



Unternehmensnetzwerk  
**KLIMASCHUTZ**  
Eine IHK-Plattform

# Qualifizierung Energie-Scouts

IHK Koblenz

18. Oktober 2023



Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und nukleare Sicherheit



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Vorstellungsrunde

# Ziele

- Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer sollen die betriebliche Situation in Bezug auf den Energiebedarf erfassen können.
- Darauf aufbauend soll ein eigenes Projekt zur Reduktion des Energieverbrauches im Unternehmen entwickelt und möglichst umgesetzt werden.



Unternehmensnetzwerk  
**KLIMASCHUTZ**  
Eine IHK-Plattform

# 1. Einführung

# Energie

*„Energie kann weder erzeugt noch vernichtet werden. Sie kann nur von einer Form in andere Formen umgewandelt oder von einem Körper auf andere Körper übertragen werden.“*

Der deutsche Physiker  
HERMANN VON HELMHOLTZ (1821-1894)  
formulierte 1847 den Energieerhaltungssatz  
als allgemeingültiges Prinzip.



# Energieformen

## Mechanische Energie

- Wenn ein beliebiger Körper sich bewegt, besitzt er kinetische Energie (Bewegungsenergie).
- Wird er angehoben, spricht man von potenzieller Energie (Höhen-/ Lageenergie).

## Thermische Energie

- Gas, Öl, Kohle oder Holz werden verbrannt, so entsteht thermische Energie (Wärmeenergie).

## Elektrische Energie

- Strom aus der Steckdose ist elektrische Energie. Sie wird genutzt, um Maschinen usw. zu betreiben (Bewegung von Elektronen).

## Chemische Energie

- Wenn Kohle verbrennt, wird die in ihr gespeicherte chemische Energie durch die Abgabe von Licht und Wärme in thermische Energie umgesetzt.

## Kernenergie

- Die in Atomen gespeicherte Energie wird in Kernkraftwerken in thermische Energie umgewandelt. Diese wird später in elektrische Energie umgewandelt.

# Umwandlung der unterschiedlichen Energieformen



Beispiele	Mechanische Energie	Thermische Energie	Strahlungsenergie	Elektrische Energie	Chemische Energie	Nukleare Energie
Mechanische Energie	Getriebe	Bremsen	Bremsstrahlung	Generator	Eischnee	im Teilchenbeschleuniger
Thermische Energie	Dampfturbine	Wärmeübertrager	Glühendes Metall	Thermoelement	Hochofen	Supernova
Strahlungsenergie	Radiometer	Solar Kollektor	Nichtlineare Optik	Solarzelle	Photosynthese	Kernphotoeffekt
Elektrische Energie	Elektromotor	Elektroherd	Blitz	Transformator	Akkumulator	-
Chemische Energie	Muskel	Ölheizung	Glühwürmchen	Brennstoffzelle	Kohlevergasung	-
Nukleare Energie	schnelle Neutronen	Sonne	Gammastrahlen	Atom-Batterie	Radiolyse	Brutreaktor

# Energieformen



Strom  
elektrisch



Wärme  
thermisch



Kraftstoff  
chemisch



# Einheiten der Energie und Umrechnung

Energie wird entweder in Joule (J), Kalorie (cal) oder Watt (W) gemessen. Diese Maßeinheiten für Energie können durch Umrechnung miteinander verglichen werden.

	<b>kJ</b>	<b>kcal</b>	<b>kWh</b>
1 kJ	1,00	0,2388	0,000278
1 kcal	4,1868	1,00	0,001163
1 kWh	3 600,00	860,00	1,00

Durch entsprechende Buchstaben, welche den Maßeinheiten vorangestellt werden, lassen sich große Zahlen übersichtlicher darstellen.

kilo (k)	=	Tausend	tera (T)	=	Billion
mega (M)	=	Million	peta (P)	=	Billarde
giga (G)	=	Milliarde	exa (E)	=	Trillion

# Was kann man mit einer Kilowattstunde Strom machen?

„Wieviel Energie in kJ, kcal oder kWh verbraucht ein Ventilator mit 20 Watt, wenn dieser 8 Stunden lange läuft?“

Was verbraucht der Ventilator wenn er 150 Tage je 8 Stunden im Jahr läuft?“

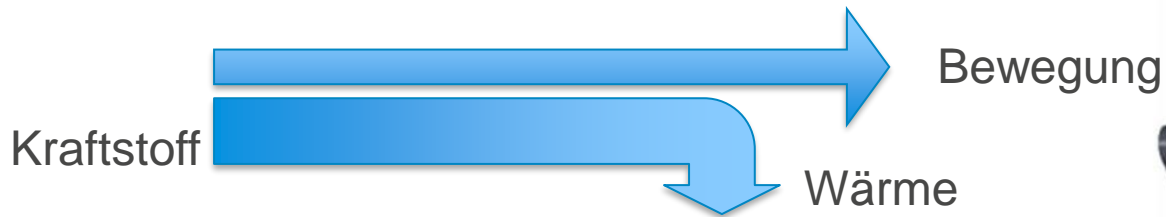
	<b>kJ</b>	<b>kcal</b>	<b>kWh</b>
Ventilator 20 W; 8 h			
Ventilator 20 W; 8 h; 150 Tage			

# Begriffe aus dem Umfeld der Energieverwendung

- Bruttostromverbrauch
  - national/global produzierte Gesamtstrommenge, die aus allen Quellen erzeugt wurde (Wind, Wasser, Sonne, Kohle, Öl, etc.), zuzüglich Import, abzüglich Export
- Wirkungsgrad [ $\eta$ ]
  - Anteil der eingesetzten Energie, die in die gewünschte nutzbare Energieform umgewandelt werden kann
  - Kriterium für die Effizienz eines Gerätes, einer Anlage oder eines Prozesses

# Begriffe aus dem Umfeld der Energieverwendung

- Beispiel für den Wirkungsgrad eines Benzinmotors [ $\eta$ ]



Quelle: BMW AG

$$\eta = \frac{P_{\text{Nutzen}}}{P_{\text{Aufwand}}} \approx \boxed{\phantom{0.25}}$$

Leuchtmittel	Wirkungsgrad	Lichtausbeute
LED	<input type="text"/>	80 – 150 lm/W
Energiesparlampe	<input type="text"/>	40 – 60 lm/W
Halogenlampe	<input type="text"/>	15 – 20 lm/W
Glühlampe	<input type="text"/>	10 – 15 lm/W

# Begriffe aus dem Umfeld der Energieverwendung



**Primärenergie:**

- Direkt in den Energiequellen vorhandene Energie

**Sekundärenergie:**

- Energie, die aus der Primärenergieträgern durch Umwandlung gewonnen wird

**Endenergie:**

- Übrig gebliebener Teil der Primärenergie nach Wandlung/Übertragung, nach dem Anschluss des Verbrauchers (Haushalt, Unternehmen, etc.)

**Nutzenergie:**

- Anteil der Endenergie, der dem Verbraucher tatsächlich zur Verfügung steht



Unternehmensnetzwerk  
**KLIMASCHUTZ**  
Eine IHK-Plattform

## 2. Energietechnische Grundlagen

Stromversorgung – Energieträger – Effizienz –  
Amortisation

# Vom Kraftwerk zur Steckdose



## 1. Höchstspannungsnetz

Höchstspannung, 220 – 380 kV  
... entspricht einer Autobahn



## 2. Überregionales Verteilnetz

Hochspannung, 110 kV  
... entspricht einer Bundesstraße



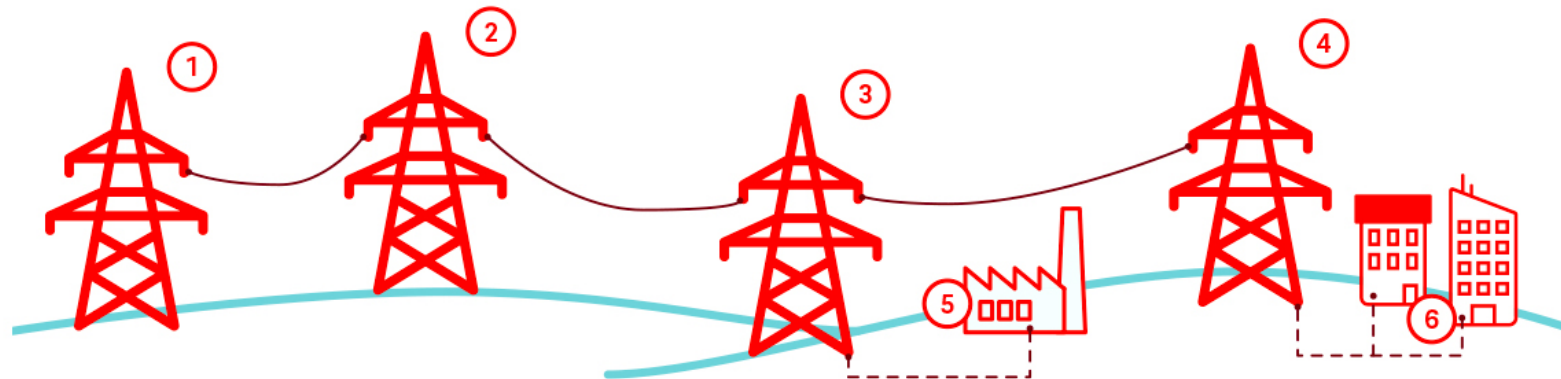
## 3. Regionales Verteilnetz

Mittelspannung, 20 kV  
... entspricht einer Landstraße



## 4. Lokales Verteilnetz

Niederspannung, 230–400 V  
... entspricht einer Gemeindestraße

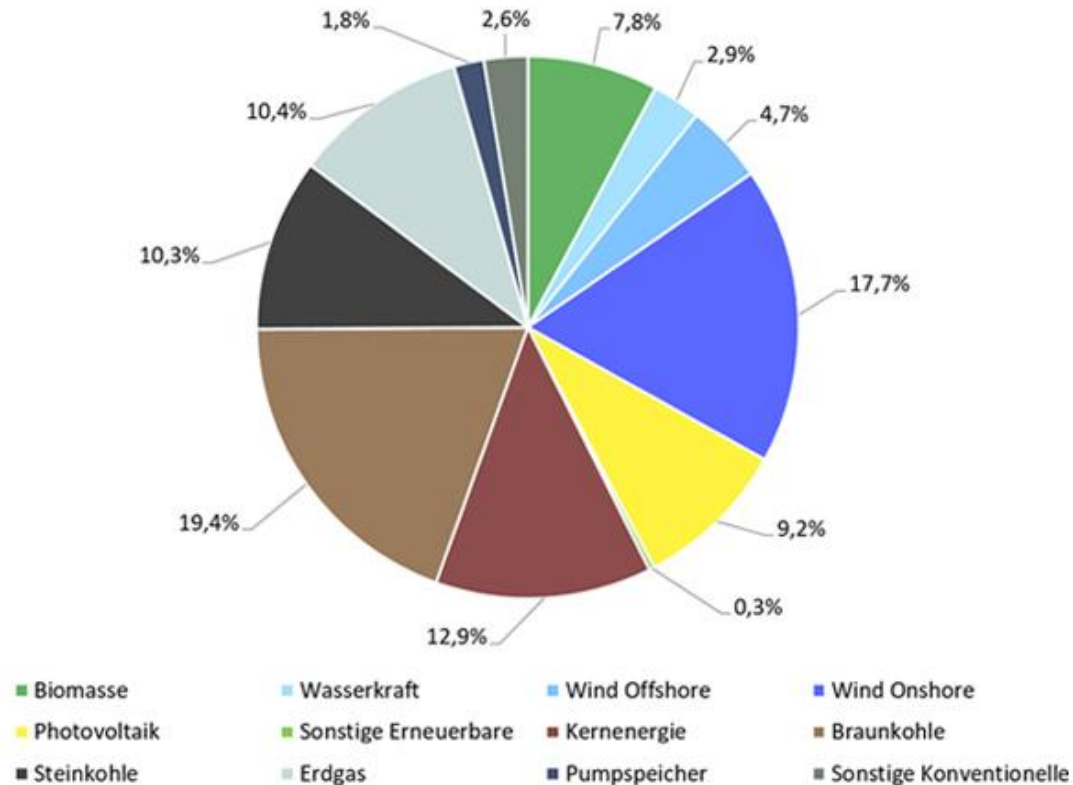


- ① Höchstspannungsnetz
- ② Hochspannungsnetz
- ③ Mittelspannungsnetz
- ④ Niederspannungsnetz
- ⑤ Kleine Fabriken
- ⑥ Endverbraucher

**e-on**

# Stromerzeugung in der Bundesrepublik

Energieträgeranteile an der Gesamterzeugung im Jahr 2021



## Erzeugung Bruttostromerzeugung in Deutschland

Bruttostromerzeugung<sup>1</sup> in Deutschland für 2019 bis 2021

Energieträger	2019		2020		2021 <sup>2</sup>	
	Mrd.kWh (Milliarden Kilowattstunden)	%	Mrd.kWh (Milliarden Kilowattstunden)	%	Mrd.kWh (Milliarden Kilowattstunden)	%
- Bruttostromerzeugung insgesamt	601,1	100	567,1	100	579,1	100
- Braunkohle	114,0	19,0	91,7	16,2	108,3	18,7
- Steinkohle	57,5	9,6	42,8	7,5	54,3	9,4
- Kernenergie	75,1	12,5	64,4	11,4	69,0	11,9
- Erdgas	90,0	15,0	95,0	16,8	89,0	15,4
- Mineralölprodukte	4,8	0,8	4,7	0,8	4,8	0,8
- Erneuerbare Energieträger	240,3	40,0	250,2	44,1	236,7	40,9
- Windkraft	125,9	20,9	132,1	23,3	117,7	20,3
- Wasserkraft <sup>3</sup>	19,7	3,3	18,3	3,2	19,1	3,3
- Biomasse	44,3	7,4	45,0	7,9	45,0	7,8
- Photovoltaik	44,4	7,4	48,6	8,6	49,0	8,5
- Hausmüll <sup>4</sup>	5,8	1,0	5,8	1,0	5,7	1,0
- Geothermie	0,2	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0
- Übrige Energieträger	19,4	3,2	18,3	3,2	17,0	2,9

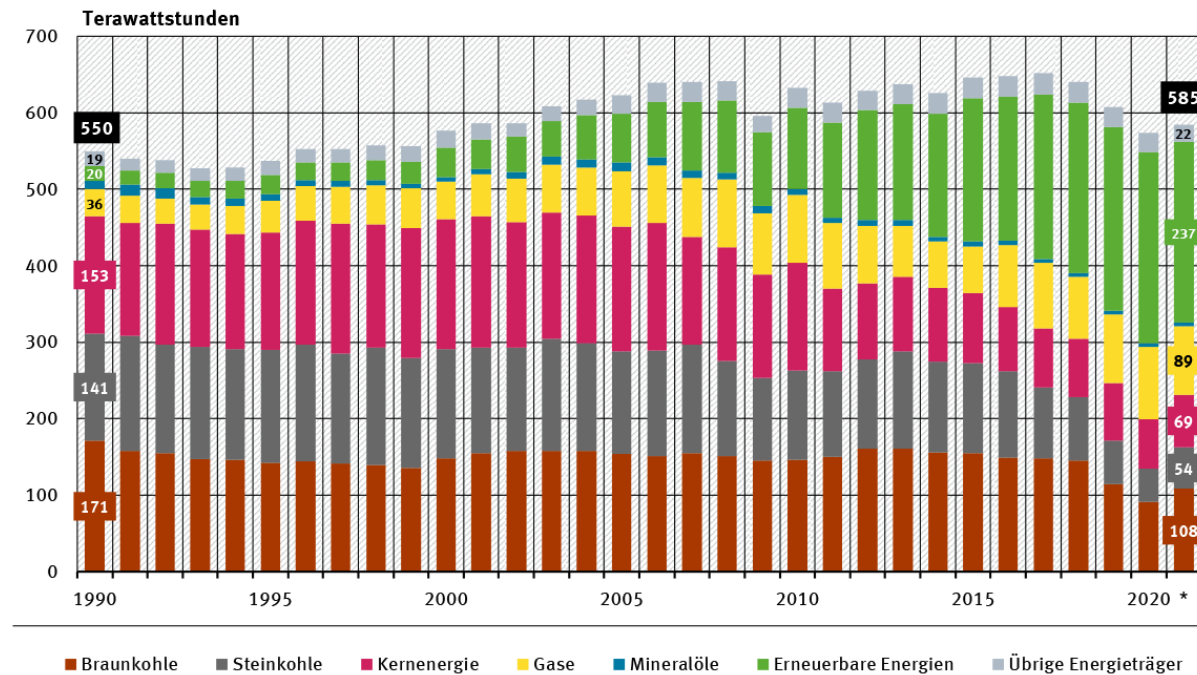
1: Bruttostromerzeugung nach Eurostat Energiebilanz und Energiebilanz Deutschland, sofern bei der Energiebilanz Deutschland die Pumpspeicherezeugung aus dem Umwandlungsausstoß herausgerechnet wird bzw. Pumpspeicher als Speicher betrachtet werden.  
2: Vorläufige Angaben.  
3: Erzeugung in Lauf- und Speicherwasserkraftwerken sowie Erzeugung aus natürlichem Zufluss in Pumpspeicherkraftwerken.  
4: Nur Erzeugung aus biogenem Anteil des Hausmülls (circa 50%).  
Quelle: Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (AGEB). Stand: Januar 2022.

Stand 11. Januar 2022



# Entwicklung der Stromerzeugung in der Bundesrepublik

Bruttostromerzeugung nach Energieträgern

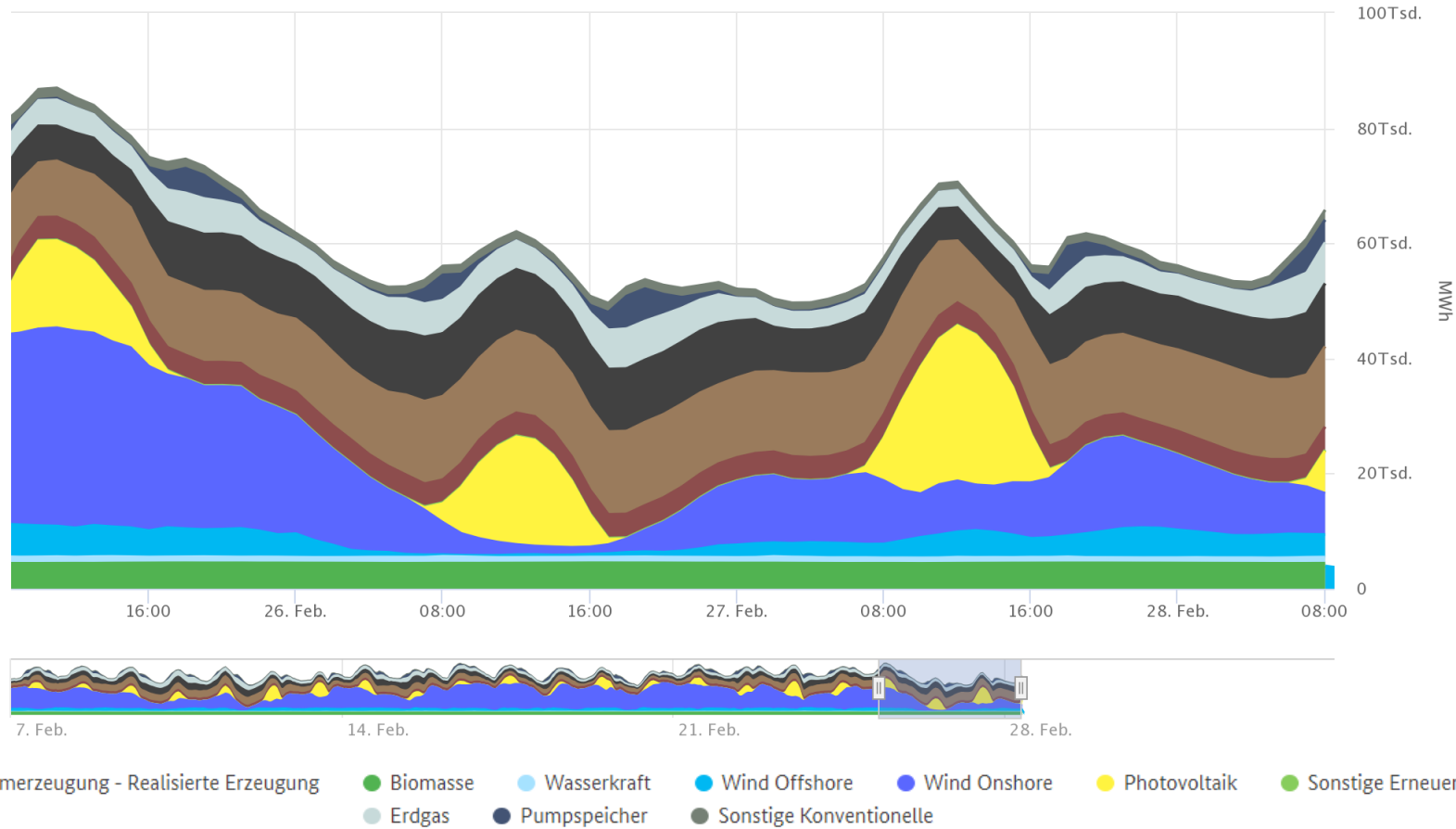


\* vorläufige Angaben

Quelle: Umweltbundesamt auf Basis AG Energiebilanzen, Tabelle Stromerzeugung nach Energieträgern, Stand 12/2021

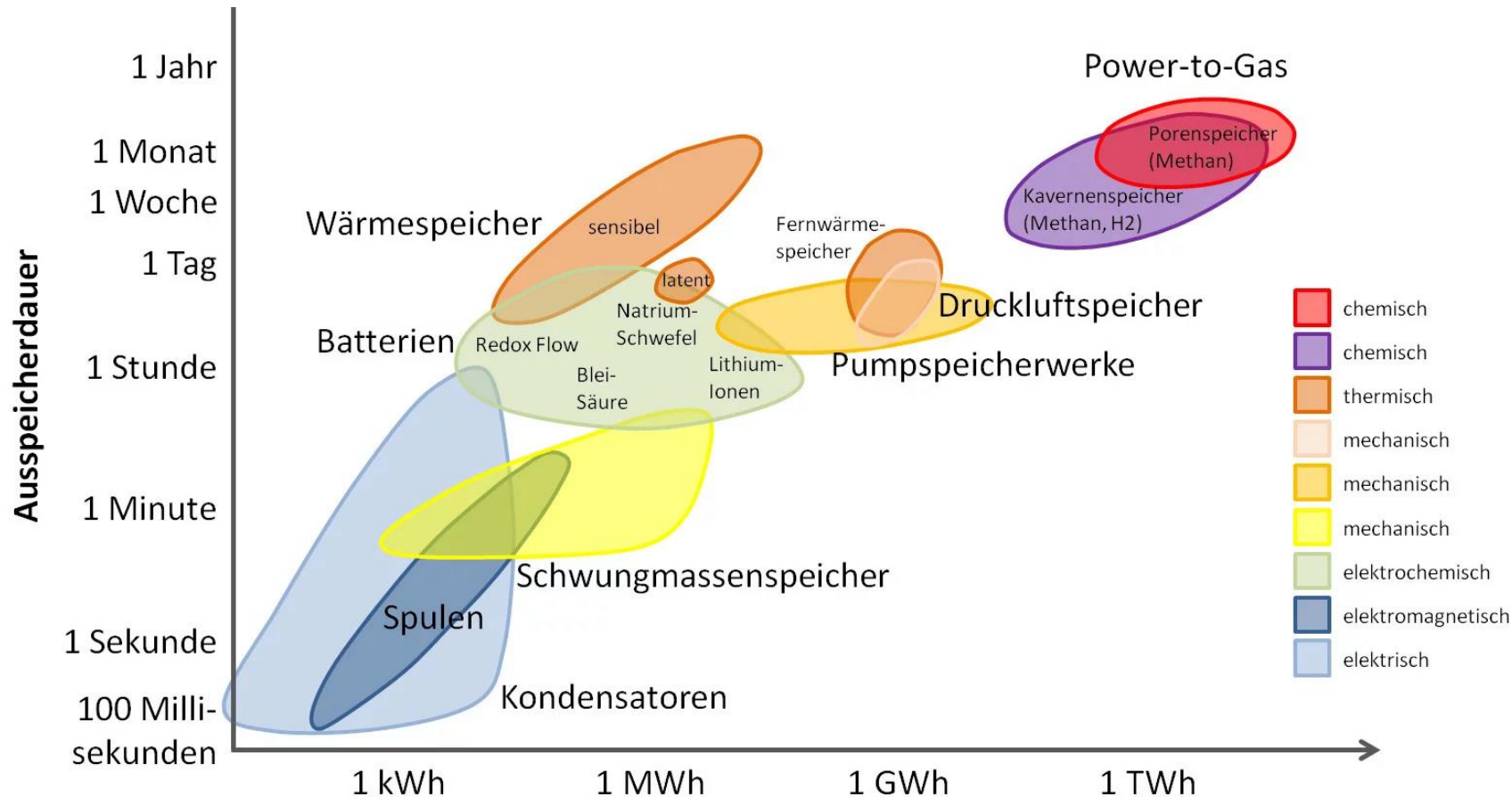
Quelle: Erneuerbare und konventionelle Stromerzeugung | Umweltbundesamt

# Fluktuierende Einspeisung



Quelle: [SMARD](#) | [Marktdaten visualisieren](#)

# Möglichkeiten der Stromspeicherung



Essentiell, um die Energieversorgung der Zukunft zu realisieren, sind moderne **Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) sowie Energiespeicher. PV-Speicher**, Wärmespeicher, Power-to-Gas-Anlagen oder Power-to-Heat-Aggregate stellen die Frequenzhaltung im Stromnetz sicher und sind die Basis dafür, dass **Energienachfrage und -bedarf** im intelligenten Stromnetz flexibel **aufeinander abgestimmt** werden können.

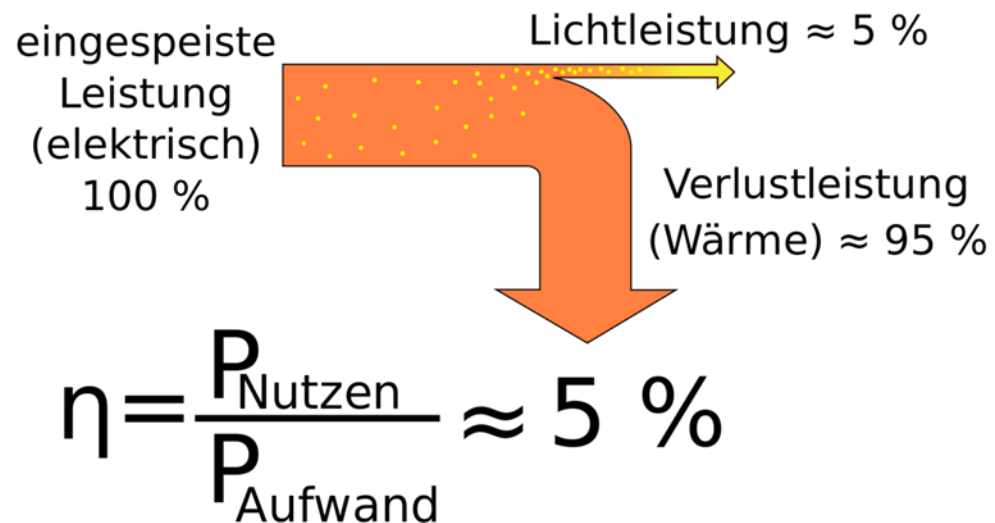
Quelle: Die wichtigsten Energiespeicher-Technologien im Überblick (energie-experten.org)

# Effektivität und Effizienz



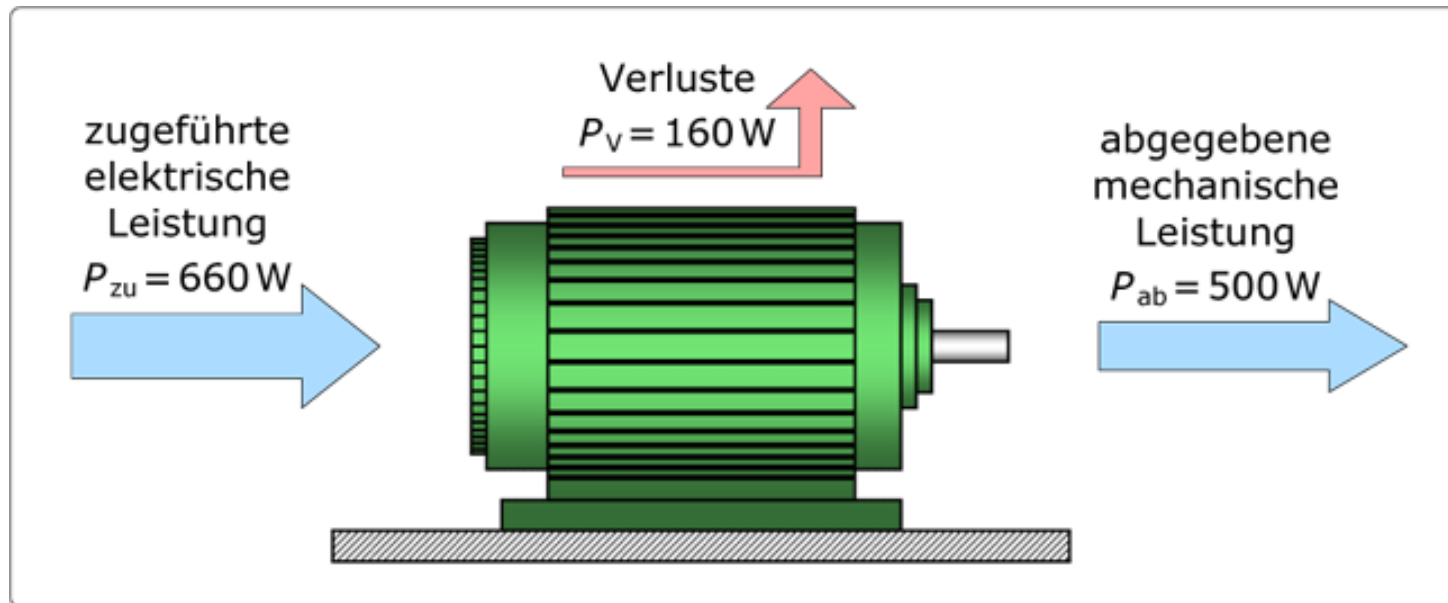
Effektivität: Die Dinge richtig tun  
Effizienz: Die Dinge mit möglichst geringem Aufwand tun.

# Effizienz – Wirkungsgrad einer Glühbirne

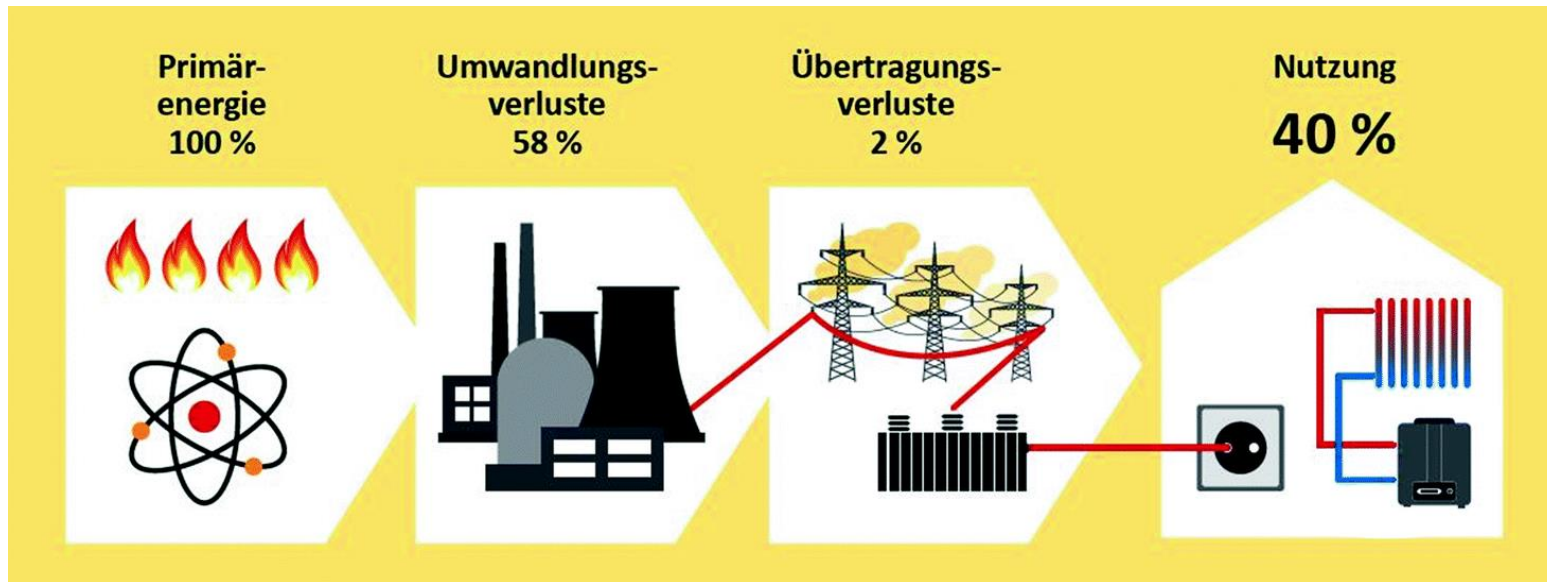


LED im Vergleich  $\approx 30\%$

# Effizienz – Wirkungsgrad eines Elektromotors



# Wirkungsgrad Energieversorgung



# Arbeit und Leistung



Leistung: Energieverbrauch pro Sekunde (Watt, Kilowatt, Megawatt)

Arbeit: Energieverbrauch über einen Zeitraum (Wh, kWh, MWh)



# Berechnung von Leistung und Arbeit

## Aufgabe 1:

Berechnen Sie Leistung und Arbeit einer Außenbeleuchtung, welche das ganze Jahr über 8 Stunden täglich betrieben wird.

Eine Messung der benötigten Energie ergibt eine Spannungsaufnahme von 230 Volt und eine Stromaufnahme von 1,5 Ampere.

Die elektrische Leistung  $P$  berechnet sich aus Spannung  $U$  mal Stromstärke  $I$  ( $P = U \times I$ )

Elektrische Arbeit  $E$  berechnet sich aus Leistung  $P$  mal Zeit  $t$  ( $E = P \times t$ )

# Berechnung von Leistung und Arbeit

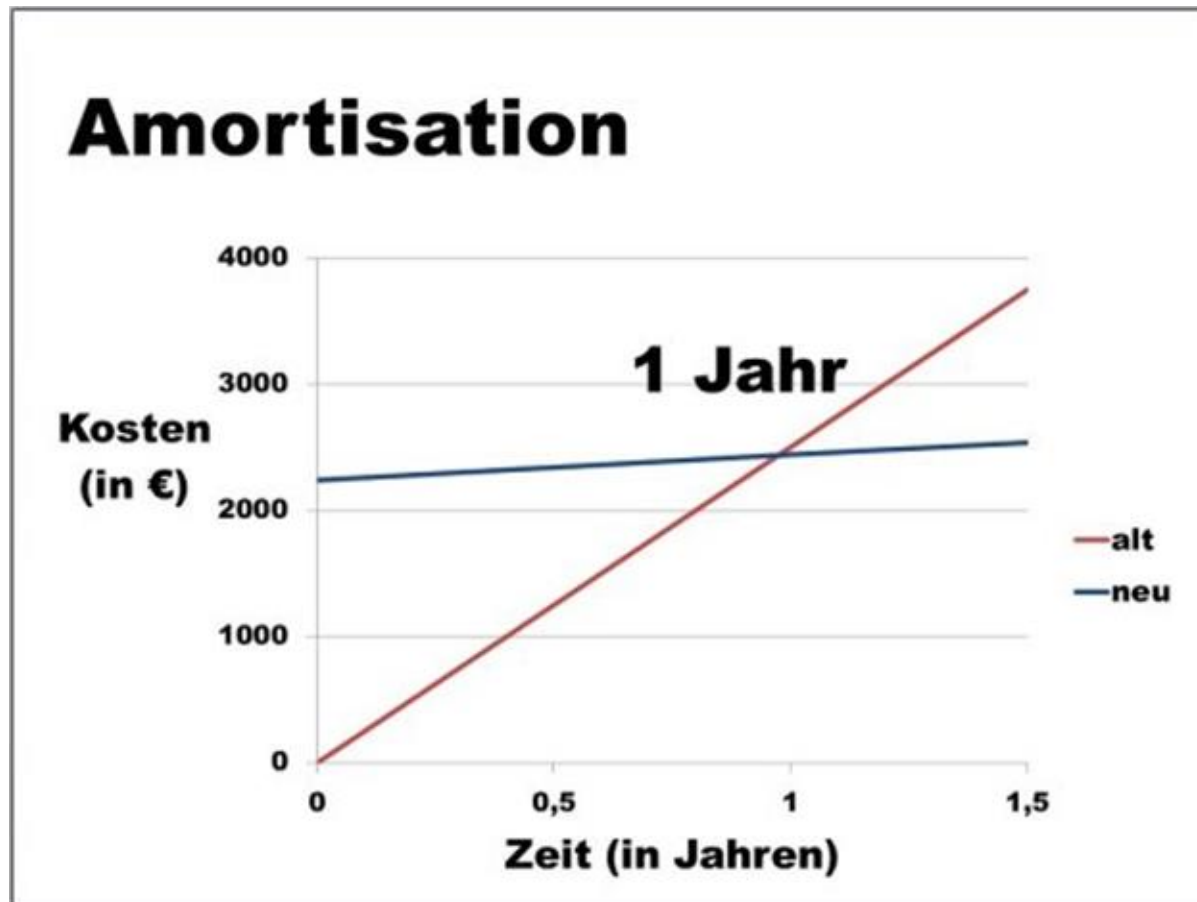
## Lösung:

$$P = 230 \text{ Volt} \times 1,5 \text{ Ampere} = 345 \text{ Watt}$$

$$t = 8 \text{ Stunden am Tag} \times 365 \text{ Tage} = 2.920 \text{ Stunden im Jahr}$$

$$E = 345 \text{ Watt} \times 2.920 \text{ Stunden im Jahr} = 1.007.400 \text{ Wh} = \mathbf{1.007,4 \text{ kWh}}$$

# Amortisation – Einfache Berechnung



Rückfluss der investierten Mittel aus den Erträgen der Investition.

Bei Energieeffizienzmaßnahmen wird häufig gefragt, wann sich eine Investition durch die erzielten Einsparungen amortisiert hat.

$$\text{Amortisationszeit} = \frac{\text{Investitionskosten}}{\text{jährliche Einsparung}}$$

# Berechnung der Amortisation

## Aufgabe 2:

Die vorhandene Außenbeleuchtung mit einer Leistung von 345 W soll durch eine effizientere LED-Außenbeleuchtung mit einer Leistungsaufnahme von 50 Watt und Investitionskosten von 600 Euro ersetzt werden.

Bitte berechnen Sie die Amortisationszeit dieser Investition bei einem Strompreis von 22 ct/kWh.

# Berechnung der Amortisation

## Lösung:

Energiekosten alt =  $1.007 \text{ kWh/a} \times 22 \text{ ct/kWh} = 221,54 \text{ Euro/a}$

Arbeit neu =  $50 \text{ Watt} \times 2.920 \text{ Stunden im Jahr} = 146.000 \text{ Wh} = 146 \text{ kWh}$

Energiekosten neu =  $146 \text{ kWh/a} \times 22 \text{ ct/kWh} = 32,12 \text{ Euro/a}$

Jährliche Einsparung = Energiekosten alt – neu =  $189,42 \text{ Euro}$

Amortisation = Investitionskosten / Jährliche Einsparung =  
 $600 \text{ Euro} / 189,42 \text{ Euro/a} = \mathbf{3,2 \text{ Jahre}}$



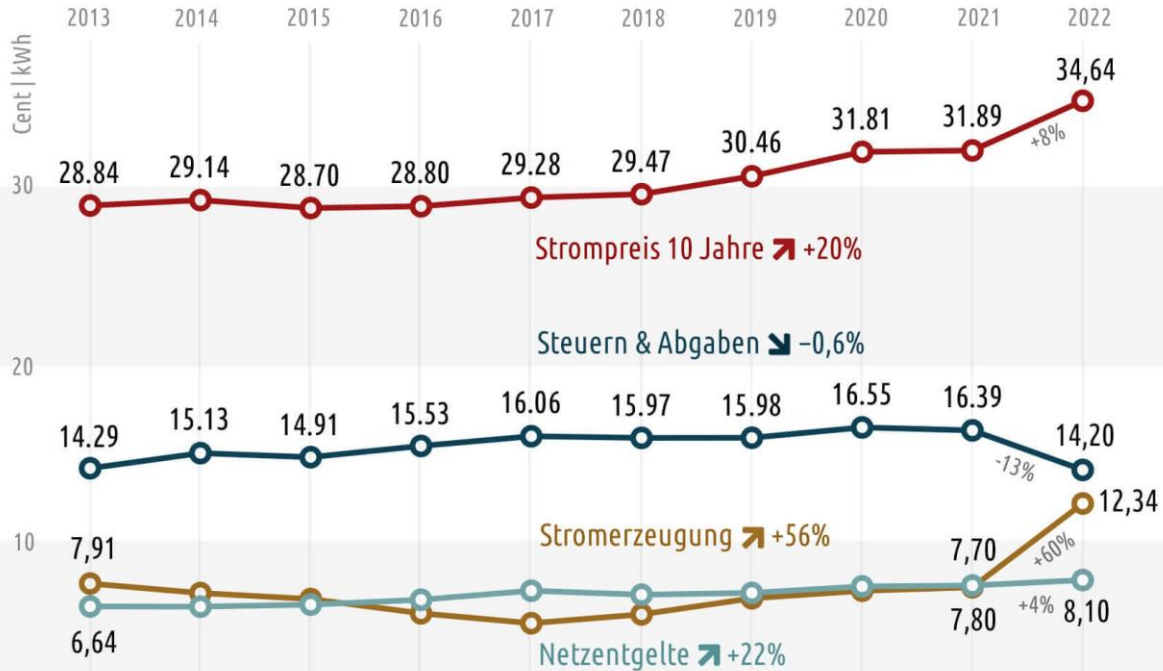
## 3. Energie im Unternehmen

Energiekosten – Einsparpotenziale bei  
Querschnittstechnologien, Prozessen, Anlagen und Gebäuden

# Preisentwicklung der letzten Jahre

## STROMPREISENTWICKLUNG BIS 2022

Durchschnittlicher Strompreis für Haushaltskunden in Deutschland

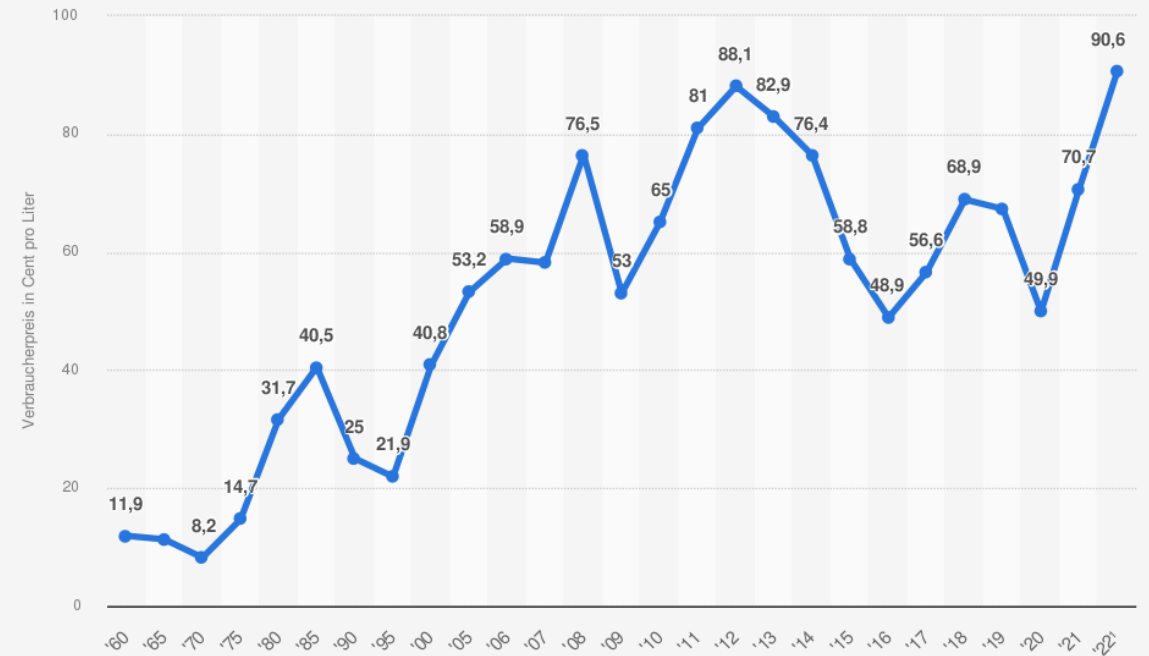


STROM-REPORT

Daten: BNetzA, BDEW, Verivox Stand 01|2022



## Durchschnittlicher Verbraucherpreis für leichtes Heizöl in Deutschland in den Jahren 1960 bis 2022 (in Cent pro Liter)



Quellen  
Statistisches Bundesamt; en2x  
© Statista 2022

Weitere Informationen:  
Deutschland; Statistisches Bundesamt; en2x

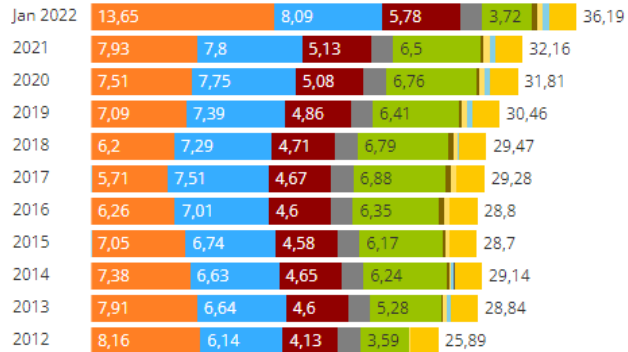
Quelle: <https://strom-report.de/strompreise/#strompreiseentwicklung-2022>; Durchschnittlicher Heizölpreis bis 2022 | Statista

# Strompreisentwicklung Haushalt und Industrie

## Strompreis für Haushalte

Durchschnittlicher Strompreis für einen Haushalt in ct/kWh, Jahresverbrauch 3.500 kWh  
Grundpreis anteilig enthalten, Tarifprodukte und Grundversorgungstarife inkl. Neukundentarife enthalten, nicht mengengewichtet \*

■ Beschaffung, Vertrieb ■ Netzentgelt inkl. Messung und Messstellenbetrieb ■ Mehrwertsteuer ■ Konzessionsabgabe ■ EEG-Umlage ■ KWKG-Aufschlag ■ §19 StromNEV-Umlage ■ Offshore-Netzumlage ■ Umlage f. abschaltbare Lasten ■ Stromsteuer ■ Summe



\* Die dargestellten Preise bilden den Durchschnitt der im Markt verfügbaren Tarife für den jeweiligen Zeitraum ab.

19% MwSt im Jahr 2020

Stand: 01/2022

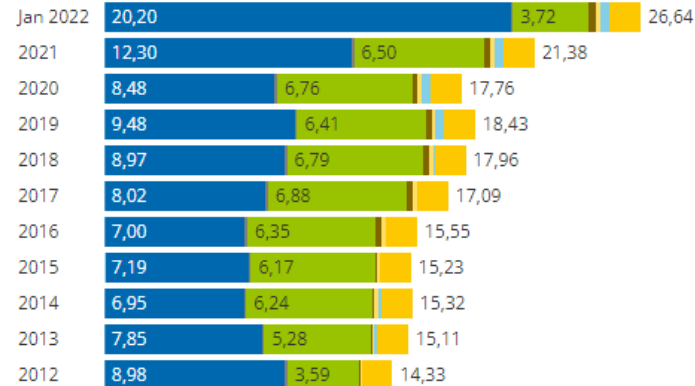
Quelle: BDEW • Daten • Einbetten • Grafik



## Strompreis für die Industrie (inkl. Stromsteuer)

Durchschnittlicher Strompreise für Neuabschlüsse in der Industrie in ct/kWh (inkl. Stromsteuer),  
Jahresverbrauch 160.000 bis 20 Mio. kWh, mittelspannungsseitige Versorgung

■ Beschaffung, Netzentgelt, Vertrieb ■ Konzessionsabgabe ■ EEG-Umlage ■ KWKG-Umlage ■ §19 StromNEV-Umlage ■ Offshore-Netzumlage ■ Umlage f. abschaltbare Lasten ■ Stromsteuer ■ Summe



Stand: 01/2022

Quelle: VEA, BDEW • Daten • Einbetten • Grafik



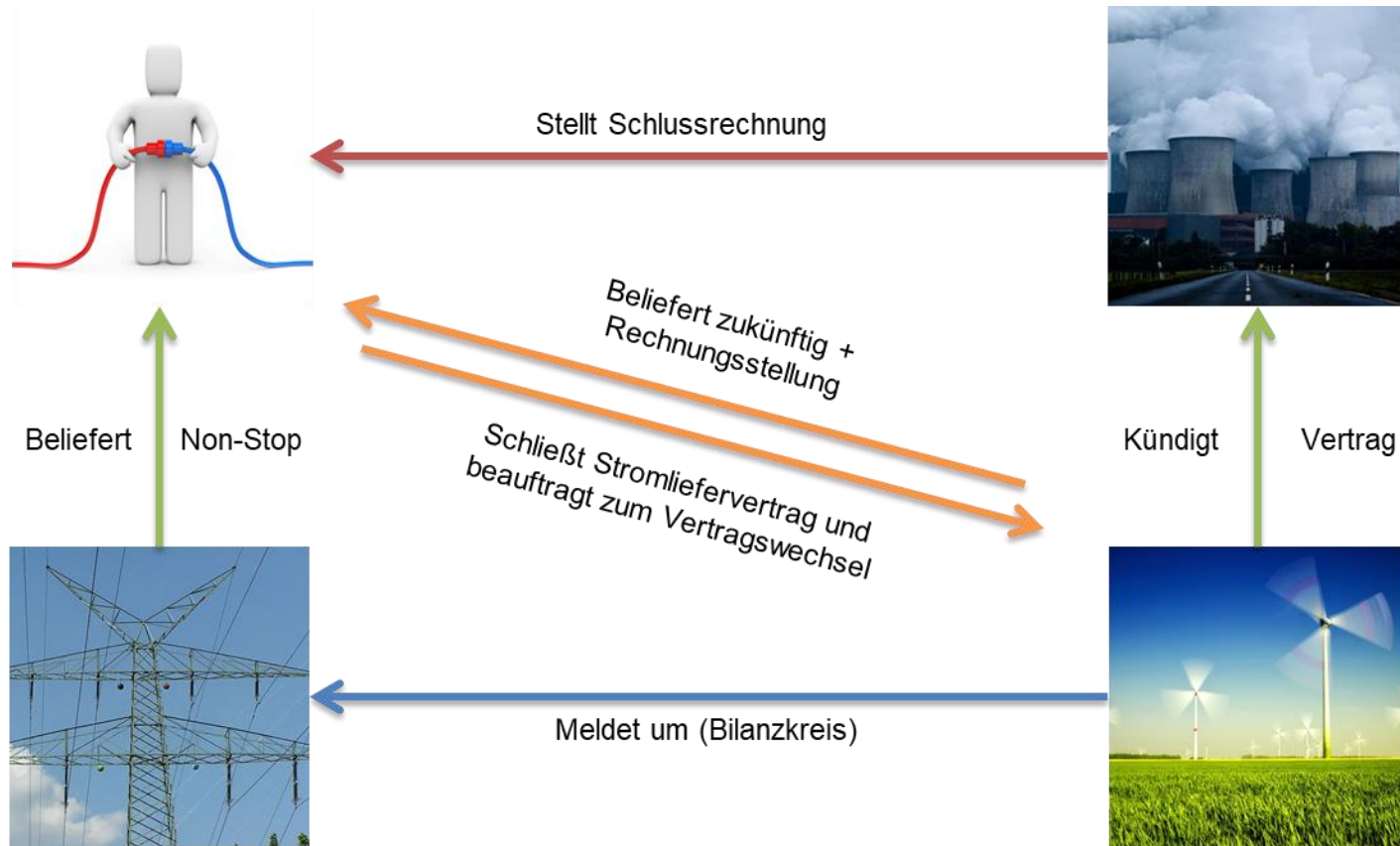


# Kostenstruktur der Industrie in der Bundesrepublik



<b>Kostenstruktur der Industrie in der Bundesrepublik Deutschland 2014</b> (Anteile am Bruttoproduktionswert in %)	Materialverbrauch und Handelswaren	Personal und Soziales	Energieverbrauch	Sonstige handwerkliche Dienstleistungen	Mieten und Pachten	Abschreibungen	Fremdkapitalzinsen	Sonstige Kosten
Eisengießereien	45,2	29,3	7,3	4,1	1,3	3,7	0,9	8,2
Herstellung von chemischen Erzeugnissen	55,6	14,9	4,2	2,7	0,8	2,6	1,5	17,7
Herstellung von Textilien	52,8	23,2	3,3	1,8	1,9	2,4	0,7	13,9
Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln	66,6	13,1	2,3	1,5	1,7	2,0	0,5	12,3
Herstellung von Druckerzeugnissen	46,6	29,1	2,8	2,8	3,7	4,1	0,8	10,1
Herstellung von Holzwaren	61,2	17,0	3,4	2,0	2,0	2,7	0,9	10,8
Herstellung von Metallerzeugnissen	46,0	29,6	2,4	2,3	2,6	3,1	0,8	13,2
Herstellung von elektrischen Ausrüstungen	52,0	27,1	0,9	1,4	1,4	2,1	0,7	14,4

# Ablauf Energieliefervertragswechsel



# Abrechnungsarten Energielieferverträge



Strombedarf < 100.000 kWh/a  
Leistungsbedarf < 30 kW  
Max. Niederspannungsbezug

Strombedarf > 100.000 kWh/a  
Leistungsbedarf > 30 kW  
Bis Hochspannungsbezug

## Ohne Leistungsmessung

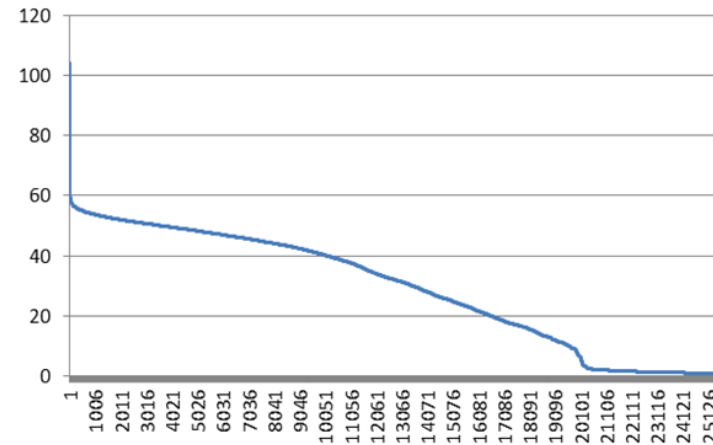
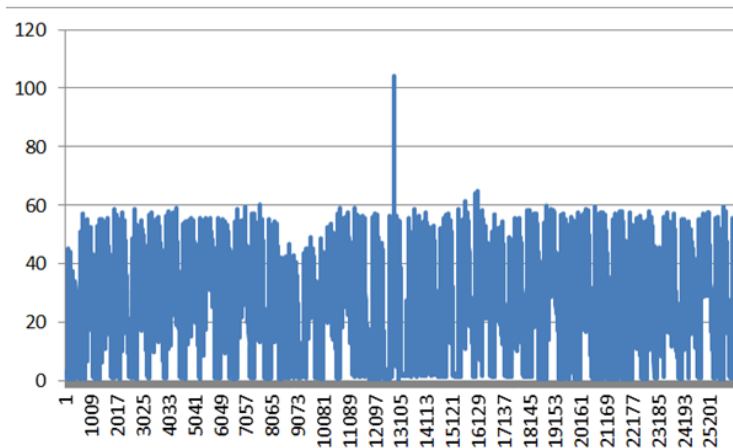
- Arbeitspreis
- Grundgebühr

## Mit Leistungsmessung

- Arbeitspreis
- Leistungspreis
- Messentgelt
- Evtl. Blindarbeitspreis
- Evtl. Blindleistungspreis

# Beispiel Lastgangmessung

Höchster 15-Minuten-Mittelwert im Jahr wird berechnet.



Schleiferei: 250.000 kWh/a,  $P_{max} = 65$  kW

# Lesen einer Gasrechnung

Ihre Verbrauchsdaten im Detail						Gas
Ablesezeitraum	Zählerstand von - bis	Differenz	Faktor	Verbrauch	AA	
<b>Zähler: 2176572</b>						
Gasverbrauch	21.12.12 - 19.12.13	79077,0 84404,0	5.327,0	10,653727	56.752,40 kWh	A
Vorperiode Gasverbrauch	48.562,00 kWh	372 Tage	akt. Periode Gasverbrauch		<b>56.752,00 kWh</b>	364 Tage
AA Ableseart: M = maschinelle Schätzung / Ablesung durch: A = Versorgungsunternehmen / B = Netzbetreiber / K = Kunde						
Abrechnungsrelevante Daten						Gas
Bestellte Leistung		<b>240,000 kW</b>				
Faktor	10,653727 = Zustandszahl 0,9486 x Brennwert 11,231					
Ihr Rechnungsbetrag ergibt sich wie folgt						Gas
von	bis	Menge/Dim.	Preis in EUR je Einheit	Betrag		
<b>Grundvers.-Tarif-Heizgas-HN&gt;13kW-G</b>						
Arbeitspreis	21.12.12 - 31.12.12	2.268,0 kWh x	0,0463 je kWh	=	105,01 EUR	
	01.01.13 - 19.12.13	54.484,0 kWh x	0,0463 je kWh	=	2.522,61 EUR	
Leistungspreis	21.12.12 - 31.12.12	13,000 kW x	144,00 für 365 Tage x 11/365	=	4,34 EUR	
	01.01.13 - 19.12.13	13,000 kW x	144,00 für 365 Tage x 353/365	=	139,27 EUR	
	21.12.12 - 31.12.12	227,000 kW x	5,16 für 365 Tage x 11/365	=	25,80 EUR	
	01.01.13 - 19.12.13	227,000 kW x	5,16 für 365 Tage x 353/365	=	1.132,81 EUR	
<b>Steuern, Abgaben u. sonstige Belastungen</b>						
Erdgassteuer	21.12.12 - 31.12.12	2.268,0 kWh x	0,0055 je kWh	=	12,47 EUR	
	01.01.13 - 19.12.13	54.484,0 kWh x	0,0055 je kWh	=	299,66 EUR	
<b>Zwischensumme</b>					<b>4.251,47 EUR</b>	
Umsatzsteuer	21.12.12 - 19.12.13	19,0 % von	4.251,47 EUR		807,78 EUR	
<b>Summe Sparte Gas</b>					<b>5.059,25 EUR</b>	

Verbrauch im Abrechnungszeitraum

Vereinbarte maximale Bezugsleistung

Vereinbarer Arbeitspreis

Tatsächliche maximale Bezugsleistung

Strafzahlung für Nichtabnahme / vorgehaltene Leistung

Erdgassteuer

# Lesen einer Stromrechnung I

Lieferung Strom				
Bezeichnung	Zeitraum	Menge	Preis	Betrag
Arbeitspreis	01.02.16 - 31.03.16	1.247 kWh	4,840 Ct/kWh	60,35 €
bereits berechnet	01.02.16 - 29.02.16	597 kWh		28,89 €
Differenz	01.03.16 - 31.03.16	650 kWh		31,46 €
Summe netto				31,46 €
zzgl. 19% USt.				5,98 € = Summe brutto
				37,44 €
Netznutzung				
Bezeichnung	Zeitraum	Menge	Preis	Betrag
Leistung	01.02.16 - 31.03.16	7,360 kW	18,20 €/kW/Jahr	21,96 €
bereits berechnet	01.02.16 - 29.02.16			10,61 €
Differenz	01.03.16 - 31.03.16			11,35 €
Arbeitspreis	01.02.16 - 31.03.16	1.247 kWh	3,640 Ct/kWh	45,39 €
bereits berechnet	01.02.16 - 29.02.16	597 kWh		21,73 €
Differenz	01.03.16 - 31.03.16	650 kWh		23,66 €
Abrechnungspreis	01.02.16 - 31.03.16	60 Tage	299,20 €/Jahr	49,05 €
bereits berechnet	01.02.16 - 29.02.16	29 Tage		23,71 €
Differenz	01.03.16 - 31.03.16	31 Tage		25,34 €
Messpreis	01.02.16 - 31.03.16	60 Tage	142,60 €/Jahr	29,30 €
bereits berechnet	01.02.16 - 29.02.16	29 Tage		11,30 €
Differenz	01.03.16 - 31.03.16	31 Tage		12,08 €
Messstellenbetrieb	01.02.16 - 31.03.16	60 Tage	577,88 €/Jahr	94,73 €
bereits berechnet	01.02.16 - 29.02.16	29 Tage		45,79 €
Differenz	01.03.16 - 31.03.16	31 Tage		48,94 €
Summe netto				121,37 €
zzgl. 19% USt.				23,06 € = Summe brutto
				144,43 €

Verbrauch und Arbeitspreis  
Lieferung Strom im  
Abrechnungszeitraum

Leistungsbezug und  
Leistungspreis Netznutzung

Arbeitspreis Netznutzung

Preisbestandteile  
Messstellenbetrieb und  
Abrechnung

Quelle: Benjamin Friedle

# Lesen einer Stromrechnung II

Steuern und Abgaben				
Bezeichnung	Zeitraum	Menge	Preis	Betrag
Stromsteuer	01.02.16 - 31.03.16	1.247 kWh	2,050 Ct/kWh	25,56 €
bereits berechnet	01.02.16 - 29.02.16	597 kWh		12,24 €
Differenz	01.03.16 - 31.03.16	650 kWh		13,32 €
EEG-Umlage	01.02.16 - 31.03.16	1.247 kWh	6,354 Ct/kWh	79,23 €
bereits berechnet	01.02.16 - 29.02.16	597 kWh		37,93 €
Differenz	01.03.16 - 31.03.16	650 kWh		41,30 €
KWK-Umlage A	01.02.16 - 31.03.16	1.247 kWh	0,445 Ct/kWh	5,55 €
bereits berechnet	01.02.16 - 29.02.16	597 kWh		2,66 €
Differenz	01.03.16 - 31.03.16	650 kWh		2,89 €
NEV-Umlage A	01.02.16 - 31.03.16	1.247 kWh	0,378 Ct/kWh	4,71 €
bereits berechnet	01.02.16 - 29.02.16	597 kWh		2,26 €
Differenz	01.03.16 - 31.03.16	650 kWh		2,45 €
Offshore-Umlage A	01.02.16 - 31.03.16	1.247 kWh	0,040 Ct/kWh	0,50 €
bereits berechnet	01.02.16 - 29.02.16	597 kWh		0,24 €
Differenz	01.03.16 - 31.03.16	650 kWh		0,26 €
Konz.abgabe	01.02.16 - 31.03.16	1.247 kWh	0,110 Ct/kWh	1,37 €
bereits berechnet	01.02.16 - 29.02.16	597 kWh		0,66 €
Differenz	01.03.16 - 31.03.16	650 kWh		0,71 €
		<b>Summe netto</b>		<b>60,93 €</b>
	<b>zzgl. 19% USt.</b>	<b>11,58 €</b>	<b>= Summe brutto</b>	<b>72,51 €</b>
Zahlbetrag				
Bezeichnung		Netto	19% USt.	Brutto
Summe Lieferung Strom		31,46 €	5,98 €	37,44 €
Summe Netznutzung		121,37 €	23,06 €	144,43 €
Summe Steuern und Abgaben		60,93 €	11,58 €	72,51 €
Zu zahlender Betrag		213,76 €	40,61 €	254,37 €

Steuern und Abgaben

# Aufgabe 3: Stromanbieterwechsel

Sie arbeiten in einem kleinen Gewerbebetrieb, dessen Strombedarf 95.000 kWh im Jahr beträgt. Die Stromkosten liegen derzeit bei 24 ct/kWh und einem Grundpreis von 16,50 Euro im Monat. Als Energie-Scout möchten Sie einen Anbieterwechsel prüfen und haben hierfür zwei Angebote (inkl. Netzentgelte, Steuern und Abgaben) von Energieversorgern eingeholt:

Stromanbieter A	22,0 ct/kWh	9,95 Euro
Grundpreis pro Monat		

Stromanbieter B	21,0 ct/kWh	14,50 Euro
Grundpreis pro Monat		

a) Für welchen Anbieter entscheiden Sie sich und wie groß sind die möglichen Einsparungen?



## Lösung Aufgabe 3: Stromanbieterwechsel

Aktuelle Stromkosten:

$95.000 \text{ kWh/a} \times 24,0 \text{ ct/kWh} = 22.800,00 \text{ Euro/a}$

$16,50 \text{ Euro Grundpreis pro Monat} \times 12 \text{ Monate} = 198,00 \text{ Euro/a}$

Kosten gesamt = 22.998,00 Euro/a

Anbieter A:

$95.000 \text{ kWh/a} \times 22,0 \text{ ct/kWh} = 20.900,00 \text{ Euro/a}$

$9,95 \text{ Euro Grundpreis pro Monat} \times 12 \text{ Monate} = 119,40 \text{ Euro/a}$

Kosten gesamt = 21.019,40 Euro/a

Anbieter B:

$95.000 \text{ kWh/a} \times 21,0 \text{ ct/kWh} = 19.950,00 \text{ Euro/a}$

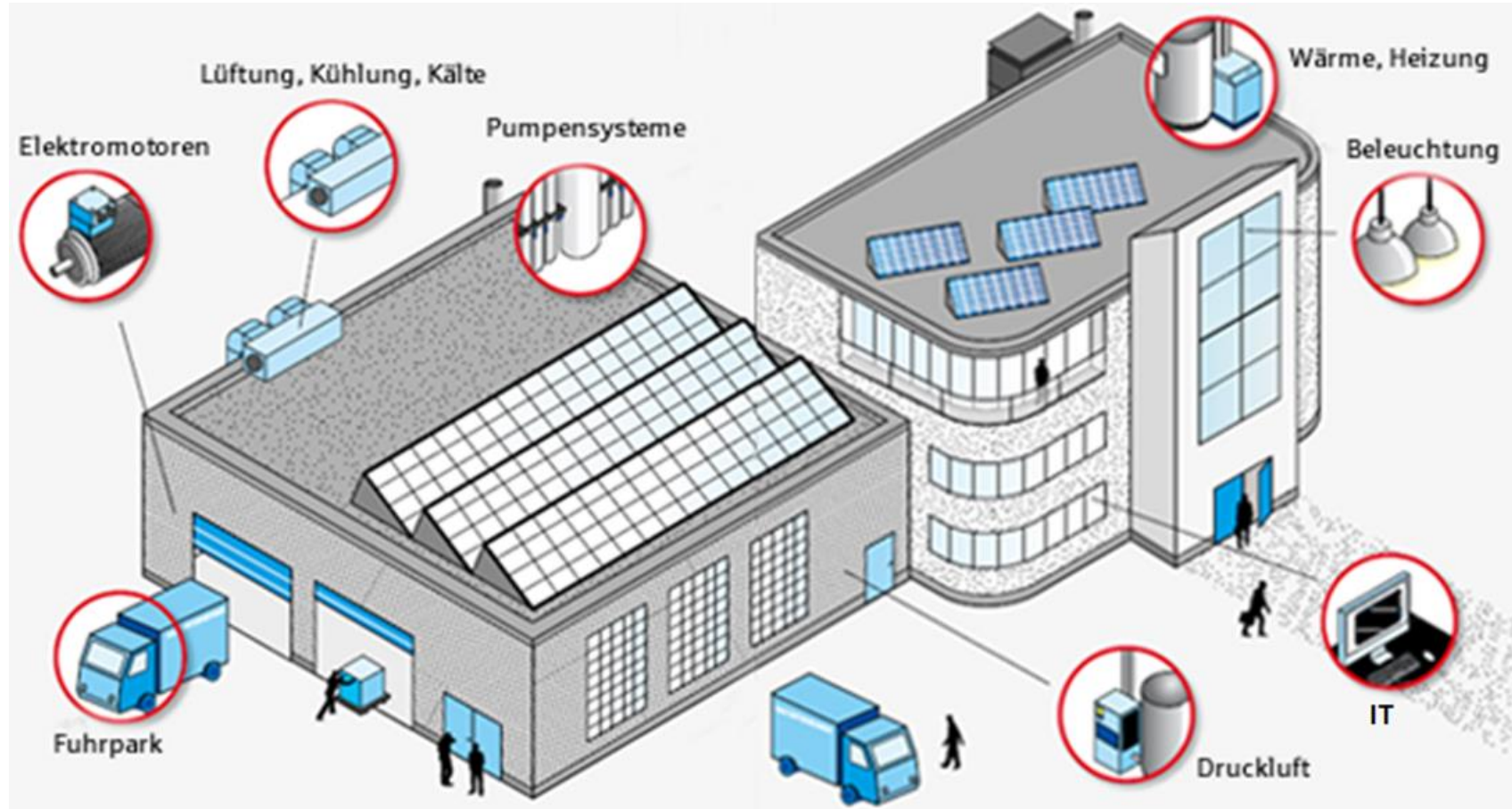
$14,50 \text{ Euro Grundpreis pro Monat} \times 12 \text{ Monate} = 174,00 \text{ Euro/a}$

Kosten gesamt = **20.124,00 Euro/a**

















Mögliche Einsparungen:

**2.874,00 Euro/a = 12,5%**

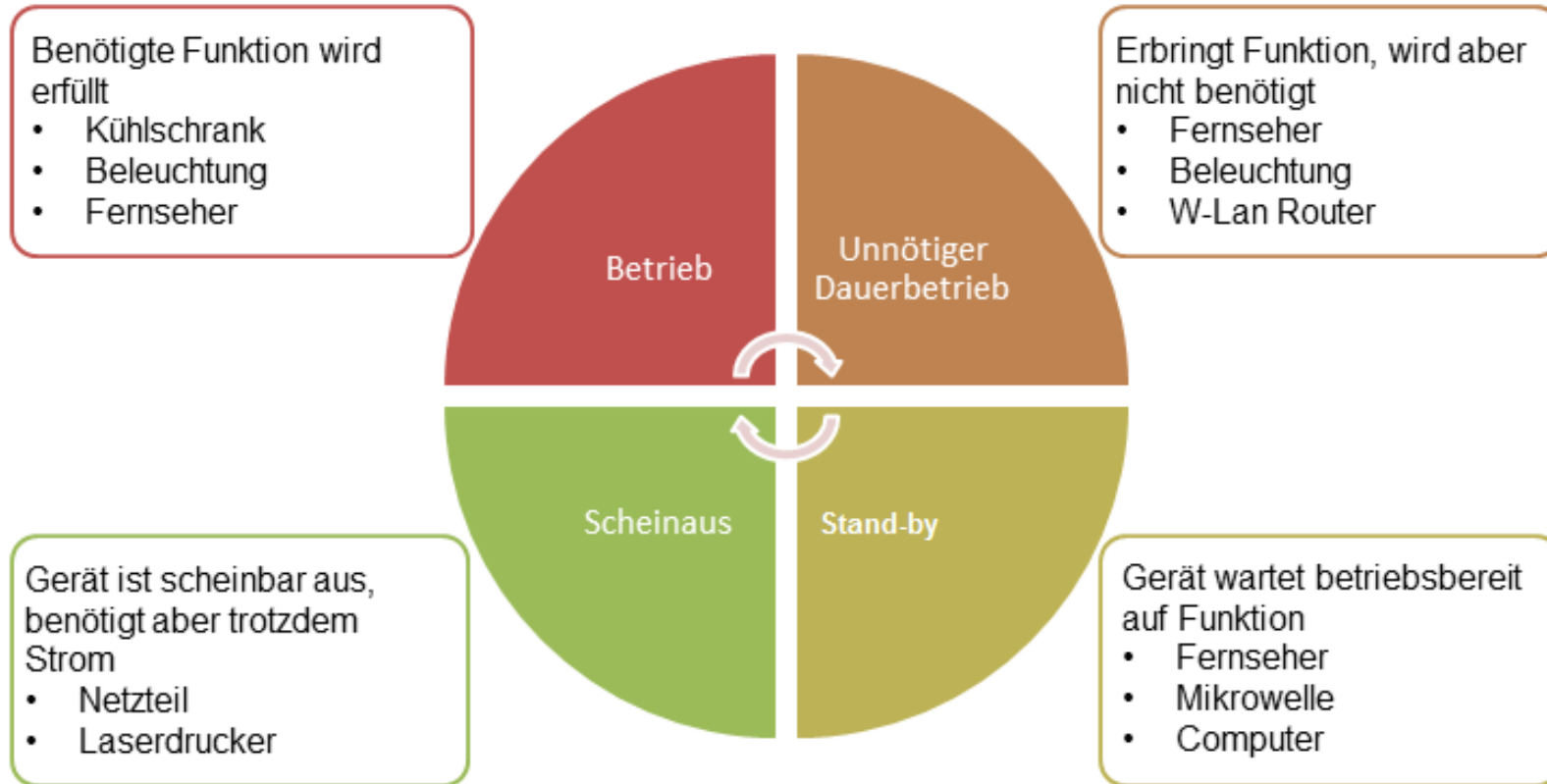
# Übersicht Energieoptimierung



# Übersicht möglicher Maßnahmen

- |  |                                  |   |                          |
|--|----------------------------------|---|--------------------------|
|    | Stand-by                         |    | Dampferzeugung           |
|    | Beleuchtung                      |    | Prozesswärme             |
|    | Druckluft                        |    | Prozesskälte             |
|    | Elektrische Motoren und Antriebe |    | Heizung                  |
|    | Pumpen                           |    | Kühlung / Klimatisierung |
|  | Server und Rechner               |  | Kraft-Wärme-Kopplung     |
|  | Wärmerückgewinnung / Abwärme     |  | Stromerzeugung           |
|  | Trocknung                        |  | Dämmung                  |

# Betriebszustände elektrischer Verbraucher



# Vermeidung von Stand-by

## Stecker ziehen



## Abschaltbare Steckerleiste



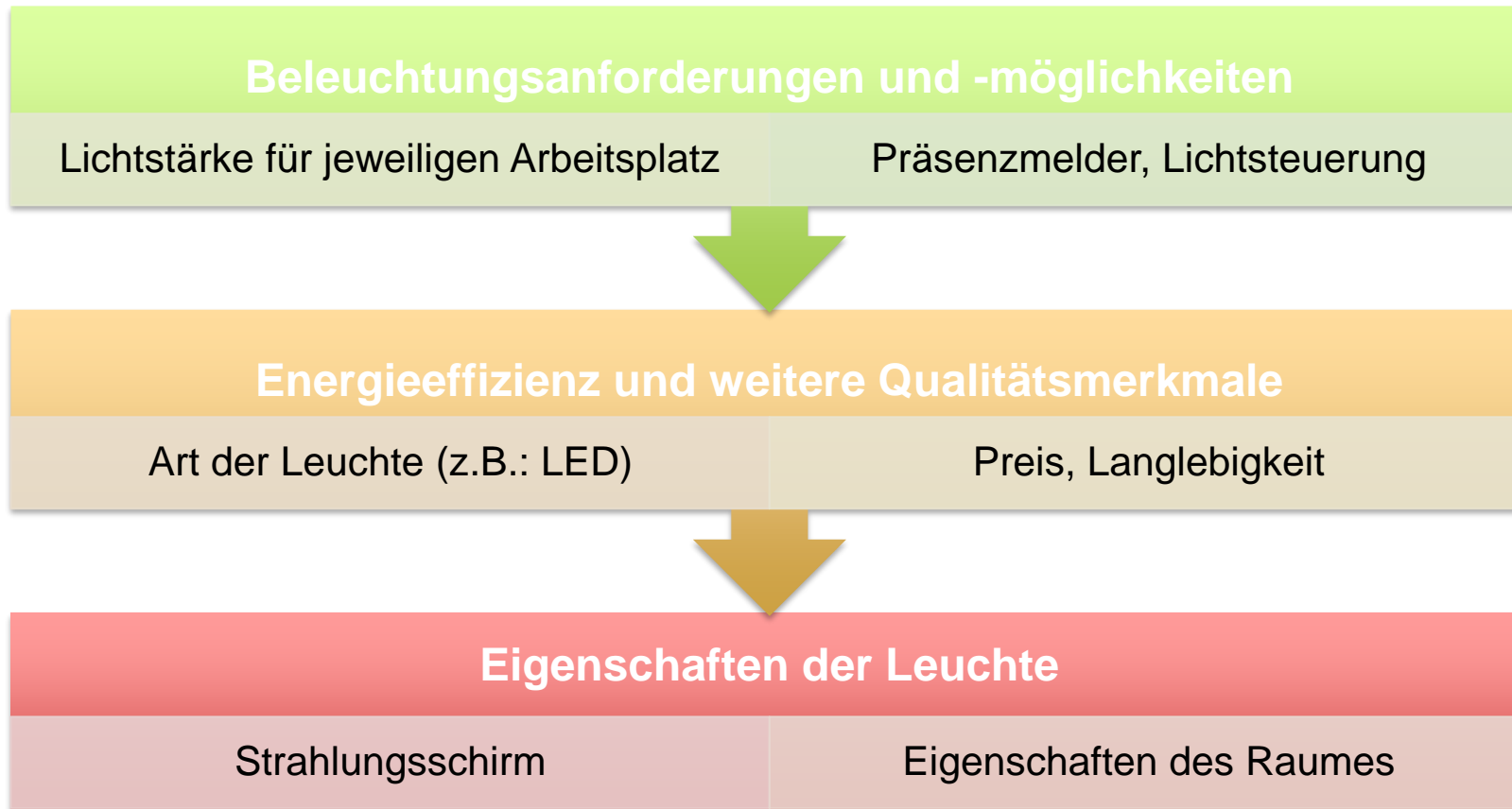
## Zeitschaltuhr



## Master-Slave-Steckerleiste



# Ebenen des Beleuchtungssystems



# Nennbeleuchtungsstärke

Art des Innenraums bzw. der Tätigkeit	Nennbeleuchtungsstärke [lux]
Verkehrsflächen und Flure ohne Fahrzeugverkehr	50
Lagerräume mit Suchaufgabe	100
Pausenräume	200
Büroräume je nach Tätigkeit	200 - 750
Schweißarbeiten	300
Nähen, Feinstricken	750
Uhrmacherei	1.500

# Übersicht Leuchtmittel

**Glühlampe**



**Halogenlampe**



**Halogen-Metaldampf Lampe**



**Energiesparlampe**



**Leuchtstoffröhre**



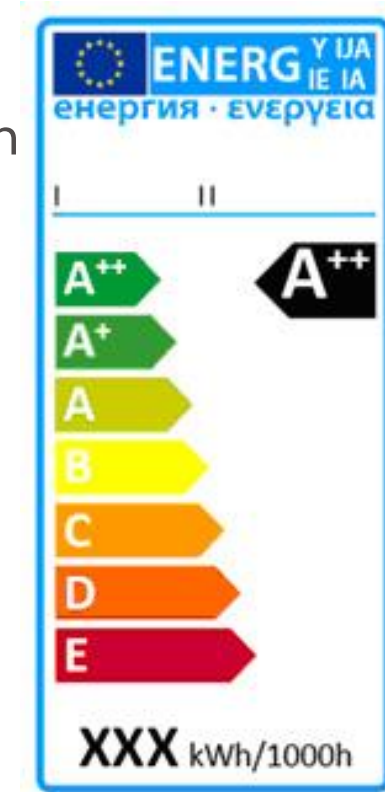
**LED**





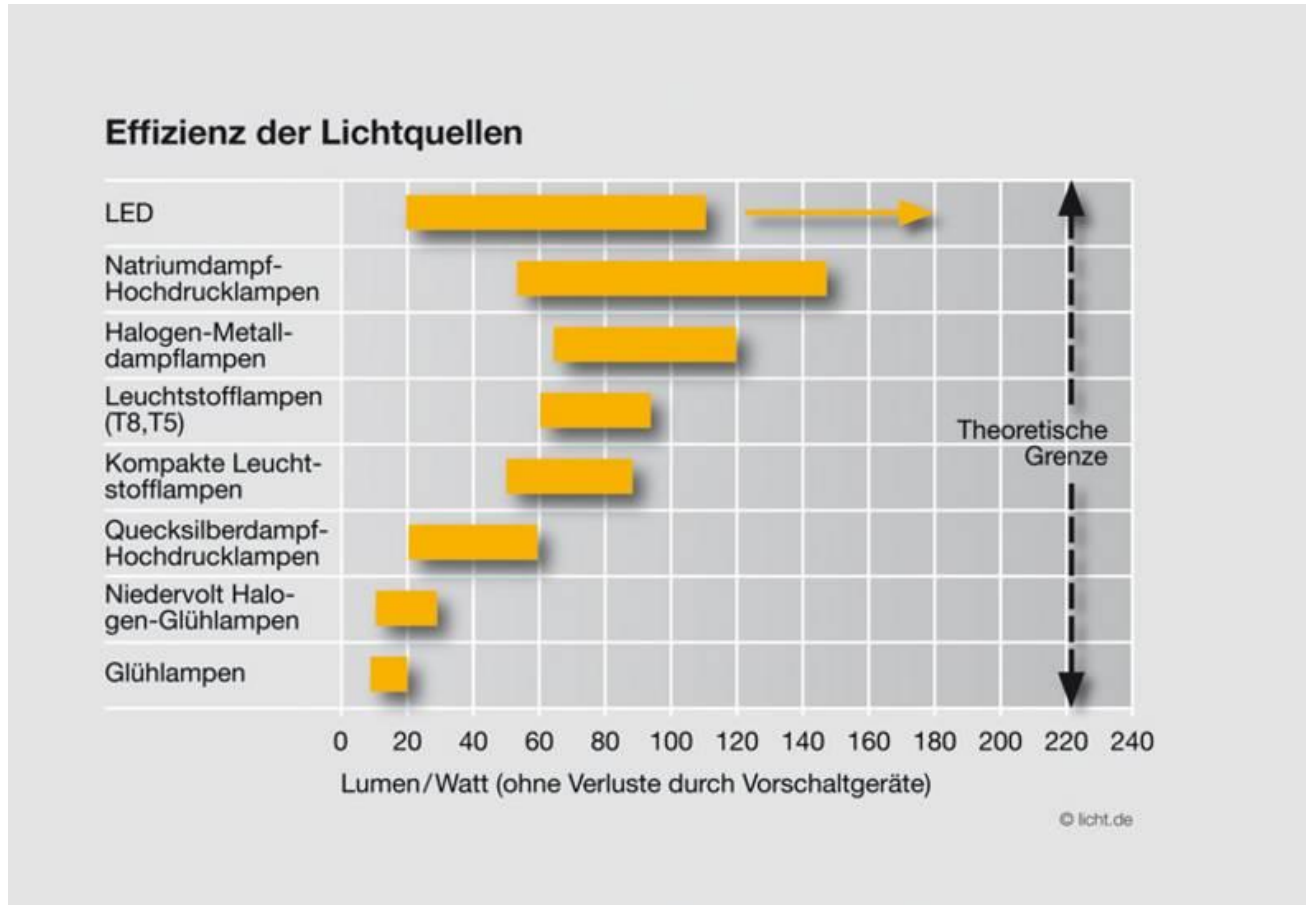
# Energieeffizienzklassen

- Verordnung der Europäischen Kommission zur Energieverbrauchskennzeichnung von elektrischen Lampen und Leuchten
- Gültig seit 01. September 2013 für
  - stationäre und Online-Händler
  - für Glühlampen
  - für Leuchtstofflampen
  - Niedervolt- und Reflektorlampen
  - LED-Lampen

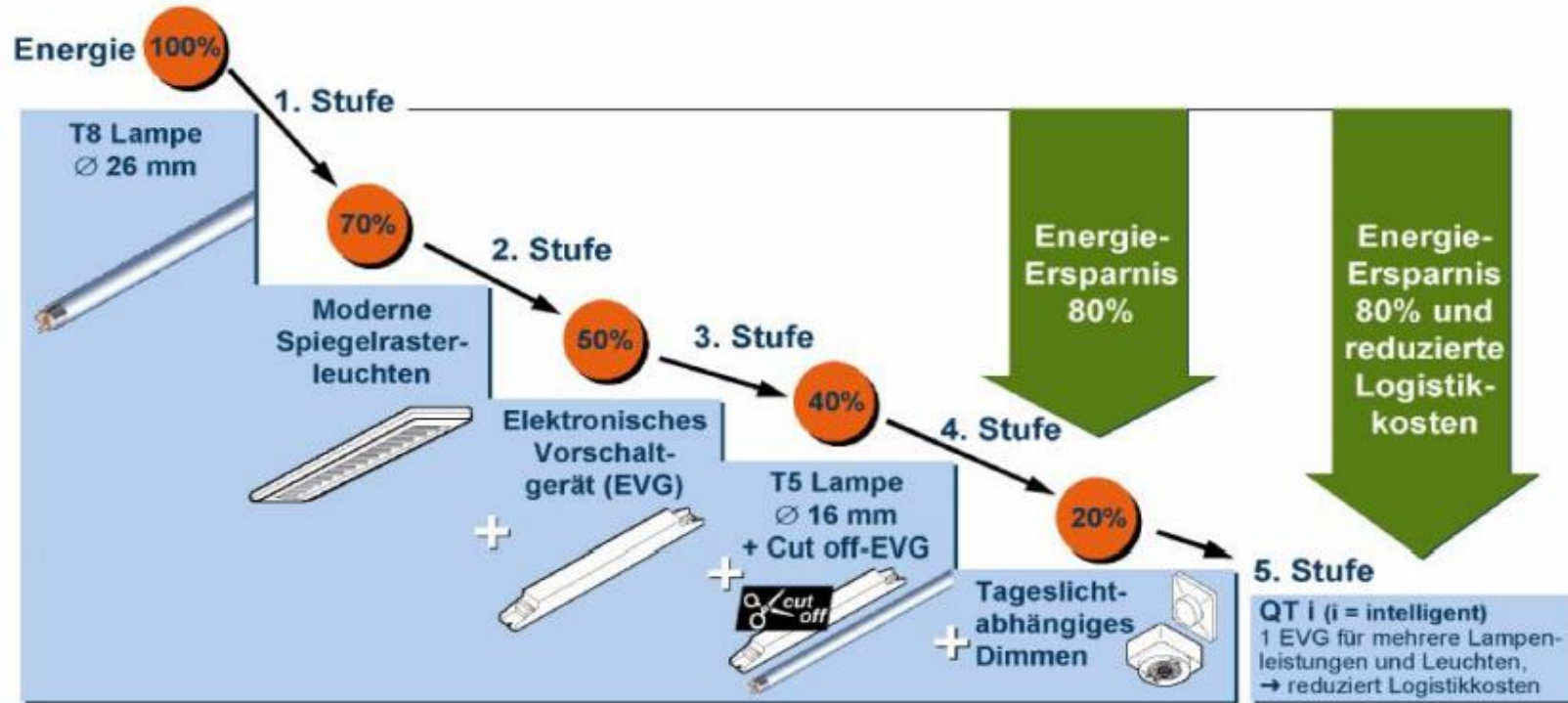


Leuchtmittel	Energieeffizienzklasse
LED	A++ bis A
Energiesparlampe	A
Leuchtstofflampe	A bis B
Halogenlampe	C bis E
Glühlampe	E

# Effizienz von Leuchtmitteln



# Optimierung des Beleuchtungssystems



# Beispiel: Beleuchtungsoptimierung einer Omnibusgarage

- Optimierung einer Omnibus-Tiefgarage in der Stadt Würzburg
- 65 Neonröhren mit 24 Stunden Betrieb
- Austausch durch 116 neue hocheffiziente Neonröhren mit elektronischen Vorschaltgeräten und bedarfsgerechter Beleuchtung (10% der Leuchtleistung, wenn keine Personen in der Tiefgarage sind)
- Einsparung von 76% des Energieverbrauchs
- Hohe Investitionskosten durch Gesamtaustausch der Leuchten



## Beleuchtungssanierung: Ersparnis und Amortisation

WAS	WIE VIEL
Investitionskosten	48.770 €
Amortisation	ca. 7 Jahre (statisch)
Energie-Ersparnis	29.900 kWh/Jahr
CO2-Ersparnis	16.400 kg/Jahr
Kosten-Ersparnis	6.900 €/Jahr

Quelle: LEEN

## Aufgabe 4: Leuchtenwechsel

Als Energie-Scout entdecken Sie in Ihrem produzierenden Unternehmen alte T8-Leuchtstoffröhren. Sie fragen sich, ob diese nicht durch eine effizientere Beleuchtung getauscht werden könnten. Sie informieren sich weiter und erfahren, dass in Ihrem Betrieb insgesamt 500 Leuchtstoffröhren mit einer Leistung von je 58 W eingesetzt werden. Diese beleuchten die Produktion von Montag bis Samstag im Zwei-Schicht-Betrieb jeweils 16 h lang. Anschließend holen Sie bei Ihrem lokalen Elektroinstallateur folgende Angebote für einen Leuchtentausch ein:

T8 LED:	22 W/Stück	55 Euro/Stück
T5 HE	35 W/Stück	18 Euro/Stück

- Bitte ermitteln Sie die jährlichen aktuellen Ausgaben für die Beleuchtung in Ihrem Betrieb bei einem Arbeitspreis von 18 ct/kWh.
- Ermitteln Sie anschließend die künftigen jährlichen Einsparungen bei einem Wechsel der Leuchtmittel sowie die Einsparungen des Treibhausgases CO<sub>2</sub> bei einer Emission des deutschen Strommixes von 506 g/kWh.
- Ihr Unternehmen legt intern die Kriterien für eine Investition auf eine Amortisationszeit von 3 Jahren fest. Bitte ermitteln Sie, ob ein Wechsel des Leuchtmittels in Frage kommt und wenn ja, welches?

# Lösung Aufgabe 4

- a) Leuchtdauer = 6 Tage / Woche x 52 Wochen x 16 Stunden / Tag = 4.992 Stunden / Jahr  
(Annahme: Keine Feiertage und Urlaubstage)  
Leistungsaufnahme gesamt = 500 Leuchten x 58 Watt / Leuchte = 29.000 Watt = 29 kW  
Energiebedarf gesamt = 29 kW \* 4.992 Stunden / Jahr = 144.768 kWh / Jahr  
Energiekosten gesamt = 144.768 kWh / Jahr x 0,18 Euro / kWh = 26.058,24 Euro / Jahr
- b) Leistungsaufnahme T8 LED = 500 Leuchten x 22 Watt / Leuchte = 11 kW  
Energiebedarf T8 LED = 11 kW x 4.992 Stunden / Jahr = 54.912 kWh / Jahr  
Energiekosten T8 LED = 54.912 kWh / Jahr x 0,18 Euro / kWh = 9.884,16 Euro / Jahr  
**Einsparung T8 LED = 89.856 kWh / Jahr = 16.174,08 Euro / Jahr = 45,5 Tonnen CO<sub>2</sub> / Jahr**
- Leistungsaufnahme T5 HE = 500 Leuchten x 35 Watt / Leuchte = 17,5 kW  
Energiebedarf T5 HE = 17,5 kW x 4.992 Stunden / Jahr = 87.360 kWh / Jahr  
Energiekosten T5 HE = 87.360 kWh / Jahr x 0,18 Euro / kWh = 15.724,80 Euro / Jahr  
**Einsparung T5 HE = 57.408 kWh / Jahr = 10.333,44 Euro / Jahr = 29,0 Tonnen CO<sub>2</sub> / Jahr**
- c) Amortisation = Investitionskosten / jährliche Einsparungen  
Amortisation T8 LED = (500 Stück x 55 Euro / Stück) / 16.174,08 Euro / Jahr = 1,7 Jahre  
Amortisation T5 HE = (500 Stück x 18 Euro / Stück) / 10.333,44 Euro / Jahr = 0,9 Jahre

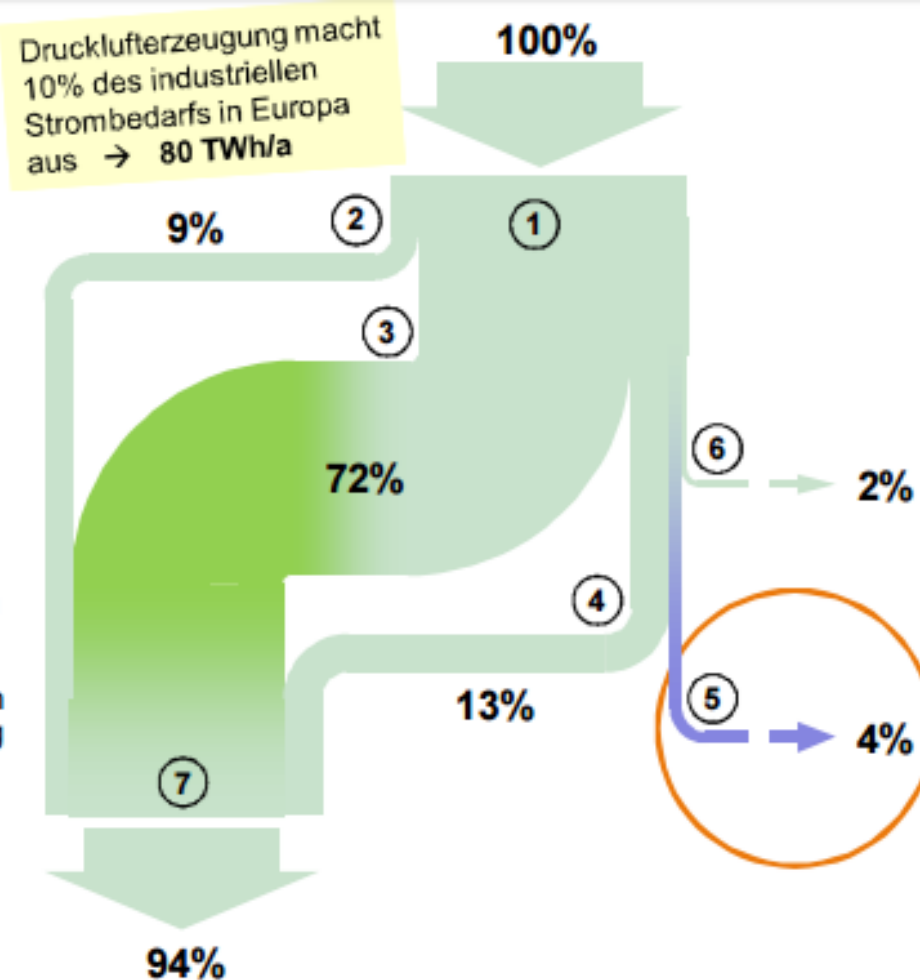
# Energieflussdiagramm Druckluft



## Energieflussdiagramm

- ① Gesamte elektrische Leistungsaufnahme
- ② Abwärme vom Antriebsmotor, abhängig vom Wirkungsgrad des Motors (88 - 93%)
- ③ Abwärme des Ölkühlers, an den Kühlkreis abgeführt
- ④ Abwärme des Druckluftkühlers
- ⑤ verbleibende Druckenergie (Nutzen)
- ⑥ Abwärme durch Strahlung und Konvektion an die Umgebung
- ⑦ Gesamte nutzbare Wärmeenergie aus den Kühlsystemen zur Warmwassererzeugung

→ Druckluft = teure Energie  
→ hohes Abwärmepotenzial



# Einsparpotenziale Druckluft

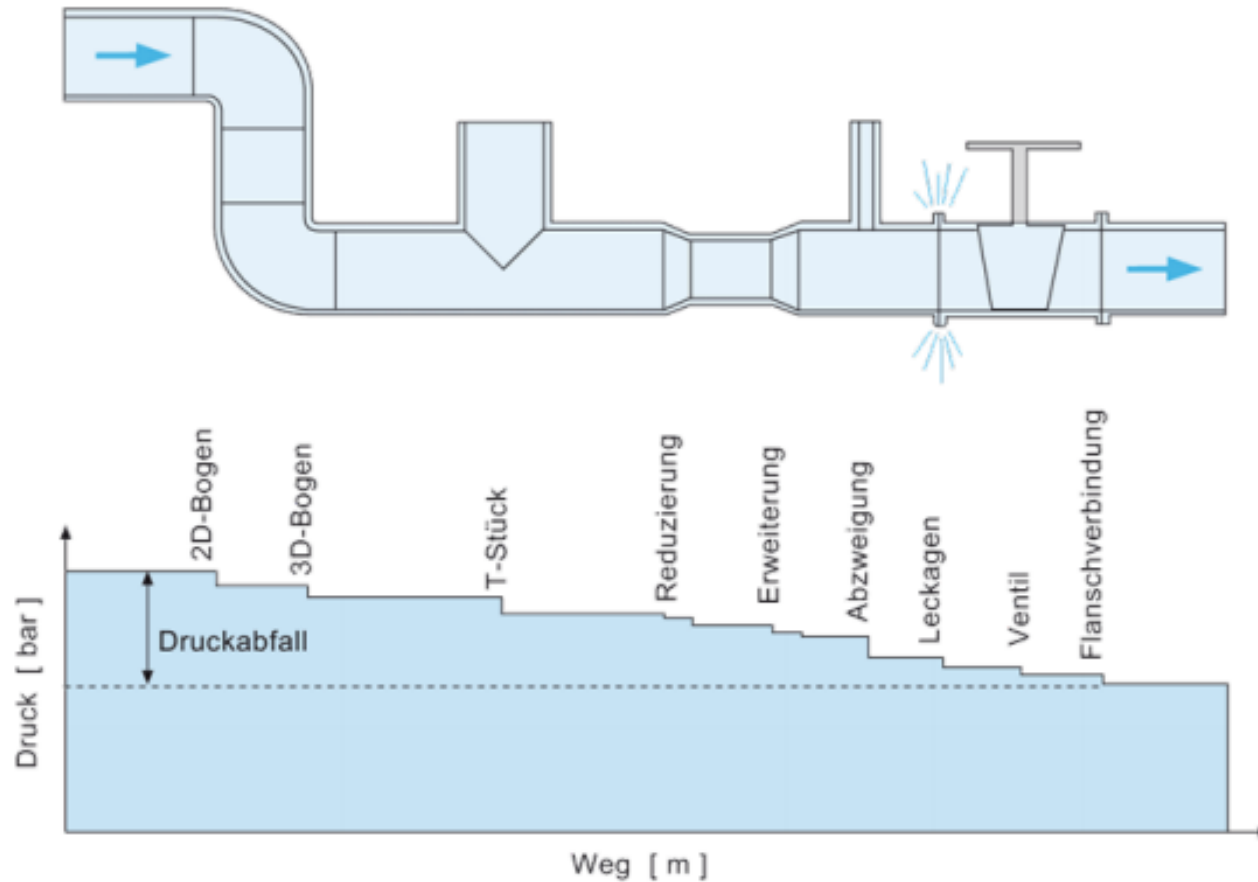
	Anwendbarkeit*	Potenzial**	Beitrag zur Gesamteinsparung***
<b>Anlagen-/Systemtechnik</b>			
Optimierung des Antriebs (Effizienzmotoren)	25%	2%	0,5%
Optimierung des Antriebs (Drehzahlregelung)	25%	15%	3,8%
Kompressormodernisierung	30%	7%	2,1%
Übergeordnete Steuerung	20%	12%	2,4%
Wärmerückgewinnung	20%	20%	4,0%
Optimierung d. Aufbereitung (Kühler, Trockner, Filter)	10%	5%	0,5%
Gesamtanlagenauslegung inkl. Mehrdruckanlagen	50%	9%	4,5%
Reduzierung der Leitungsdruckverluste	50%	3%	1,5%
Optimierung der Verbraucher	5%	40%	2,0%
<b>Anlagenbetrieb und Wartung</b>			
Leckagenreduzierung	80%	20%	16,0%
Regelmäßiger Filterwechsel	40%	2%	0,8%
		<b>Summe</b>	<b>32,9%</b>

\* Anteil der Druckluftsysteme, bei denen die aufgeführte Maßnahme zutrifft und wirtschaftlich umsetzbar ist  
 \*\* bezogen auf den Jahresenergiebedarf  
 \*\*\* Beitrag = Anwendbarkeit x Potenzial



# Leitungsverluste

## Druckverlust im Rohr



# Leckageverluste

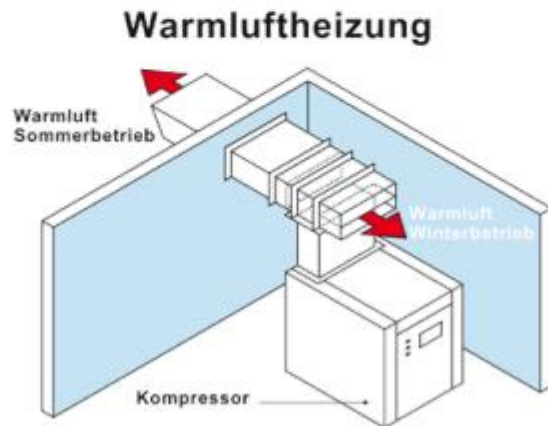
**Kosten für Undichtigkeiten im Druckluftnetz:**

Lochdurchmesser tatsächliche Größe	mm	Luftverlust l/s bei 6 bar	Energieverlust pro Jahr bei 8.760 Std./a und 0,09 €/kWh KWh	€
	1	1,24	2.891	260,17
	3	11,14	26.017	2.341,55
	5	30,95	72.270	6.504,30
	10	123,80	289.080	26.017,20

# Wärmerückgewinnung bei Druckluft

## Warmluftheizung

- Die vom Kompressor erwärmte Luft wird über Luftschächte in die Produktionsbereiche geleitet.
  - Geringe Investitionskosten
  - Keine Umrüstung des Kompressors notwendig
  - Abwärme der Motoren wird mitgenutzt
  - Nur kurze Wege und geringe Temperaturniveaus



## Warmwasserheizung

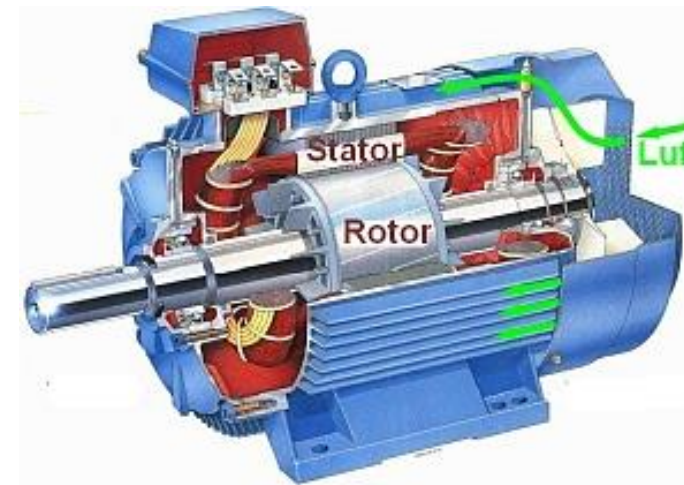
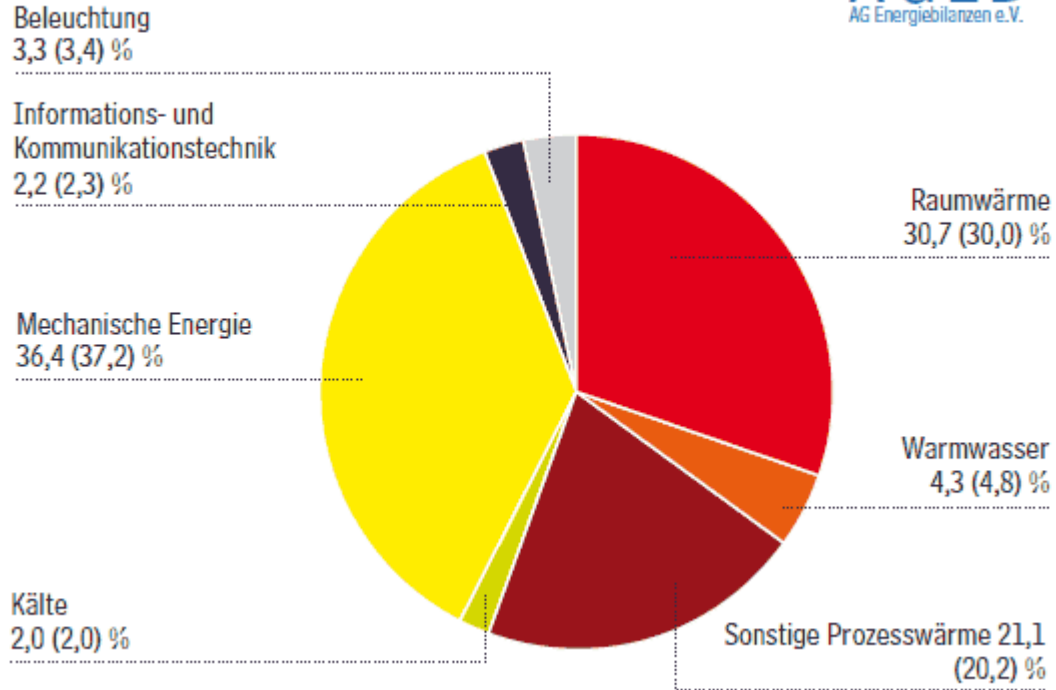
- Wärmerückgewinnung eines öleingespritzten Kühlers

72 % der Abwärme nutzbar bei einem Temperaturniveau von 90° C  
Erwärmung von Brauch- oder Heizungswasser



# Elektrische Motoren und Antriebe

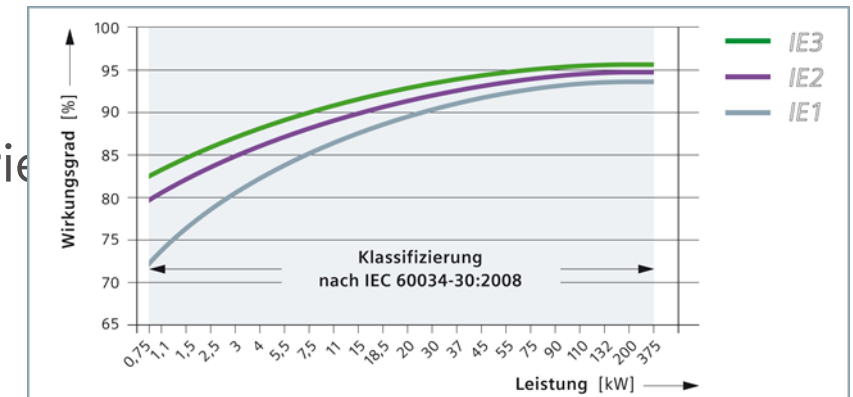
AGEB  
AG Energiebilanzen e.V.



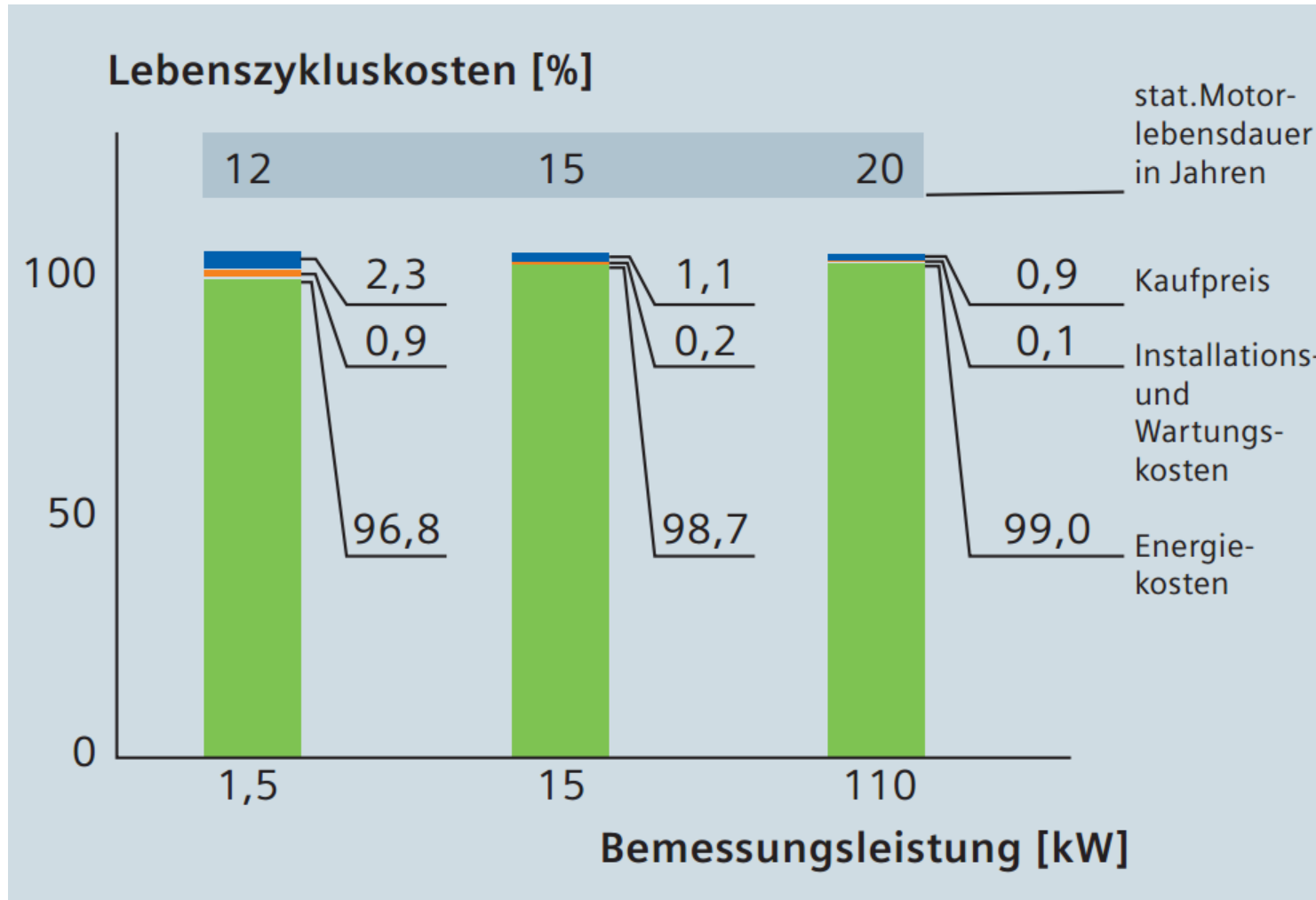
Quellen: AG Energiebilanzen e.V.; [www.werken-technik.de](http://www.werken-technik.de)

# Optimierungspotenziale

- Wirkungsgradverbesserung IE-Klassen
- Optimale Auslegung der Antriebe
- Verwendung von Regelung
- Rückgewinnung von Bremsenergie
- Austausch von Antriebsriemen (Zahnriemen statt Keilriemen)
- Energiesparendes Nutzerverhalten
- Regelmäßige Wartung und Instandhaltung



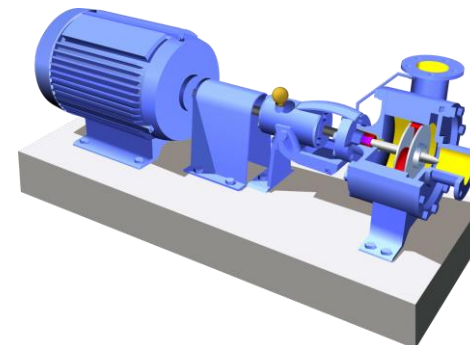
# Kostenverteilung elektrische Motoren



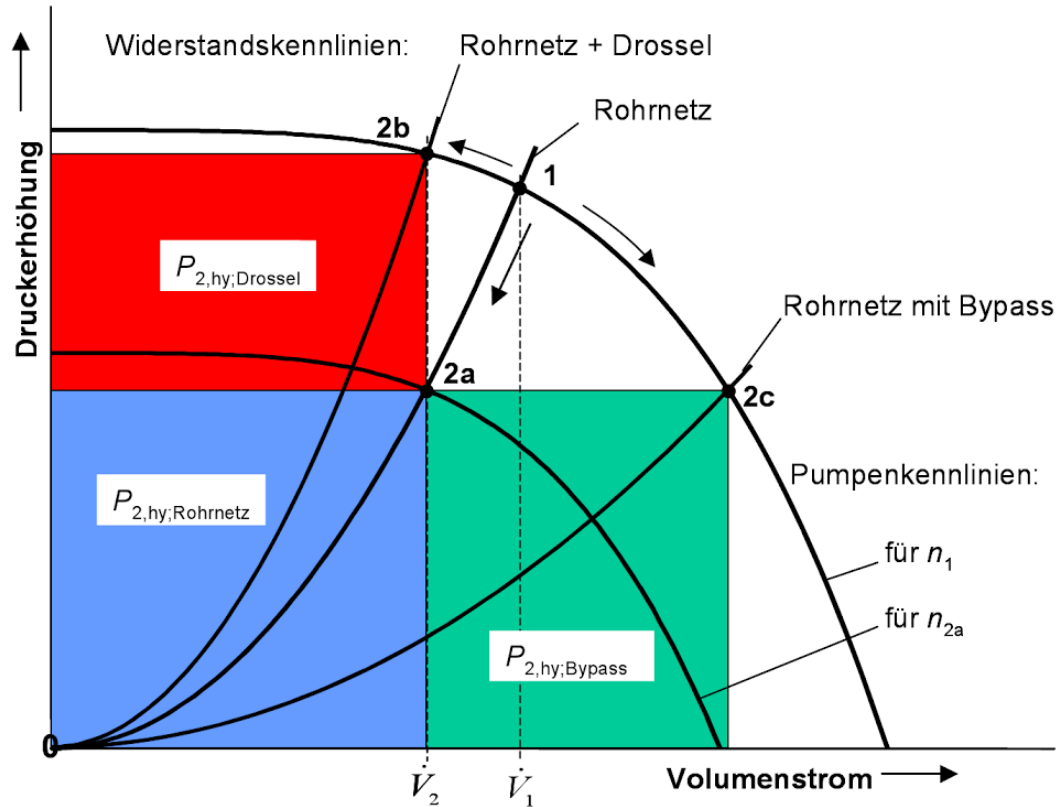
Quelle: Siemens AG, Broschüre „Energieeffiziente Antriebe“

# Pumpentypen

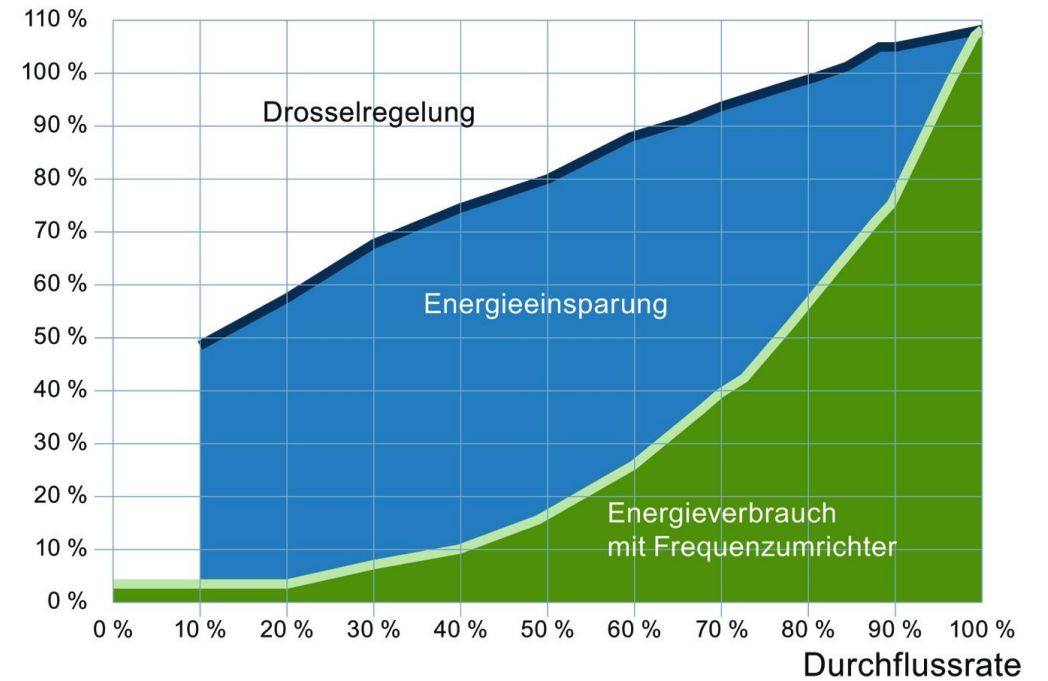
	Fördermenge	Förderhöhe	Einsatzgebiet
Heizungsumwälzpumpen	Gering	bis ~ 18 m	<ul style="list-style-type: none"><li>• Geschlossener Heizungskreislauf</li></ul>
Zirkulationspumpen	Gering	bis ~ 10 m	<ul style="list-style-type: none"><li>• Brauchwasserversorgung</li><li>• Fernwärmesysteme</li></ul>
Inline- oder Blockpumpen	Hoch	bis ~ 50 m	<ul style="list-style-type: none"><li>• Frisch- und Kühlwasser</li><li>• Speisewasser</li><li>• Druckerhaltung</li><li>• Kondensat</li></ul>



# Geregelte Pumpen



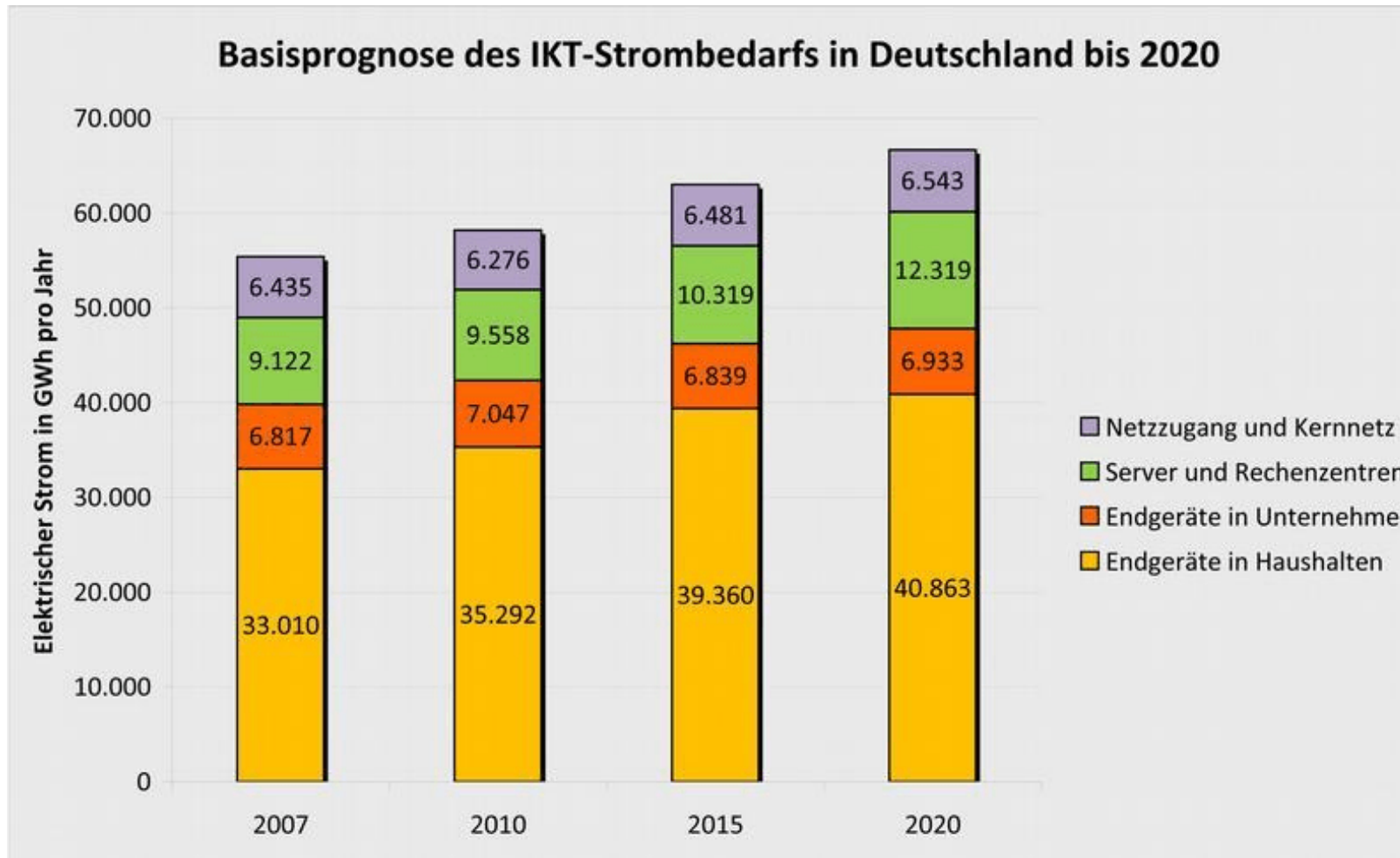
Energieverbrauch



Quelle: Fachbuch „Energieanwendungstechnik“, Manfred Rudolph, Ulrich Wagner; www.ingenieur.de

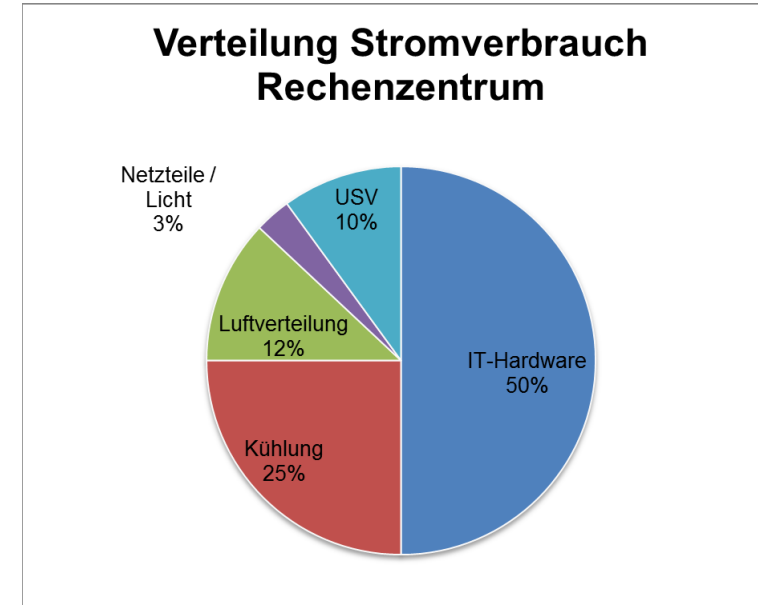


# Energieverbrauch von Servern und Rechnern

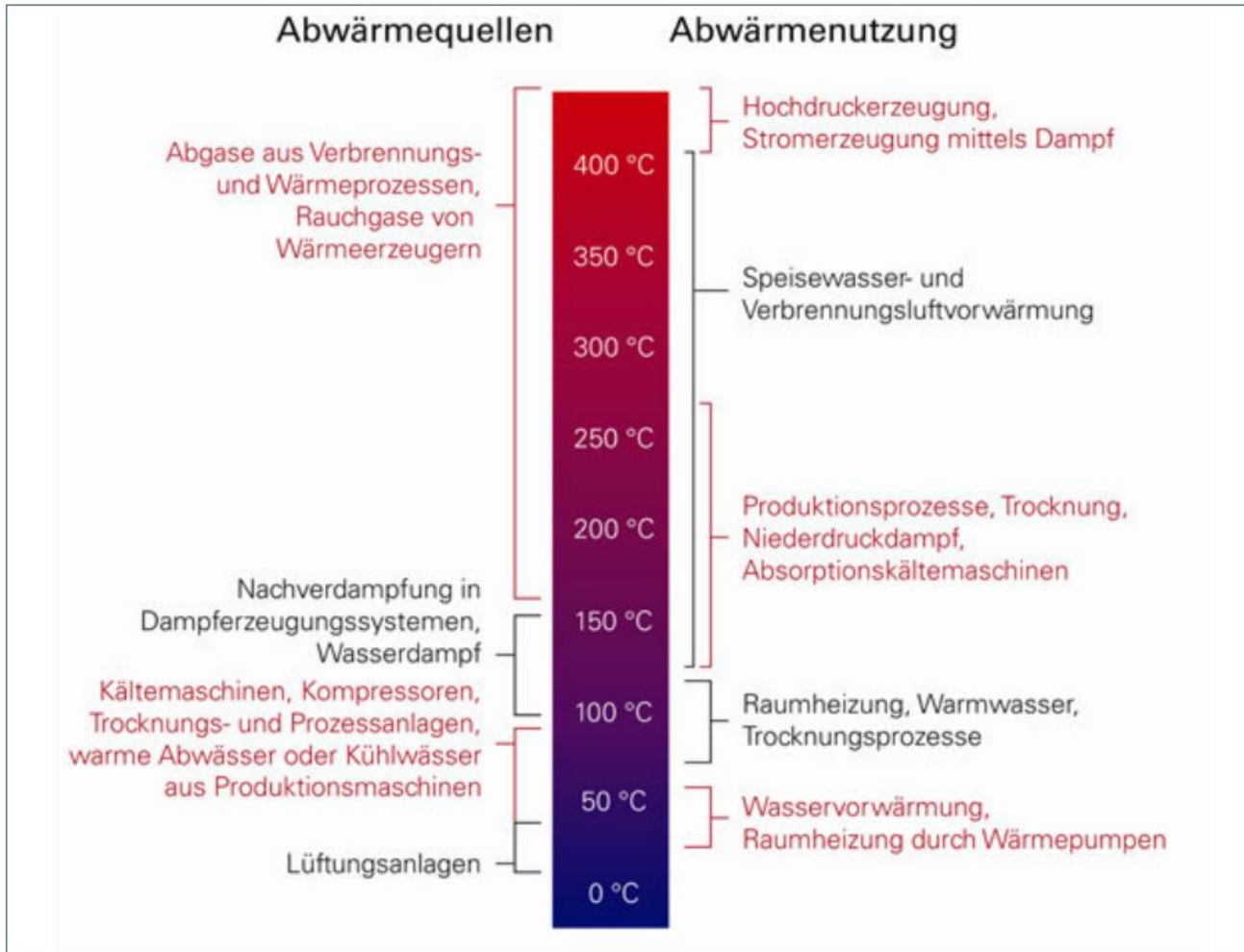


# Optimierungsmöglichkeiten

- Kühlung
  - Wartung
  - Regelung
  - Freie Kühlung möglich
  - Abwärmenutzung
- Stromversorgung
  - Austausch USV mit höherem Wirkungsgrad
  - Auslegung der USV
- Endgeräte:
  - Kauf Energieeffizienter Endgeräte
  - Thin-Client Lösungen
  - Löschung nicht mehr benötigter Daten und Vermeidung mehrfacher Datenhaltung

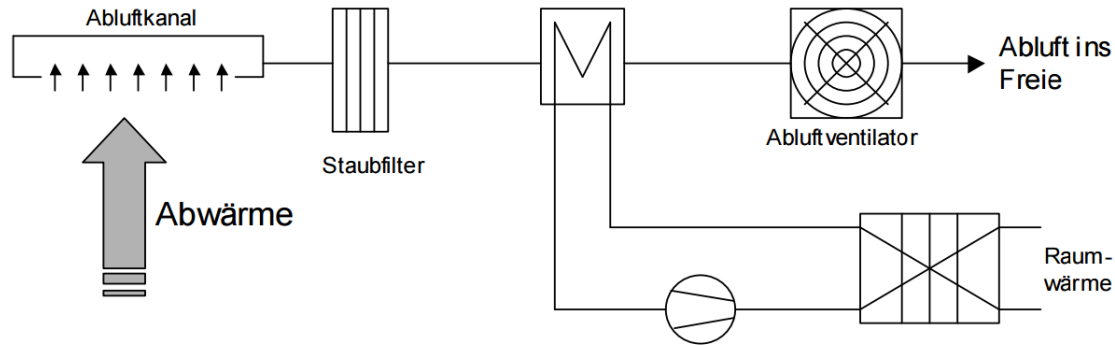


# Abwärmenutzung – Quellen von Abwärme

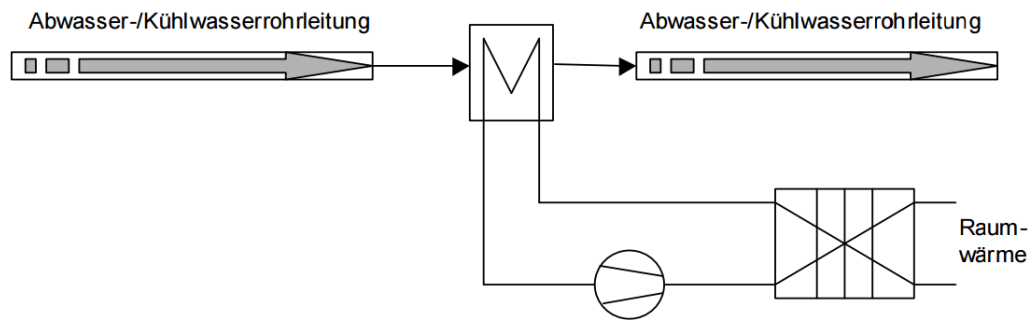


# Passive Abwärmennutzung

## 1. Passive Abwärmennutzung aus Abluft mit Wärmenetz



## 2. Passive Abwärmennutzung aus Abwasser mit Wärmenetz

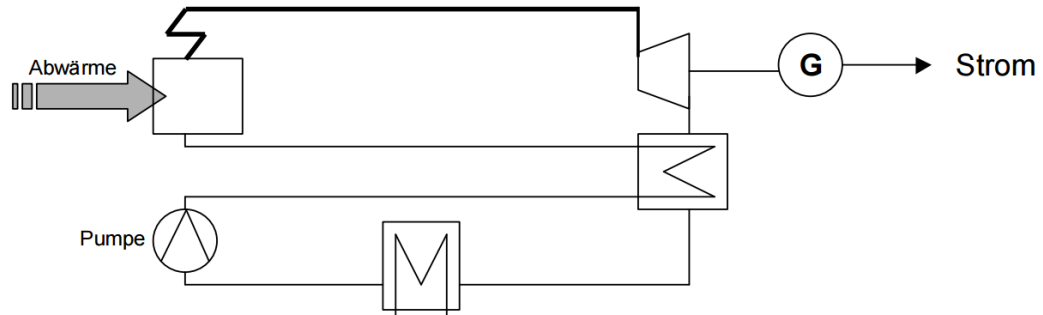


Abwärmennutzung Prozessabluft	
Nutzbare Abwärmemenge	30 bis 90 % der Abluftenergie können zur Vorwärmung der Frischluft oder zur Brauchwarmwasser-/Heiz-/ Prozesswärmeerzeugung zurückgewonnen werden. Das Temperaturniveau der Abluft liegt meist zwischen 40 und 500 °C.
Wirtschaftlicher Einsatz	Die Wärmerückgewinnung rechnet sich ab einer Abluftmenge von etwa 50 m³/h. Die Betriebszeit sollte mehr als 2.000 Stunden in der Heizperiode betragen, optimal ist eine ganzjährige Prozesswärmenutzung.
Spezifischer Investitionsbedarf	80 - 350 €/kWh Abgaswärmeleistung <ul style="list-style-type: none"> <li>• große Anlagenleistungen und ein hohes Abwärmetemperaturniveau erfordern geringere Investitionen.</li> <li>• kleinere Anlagenleistungen und/oder belastete Abluftströme und /oder niedriges Abwärmetemperaturniveau führen zu höheren Kosten.</li> </ul>
Verfahren	Wärmetauscher in Abluftanlagen Gegebenenfalls auch mit Wärmepumpensystemen kombinierbar

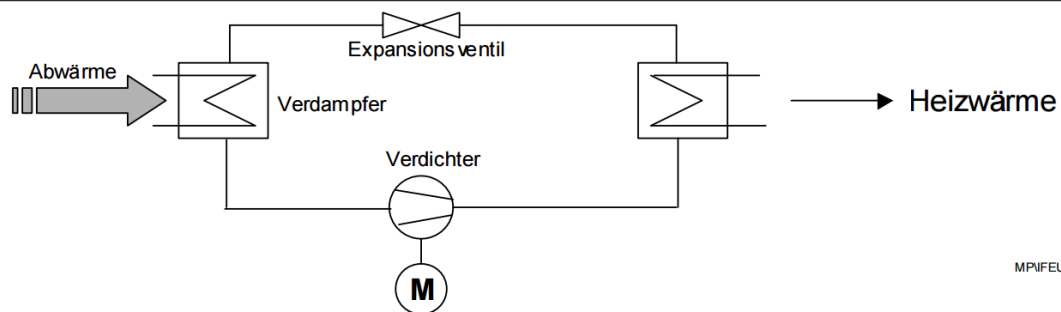
Quelle: ifeu; Bayerisches Landesamt für Umwelt; „Abwärmennutzung im Betrieb“

# Aktive Abwärmenutzung

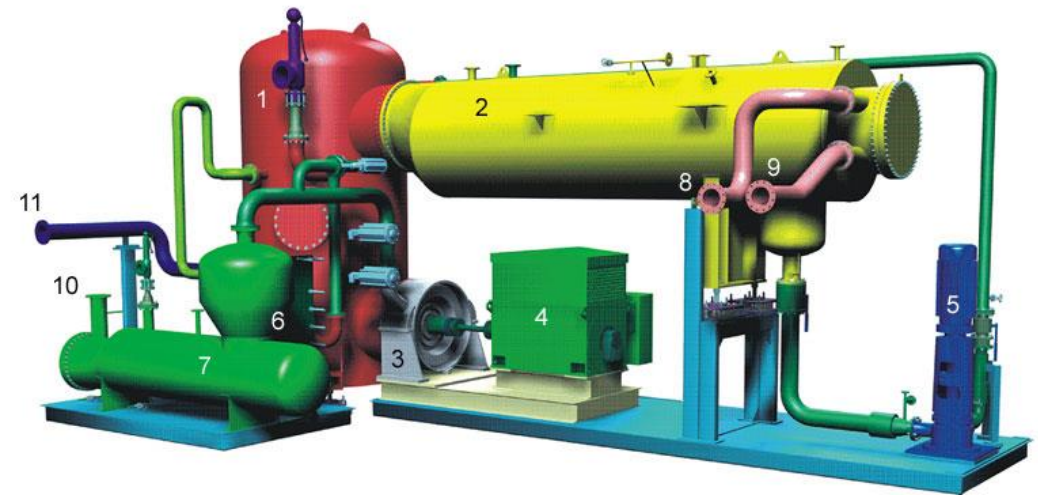
## 3. Stromerzeugung aus Abwärme



## 4. Abwärmenutzung mit Wärmepumpen



MPIFEUNKI 2009



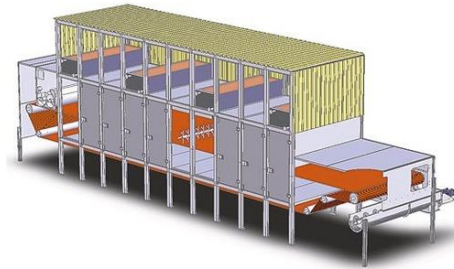
Quellen: ifeu; www.bios-bioenergy.at

# Trocknungsverfahren

## Trockenschrank



## Bandrockner



## Trommelrockner



## Gefriertrockner



## Mikrowellentrockner



## Heißdampftrockner



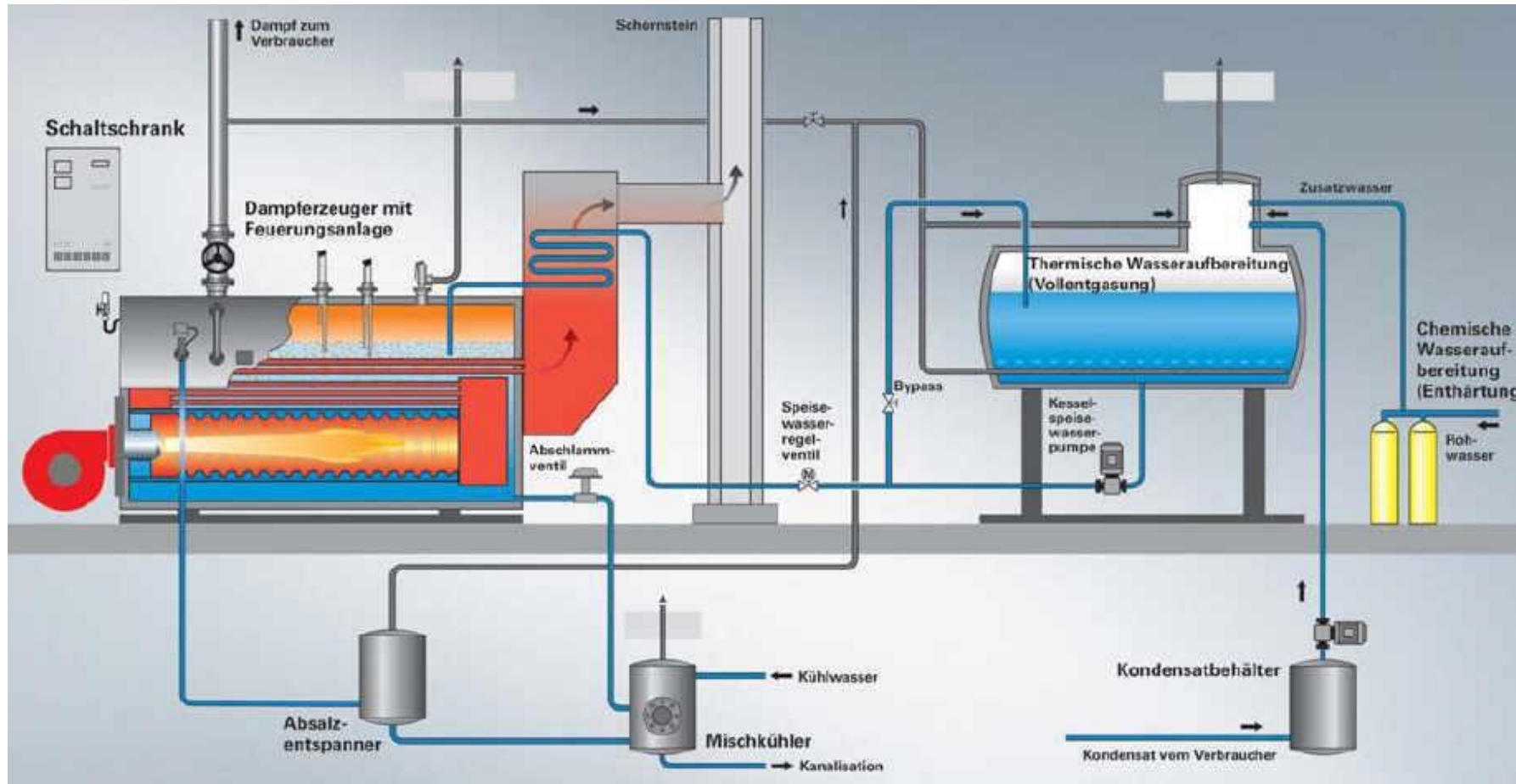
# Energieoptimierung Trocknung

- Dämmung der Trocknungsanlage, um Abwärmeverluste zu reduzieren
- Ersatz des Energieträgers durch umweltfreundlicheren und kostengünstigeren Energieträger (Hackschnitzel, Solarthermie, Biogasanlage)
- Abwärmennutzung für und von Trocknungsprozesse/n
- Bessere Regelungen / Sensorik, um Energieverbrauch zu reduzieren und Trocknungsverfahren anzupassen
- Steigerung der Auslastung der Maschine bei nahezu gleichem Energieeinsatz



Quelle: de.wikipedia.org

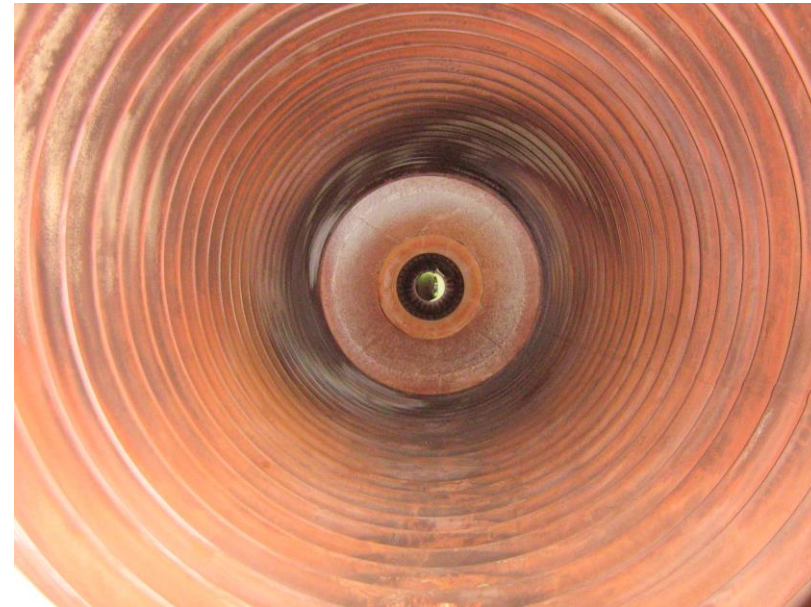
# Dampferzeugung





# Energieoptimierung Dampferzeugung

- Erhöhung der Kondensatrücklauftrate durch die Beseitigung von Leckagen und Kondensatverlusten (Kondensatableiter)
- Nutzung von Restwärme aus Kondensat
- Optimierung von Prozess- und Steuerabläufen
- Isolierung von Rohrleitungen, Nebenaggregaten und Kessel

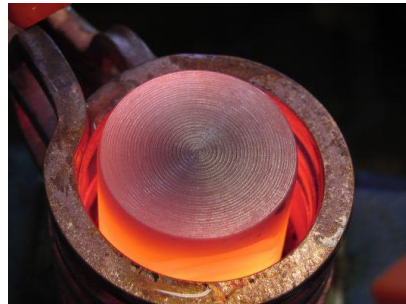


# Einsatzgebiete Prozesswärme

## Hochöfen



## Härten



## Trocknen



## Galvanisieren



## Lackieren

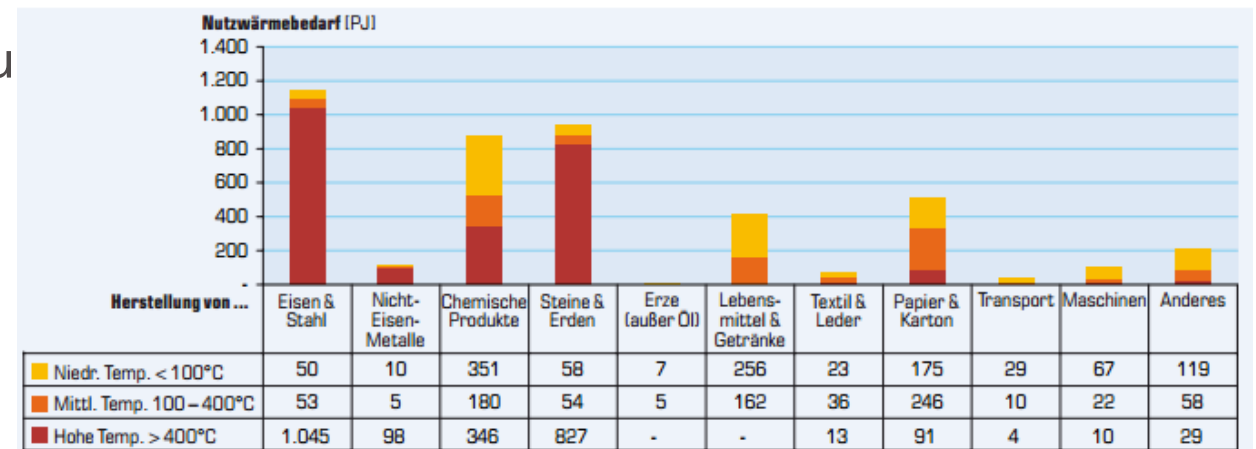


## Homogenisieren



# Energieoptimierung Prozesswärme

- Substitution des Energieträgers
- Nutzung von Abwärme
- Wärme besser in Gut leiten (z. B. Induktionshärten)
- Reduktion der Leerlaufverluste
- Prozessänderungen
- Bessere Isolation
- Optimierung der Steuerung und Regelung



# Energieoptimierung Prozesskälte

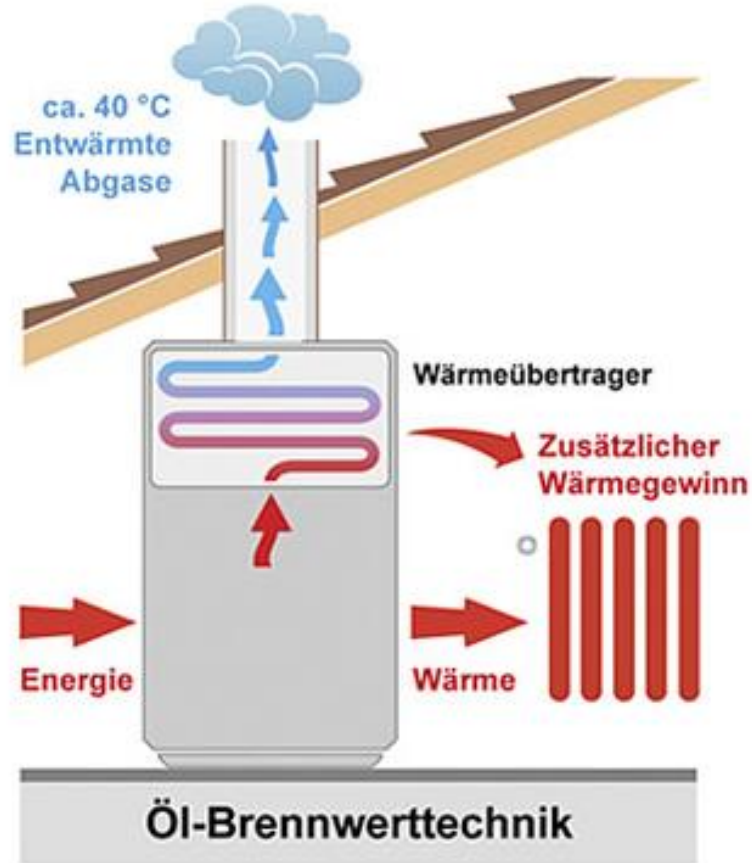
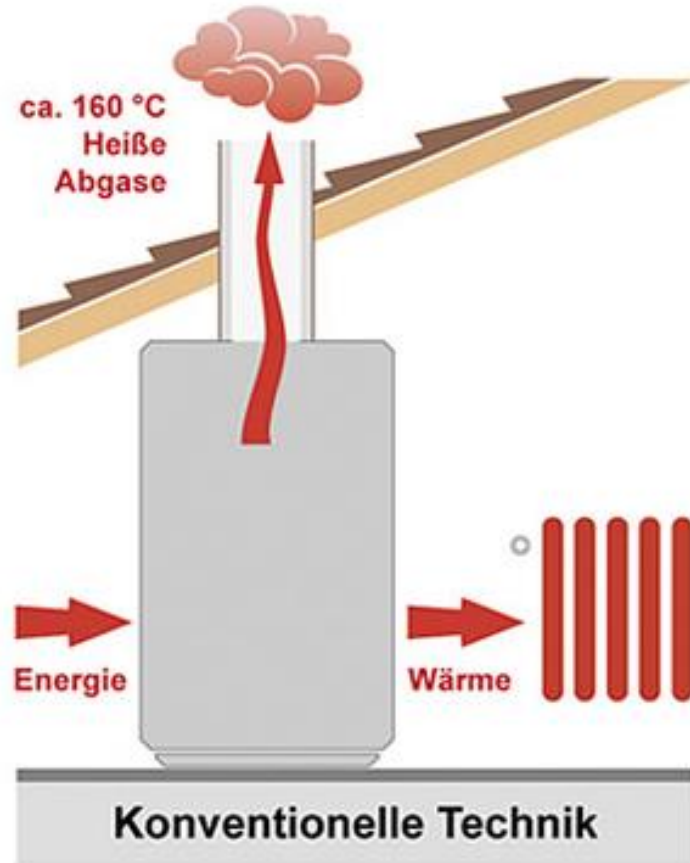
- Vermeidung unnötiger innerer Wärmelasten
- Vermeidung unnötiger äußerer Wärmelasten
- Kühltemperatur nicht tiefer wählen als unbedingt nötig
- Regelmäßige Wartung und Reinigung
- Wärmedämmung
- Regelmäßiges Abtauen
- Richtige Dimensionierung der Kälteanlagen



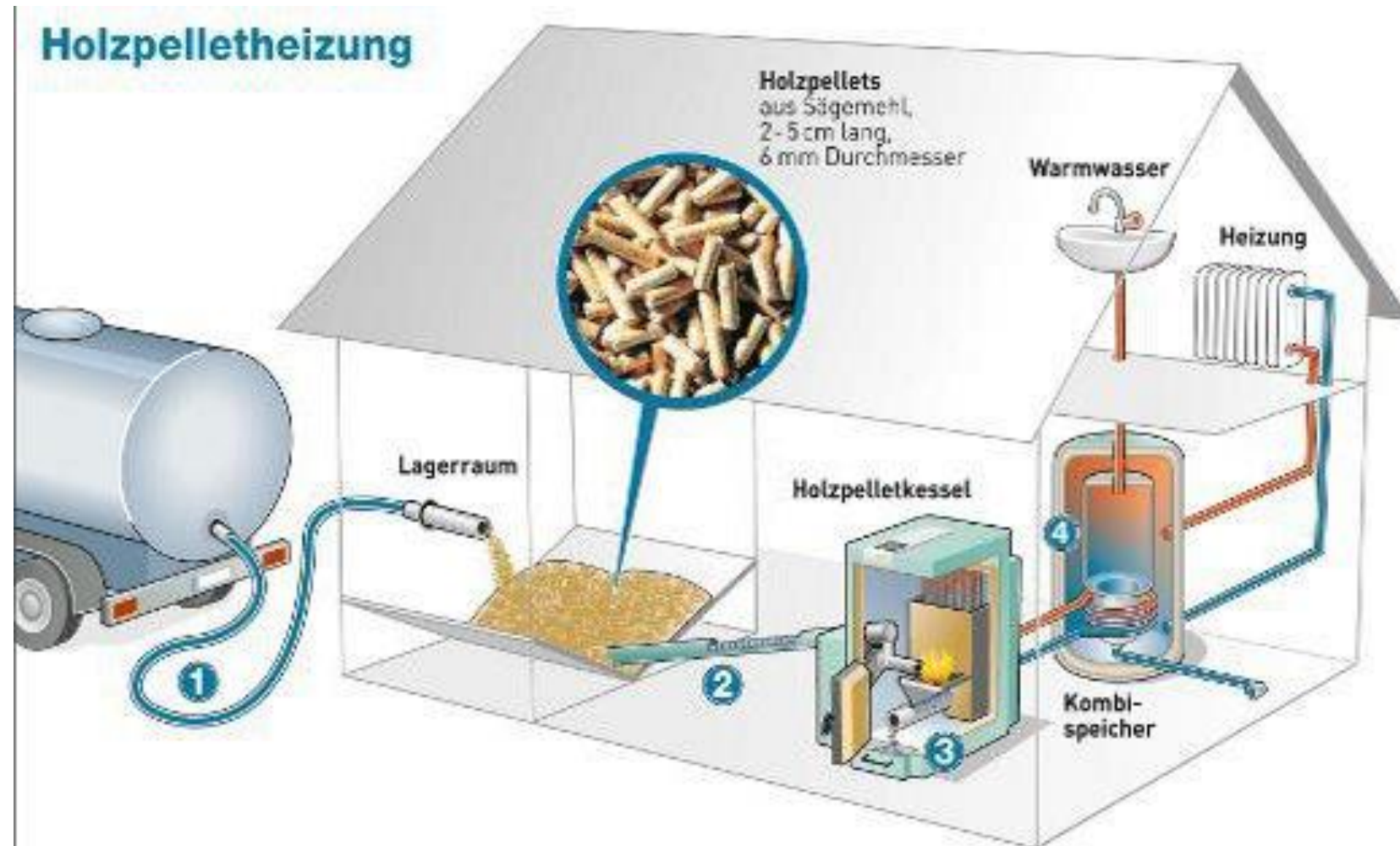
# Heizungstechnik

				
Fossile Energieträger	Kraft-Wärme- Kopplung	Biomasse	Solarenergie	Umweltwärme

# Brennwerttechnik



# Pelletkessel



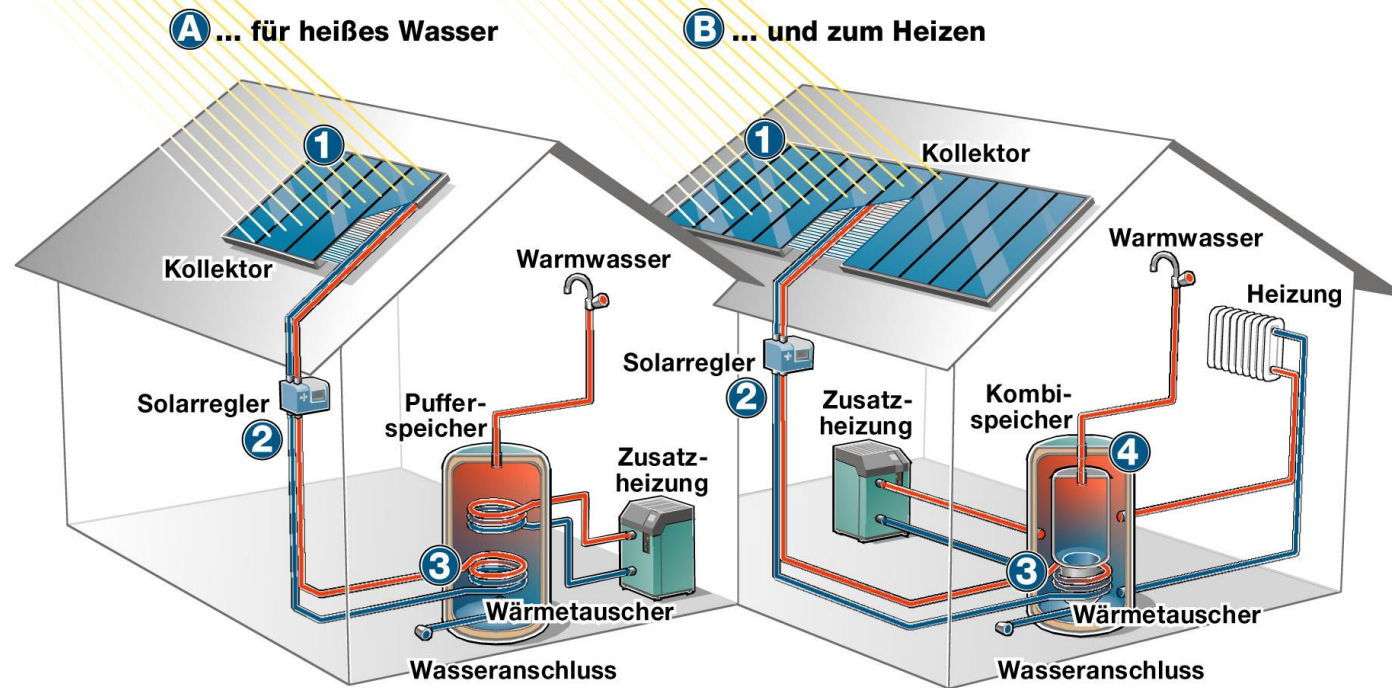
# Hackschnitzelheizung





# Solarthermie – Kombispeicher

## Wärme von der Sonne ...



① Sonnenstrahlen erwärmen den Kollektor und die darin enthaltene Wärmeträgerflüssigkeit.

② Die bis zu 90° C heiße Flüssigkeit zirkuliert zwischen Kollektor und Pufferspeicher.

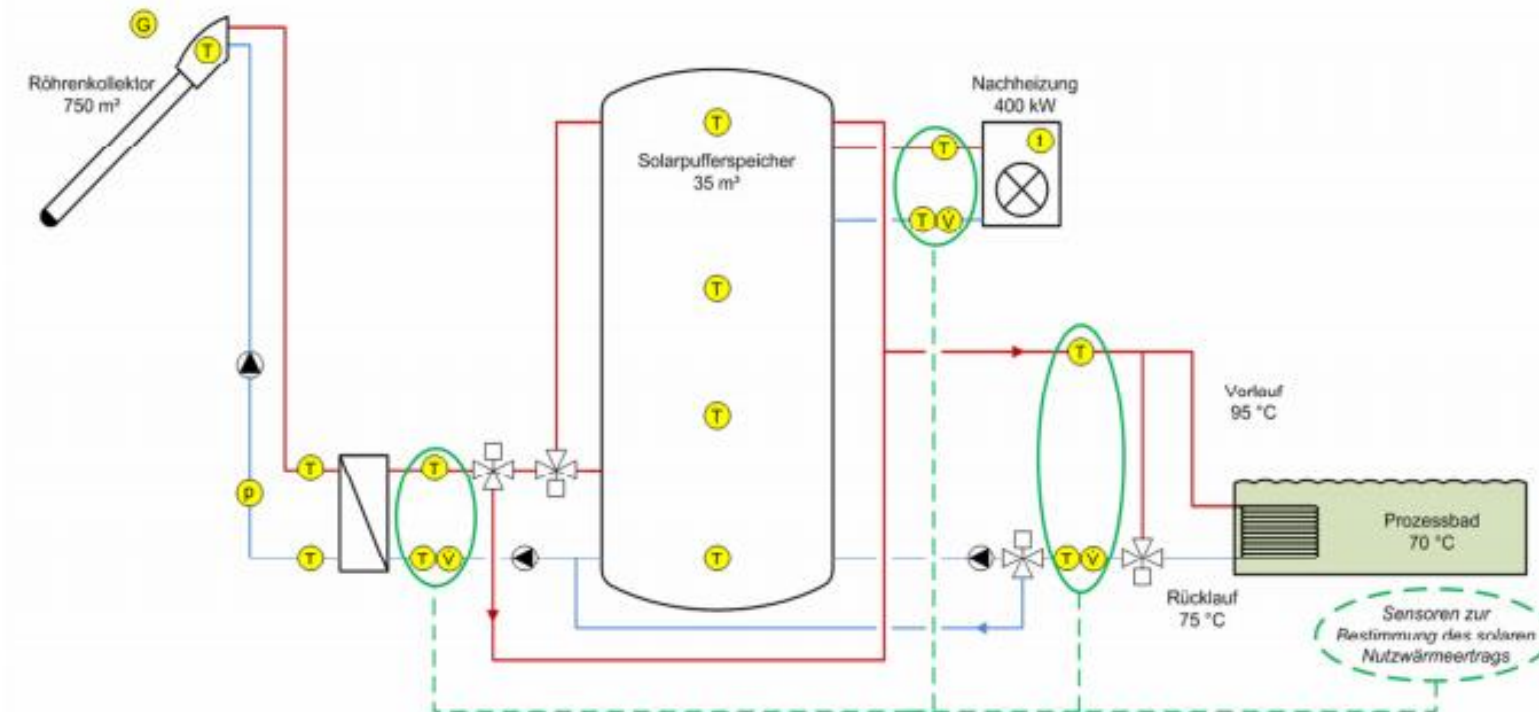
③ Der Wärmetauscher gibt Solarwärme an das Wasser im Pufferspeicher ab.

④ Der Pufferspeicher stellt die Wärme auch nachts und an kalten Tagen zur Verfügung.

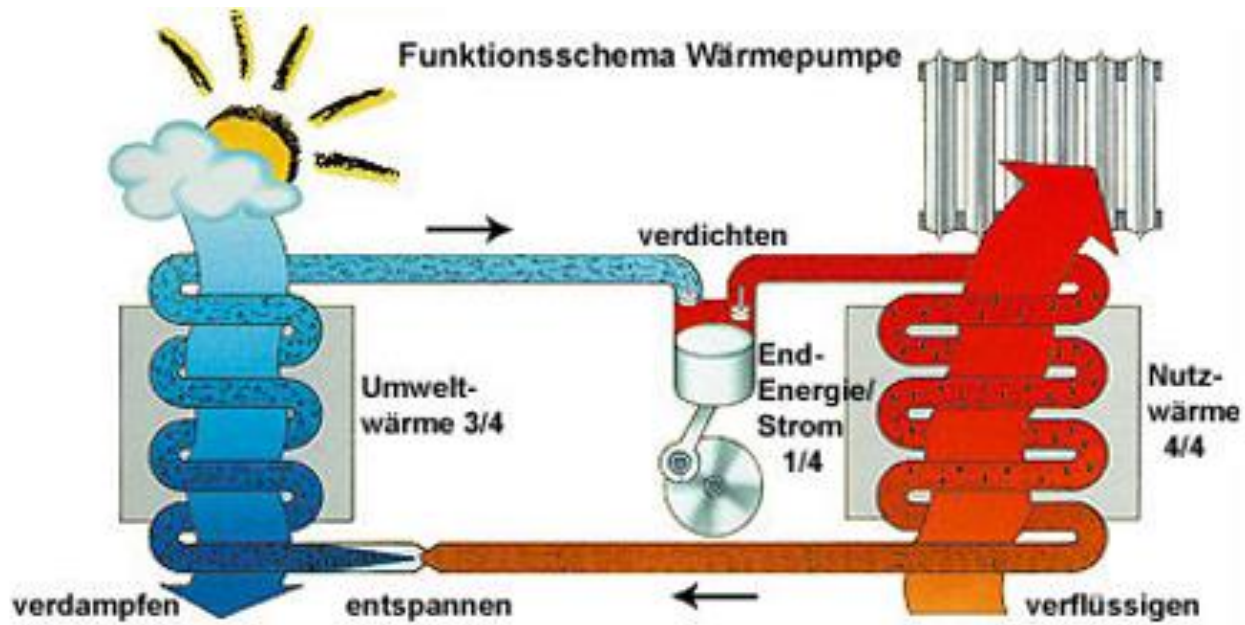


Agentur für  
Erneuerbare  
Energien

# Solarthermie – Prozesswärme



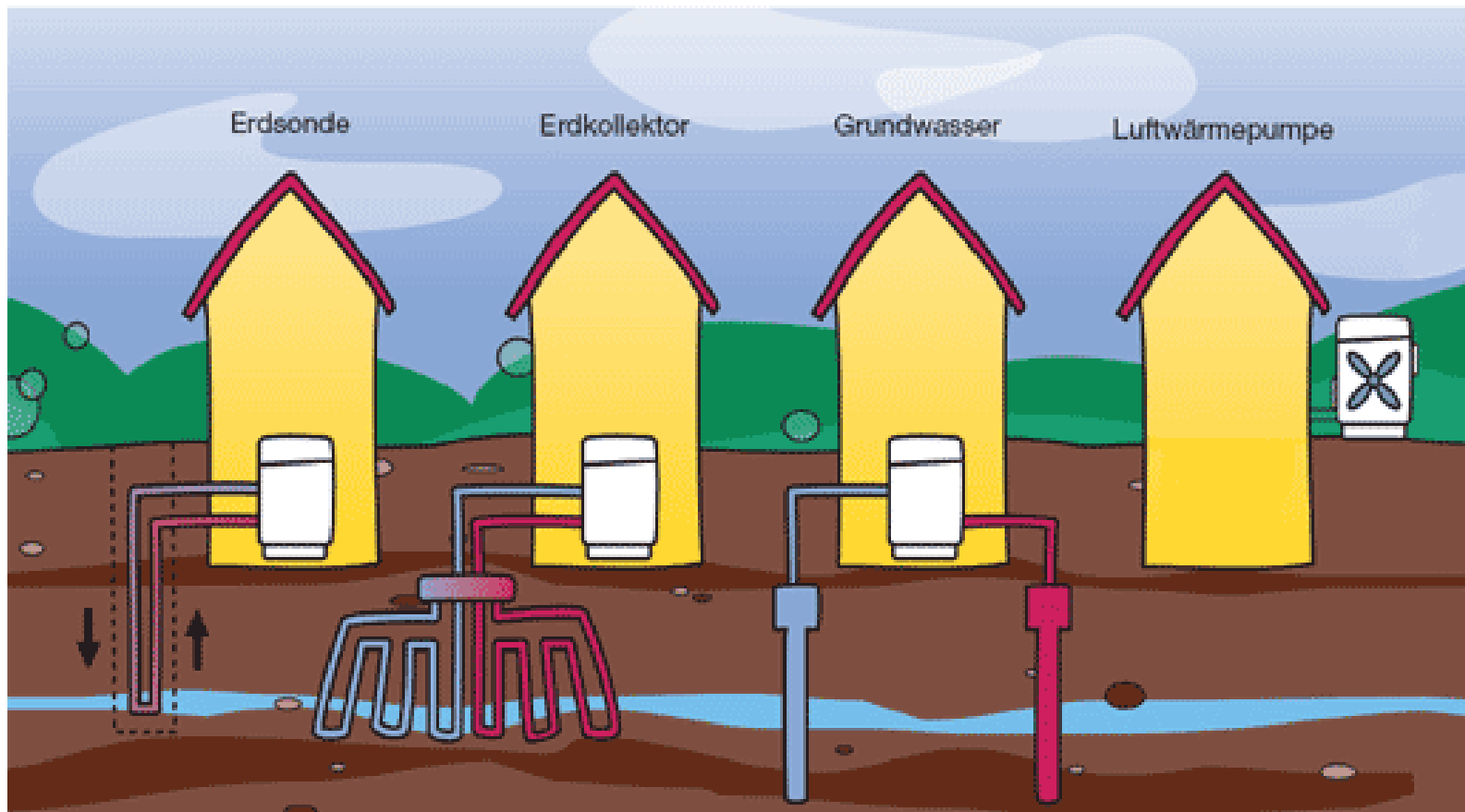
# Wärmepumpe



# Nutzbare Wärmequellen Umweltwärme

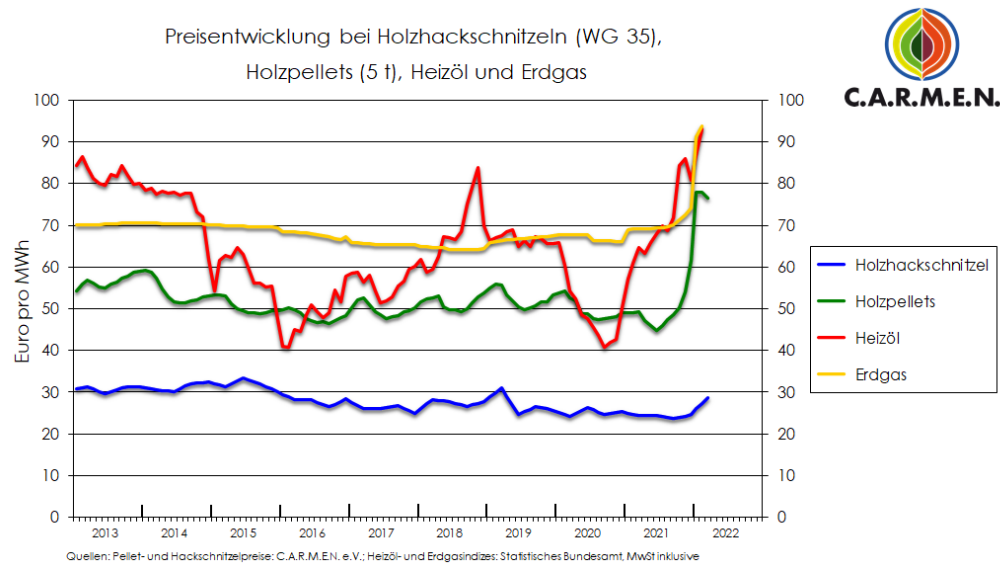


Unternehmensnetzwerk  
**KLIMASCHUTZ**  
Eine IHK-Plattform

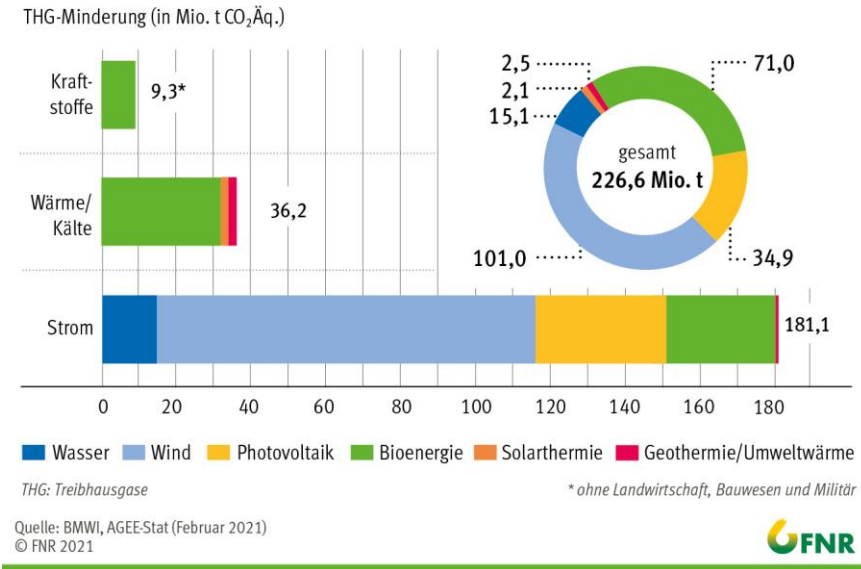


Quelle: [www.haushalte.kelag.at](http://www.haushalte.kelag.at)

# Vergleich der Energieträger

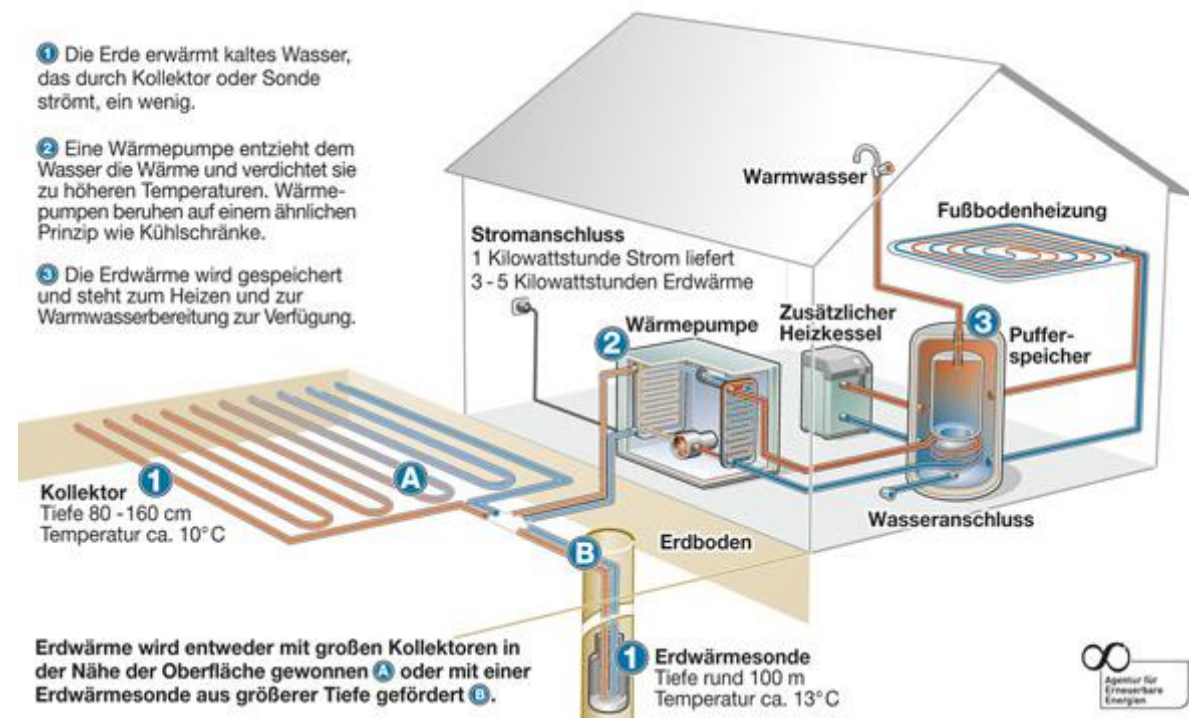


## Reduktion von Treibhausgas-Emissionen durch erneuerbare Energien 2020



# Optimierung Heizungssystem

- Austausch Energieträger
- Effizienter Erzeuger
- Auslegung an Bedarf
- Anpassung Vorlauftemperaturen
- Regelungssystem
- Isolation Leitungen und Speicher
- Effiziente Heizungsumwälzpumpe
- Hydraulischer Abgleich



# Einflussfaktoren bei raumlufttechnischen Anlagen



## Temperatur

- Operative Raumtemperatur
- Lufttemperatur
- Fläche: Konvektion
- Fläche: Strahlung
- Gradienten

## Feuchte

- relativ
- absolut

## Luftgeschwindigkeit

- Raum: Austritt
- Raum: Aufenthalt
- Luftleitung

## Einflussparameter der RLT auf Gesundheit und Komfort



## Luftqualität

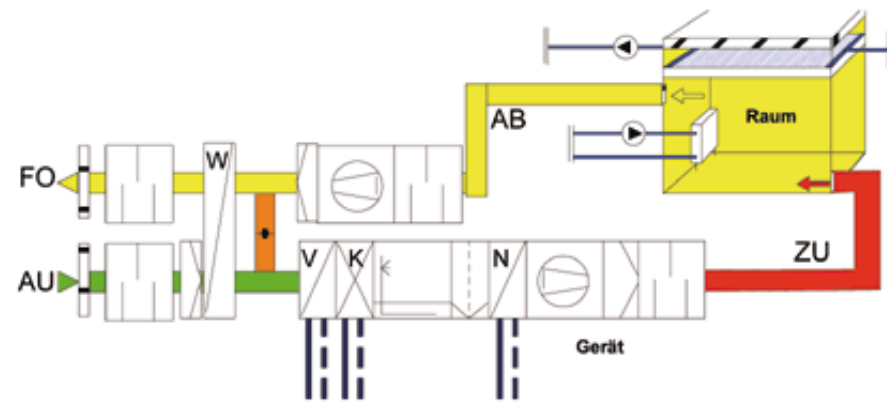
- O<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub>
- Staub/Feinstaub
- Gerüche
- Erreger

## Akustik

- Luftschall
- Körperschall
- Vibrationen

## Psyche/Placebo

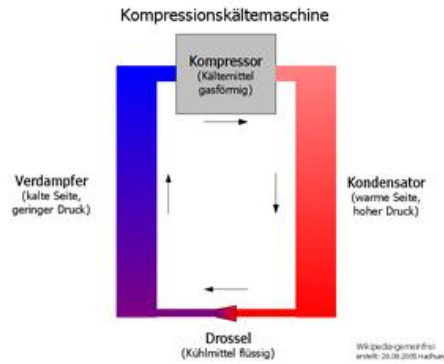
# Raumlufttechnische Anlagen



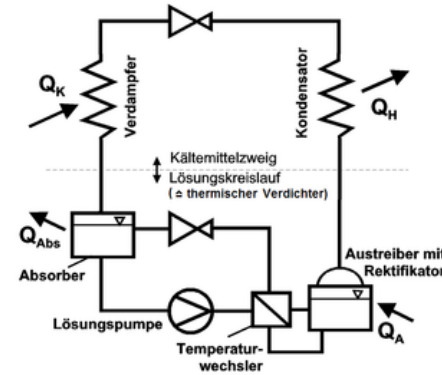


# Übersicht Kältemaschinen

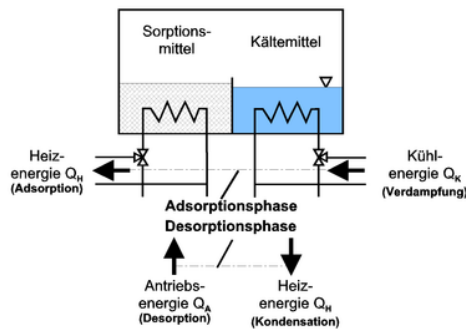
## Kompressionskältemaschine



## Absorptionskältemaschine



## Adsorptionskältemaschine

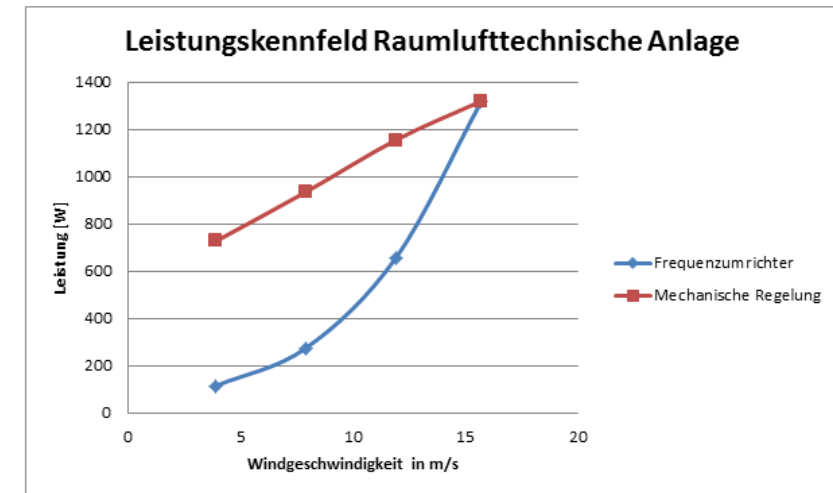


## Peltierelement



# Optimierung von raumluftechnischen Anlagen

- Wärmerückgewinnung bzw. im Sommer Kälterückgewinnung
- Frequenzregelung Ventilator (siehe Diagramm)
- Leckagebehebung an raumluftechnischen Anlagen und Luftkanalsystem
- Wartung und Optimierung Luftkanalsystem
- Optimierung Regelungssystem
- Bedarfsgerechte Lüftung durch Messung / Natur
- Kälteerzeugung mittels Abwärme (Absorption und Adsorption)

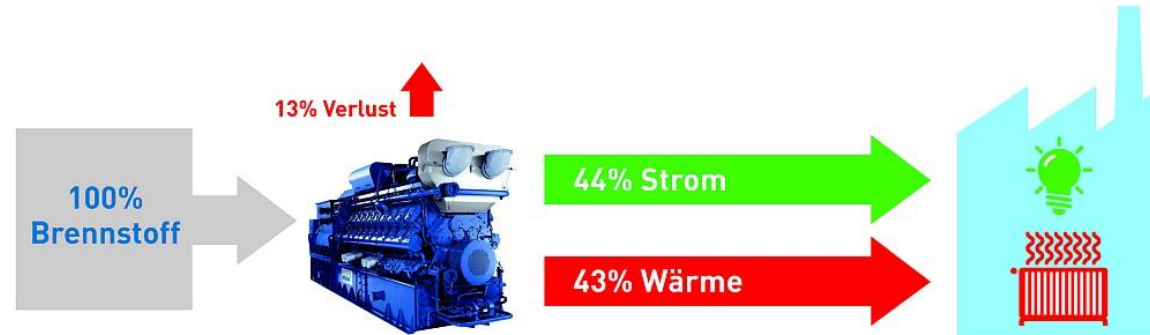


Wärmerückgewinnsystem	Rückwärmezahl Phi (ohne Kondensation)	Gesamtkosten einsch. Installation (€ / 1.000 m <sup>3</sup> /h)
Platten-WT	45 - 65 %	300 - 600
Kreislaufverbundsystem	40 - 70 %	600 - 1.300
Wärmerohr	35 - 70 %	600 - 1.300
Rotations-WT	65 - 80 %	500 - 700

# Kraft-Wärme-Kopplung

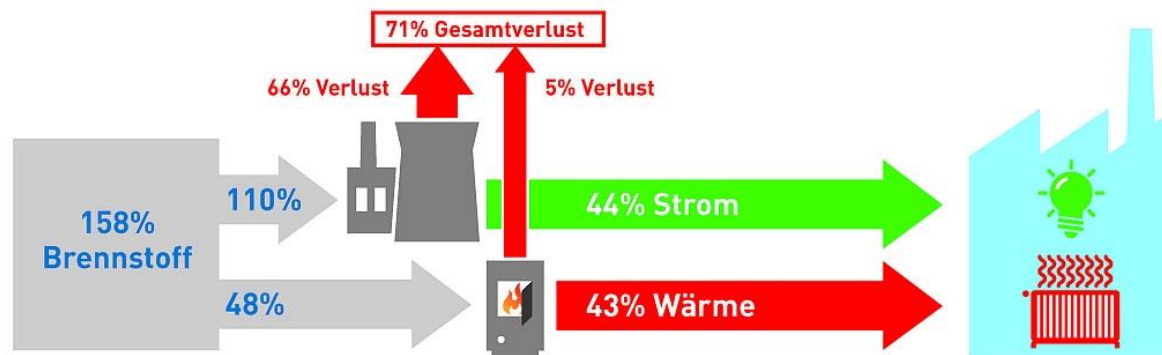
## Kraft-Wärme-Kopplung

[Blockheizkraftwerk]

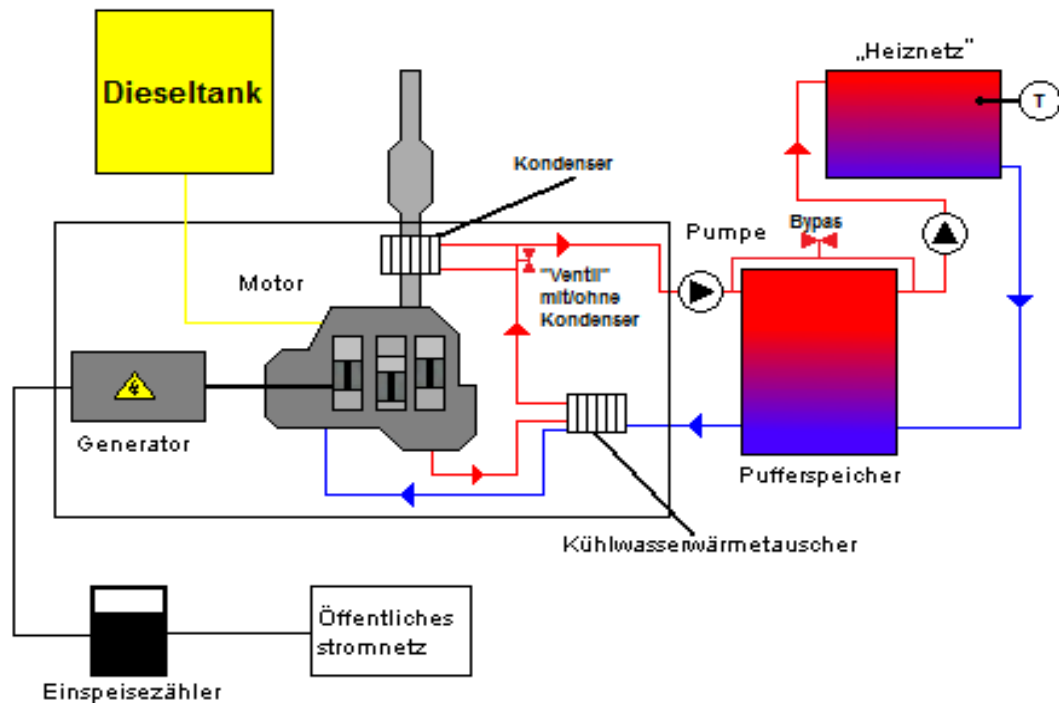


## Getrennte Erzeugung

[Strom im Kraftwerk, Wärme im Kessel]

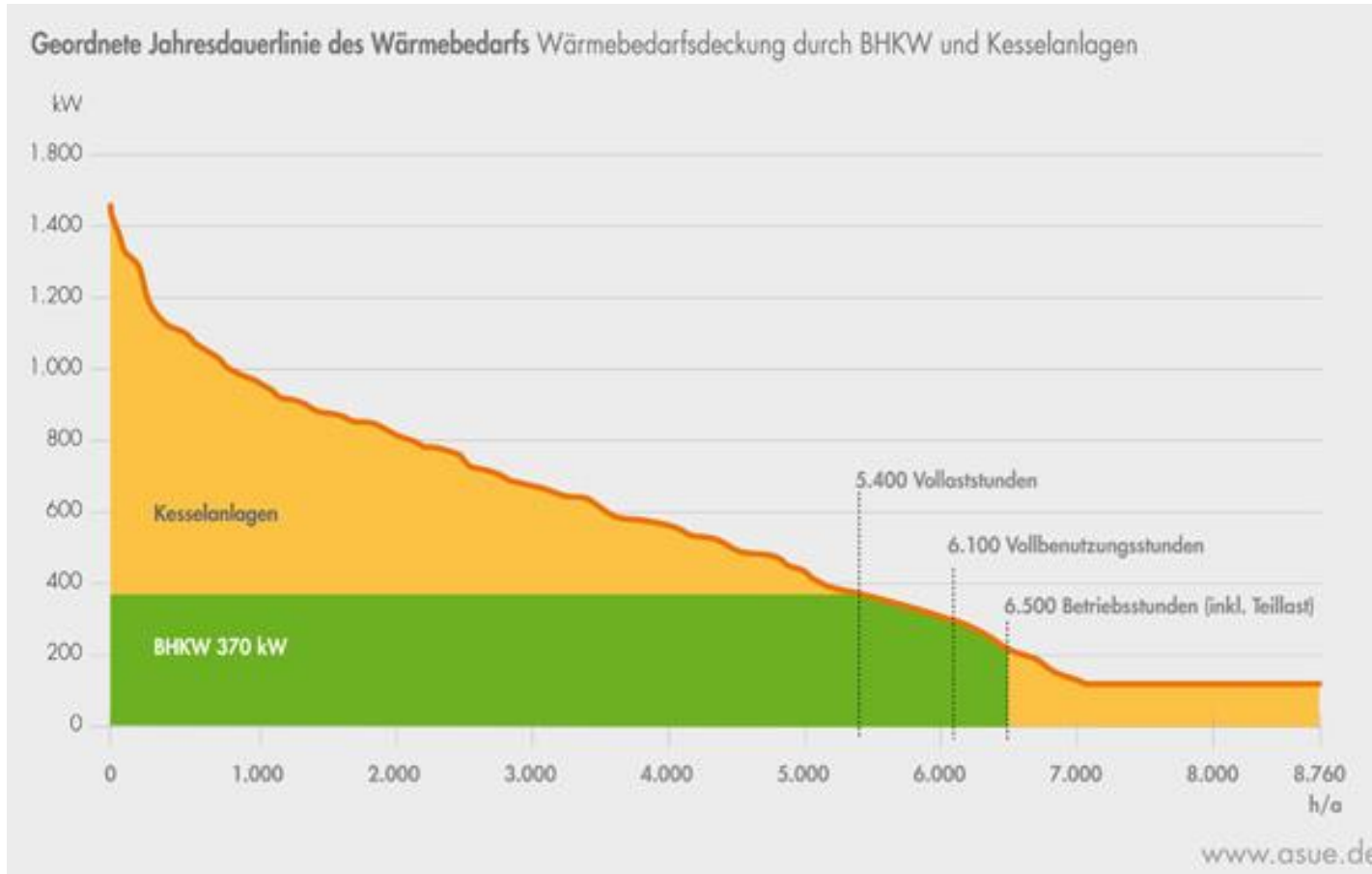


# Aufbau Block-Heiz-Kraftwerk



Quelle: Benjamin Friedle (beide)

# Auslegung BHKW



## Aufgabe 5: Blockheizkraftwerk

Sie arbeiten in einem Hotel mit einem jährlichen Wärmebedarf von 300.000 kWh und einem Strombedarf von 120.000 kWh. Ihre Wärme erzeugen Sie mit einer Gastherme und einem Arbeitspreis von 6 ct/kWh. Ihren Strom beziehen Sie ausschließlich aus dem Stromnetz für 20 ct/kWh. Von einem örtlichen Handwerker liegt Ihnen ein Angebot für ein BHKW mit einer elektrischen Leistung von 15 kW (die vollständig eigenverbraucht werden kann) und einer thermischen Leistung von 40 kW vor. Der Gesamtwirkungsgrad beträgt 85% und die Investitionskosten belaufen sich auf 35.000 Euro. Laut Berechnungen des Handwerkers würden Sie im Jahr auf ca. 4.500 Vollbenutzungsstunden kommen.

- a) Bitte berechnen Sie die jährlich erzeugte Strom- und Wärmemenge aus dem BHKW.
- b) Ermitteln Sie anschließend die benötigte jährliche Gasmenge in kWh.
- c) Ermitteln Sie dann die jährliche Einsparung für Ihr Hotel.
- d) Im letzten Schritt berechnen Sie für eine Investitionsentscheidung die Amortisationsdauer.

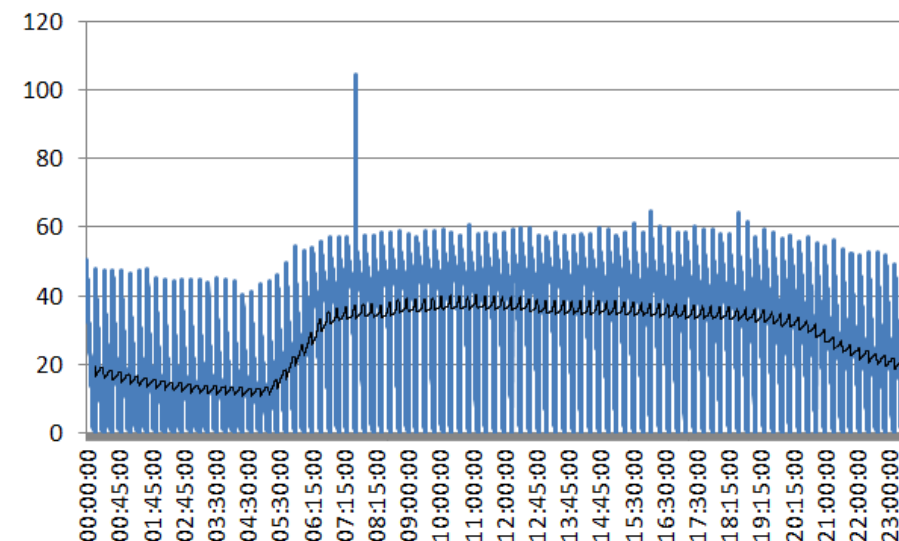
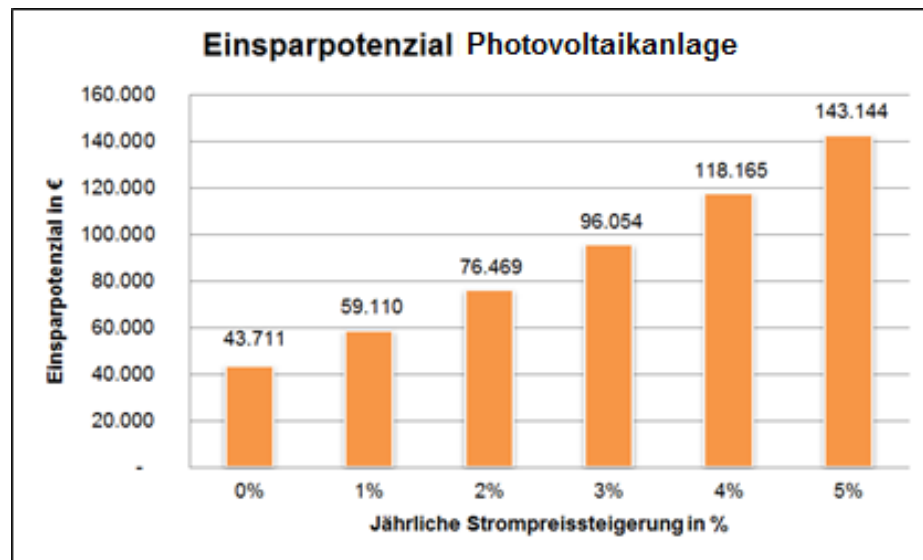
# Lösung Aufgabe 5

- a) Strommenge BHKW =  $15 \text{ kW} \times 4.500 \text{ Vollbenutzungsstunden} = 67.500 \text{ kWh/a}$   
Wärmemenge BHKW =  $40 \text{ kW} \times 4.500 \text{ Vollbenutzungsstunden} = 180.000 \text{ kWh/a}$
- b) Gasmenge BHKW =  $(\text{Strommenge BHKW} + \text{Wärmemenge BHKW}) / \text{Wirkungsgrad}$   
Gasmenge BHKW =  $(67.500 \text{ kWh/a} + 180.000 \text{ kWh/a}) / 85\% = 291.176 \text{ kWh/a}$
- c) Einsparung Strom =  $\text{Strommenge BHKW} \times \text{Arbeitspreis Strom}$   
Einsparung Strom =  $67.500 \text{ kWh} \times 20 \text{ ct/kWh} = 13.500 \text{ Euro/a}$   
Mehrkosten Gas =  $(\text{Gasmenge BHKW} - \text{Wärmemenge BHKW}) \times \text{Arbeitspreis Gas} =$   
 $(291.176 \text{ kWh/a} - 180.000 \text{ kWh/a}) \times 6 \text{ ct/kWh} = 6.670,56 \text{ Euro}$   
Einsparung BHKW =  $\text{Einsparung Strom} - \text{Mehrkosten Gas}$   
 $= 13.500 \text{ Euro/a} - 6.670,56 \text{ Euro/a} = 6.829,44 \text{ Euro/a}$
- d) Amortisationszeit =  $\text{Investitionskosten} / \text{Einsparung BHKW}$   
 $= 35.000 \text{ Euro} / 6.829,44 \text{ Euro/a} = 5,1 \text{ Jahre}$

# Stromerzeugung – Beispiel Eigenverbrauch Photovoltaik



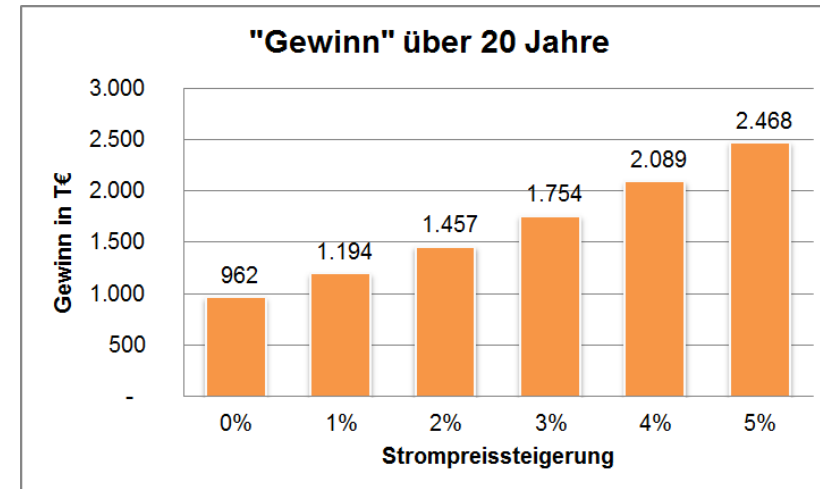
- CNC-Schleiferei
- PV-Anlage mit 80 kWp (108 TEuro)
- Eigenverbrauch ca. 70%
- Strombezugskosten 16 ct/kWh
- Stromgestehungskosten 10 ct/kWh





# Stromerzeugung – Beispiel Windenergienutzung in einem Wasserwerk

- 2,6 Mio. kWh Strombedarf, nahezu Grundlast
  - Aufbereitung von Trinkwasser
  - Förderung von Trinkwasser
- Eigenenergieerzeugung durch Windenergie
- Enercon E-53 mit 73 m Nabenhöhe
- **Kostensparnis** durch Senkung des Bezugspreises von 13,628 ct/kWh auf 8,3 ct/kWh
- P-75-Ertrag netto von 1.208 MWh/a
- **Eigenverbrauchsquote 73%** (p-50-Ertrag)
- **Einsparung von 960.000 €** in 20 Jahren ohne Inflation
- **Baukosten 1,39 Mio. €**
- **Inbetriebnahme November 2015**

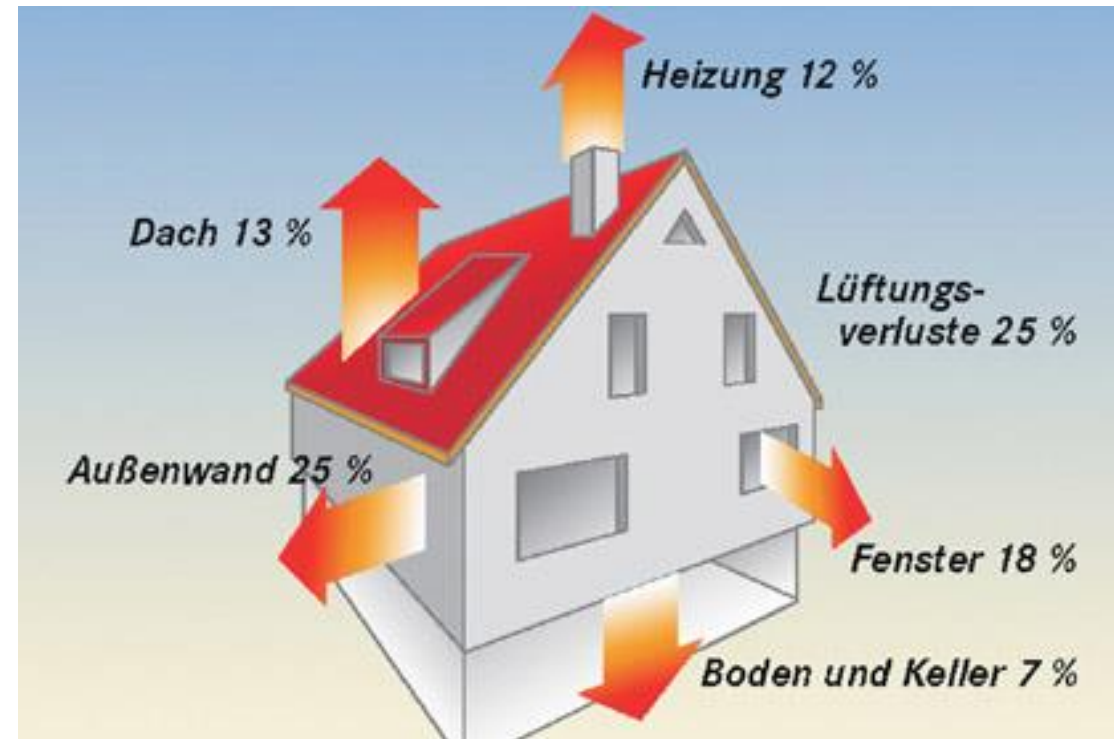


# Gebäudedämmung

## Energieeffizienzklassen in Energieausweisen für Wohngebäude ab Mai 2014

Energieeffizienzklasse	Endenergiebedarf oder Endenergieverbrauch*	Ungefähre jährliche Energiekosten pro Quadratmeter Wohnfläche**
<b>A+</b>	unter 30 kWh/(m²a)	weniger als 2 Euro
<b>A</b>	30 bis unter 50 kWh/(m²a)	3 Euro
<b>B</b>	50 bis unter 75 kWh/(m²a)	5 Euro
<b>C</b>	75 bis unter 100 kWh/(m²a)	7 Euro
<b>D</b>	100 bis unter 130 kWh/(m²a)	9 Euro
<b>E</b>	130 bis unter 160 kWh/(m²a)	12 Euro
<b>F</b>	160 bis unter 200 kWh/(m²a)	15 Euro
<b>G</b>	200 bis unter 250 kWh/(m²a)	18 Euro
<b>H</b>	über 250 kWh/(m²a)	20 Euro und mehr

**Anmerkungen:** \* Ist bei einem vor dem 1. Mai 2014 ausgestelltten Energieausweis der Warmwasserverbrauch nicht enthalten, muss der auf dem Ausweis genannte Energieverbrauchskennwert um eine Pauschale von 20,0 kWh/(m²a) erhöht werden. \*\* Die berechneten Energiekosten sind Durchschnittswerte, die je nach Lage der Wohnung und individuellem Verbrauch stark abweichen können. Angenommene Kosten: 8 ct je Kilowattstunde Brennstoff, das entspricht circa 80 ct je Liter Heizöl. **Quelle: Verbraucherzentrale NRW**



# Übersicht möglicher Dämmstoffe I

## Glaswolle



- + kostengünstig
- + geringes Gewicht, großes Volumen
- + hohe Resistenz gegen Witterung
- Schmelzen bei Brand
- Hautreizungen
- Entsorgung

## Steinwolle



- + kostengünstig
- + hoher Wärmeschutz im Sommer
- + kein Schmelzen bei Brand
- Nachteile bei Nässe
- Hautreizungen
- Entsorgung

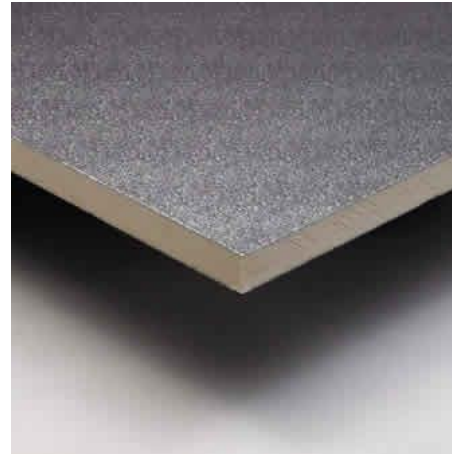
# Übersicht möglicher Dämmstoffe II

## Polystyrol



- + wetterbeständig
- + einfache Handhabung
- + guter Wärmeschutz
- nicht UV-stabil
- brennbar
- Entsorgung

## PUR-Hartschaum



- + sehr guter Wärmeschutz
- + unverrottbar
- + resistent
- nicht UV-stabil
- hoher Energieaufwand
- Entsorgung

# Übersicht möglicher Dämmstoffe III

## Holzwolle



- + ökologisch / heimisch
- + nachwachsender Rohstoff
- + gute Schallisolierung
- hohes Gewicht
- keine gute Wärmedämmung
- kostenintensiv

## Hanf

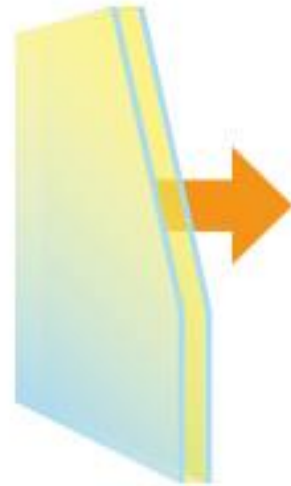


- + ökologisch
- + nachwachsender Rohstoff
- + gute Wärmedämmung
- teilweise Polyesterfasern
- leicht entflammbar
- kostenintensiv

# Fenstersanierung



**Einfachverglasung**  
U-Wert meist über  
5 W/qmK



**Isolierverglasung**  
U-Wert von 2,5  
bis 3 W/qmK



**Wärmeschutz-  
verglasung**  
U-Wert von 1,1  
bis 1,3 W/qmK



**Dreifachverglasung**  
U-Wert von 0,8 bis  
0,4 W/qmK

# Potenziale für weniger Energieverbrauch

## Energie-Scouts

Erstellt von Erik Bodenstein, zuletzt geändert von Stefanie Tornow am 14.12.2021



### Was sind die Energie-Scouts?

Energie-Scouts sind kaufmännische als auch gewerblich-technische Auszubildende, die sich deutschlandweit zu den Themen Energie- und Ressourceneffizienz sowie Klimaschutz im Betrieb weiterbilden. Auszubildende aller Berufe sind willkommen, eine Spezialisierung wird nicht vorausgesetzt.



Unternehmensnetzwerk

**KLIMASCHUTZ**

Eine IHK-Plattform

**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!**



# Impressum

Dieses Curriculum dient als Grundlage für die Qualifizierung von Auszubildenden zu Energie-Scouts in Workshops der IHK-Organisation. Die Inhalte können von den Industrie- und Handelskammern, den teilnehmenden Unternehmen und den Partnern des Unternehmensnetzwerks Klimaschutz frei verwendet werden.

Die Idee der Energie-Scouts wurde von der Firma ebm-papst entwickelt und der DIHK Service GmbH dankenswerter Weise zur Weiterentwicklung zur Verfügung gestellt.

Das Curriculum wurde im November 2016 für die Mittelstandsinitiative Energiewende und Klimaschutz erstellt von: **Bürgerwindpark Hohenlohe GmbH** | Benjamin Friedle | Braunsbergweg 5 | 74676 Niedernhall  
Tel.: 07940 50 33 480 | Fax: 07940 50 33 481 | [friedle@buengerwindpark.de](mailto:friedle@buengerwindpark.de) | [www.buengerwindpark.de](http://www.buengerwindpark.de)  
Letzte Aktualisierung: April 2022, Unternehmensnetzwerk Klimaschutz

## Projektkoordination

Unternehmensnetzwerk Klimaschutz – eine IHK-Plattform | DIHK Service GmbH | Jakob Flechtner | Breite Straße 29 | 10178 Berlin | Tel.: 030-20 30 8 - 6590

[netzwerk-klimaschutz@dihk.de](mailto:netzwerk-klimaschutz@dihk.de) | [Unternehmensnetzwerk Klimaschutz – Eine IHK Plattform](http://UnternehmensnetzwerkKlimaschutz.de)  
([unternehmensnetzwerk-klimaschutz.de](http://unternehmensnetzwerk-klimaschutz.de))