

**Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden gGmbH**

**Energieeffizienz und Nachhaltigkeit von RLT-Anlagen**

**Prof. Dr.-Ing. Uwe Franzke**



- ▶ **Einleitung**
- ▶ **Definitionen**
- ▶ **Nutzungsbedingungen**
- ▶ **Haupteinflussgrößen**
  - ▶ Wärmedämmung
  - ▶ Schadstoffklasse
  - ▶ Auslegungskriterien
- ▶ **Alternative Techniken**
- ▶ **Zusammenfassung**



Wäre ein Iglu in Dresden nachhaltig?

- Nachwachsender Rohstoff:
- Energieeffizient:
- Erfüllung der Nutzeranforderung:





## Heutige Auffassung und Ziele im Gebäudebereich

1. Weitgehende Schonung der Energie und Ressourcen bei der Herstellung und Verwendung von Baustoffen aller Art
2. Deutliche **Verminderung der Emissionen von Schadstoffen**
3. Verringerung des **Energieverbrauchs bei gleichbleibender Nutzungsqualität**
4. Beseitigen von Schwachstellen als Folge vertiefter Kosten-/Nutzenbetrachtungen über den gesamten Lebenszyklus (LCC) der Investitionen unter Einsatz von nachhaltigkeitsbetonten Mechanismen
5. Die Erwartung, mit nachhaltiger Bauweise eine Verlängerung der Nutzungs- und Lebensdauer der Gebäude zu befördern



# Definition Energieeffizienz

- ▶ Energieeffiziente Gebäude sind Gebäude, die zur Erfüllung ihrer **Nutzungsbedingungen** einen möglichst geringen Energiebedarf (Energieaufwand) aufweisen
- ▶ In Relation zum speziellen Energiebedarf eines Gebäudes kann Energieeinsparung generell nur durch 2 Maßnahmen erreicht werden:
  - ▶ Energiebedarfsreduzierung
  - ▶ Anlagentechnik mit geringem Energieaufwand

**Energieeffizienz und erneuerbare Energie sind keine Kontrahenten!**

# Operative Temperatur nach VDI 4706

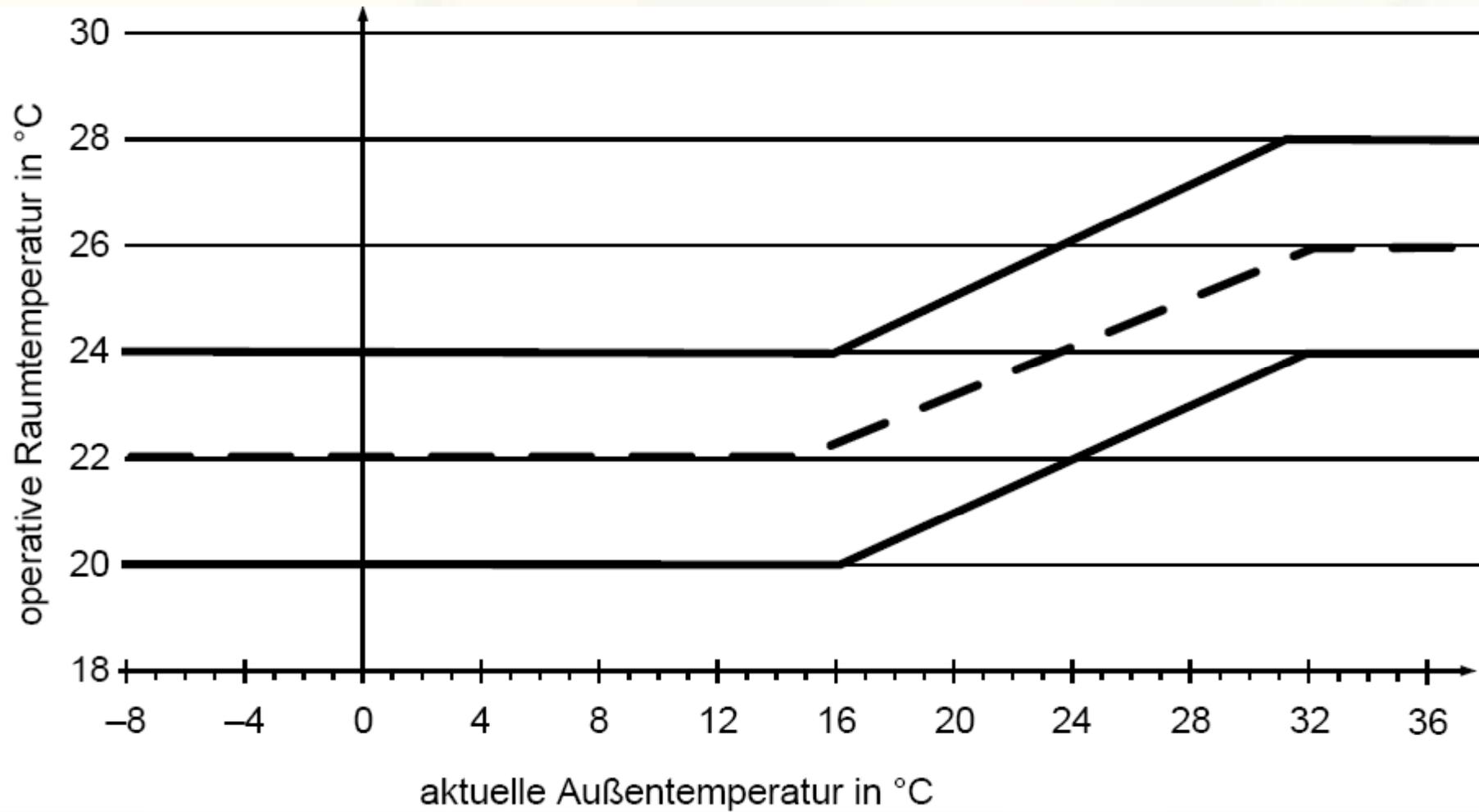




Tabelle B.2 — Beispiele für empfohlene Lüftungsraten für Nichtwohngebäude bei Standardbelegungsdichte für drei Kategorien der Verschmutzung durch das Gebäude selbst. Für den Fall, dass Rauchen gestattet ist, gibt die letzte Spalte die zusätzlich geforderte Lüftungsrate an

Gebäude- bzw. Raumtyp	Kategorie	Grundfläche m <sup>2</sup> je Person	$q_p$	$q_B$	$q_{tot}$	$q_B$	$q_{tot}$	$q_B$	$q_{tot}$	Zugabe bei Rauchen
			l/s, m <sup>2</sup> bei Belegung	l/s, m <sup>2</sup> bei sehr schadstoffarmen Gebäuden		l/s, m <sup>2</sup> bei schadstoffarmen Gebäuden		l/s, m <sup>2</sup> bei nicht schadstoffarmen Gebäuden		l/s, m <sup>2</sup>
Einzelbüro	I	10	1,0	0,5	1,5	1,0	2,0	2,0	3,0	0,7
	<b>II</b>	<b>10</b>	<b>0,7</b>	<b>0,3</b>	<b>1,0</b>	<b>0,7</b>	<b>1,4</b>	<b>1,4</b>	<b>2,1</b>	<b>0,5</b>
	III	10	0,4	0,2	0,6	0,4	0,8	0,8	1,2	0,3
Großraumbüro	I	15	0,7	0,5	1,2	1,0	1,7	2,0	2,7	0,7
	<b>II</b>	<b>15</b>	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>	<b>1,2</b>	<b>1,4</b>	<b>1,9</b>	<b>0,5</b>
	III	15	0,3	0,2	0,5	0,4	0,7	0,8	1,1	0,3
Konferenzraum	I	2	5,0	0,5	5,5	1,0	6,0	2,0	7,0	5,0
	<b>II</b>	<b>2</b>	<b>3,5</b>	<b>0,3</b>	<b>3,8</b>	<b>0,7</b>	<b>4,2</b>	<b>1,4</b>	<b>4,9</b>	<b>3,6</b>
	III	2	2,0	0,2	2,2	0,4	2,4	0,8	2,8	2,0
Hör- bzw. Zuschauersaal	I	0,75	15	0,5	15,5	1,0	16	2,0	17	
	<b>II</b>	<b>0,75</b>	<b>10,5</b>	<b>0,3</b>	<b>10,8</b>	<b>0,7</b>	<b>11,2</b>	<b>1,4</b>	<b>11,9</b>	
	III	0,75	6,0	0,2	0,8	0,4	6,4	0,8	6,8	



## 40% aller CO<sub>2</sub>-Emissionen kommen aus Gebäuden

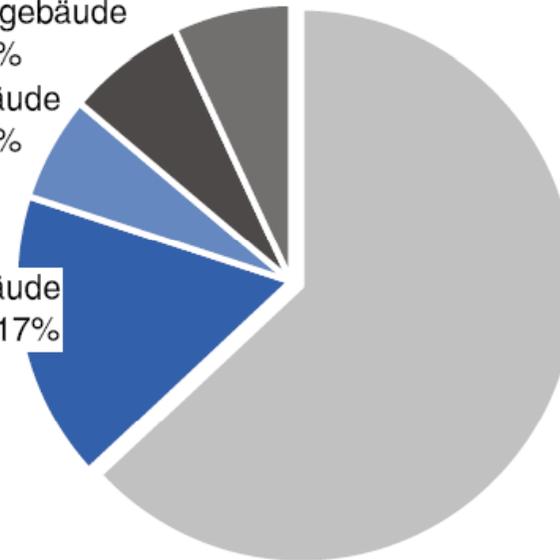
Anteil an CO<sub>2</sub>-Gesamtemissionen, 2004

Nichtwohngebäude (Wärme) 7%

Nichtwohngebäude  
(Strom) 7%

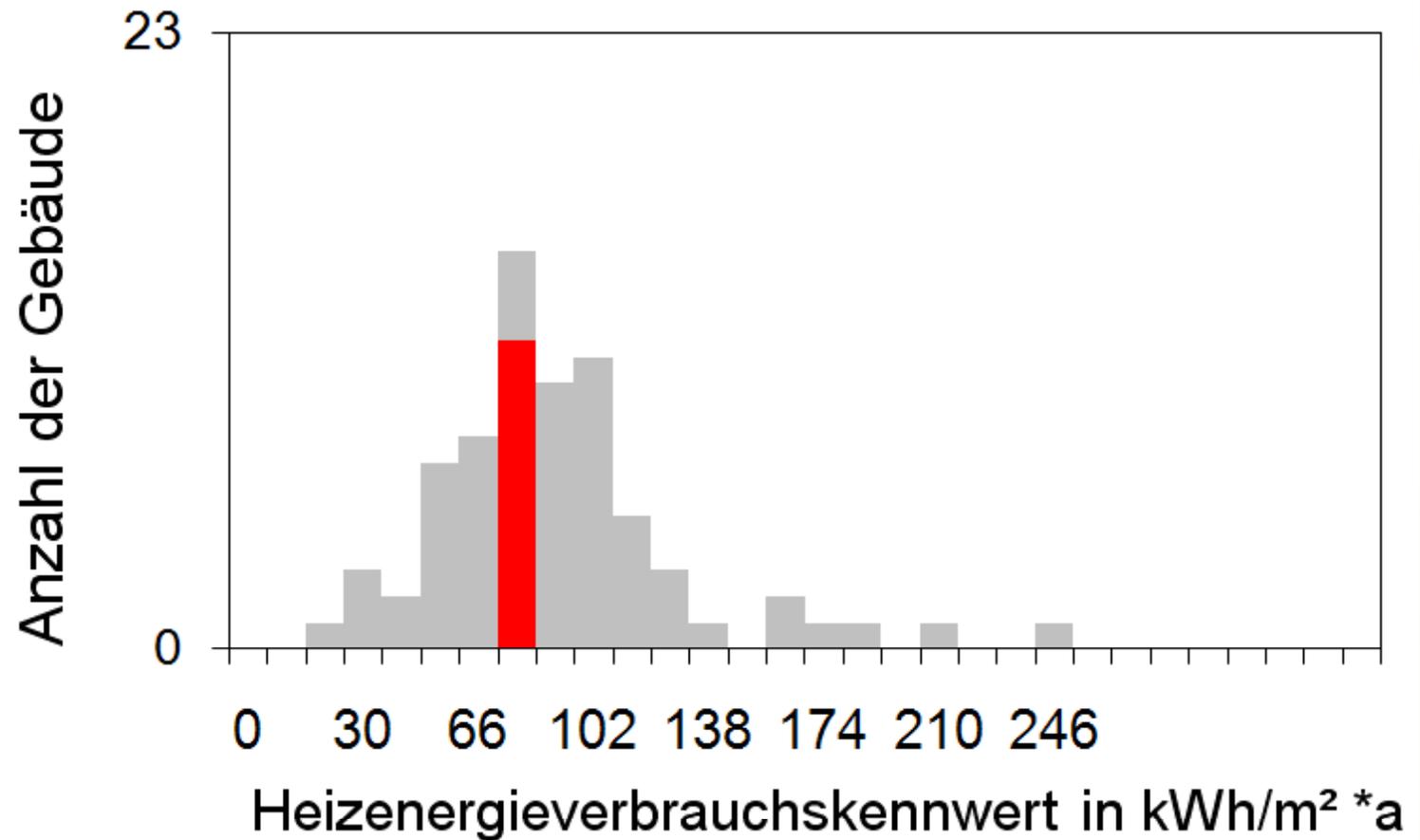
Wohngebäude  
(Strom) 6%

Wohngebäude  
(Wärme) 17%



Sonstige CO<sub>2</sub>-Emissionen 63%

Quelle: IWU



72 Gebäude

Median: 79 kWh/m<sup>2</sup> a entspricht ca. **20 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> a**

Flächendurchschnitt: 5.164 m<sup>2</sup> BGF

Quelle: Forschungsbericht der ages GmbH, Münster. 2005



# Mineralwolle zur Fassadendämmung

- Abiotischer Ressourcenverbrauch (ADP) – Input: 0,393 kg Sb-Äqv.
- **Treibhauspotential (GWP 100) – Output: 68,8 kg CO<sub>2</sub>-Äqv.**
- Versauerungspotential (AP) – Output: 0,33 kg SO<sub>2</sub>-Äqv.
- Photochem. Oxidantienbildungspot. (POCP) – Output: 0,0186 kg Ethen-Äqv.
- Eutrophierungspotential (EP) – Output: 0,0416 kg Phosphat-Äqv.
- Ozonabbaupotential (ODP) – Output: 3,054E-6 kg R11-Äqv.

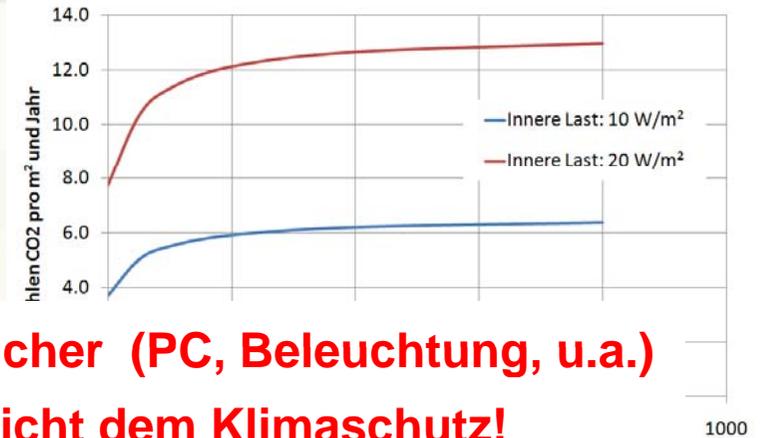
Quelle: Ökobaut.dat



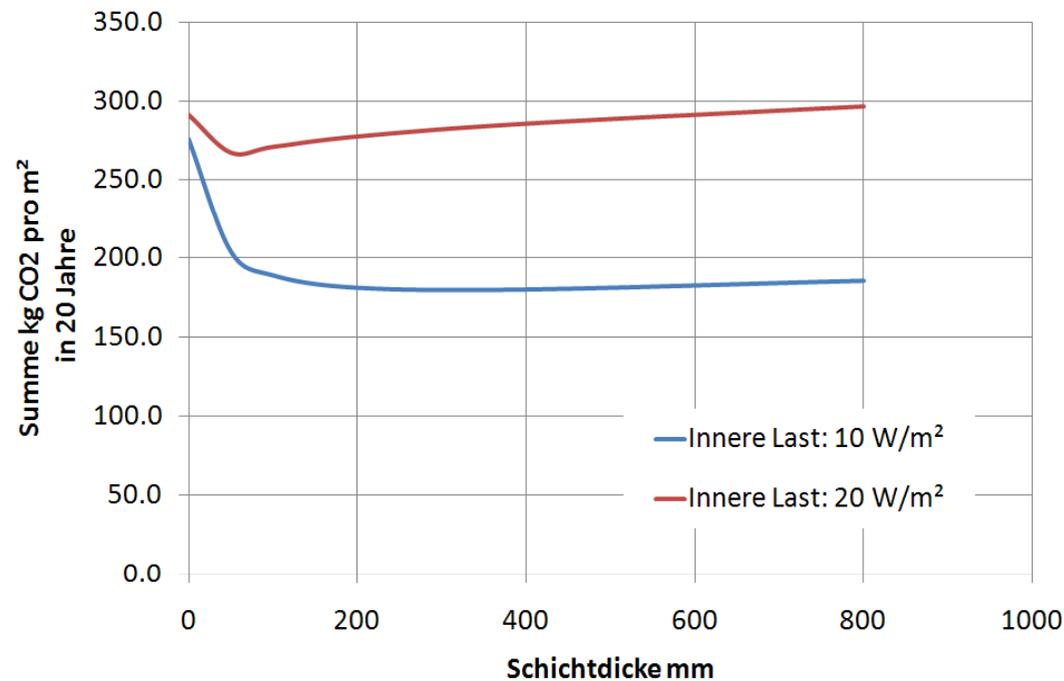
Erzeugungsaufwand	CO2	
Heizkessel	26.75	kg/kW
Klimagerät	37.5	kg/kW
Mineralwolle	68.8	kg/m <sup>3</sup>
Betriebsaufwand		
Heizkessel	0.255	kg/kWh (thermisch)
Leistungszahl	3	
Klimagerät	0.2183	kg/kWh (thermisch)
Entsorgung		
Heizkessel	-5	kg/kW
Klimagerät	-17.2	kg/kW
Mineralwolle	0.624	kg/m <sup>3</sup>



# CO<sub>2</sub>-Bilanz Wärmedämmung - Bürogebäude

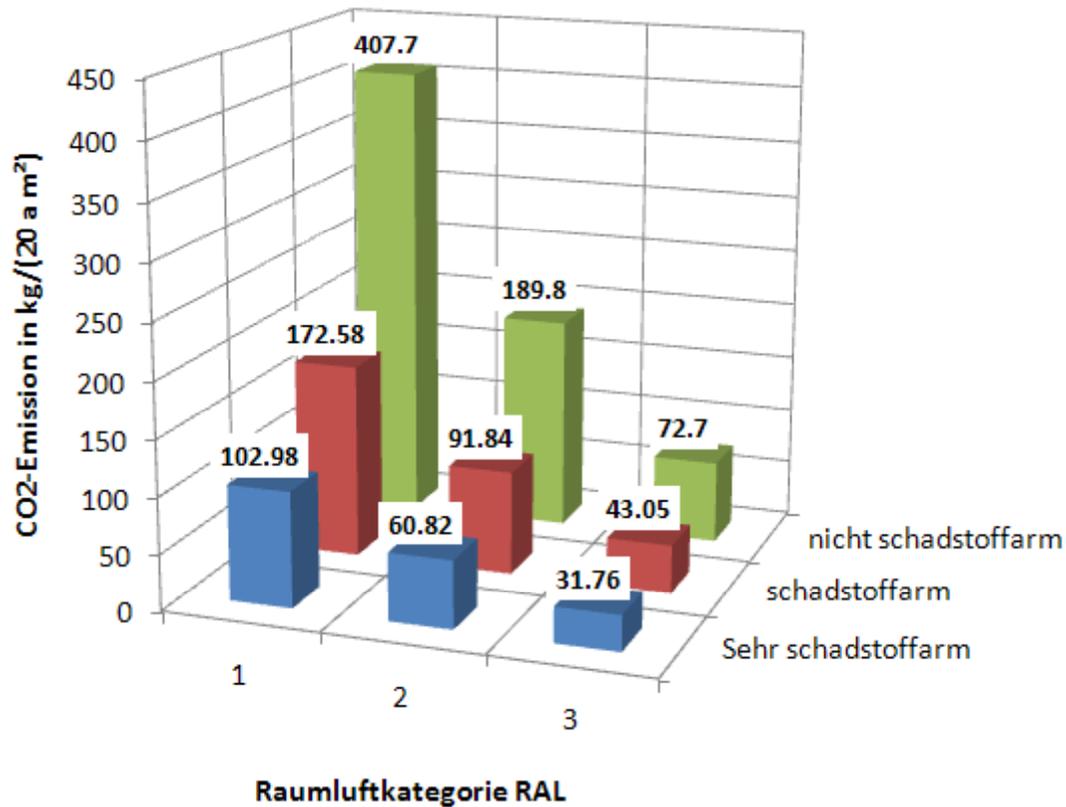


**Ohne Leistungsverringerung der elektrischen Verbraucher (PC, Beleuchtung, u.a.) dienen weitere Maßnahmen zur Wärmedämmung nicht dem Klimaschutz!**





# Einfluss von Gebäude und Raumluftkategorie



Nur Bedarf des RLT-Gerätes (Strom, Wärme)

Keine innere Last

29 % Fensterflächenanteil

5 % Leckage

70 % WRG

Montag-Freitag zwischen 8.00 und 18.00 Uhr

TRJ 04 – Potsdam

**Verwendung schadstoffarmer Bauprodukte ist Grundvoraussetzung für Klimaschutz!**



Referenzjahr	2008
Name	Basisname; Technische Kennwerte/ Eigenschaften Lüfter zentral WRG 10000 m3/h; 1 Stück
Technisches Anwendungsgebiet	Gerät zum Austausch von Luft in einem Gebäude über eine zentrale Anlage inklusive Wärmerückgewinnung.
Fluss	<a href="#">Lüfter</a>
Kerninformation des Datensatzes	703,942 kg (Masse)
Anwendungshinweis für Datensatz	Der Datensatz ist auf die Produktion von einem Lüfter mit spezifischer Leistung (siehe Technologiebeschreibung) skaliert. Er ist bereits mit einem Sicherheitszuschlag von 10% auf die Ergebnisse versehen, da kein unabhängiges Review vorliegt.
Gliederung Produktgruppe ()	Klassifizierung / Ebene / Ebene / Ebene Prozesse / 8 Gebäudetechnik / 8.2 Klimatisierung/Lüftung / 8.2.1 Lüftungsanlagen
Urheberrecht? Ja	Eigner des Datensatzes (contact data set) <a href="#">PE INTERNATIONAL</a>

## Quantitative Referenz

Referenzfluss (Name und Einheit)	Lüfter - kg (Masse)
----------------------------------	---------------------

## Zeitliche Repräsentativität

Zeitliche Gültigkeit des Datensatzes	2012
Erläuterungen zur zeitlichen Repräsentativität	jährlicher Durchschnitt

## Technische Repräsentativität

Technische Beschreibung inklusive der Hintergrundsysteme	Zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung und einer Leistung von 10000 m3/h und einem Gesamtgewicht von 704 kg. Die Lüftungsanlage besteht neben den Ventilatoren, die den Luftaustausch gewährleisten, aus einem Aluminiumwärmetauscher der mit der Wärme der Abluft die frische Zuluft erwärmt. Die Effizienz der Rückgewinnung beträgt ca. 70%. Die durchschnittliche Lebensdauer von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung beträgt nach VDI 2067 20 Jahre.
--	--

## Modellierung und Validierung

### Angewandte Methode und Allokation

Art des Datensatzes	EPD
---------------------	-----

### Datenquellen und Repräsentativität

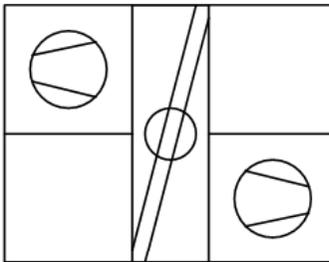
Datenquellen (source data set)	<a href="#">VDI 2067</a>
	<a href="#">GaBi4 Software und Datenbank 2006</a>
	<a href="#">VENTOMAXX 2008</a>
	<a href="#">MITSUBISHI 2008</a>
	<a href="#">BUCK 2002</a>
	<a href="#">VENMAR 2008</a>

### Validierung



# Vereinfachte CO<sub>2</sub>-Bilanz

EnEV 2009  
Zuluft: SFP4: 1500 W/(m<sup>3</sup>/s)  
Abluft: SFP3: 1000 W/(m<sup>3</sup>/s)



Lüftungsgerät mit 10.000 m<sup>3</sup>/h und 70 % WRG  
704 kg

Stahlblechkanal 2 x 50 m  
3.500 kg

- Gebäude/Raum
- 2.000 m<sup>2</sup> NF
  - schadstoffarm
  - RAL II
  - 2.607 Stunden pro Jahr

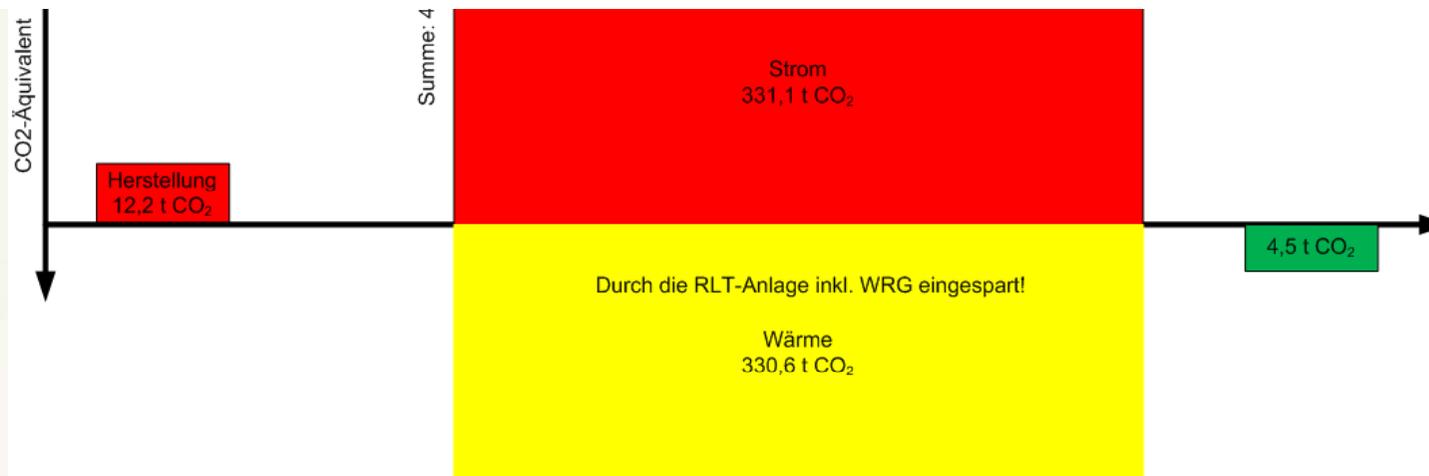
Herstellung

20 Jahre Betrieb

Entsorgung



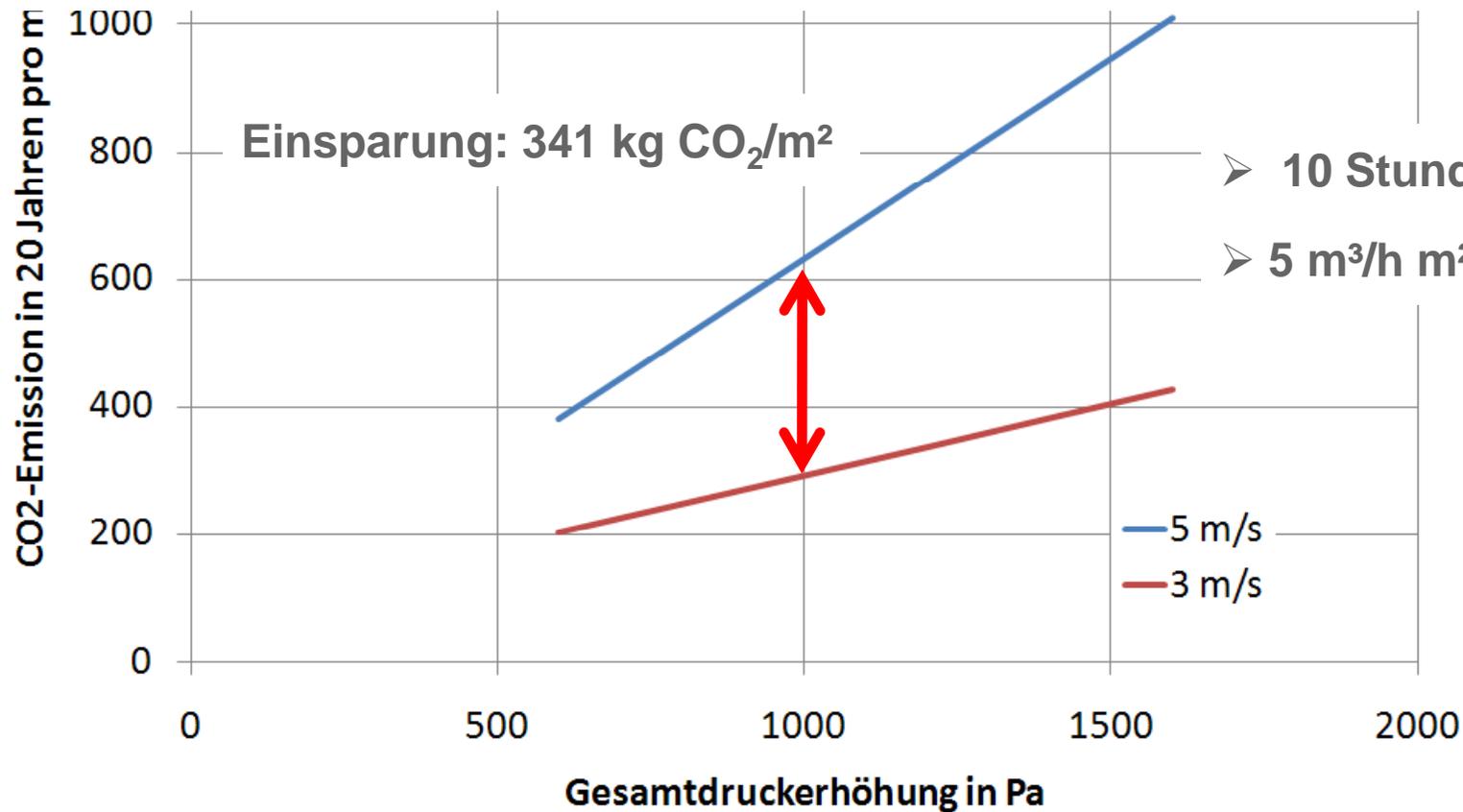
**Weniger als 10 % der CO<sub>2</sub>-Emission entstehen bei der Herstellung!**





# Einfluss der Schachtgröße auf die Betriebskosten

**Strombedarf für die Lüftungstechnik ist das Hauptproblem beim Thema Klimaschutz**



**Verringerung der Auslegungsgeschwindigkeit von 5 auf 3 m/s**

**Vergrößerung Schachtquerschnitt: + 66 %**



## Alternative Techniken - Möglichkeiten

- ▶ PV zur **Strom**- und Kälteerzeugung
- ▶ Biomasse-BHKW zur **Strom**-, Wärme- und Kälteerzeugung
- ▶ Solarkollektoren zur thermischen Kälteerzeugung
- ▶ Kurz- und Langzeitspeicher



# Geschlossene sorptive Kühlung - Anbieter

## Kälteleistungen < 20kW

### ➤ Aktuelle Entwicklungsprojekte

(Quelle: [www.polysmart.org](http://www.polysmart.org))



EAW



rotartica

**Wasser/LiCl**  
(int. Speicher)



Climatewell



Robur



Pink



Phönix



ECN

**Wasser/  
Silicagel**

**Ammoniak/  
Wasser**



Sortech

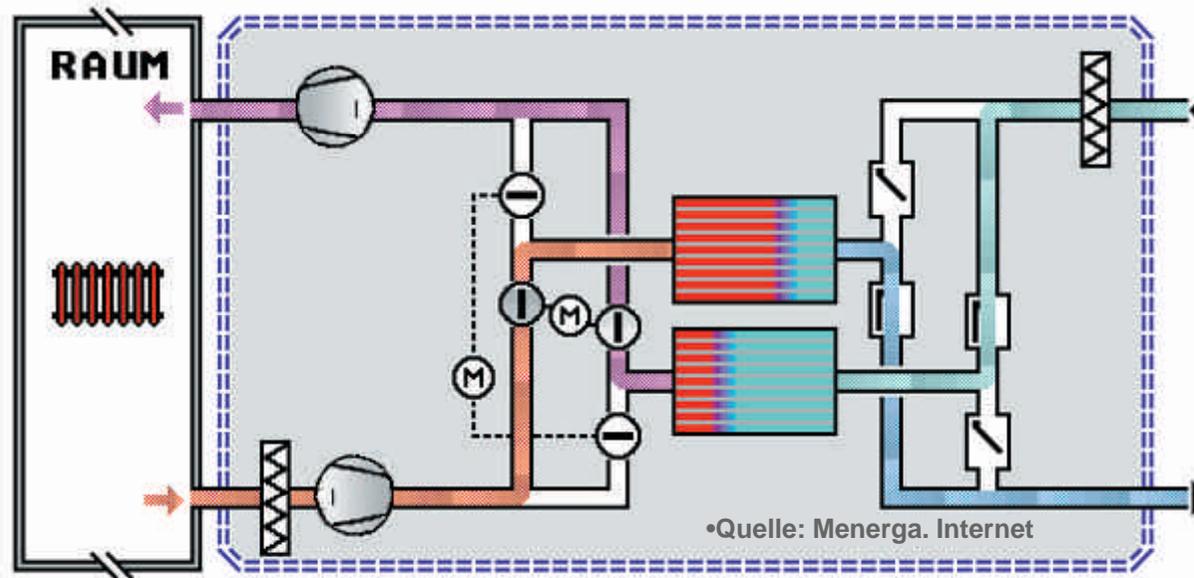
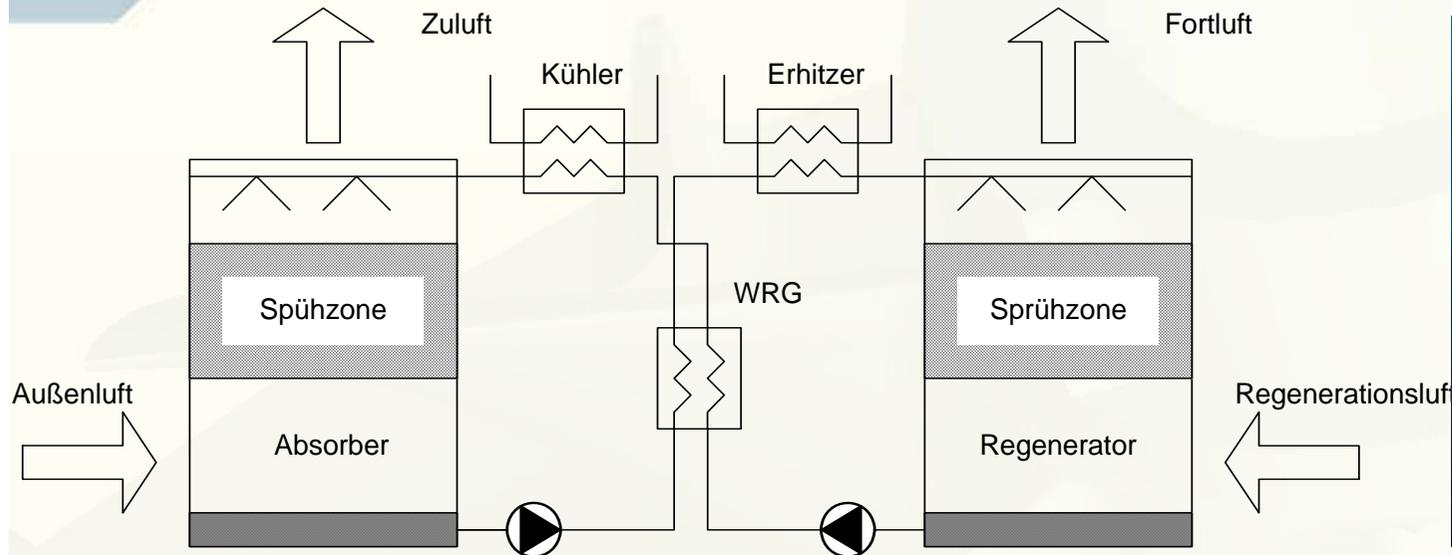


AoSol

**Wasser/  
LiBr**

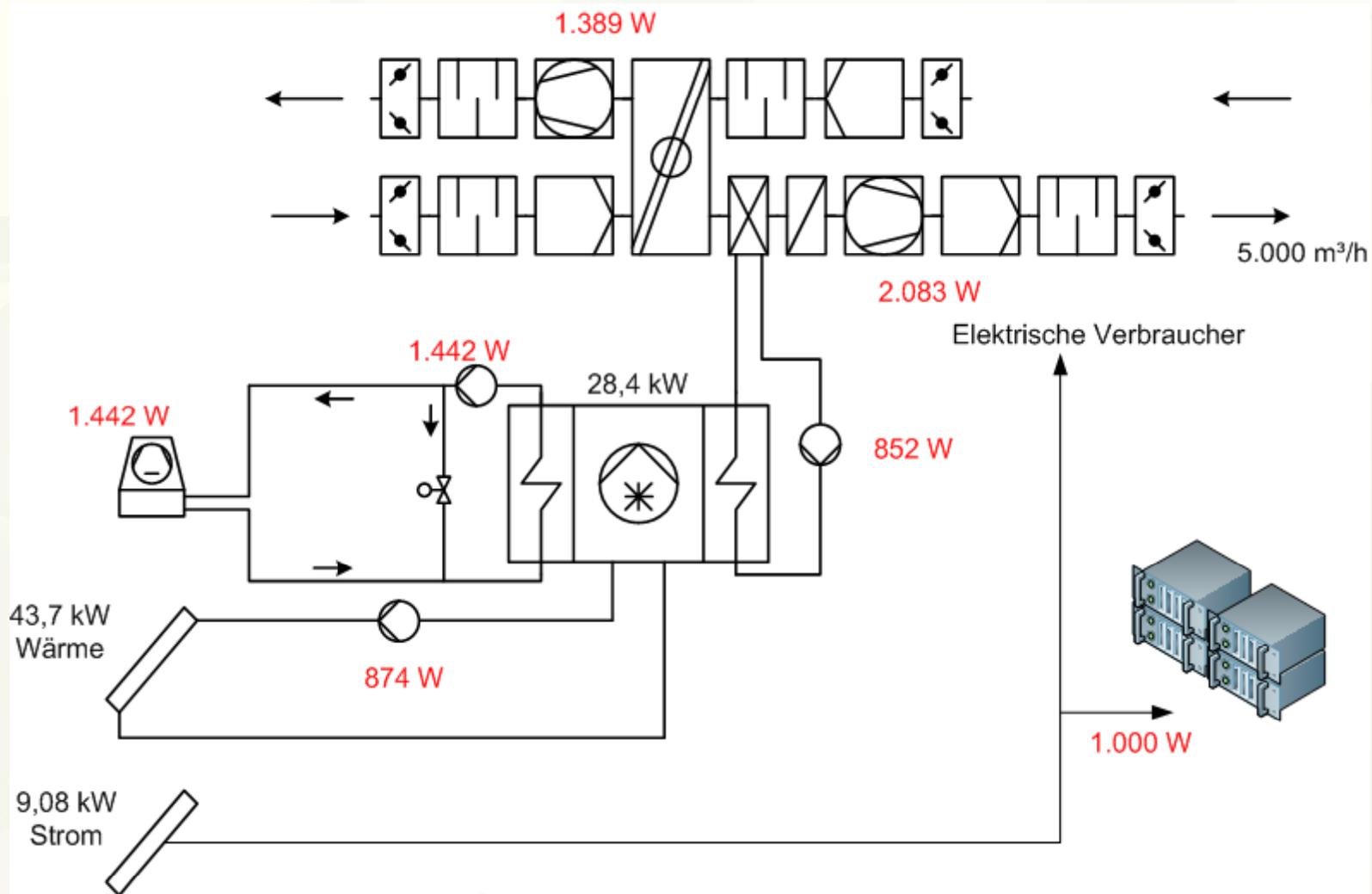


# Offene Prozesse - Flüssig oder Fest?



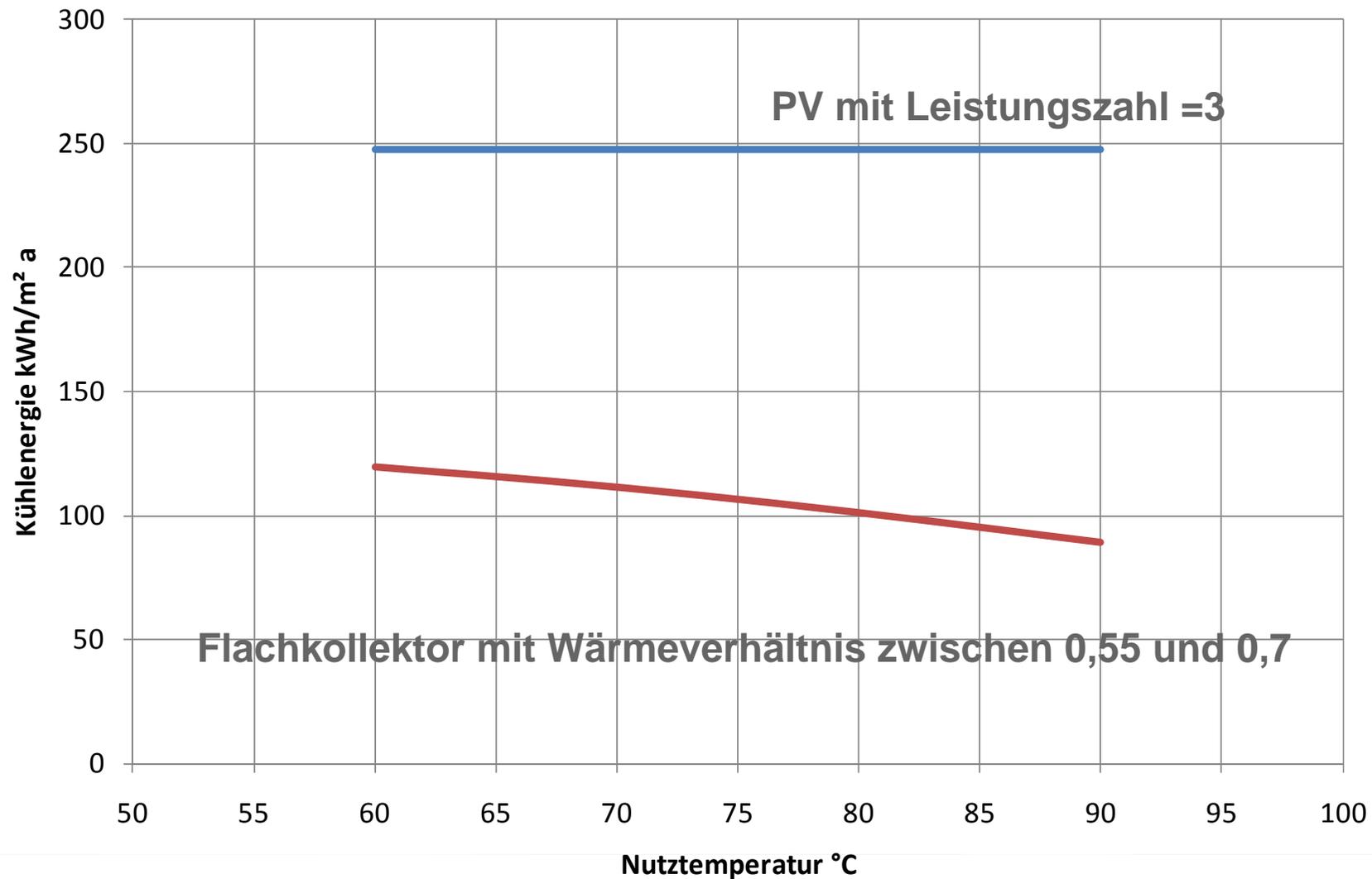


# Elektrische Verbraucher bei solarthermischer AKM



**COP=3,12**

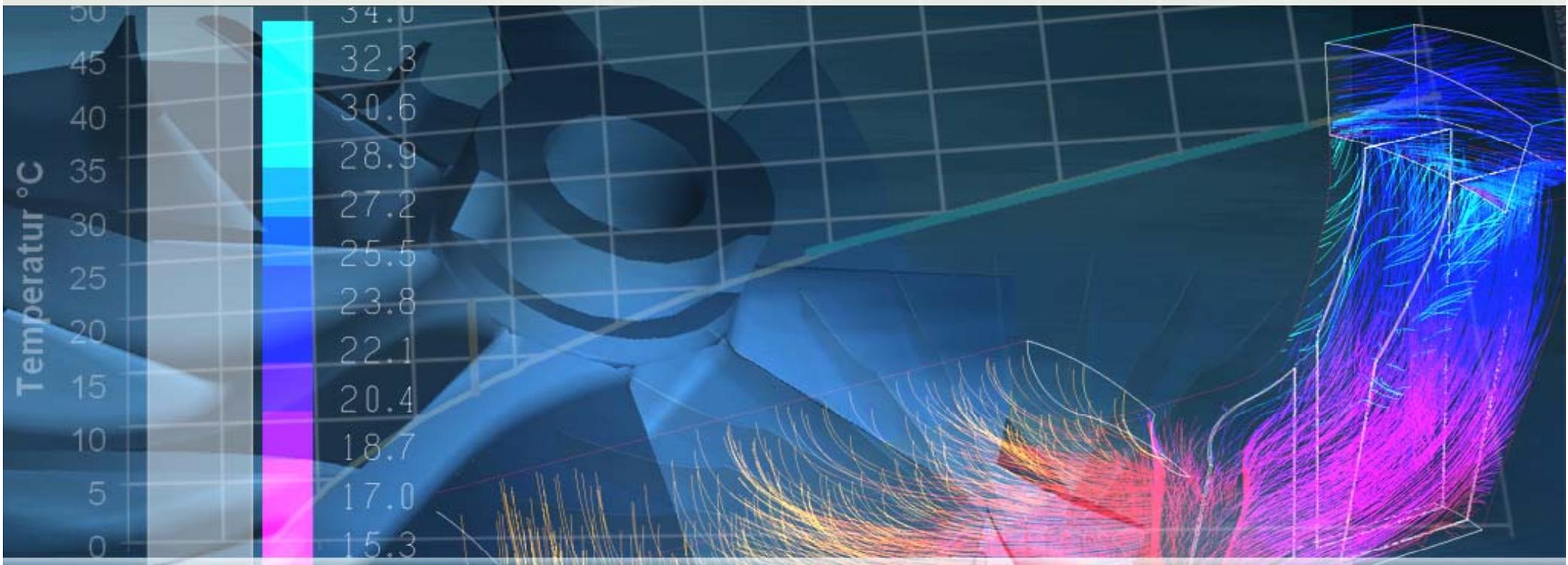
# Vergleich der erzeugbaren Kühlenergie



Süd mit 45 ° Neigung



- **Nachhaltigkeit und Nutzungsqualität sind Partner nicht Gegner**
- **Energieeffizienz und erneuerbare Energien sind im Gebäudebereich gleichrangig**
- **Ohne Anpassung und Leistungsverringerung der elektrischen Verbraucher (PC, Beleuchtung, u.a.) sind weitere Maßnahmen zur Wärmedämmung unnötig**
- **Die Verwendung schadstoffarmer Baumaterialien ist existenziell für geringen Energieverbrauch**
- **Der Schwerpunkt ökologischer Betrachtungen muss nach wie vor beim Betrieb und nicht bei der Herstellung liegen**
- **Strombedarf für die Lüftungstechnik ist das Hauptproblem beim Thema Klimaschutz. Die Lösung besteht in ausreichenden Technikflächen**
- **Alle Gebäude sollten auf Basis einer Bedarfsermittlung in ihrem bezogenen Jahresenergiebedarf und ihrem CO<sub>2</sub>-Ausstoss gekennzeichnet werden. Für die Überschreitung vorzugebener Grenzwerte sind Maßnahmen festzulegen, mit dem Ziel, die Gebäude in einer vorzugebenden Zeit energetisch zu sanieren.**



## Institut für Luft- und Kältetechnik

Gemeinnützige Gesellschaft mbH

Bertolt-Brecht-Allee 20

01309 Dresden

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Prof. Dr.-Ing. Uwe Franzke

Tel.: +49 351 / 4081-650

Fax: +49 351 / 4081-655

E-Mail: [klima@ilkdresden.de](mailto:klima@ilkdresden.de)

www: [www.ilkdresden.de](http://www.ilkdresden.de)