

Heiz- und Raumlufttechnik: Aufwand und Nutzen

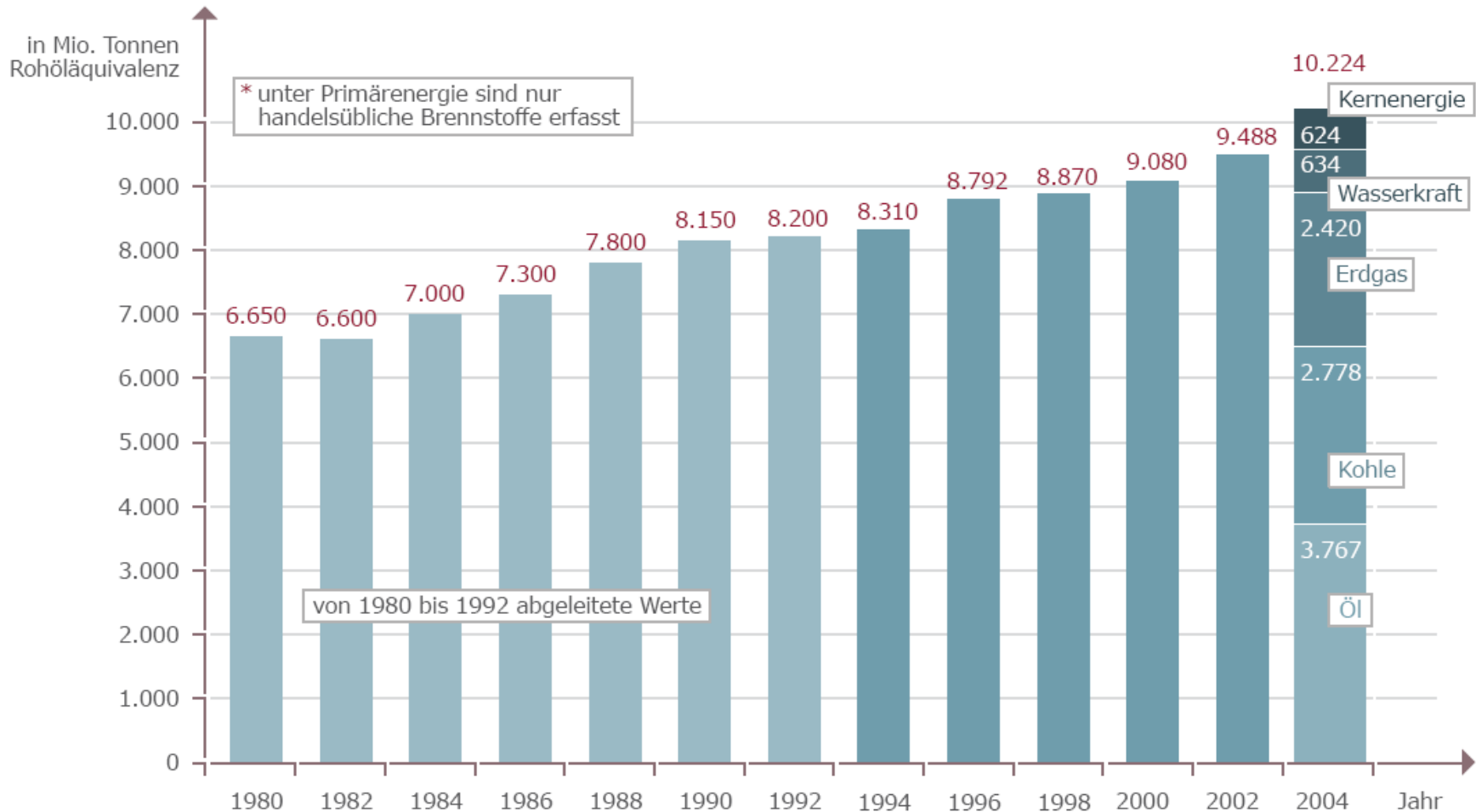
reg-Gebäudeforum 2010, Prof. Dr.-Ing. Dirk Müller
EBC | Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimatechnik

- Energie
- Klima und Klimaentwicklung
- Behaglichkeit
 - Thermische Behaglichkeit
 - Luftqualität
- Heiztechnik
 - Entwicklung der Heiztechnik
 - Heiztechnik für Gebäude mit sehr hohem Dämmstandard
- Raumluftechnik
 - Entwicklung der Raumluftechnik
 - Zukunft der Raumluftechnik
- Wege zur energieeffizienten Stadt

Primärenergieverbrauch (PEV) weltweit



E.ON Energy Research Center



Quelle: British Petrol (BP): Statistical Review of World Energy 2005
Stand: 06.2006

bpb © 2006 Bundeszentrale für politische Bildung

Durchschnittliche Leistung pro Person

■ 1. Ver. Arab. Emirate	21.610 Watt / Person
■ 2. Norwegen	12.610 Watt / Person
■ 3. Kanada	12.252 Watt / Person
■ 4. Singapur	11.774 Watt / Person
■ 5. USA	10.460 Watt / Person
■ 15. Deutschland	5.549 Watt / Person
■ 28. Italien	4.075 Watt / Person
■ 31. Welt	2.200 Watt / Person
■ 32. China	1.035 Watt / Person
■ 34. Indien	677 Watt / Person

- 1. Ver. Arab. Emirate 21.610 Watt / Person
- 2. Norwegen 12.610 Watt / Person

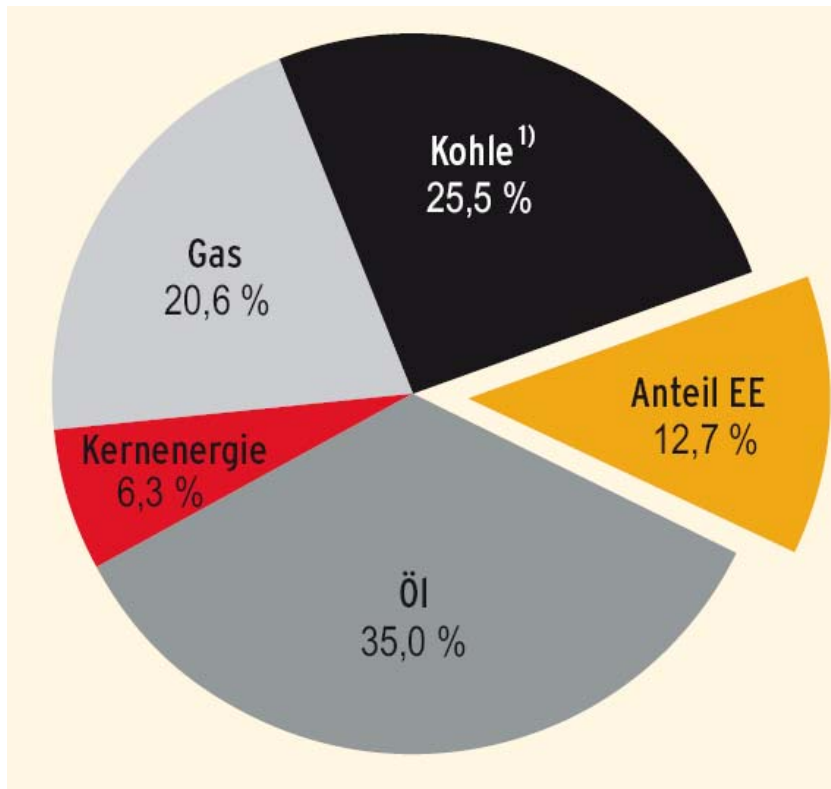
Vorschlag ETH Zürich:

2000 Watt Gesellschaft

Energieverbrauchsmodell soll den jährlichen Ausstoß von Treibhausgasen senken. Der Ansatz entspricht 500 Watt pro Kopf aus Fossilen und 1500 Watt pro Kopf durch regenerativen Energieträger.

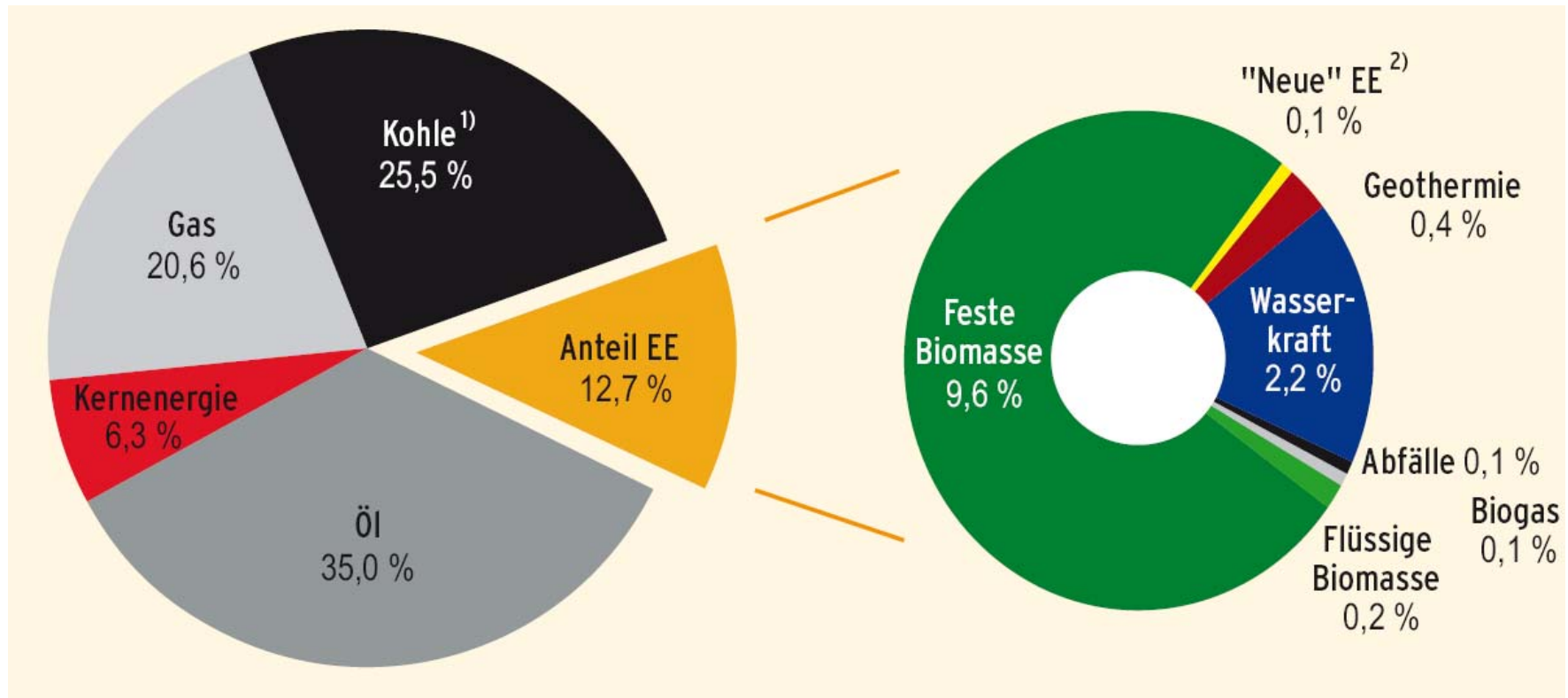
- 31. Welt 2.200 Watt / Person
- 32. China 1.035 Watt / Person
- 34. Indien 677 Watt / Person

Struktur globaler Primärenergieverbrauch (2005)

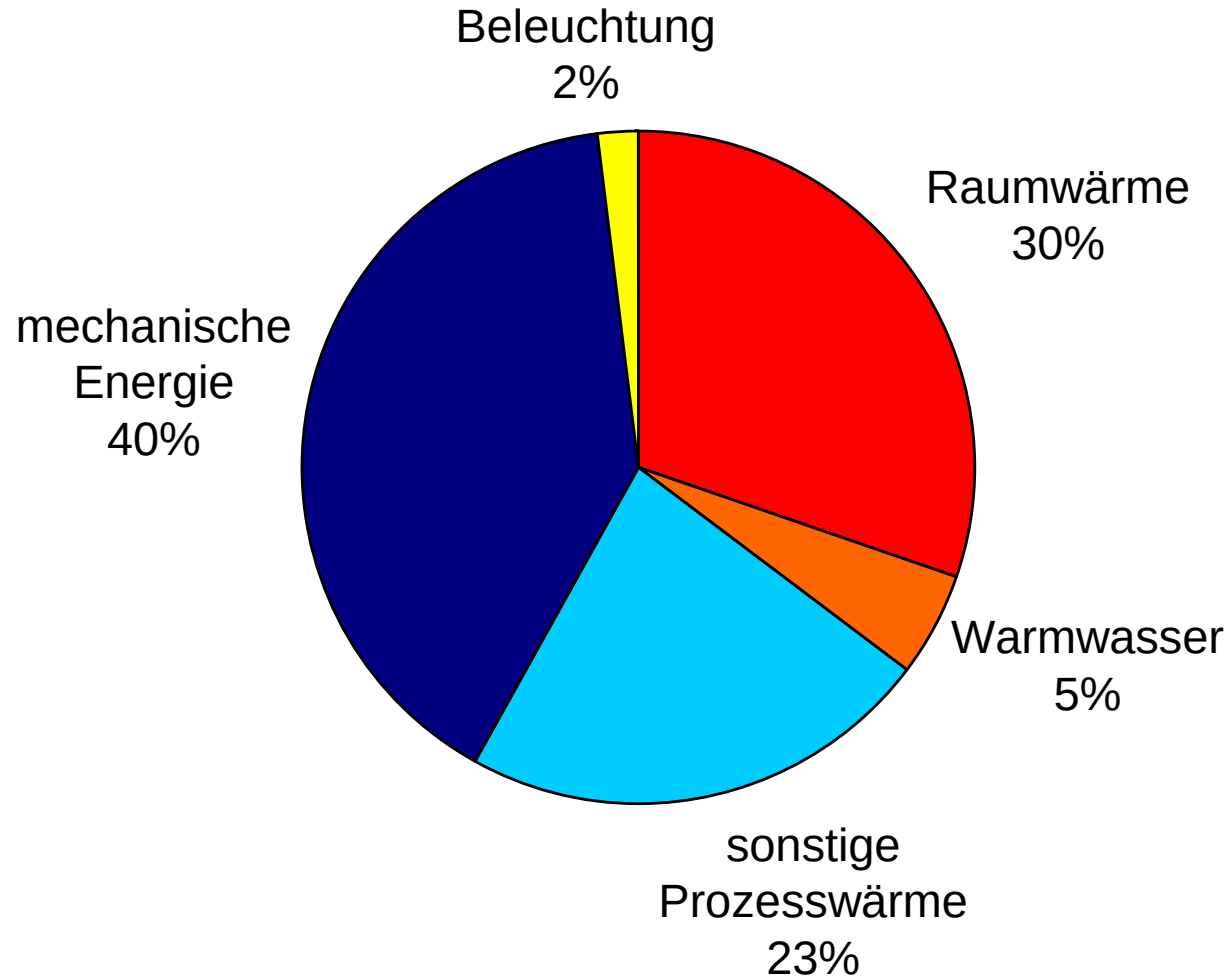


Quelle: BMU-Publikation „Erneuerbare Energien in Zahlen - nationale und internationale Entwicklung“, KI III 1, Stand Juni 2008

Struktur globaler Primärenergieverbrauch (2005)

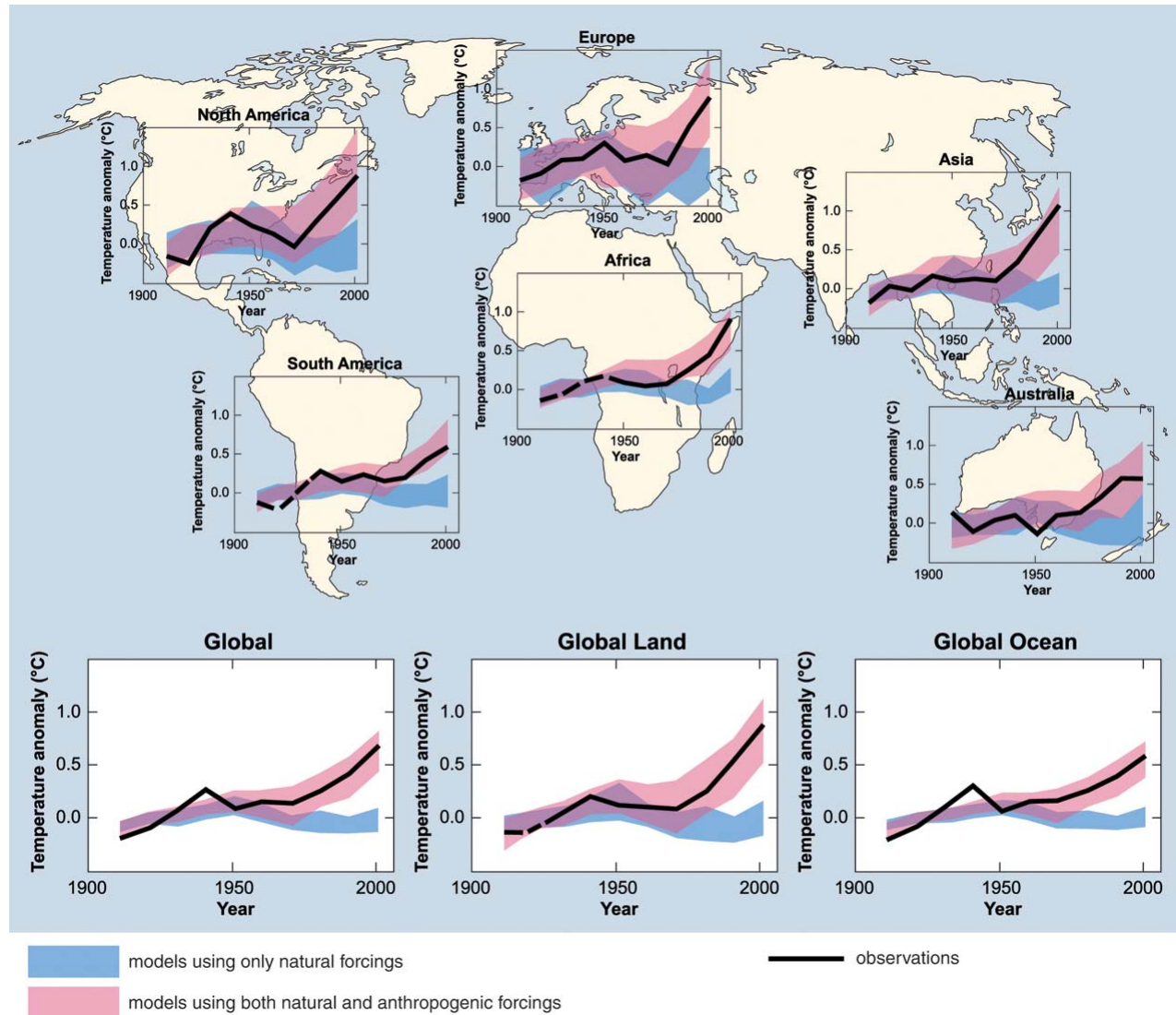


Quelle: BMU-Publikation „Erneuerbare Energien in Zahlen - nationale und internationale Entwicklung“, KI III 1, Stand Juni 2008



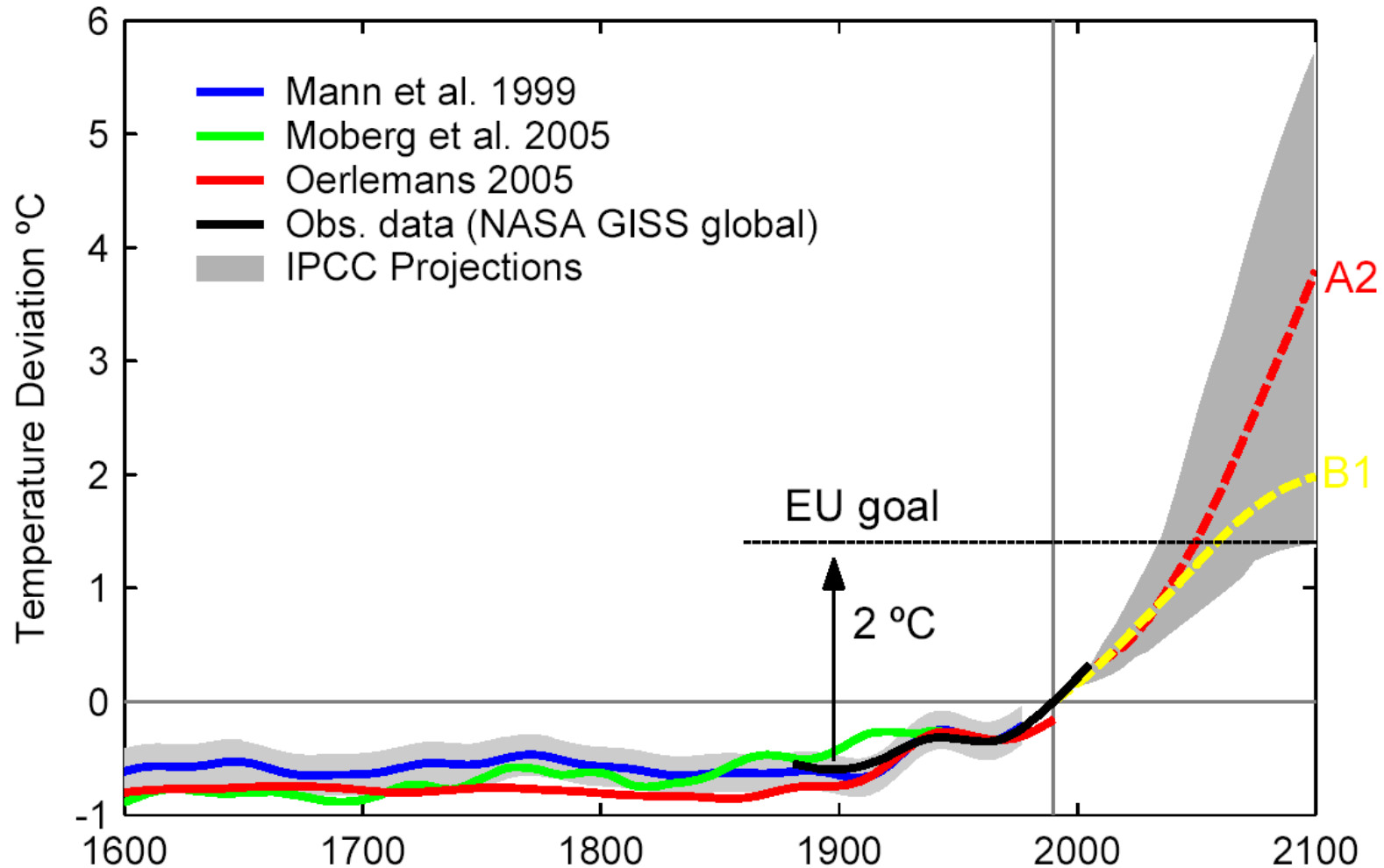
- Energie
- **Klima und Klimaentwicklung**
- Behaglichkeit
 - Thermische Behaglichkeit
 - Luftqualität
- Heiztechnik
 - Entwicklung der Heiztechnik
 - Heiztechnik für Gebäude mit sehr hohem Dämmstandard
- Raumluftechnik
 - Entwicklung der Raumluftechnik
 - Zukunft der Raumluftechnik
- Wege zur energieeffizienten Stadt

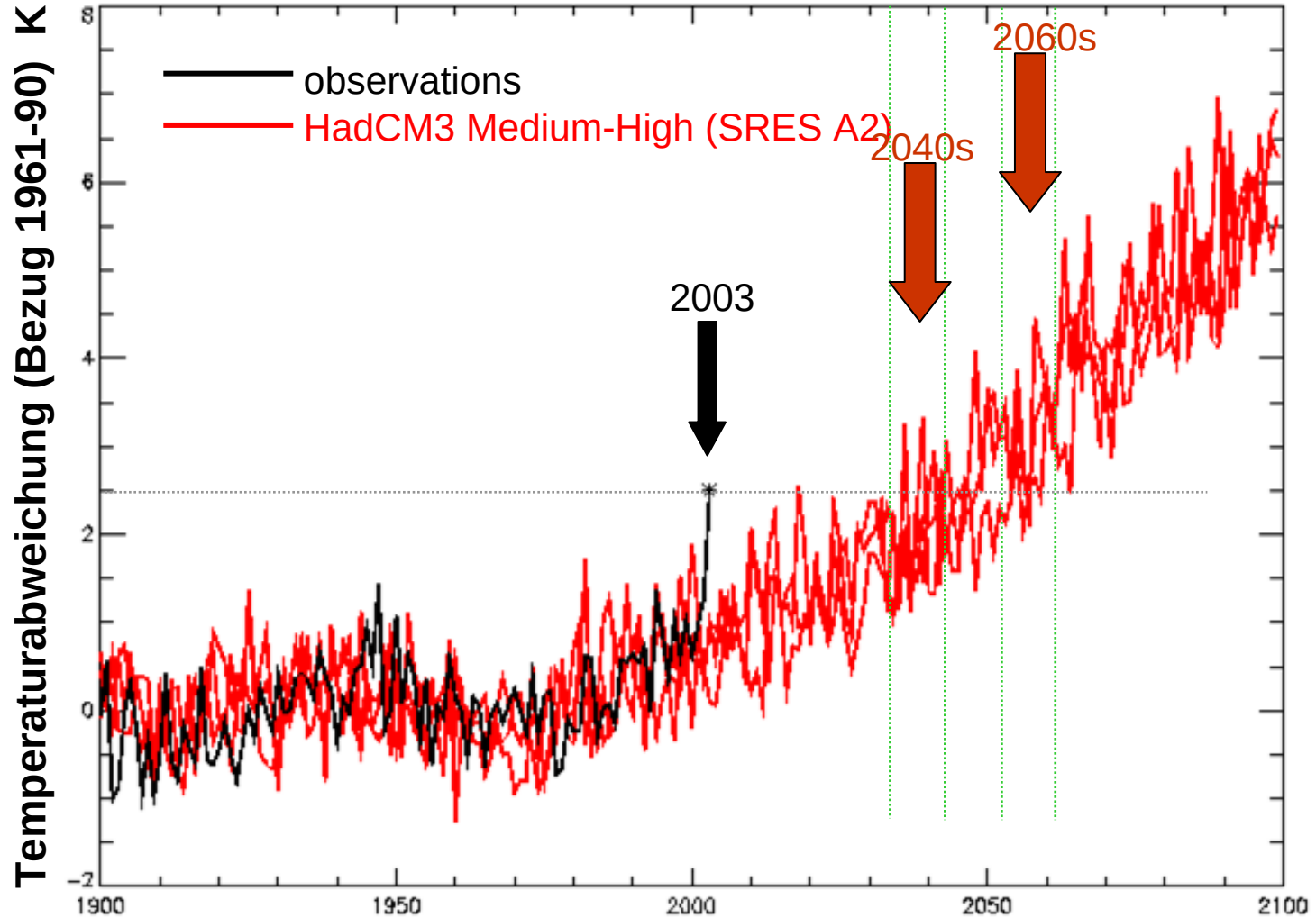
Temperatureentwicklung der letzten 100 Jahre



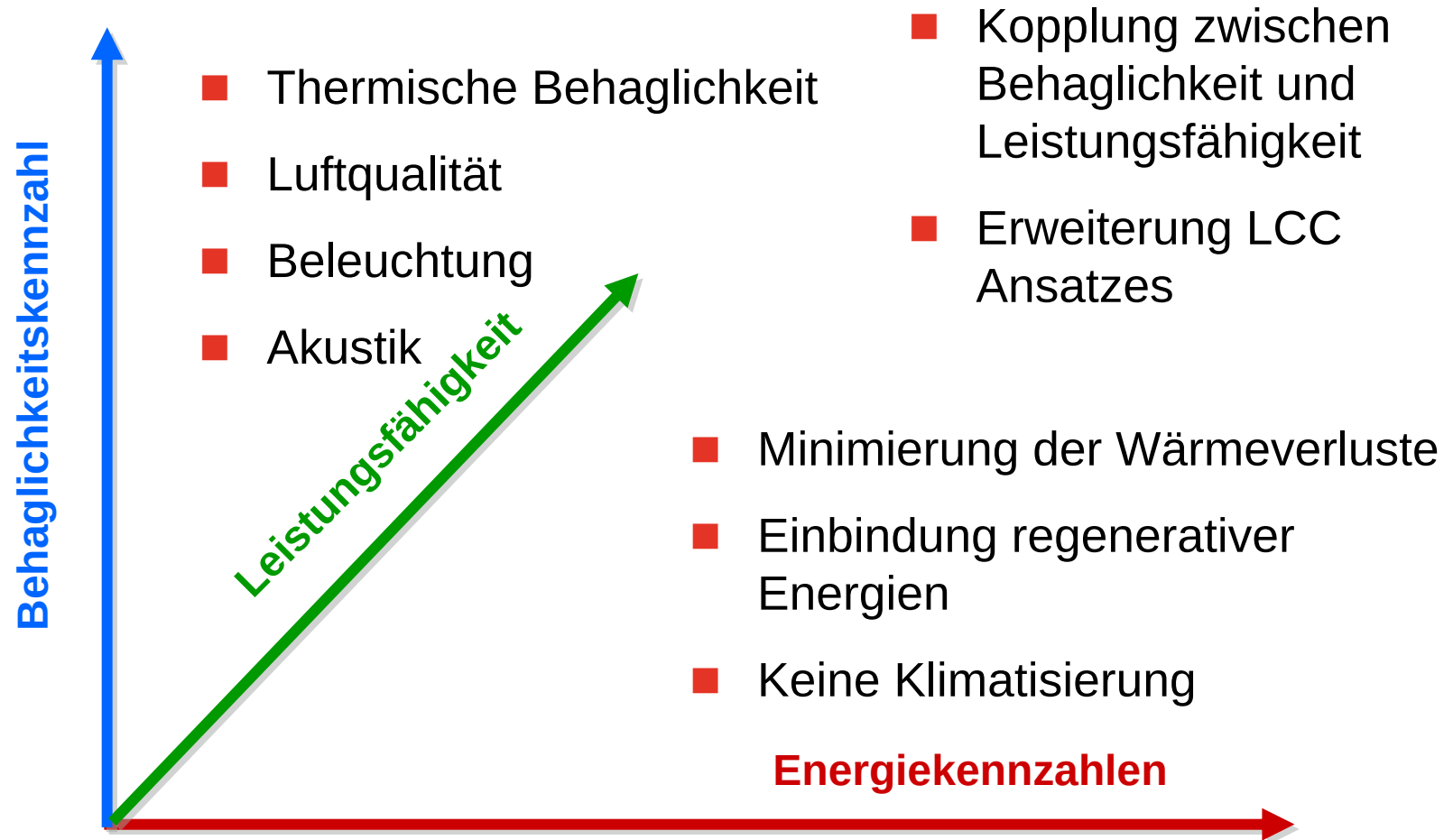
Quelle: Climate Change 2007: Synthesis Report

2 °C – Ziel der Europäischen Union





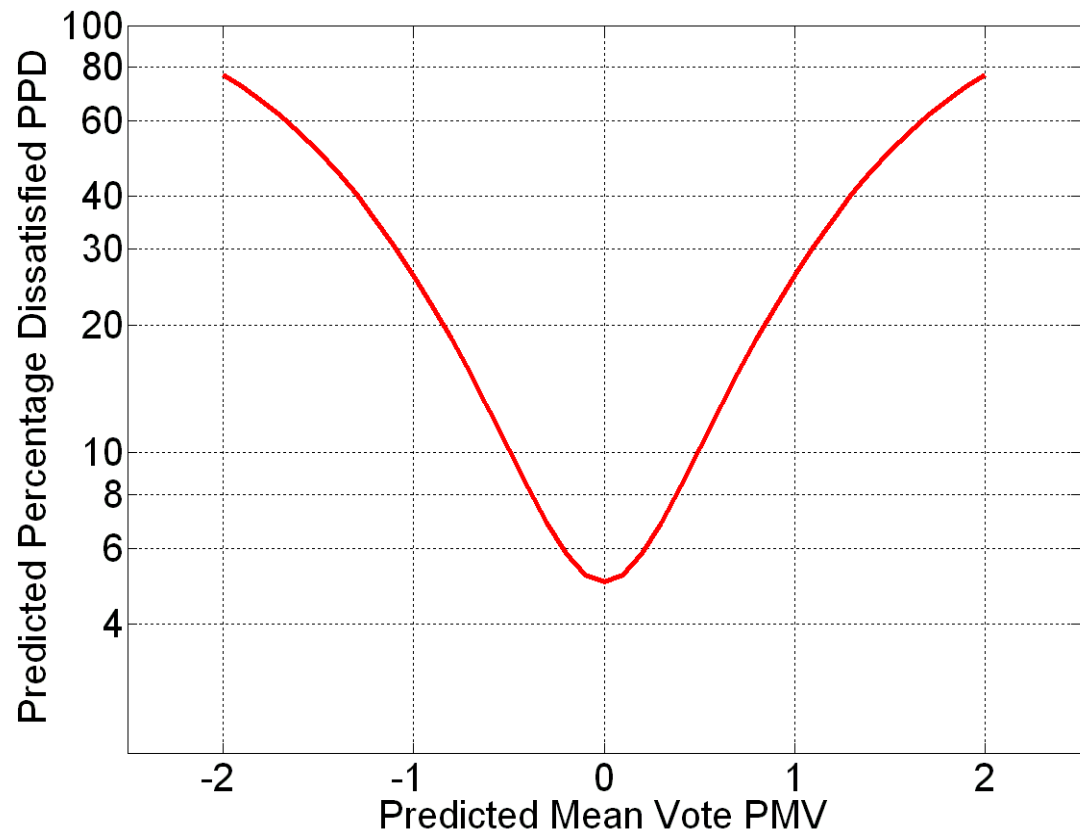
- Energie
- Klima und Klimaentwicklung
- **Behaglichkeit**
 - **Thermische Behaglichkeit**
 - **Luftqualität**
- Heiztechnik
 - Entwicklung der Heiztechnik
 - Heiztechnik für Gebäude mit sehr hohem Dämmstandard
- Raumluftechnik
 - Entwicklung der Raumluftechnik
 - Zukunft der Raumluftechnik
- Wege zur energieeffizienten Stadt



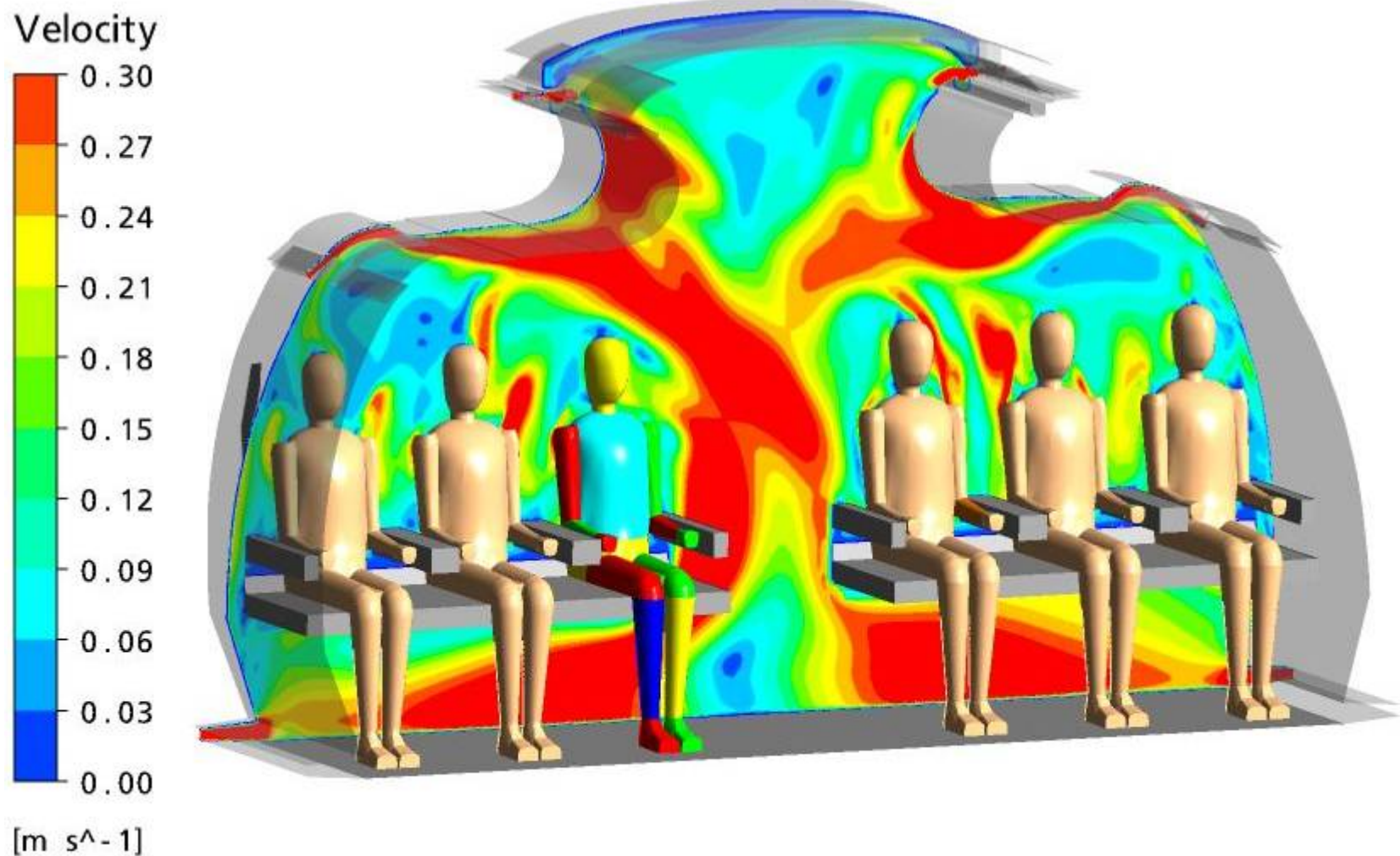


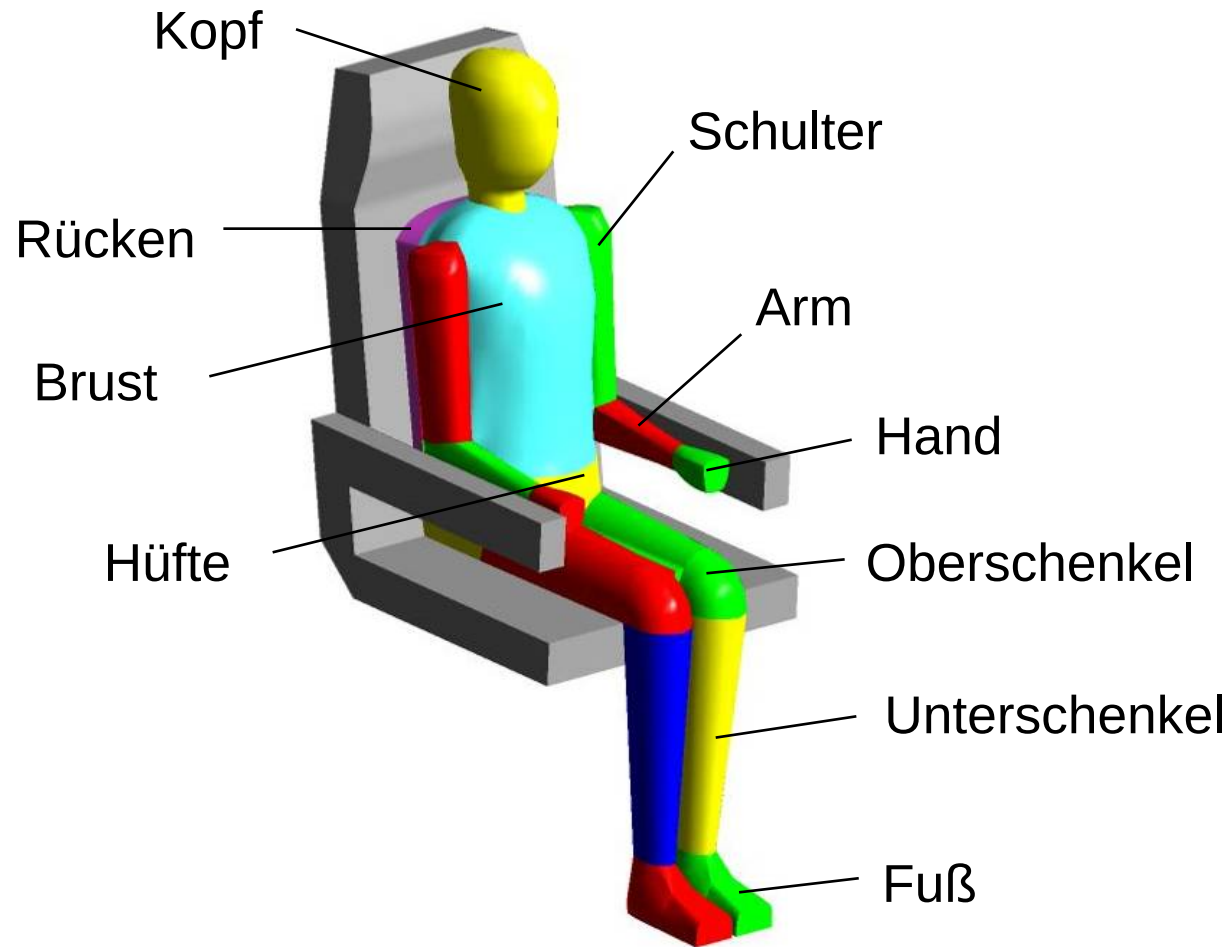
- $PMV = f$ (Lufttemperatur, Luftgeschwindigkeit, mittlere Strahlungstemperatur, relative Luftfeuchtigkeit, Bekleidungsgrad, Aktivitätsgrad)
- $PPD = f(PMV)$

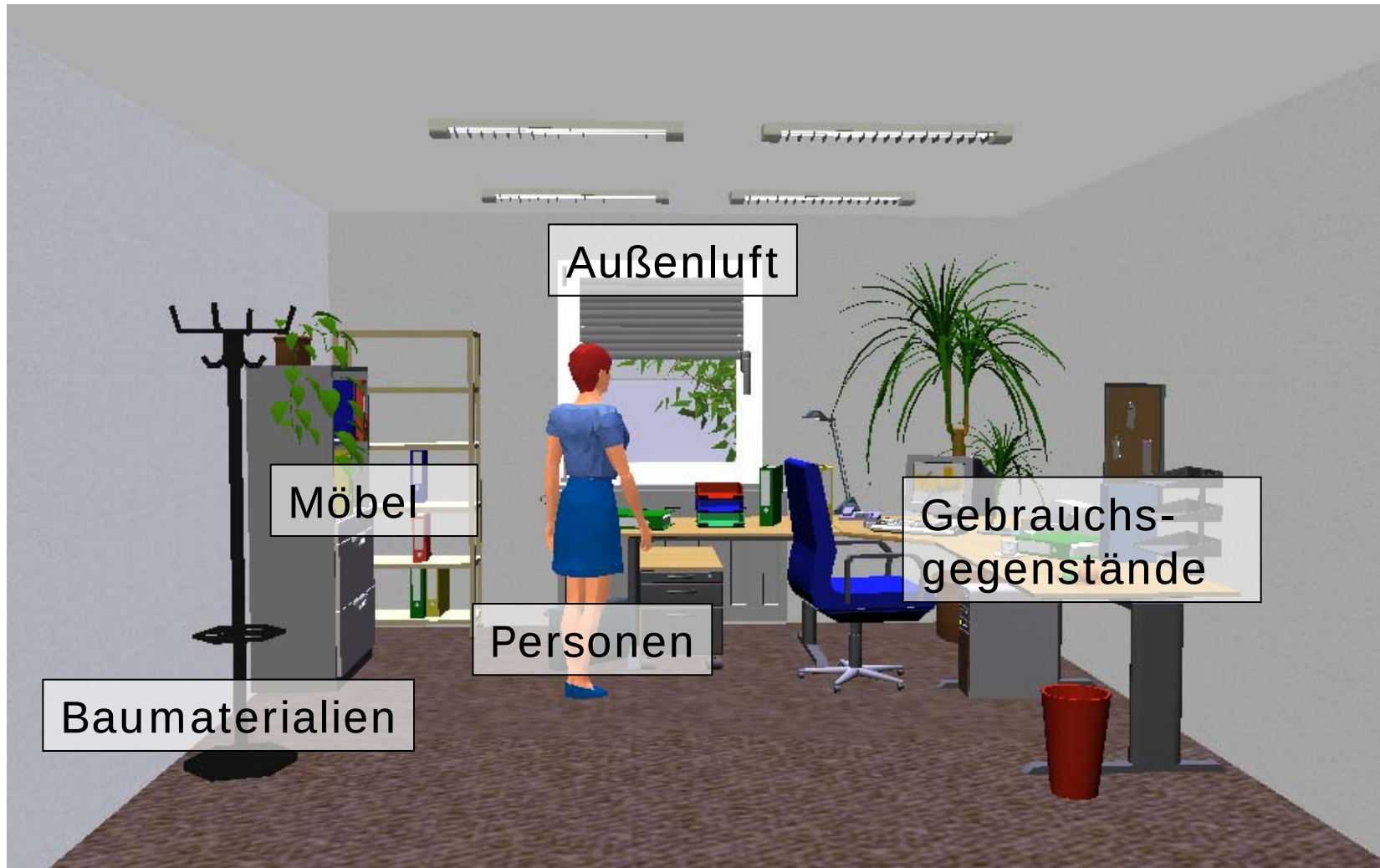
-3	–	kalt
-2	–	kühl
-1	–	leicht kühl
0	–	neutral
1	–	leicht warm
2	–	warm
3	–	heiß



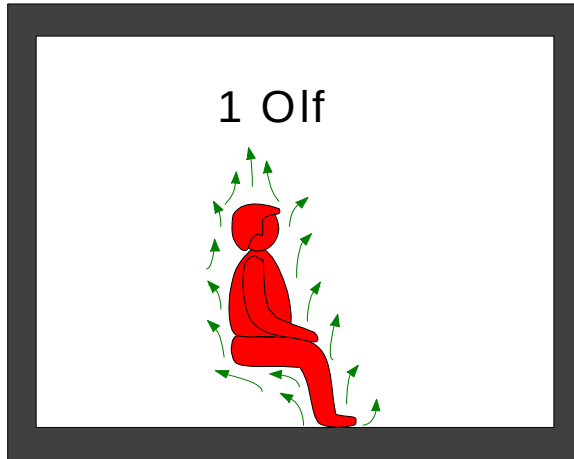
- Sechs Einflussparameter für die thermische Behaglichkeit
 - Darstellung der Ergebnisse als Diagramme
- Keinen signifikanten Einfluss haben:
 - Alter
 - Geschlecht
 - Nationalität
 - Jahres- und Tageszeit





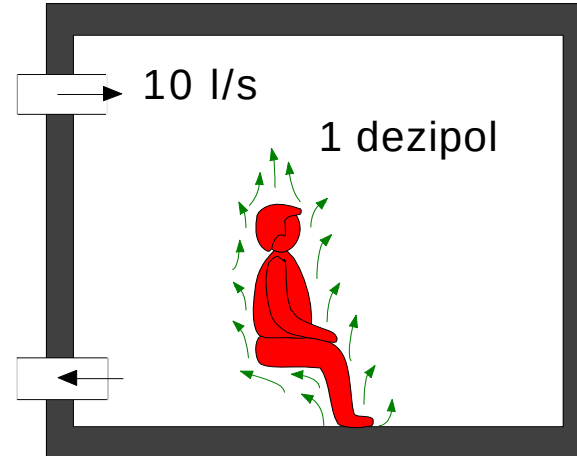


- „Ein Raum, welcher einen verwesenden Misthaufen einschließt, wird trotz aller Ventilation eine ekelhafte Wohnstätte ... bleiben.“
- „Der Kohlensäuregehalt allein macht die Luftverderbnis nicht aus, wir benützen ihn bloß als Maßstab...“
- Auslegungshinweise:
 - Außenluft 500 ppm → gute Innenraumlufte gesamt 700 – 1000 ppm
 - Konzentrationsänderung durch Personen 200 – 500 ppm
 - Außenluftwechsel 60 – 24 m³ / (h P)



1 olf = Verunreinigungslast einer Standardperson

Gesunder Erwachsener bei behaglicher Raumtemperatur und einem Hygienestandard von 0,7 Bädern pro Tag bei sitzender Tätigkeit



1 dezipol = Empfundene Luftqualität

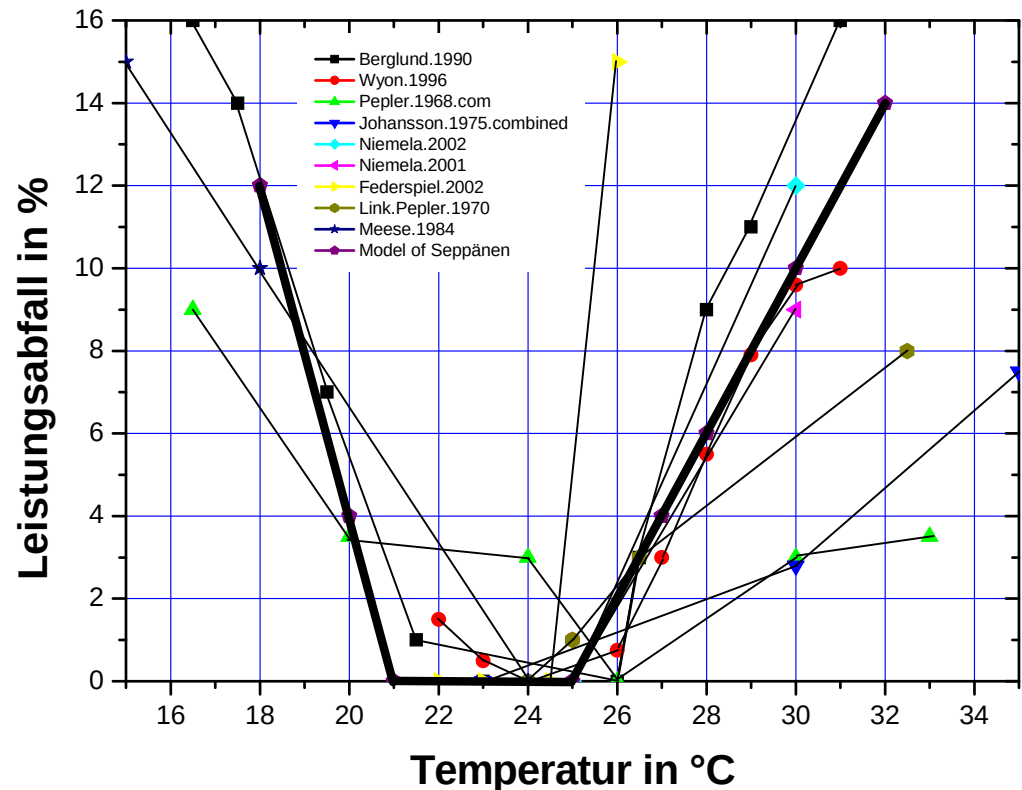
Luftqualität eines Raums mit einer Verunreinigungslast von 1 olf der mit 10 l/s reiner Luft bei vollständiger Durchmischung gelüftet wird

- Alte Schulschubstanz aus 50ziger oder 70ziger Jahre, bzw. Vorkriegsbauten
- Geldknappheit führt oft nur zu Teilsanierungen (Fenster/Fassade)
- Energieeinsparbemühungen führen zu dichten Gebäudehüllen
- Kosteneinsparung beim Lehrpersonal führt zu höherer Belegungsdichte
- Hauptsächlich Fensterlüftung im Einsatz

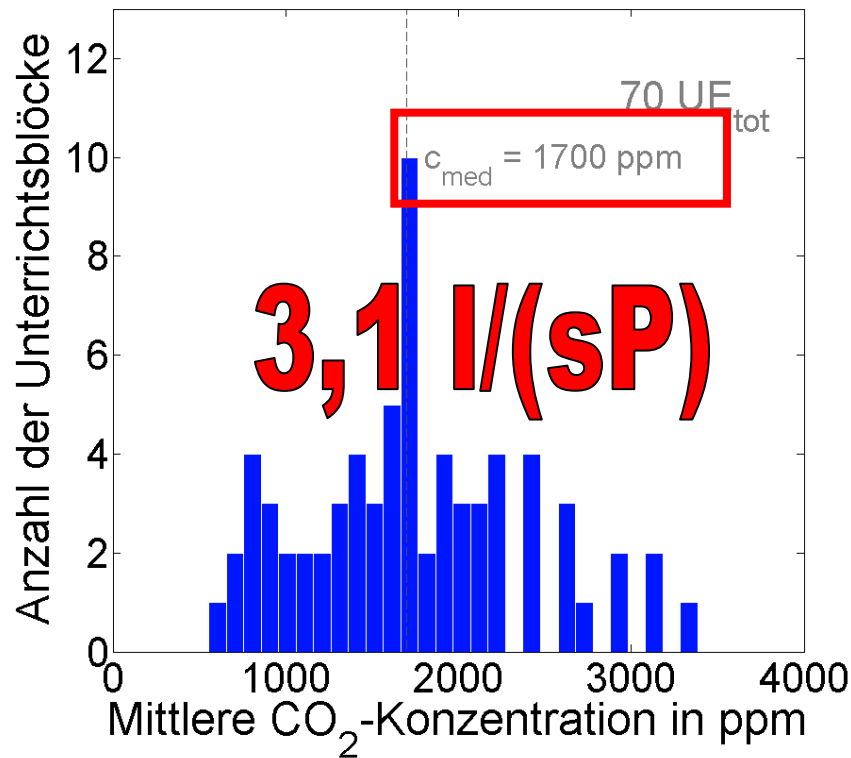


Quelle: Süddeutsche Zeitung

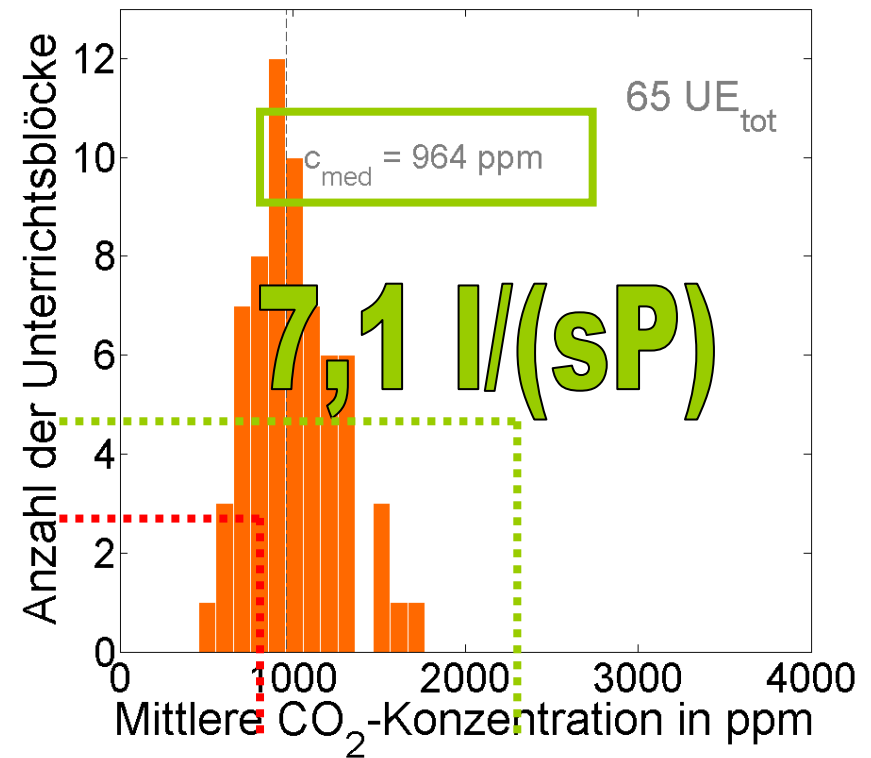
- Studie von Pawel Wargocki, DTU Denmark
- Leistungssteigerung durch Erhöhung des Luftwechsels
- Thermische Behaglichkeit
 - 21 °C – 25 °C führen zu einer optimalen Leistungsfähigkeit



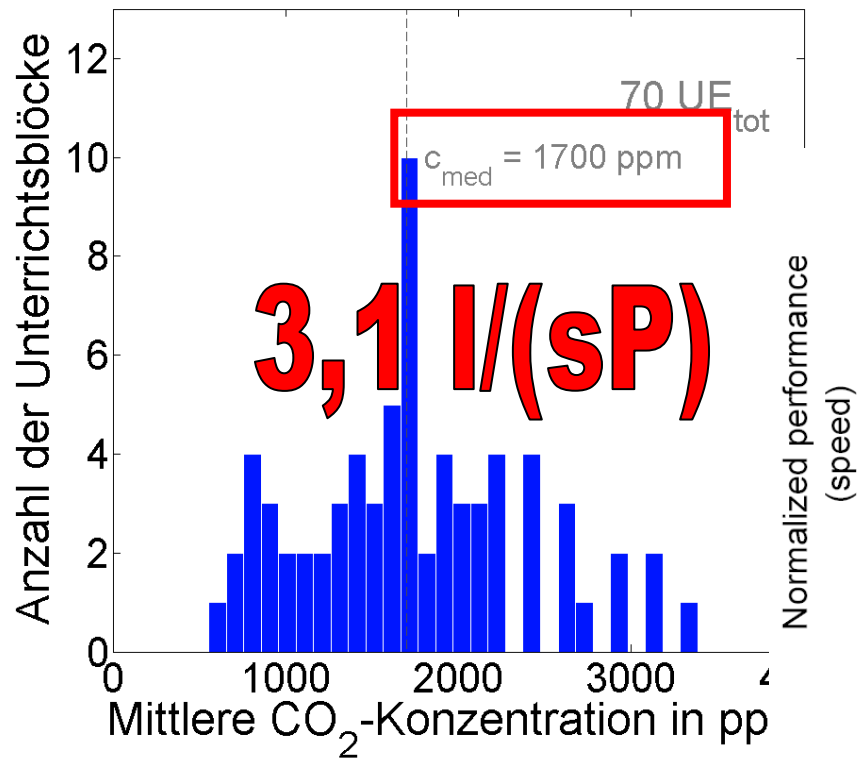
Mittelwerte der CO₂-Konzentration
Standard Fassade / Winter 2009



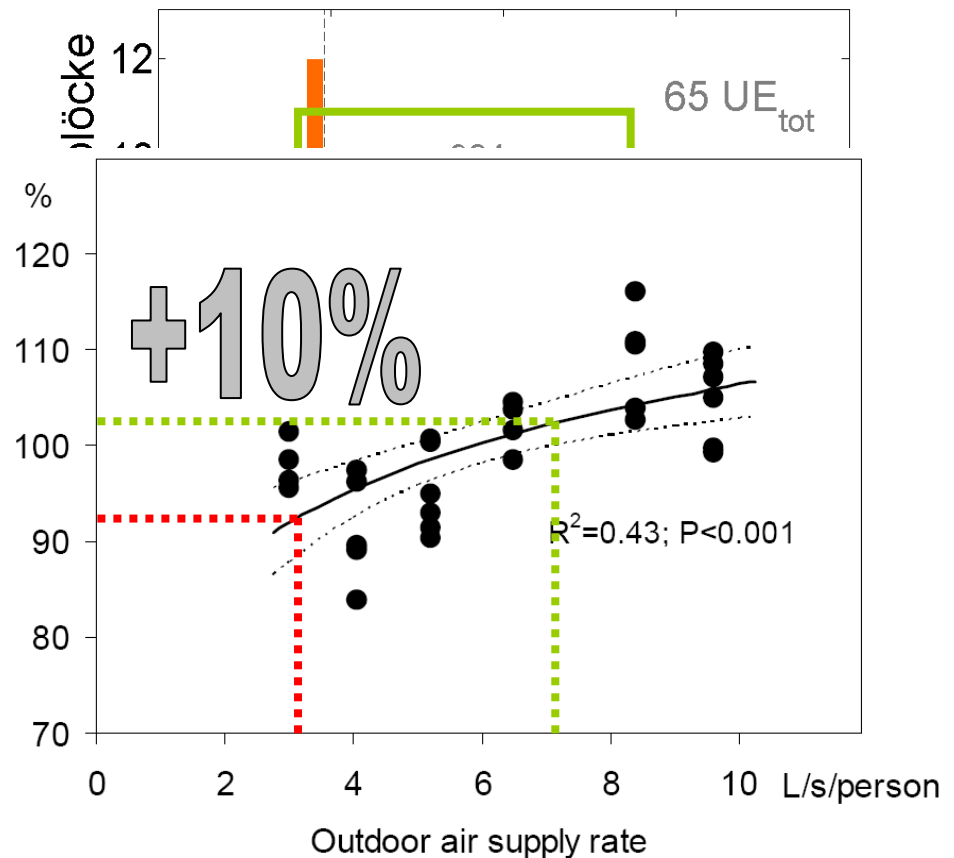
Mittelwerte der CO₂-Konzentration
Hybride Fassade / Winter 2009



Mittelwerte der CO₂-Konzentration
Standard Fassade / Winter 2009



Mittelwerte der CO₂-Konzentration
Hybride Fassade / Winter 2009



- 10% Leistungssteigerung ermöglicht
 - Verringerung der Lerndauer um 1,2 Schuljahre oder
 - Zusätzliche Ferien von 19 Tagen (vorzugsweise im Winter, um Heizenenergie zu sparen)



Quelle: Deutscher Olympischer SportBund



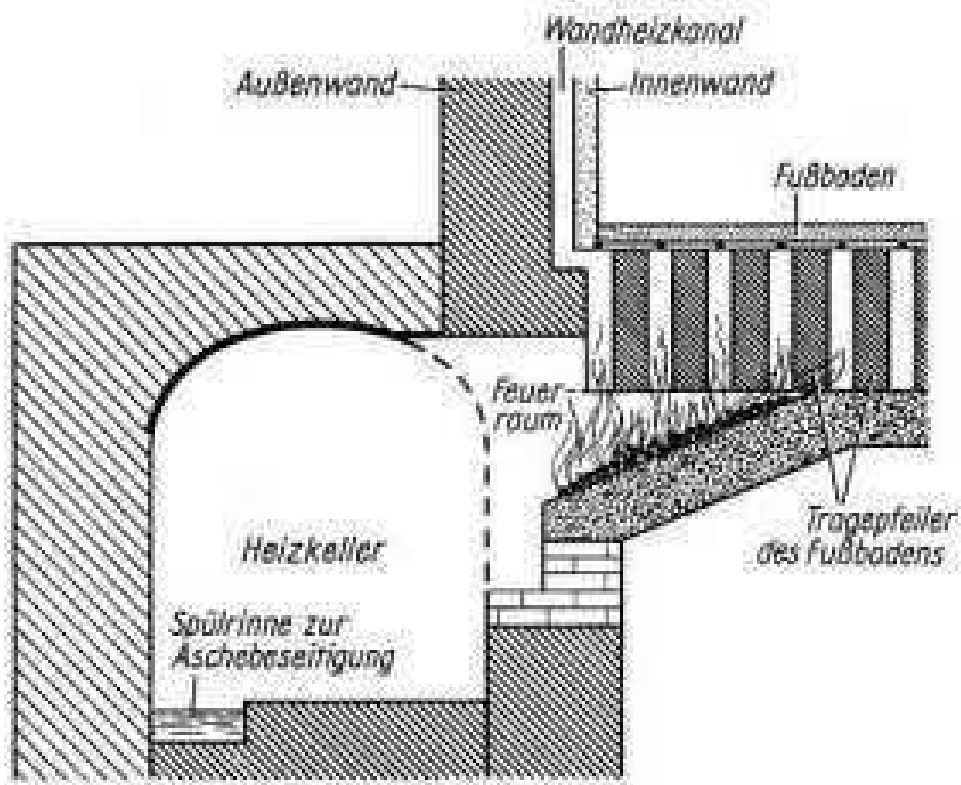
michael2811, „Palmenstrand Karibik“,
Quelle: www.piqs.de

- Energie
- Klima und Klimaentwicklung
- Behaglichkeit
 - Thermische Behaglichkeit
 - Luftqualität
- **Heiztechnik**
 - **Entwicklung der Heiztechnik**
 - **Heiztechnik für Gebäude mit sehr hohem Dämmstandard**
- Raumluftechnik
 - Entwicklung der Raumluftechnik
 - Zukunft der Raumluftechnik
- Wege zur energieeffizienten Stadt

Hypokaustenheizung römischer Badehäuser



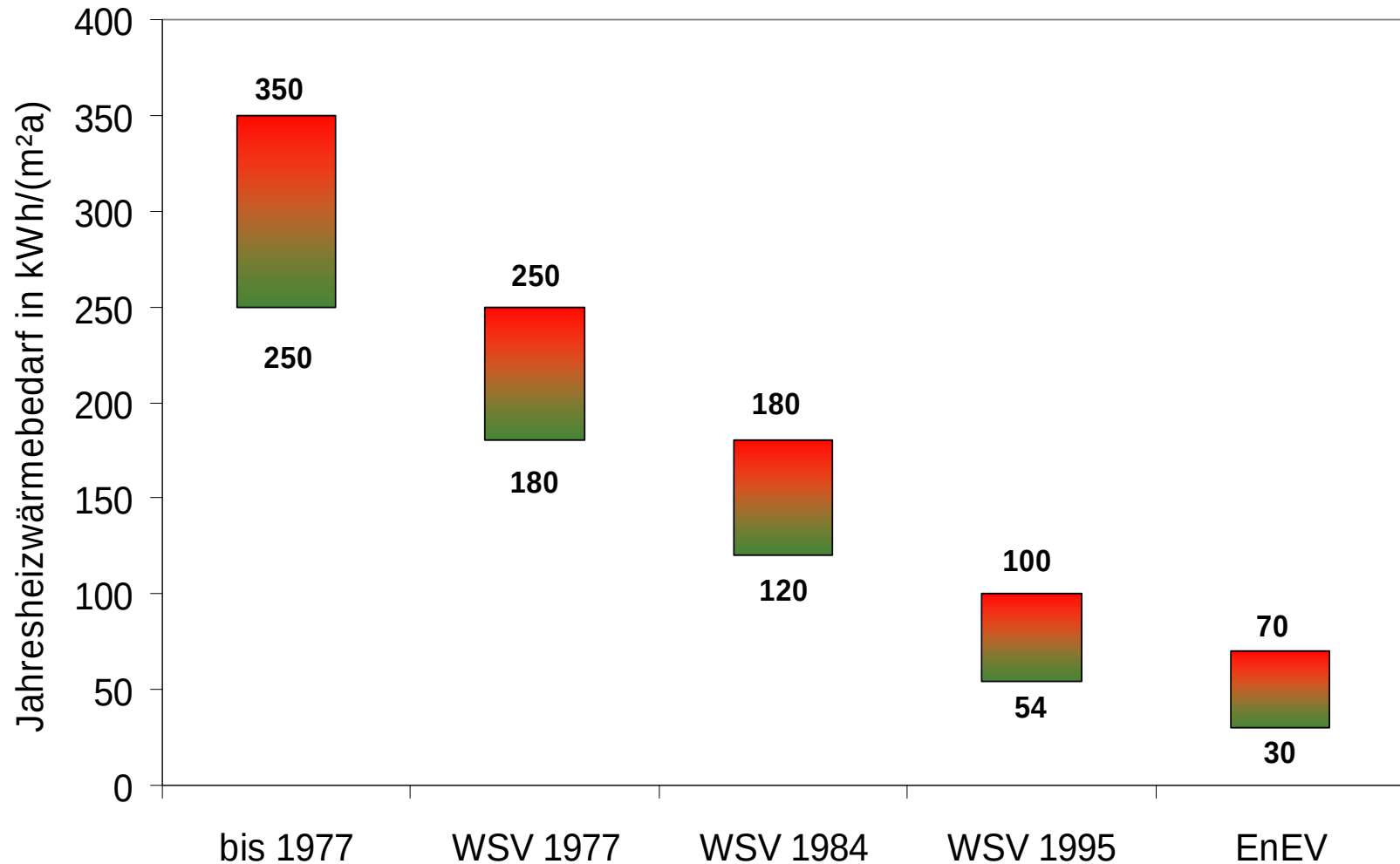
E.ON Energy Research Center

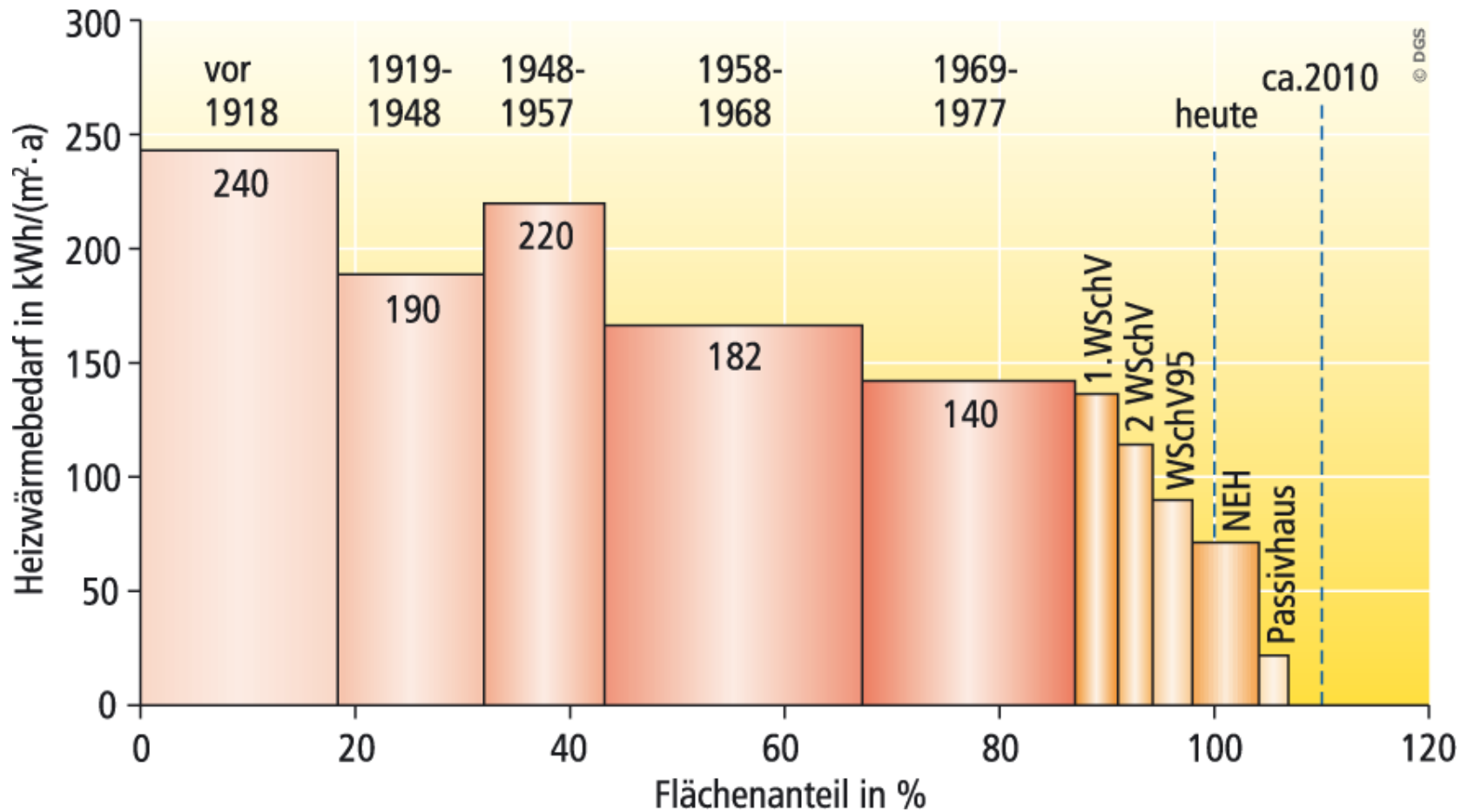


Quelle: H. Brunner - K. Fessel - F. Hiller (Hrsg.)

- Feuerstelle - Offenes Feuer (Steinzeit bis Mittelalter)
- Hypokaustenheizung (bis ca. 200 nach Chr.)
- Steinluftheizung (12. Jahrhundert)
- Kachelöfen (14. Jahrhundert)
- Dampfheizung (spätes 18. Jahrhundert)
- Warmwasserheizung (18. Jahrhundert in England und Frankreich)
- Gasofen (19. Jahrhundert)
- Heißwasserheizung (19. Jahrhundert)
- Fernheizwerk (spätes 19. Jahrhundert in den USA)
- Öl- und Gaszentralheizung (20. Jahrhundert)
- Solaranlagen, Wärmepumpen (20. Jahrhundert)

Quelle: www.zentralheizung.de



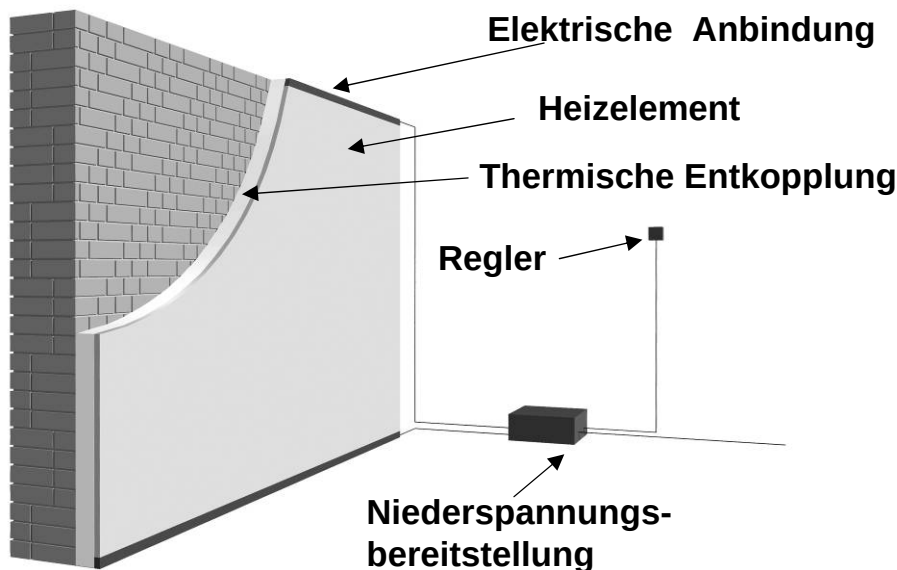


Quelle: DGS

- Hoher Dämmstandard ab EnEV 2009
- Lüftungsanlagen mit hocheffizienten Wärmeübertragern zur WRG
- Konventionelle wasserbasierte Heizsysteme mit technischen Verlusten bei der Erzeugung, Speicherung, Verteilung und Übergabe
- Paradox – bei gut gedämmten Gebäuden sinkt die Effizienz wasserbasierter Wärmeversorgungsanlagen
- Möglicher Ansatz – elektrische Heizung
 - nahezu keine technischen Verluste 😊
 - Hoher Primärenergiefaktor ☹

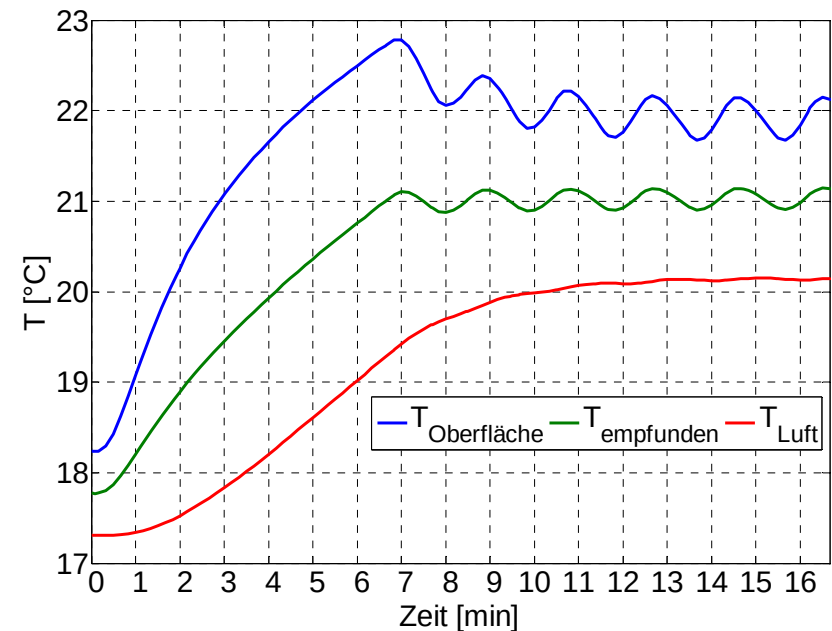
■ Beschreibung

- Heizung wird wie eine Tapete auf der Wand installiert
- Hohe spez. Leistung mit bis zu 200 W / m^2
- Betrieb mit Spannungen $U < 48 \text{ V}$

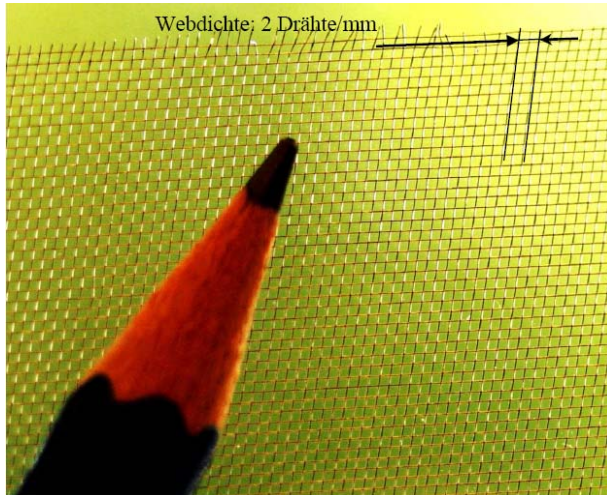


■ Schnelles Ansprechverhalten

- Auch nach nächtlicher Auskühlphase wird thermischer Komfort innerhalb weniger Minuten erreicht

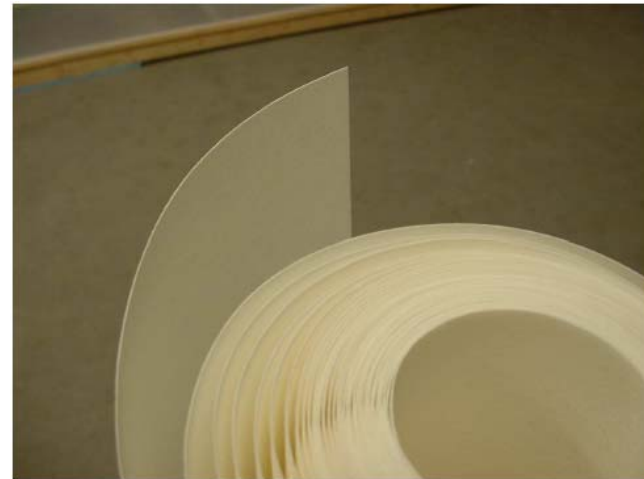


Aufbau einer elektrischen Wandheizung



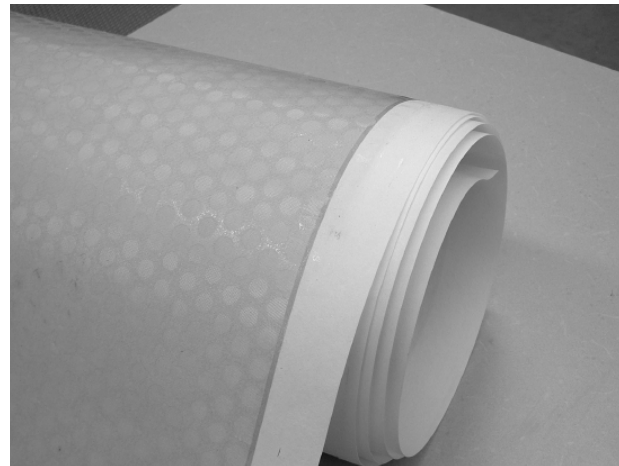
Leitergeflecht

+



Vliesträger

=

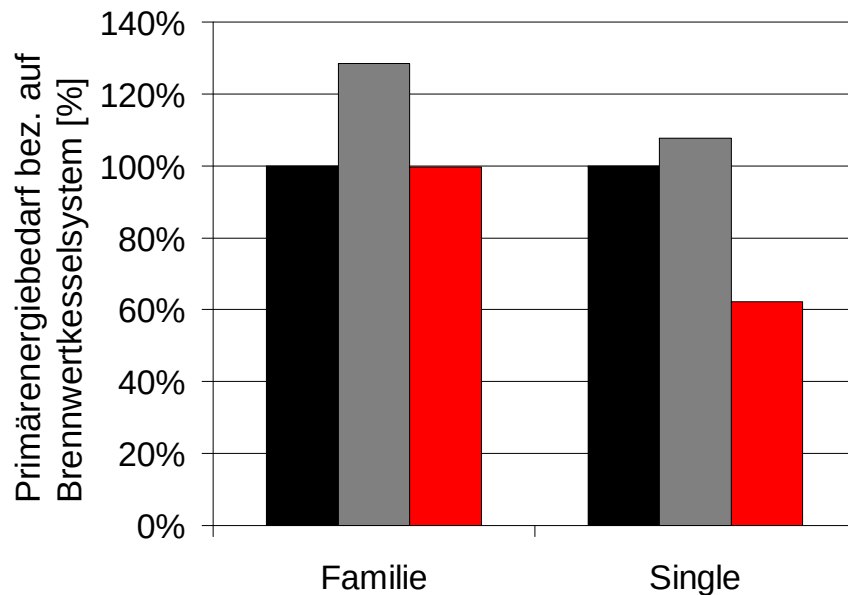


Aufgeklebtes Heizgewebe

Quelle: Wriske, J., Dissertation 2005

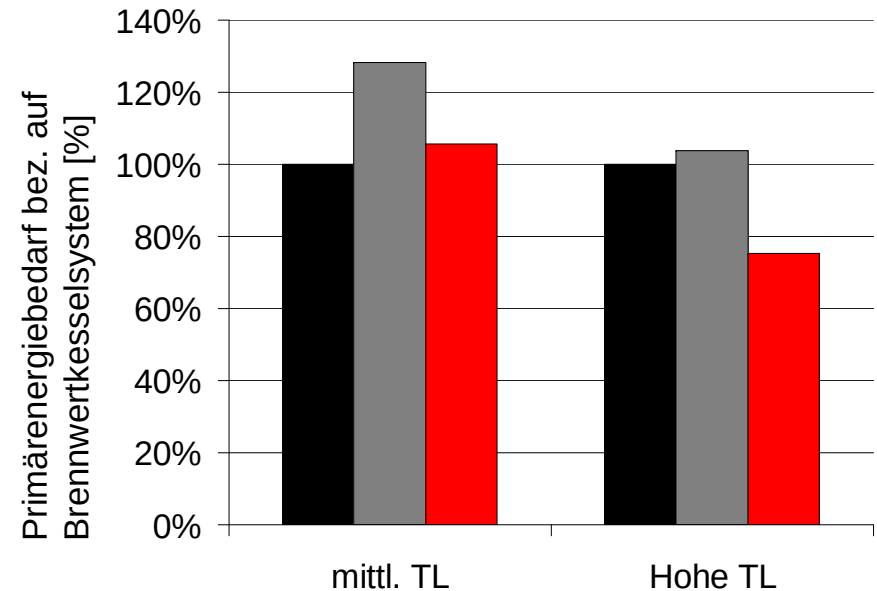
■ Wohngebäude

- Dämmstandard: Passivhausniveau
- Maschinelle Lüftungsanlage mit 80 % WRG



■ Bürogebäude

- Dämmstandard: EnEV 2009
- Keine WRG



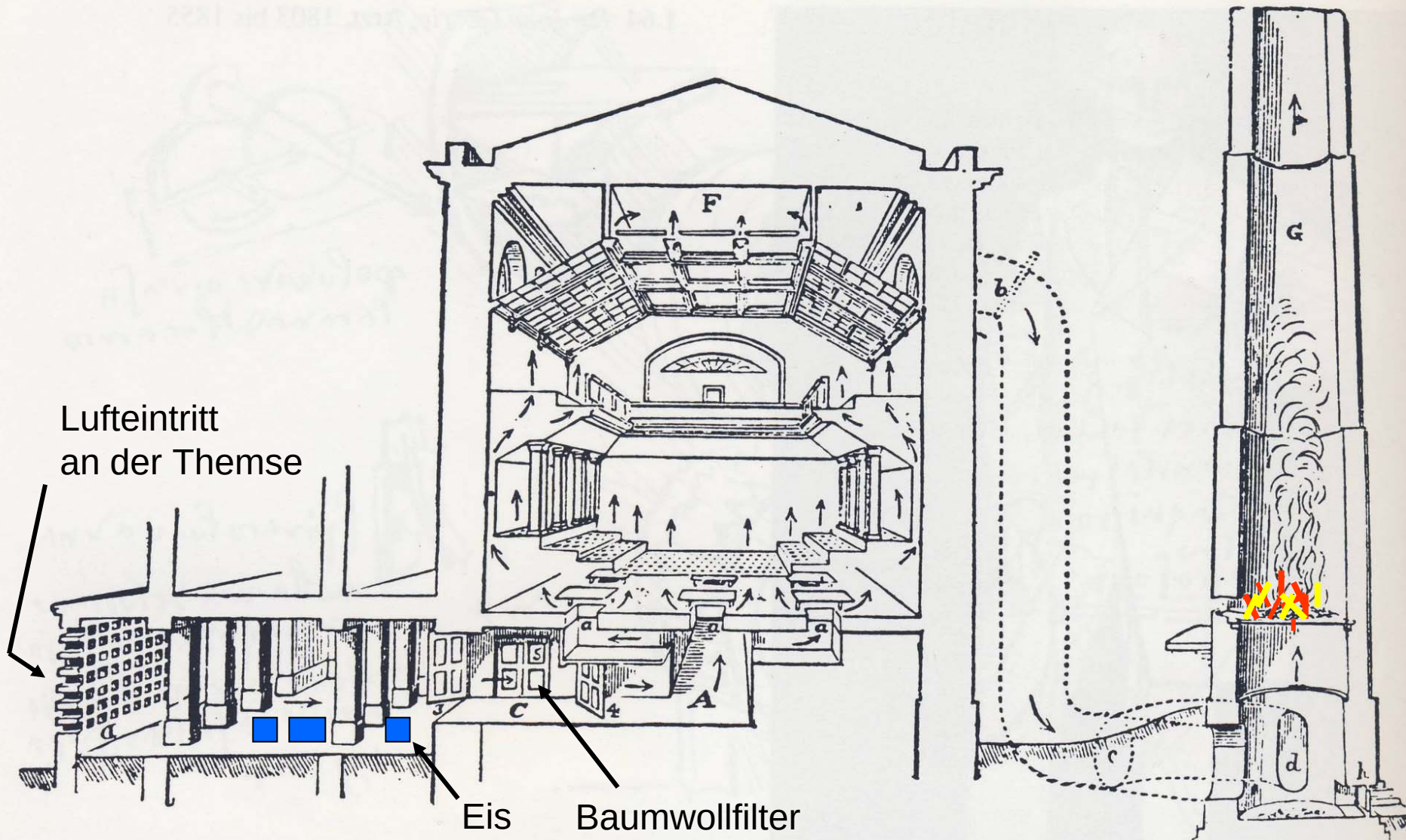
- Brennwertkessel Standardbeheizung mit Nachtab senkung
- Elektr. Wandheizung, Standardbeheizung mit Nachtab senkung
- Elektr. Wandheizung bedarfsgeführter Betrieb

- Energie
- Klima und Klimaentwicklung
- Behaglichkeit
 - Thermische Behaglichkeit
 - Luftqualität
- Heiztechnik
 - Entwicklung der Heiztechnik
 - Heiztechnik für Gebäude mit sehr hohem Dämmstandard
- **Raumluftechnik**
 - **Entwicklung der Raumluftechnik**
 - **Zukunft der Raumluftechnik**
- Wege zur energieeffizienten Stadt

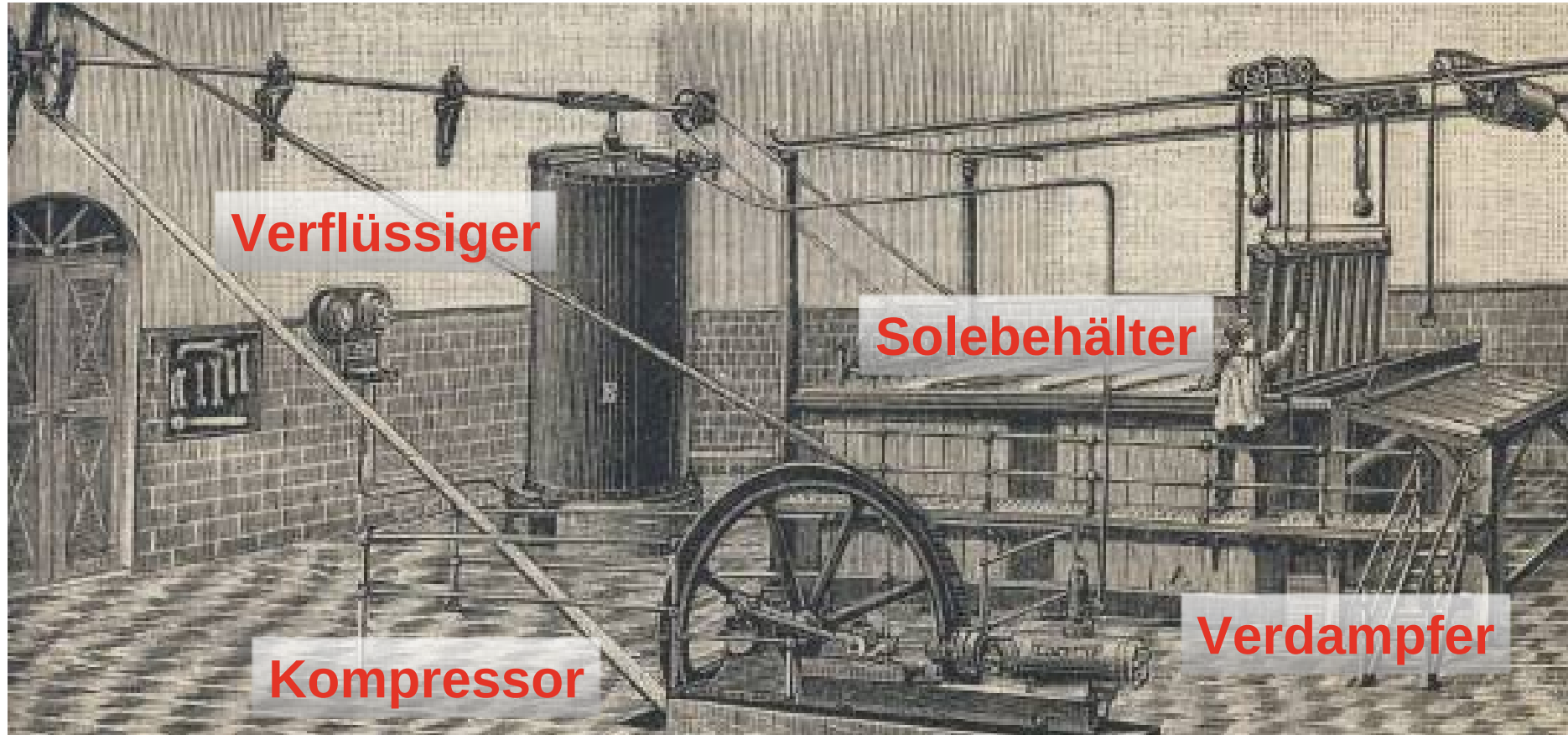
1836 House of Commons London

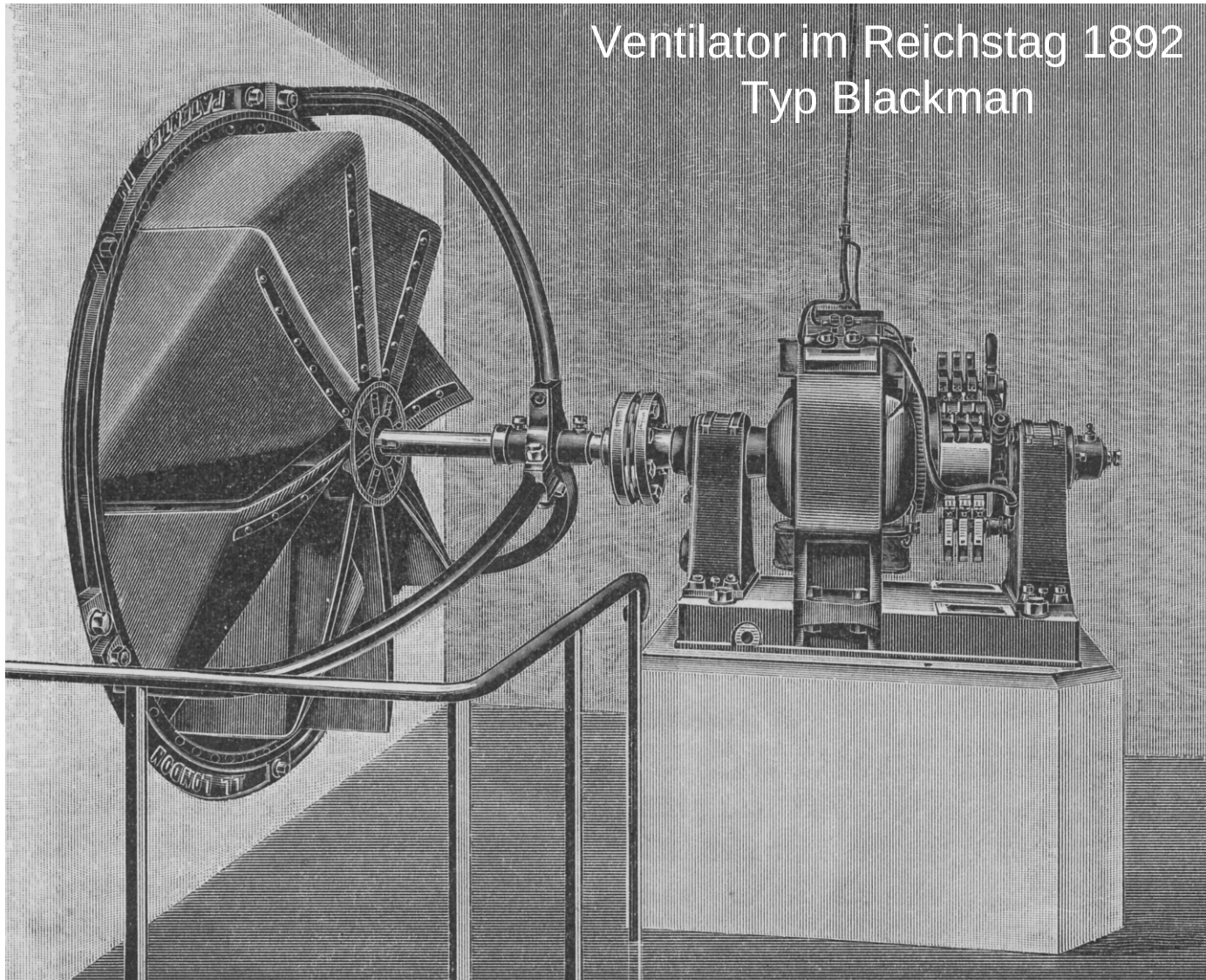


E.ON Energy Research Center







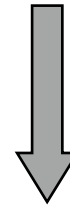


- Lüftung:
 - bis 1880 Wind, Auftrieb
 - bis 1900 Ventilator mit Wasser- oder Dampftrieb
 - ab 1900 Ventilator mit Elektroantrieb
- Kühlung:
 - bis 1900 mit Grundwasser, Erdreich und
 - bis 1900 natürliches Eis,
 - ab 1900 große Kompressionskältemaschinen, Dampftrieb, Absorptionsmaschinen
 - bis 1940 „Kunst-Eis“ aus Eismaschinen
- Befeuchtung ab 1900
- Filterung verbessert seit 1800



Photovoltaik: $\eta_{\text{ele}} = 0,1 - 0,15$

Kompress. Kälte: $\text{COP} = 3 - 6$



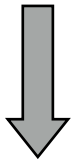
$\eta_{\text{ges}} = 0,3 - 0,9$



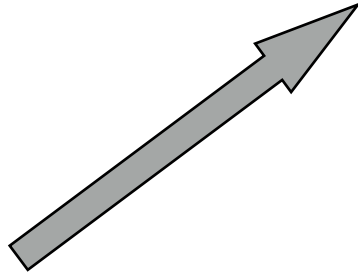


Photovoltaik: $\eta_{\text{ele}} = 0,1 - 0,15$

Kompress. Kälte: $\text{COP} = 3 - 6$



Akku: 0,95



$\eta_{\text{ges}} = 0,28 - 0,85$



Solare Kühlung mit Photovoltaikanlagen



Photovoltaik: $\eta_{\text{ele}} = 0,1 - 0,15$

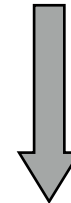


COP = 3 – 6

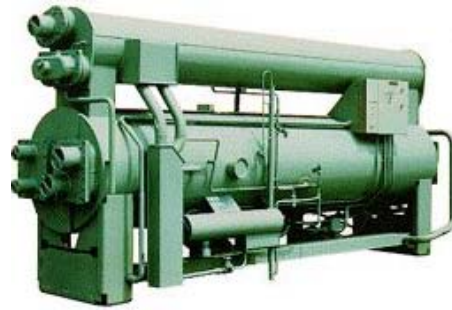


Wasserspeicher: $\eta = 0,9$

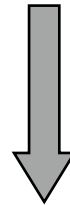
$\eta_{\text{ges}} = 0,27 - 0,81$



Solare Kühlung mit Absorptionskältemaschine



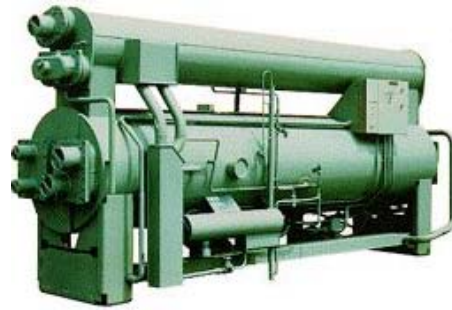
Solarthermie: $\eta_{th} = 0,6 - 0,8$ Absorb.-Kälte: COP = 0,6 - 0,8



$\eta_{ges} = 0,36 - 0,64$

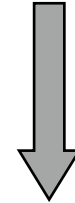


Solare Kühlung mit Absorptionskältemaschine



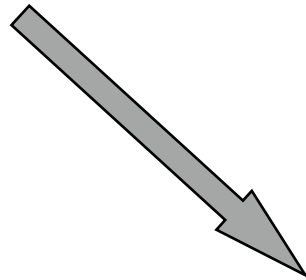
Solarthermie: $\eta_{th} = 0,6 - 0,8$ Absorb.-Kälte: $COP = 0,6 - 0,8$ Wassersp.: $\eta_{th} = 0,9$

$\eta_{ges} = 0,32 - 0,58$





Solarthermie: $\eta_{th} = 0,6 - 0,8$



Sorptionstechnik,
adiabate Kühlung:
 $\eta_{th} = 1,0 - 1,4$

$\eta_{ges} = 0,6 - 1,12$



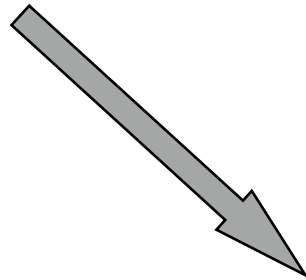
Solare Kühlung mit Menerga Sorpsolair



Solespeicher: 1,0

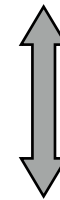


Solarthermie: $\eta_{th} = 0,6 - 0,8$



Soptionstechnik,
adiabate Kühlung:
 $\eta_{th} = 1,0 - 1,4$

$\eta_{ges} = 0,6 - 1,12$



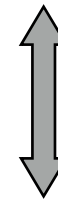


BHKW: $\eta_{el} = 0,2 - 0,6$
 $\eta_{ges} = 0,9 - 0,95$

Solespeicher: 1,0



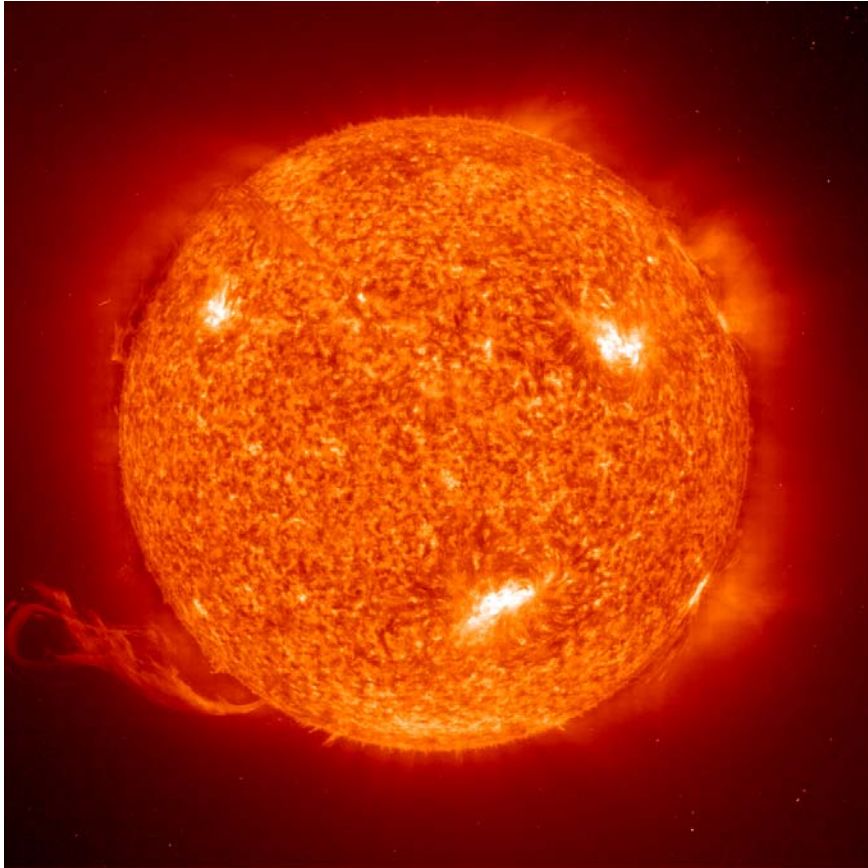
$\eta_{ges} = ???$



Soptionstechnik,
adiabate Kühlung:
 $\eta_{th} = 1,0 - 1,4$

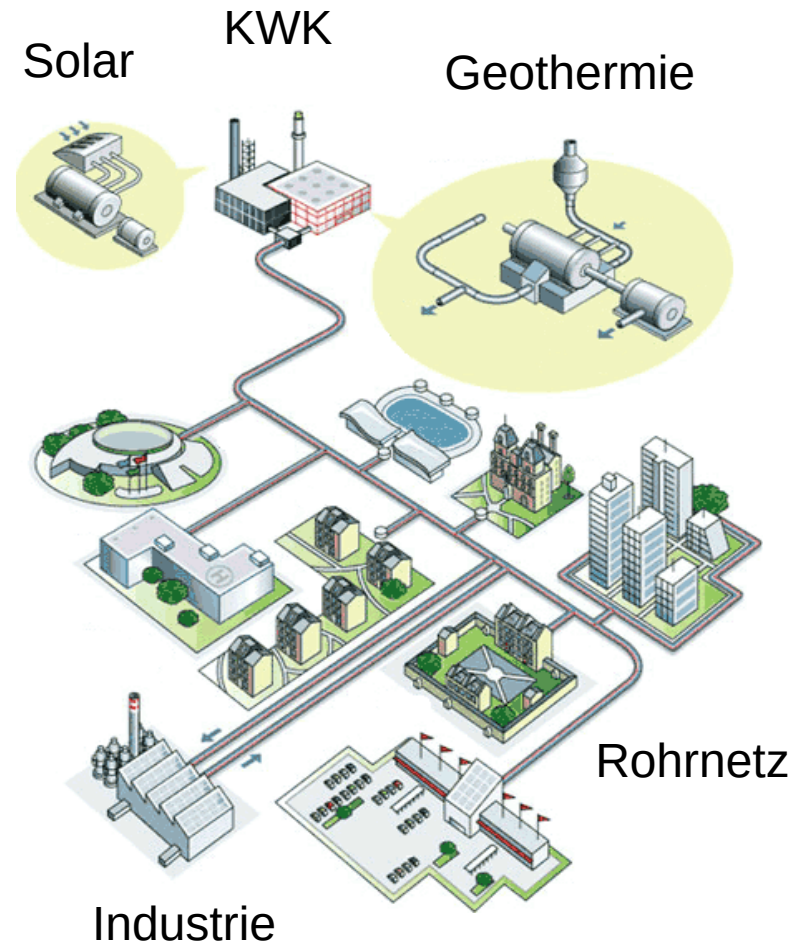


- Energie
- Klima und Klimaentwicklung
- Behaglichkeit
 - Thermische Behaglichkeit
 - Luftqualität
- Heiztechnik
 - Entwicklung der Heiztechnik
 - Heiztechnik für Gebäude mit sehr hohem Dämmstandard
- Raumluftechnik
 - Entwicklung der Raumluftechnik
 - Zukunft der Raumluftechnik
- **Wege zur energieeffizienten Stadt**



Quelle: <http://ah8892.bplaced.net/Astronomie%20Website/sonne.htm>

- Kombinierte Strom- und Wärmeerzeugung (KWK)
- Geothermie
- Fernwärme für den Gebäudebereich ($T_v = 45\text{ °C}$)
- Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (Sorptions technik) ($T_v = 15\text{ °C}$)
- Solare Systeme
 - Warmwasser
 - Beheizung
 - Klimatisierung



- Von Gebäude- zu Quartiersbetrachtung
- Systemoptimierung auf Basis von Exergieansätzen





The background image shows a large industrial or research facility with a complex network of silver-colored metal pipes and ducts. These pipes are connected to large, grey metal cabinets or enclosures. The scene is dimly lit, with some light reflecting off the metallic surfaces. The overall impression is one of a sophisticated, high-tech environment.

reg-Gebäudeforum 2010, Prof. Dr.-Ing. Dirk Müller
EBC | Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimatechnik