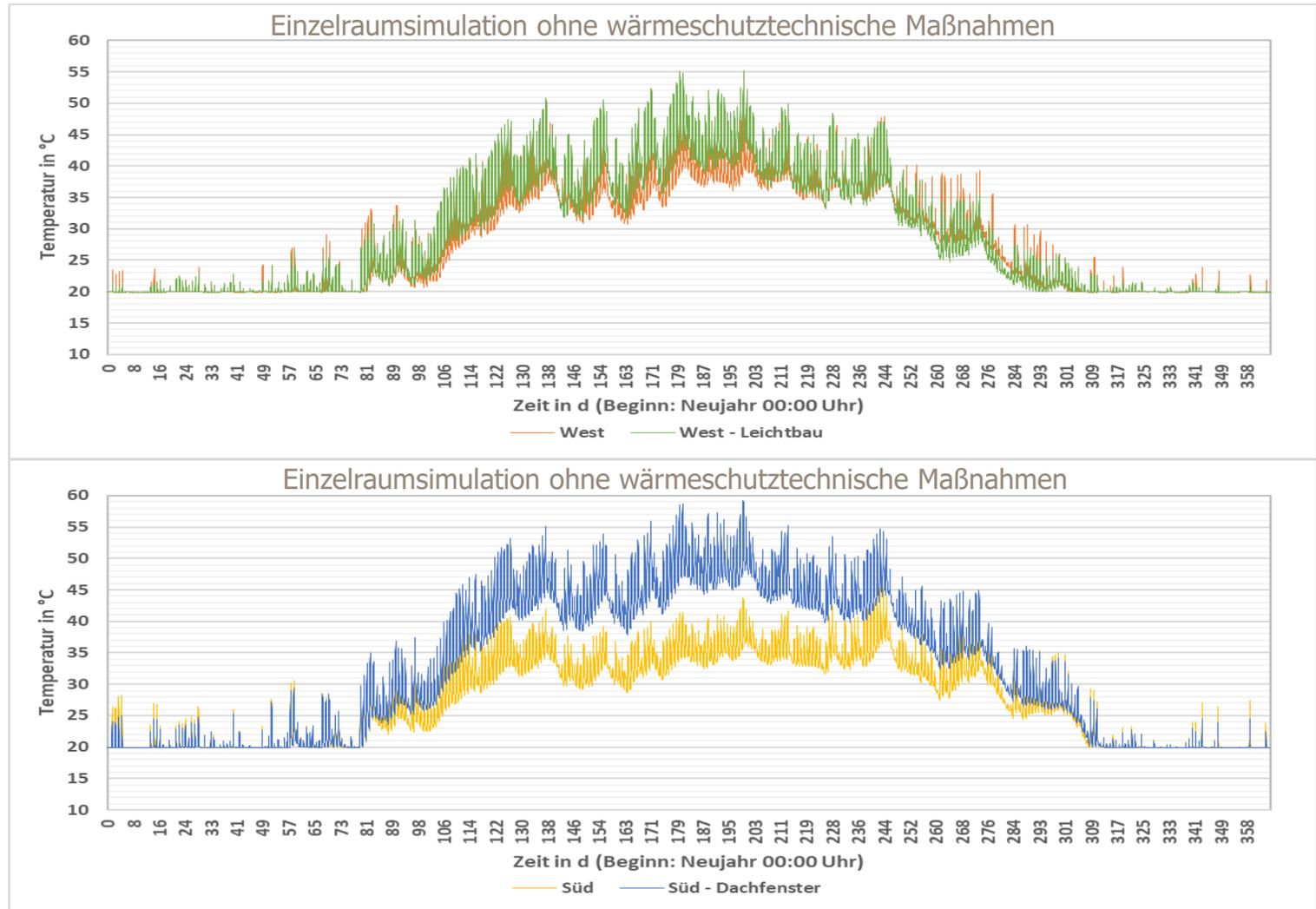
Einzelraumsimulation (Parametervariation)

Erkenntnisse:

- Die Leichtbauweise erschwert den sommerlichen Wärmeschutz
- Massive Gebäude sind träge. Dadurch entstehen seltener extreme Temperaturen

Erkenntnisse:

- Auf Dachfenster (geneigt) wirkt eine höhere solare Einstrahlung. Hier sollte besonders viel Wert auf wärmeschutztechnische Maßnahmen gelegt werden.

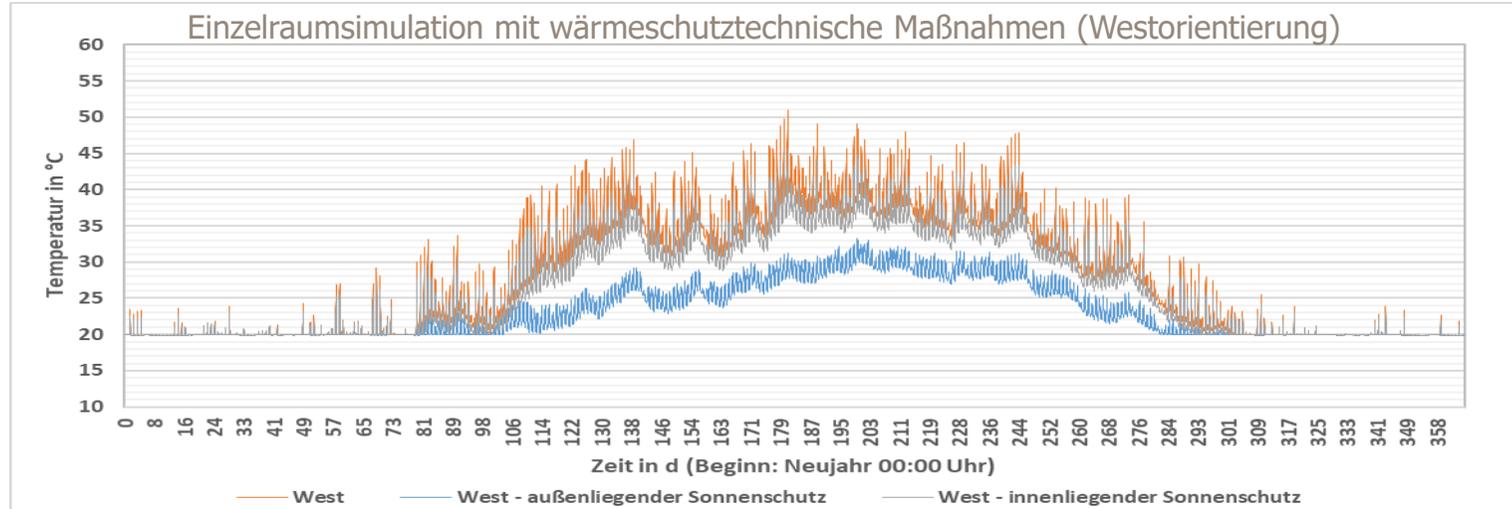


Praxisbeispiel

Einzelraumsimulation (Parametervariation)

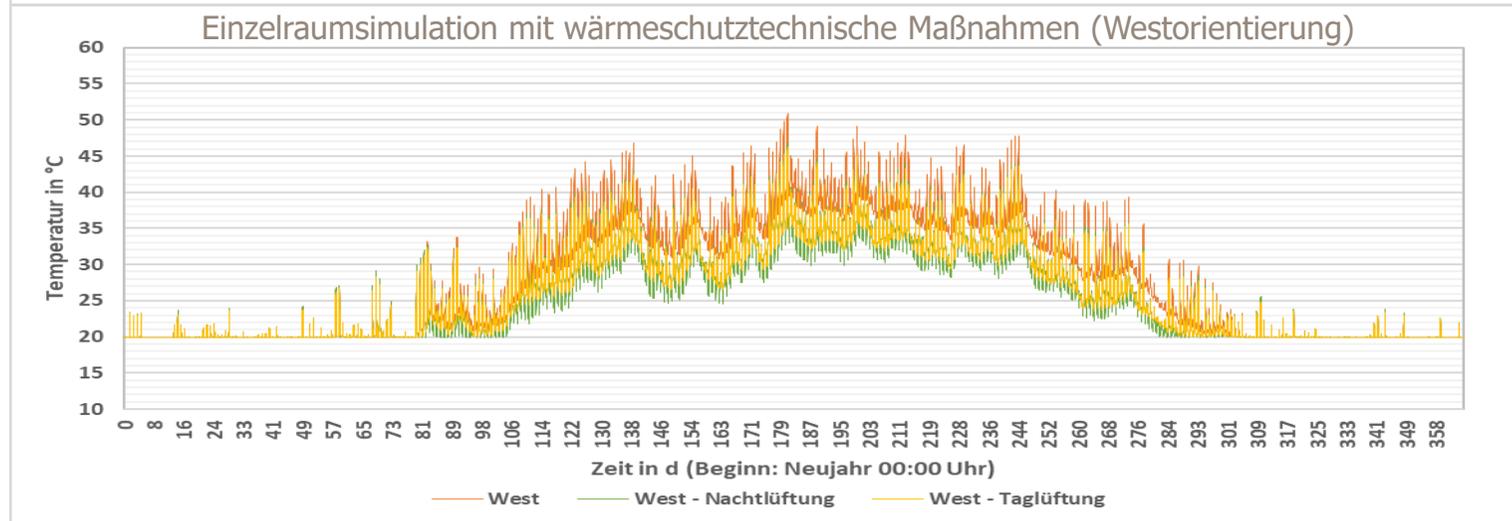
Erkenntnisse:

- Innenliegende Jalousien verringern die Temperaturen im Sommer kaum, da ein Großteil der Wärme im Gebäudeinneren
- Außenliegende Jalousien reduzieren die Temperaturen erheblich, da ein Großteil der Wärme außerhalb vom Gebäude bleibt



Erkenntnisse:

- Eine (temperatur-geregelte) erhöhte Taglüftung (1 h^{-1}) kann bei extremen Verhältnissen im Raum einen großen Beitrag leisten
- Der Nutzen einer erhöhten Nachtlüftung (2 h^{-1}) ist bei „normalen“ Verhältnissen erheblich größer (größere Räume)

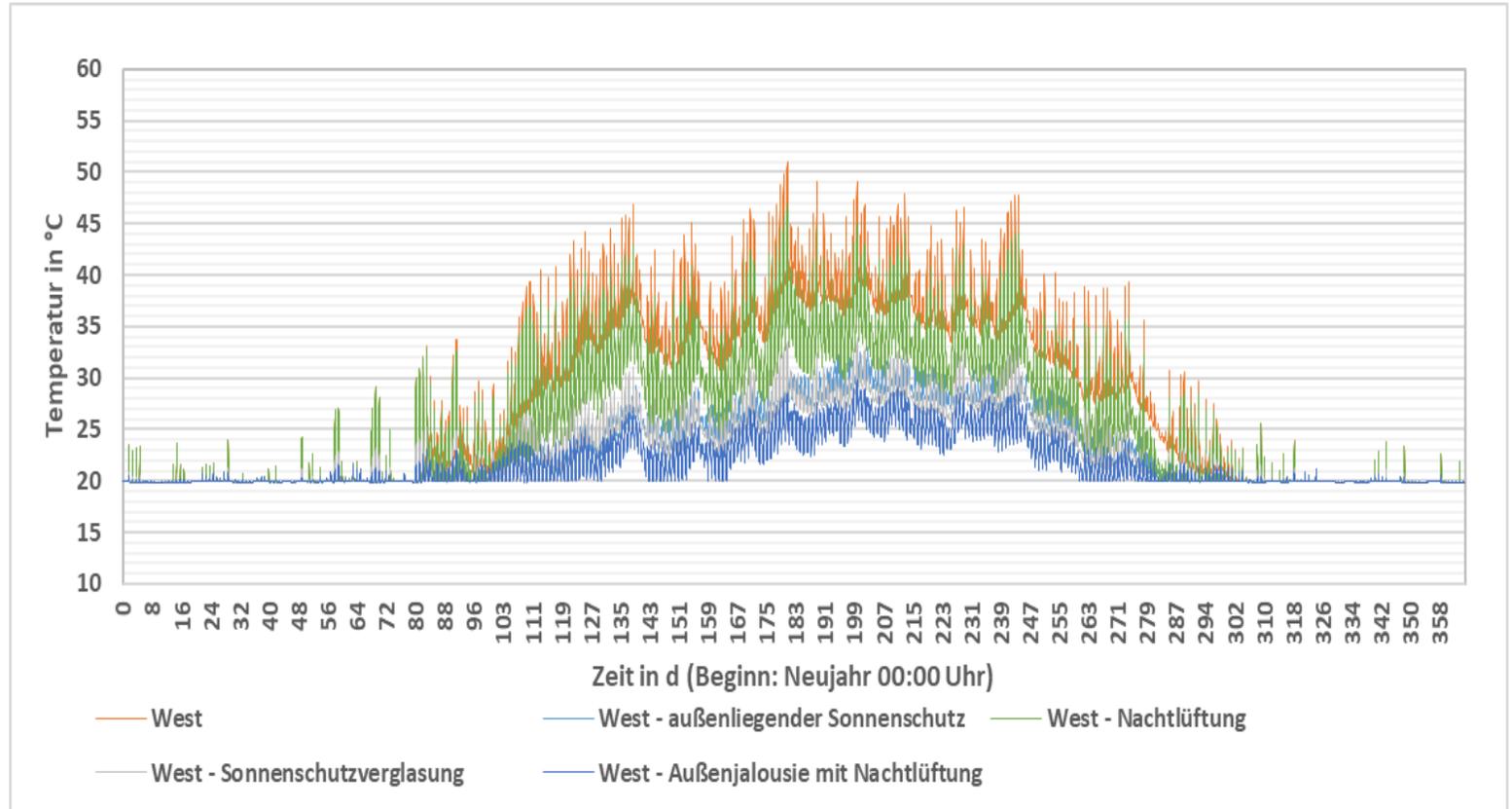


Praxisbeispiel

Einzelraumsimulation (Parametervariation)

Erkenntnisse:

- Auch bei extreme Räume können meist die normativen Anforderungen ohne eine aktive Kühlung eingehalten werden
- Sonnenschutzverglasungen sind mit den vorgegebenen Randbedingungen ähnlich effektiv wie Außenjalousien (Berechnungsrandbed.: 45° Lamellenstellung, Intensitätsgeregelt)



sommerlicher Wärmeschutz

Grundlagen

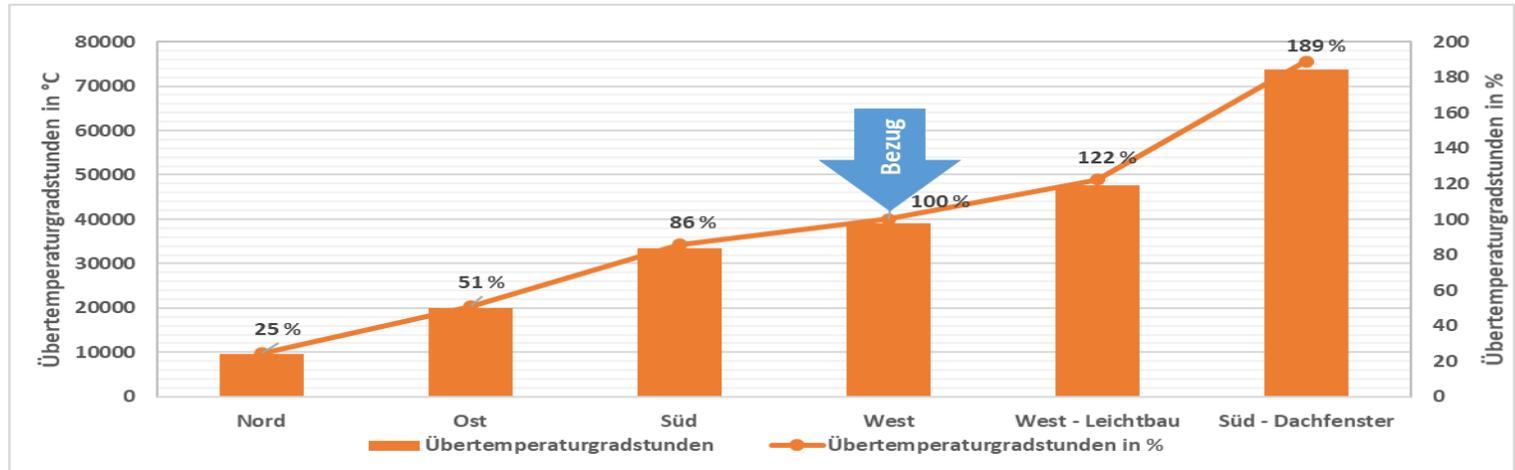
regelbare Sonnenschutzmaßnahmen (z.B. Jalousie):	
+	Sonnenschutz im Sommer, solare Gewinne im Winter
+	zeitl. begrenzte Beeinflussung der Tageslichtqualität (Stromverbrauch und Behaglichkeit)
+ -	(manuelle) Regelung notwendig, indiv. Regelmöglichkeit vorhanden
-	Investitionskosten
nicht regelbare Sonnenschutzmaßnahmen (z.B. Sonnenschutzfolie)	
+	Investitionskosten
+ -	keine Regelung notwendig, keine indiv. Regelmöglichkeit vorhanden
-	schlechtere Tageslichtqualität (Stromverbrauch, Behaglichkeit)
-	reduzierte solare Gewinne im Winter (erhöhter Heizwärmebedarf)
aktive Kühlung	
+	gewährleistet eine bessere Behaglichkeit im Sommer
+	Nachtlüftung im Sommer möglich
-	Zusätzliche hohe Investitions- und Betriebskosten

Praxisbeispiel

Einzelraumsimulation (Parametervariation)

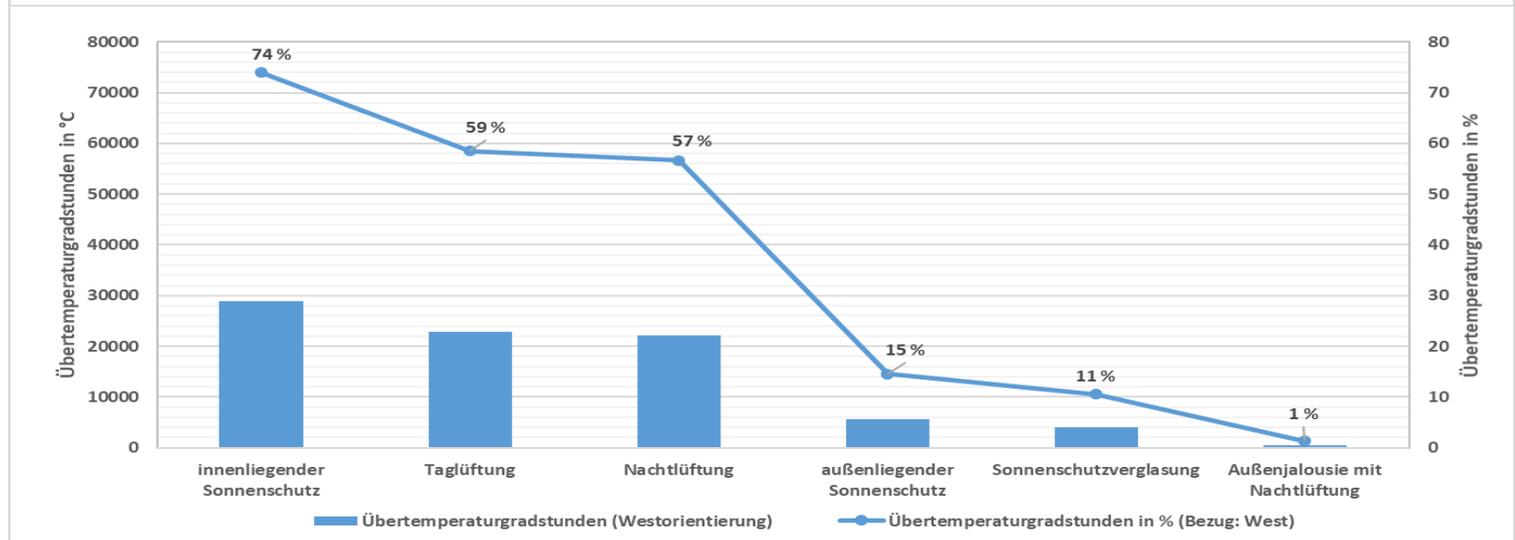
Erkenntnisse:

- Ohne wärmeschutz-technische Maßnahmen entsteht beim Einsatz von Nordfenstern die geringste und durch Dachfenster die höchste thermische Belastung.



Erkenntnisse:

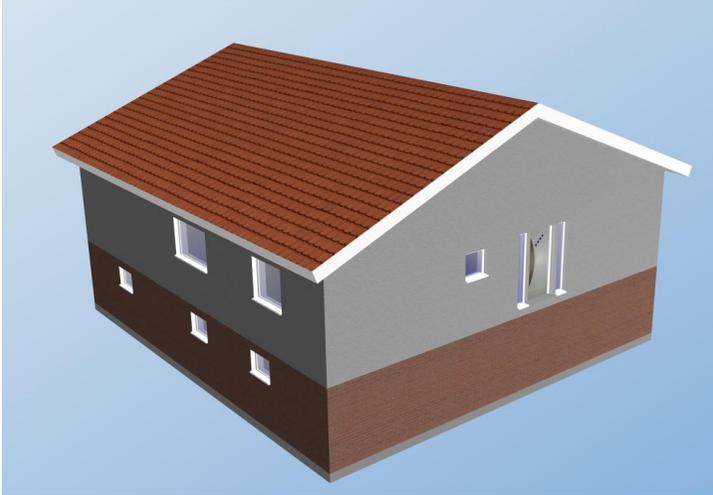
- Durch die Kombination verschiedener wärmeschutztechnischer Maßnahmen, können in den meisten Fällen die normativen Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz eingehalten werden.



Praxisbeispiel

Gebäudesimulation (Neubau eines Einfamilienhauses)

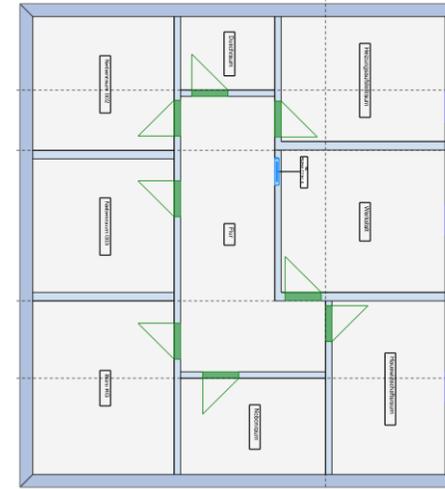
Nord-Ost-Ansicht
Einfamilienhaus



Süd-West-Ansicht
Einfamilienhaus



KG:



EG:



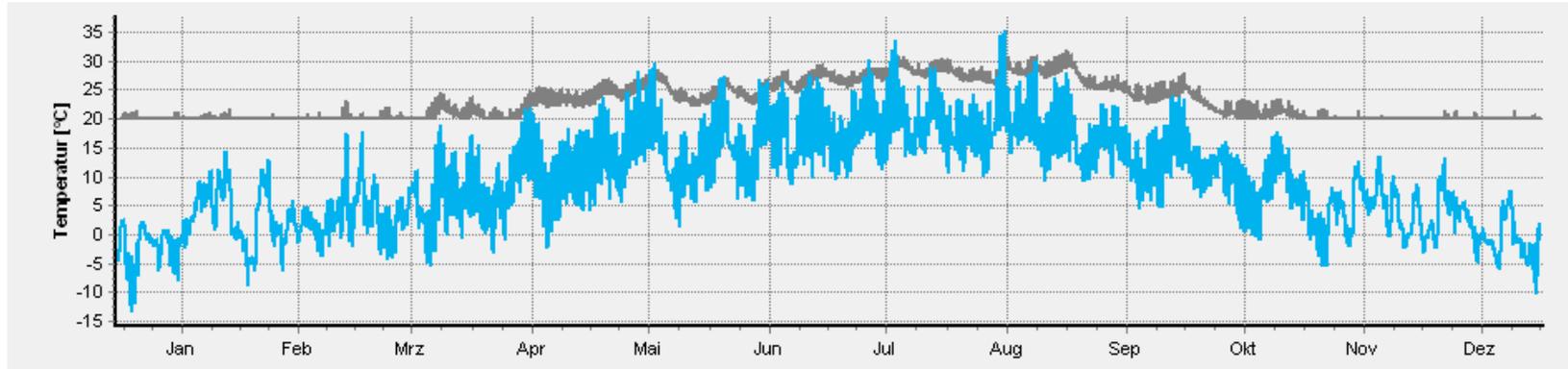
Wohnraum (kritischer Raum)

Nebenraum

Sommerlicher Wärmeschutz

Gebäudesimulation

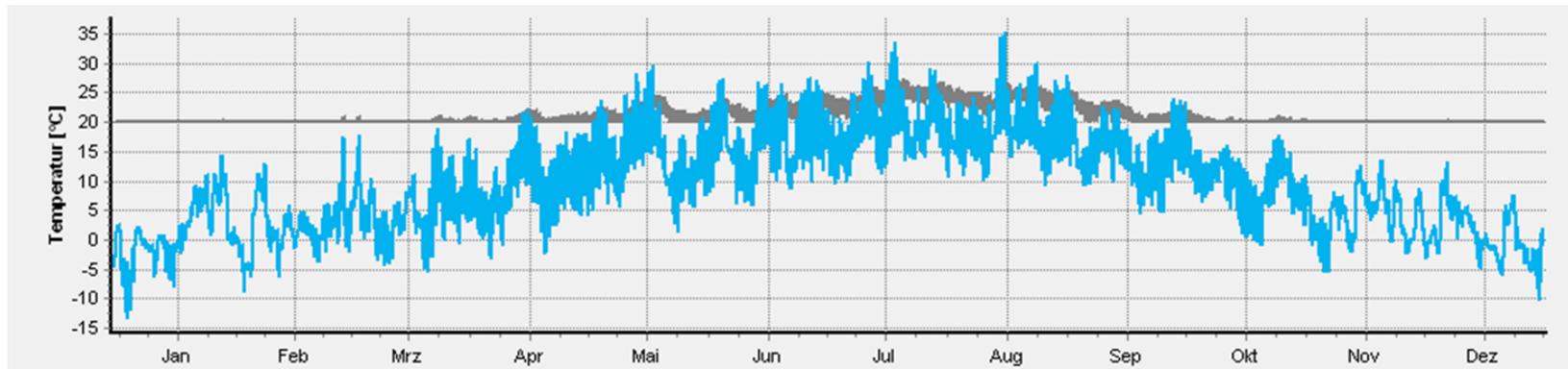
Außen- und Innenlufttemperatur im Wohnraum ohne wärmeschutztechnische Maßnahmen



Innenlufttemperatur

Außenlufttemperatur

Außen- und Innenlufttemperatur im Wohnraum mit Außenjalousien und erhöhter Nachtlüftung



Innenlufttemperatur

Außenlufttemperatur

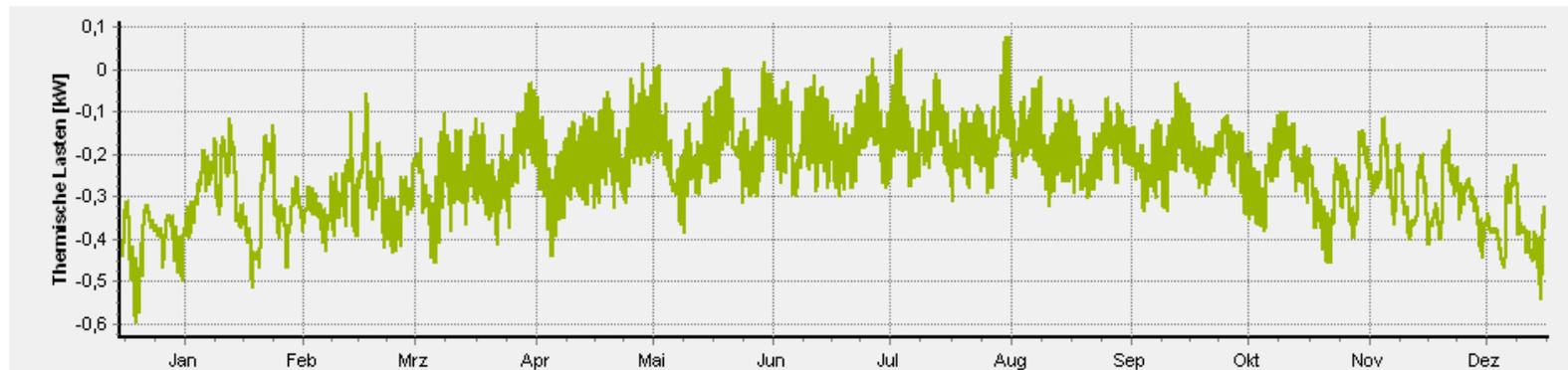
Praxisbeispiel

Gebäudesimulation

Übertemperaturgradstunden ohne
wärmeschutztechnische Maßnahmen

EG-R1 - Wohnraum	3798,6
EG-R2 - Nebenraum	1405,5
EG-R3 - Flur	1311,9
EG-R4 - Kind 1	1343,5
EG-R5 - Kind 2	2061,7
EG-R6 - Schlafen - Eltern	1978,9
EG-R7 - Bad/Dusche/Umkleideraum	1698,1
EG-R8 - WC-Raum	1305,5
EG-R9 - Küche	2783,7

Lüftungswärmeverluste mit einer RLT-Anlage mit Wärmerückgewinnung im Wohnraum

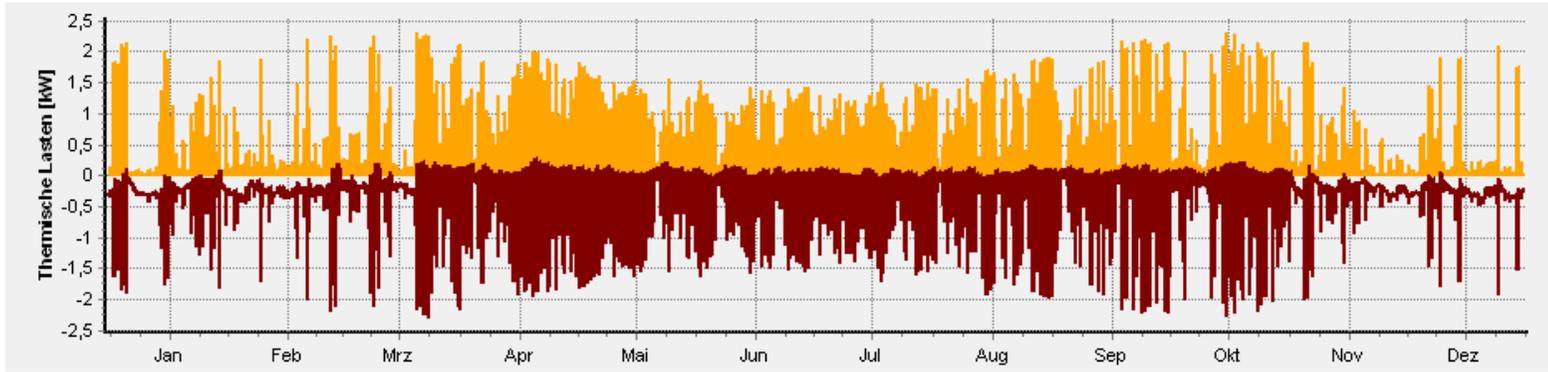


Erkenntnis: Durch eine effiziente Lüftung können hohe thermische Lasten abgeführt werden, RLT-Anlagen mit Wärmerückgewinnung können im Sommer meist auch Kälte rückgewinnen und dadurch die Kühllast des Gebäudes reduzieren

Praxisbeispiel

Gebäudesimulation

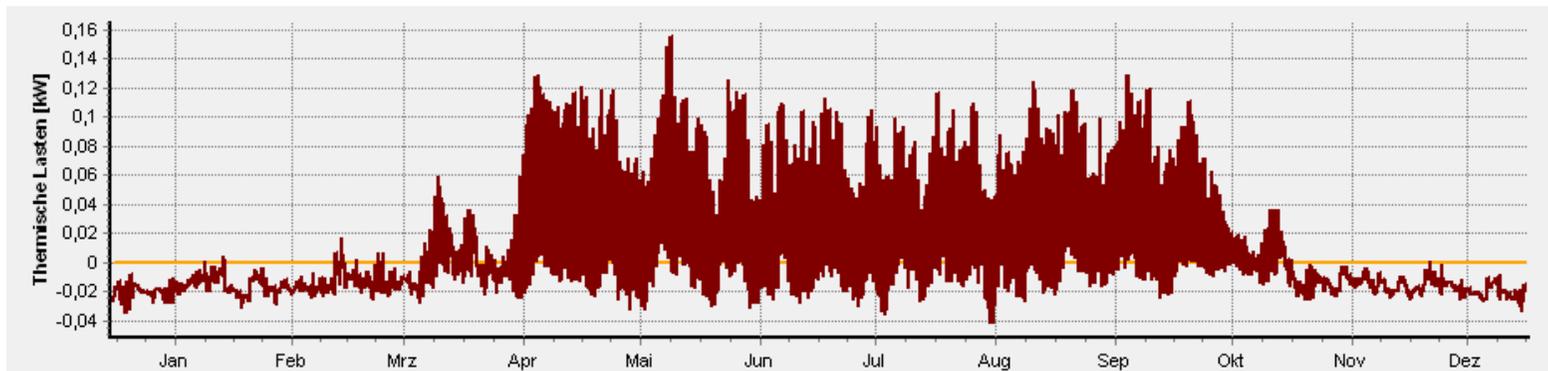
Solare Last und Bauteil-Wärmeabgabe im Wohnraum ohne wärmeschutztechnische Maßnahmen



Solare Last

Bauteil-Wärmeabgabe

Solare Last und Bauteil-Wärmeabgabe im Nebenraum ohne wärmeschutztechnische Maßnahmen



Solare Last

Bauteil-Wärmeabgabe

Erkenntnis: Räume mit hohen thermischen Lasten im Sommer geben die Wärme zu großen Anteilen an die benachbarten Räume ab. Da Innenwände meist nicht gedämmt werden, d.h. die Wärme gut leiten, verteilt sich die Wärme mit Zeitverzögerung im gesamten Gebäude

Praxisbeispiel

Gebäudesimulation

Übertemperaturgradstunden
mit erhöhter Nachtlüftung

EG-R1 - Wohnraum	1067,1
EG-R2 - Nebenraum	87,4
EG-R3 - Flur	118
EG-R4 - Kind 1	133,7
EG-R5 - Kind 2	239,6
EG-R6 - Schlafen - Eltern	224
EG-R7 - Bad/Dusche/Umkleideraum	197,4
EG-R8 - WC-Raum	151,5
EG-R9 - Küche	588,1

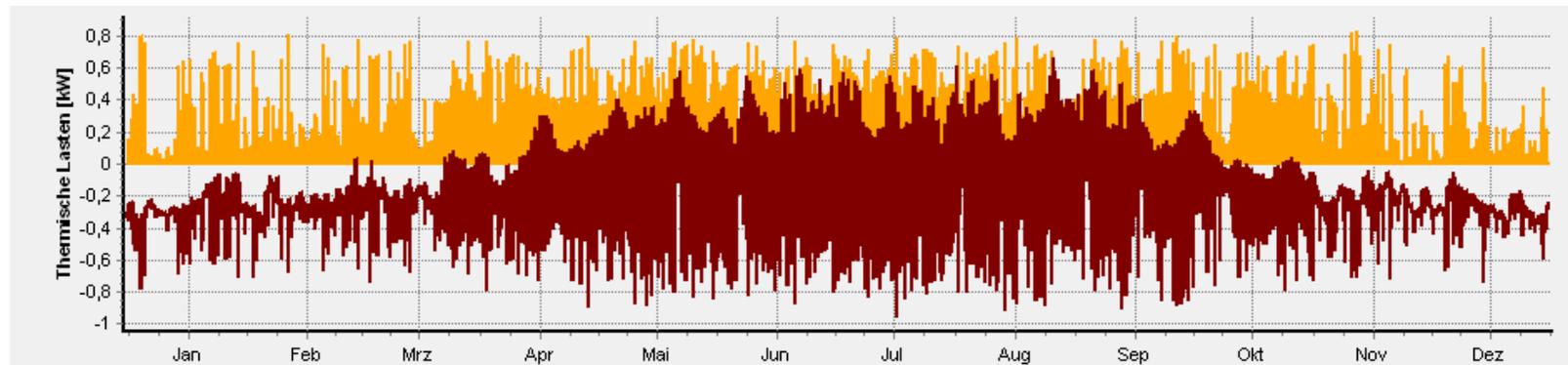
Übertemperaturgradstunden
mit Außenjalousien

EG-R1 - Wohnraum	1526,4
EG-R2 - Nebenraum	945
EG-R3 - Flur	924,7
EG-R4 - Kind 1	755,6
EG-R5 - Kind 2	1131,6
EG-R6 - Schlafen - Eltern	1013,3
EG-R7 - Bad/Dusche/Umkleideraum	687,4
EG-R8 - WC-Raum	890,5
EG-R9 - Küche	1179,4

Übertemperaturgradstunden
mit Außenjalousien und Nachtlüftung

EG-R1 - Wohnraum	42
EG-R2 - Nebenraum	0
EG-R3 - Flur	0,5
EG-R4 - Kind 1	0,5
EG-R5 - Kind 2	2,1
EG-R6 - Schlafen - Eltern	0,1
EG-R7 - Bad/Dusche/Umkleideraum	0,2
EG-R8 - WC-Raum	4,2
EG-R9 - Küche	9,8

Veränderte Bauteil-Wärmeabgabe mit erhöhter Nachtlüftung und Außenjalousien im Wohnraum

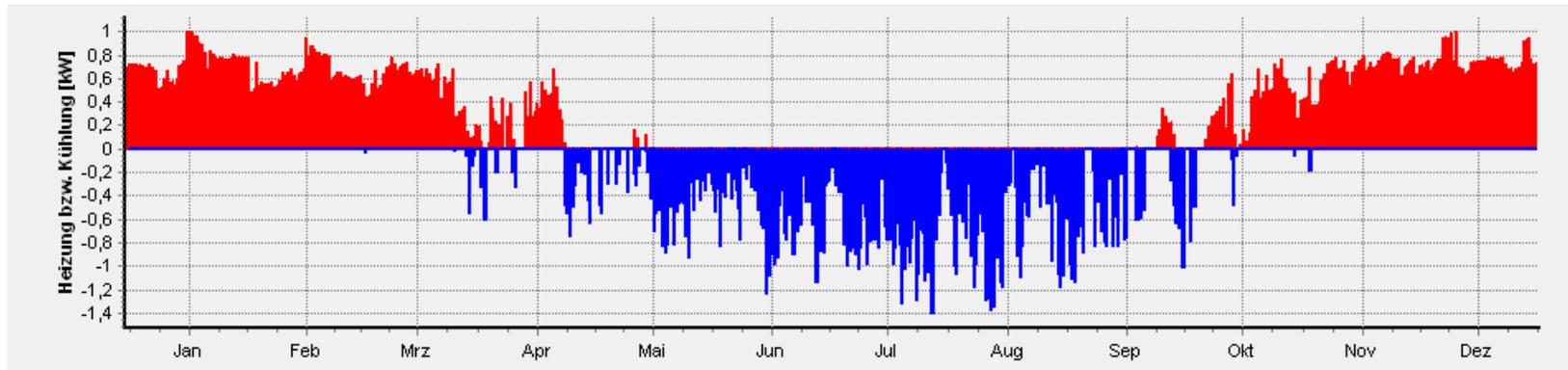


Erkenntnis: Werden wärmeschutztechnische Maßnahmen ergriffen reduziert sich auch die Wärmeabgabe an benachbarte Räume deutlich, da geringere thermische Lasten auftreten.

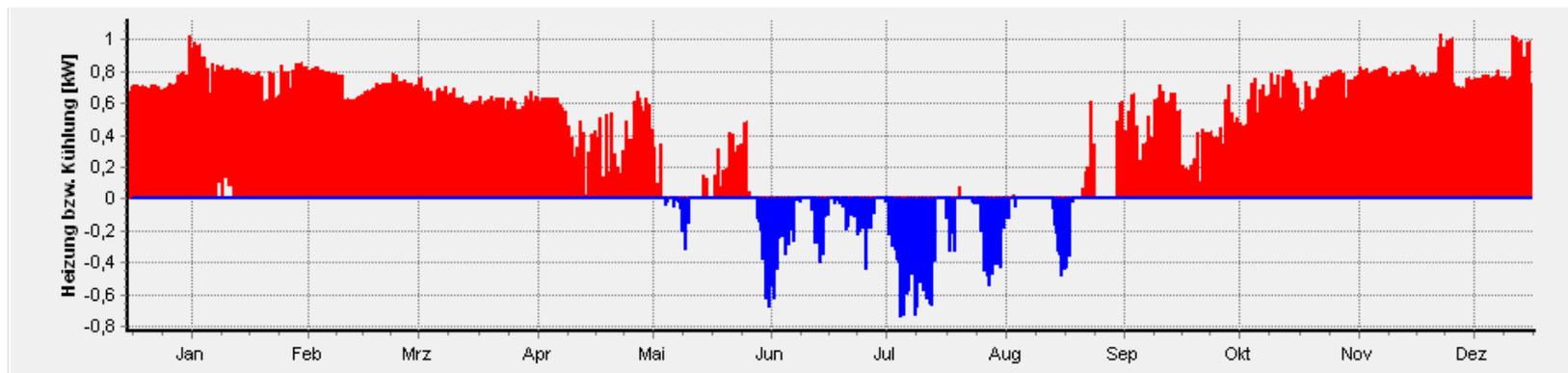
Praxisbeispiel

Gebäudesimulation

Heiz- und Kühllast im Wohnraum ohne wärmeschutztechnische Maßnahmen



Heiz- und Kühllast im Wohnraum mit Außenjalousien, erhöhter Nachtlüftung im Sommer



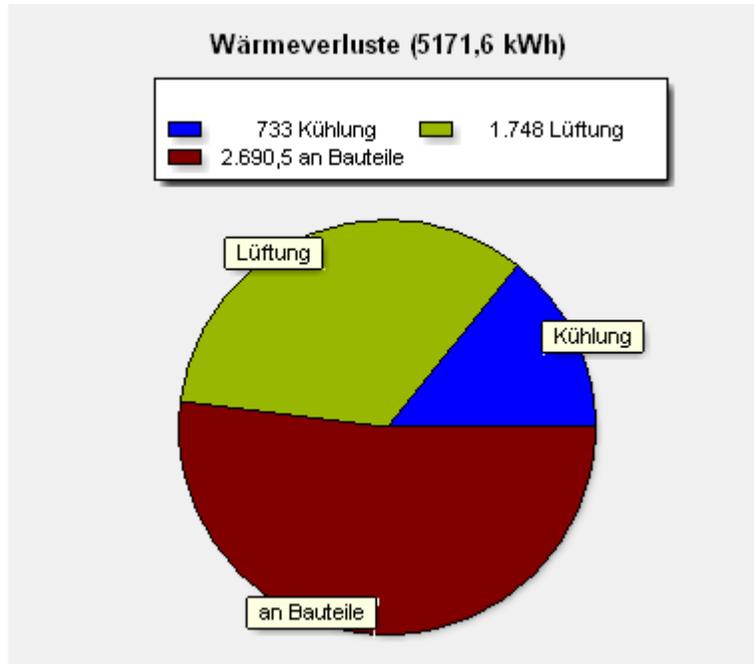
zusätzliche Randbedingungen:

Kühlung auf: 22°C

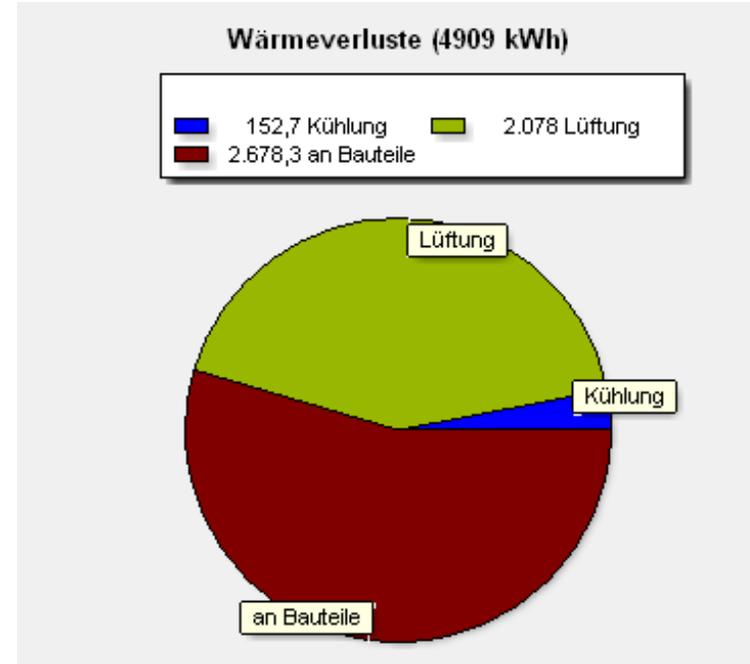
Praxisbeispiel

Gebäudesimulation

Wärmeverluste im Wohnraum



Wärmeverluste im Wohnraum



Erkenntnis: Beim Einsatz einer aktiven Gebäudekühlung werden durch wärmeschutztechnische Maßnahmen die verbrauchsgebundenen Kosten erheblich reduziert. Die Wirtschaftlichkeit der wärmeschutztechnischen Maßnahmen sollte im Einzelfall geprüft werden.

Sommerlicher Wärmeschutz

Gliederung

1. Motivation und Zielstellung
2. Grundlagen – Kenngrößen und Fachbegriffe
3. Randbedingungen (Gesetze, Normen, Richtlinien)
4. Praxisbeispiel
5. Fazit und Ausblick

Sommerlicher Wärmeschutz

Fazit und Ausblick

- Das hauptsächliche Ziel des sommerlichen Wärmeschutzes ist es, die Behaglichkeit in Aufenthaltsräumen zu gewährleisten.
- Der sommerliche Wärmeschutz muss für jedes Gebäude separat geplant werden, da für pauschale Aussagen zu viele Faktoren berücksichtigt werden müssen
- Kosten können vor allem bei Neubauten durch eine geschickte Planung des Gebäudes reduziert werden. Die größte Herausforderung ist dabei effizient und optisch ansprechend zu planen

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Institut für Energietechnik IfE GmbH an der
Ostbayerischen Technischen Hochschule
Amberg-Weiden

Kaiser-Wilhelm-Ring 23a
92224 Amberg

Tel.: 09621 / 482 - 3921
E-Mail: info@ifeam.de
www.ifeam.de

Literaturverzeichnis:

Internet:

- [1]: Ostbayerische Technische Hochschule Amberg-Weiden: *About Amberg and Weiden*.
URL: https://www.oth-aw.de/en/about-amberg-and-weiden/?tx_genericgallery_pi1%5Bitem%5D=file+reference+41072&tx_genericgallery_pi1%5BcontentElement%5D=7652&tx_genericgallery_pi1%5Baction%5D=show&tx_genericgallery_pi1%5Bcontroller%5D=GalleryItem&cHash=c4158d3050eb6920c7d165db79f96ed8 (abgerufen am 23.01.2019)
- [2]: Verlag J. Fleißig GmbH & Co. KG: *Vier Wohnungen entstehen im historischen Gebäude / Sperrung Münsterstraße – Kran hievt Kran über alte Rösterei*.
URL: <https://www.azonline.de/Coesfeld/3021317-Vier-Wohnungen-entstehen-im-historischen-Gebaeude-Sperrung-Muensterstrasse-Kran-hievt-Kran-ueber-alte-Roesterei> (abgerufen am 29.01.2019)
- [3]: Deavita: *Haus aus Glas und Stahl – ist das der Trend beim Neubau?*.
URL: <https://deavita.com/wohnen/traumhauser/haus-aus-glass-stahl-trend-neubau.html> (abgerufen am 29.01.2019)
- [4]: Pail Bauder GmbH & Co. KG: *Sommerlicher Wärmeschutz*.
URL: https://www.bauder.de/de/unternehmen/aktuelles/details/backto/bauder-deutschland/article/sommerlicher-waermeschutz-3.html?no_cache=1&cHash=b218a91ec8a80a8fec4e39d7cb709722 (abgerufen am 29.01.2019)

Literaturverzeichnis:

Internet:

- [10]: Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg: *Sonnengeometrie*.
URL: <https://www.staedtebauliche-klimafibel.de/?p=20&p2=3.2.2> (abgerufen am 08.04.2019)
- [11]: Prof. H. Herrmann (ETHZ): *Werkstoffe II – Glas 3 – Glas im Bauwesen*.
URL: https://www.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/baug/ifb/ifb-dam/homepage-IfB/Education/bsc_courses/bsc-materials-II/documents/Glas3_2018.pdf (abgerufen am 13.02.2019)
- [14]: United vertical media GmbH: *Sommerlicher Wärmeschutz- angenehme Kühle trotz Sommerhitze*.
URL: <https://www.meister.de/blog/sommerlicher-waermeschutz-angenehme-kuehle-trotz-sommerhitze/> (abgerufen am 08.04.2019)
- [16]: EvoRank: *Ungebremster Klimawandel – Steuert die Menschheit auf urzeitliche Verhältnisse zu?*
URL: <https://www.forschung-und-wissen.de/nachrichten/umwelt/steuert-die-menschheit-auf-urzeitliche-verhaeltnisse-zu-13372766> (abgerufen am 09.04.2019)
- [17]: Wikimedia Foundation Inc.: *Datei: Leobendorf – Burg Kreuzenstein (2), JPG*
URL: [https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Leobendorf_-_Burg_Kreuzenstein_\(2\).JPG](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Leobendorf_-_Burg_Kreuzenstein_(2).JPG)
(abgerufen am 09.04.2019)
- [18]: Pinnarp Camping: *Schwedische Ferienhäuser*
URL: <http://campingostergotland.com/camping-4/> (abgerufen am 09.04.2019)

Literaturverzeichnis:

Präsentationen, Publikationen, Normen:

- [5]: Trogisch, Achim (2015): *Planungshilfen Lüftungstechnik*. 5. Überarb. u. erw. Aufl. Berlin: VDE Verlag GmbH Berlin Offenbach
- [6]: Marek, Rudi (2016): *Bauklimatik*. Vorlesungsskript: Ostbayerische Technische Hochschule (OTH) Amberg-Weiden
- [7]: Späte, Frank (2016): *Energieeffiziente Gebäudetechnik –EGT I*. Vorlesungsskript: Ostbayerische Technische Hochschule (OTH) Amberg-Weiden
- [8]: Quaschnig, Volker (2011): *Regenerative Energiesysteme – Technologie – Berechnung – Simulation*. 7. überarb. Aufl.. München: Hanser Verlag
- [9]: Späte, Frank (2016): *Solare Energiesysteme*. Vorlesungsskript: Ostbayerische Technische Hochschule (OTH) Amberg-Weiden
- [12]: K. Schild, W. M. Willems (2013): *Wärmeschutz – Grundlagen – Berechnung – Bewertung*. 2. Aufl. Wiesbaden: Springer Vieweg
- [13]: Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.) (10/2016): *DIN V 18599-2 – Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz- End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 2: Nutzenergiebedarf für Heizen und Kühlen von Gebäudezonen*. Norm. Berlin: Beuth Verlag GmbH
- [15]: Bayerisches Landesamt für Umwelt (Hrsg.) (2018): *Lichtfarben Beleuchtung*. Publikation. Augsburg