Energie

Wirtschaft – Physik

Energiedienstleistung

Energieeffizienz

Energie-Effizienz? Ein einführendes Beispiel...

Überraschung: fast ALLE heutigen "Energienutzungn" sind dieser Art.

Energie

Energie in der Industrie-gesellschaft

Energieträger

(Erdöl; Erdgas; Strom; Brennholz;... handelbar)

Energiewirt-schaft

(bedient Verbraucher mit Energieträgern)

End-Verbraucher

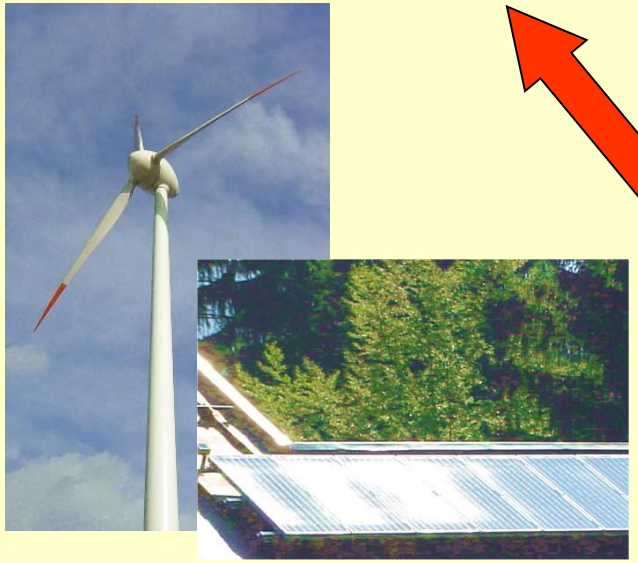
(nimmt E-Träger ab und “verbraucht” diesen)

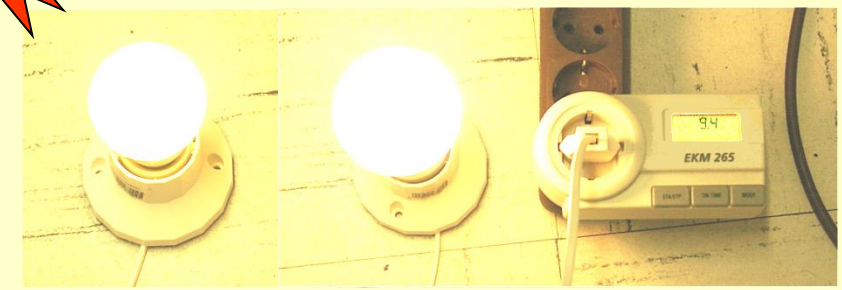
Energie

physikalischer Energiebegriff

Energie-Effizienz als Instrument

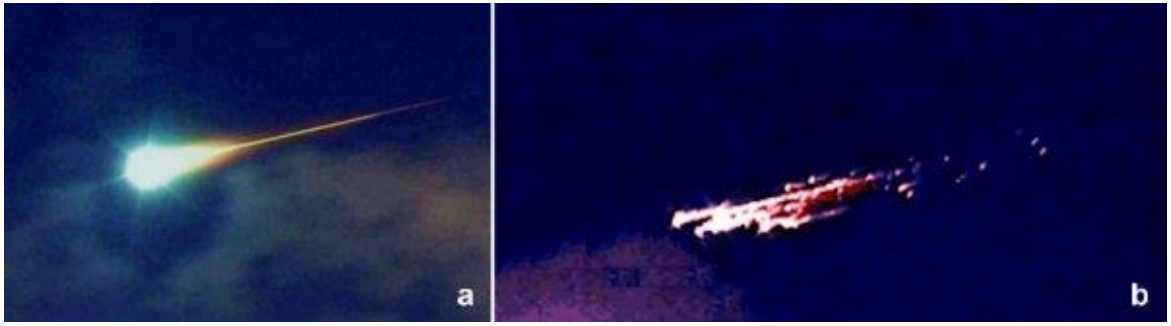
Energie in der Wissens-gesellschaft





Energie: Begriff in der Physik

Energie ist in der klassischen Physik das Potential Arbeit aus einem System zu gewinnen.



... Das korrespondiert zum Potential der Veränderungen, die erreicht werden können.

Klavier in den zweiten Stock

$F = - m\, g$

$F = -75\ \text{kg} \cdot 9{,}81\ \text{m/s}^2$

$= -735{,}75\ \text{kg m/s}^2$

$F_w = - F$

$F_w = 735{,}75\ \text{kg m/s}^2$

$W = F_w \cdot (h_2 - h_1)$

$= -F \cdot (h_2 - h_1)$

$= m \cdot g \cdot \Delta h$

$W = 735{,}75\ \text{kg m/s}^2 \cdot 2 \cdot 2{,}8\ \text{m}$

$W = 4\,120{,}2\ \text{J}$

Ist das viel oder wenig Energie?

Heizung des Hauses

Setzt um: **3 000 l Heizöl/a**

Heizwert (1 l **Heizöl) = 10 kWh = 10 · 1000 · J/s · 3600 s**
= 36 000 000 J

Jahresheizenergieverbrauch **3 000 l Heizöl/a**

= 3000 · 36 000 000 J
= 108 000 000 000 J
= $1{,}08 \cdot 10^{11}$ J = 108 GJ

„Klavier in den 2. Stock“ W = **4 120,2 J**

1 Jahr Heizung des Hauses „verbraucht“ die

108 000 000 000 J / 4 120,2 J **= 26,2(1) Millionenfache Energie.**

„Klavier in den 2. Stock“ **4 120,2 J entspricht Öltropfen ∅ 6 mm**

Mechanische Energie „der Lage“ = Gravitationsenergie	$m \cdot g \cdot \Delta h$	
Mechanisch kinetische Energie	$\frac{1}{2} m v^2$	[2]
Mechanisch elastische Energie (z.B. einer Feder)	$\frac{1}{2} k x^2$	
Elektrostatische Energie (z.B. Kondensator)	$\frac{1}{2} C U^2$	[4]
Magnetostatische Energie (z.B.Spule)	$\frac{1}{2} L I^2$	[5]
Energie elektromagnetischer Wellen (klassisch)	$E \times B/\mu_0$	[6]
Energie elektromagnetischer Wellen (Photonen)	$h \nu$	[7]
Quantenmechanik – Energieoperator (auch chem. Ener.)	$\mathcal{H}$	[8]
Relativistische Energie einer Masse *m*	$m c^2$	[9]
Thermische Energie einer Masse *m*	$c_{spez} m \Delta T$	[10]
Thermische Energie je Freiheitsgrad	$\frac{1}{2} N_{av} kT$	[11]

Energieumwandlung

Kinetische Energie

$$E_{kin} = \frac{1}{2}\, m\, v^2$$

Energiesatz (der Mechanik)

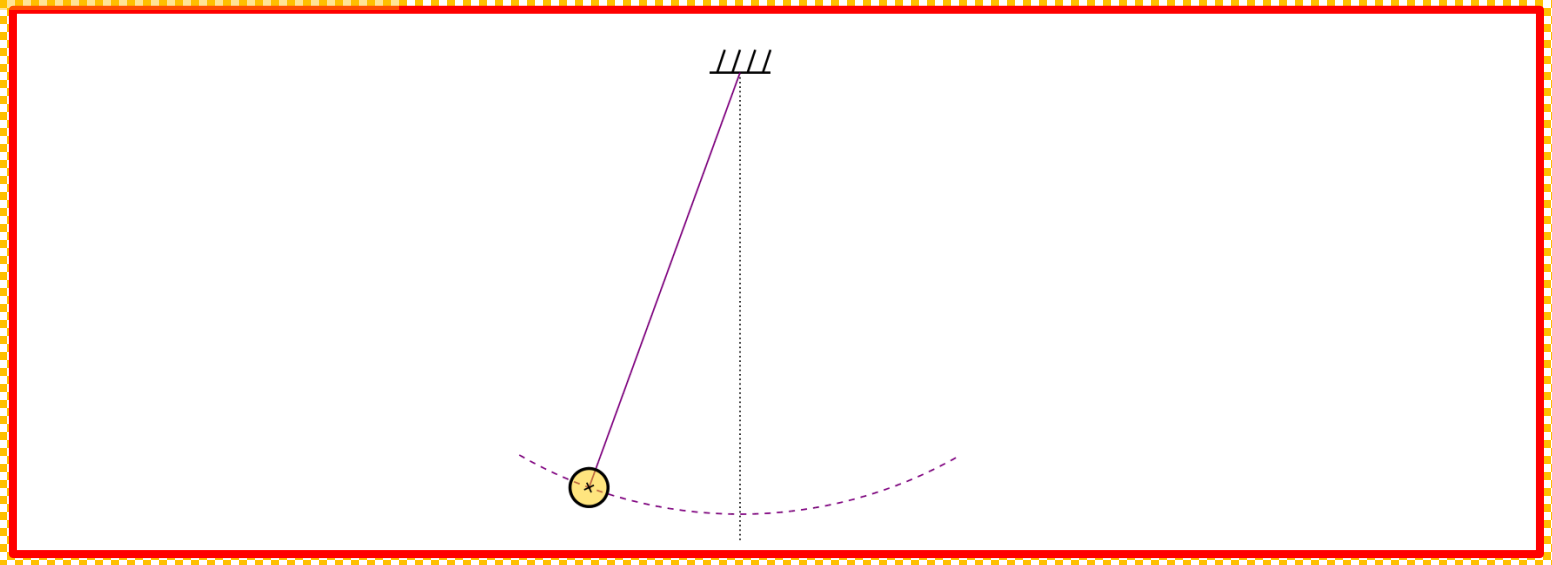
$$E_{ges} = E_{Pot} + E_{kin} = C \qquad \textit{konstant}$$

Energiesatz (allgemein: abgeschl. System)

$$E_{ges} = E_{Pot} + E_{kin} + E_{el} + E_{nu} + E_{th}$$
$$= C \qquad \textit{konstant}$$

Abgeschlossenes System

Systemgrenze *NICHTS geht rein oder raus*



Energiesatz (abgeschlossenes System)

$$E_{ges} = E_{Pot} + E_{kin} + E_{el} + E_{nu} + E_{th}$$

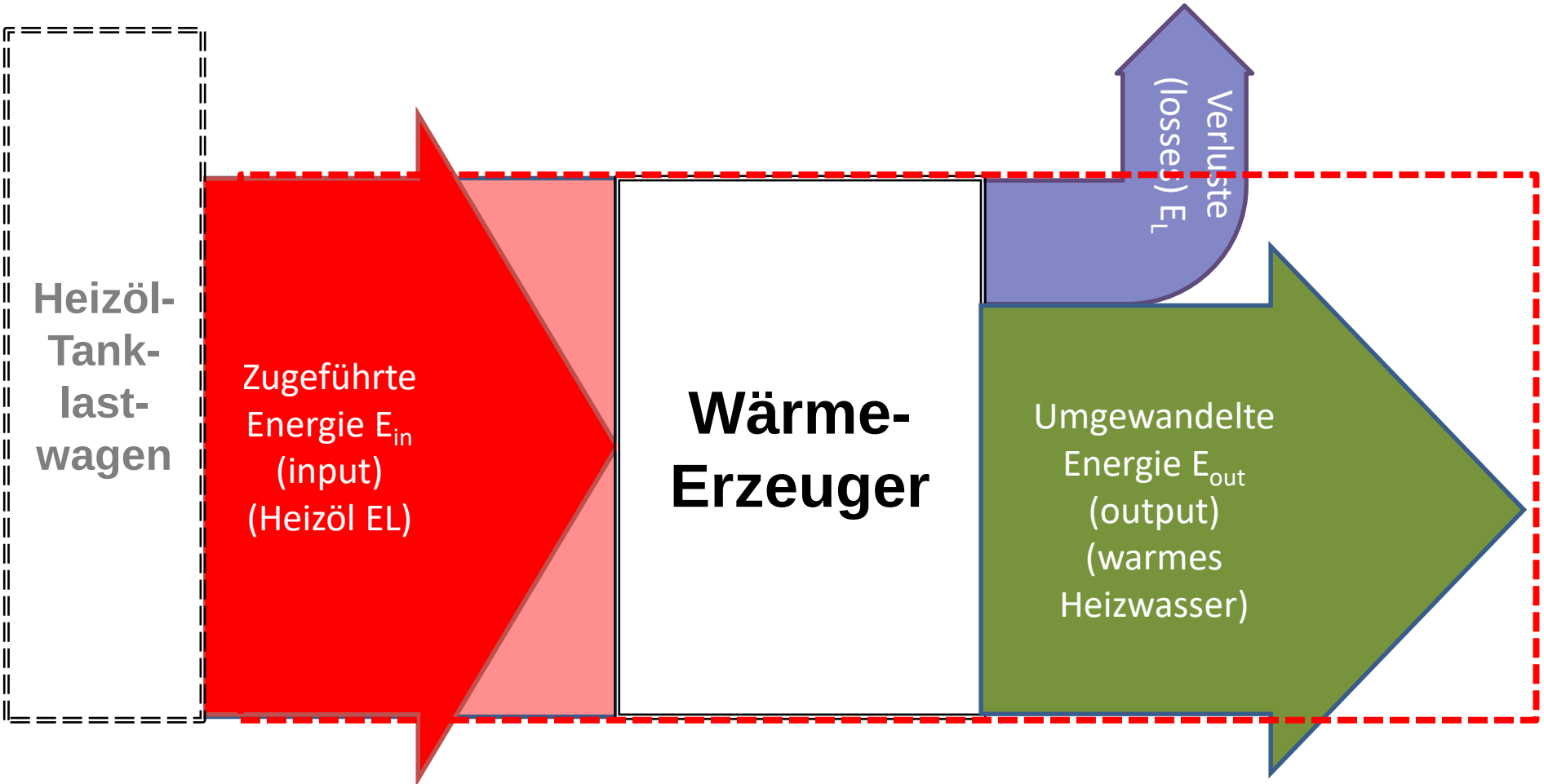
$$= C \qquad \textbf{konstant}$$

Offenes System – Verluste...

Energiesatz (offenes System)

$$E_{ges,end} = E_{ges,\ anf} - E_{loss}$$

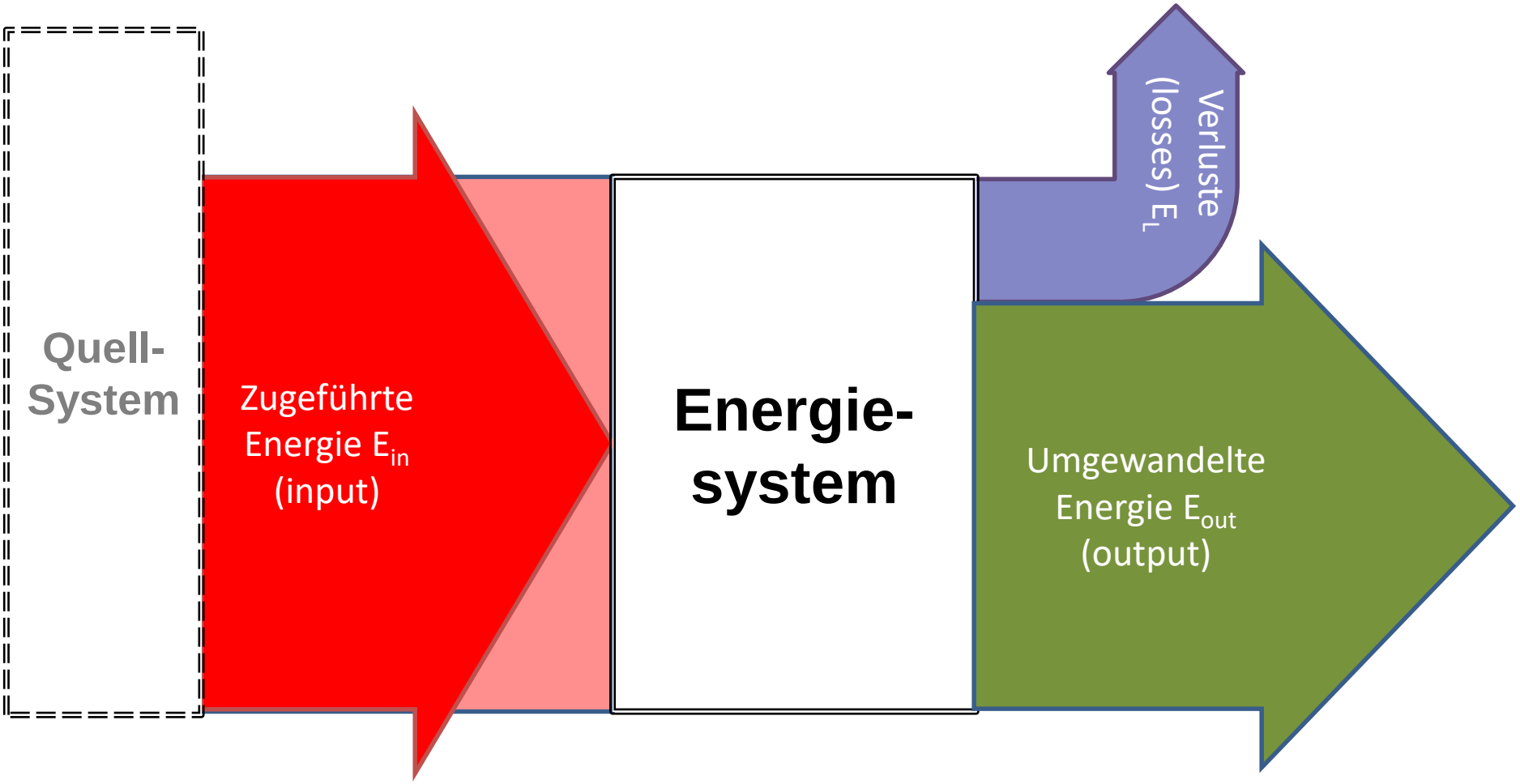
Energieflussbild Beispiel / Sankey-Diagram



Wirkungsgrad bzw. Nutzungsgrad

$$\eta = \frac{\text{umgewandelte Energie (output)}}{\text{zugeführte Energie (input)}}$$

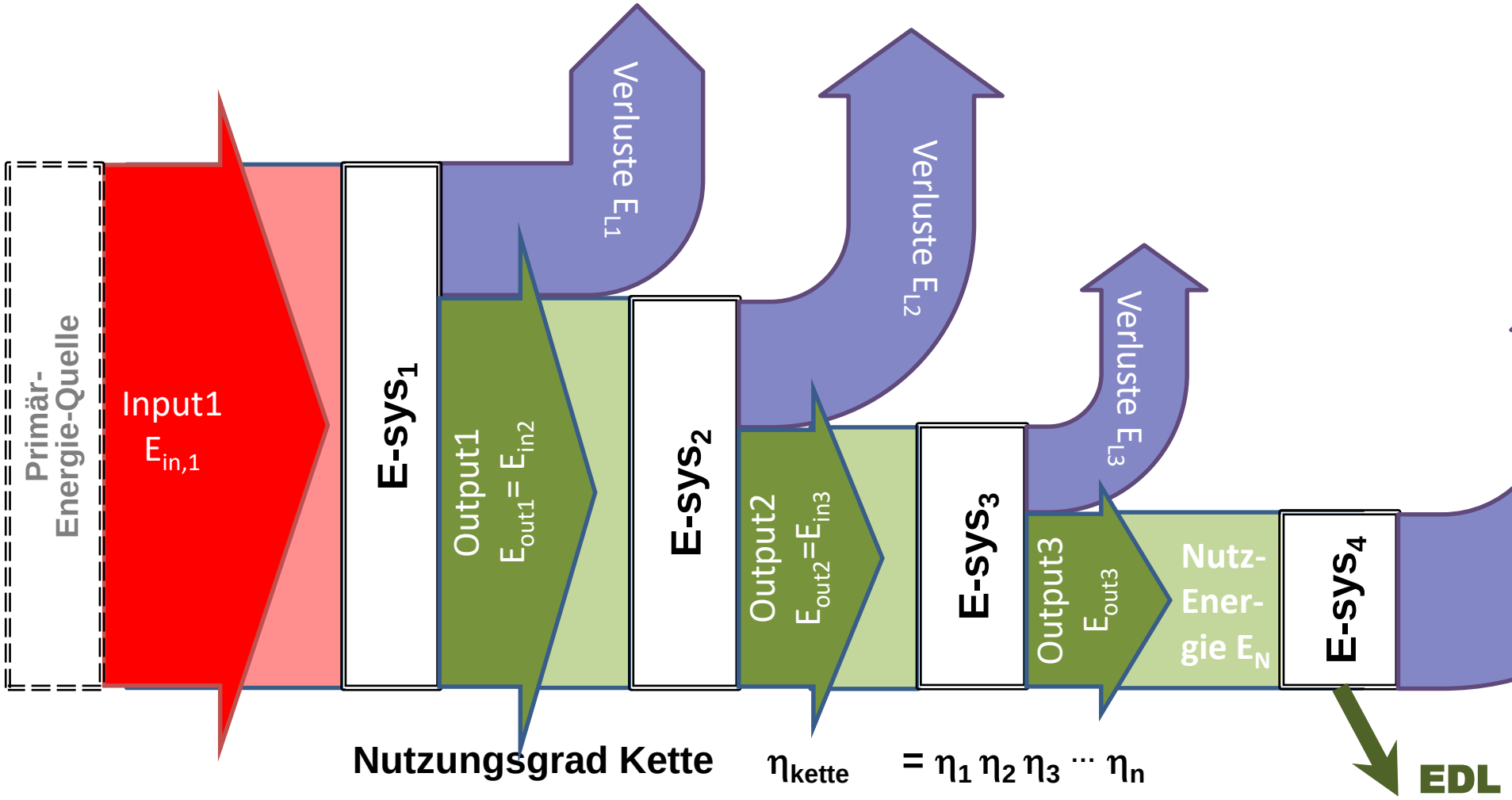
Energieflussbild allgemein / Sankey-Diagram



Nutzungsgrad η = $\frac{\text{umgewandelte Energie (output)}}{\text{zugeführte Energie (input)}}$

Aufwandszahl $e_p = 1/\eta = \frac{\text{zugeführte Energie (input)}}{\text{umgewandelte Energie (output)}}$

Energieflussbild Kette



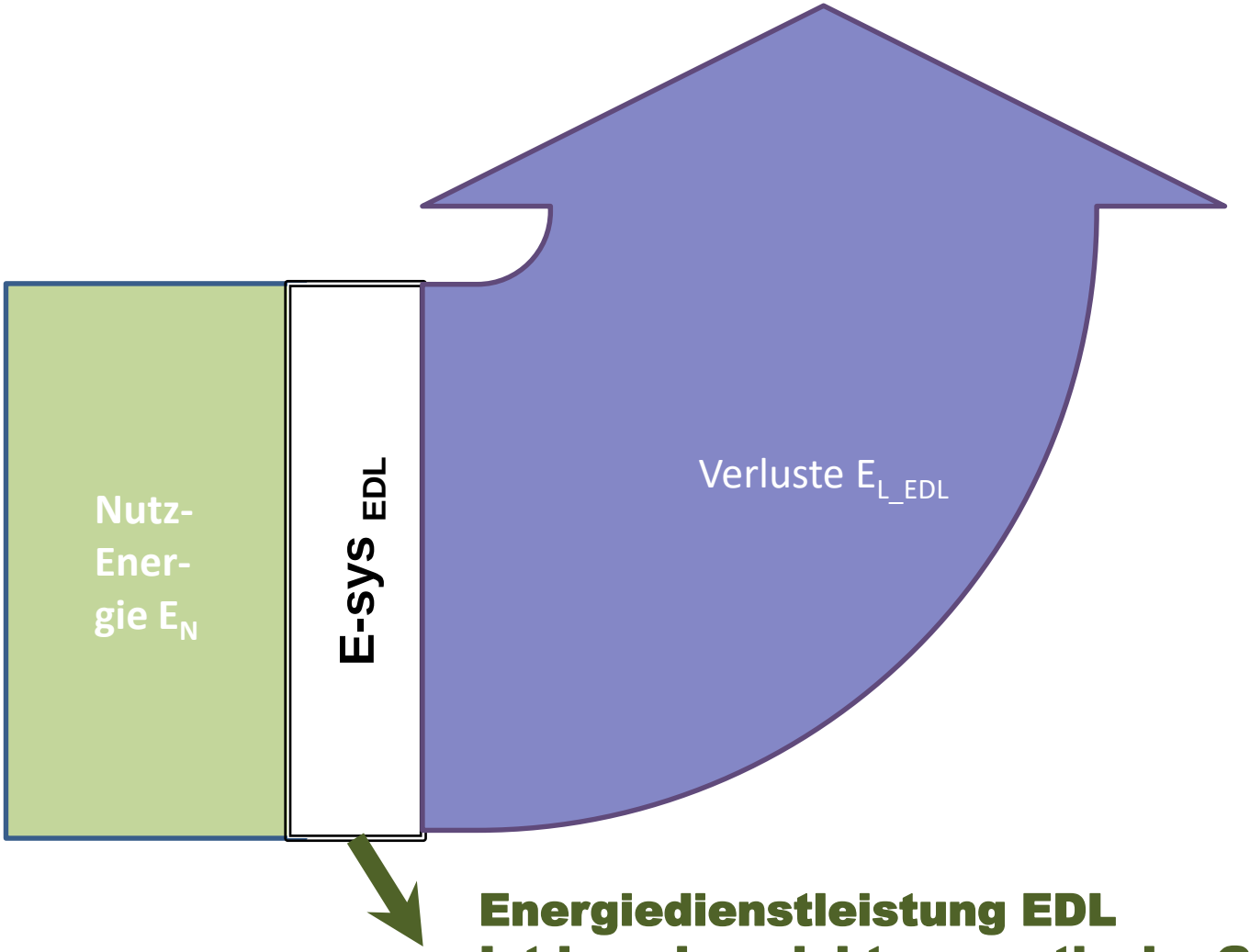
Nutzungsgrad Kette $\eta_{kette} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \cdots \eta_n$

oder Aufwandszahl $e_{kette} = 1/\eta = e_1 e_2 e_3 \cdots e_n$

Letzte Stufe wird gern als „Nutzenergie“ (useful energy) bezeichnet.

Analyse: Da liegt ein weiteres, abschließendes Umwandlungssystem vor → EDL

Energieflussbild Nutzungssystem
“Nutz”-energie → Energiedienstleistung EDL



Energiedienstleistung EDL
Ist i.a. eine nichtenergetische Größe

Energiedienstleistung EDL

Beispiel: Heizung

EDL ist hier: Thermische Behaglichkeit im Gebäude.

20 °C $\leq \vartheta \leq$ 24 °C	**auf**	A_{wohn}	**(m² Wohnfläche)**
Gegenüber ϑ_e	**innerhalb Zeit**	Δt	
$(\vartheta - \vartheta_e)$	**auf**	A_{wohn}	**(m² Wohnfläche)**
	innerhalb Zeit	Δt	
$(\vartheta - \vartheta_e)\, A_{wohn}\, \Delta t$	***Dimension***	***Khm²***	

Passivhauskonzept

Durchschnitt Altbau

160 kWh/(m²a)

90% Verbrauchs-reduktion bei der Heizung

90%

15 kWh/(m²a)

PH

$\vartheta_e < \vartheta_i$

$\vartheta_i = \text{const}$

$\Delta U = 0$

passiv solar

interne Wärmequ.

Brennstoff

$\} = \{$

Wärmeverlust Transmission

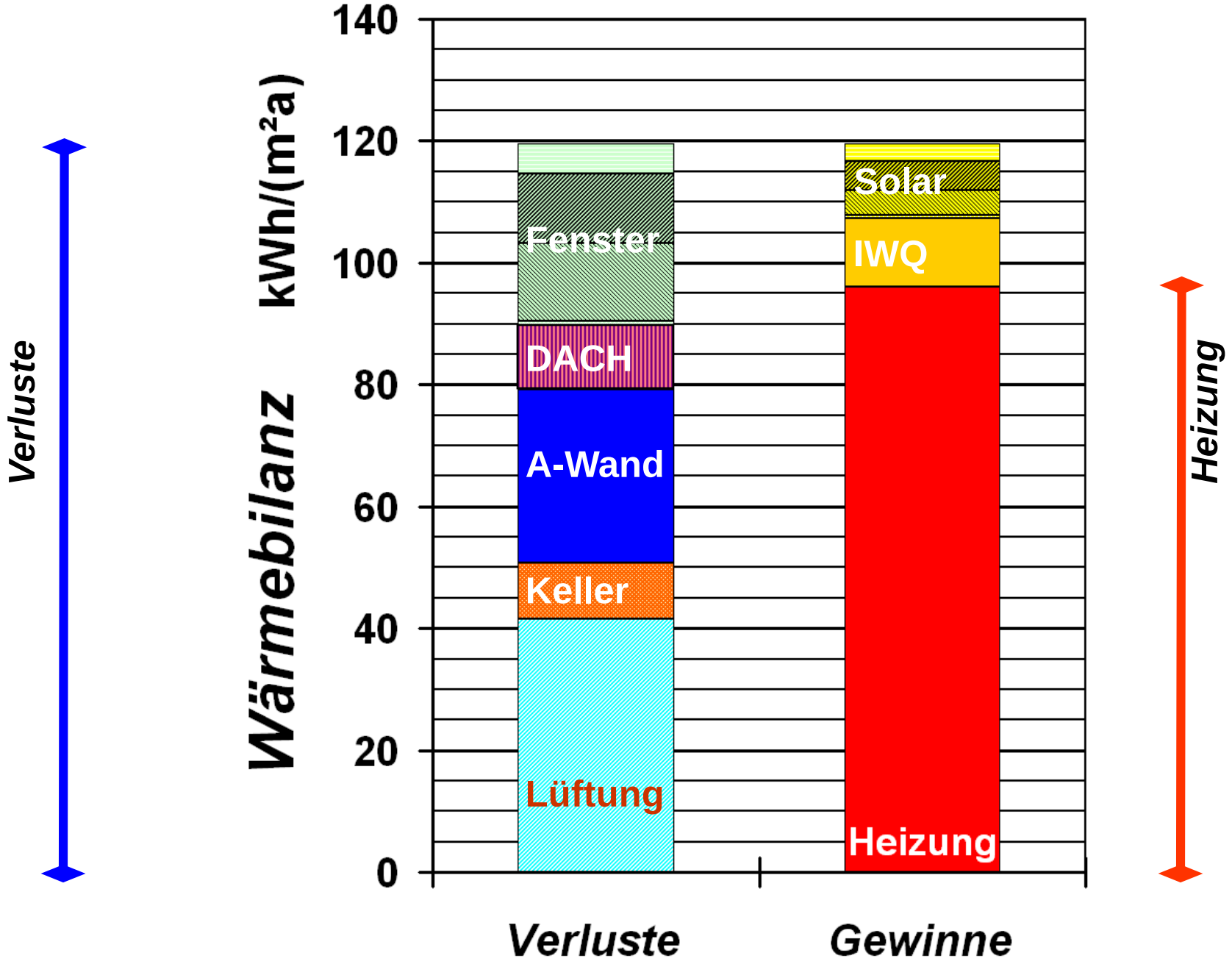
Wärmeverlust Ventilation

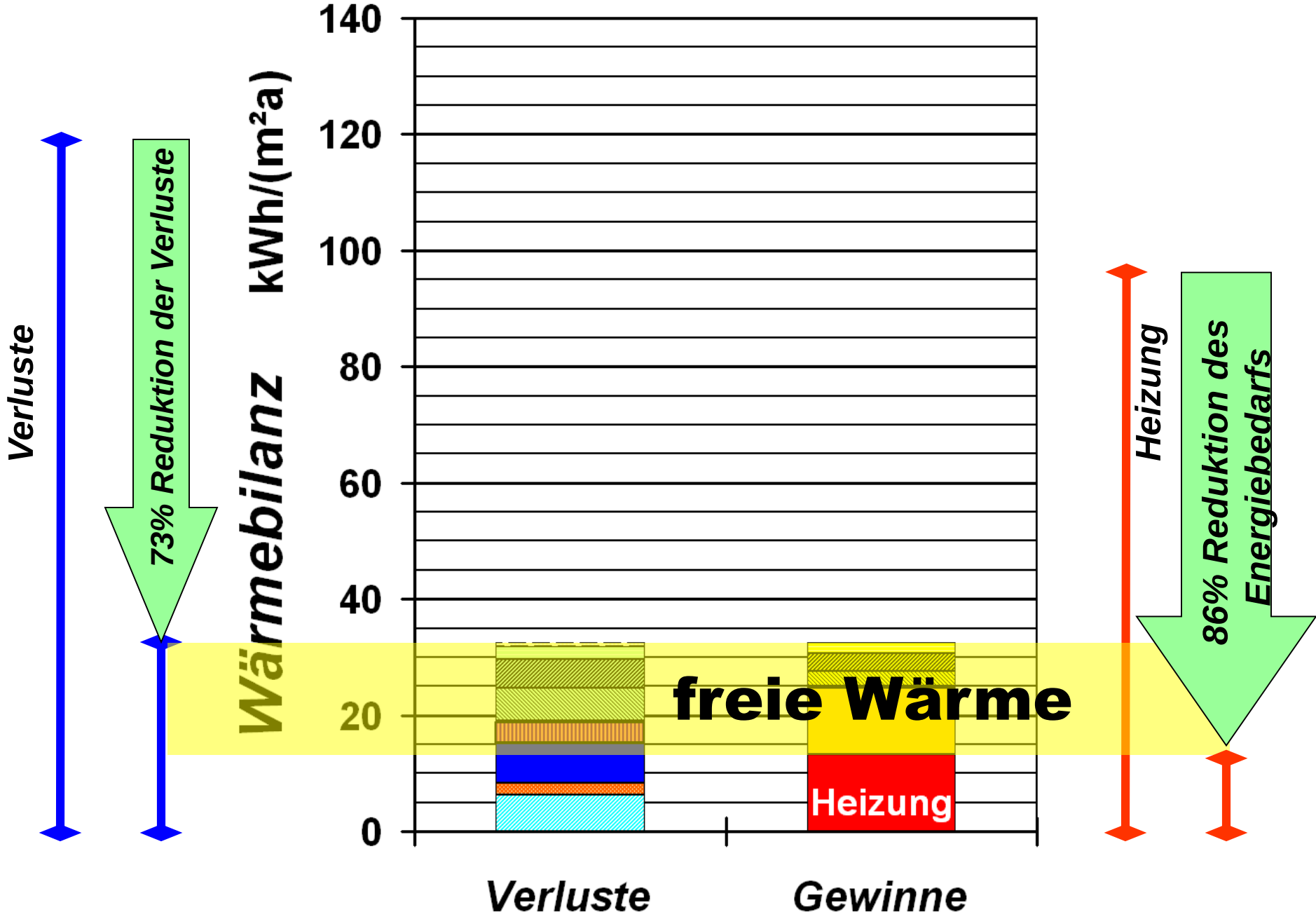
andere Verluste

Energie Bilanz von Gebäuden

Beton-Hochhaus...

Raumheizung ... ist nichts anderes als die Kompensation von Verlusten!


Wärmebilanz
kWh/(m²a)
140
120
100
80
60
40
20
0
Fenster
DACH
A-Wand
Keller
Lüftung
Solar
IWQ
Heizung
Verluste
Gewinne
Verluste
Heizung


Verluste
73% Reduktion der Verluste
Wärmebilanz kWh/(m²a)
140
120
100
80
60
40
20
0
freie Wärme
Heizung
Heizung
86% Reduktion des Energiebedarfs
Verluste
Gewinne

Energie-effizientes Hochhaus...

Passivhaus – Siedlung in Gaobeidian/China

Effizienzmaß

spezif. Energieaufwand Heizung

$$\frac{\text{Aufgewendete Energie}}{\text{Energiedienstleistung}}$$

$$\frac{Q_H}{N_{EDL}}$$

Dimension und Einheiten (SI):

$$\frac{[Q_H]}{[N_{ES}]} = \frac{\mathrm{kWh}}{\mathrm{kKhm^2}} = \frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m^2K}}$$

Die Essentials sind:

Wärmedämmung Wärmegewinnfenster Wärmerückgewinnung

Und das funktioniert in der Praxis:
Gemessene Verbrauchswerte um 15 kWh/(m²a)

universität innsbruck

Mehr als 200 $\frac{kWh}{m^2a}$

85% Ver-bes-serung

26 kWh/m²a

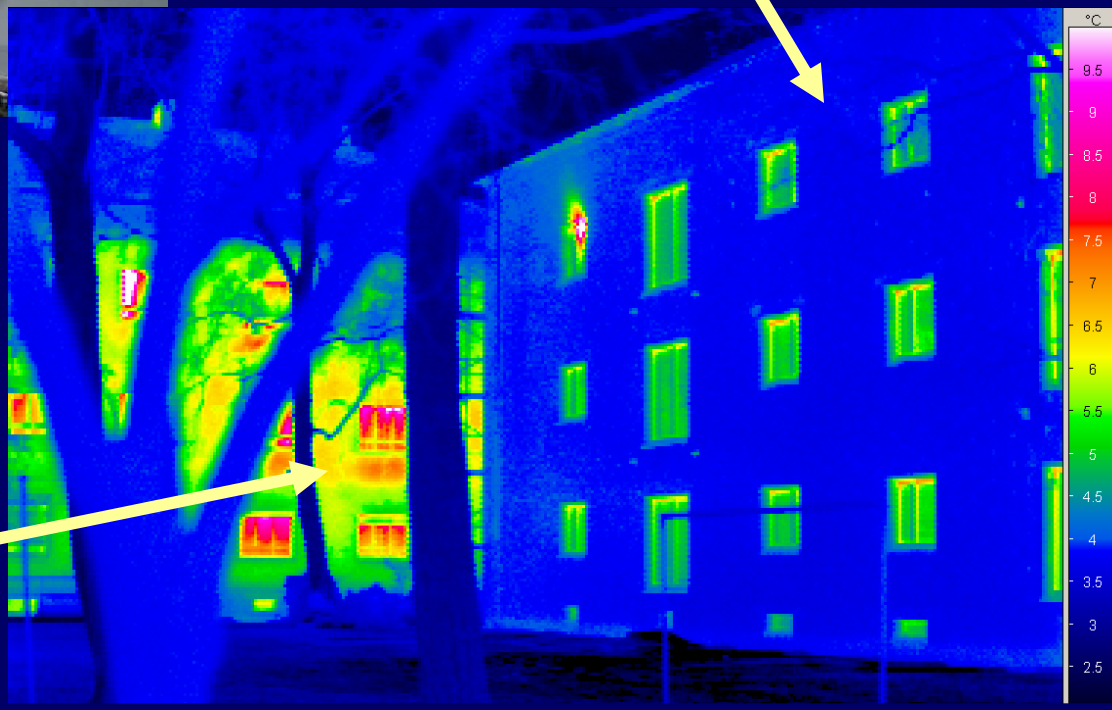
Nachher

Vorher

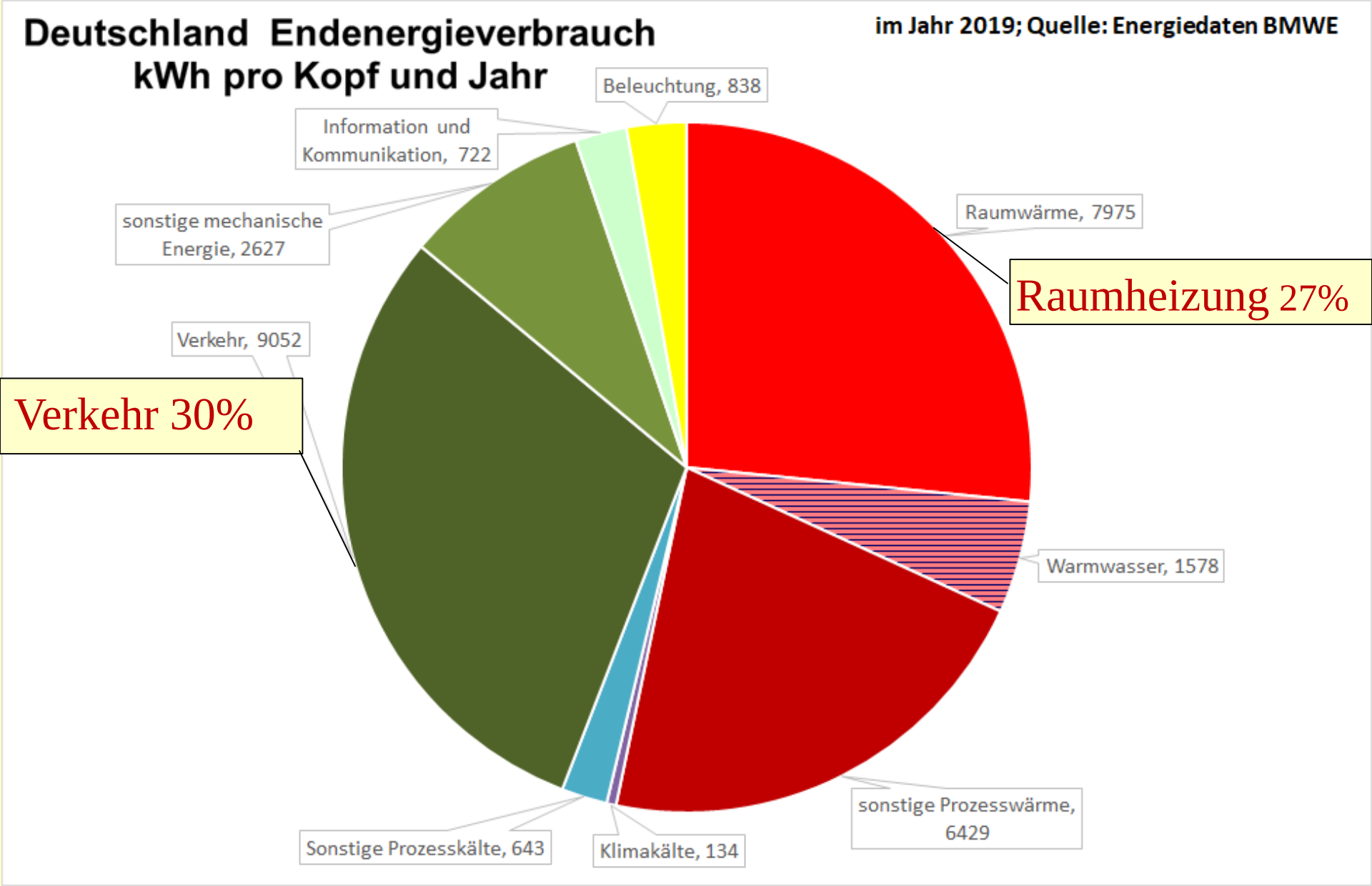
➢ Das geht auch in bestehenden Gebäuden: EnerPHit; siehe z.B. outphit.eu

Außenwand: 20 cm WdVS 0.035 W/(mK)

wärmegedämmt



nicht gedämmt


Deutschland Endenergieverbrauch
kWh pro Kopf und Jahr
im Jahr 2019; Quelle: Energiedaten BMWE
Beleuchtung, 838
Information und Kommunikation, 722
sonstige mechanische Energie, 2627
Raumwärme, 7975
Raumheizung 27%
Verkehr, 9052
Verkehr 30%
Warmwasser, 1578
sonstige Prozesswärme, 6429
Sonstige Prozesskälte, 643
Klimakälte, 134

2. Beispiel: Verkehr

Referenzfahrzeug

Deutschland: 2010: 905 Mrd km PKW-Fahrleistung (EDL)
Verbrauchen: 2586 PJ entspricht 28% Endenergieverbrauch
entsprechend ca. 72 Mrd Liter Sprit

spezifischer Energieaufwand: ca. 8 Liter/(100 km)

entspr. 80 kWh/(100 km) (Referenz)

100%

Effizienterer Verbrenner

56%

Neues sparsameres Fahrzeug 2014 Golf VII:
ca. 4,5 Liter Diesel / 100 km **entspr. 45 kWh/(100 km) 56%**
Endgeschwindigkeit 200 km/h Leergewicht um 1400 kg
Länge ca 4,50 m Breite 1,80 m Höhe 1,45 m

Elektrofahrzeug: noch effizienter

29%

Tesla S:

ca. 22,5 kWh / 100 km (um 2,3 Liter/100 km) **entspr. 23 kWh/(100 km)**

Endgeschwindigkeit 200 km/h Leergewicht um 2100 kg,Batterie 750 kg

Länge ca 5,0 m Breite 2,19 m Höhe 1,44 m

Es geht noch effizienter!

Youtube video: VW-XL1-Fahrtest

17%

VW L1

spez. Verbrauch:

1,38 Liter Diesel / 100 km
(entsprechend 36 g/km CO_2)
Endgeschwindigkeit 160 km/h
Leergewicht 380 kg
Länge 3,81 m,
Breite 1,20 m
Höhe 1,14 m

3% (kein Druckfehler!)

Radfahren

spez. Verbrauch:

2,4 kWh / 100 km
(entspricht 0,24 Liter/100 km)

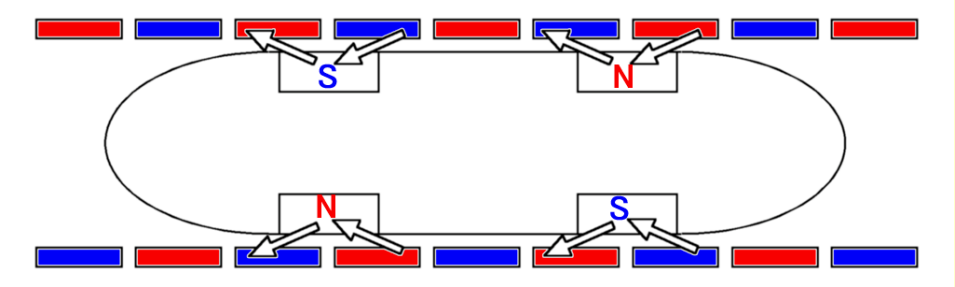
Geschwindigkeit 20 km/h
Leergewicht 10 kg

Sun-cruiser

2,9% (kein Druckfehler!)

Hochschule Bochum
pez. Verbrauch:

2,3 kWh / 100 km
(entspr. 0,23 Liter/100 km)
3 Sitzer
Endgeschwindigkeit 100 km/h
Leergewicht 340 kg
Länge 4 m,
Breite 1,60 m
Höhe 1,28 m



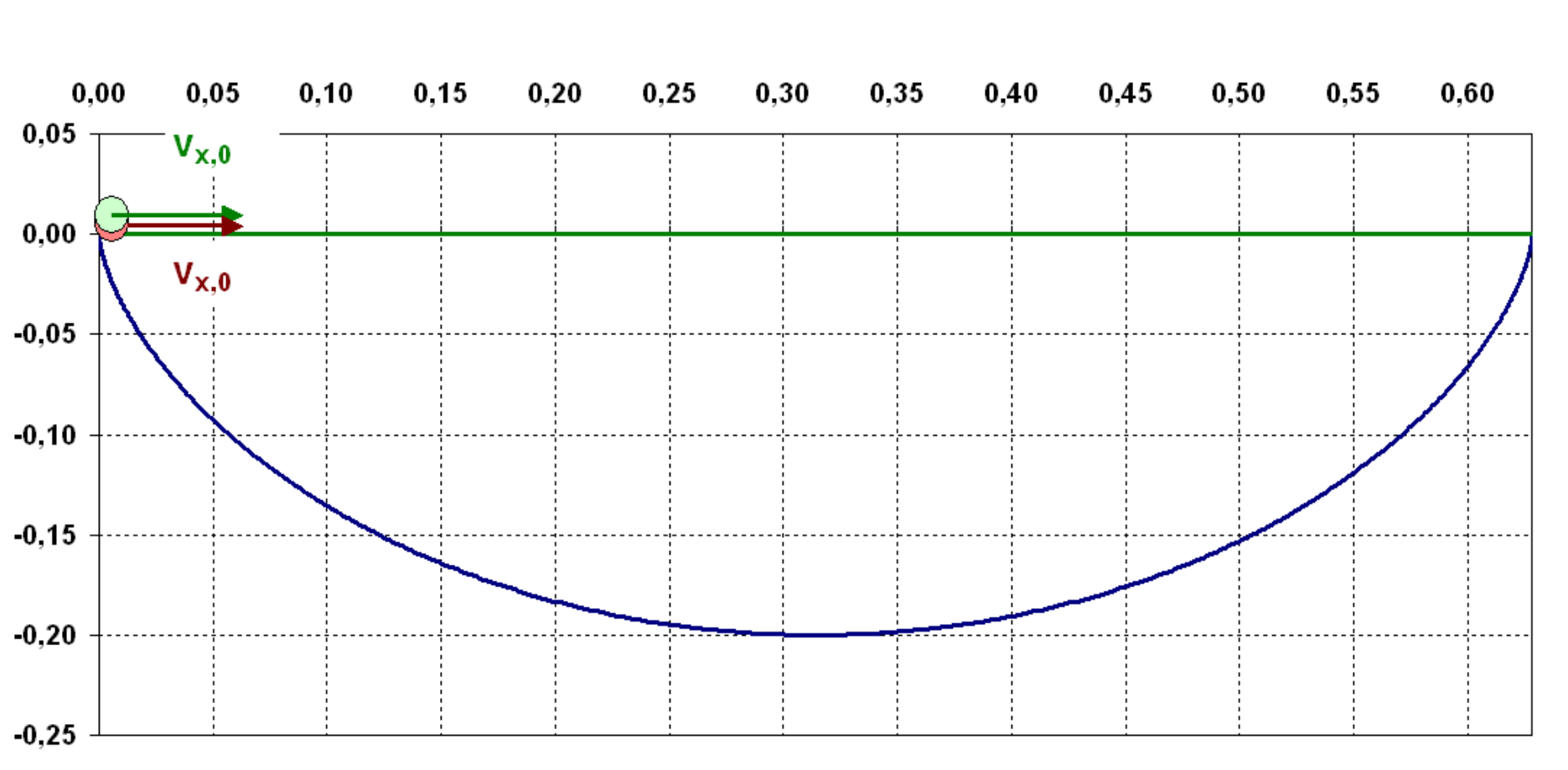
15%

JR-Maglev Magnetschwebe
Japan:
ca. 12 kWh / 100 km pro Pers
(entspr. etwa
1,2 Liter/100 km)
bei Geschwindigkeiten bis
600 km/h

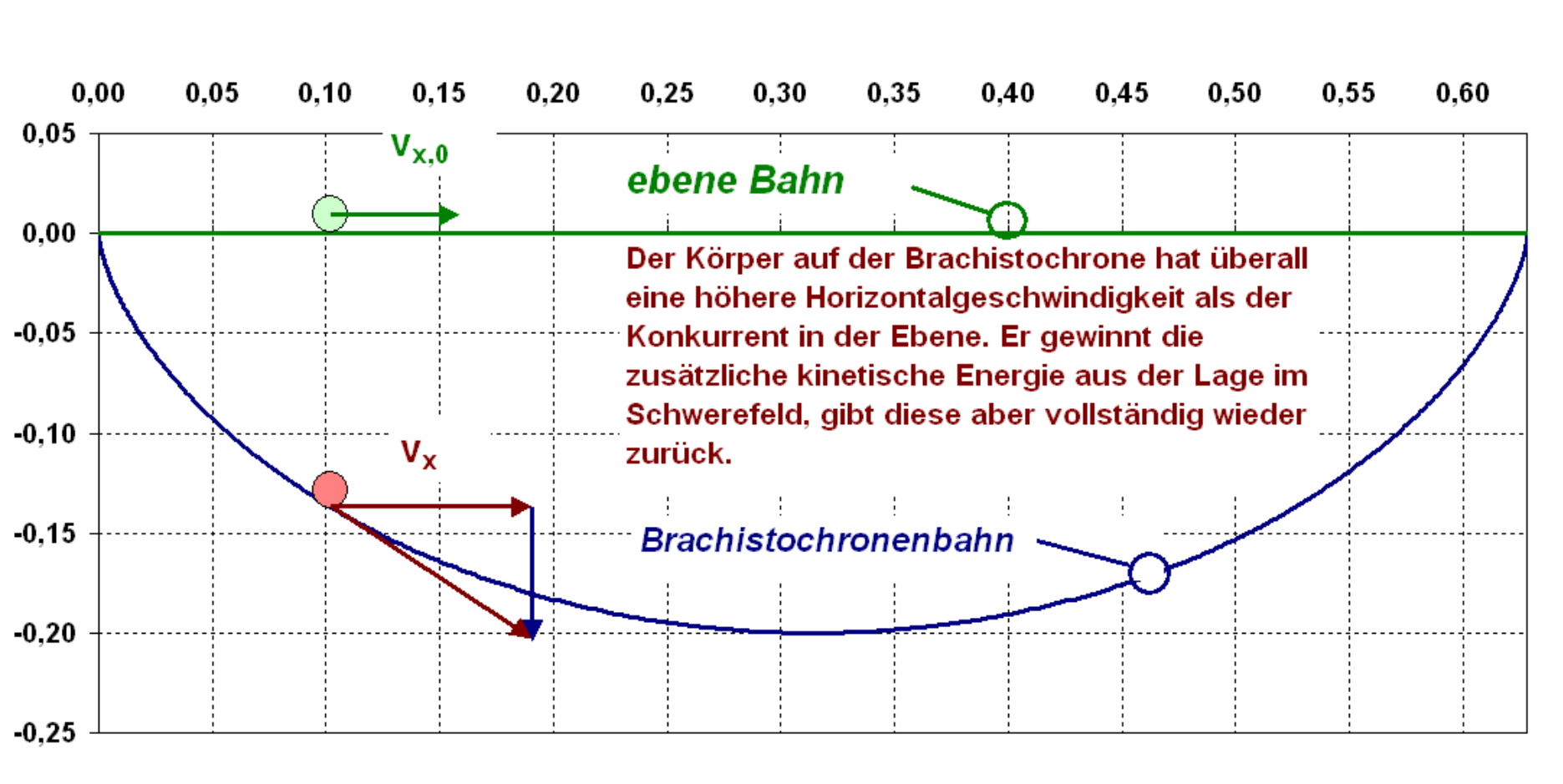
mit
Bremsenergierückspeisung

Shinkansen

Energiedienstleistung: Transport



Energiedienstleistung: Transport



https://www.youtube.com/watch?v=MBSRPuUibxk&t=1s

Und ein weiteres Energieeffizienz-Beispiel

Kunstlicht (etwa 3% of des gesamten Endenergieverbrauchs)

Lichtquelle	Effizienzmaß	Leistung Schreibtischlampe (500 lm × 1.4 m² = 700 lm)
Kerze	0.1 lm/W	7000 W
Starklichtlampe	5 lm/W	140 W
Glühlampe	12 lm/W	60 W
Kompaktleuchtstoffl.	60 lm/W	12 W
LED-Lampe	70 lm/W	10 W
LED - (beste, Stand 2019)	140 lm/W	5 W
LED – physikalisches Optimum (2025? 2022!)	200 lm/W	3.5 W

Energiedienstleistung erbringen mit immer weniger Energieverbrauch.

Durch Verringerung der Verluste... und das waren ursprünglich ~99.9..% des Verbrauchs.

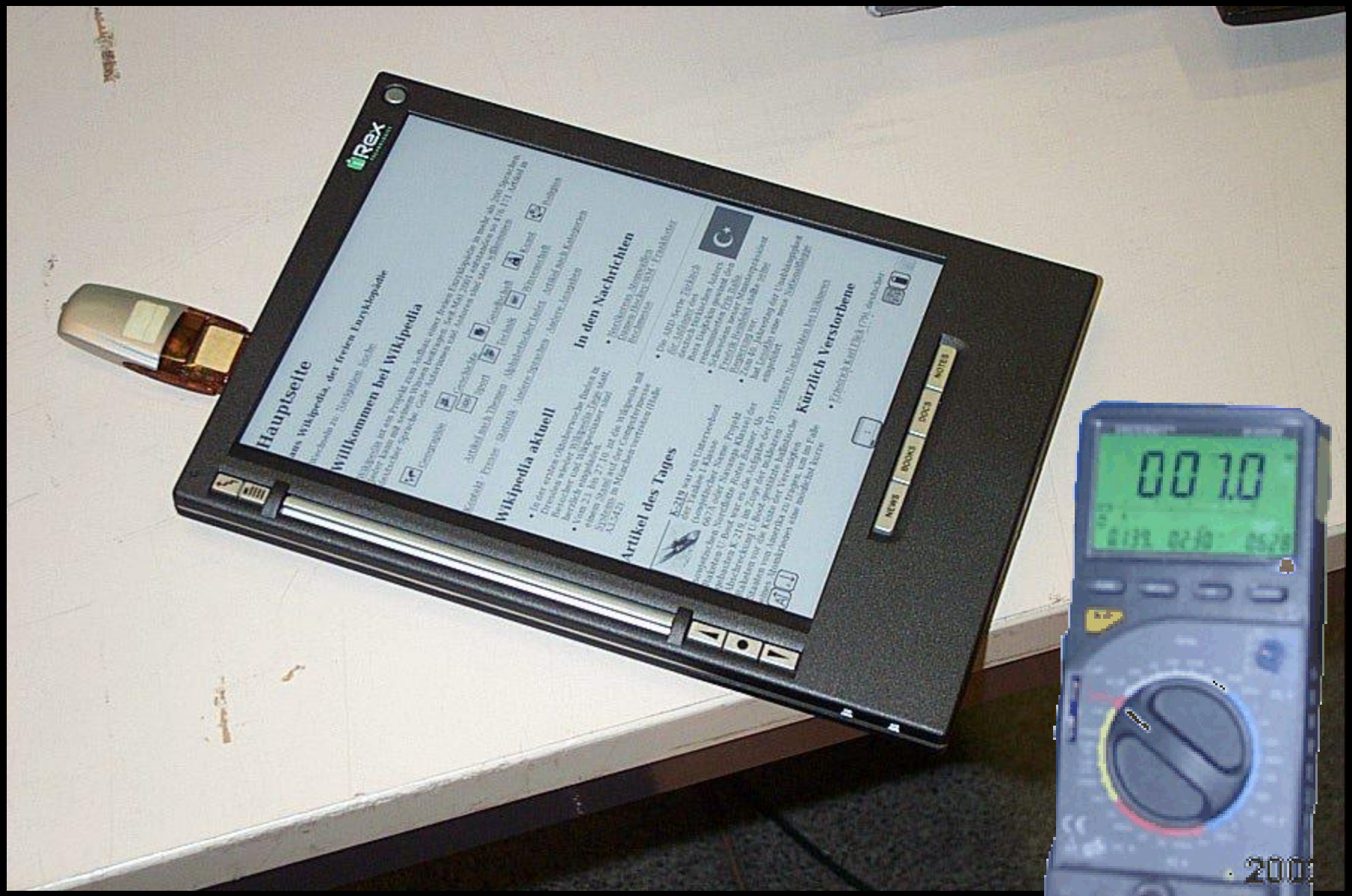
76 Watt

20 Watt

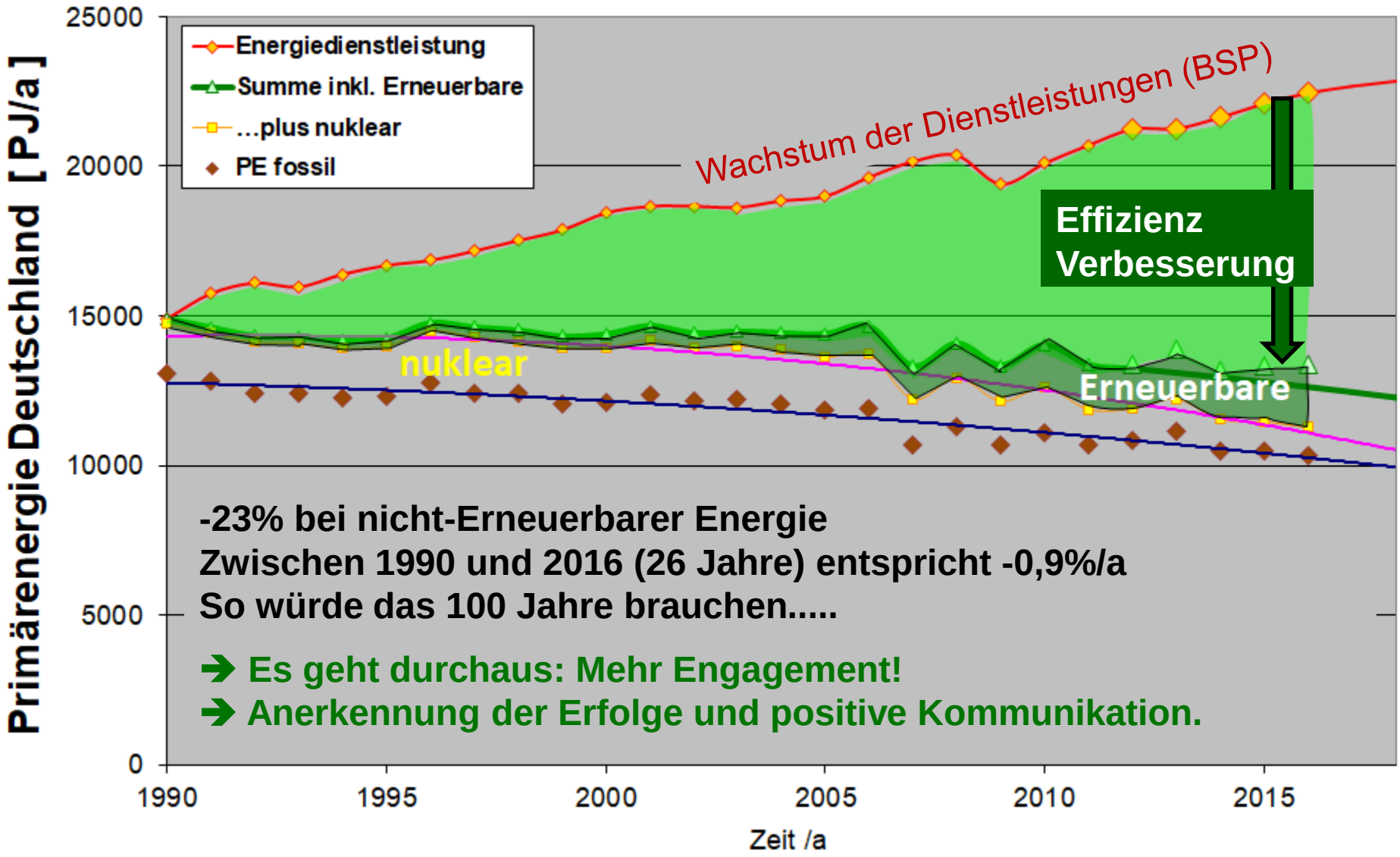
2014 bereits: unter 10 Watt

Nicht effiziente, alte, unkomfortable Technik

Effiziente, neuere, komfortable Technik



Der nächste Schritt: höchsteffiziente, noch komfortablere Technik – elektronisches Papier. ***<1 Watt***

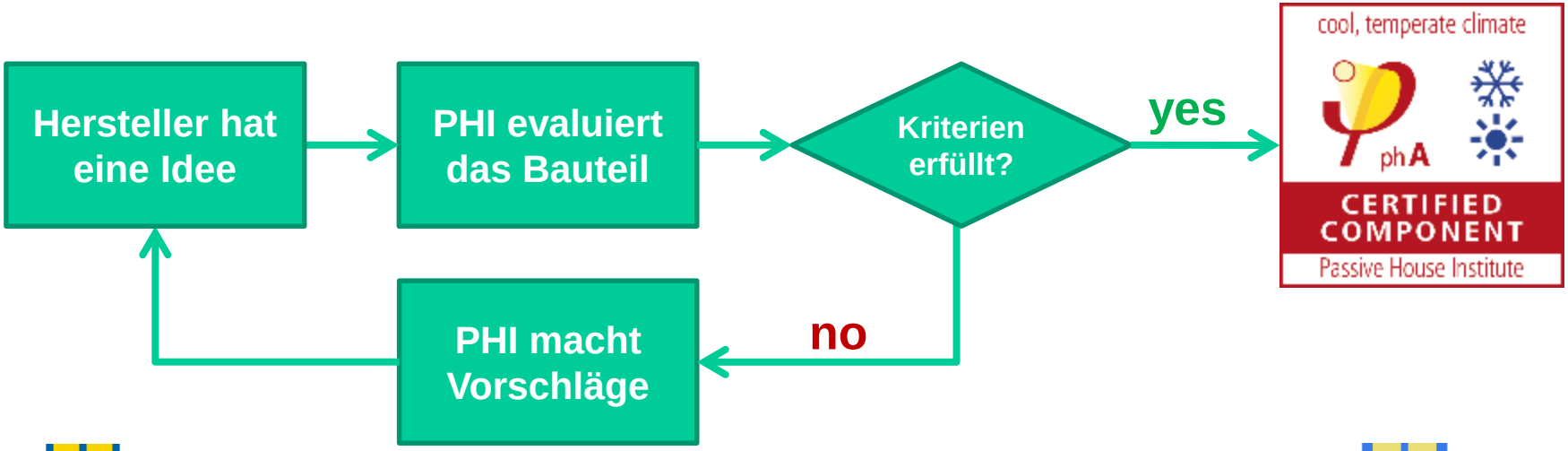


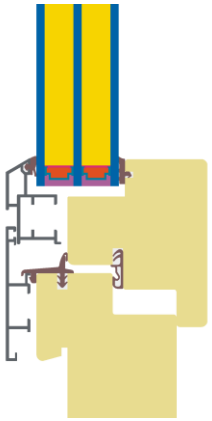
-23% bei nicht-Erneuerbarer Energie
Zwischen 1990 und 2016 (26 Jahre) entspricht -0,9%/a
So würde das 100 Jahre brauchen.....

➔ Es geht durchaus: Mehr Engagement!
➔ Anerkennung der Erfolge und positive Kommunikation.

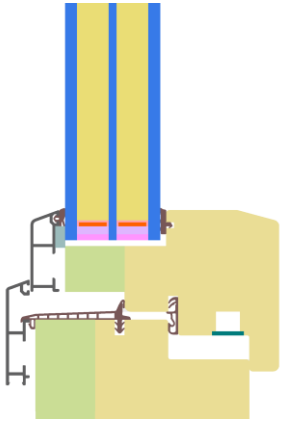
➢ **Ja, Klimaschutz geht immer noch. Bspl.: die deutsche Energiewende.**

Komponenten-Optimierung und Zertifizierung





- **Kann innerhalb einer Woche klappen…,**
- **manchmal sind ein paar Runden erforderlich.**
- **Aber bisher war das jedesmal erfolgreich!**

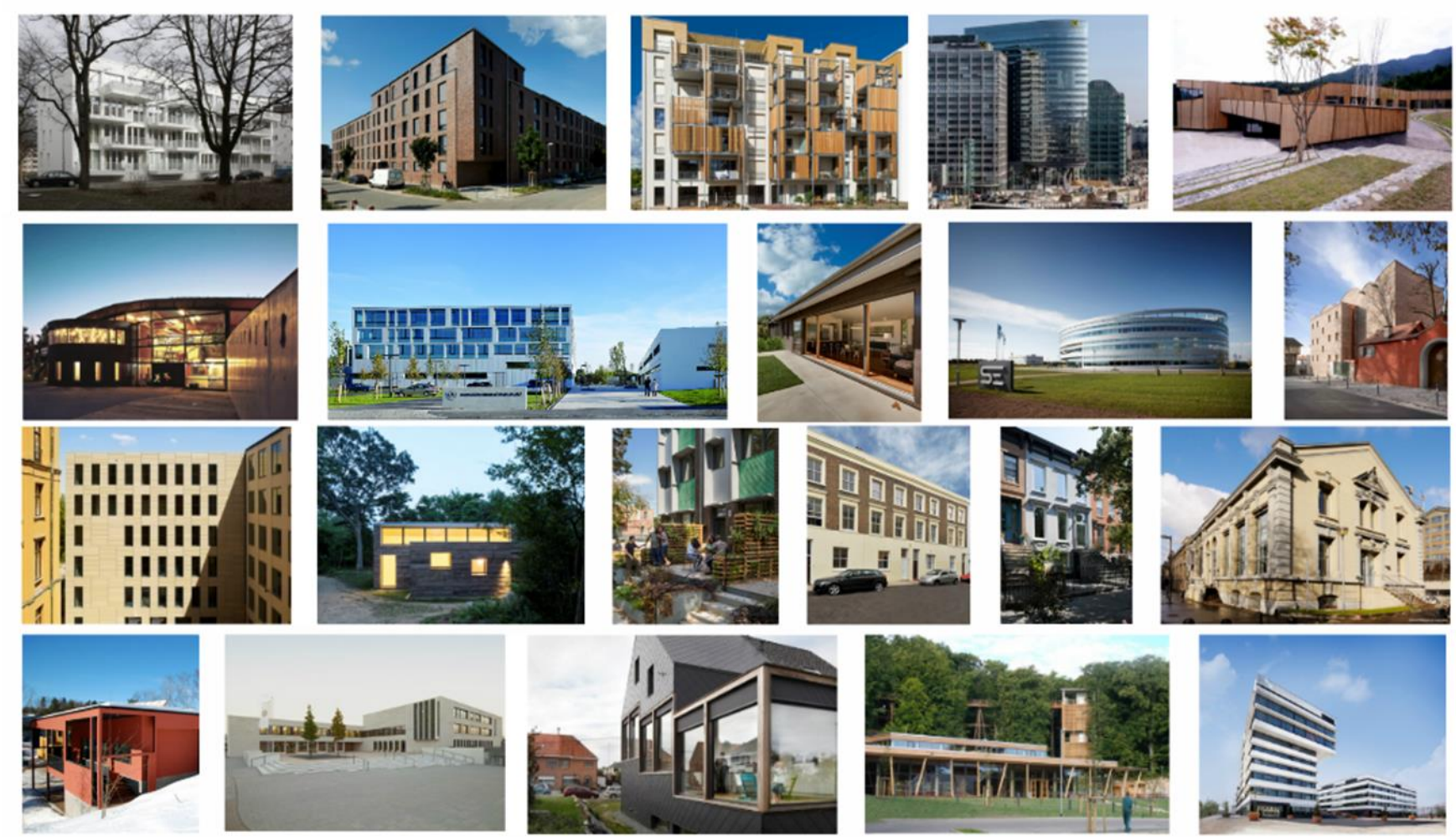


… PHI trägt zur Verbreitung der optimierten Produkte bei

Autor diese Folie: Benjamin Krick PHI

Passivhaus… von einer Idee über Forschungsergebnisse

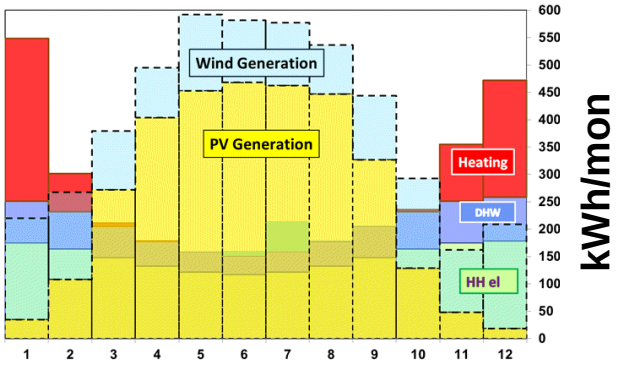
… zu einer weitverbreiteten und international erfolgreichen Lösung



Hinweise auf weitere Informationen

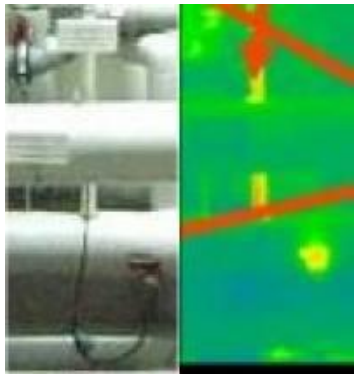
Heizen mit dem Split-Klimagerät?

Jetzt erscheinen bei innsbruck university press
https://uibk.ac.at/iup/buecher/9783991060789.html

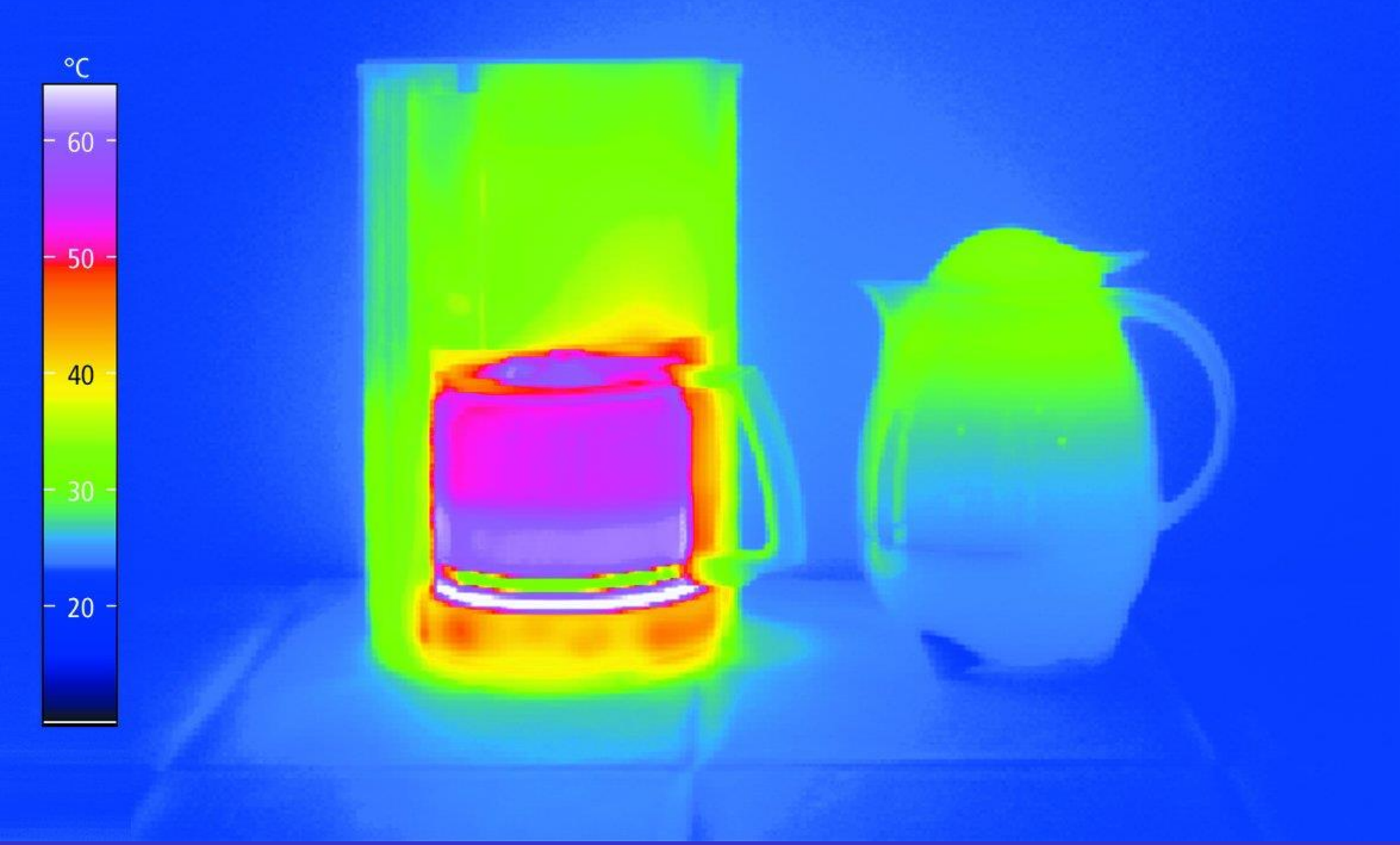


EnergieEffizienz JETZT

wie wir die Gas-Abhängigkeit rasch beenden



PASSIPEDIA
The Passive House Resource
www.passipedia.org



Noch benutzen wie alte,
nicht effiziente Technik

GO Efficiency!