

**ZeroEmission**

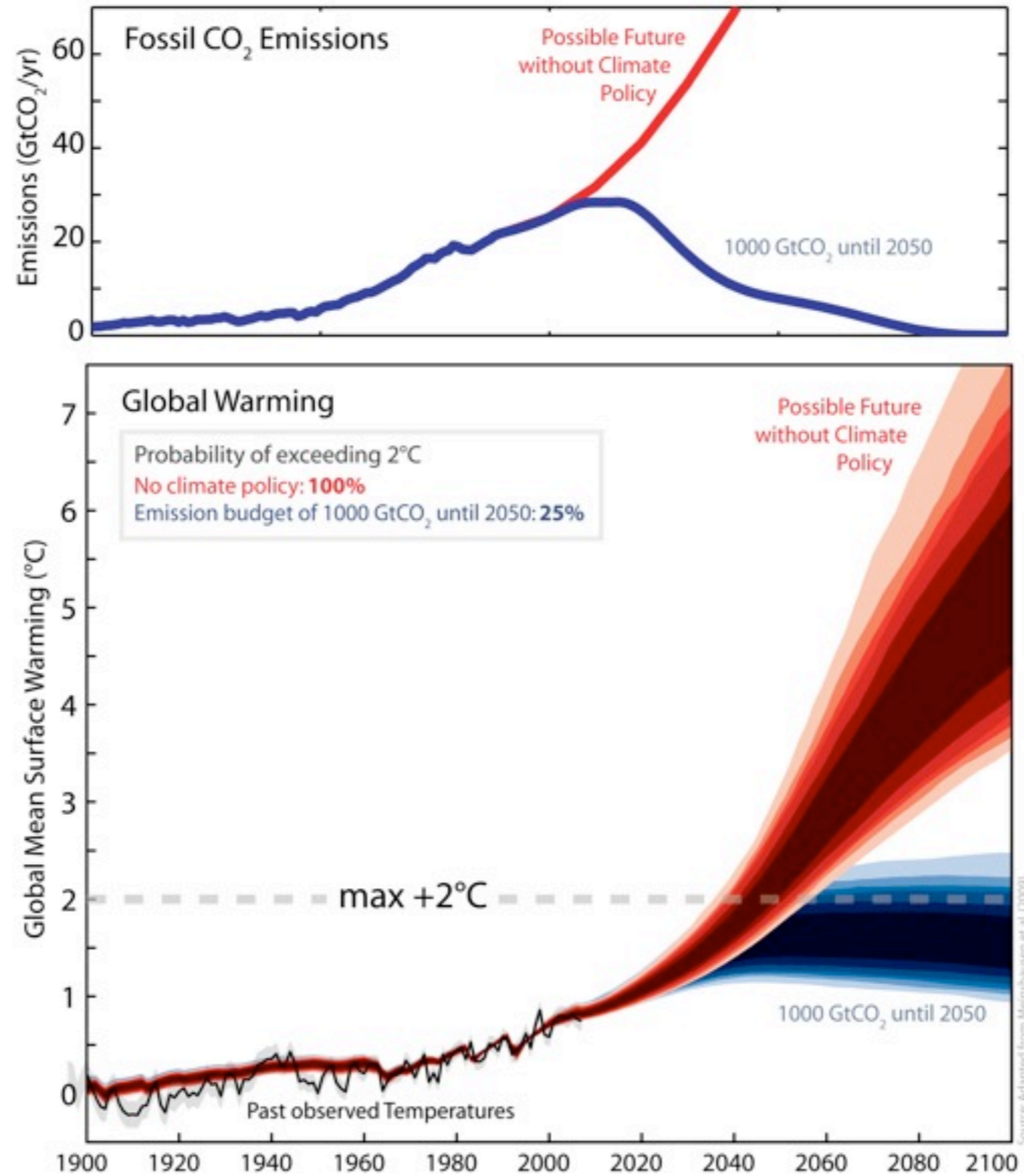
**LowEx:**

**gebaute Beispiele**

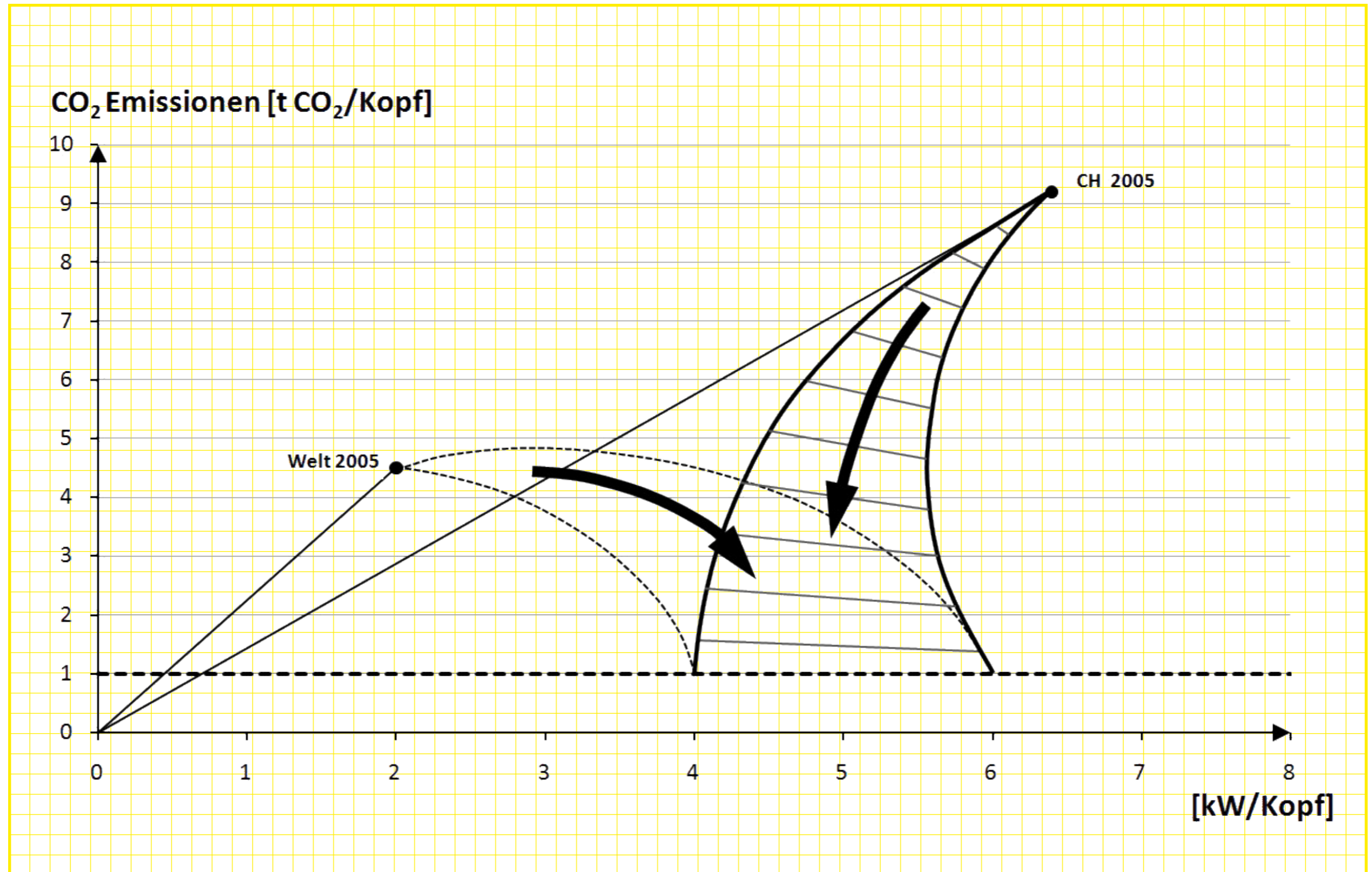
## Geschichte Energie im Hochbau

|               |                                               | Sparen   | Substituieren |
|---------------|-----------------------------------------------|----------|---------------|
| <b>- 1973</b> | <b>keine Vorgaben</b>                         |          |               |
| <b>1974</b>   | <b>erste Sonnenkollektoren</b>                |          | <b>x</b>      |
| <b>1978</b>   | <b>erste Wärmedämmvorschriften</b>            | <b>x</b> |               |
| <b>1985</b>   | <b>erste Erdsonden</b>                        |          | <b>x</b>      |
| <b>1990</b>   | <b>erste Photovoltaik-Paneele</b>             |          | <b>x</b>      |
| <b>1994</b>   | <b>Gründung Verein Minergie</b>               | <b>x</b> |               |
| <b>1998</b>   | <b>Solarstrombörse Zürich</b>                 |          | <b>x</b>      |
| <b>2004</b>   | <b>2000-Watt-Gesellschaft in Zürich</b>       | <b>x</b> | <b>x</b>      |
| <b>2007</b>   | <b>erste Erdsondenfelder (sais. Speicher)</b> |          | <b>x</b>      |
| <b>2008</b>   | <b>Windenergiekredit EWZ</b>                  |          | <b>x</b>      |
| <b>2009</b>   | <b>Subventionen für Wärmedämmung</b>          | <b>x</b> |               |
| <b>2010</b>   | <b>erster Hybridkollektor</b>                 |          | <b>x</b>      |

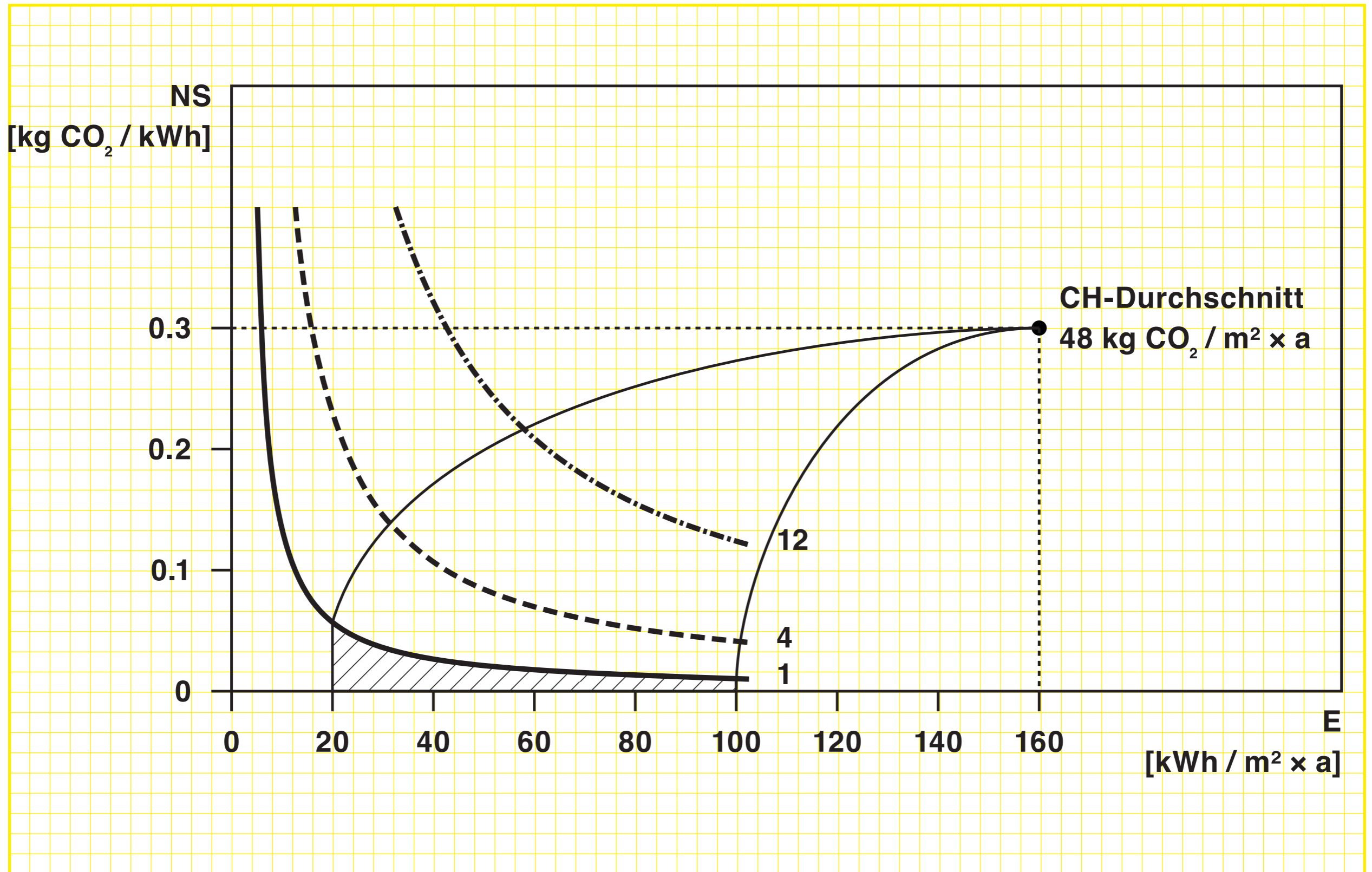
# Das Problem



# Die ETH-Strategie



# Die Strategie für Gebäude



## Die solare Leistung

$1430 \times 6 \times 6 \times 10^{12} \times 3.14 =$   
 $1.62 \times 10^{17}$  Watt  
 $8 \times 10^9$  Menschen

$2 \times 10^8$  Watt  
20 000 000 Watt / capita

1430 W/m<sup>2</sup>

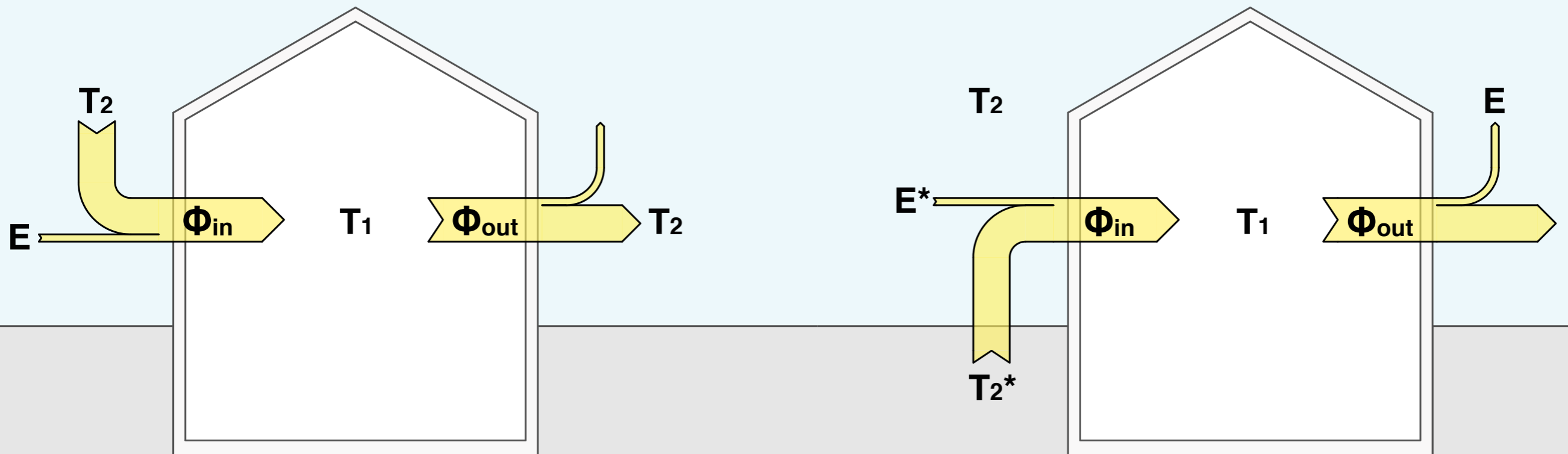
6000 km =  $6 \times 10^6$  m

## Der neue Ansatz

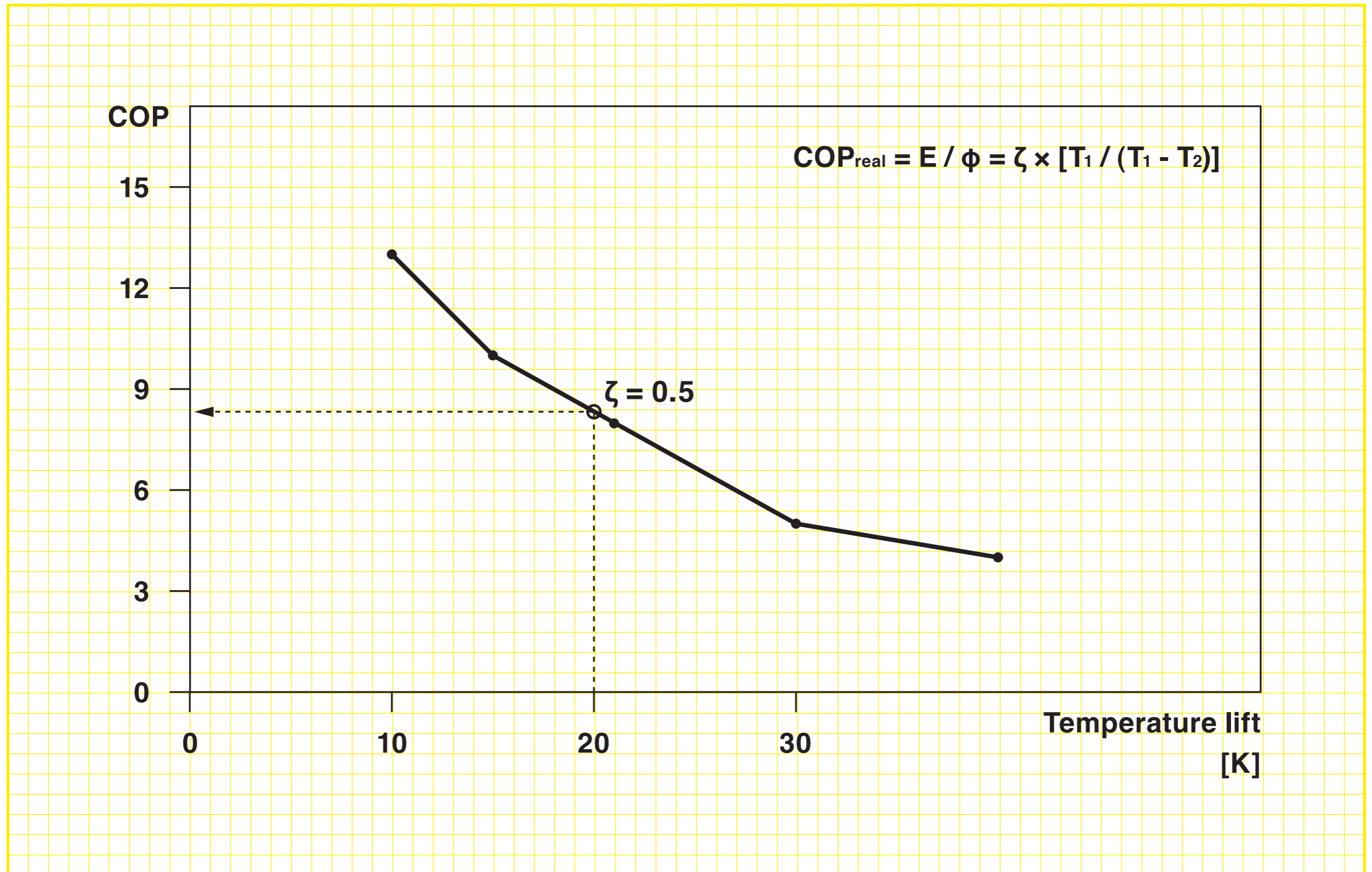
Energie = Exergie + Anergie

$$\Phi_{\text{Wärme}} = \Phi_{\text{Wärme}} \times \left[ \left( 1 - \frac{T_2}{T_1} \right) + \frac{T_2}{T_1} \right]$$

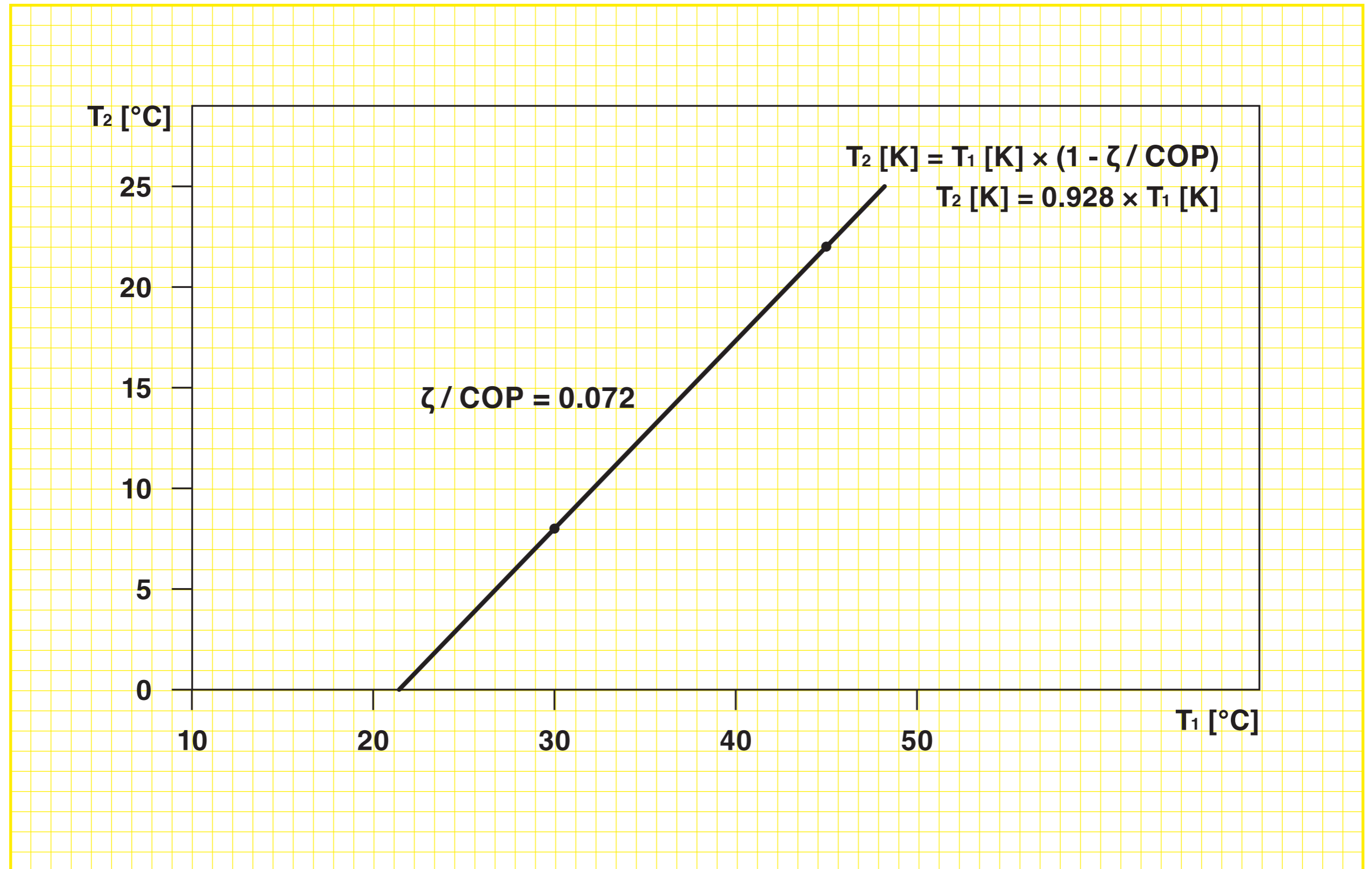
# Die Qualität der Anergie



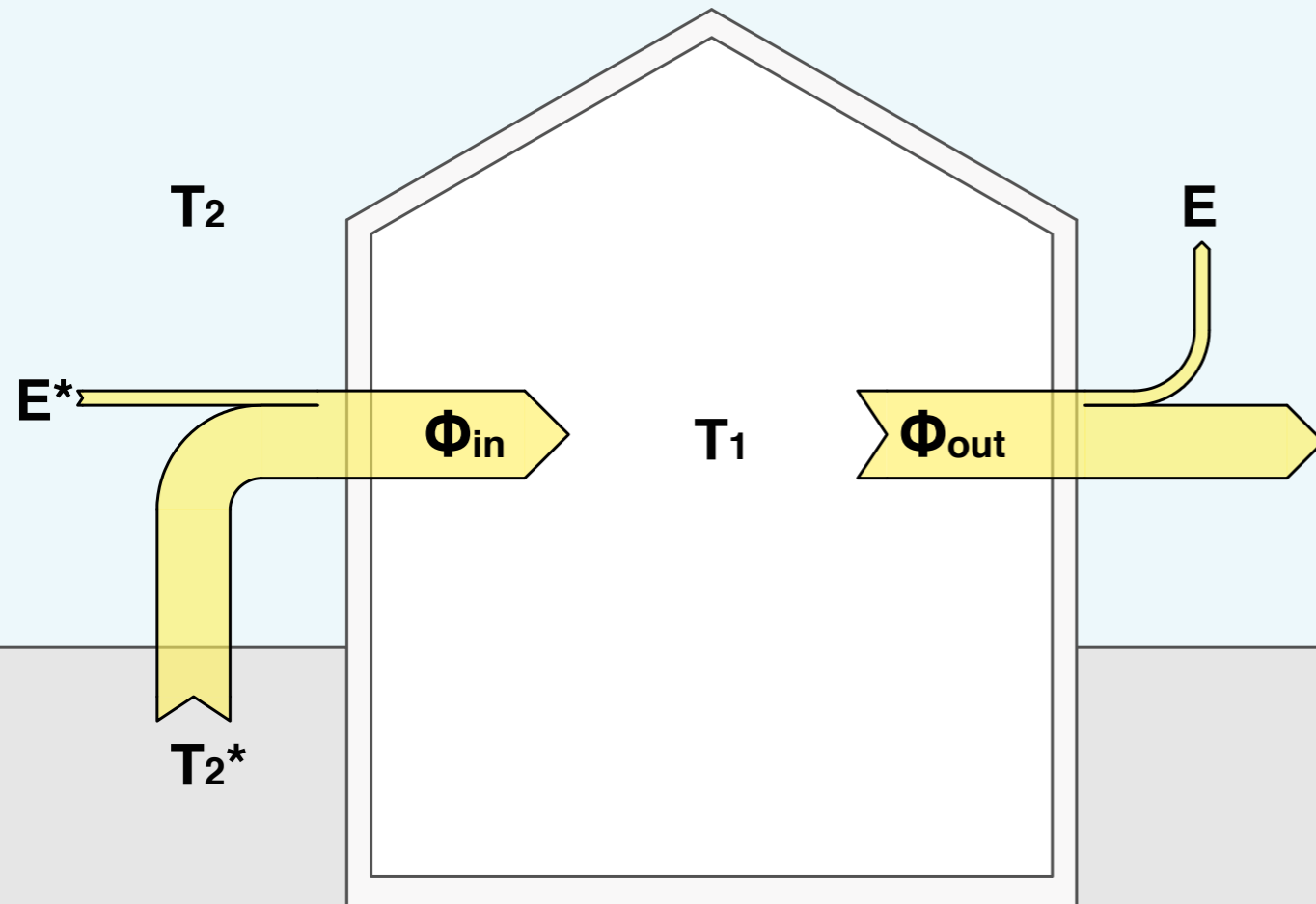
# COP der realen Wärmepumpe



## Temperatur der Energiequelle



# Die Qualität der Anergie





---

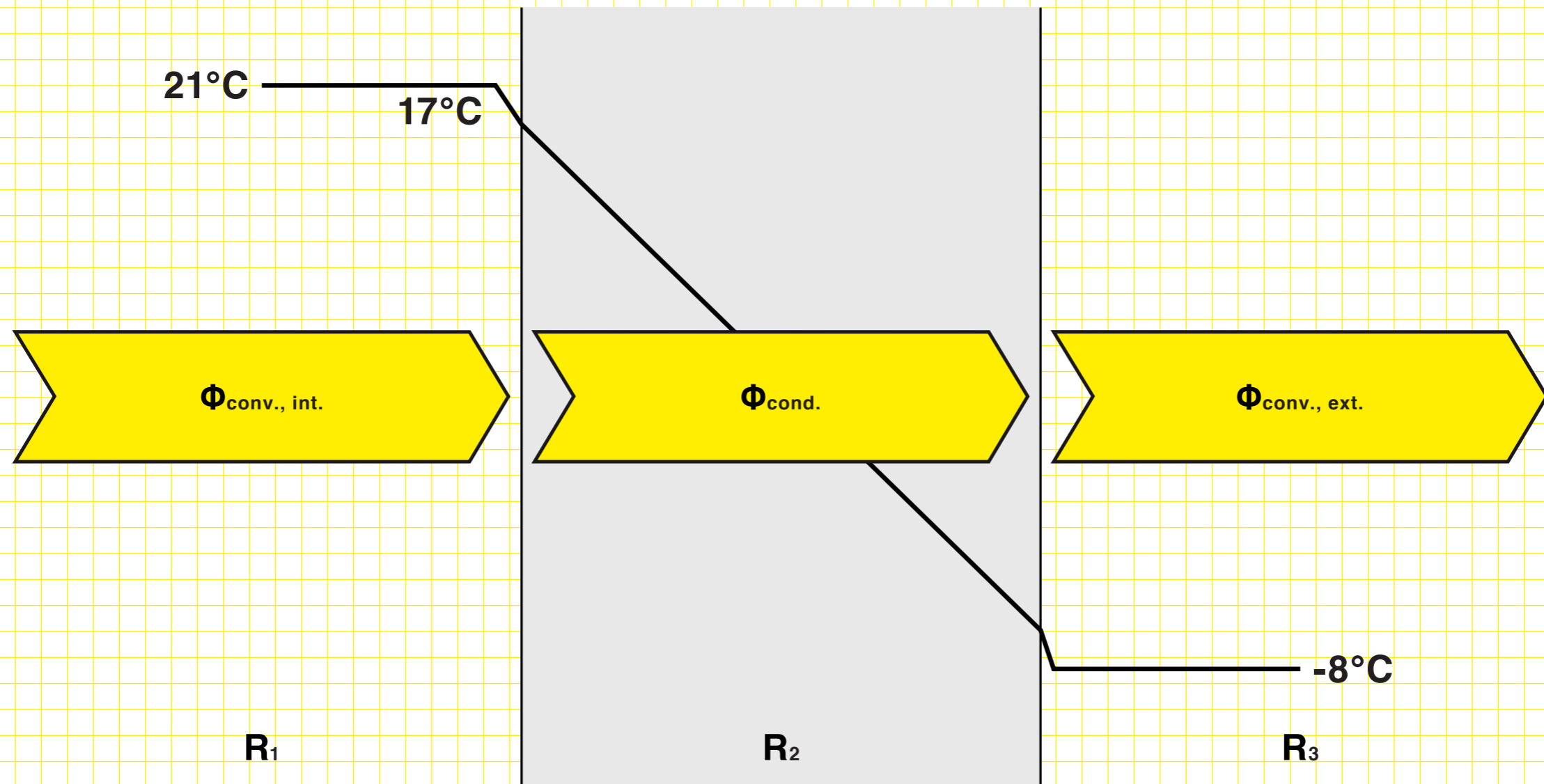
*Es ist möglich,  
Wärme mit einem COP > 7 zu «produzieren»,  
wenn eine gute Anergiequelle vorhanden  
und wenn das Heizsystem niedertemperaturig ist.*



---

*Wie gut muss  
beziehungsweise wie schlecht darf  
die Aussenwand sein?*

# Wärmetransport durch die Wand

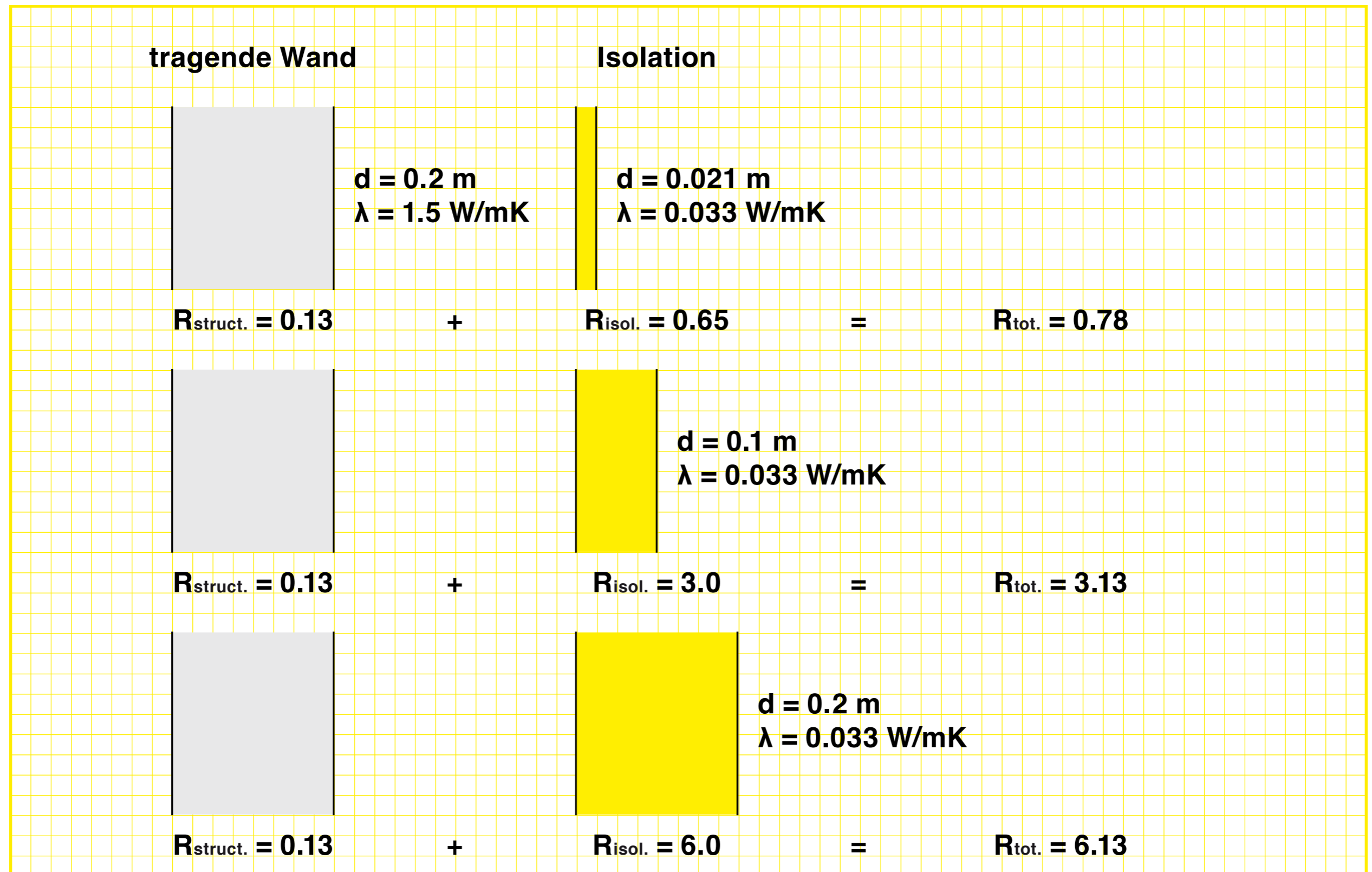


**convection:**  $\Phi_{\text{conv., int.}} = \Phi_{\text{cond., Wall}} = \Phi_{\text{conv., ext.}}$

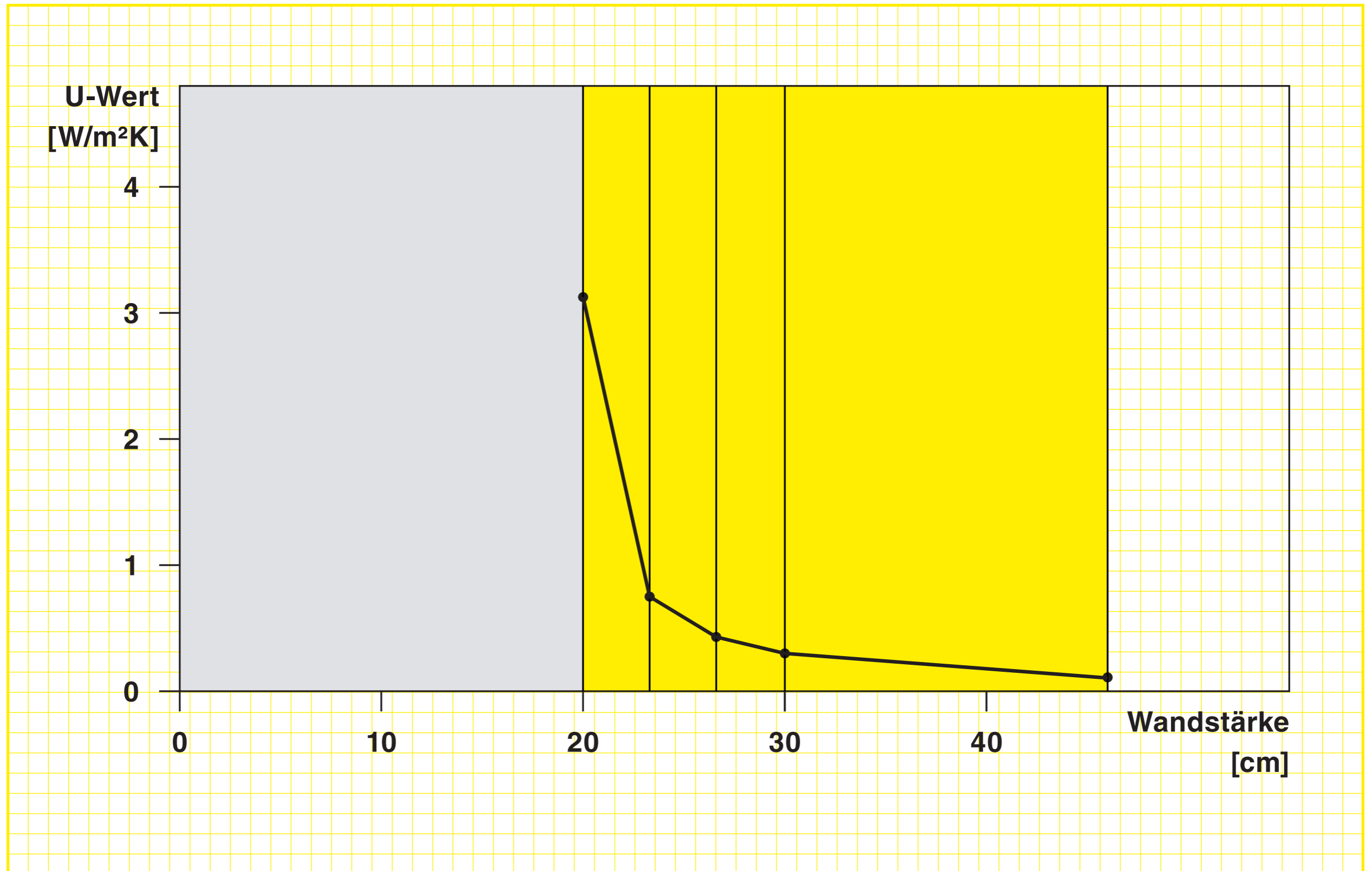
**conduction:**  $\Phi_{\text{cond., int.}} = h_{\text{int.}} \times \Delta T_1$

$\Phi_{\text{cond., Wall}} = 1 / R \times \Delta T_2$

# Wand und Dämmung



## Der U-Wert inklusive Wärmeübergänge

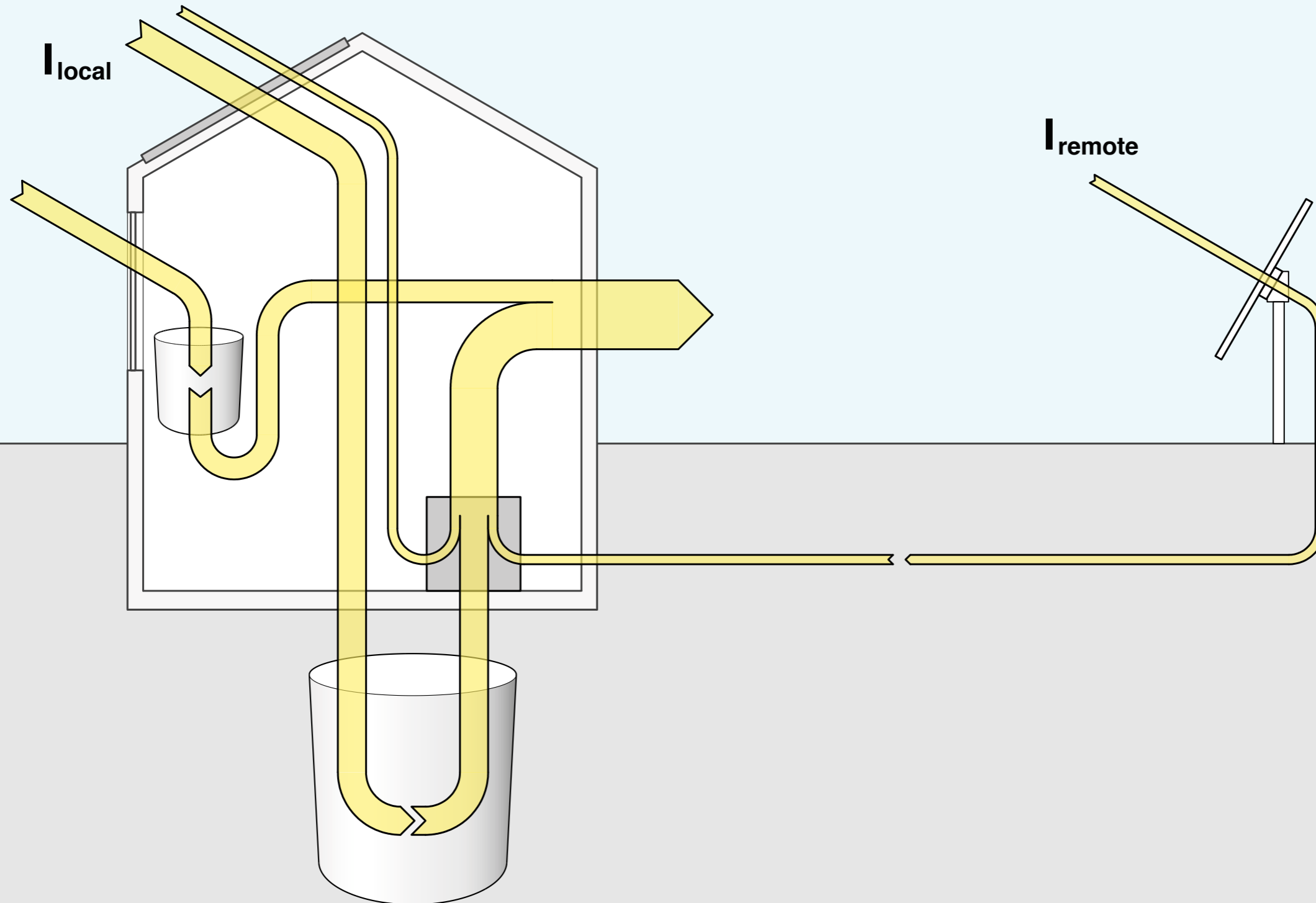




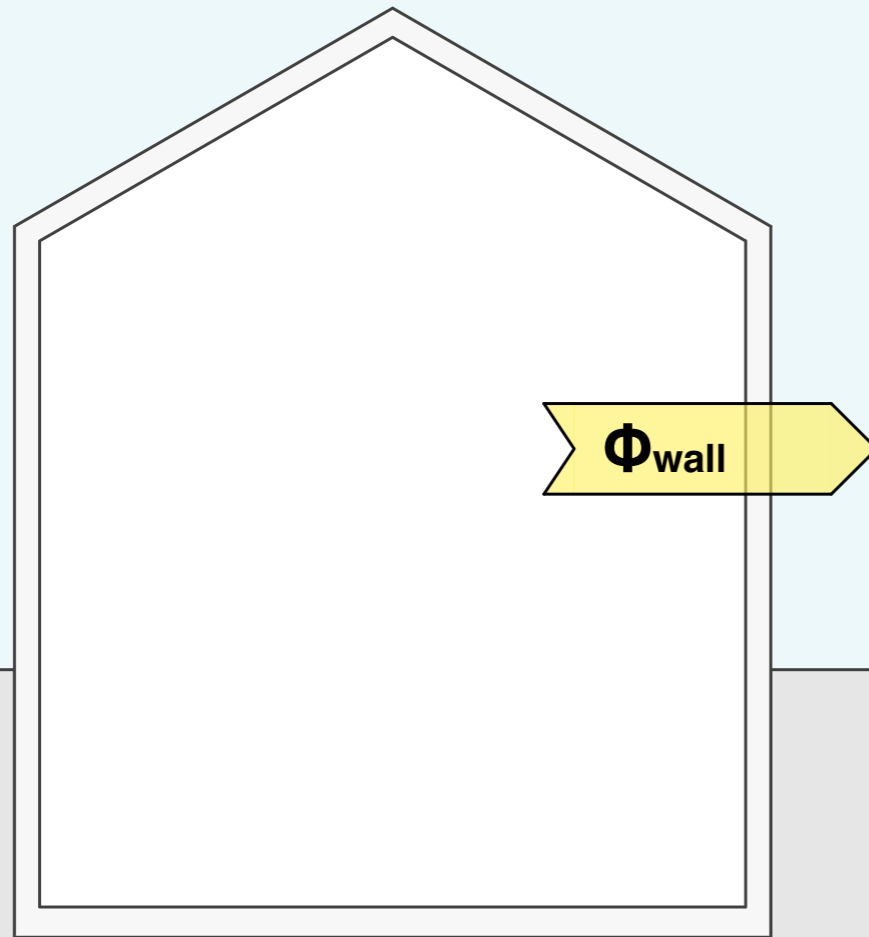
---

*Der Zusatz-Nutzen zusätzlicher Dämmung  
nimmt nach 3-4cm Dämmstärke rasch ab.*

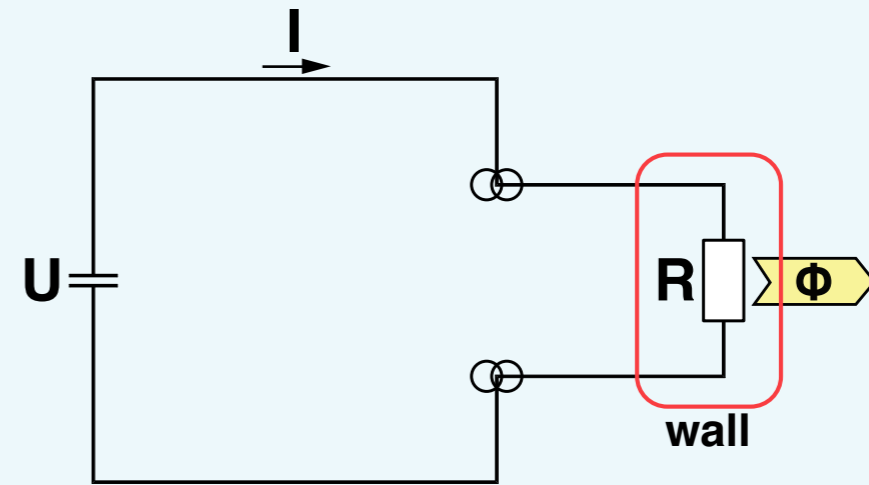
# Komplexe Energieflüsse im System-Gebäude



# Elektrisches Analogon I

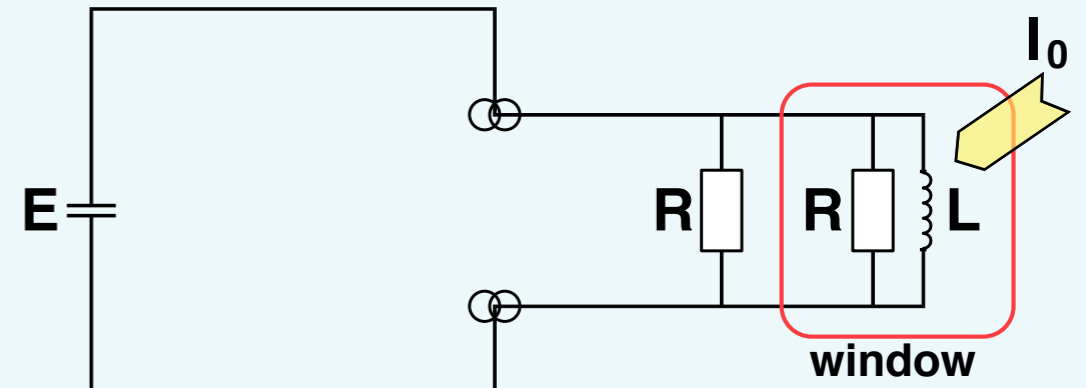
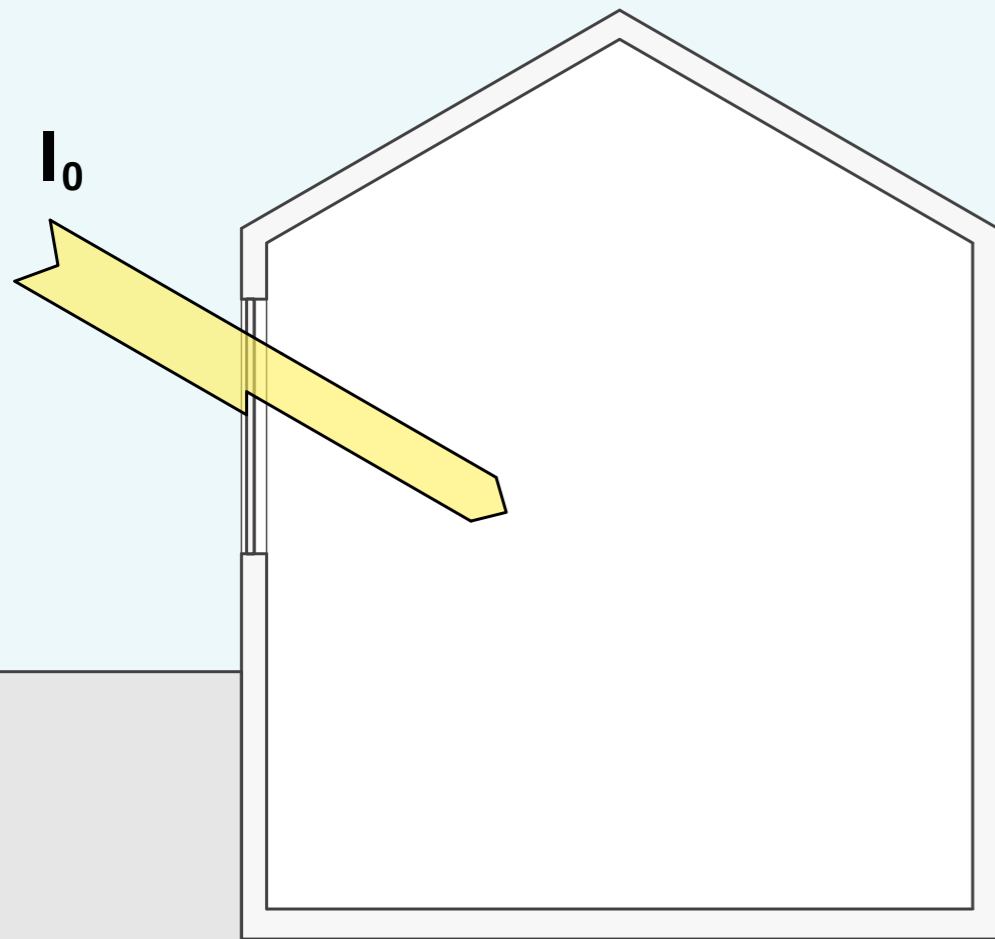


$$\Phi_{\text{wall}} = \frac{1}{R} \cdot A \cdot \Delta T$$

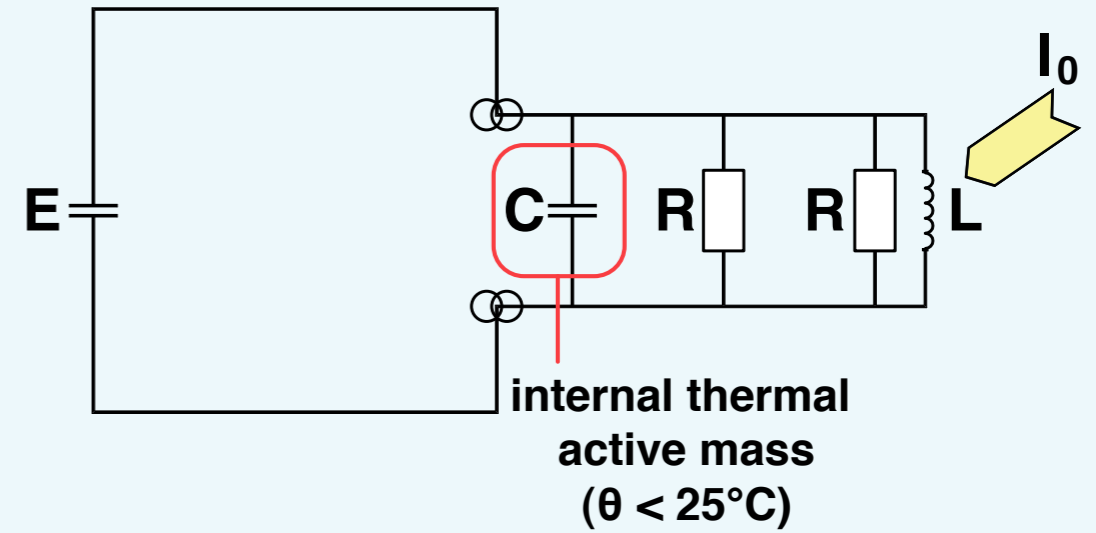
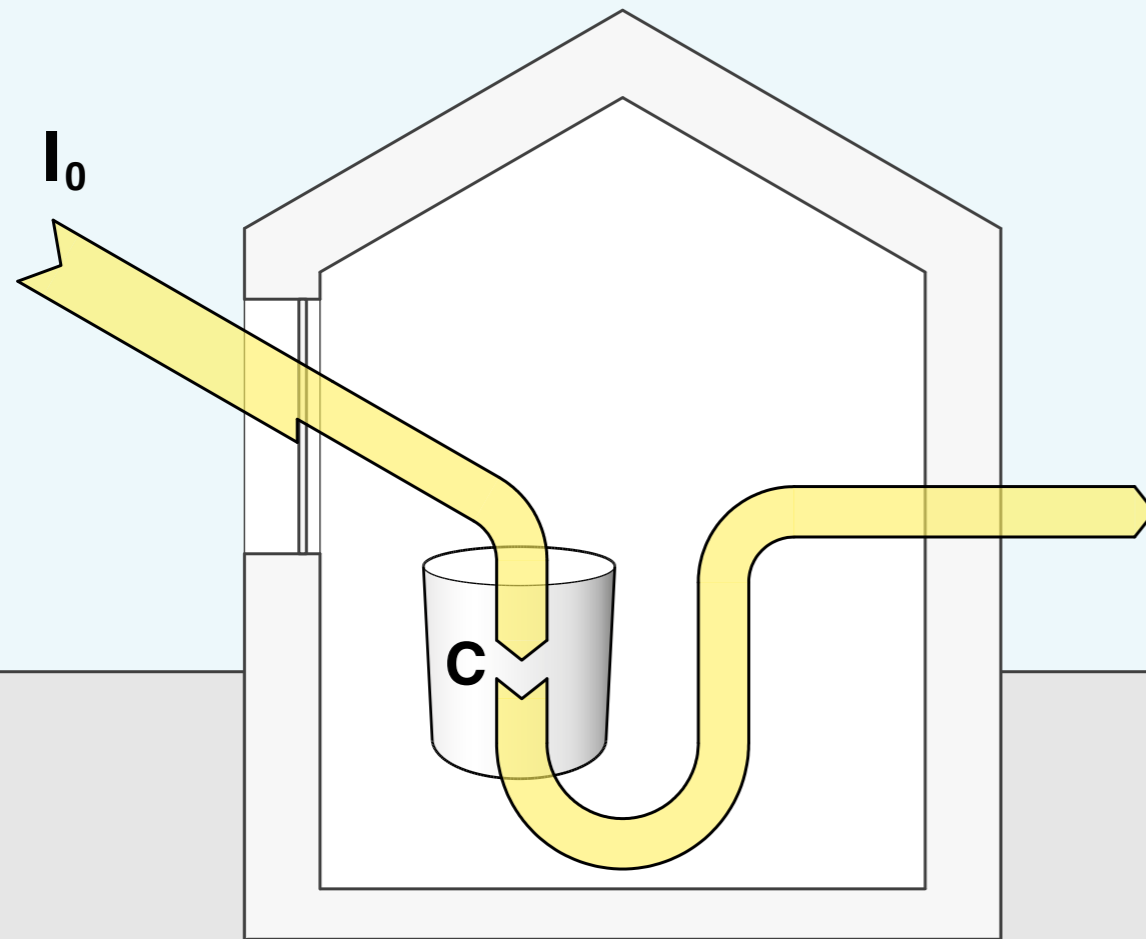


$$I = \frac{1}{R} \cdot U$$

# Elektrisches Analogon II



# Elektrisches Analogon IIIa





---

*Das System aus:*

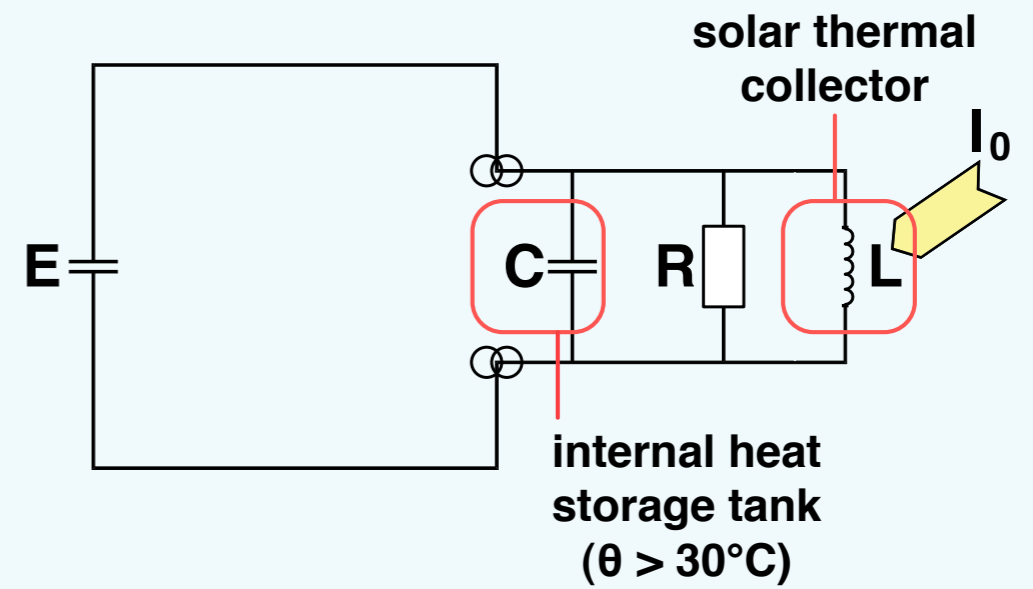
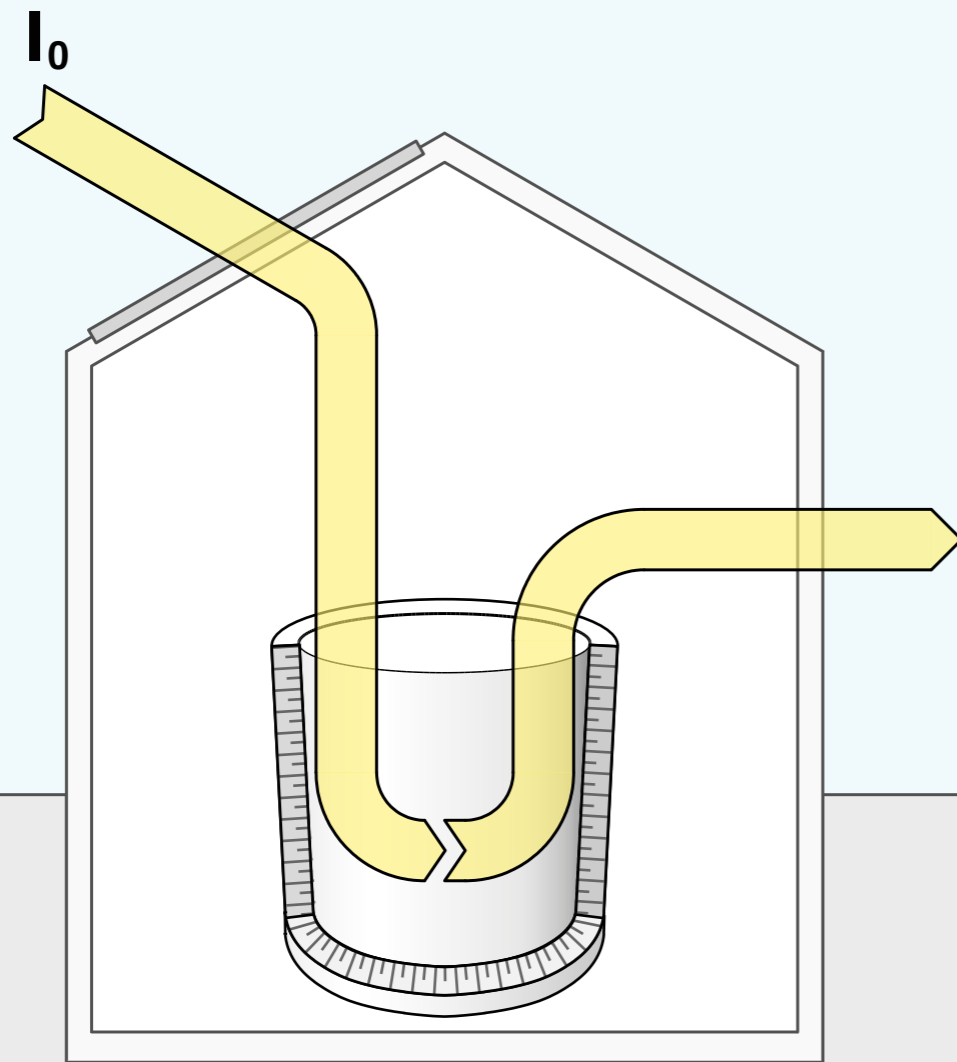
- *Widerstand*
- *Induktivität*
- *Kapazität*

*kann als Schwingkreis verstanden werden.*

# Passivhaus



## Elektrisches Analogon IIIb



## «Solar»-Haus





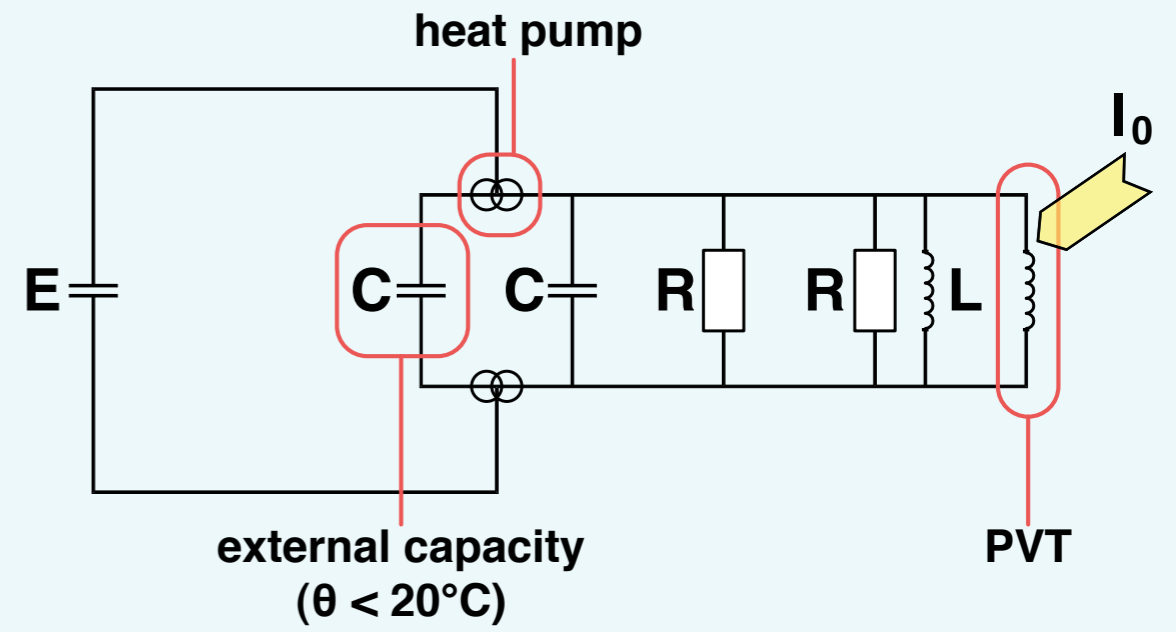
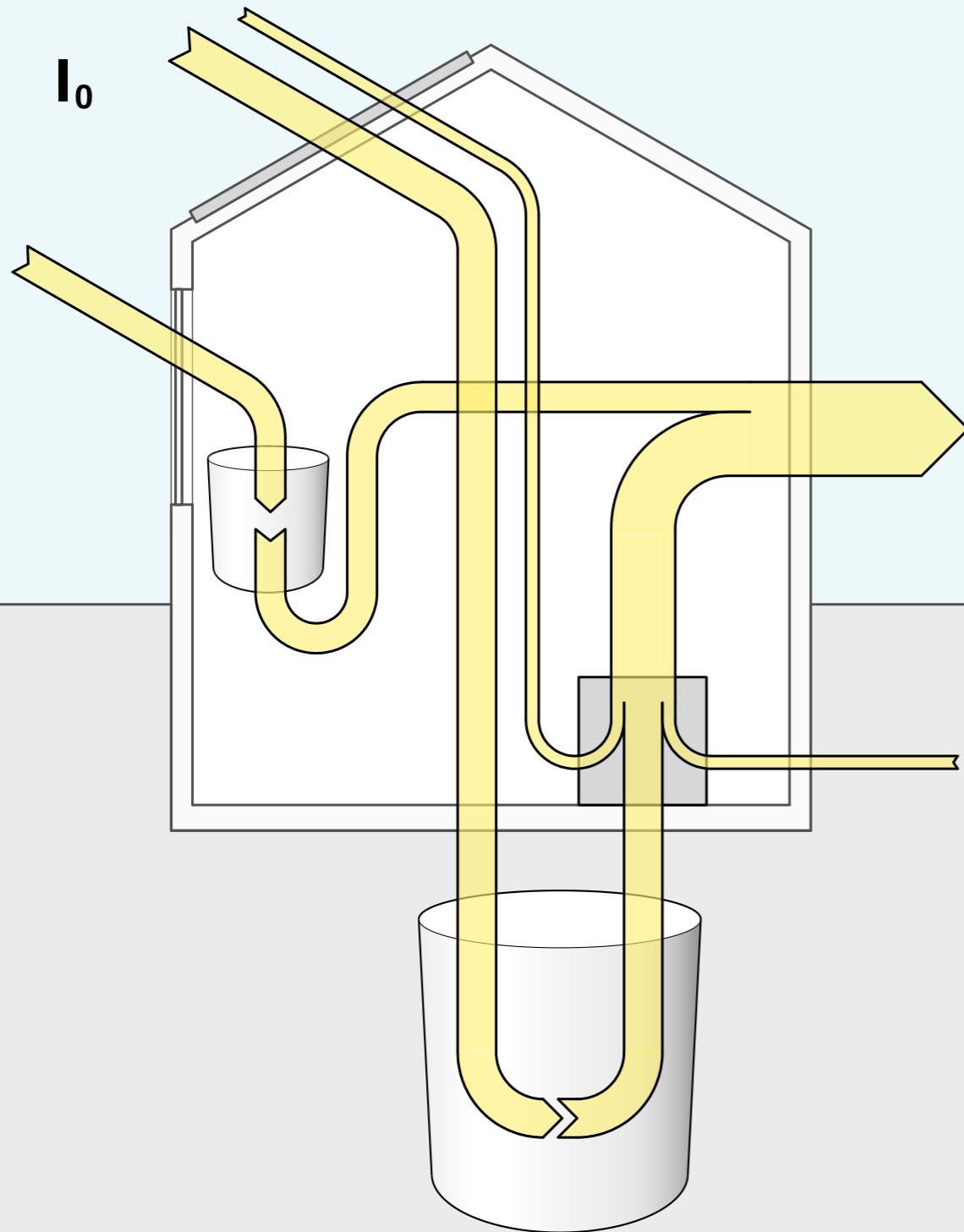
---

*Bei Gebäuden mit Speichern innerhalb der Gebäudehülle  
ist die Kapazität die limitierende Systemgrösse.*

*Deshalb muss der Widerstand gross sein.*

*Die Induktivität muss gedrosselt werden bei  
zu grosser Solareinstrahlung.*

# Elektrisches Analogon IV



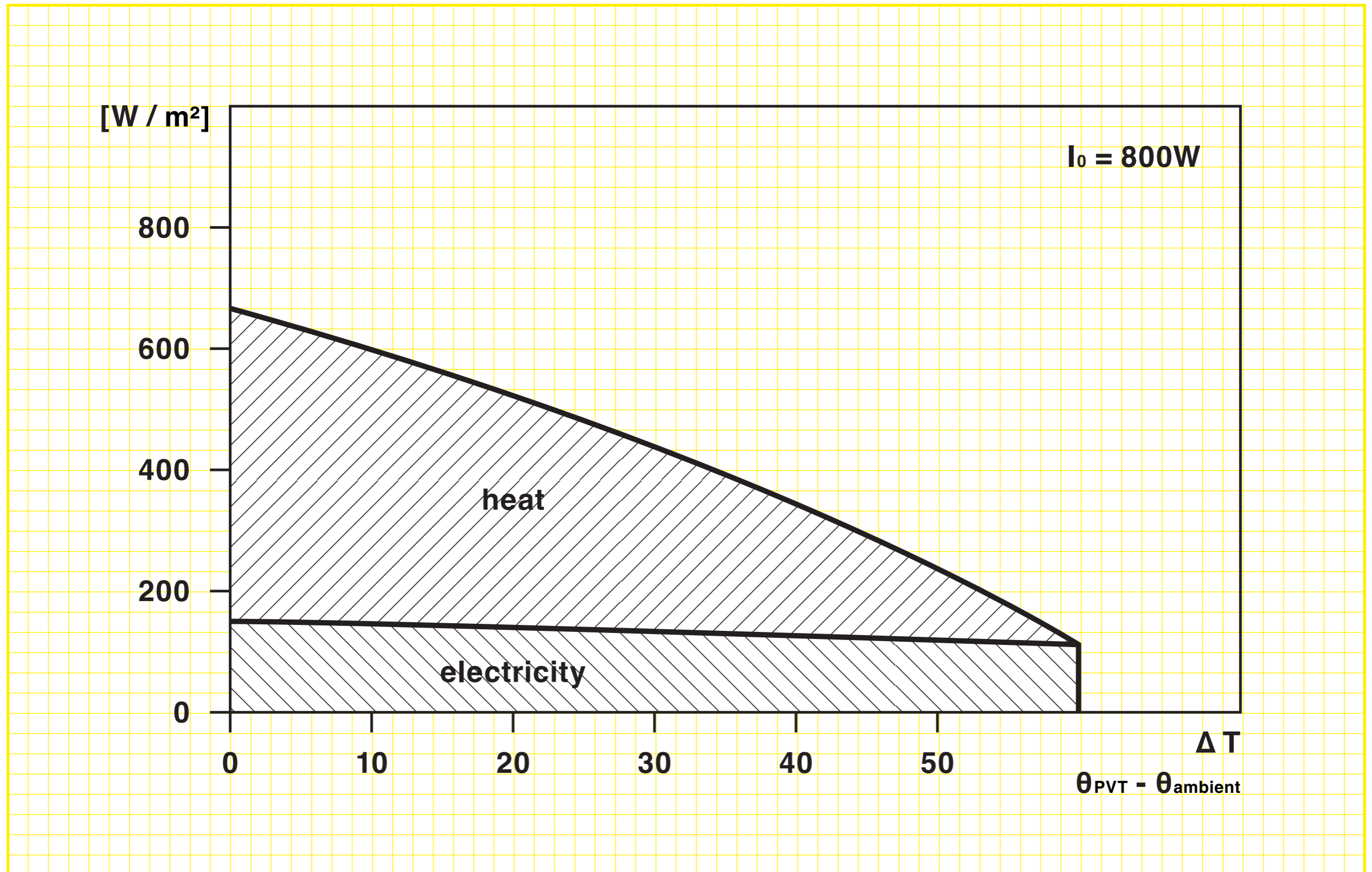


---

*Eine sehr grosse externe Kapazität  
überwindet die Probleme.*

*Die Wärmepumpe transformiert die gespeicherte Wärme  
auf die benötigte Qualität.*

# PV-Hybridkollektor als neues Bauteil

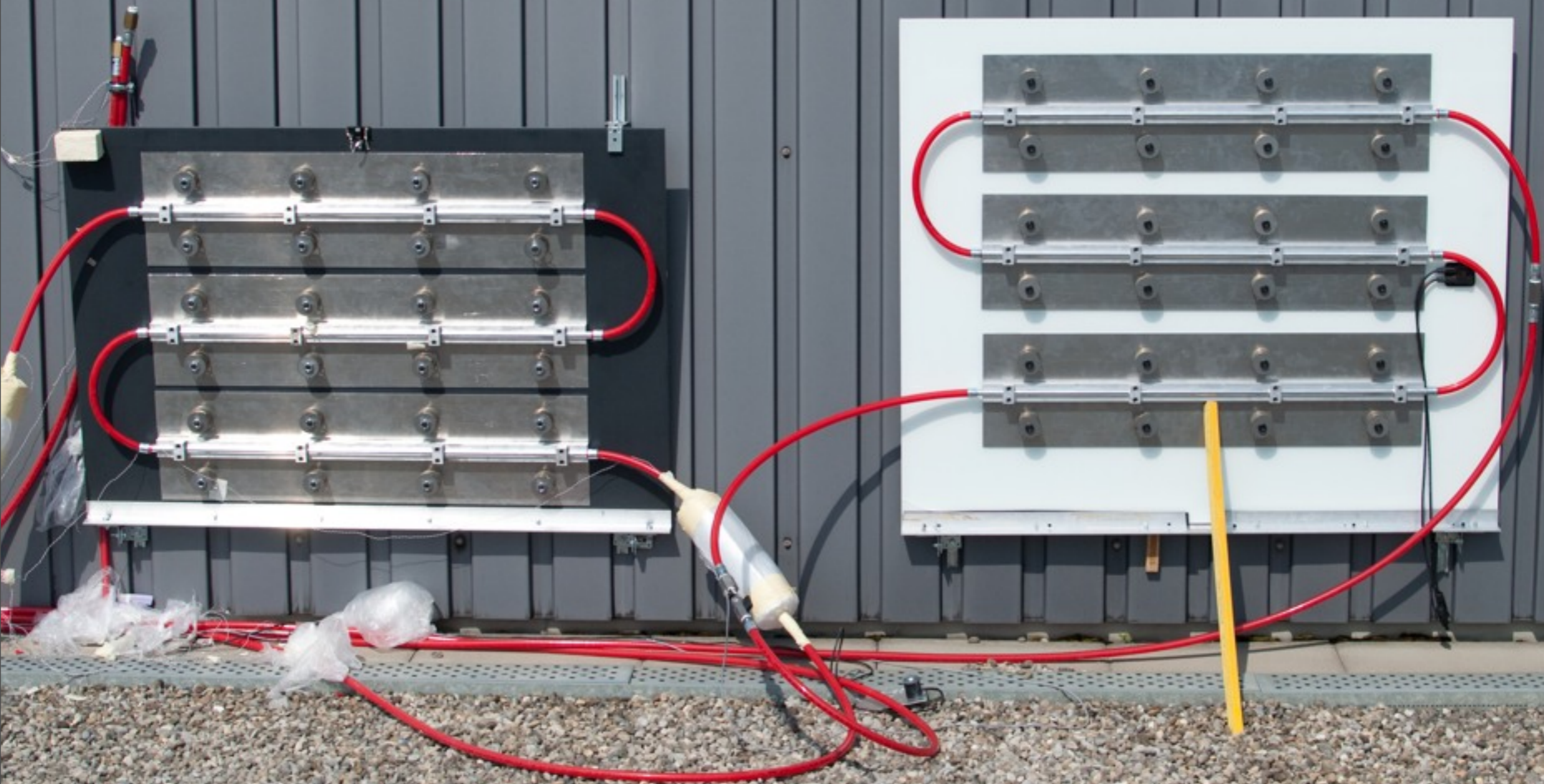


---

## PV-Hybridkollektor



# PV-Hybridkollektor





---

*Der Hybridkollektor als neue Induktivität.*



---

*Mit diesen und weiteren  
neuen Komponenten der Gebäudetechnik  
kann man kostengünstige ZeroEmission-Gebäude bauen.*