"Herausforderungen für das Einrichten und Betreiben von Arbeitsstätten zwischen Energiekrise und Klimawandel"

LARS ENGELHARDT

M. ENG., DIPL.-ING.(FH)

169. SICHERHEITSWISSENSCHAFTLICHES KOLLOQUIUM
08.12.2022

Kurze Vorstellung

Berufserfahrungen:

Brandschutz
Bauleitung
Arbeitsschutz
Energieeffizienzexperte
Sachverständiger

Karikaturist (Freizeit)

Inhalt des Vortrages

1) Anlass (Kurzfristenergieversorgungssicherungsmaßnahmenverordnung – EnSikuMaV – Geltungsbereich ArbStättV)
2) ArbStättV Betrachtungsbereiche (Reglungsgegenstand Innenraumklima)
3) Bewertung des Innenraumklimas nach DIN EN ISO 7730
4.) Praxisbeispiele Sommer- und Winterfall beim Innenraumklima
5.) GEG Betrachtungsbereiche (Reglungsgegenstand Energieeinsparung)
6.) Die Gefährdungsbeurteilung als Bindeglied zwischen ArbStättV und GEG?
7.) Energieeinsparung (mögliche Vorgehensweisen kurzfristig)

1) EnSikuMaV - Kurzfristenergieversorgungssicherungsmaßnahmenverordnung

- Nachvollziehbares Ziel: Energieeinsparung von 6 % pro Grad Lufttemperaturabsenkung
- Energieeinsparung erfolgt nur zu Lasten der Beschäftigten

geopfert wurde dafür:

- Der Gleichbehandlungsgrundsatz
- Die Möglichkeit eigene, sinnvollere Konzepte anzuwenden um das Energieeinsparziel zu erreichen
- Das Wohlbefinden von vielen Beschäftigten sowie die Hygiene

1) Thesen

- Vermutlich gab es keinen Austausch mit den entsprechenden Fachleuten
- Bei den derzeitigen Gesetzentwürfen wird deutlich, dass Lobbyismus offensichtlich vor wissenschaftlicher Erkenntnis steht
- Aus diesem Grund werden energetische Potentiale nicht erschlossen und eventuell wichtige Weichen langfristig nicht gestellt.

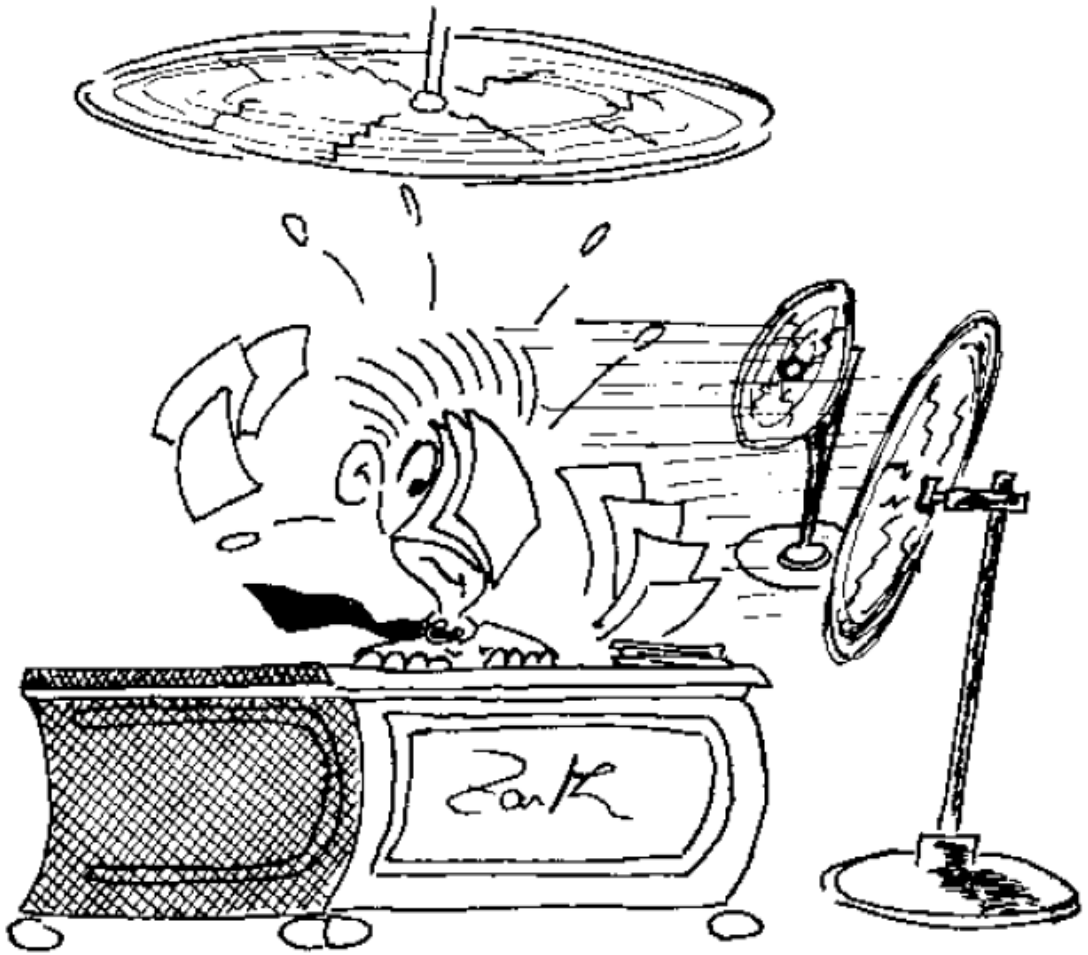
Generelles Problem seit Jahren

- Der juristischen Interpretation von Vorschriften wird mehr Beachtung geschenkt, als der fachliche Bewertung einer Situation

2) ArbStättV

ArbStättV
Reglungsinhalt
Beschäftigte
Tätigkeit
Arbeitsumgebung
Beeinträchtigung bei der Arbeit
Gefährdung
zu kalt
zu warm

2) ArbStättV Sommerfall



Quelle: Lausitzer Rundschau, Karikatur Lars Engelhardt

2) ArbStättV Sommerfall

- **ArbStättV i.V.m. ASR A3.5 ***

-> 26° C Verschattung

-> 30°C Morgenlüftung, Gleitzeit, Getränke

-> 35 °C eigentlich als Arbeitsraum (Büro) ungeeignet – kein Zeitlimit)

***vorwiegend Beeinflussung über Nutzerverhalten**

2) ArbStättV Winterfall

Karikatur Lars Engelhardt

2) ArbStättV Winterfall

ArbStättV i.V.m. ASR A3.5 u. A3.6 (Regelung Lufttemperaturen in Innenräumen, Luftgeschwindigkeit)

Unterscheidung Arbeitsräume 20 – 12 °C, Duschräume (24 °C), Toiletten-,Umkleideräume- und Pausenräume (21 ° C) und Luftgeschwindigkeit < 0,15 m/s

2) EnSikuMaV / ASR A3.5 Raumtemperatur/ Winterfall

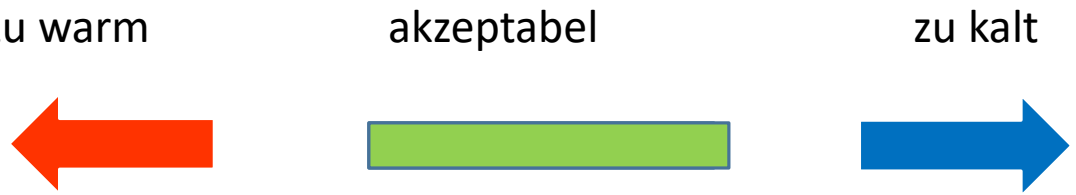
Vorgaben ASR A3.5 Absenkung durch EnSikuMaV

Körperhaltung	Arbeitsschwere		
	leicht	mittel	schwer
sitzen	20/19 °C	19/18 °C	
stehen, gehen	19/18 °C	17/16 °C	12 °C

Absenkung der Mindestlufttemperatur um ein Grad (Ausnahme öffentlicher Dienst, dort Höchsttemperatur)

3) Die Bewertung aller Klimafaktoren erlaubt auch einen größeren Spielraum bei der Gestaltung der Raumtemperatur

Behaglichkeit nach ASR A3.5 (Lufttemperatur und Luftgeschwindigkeit, Aktivität)



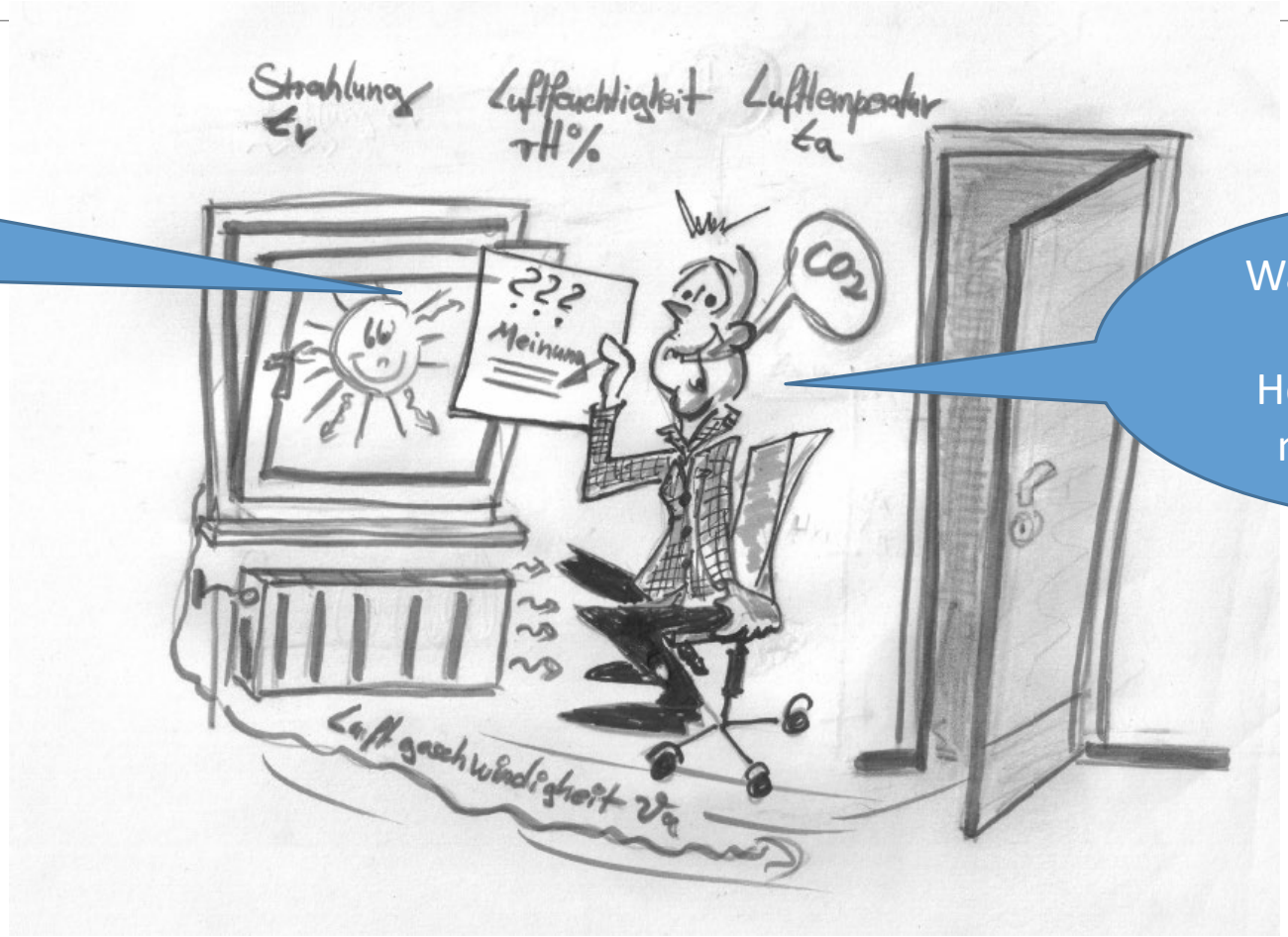
Behaglichkeit nach DIN 7730 ?

3) Warum wird nur die Lufttemperatur und Luftgeschwindigkeit als Messgröße in der ASR A3.5 geregelt ?

- Möglichkeit der einfachen Messung (Thermometer und Anemometer)
- Tribut an den Laienanwender und die oft mangelhaften Kenntnisse der im Arbeitsschutz Beteiligten
- Kompensation der anderen möglichen Klimakenngrößen über die Mindestraumlufttemperatur
- Das Thema der thermischen Behaglichkeit ist wesentlich komplexer und nur mit speziellen Messgeräten darstellbar.
- Die richtige Interpretation der Messergebnisse erfordert jahrelange Erfahrung
- Dieser Aufwand wäre in den meisten Fällen absolut übertrieben

3) Bewertung der Behaglichkeit anhand der DIN EN ISO 7730

Meine Meinung ist aber auch wichtig !



Was ziehe ich heute an?
Hoffentlich wird es nicht zu stressig!

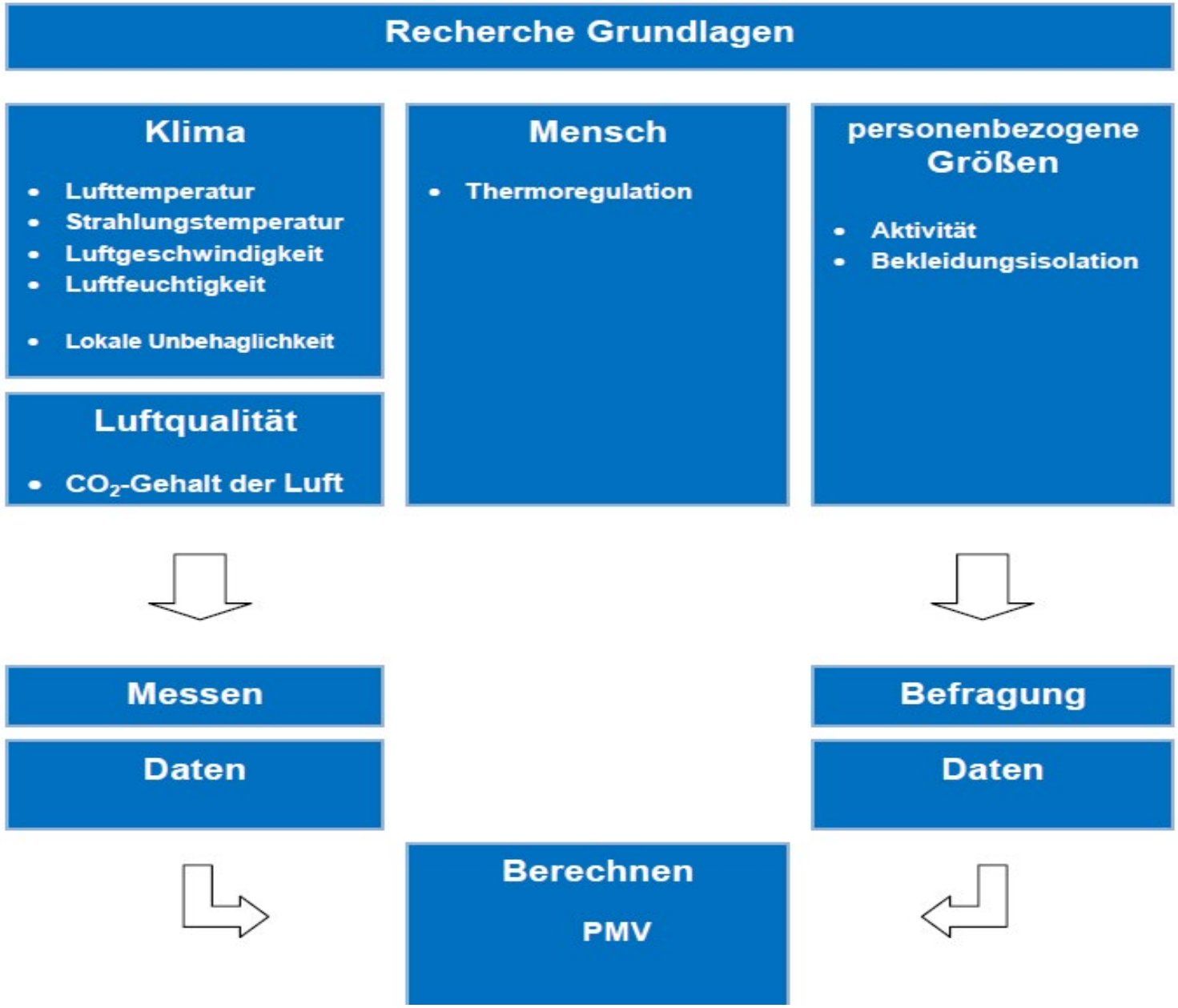
3) Bewertung der Behaglichkeit anhand der DIN EN ISO 7730

PMV *„Predicted Mean Vote“* Der **PMV** sagt zwar voraus, wie die mittlere Beurteilung des Raumklimas durch eine größere Personengruppe erfolgt.

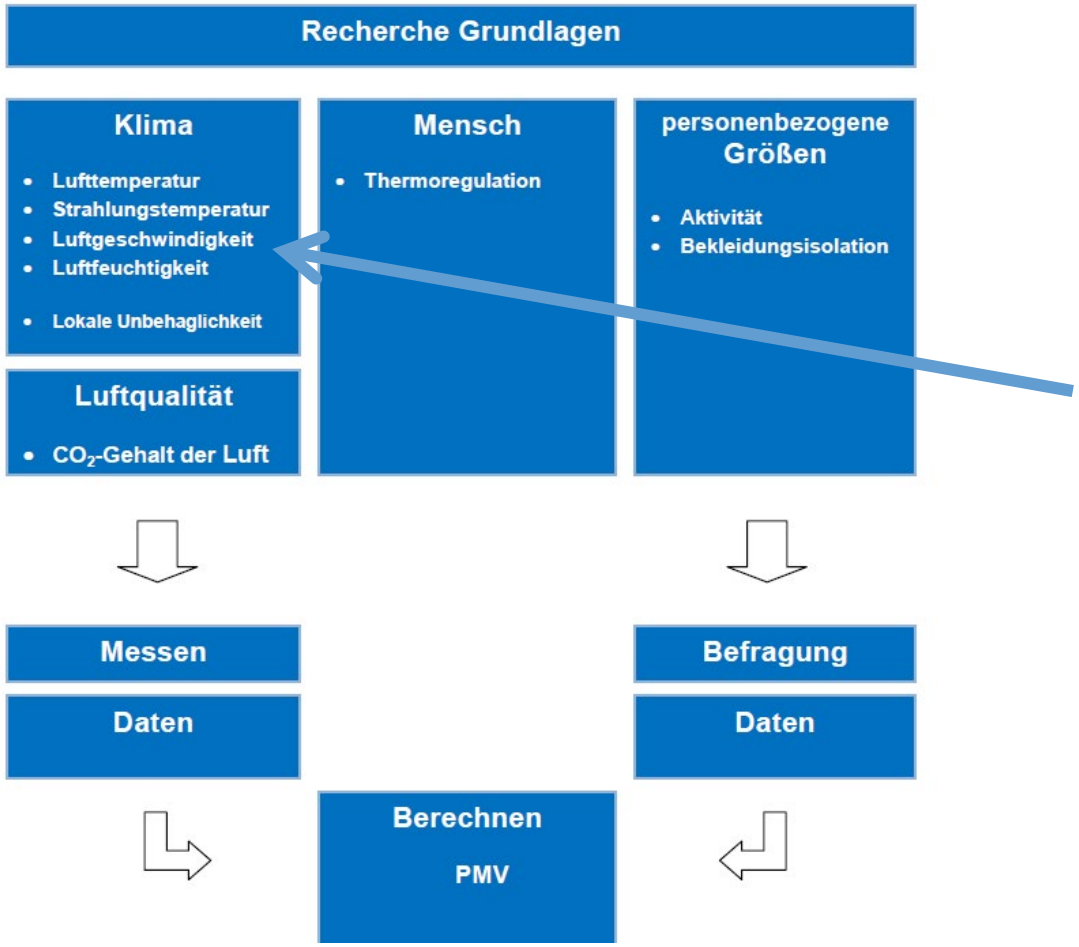
Der Predicted Percentage of Dissatisfied = **PPD**“, welcher sich direkt aus dem PMV-Index errechnet, ist nützlich, um den Prozentsatz der Personen voraussagen zu können, die das Raumklima als zu kalt oder zu warm empfinden.

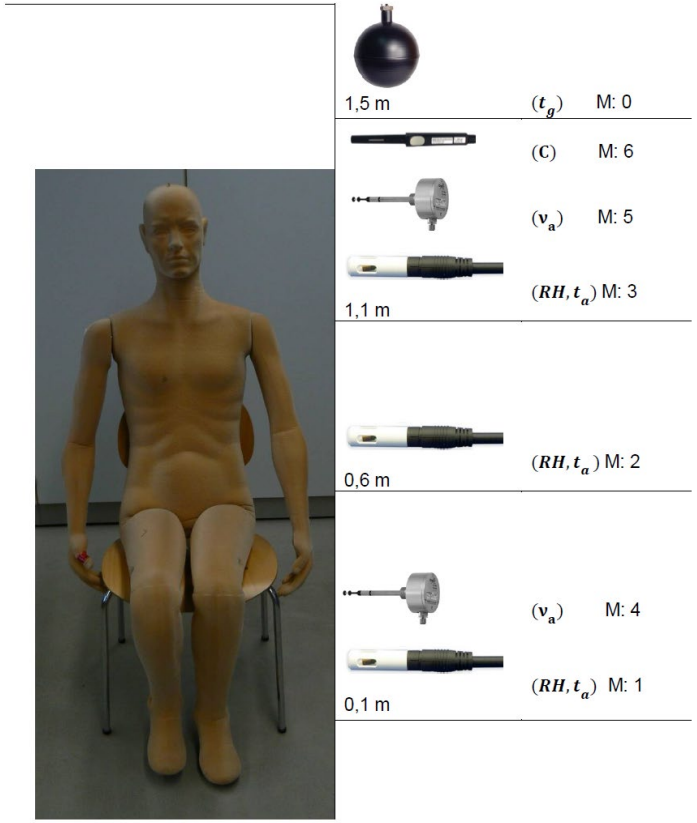
prognostiziert für eine größere Anzahl von Personen	heiß	warm	etwas warm	Neutral 19 - 20 °C Büroarbeitsplatz	etwas kühl 19°C - 20 °C Büroarbeitsplatz	kühl 19 °C Büroarbeitsplatz	kalt
PMV Klimaempfindung	3	2	1	0	-1	-2	-3
PPD Unzufriedene				5% - 25%	25 % - 30 %	30 - 75%	

3)

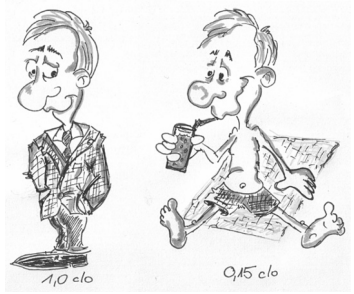

Recherche Grundlagen
Klima
Lufttemperatur
Strahlungstemperatur
Luftgeschwindigkeit
Luftfeuchtigkeit
Lokale Unbehaglichkeit
Luftqualität
CO_2-Gehalt der Luft
Mensch
Thermoregulation
personenbezogene Größen
Aktivität
Bekleidungsisolation
Messen
Daten
Befragung
Daten
Berechnen
PMV

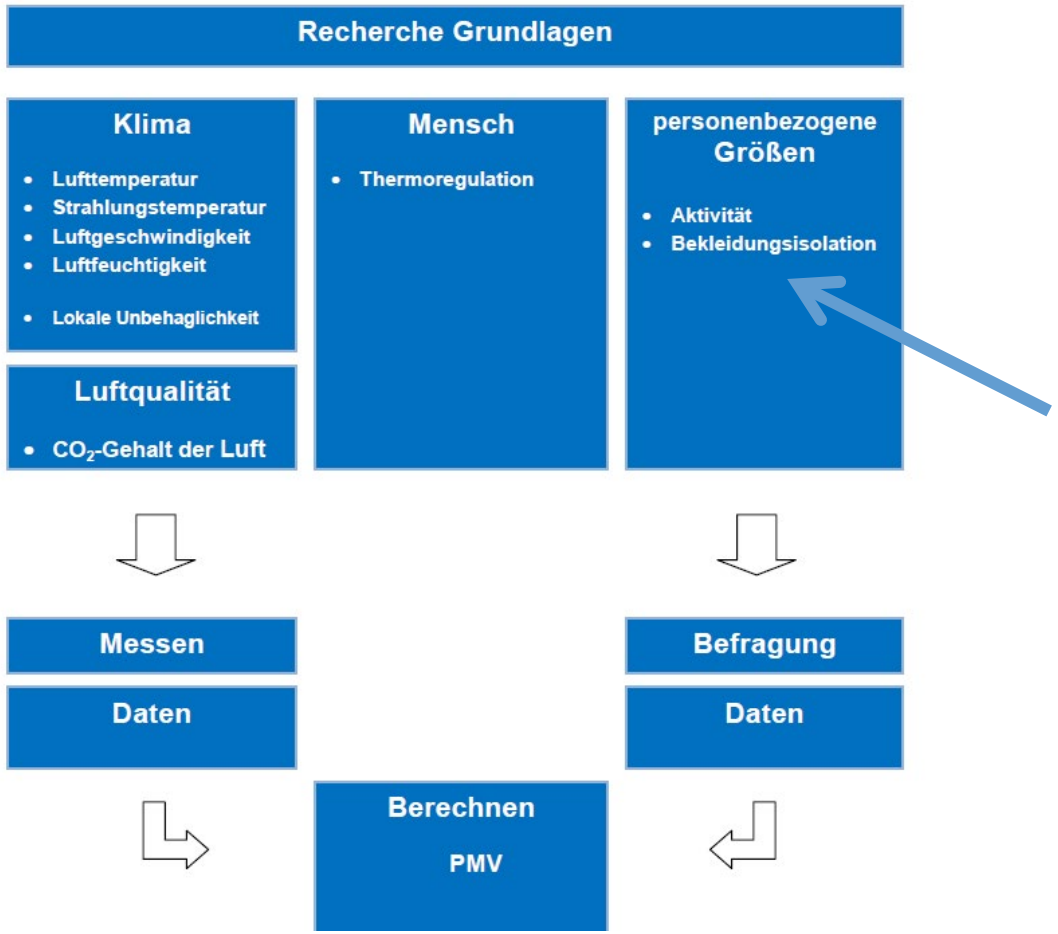
3) Bewertung der Behaglichkeit anhand der DIN EN ISO 7730





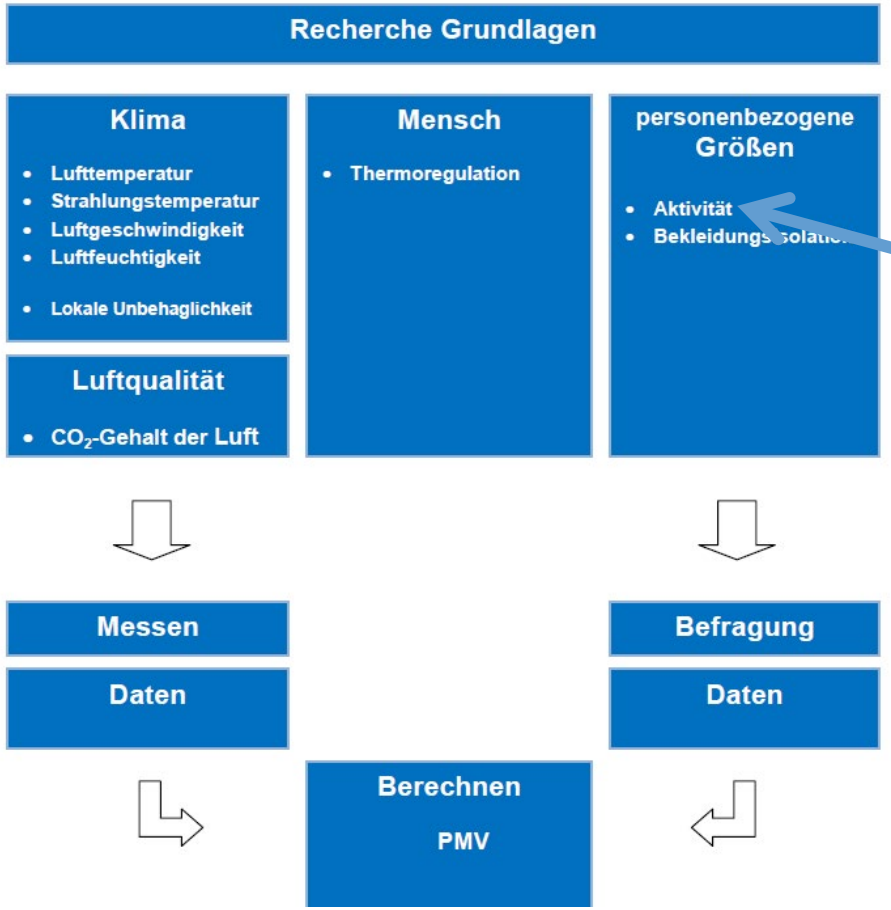
3)Bewertung der Behaglichkeit anhand der DIN EN ISO 7730





Tagesbekleidung	Clo	ankreuzen
1 Slip, T-Shirt, Shorts, leichte Socken, Sandalen	0,3	☐
2 Unterhose, Hemd mit kurzem Arm, leichte Hose, leichte Socken, Schuhe	0,5	☐
3 Unterhose, Hemd, Hose aus leichtem Gewebe, Socken, Schuhe	0,6	☐
4 Slip, Unterrock, Strümpfe, Kleid, Schuhe	0,7	☐
5 Unterwäsche, Hemd, Hose, Socken, Schuhe	0,7	☐
6 Slip, Unterrock, Hemd, Rock, dicke Kniesocken, Schuhe	0,8	☐
7 Slip, Hemd, Rock, Pullover mit Rundkragen, dicke Kniesocken, Schuhe	0,9	☐
8 Slip, Hemd, Hose, Jacke, Socken, Schuhe	1,0	☐
9 Slip, Strümpfe, Hemd, Rock, Weste, Jacke	1,0	☐
10 Slip, Strümpfe, Bluse, langer Rock, Jacke, Schuhe	1,1	☐
11 Unterwäsche, Unterhemd mit kurzem Arm, Hemd, Hose, Jacke, Socken, Schuhe	1,1	☐

3) Bewertung des Innenraumklimas anhand der DIN EN ISO 7730

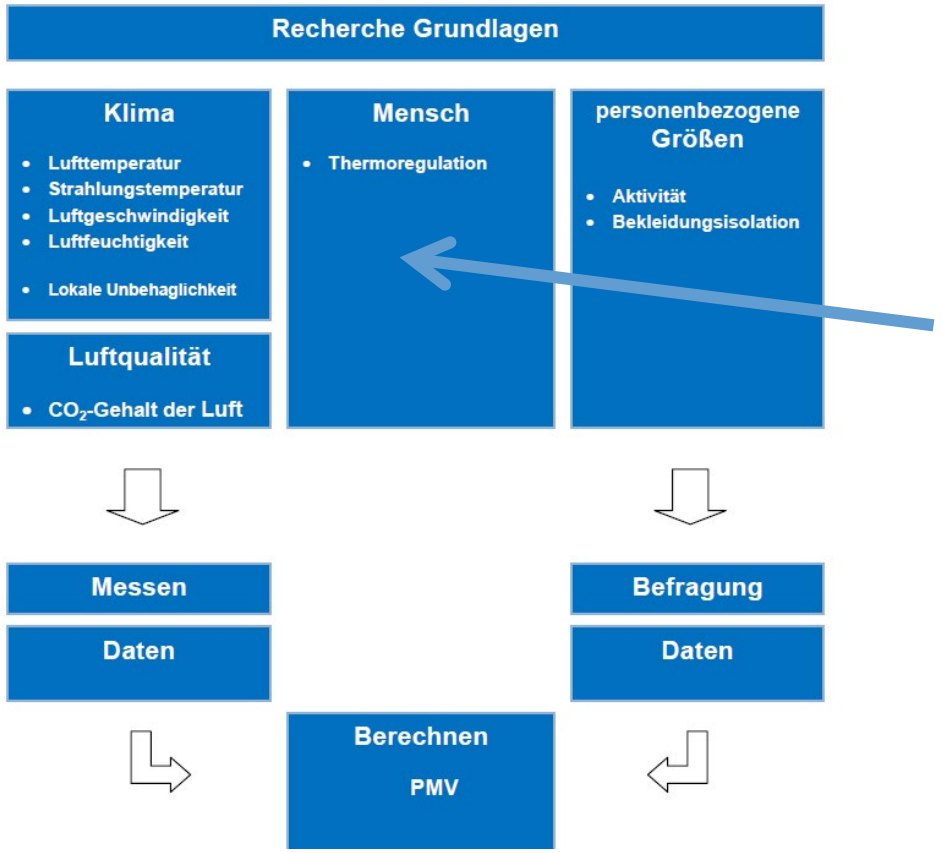


Beschreibung der Tätigkeit : .....

Eigene Einstufung der Arbeitsschwere:

Körperhaltung	Arbeitsschwere		
	leicht	mittel	schwer
Sitzen	☐ (55 - 75 Wm^{-2})	☐ (75 - 90 Wm^{-2})	☐ (90 - 150 Wm^{-2})
Stehen, Gehen	☐ (75 - 100 Wm^{-2})	☐ (90 - 150 Wm^{-2})	☐ (150- 260 Wm^{-2})

3) Bewertung des Innenraumklimas anhand der DIN EN ISO 7730



PMV = *Predicted Mean Vote*

Skalierungsfaktor = $[0{,}303 \times \exp(-0{,}036 \times \mathrm{M}) + 0{,}028]$

Stoffwechselbedingte Wärmebildung $[H] = \times [(\mathrm{M} - \mathrm{W})$

insensible Perspiration $[E_{dif}] = -3{,}05 \times 10^{-3} \times [5733 - 6{,}99 \times (M - W) - p_a]$

Schweißverdunstung an der Oberfläche $[E_{sw}] = -0{,}42 \times [(M - W) - 58{,}18]$

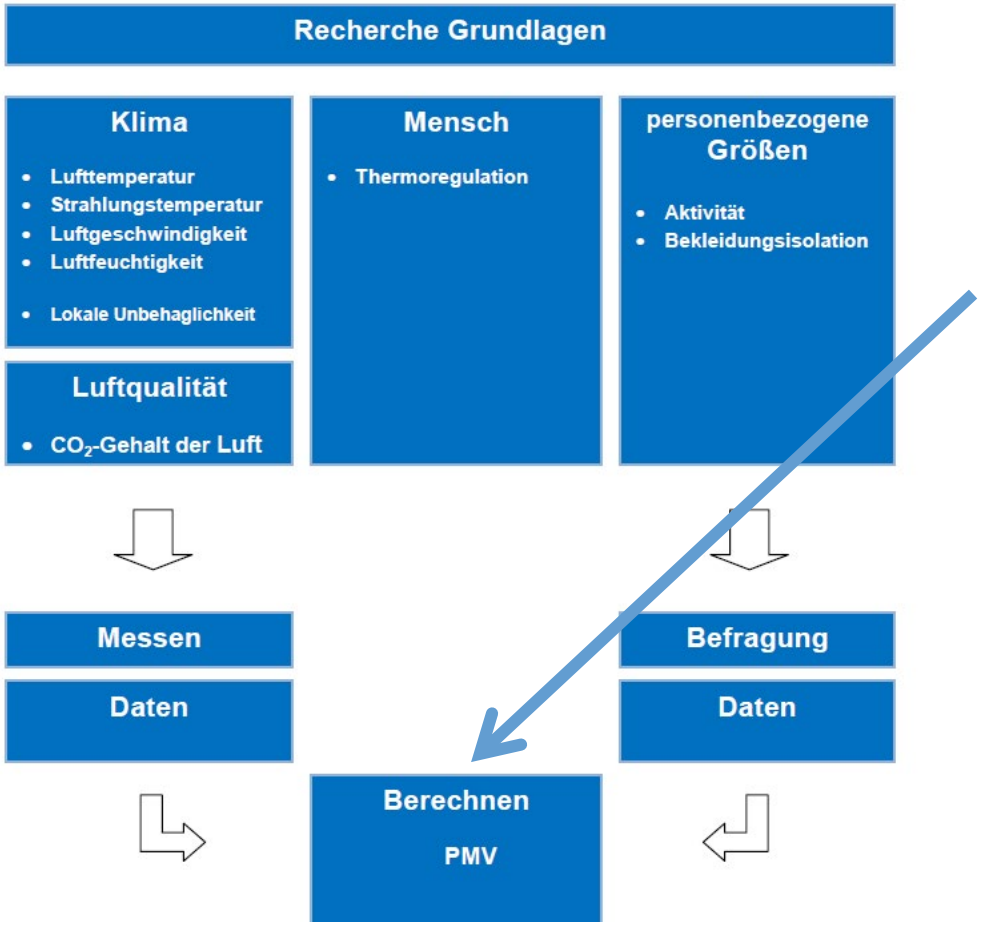
Verdunstungswärme in der Atemluft $[E_{res}] = -1{,}7 \times 10^{-5} \times \mathrm{M} \times (5867 - \mathrm{p_a})$

trockene Wärmeabgabe durch Atmung $[C_{res}] = -0{,}0014 \times \mathrm{M} \times (34 - \mathrm{t_a})$

Wärmestrahlung $[R] = -3{,}96 \times 10^{-8} \times \mathrm{f_{cl}} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4]$

Konvektion $[\mathrm{C}] = -\mathrm{f_{cl}} \times \mathrm{h_c} \times (\mathrm{t_{cl}} - \mathrm{t_a})]$

3) Bewertung des Innenraumklimas anhand der DIN EN ISO 7730



$$PMV = [0{,}303 \times \exp(-0{,}036 \times M) + 0{,}028] \times [(M - W) - 3{,}05 \times 10^{-3} \times [5733 - 6{,}99 \times (M - W) - p_a] - 0{,}42 \times [(M - W) - 58{,}18] - 1{,}7 \times 10^{-5} \times M \times (5867 - p_a) - 0{,}0014 \times M \times (34 - t_a) - 3{,}96 \times 10^{-8} \times f_{cl} \times [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - t_a)]$$

Zusätzlich gelten die Hilfsgleichungen:

Für die Oberflächentemperatur der Bekleidung:

$$t_{cl} = 35{,}7 \times 0{,}028 \times (M - W) - I_{cl} \times \{[(3{,}96 \times 10^{-8} \times f_{cl}[(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] + f_{cl} \times h_c \times (t_{cl} - t_a)\}^4 \; [°C]$$

„t_{cl} ist iterativ zu ermitteln“

Für den Wärmeübergangskoeffizienten durch Konvektion ist der größere Wert (h_c) der beiden nachfolgenden Gleichungen zu verwenden:

$$h_c = 2{,}38 \times (t_{cl} - t_a)^{0{,}25} \; [W/m^2 \, °C] \quad \text{bzw.} \quad h_c = \sqrt{v_{ar}} \; [W/m^2 \, °C]$$

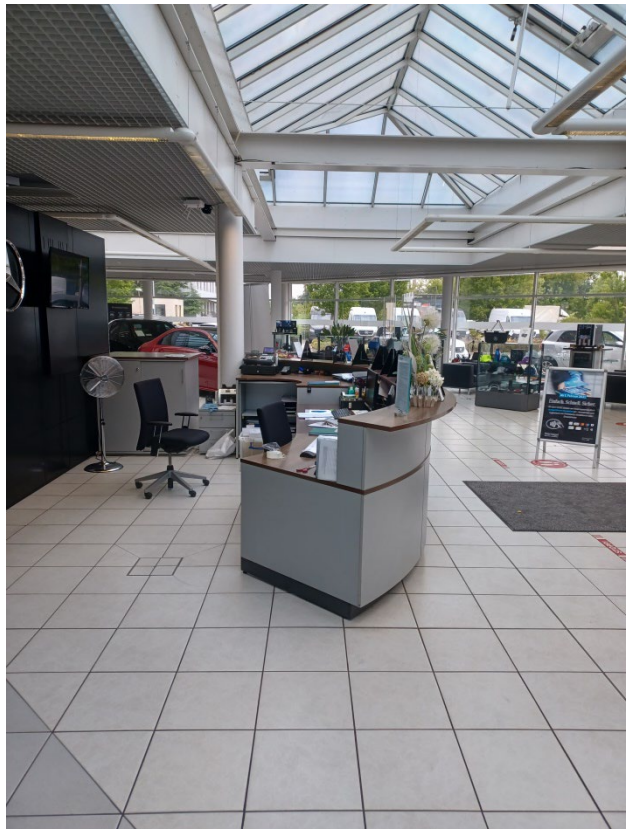
Für das Oberflächenverhältnis des bekleideten zum unbekleideten Körper:

$$f_{cl} = 1{,}00 + 1{,}29 \times I_{cl} \quad \text{für} \quad I_{cl} \leq 0{,}78 \; [m^2 \, °C/W] \quad \text{bzw:}$$

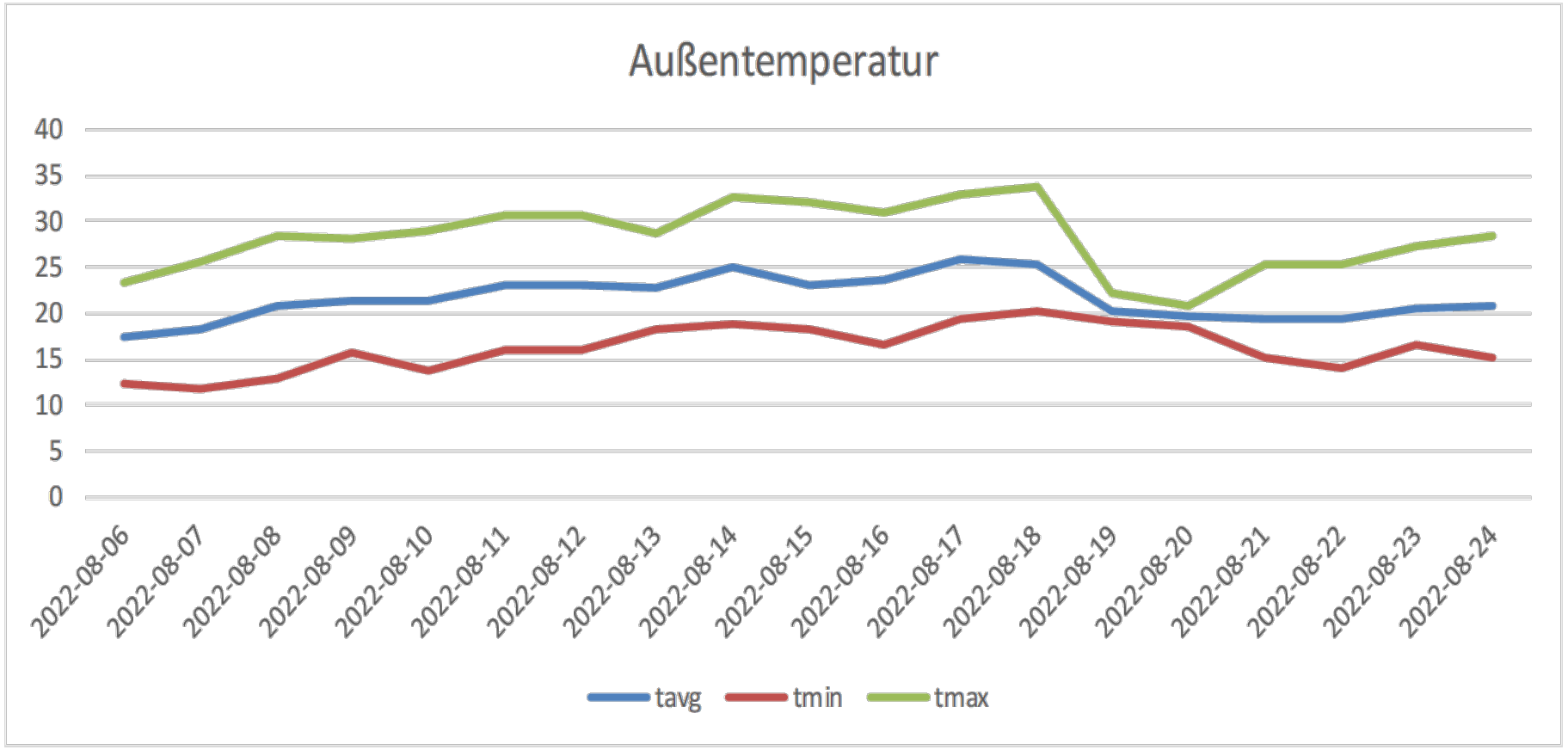
$$f_{cl} = 1{,}00 + 0{,}645 \times I_{cl} \quad \text{für} \quad I_{cl} > 0{,}78 \; [m^2 \, °C/W]$$

4) Praxisbeispiel Messung Sommerfall

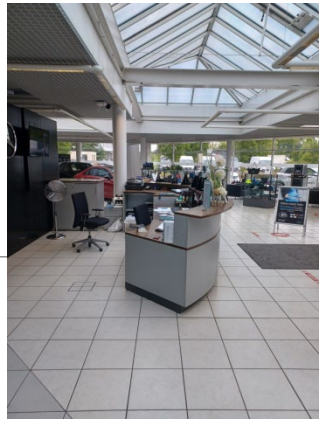
Beispiel: Einflussmöglichkeiten durch Nutzerverhalten (Lüften)
Messungen in zwei Autohäusern

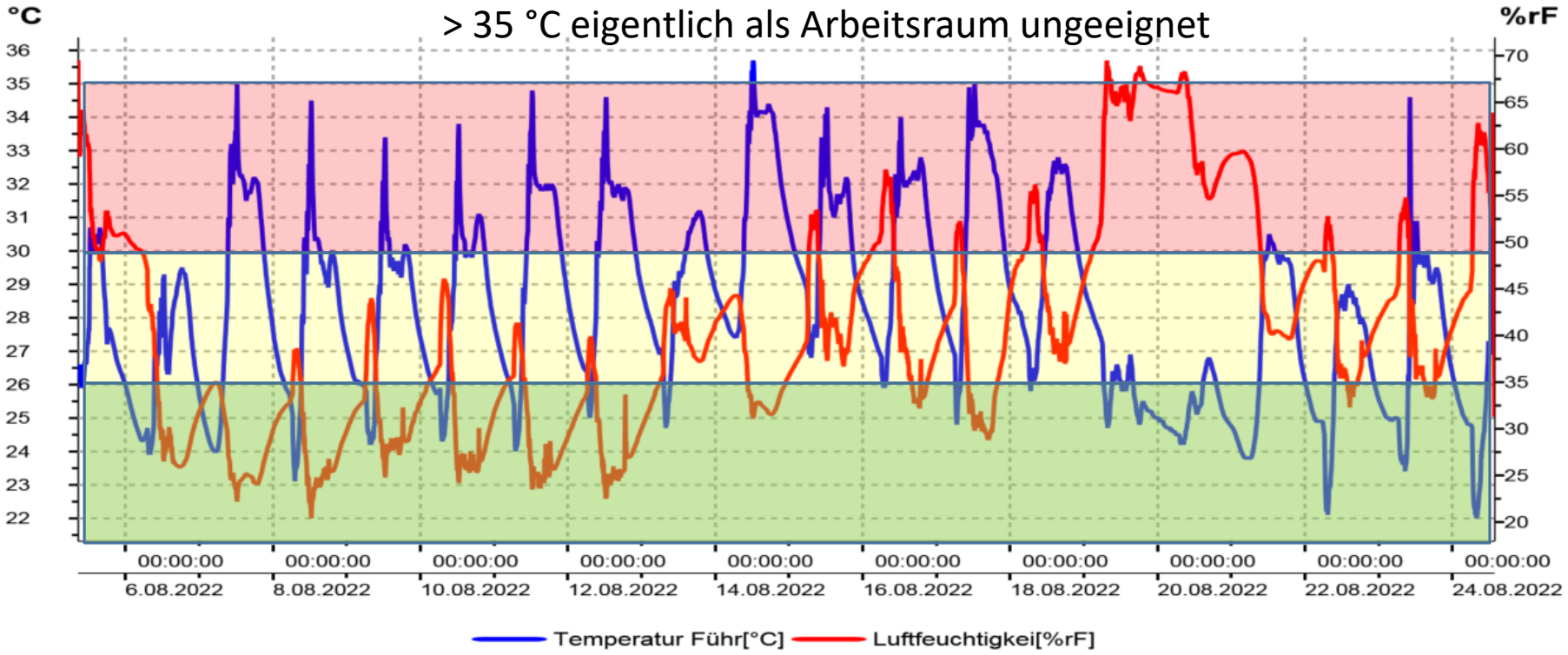


4) Praxisbeispiel Messung Sommerfall



4) Praxisbeispiel Messung Sommerfall

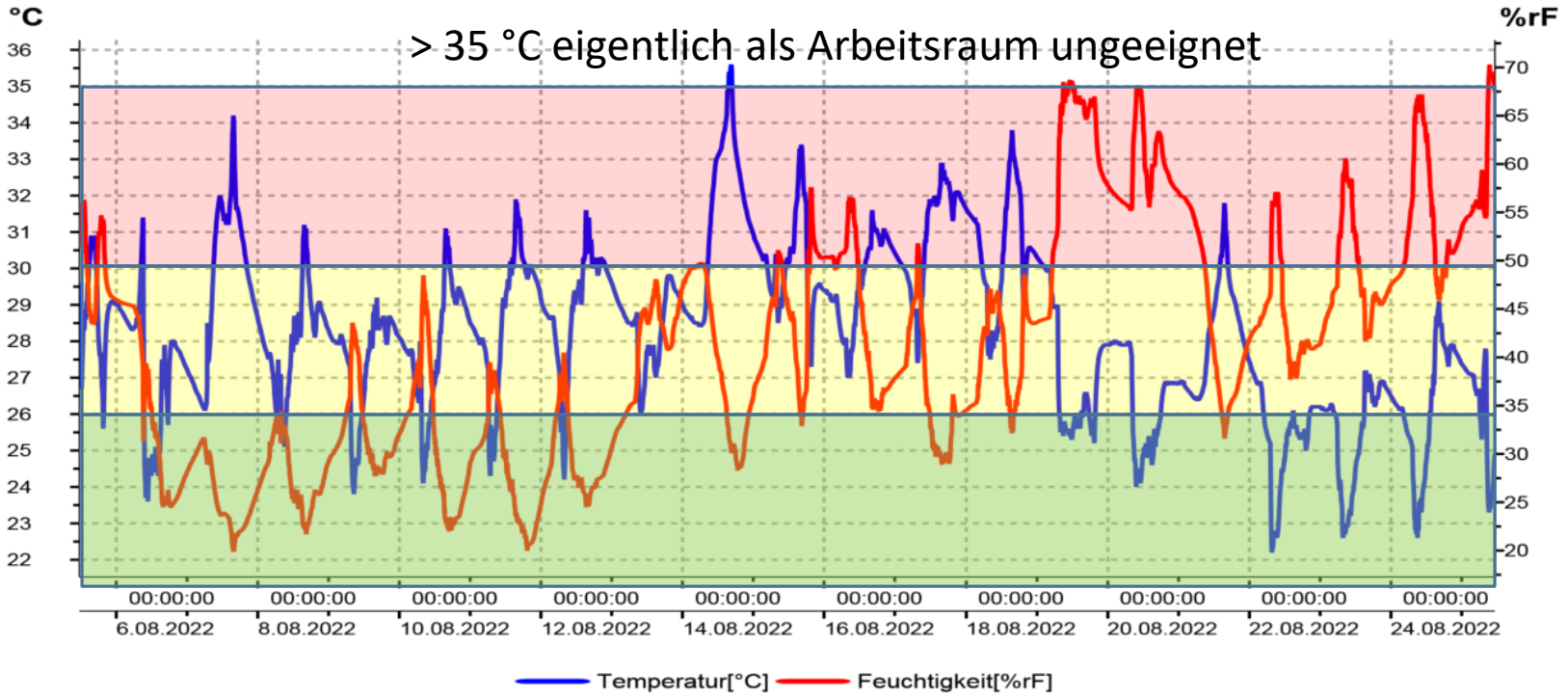




> 30°C Morgenlüftung, Gleitzeit, Getränke

> 26° C Verschattung

4) Praxisbeispiel Messung Sommerfall



> 30°C Morgenlüftung, Gleitzeit, Getränke

> 26° C Verschattung

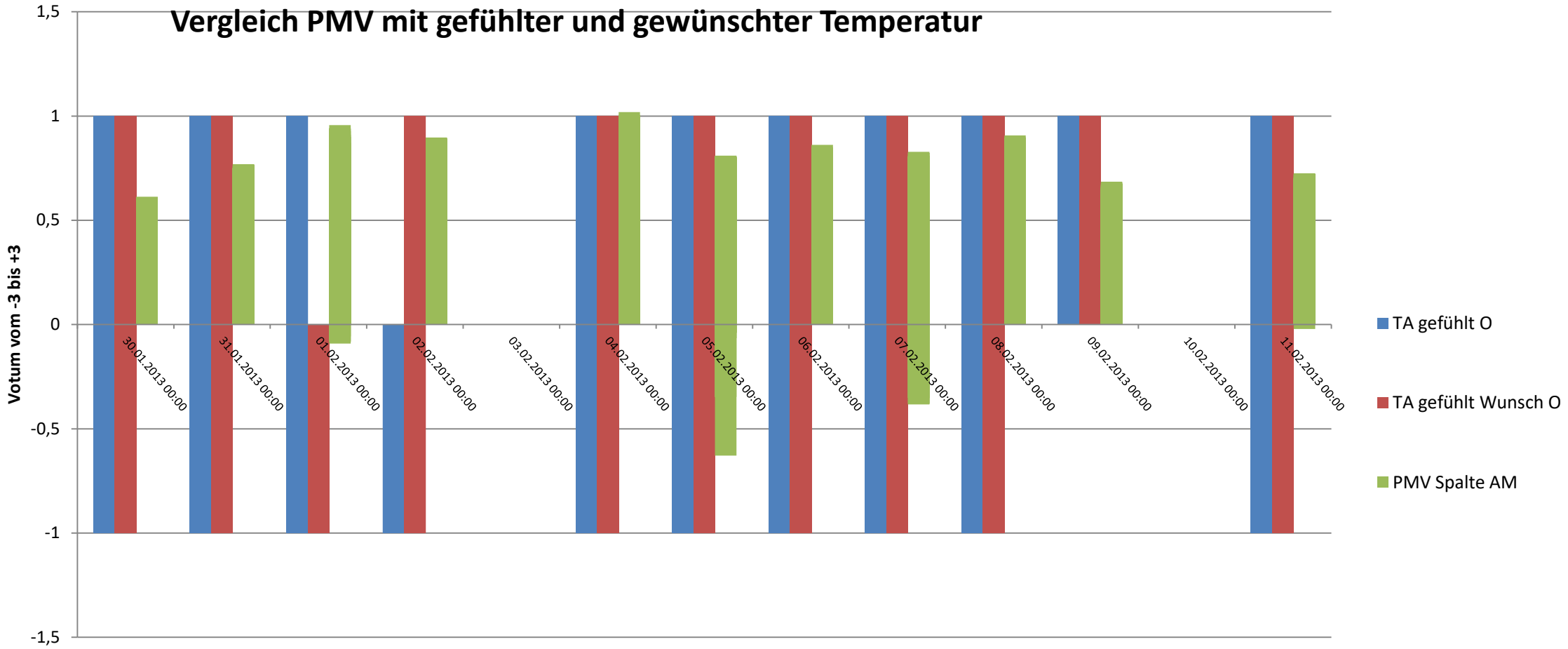
4) Praxisbeispiel Messung Sommerfall

Die als Sofortmaßnahme eingeleitete Lüftung über Fenster und Türen, war relativ erfolglos. Auch der Einsatz von Ventilatoren half nur begrenzt.

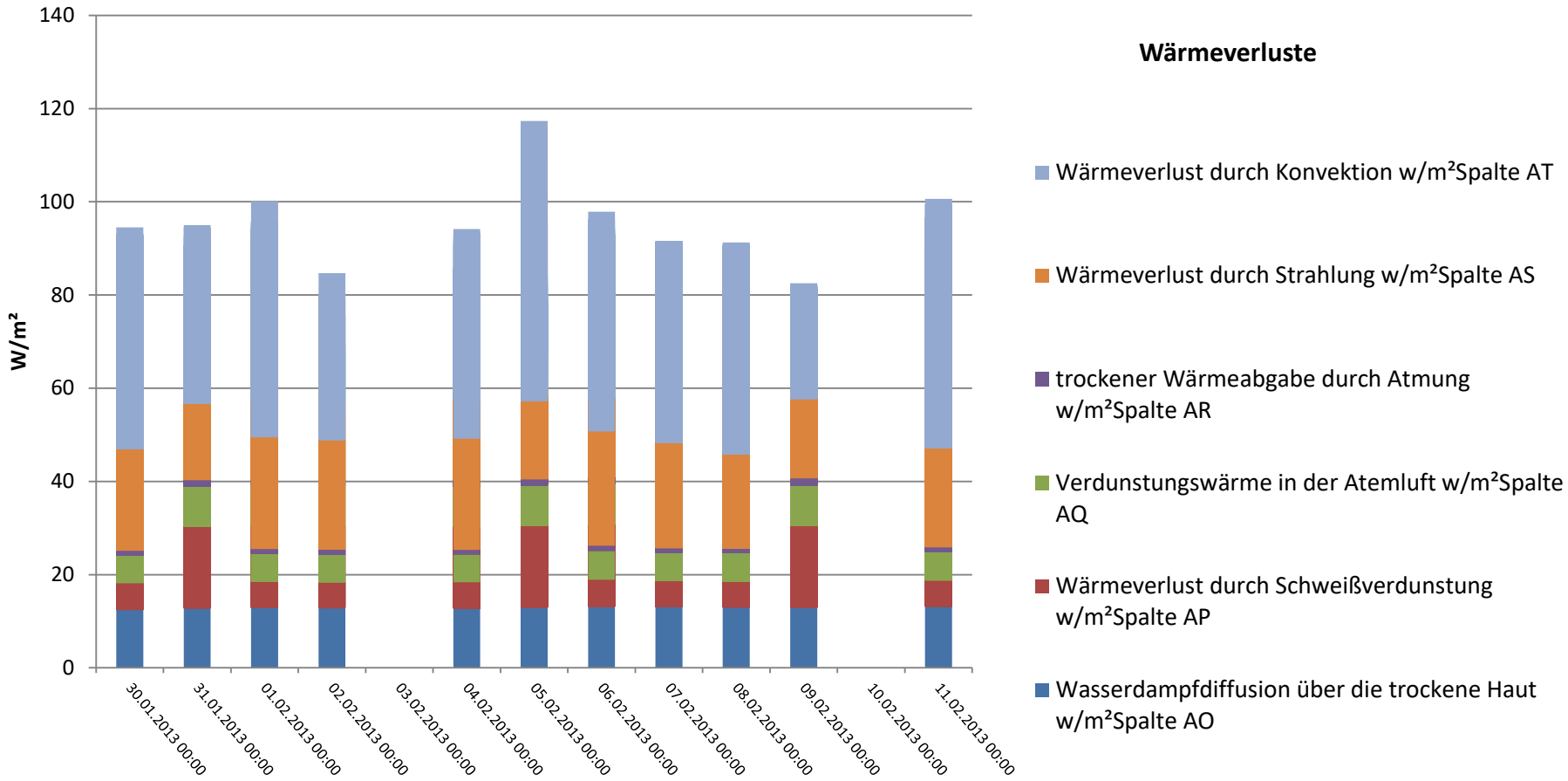
Vorschläge beider Betreiber der Autohäuser zur Minimierung der Wärmelasten war nicht die Verschattung, sondern die Installation einer PV-Anlage und das Einbinden einer Klimaanlage .

4) Praxisbeispiel Messung Winterfall

4) Praxisbeispiel Messung Winterfall



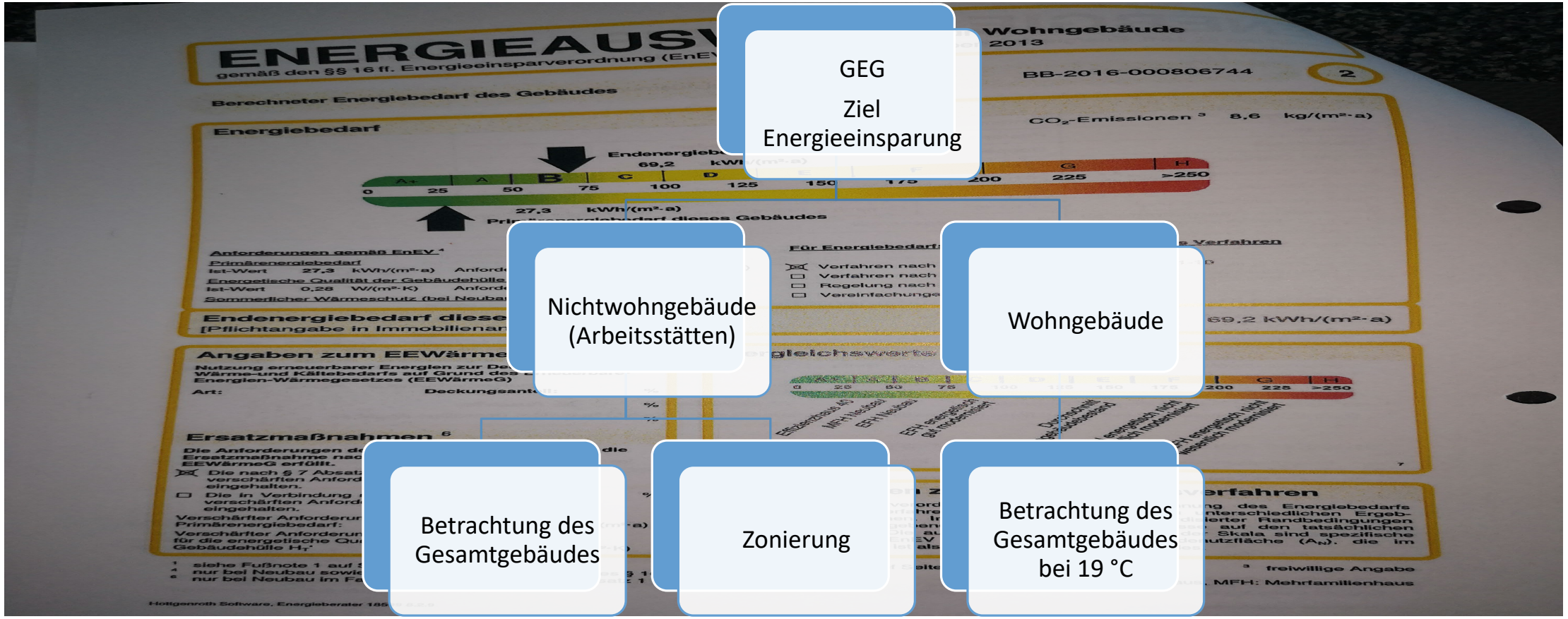
4) Praxisbeispiel Messung Winterfall



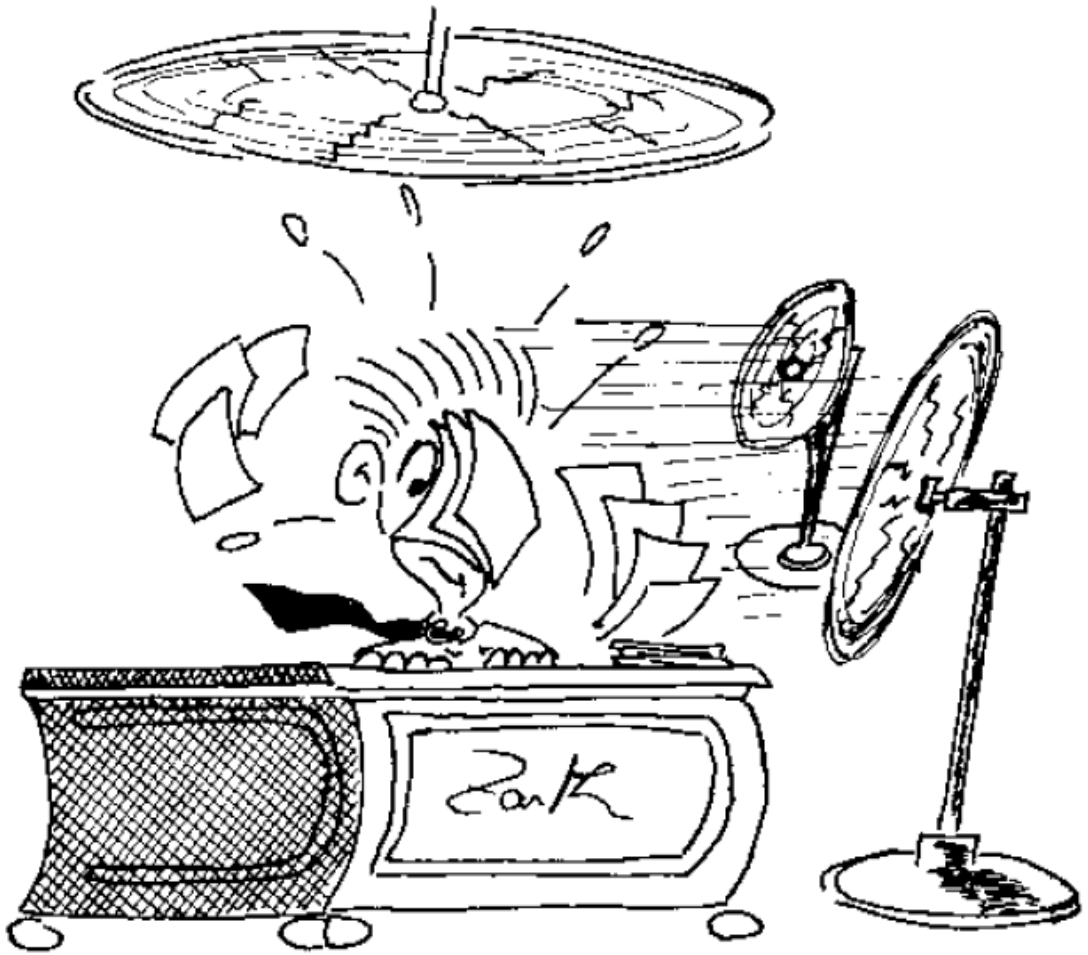
5) GEG

Fazit: Wenn die Gebäudehülle oder die Anlagentechnik nicht geeignet sind, kann nutzerbedingtes Verhalten dies selten heilen. Eine Verbesserung der Klimasituation fängt schon beim Bau der Arbeitsstätte an.

5) GEG


ENERGIEAUSW
gemäß den §§ 16 ff. Energieeinsparverordnung (EnEV)
Wohngebäude
2013
BB-2016-000806744
Berechneter Energiebedarf des Gebäudes
Energiebedarf
CO2-Emissionen 8,6 kg/(m²·a)
69,2 kWh/(m²·a)
27,3 kWh/(m²·a)
Anforderungen gemäß EnEV
Primärenergiebedarf
Ist-Wert 27,3 kWh/(m²·a)
Energetische Qualität der Gebäudehülle
Ist-Wert 0,28 W/(m²·K)
Sommerlicher Wärmeschutz (bei Neubau)
Endenergiebedarf dieses
[Pflichtangabe in Immobilienan
Angaben zum EEWärme
Nutzung erneuerbarer Energien zur De
Wärme- und Kältebedarfs auf Grund des
Energien-Wärmegesetzes (EEWärmeG)
Art:
Deckungsanteil
Ersatzmaßnahmen
Die Anforderungen d
Ersatzmaßnahme nac
EEWärmeG erfüllt.
Die nach § 7 Absatz
verschärften Anford
eingehalten.
Die in Verbindung
verschärften Anford
eingehalten.
Verschärfter Anforderun
Primärenergiebedarf:
Verschärfter Anforderun
für die energetische Qu
Gebäudehülle HT'
siehe Fußnote 1 auf
nur bei Neubau sowie
nur bei Neubau im Fa
Für Energiebedarfs
Verfahren nach
Verfahren nach
Regelung nach
Vereinfachunge
Verfahren
gleichwertig
Effizienzhaus 40
MFH Neubau
EFH Neubau
EFH energetisch
Bj. modernisiert
Das Objekt ist
Neubaustandard
EFH energetisch nicht
Bj. modernisiert
MFH energetisch nicht
wesentlich modernisiert
Verfahren
des Energiebedarfs
unterschiedlichen Ergeb-
terter Randbedingungen
auf den tatsächlichen
Skala sind spezifische
Nutzfläche (AN), die im
freiwillige Angabe
MFH: Mehrfamilienhaus
Hottgenroth Software, Energieberater
GEG
Ziel
Energieeinsparung
Nichtwohngebäude
(Arbeitsstätten)
Wohngebäude
Betrachtung des
Gesamtgebäudes
Zonierung
Betrachtung des
Gesamtgebäudes
bei 19 °C

5) GEG Sommerfall



Quelle: Lausitzer Rundschau, Karikatur Lars Engelhardt

5) GEG Sommerfall

§ 14 GEG 2020 sommerlicher Wärmeschutz (vereinfachter Nachweis und Simulation) *

- Unterscheidung nach Klimaregionen innerhalb Deutschland
- Verschattungsmöglichkeiten und Strahlungsdurchlässigkeit der Verglasung (g-Wert)
- Bauart (schwer, mittel, leicht)

***vorwiegend Beeinflussung des Klimas über das Bauwerk**

5) GEG Winterfall

Karikatur Lars Engelhardt

5) GEG Winterfall

§ 19 GEG 2020 baulicher Wärmeschutznachweis

- Begrenzung des Transmissionswärmeverlustes bezogen auf die wärmeübertragene Hüllfläche des Gebäudes in W/m²K
- Verluste durch Luftwechsel in W
- Energiebedarf x Primärenergie (Beispiele) x Anlagenverluste

Energieträger	Primärenergiefaktor nach GEG
Öl, Gas; Steinkohle	1,1
Braunkohle	1,2
Holz	0,2
Strom	1,8 (0 -2,8)
Fernwärme, Erneuerbare Energie	0,0 – 0,7

Fazit

- Nur wenn ein Gebäude energetisch designt wurde können die Vorgaben der ArbStättV/ASR 3.5 energiesparend eingehalten werden

Beide Vorschriften stehen aus energetischer Sicht im Zusammenhang.

- Das GEG regelt vorwiegend die baulichen Anforderungen und die Innovation der Heiztechnik sowie die Qualität der Thermischen Hülle eines Gebäudes bei einer Innentemperatur zwischen 12 und 19 °C + x°C. Es regelt die baulichen Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz.
- Die ASR A3.5 regelt die Lufttemperaturen und zulässigen Luftgeschwindigkeiten zwischen 12° C und 35 °C. (allerdings nicht alle beeinflussenden Klimakenngrößen) Sie regelt vorwiegend den organisatorischen sommerlichen Wärmeschutz.

6) Die Gefährdungsbeurteilung ein mögliches Bindeglied zwischen Energieeinsparung und thermischer Behaglichkeit ?

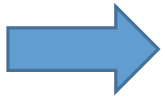
Quelle: BauNetz (Wyon 1986)

6) Vorschlag Gefährdungsbeurteilung

Subjektive Empfindung ist/Wunsch

- heiß
- warm
- etwas warm
- neutral
- etwas kühl
- kühl
- kalt

Ursachenermittlung



Empfohlene Behaglichkeitsgrenzen sitzender Tätigkeit

Klimagrößen		Winterbedingungen (Heizperiode)	Sommerbedingungen (Kühlungsperiode)
operative Raumtemperatur	°C	20-24 Lufttemperatur 19 °C	23-26
Temperaturdifferenz zwischen 1,10 m und 0,10 m oberhalb des Fußbodens (Kopf- und Fußhöhe)	°C	< 3	< 3
Umfassungsbauteile	°C	19-29	-
mittlere Luftgeschwindigkeit,	m/s	< 0,16	< 0,19

6) Gefährdungsbeurteilung

Kompensationsmöglichkeiten vorhanden?

z.B.:

technisch

- Luftzug verhindern (z.B. Fenster und Türen abdichten)
- Kalte Oberflächen der Umgebungsflächen vermeiden (z.B. Dicker Vorhang vor dem Fenster)
- Lufttemperatur erhöhen (nicht erlaubt ?) -> z.B. Zonierung oder Verlegung des Arbeitsraumes in einen anderen Bereich
- Strahlungstemperatur erhöhen (z.B. Infrarotheizung)
- Optimierung Heizung wenn die erforderliche Mindestlufttemperatur nicht erreicht wird (Einstellung der Heizkurve, hydraulischer Abgleich, smart-Home, Dämmung Rohrleitungen usw.)

6) Gefährdungsbeurteilung

Kompensationsmöglichkeiten vorhanden?

z.B.:

Organisation

- Homeoffice
- Betriebszeiten

6) Gefährdungsbeurteilung

Kompensationsmöglichkeiten vorhanden?

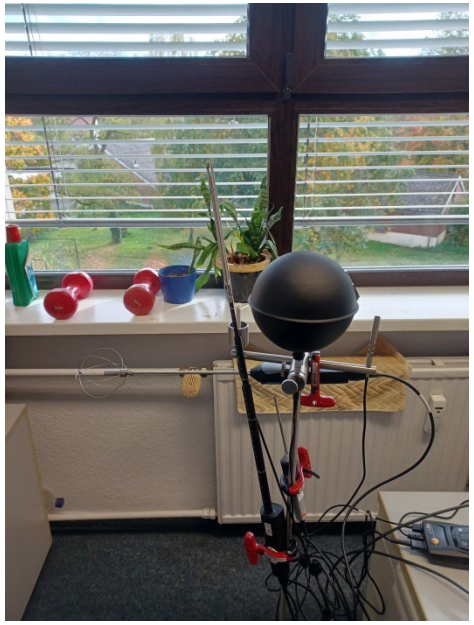
z.B.:

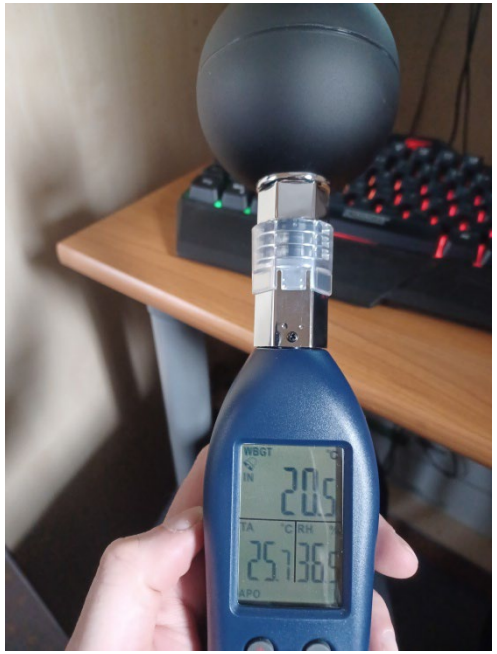
Persönlich

- Kleidung
- warme Getränke
- Erhöhung Metabolismus

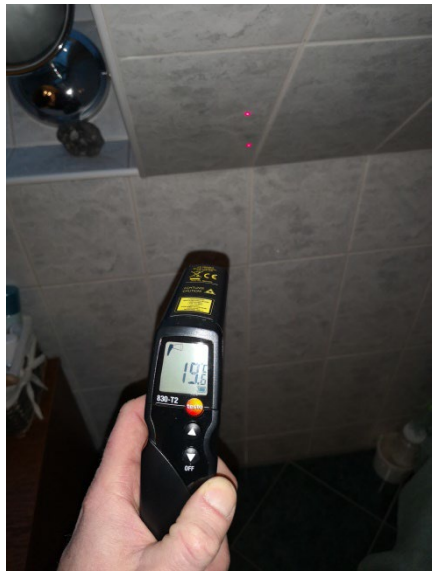
7) Energieeinsparung ist in manchen Gebäuden eine Herausforderung

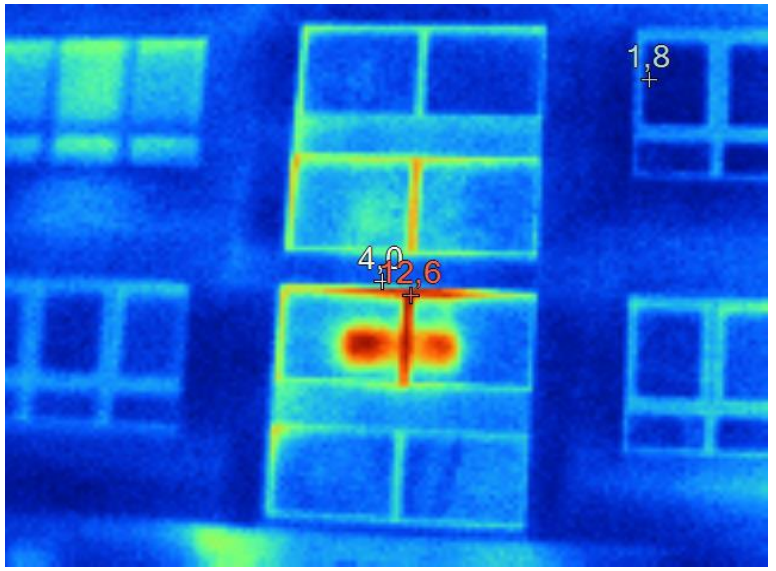
7) Energieeinsparung Aufspüren von Schwachstellen





7) Energieeinsparung Aufspüren von Schwachstellen





7) Energieeinsparung Zonierung Dachgeschoss

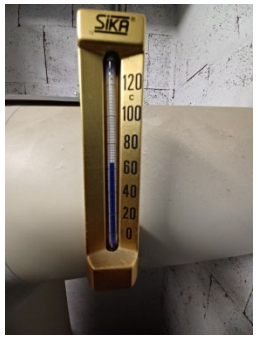
Das Dachgeschoss ist oft sehr viel besser gedämmt als die Untergeschosse. Zudem gibt es mehr solare Gewinne durch die Dachfenster.

7) Energieeinsparung
Zonierung größer Räume oder beheizter Bereiche, thermische Trennung der Treppenhäuser

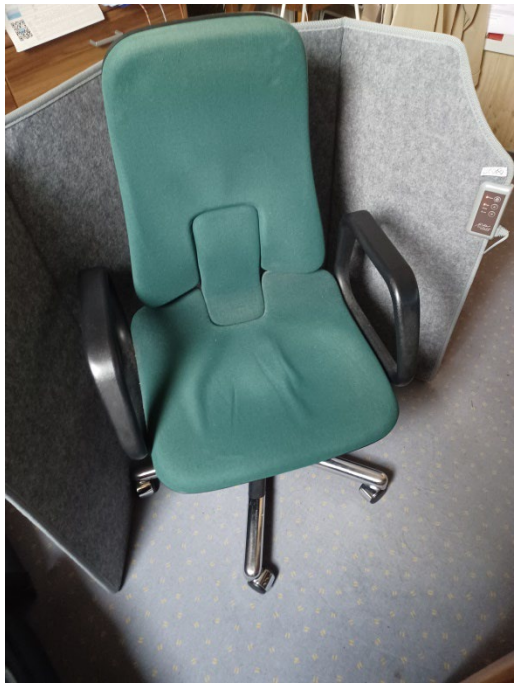
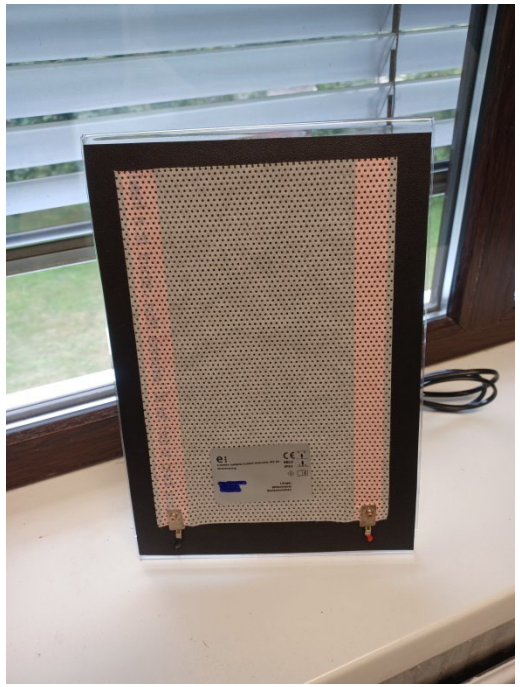
7) Energieeinsparung Dämmung unterste und oberste Geschossdecke

7)Energieeinsparung Optimierung der Anlagentechnik

7) Energieeinsparung Optimierung der Anlagentechnik



7) Energieeinsparung Optimierung der Anlagentechnik

7) Energieeinsparung Optimierung der Anlagentechnik

7) Energieeinsparung offen für neue Konzepte