

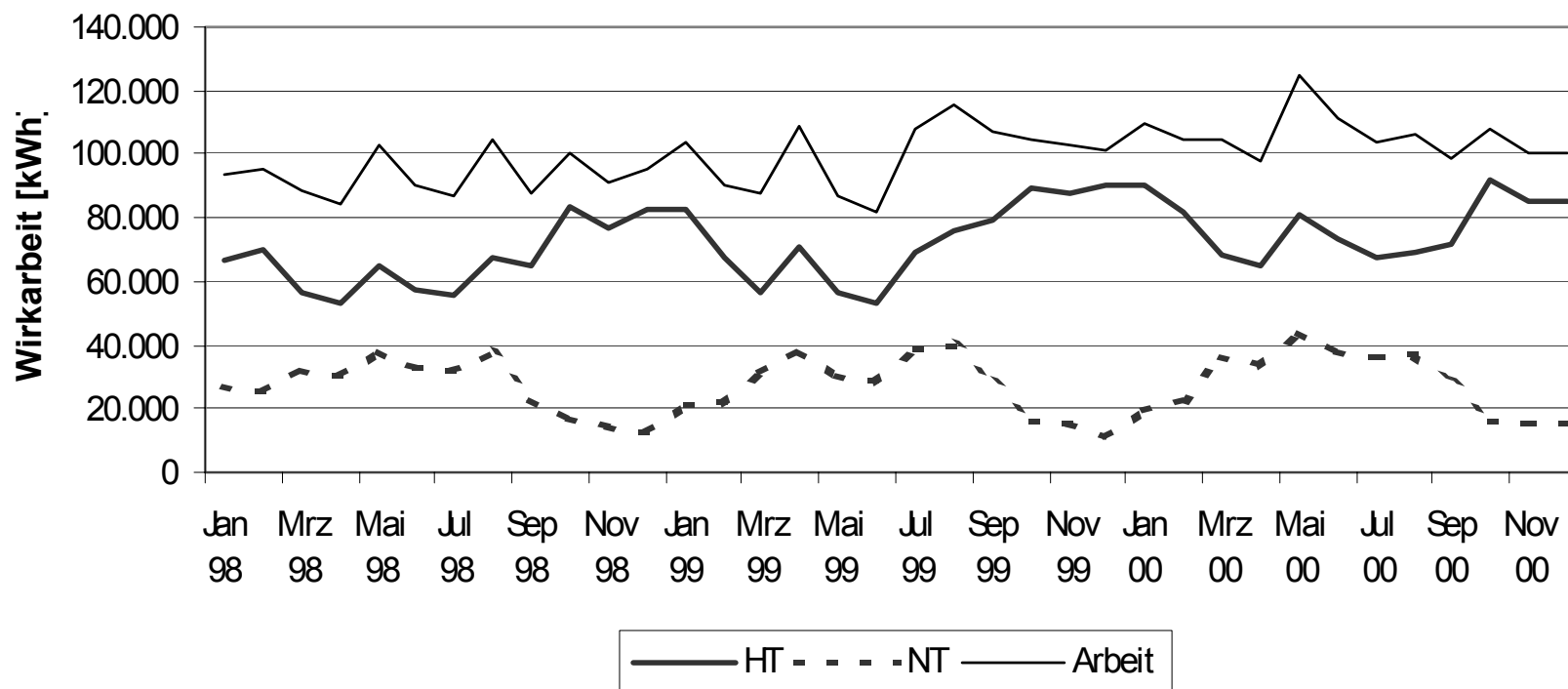
# „Energieanwendung in Unternehmen“

## Elektrische Energie: Grundbegriffe

- Wichtig: Wirkarbeit  $W$  (kWh) und Wirkleistung  $P$  (kW), ggf. Blindarbeit (kvarh)
- Wirkleistung: „gemessene Leistung“ und „berechnete Leistung“

- Benutzungsdauer: 
$$t_B = \frac{W_{ges}}{P_{max}}$$

## Elektrische Energie: Hochtarif- und Niedertarifzeit



		Beginn	Ende	Dauer
<b>Winter</b> (1.10.-28.2.)	HT	06:00	21:00	15 Std.
	NT	21:00	06:00	9 Std.
<b>Sommer</b> (1.3.-30.9.)	HT	07:00	18:00	11 Std.
	NT	18:00	07:00	13 Std.

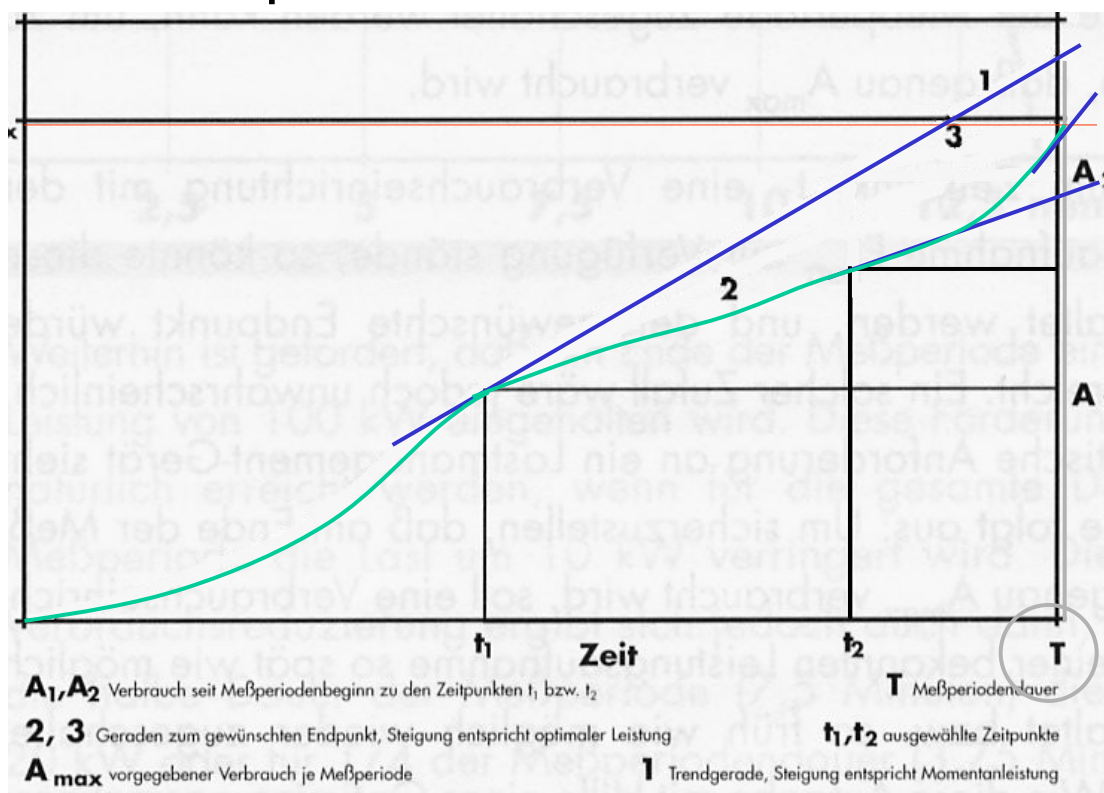
## Elektrische Energie: Lastgangmessungen

- wichtigste Fragen:
  - Was tut sich nachts und am Wochenende?  
→ Grundlast erhöht Arbeitskosten
  - Wann treten kurzzeitige Lastspitzen auf?  
→ Lastspitze erhöht Leistungskosten
- Messdauer zwei *typische* Wochen



## Funktionsweise Optimierungsrechner

- Mikroprozessor gesteuert, kann in GLT integriert werden
- Errechnet Momentanleistung und optimale Leistung zur Ausnutzung der „Restenergie“ in Messperiode
- Bestimmt daraus Korrekturleistung, schaltet Verbraucher ab, die nicht genau passen
  - dauernde Korrektur notwendig
- Optimierungsrechner ermöglicht optimale Nutzung der Energie

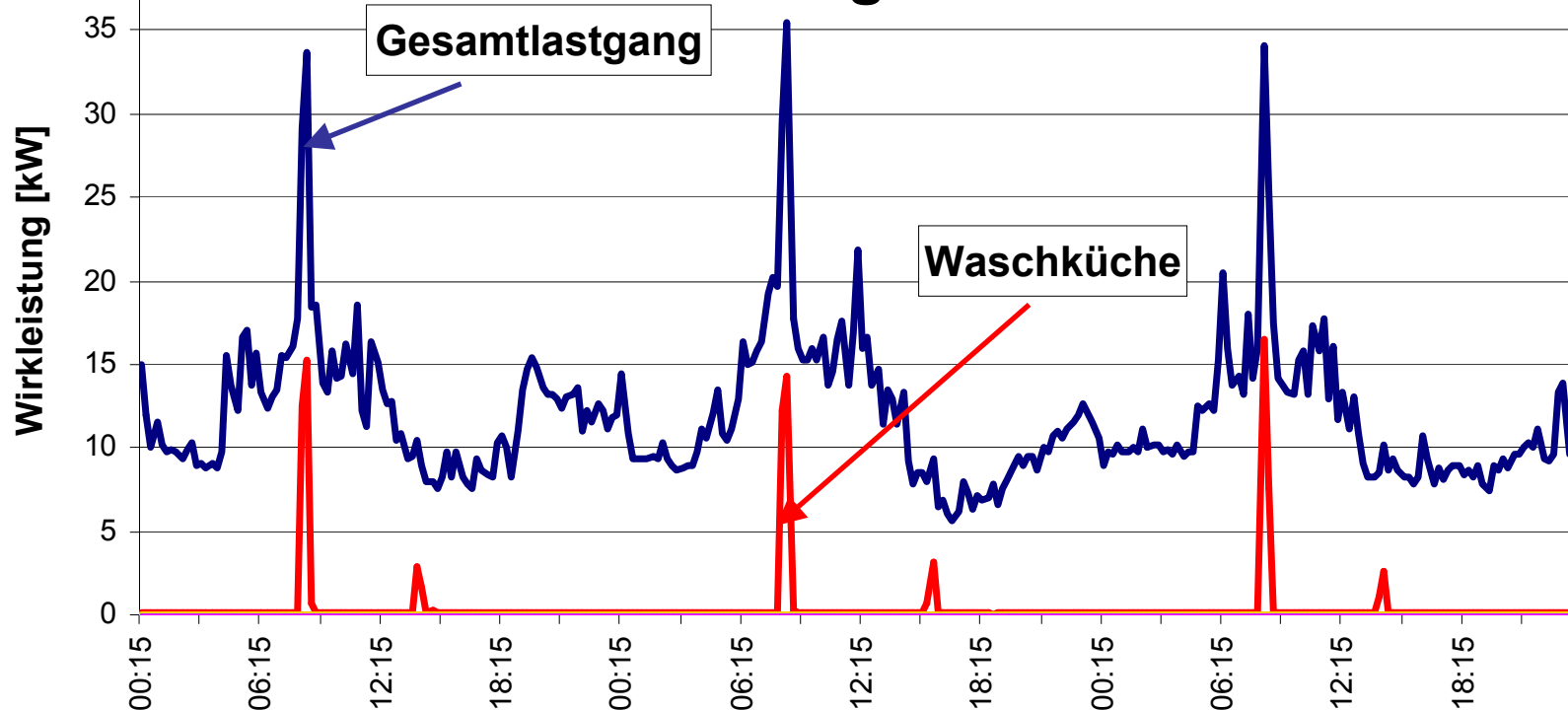


## Beispiel: Mittelgroßes Hotel



- Ca. 90 Betten
- Strombedarf: ca. 120 MWh/a
- ausgeprägte Lastspitzen

⇒ Verursacher: **Gewerbe-Wäschetrockner**  
 nur 3% der Arbeitskosten  
 aber: **ca. 35% der Leistungskosten!**



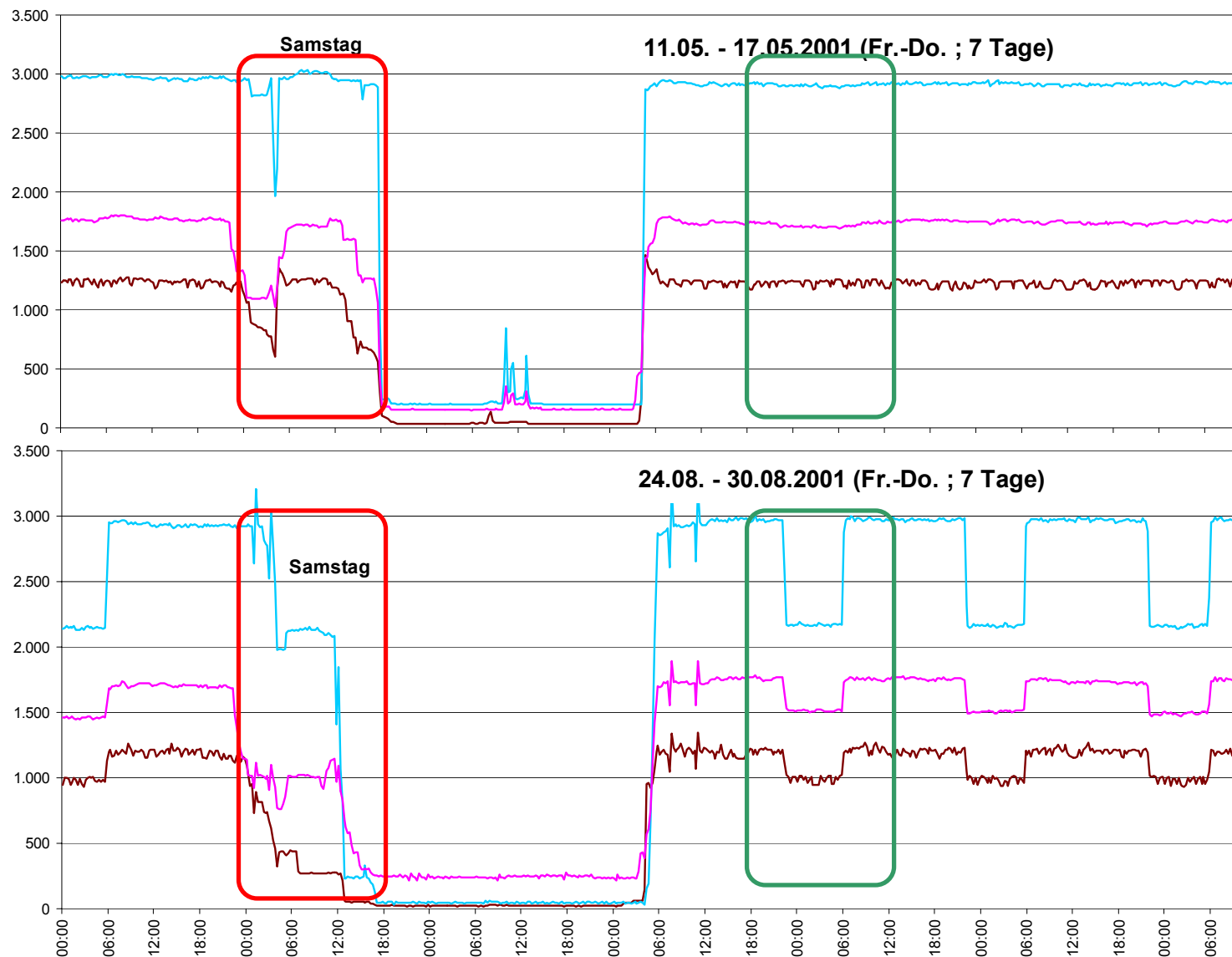
!!



## Beispiel: Automobilhersteller

- Decklackkabinen verursachen hohe Energieverbräuche bei der Lackierung

- Lüftungsanlagen
- Entfeuchtung
- Befeuchtung
- Beheizung



## Erdgas, Heizöl, Fernwärme

### Wichtige Umrechnungsfaktoren und Einheiten

1,00 kcal/h	=	0,001163 kW	Brennwertfaktor Erdgas Ho/Hu	=	1,11	*
1,00 kWh	=	3,60 MJ	Brennwert Erdgas L	=	9,8 kWh <sub>Ho</sub> /m <sup>3</sup>	*
1,00 MWh	=	3,60 GJ	Erdgas H	=	11,1 kWh <sub>Ho</sub> /m <sup>3</sup>	*
1,00 MJ	=	0,2778 kWh	Heizwert Erdgas L	=	8,9 kWh <sub>Hu</sub> /m <sup>3</sup>	*
1,00 GJ	=	277,8 kWh	Erdgas H	=	10,0 kWh <sub>Hu</sub> /m <sup>3</sup>	*
1,00 MJ/h	=	0,2778 kW	Dichte Heizöl EL	=	0,8600 kg/Liter	
Dichte der Luft (NB: 0°C; 1013mbar)	=	1,29 kg/m <sup>3</sup>	Heizöl S	=	1,10 kg/Liter	
Dichte der Luft (20°C)	=	1,20 kg/m <sup>3</sup>	Heizwert pro Liter Heizöl EL	=	10,00 kWh/Liter	*
Wärmekapazität der Luft	=	1,00 kJ/kg*K	Heizöl S	=	11,99 kWh/Liter	*
	=	0,0002778 kWh/kg*K	Heizwert pro kg Heizöl EL	=	11,63 kWh/kg	*
Dichte von Wasser	=	1.000 kg/m <sup>3</sup>	Heizöl S	=	11 kWh/kg	*
Wärmekapazität von Wasser	=	4,19 kJ/kg*K	Heizwert Kohle	=	30,00 MJ/kg	*
	=	1,00 kcal/kg*K		=	8,334 kWh/kg	*

\* Je nach Brennstoff können die Werte leicht abweichen

## Wärme:

**Wenn die Sonne scheint, muss man weniger heizen**

- Witterungsbereinigung ermöglicht, den Wärmeverbrauch verschiedener Standorte und/oder Zeiträume zu vergleichen

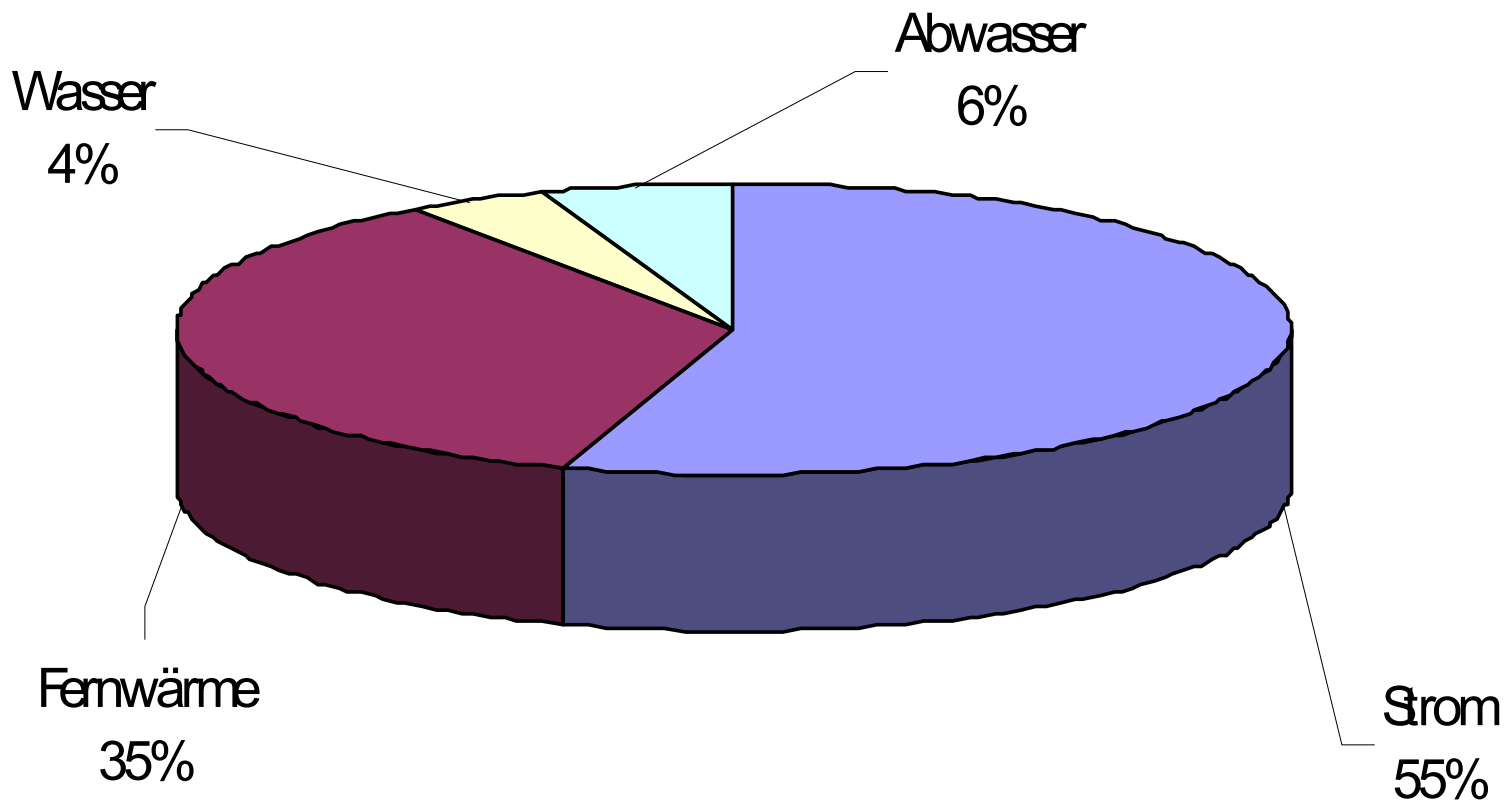
- VDI 3807: Heizgradtage  $G_{15}$  
$$E_V = E_{Vg} \frac{G_{15m}}{G_{15}}$$

- Nur Berücksichtigung von Raumwärme, nicht von Prozesswärme

## Bestandteile der Energie- und Wasserkosten (Beispiel)

	<b>Strom</b>	<b>Erdgas</b>	<b>Fernwärme</b>	<b>Wasser</b>
<b>Arbeitspreis</b> (häufig nach Mengen gestaffelt)	<i>Strompreis</i> 3,26 Ct/kWh <i>Netznutzungsentgelt</i> 1,25 Ct/kWh <i>Konzessionsabgabe</i> 0,11 Ct/kWh	<i>Erdgaspreis</i> 2,56 Ct/kWh <sub>Ho</sub> <i>Netznutzungsentgelt</i> 0,41 Ct/kWh <sub>Ho</sub> <i>Konzessionsabgabe</i> 0,03 Ct/kWh	5,29 Euro/GJ (=1,90 Ct/kWh)	<i>Frischwasser</i> 1,46 Euro/m <sup>3</sup> <i>Abwasser</i> 1,99 Euro/m <sup>3</sup>
<b>Leistungspreis</b>	5,11 Euro/(kW*m) oder 65 Euro/(kW*a)	0,7637 Euro/(kWh <sub>Ho</sub> *d)	7,72 Euro/(MJ/h) (=27,79 Euro/kW)	./.
<b>Grund-/Zählerpreis</b>	107 Euro/m	239 Euro/a	./.	143 Euro/a
<b>Steuern und Abgaben</b>	<i>StromSt</i> 2,05 Ct/kWh <i>EEG</i> 0,23 Ct/kWh <i>KWK</i> 0,05 Ct/kWh	<i>MinölSt</i> 0,55 Ct/kWh <sub>Ho</sub>	./.	./.

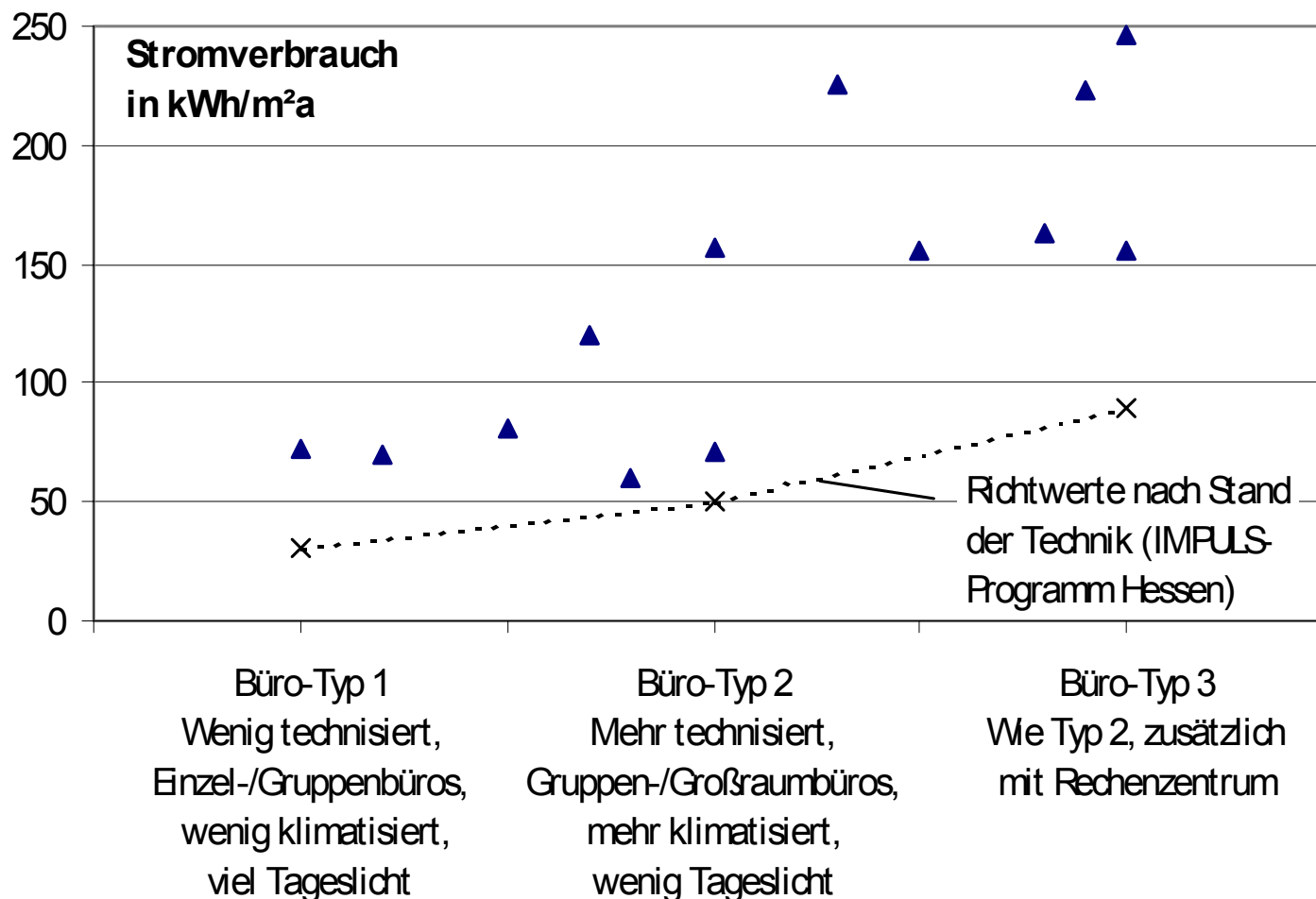
## Darstellung der Energie- und Wasserkosten



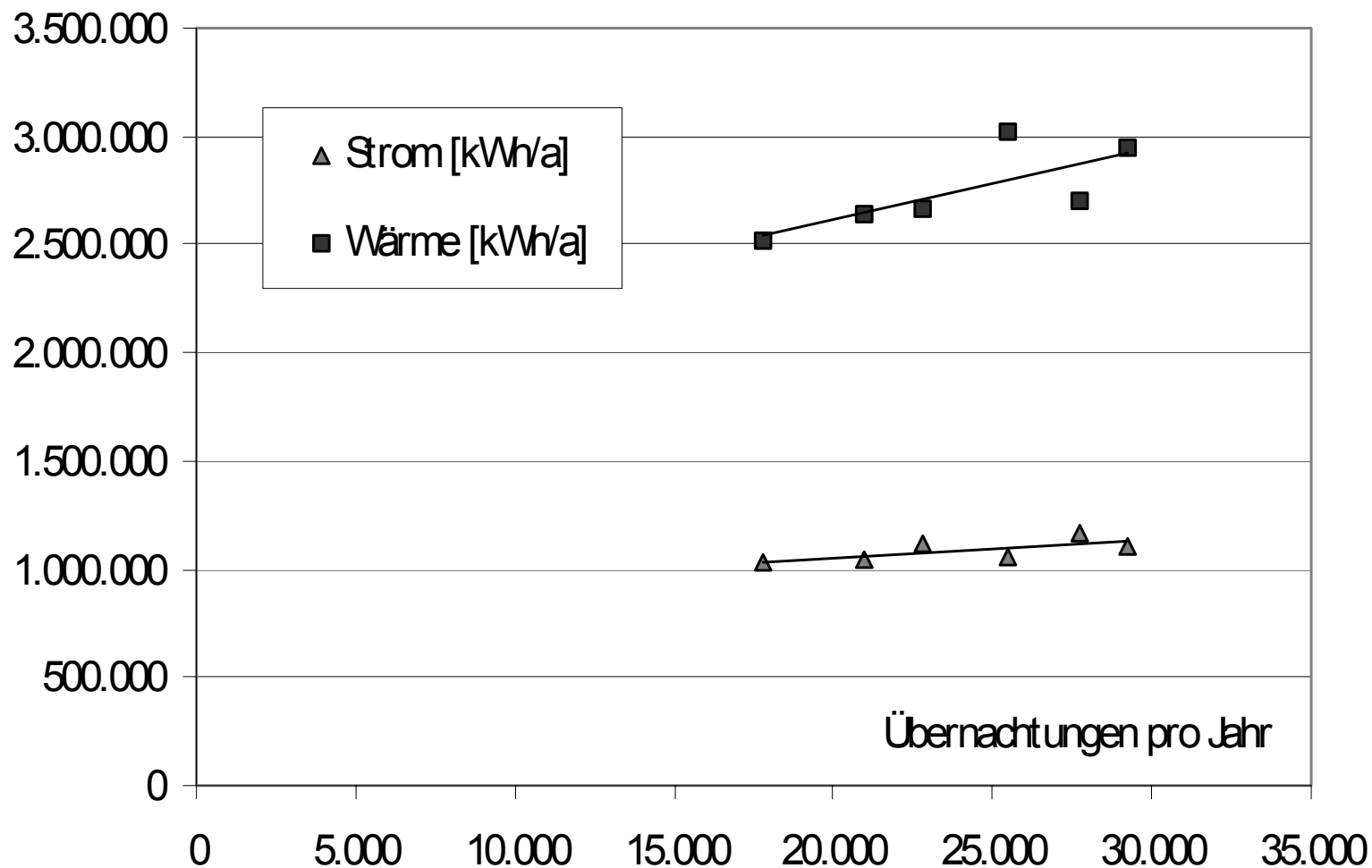
## Benchmarking/Stromverbrauchskennwerte

- Definitionen:
  - Kennwert = auf eine sinnvolle Größe bezogener Stromverbrauch von Gebäuden oder technischen Anlagen
  - Benchmarking = Kennwertvergleich mit den Besten
- internes Benchmarking: Vergleich mit Werten der Vorjahre
- externes Benchmarking: Vergleich mit ähnlichen Gebäuden
- grobes Hilfsmittel, Aussage: „Hier sollte man genauer hinschauen“

## Externes Benchmarking: z.B. Stromverbrauch von Bürogebäuden

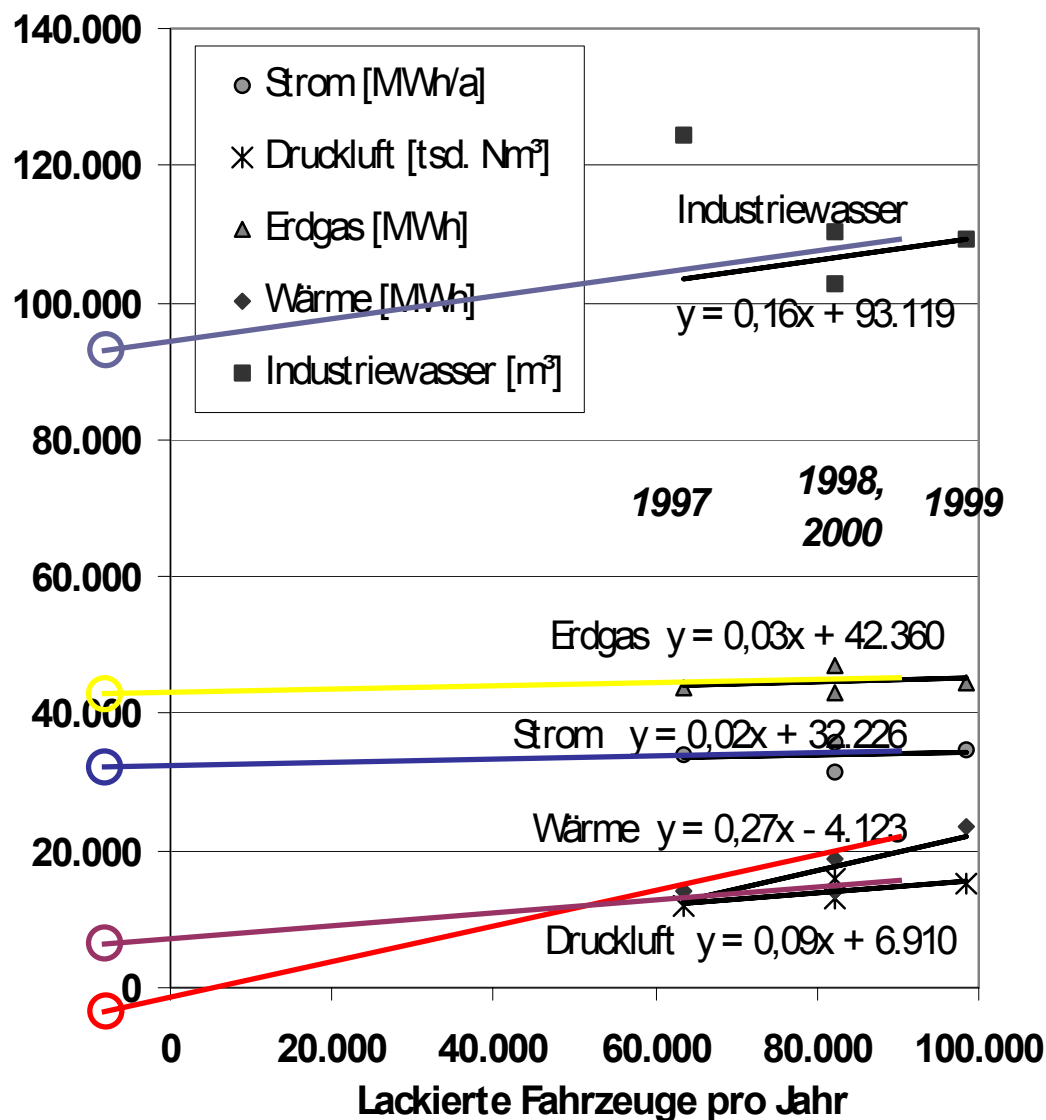


## Internes Benchmarking: z.B. Energieverbrauch im Hotel



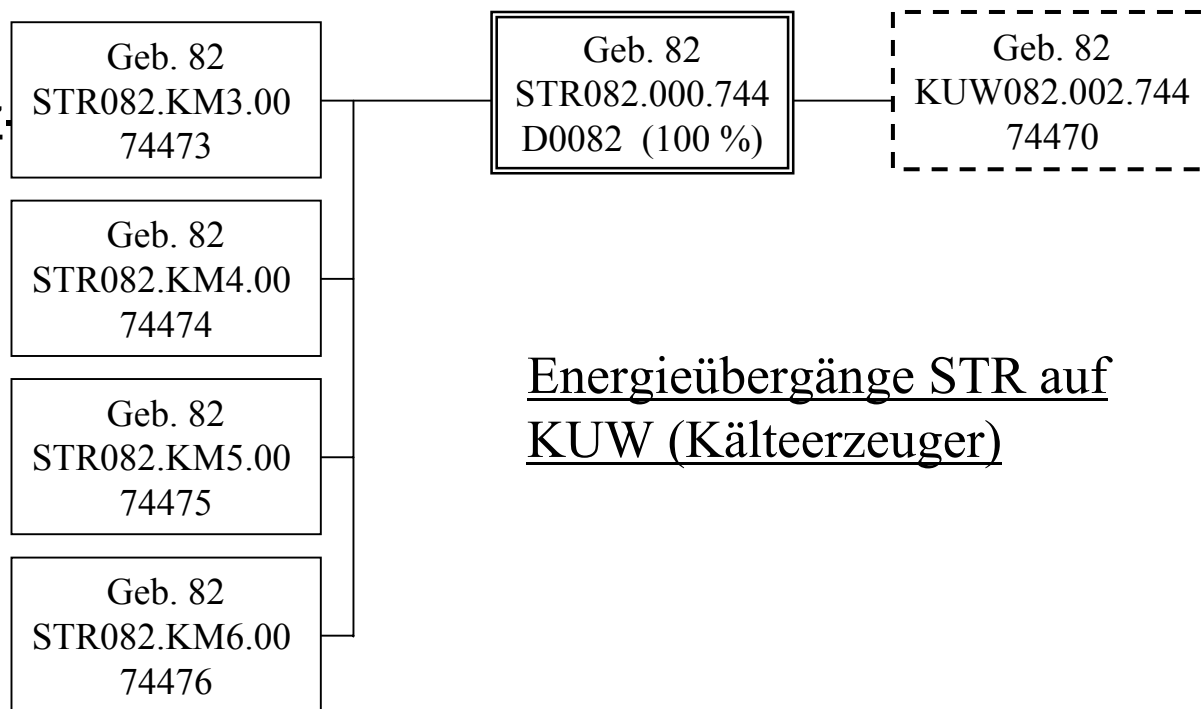
## Internes Benchmarking: z.B. Automobilbau

- Bezugsgröße:  
Anzahl lackierter Autos
  - Auch hier:
    - „Grundlast“ kann größer als 90% sein !
    - Ausnahme Wärme:  
Wärmeeintrag durch Erdgas u. Strom „deckt“ Wärmebedarf bei geringer Anzahl lackierter Autos
- „Grundlast“ kann sehr gut mit Sofortmaßnahmen gesenkt werden



## Energiecontrolling

- Beispiel Industriebetrieb
- Hunderte Zähler werden von Leittechnik erfasst
- Alle Zähler sind in Bilanzmodell abgebildet
- Automatische Kennwertbildung
- Energiebericht wird regelmäßig ausgewertet



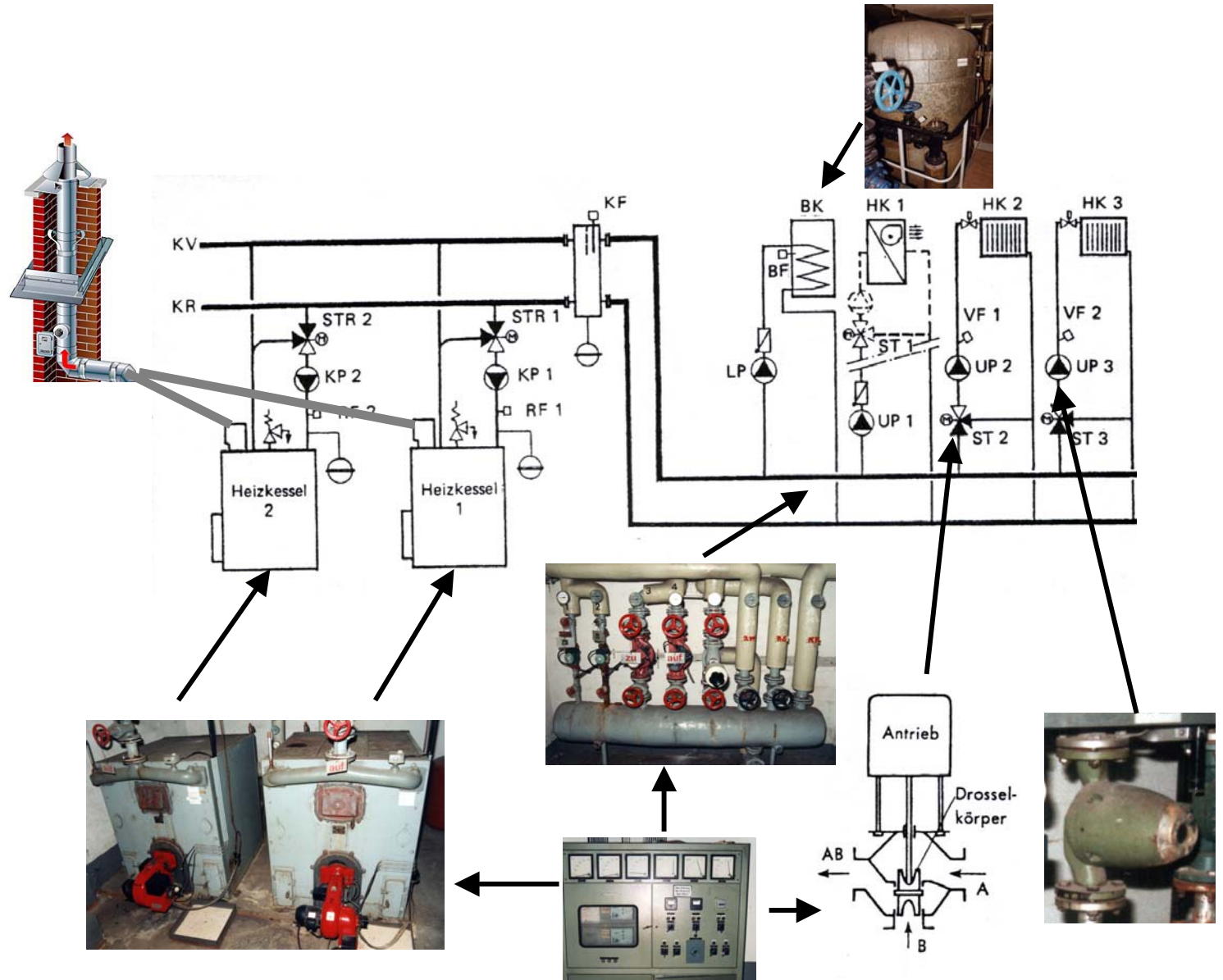
## Beispiel: Krankenhaus

- Unterzähler an Bauteilen
  - Manuelle Ablesung
  - Keine regelmäßige Auswertung
- Datengrab

	1997	1998
<u>Fernwärme</u>		
Krh	3.887.759,23 kWh	4.016.024,40 kWh
AKH	884.039,00 kWh	933.229,51 kWh
Phy	445.705,94 kWh	468.805,99 kWh
<u>Gas</u>		
Krh	1.257.485,23 kWh	1.132.419,35 kWh
MK	503.693,77 kWh	486.983,65 kWh
<u>Strom</u>		
Krh	2.103.180,00 kWh	1.966.963,00 kWh
AKH	483.944,00 kWh	482.190,50 kWh
Phy	83.176,00 kWh	97.556,50 kWh
MK	68.280,00 kWh	67.390,00 kWh

Maria  
König

# Bestandteile von Wärmeverorgungsanlagen



## Ausführung von Heizkesseln

Die wichtigsten Heizkessel zur Raumwärmeerzeugung:

- Heizkessel mit Gasbrennern (atmosphärisch oder mit Gebläse)
- Heizkessel mit Ölbrennern (Verdampfungsbrenner, Öldruckzerstäubungsbrenner, Injektionszerstäubungsbrenner ...)

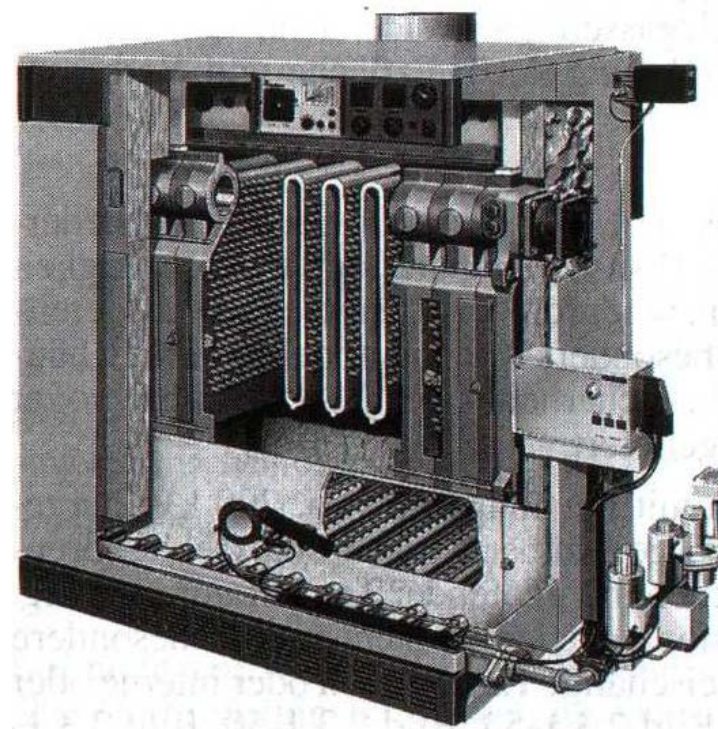
Kessel, die vor allem zur Prozesswärmeerzeugung werden:

- HD- und ND-Dampfkessel
- Schnelldampferzeuger (gasbefeuert oder elektrisch)
- Thermoölkessel
- Warmlufterzeuger
- (Elektrische Wärmeerzeuger)



## Heizkessel - Aufbau und Funktionsweise

- Aufgabe: Mit möglichst großem „Nutzungsgrad“ Brennstoff in Wärme umwandeln
- Bestandteile
  - Brenner
  - Wärmetauscherflächen übernehmen Heizgase an das Heißwasser Pumpen, Regelung, Abgasanlage
- **Kesselwirkungsgrade** im Betrieb („Brenner an“) ca. 86-94%
- Aber: **Kesselnutzungsgrade** z.B. wegen Bereitschaftszeiten häufig < 70%!



## Ermittlung des Kessel-Jahresnutzungsgrades

### Verlustarten bei Heizkesseln

- Abgasverluste (nur bei „Brenner an“)
- Abstrahlverluste („Brenner an“ und Bereitschaft „Brenner aus“)
- Bereitschaftsverluste = Abstrahlverluste + Auskühlverluste („Brenner aus“)

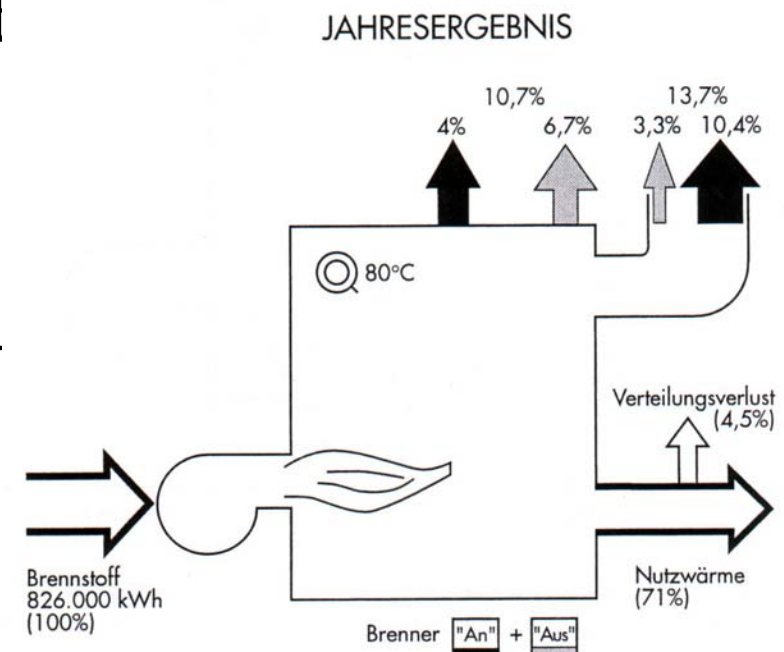
Wirkungsgrad = 100 % - Abgasverlust

**Nutzwärme** =

Brennstoffheizwert -  
(Abgas- + Abstrahl- + Auskühlverlust)

**Kesselnutzungsgrad** =

Nutzwärme / Brennstoffheizwert



## Grenzwerte für Abgasverluste (1. BImSchV)

Nennwärmeleistung in Kilowatt	Grenzwerte für die Abgasverluste
über 4 bis 25	11
über 25 bis 50	10
über 50	9

Nennwärmeleistung in Kilowatt	Zeitpunkt für die Einhaltung der Abgasverlustgrenzwerte nach <u>§ 11 Abs. 1</u>			
	Höhe der Überschreitung der Abgasverlustgrenzwerte nach <u>§ 11 Abs. 1</u> gemäß dem Ergebnis der Einstufungsmessung			
	keine Überschreitung	1 Prozentpunkt	2 Prozentpunkte	3 Prozentpunkte oder mehr
bis 100	1.11.2004	1.11.2004	1.11.2002	1.11.2001
über 100	1.11.2004	1.11.2004	1.11.2002	1.11.1999

*Beispiel:* Kessel (194 kW) mit Abgasverlust 11%  $\Rightarrow$  bis 1.11.02 modernisieren

## Heizkesselvollbenutzungsstunden, Auslegung prüfen

Überschlägige Überprüfung der Heizkesselauslegung

- Brennstoffverbrauch x Nutzungsgrad = **Nutzwärmeverbrauch**
- Nutzwärmeverbrauch/Heizkesselleistung = **Vollbenutzungsstunden**
- **Beispiel Bürogebäude:** Prüfen, ob Vollbenutzungsstunden
  - >1500 h/a angepasste Leistung
  - >1200 h/a leicht überdimensioniert
  - <1000 h/a stark überdimensioniert

Tabelle 6. Vollbenutzungsstunden  $b_{VH}$  für Überschlagsrechnungen gültig für Düsseldorf\*)

Gebäudeart	$b_{VH}$
Einfamilienhaus	2.100
Mehrfamilienhaus	2.000
Bürohaus	1.700
Krankenhaus	2.400
Schule, einschichtiger Unterricht	1.100
Schule, mehrschichtiger Unterricht	1.300

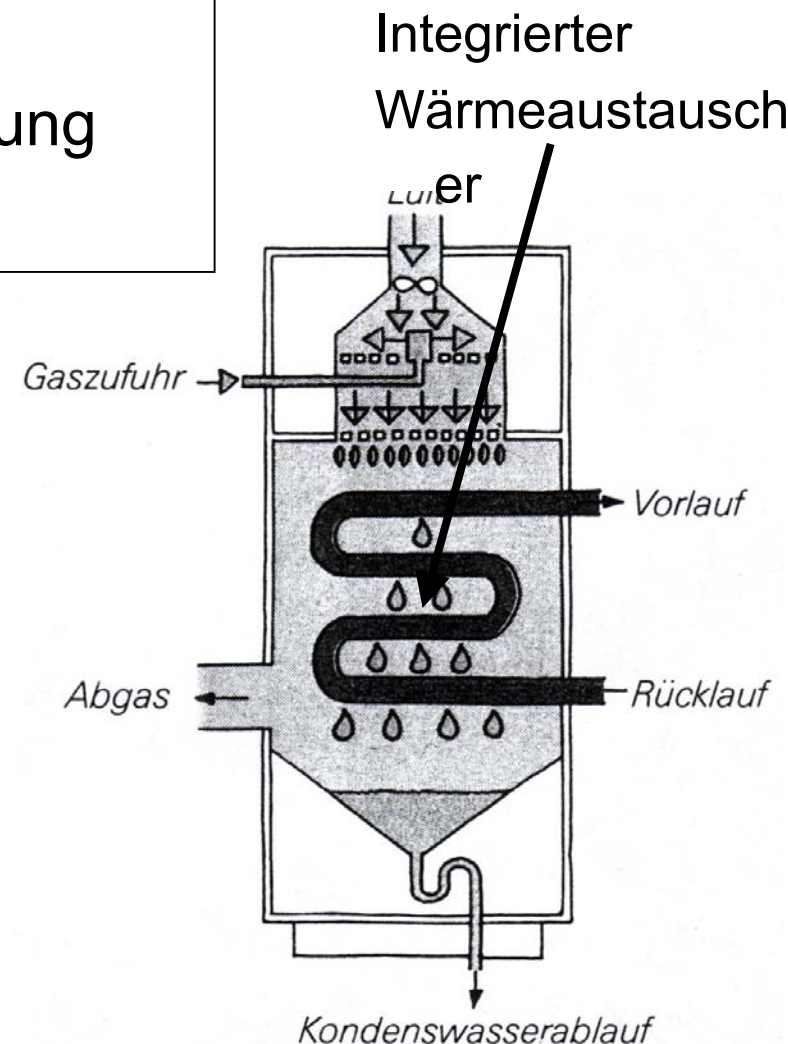
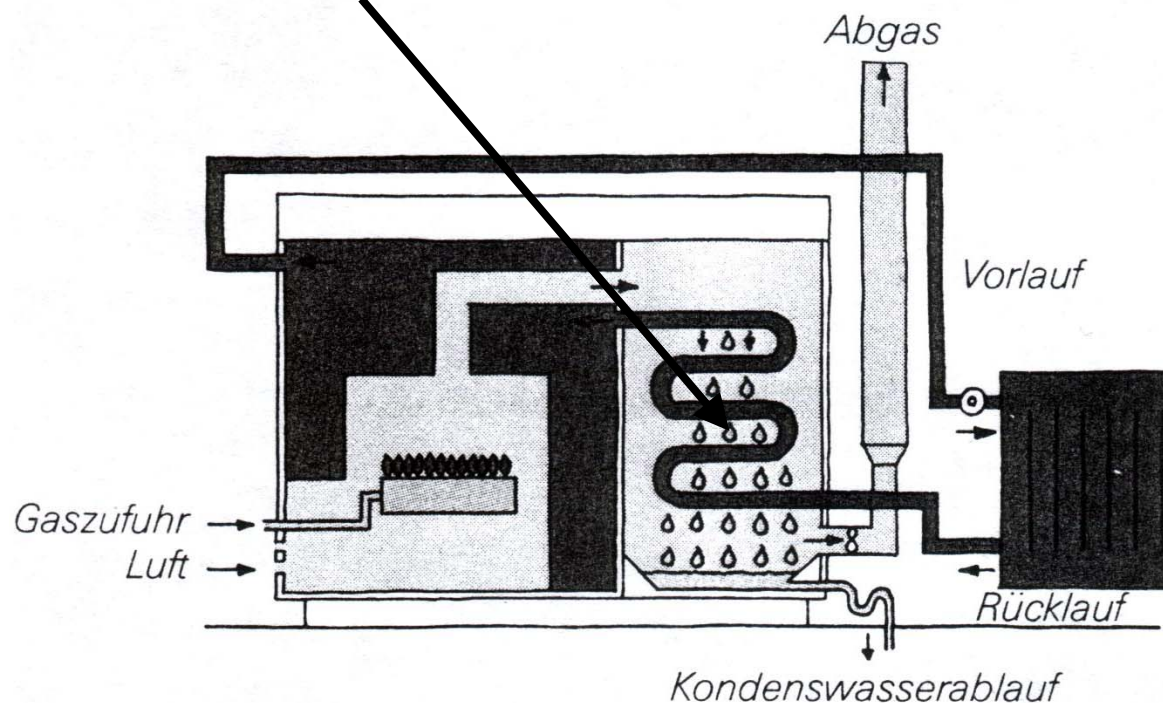
**VDI 2067**

\*) die Umrechnungsfaktoren  $f_v$  für die Vollbenutzungsstunden anderer Städte als Düsseldorf sind Anhang A7 zu entnehmen

## Brennwerteffekt und Brennwertkessel

- Senkung Abgastemperaturen von 140-160°C auf 40-50°C
- Kondensationswärme zur Rücklaufanhebung genutzt

Nachgeschalteter



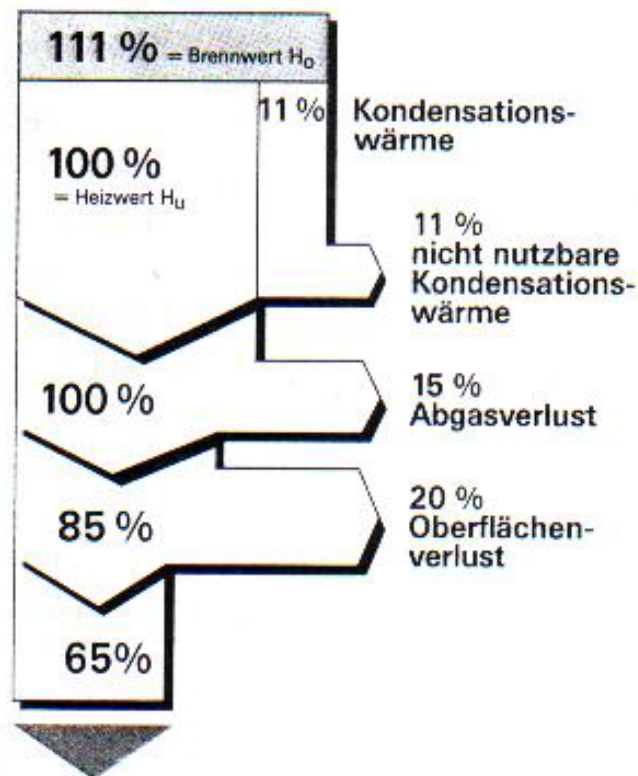
# Vorteile Brennwert- kessel

Alter Kessel

Gas-Brennwertkessel

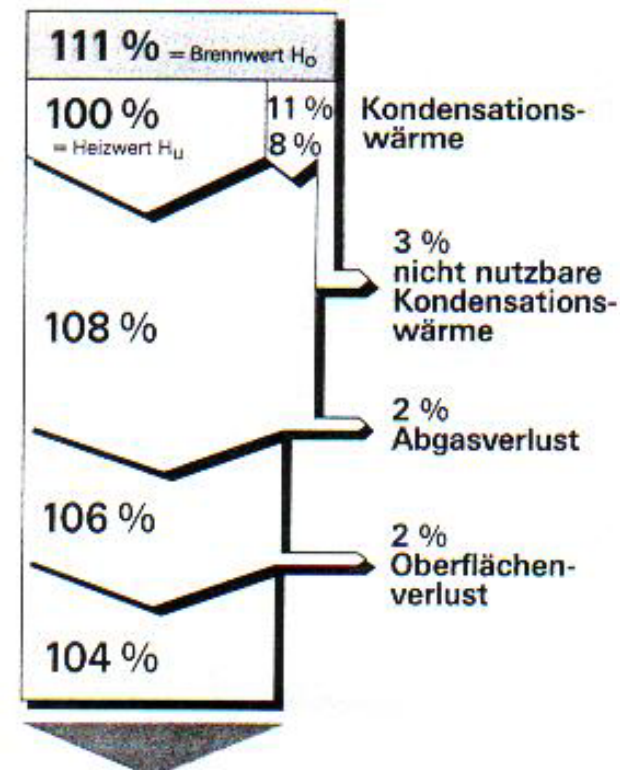
(bei Systemtemperatur 40/30 °C)

Energieeinsatz



Nutzungsgrad

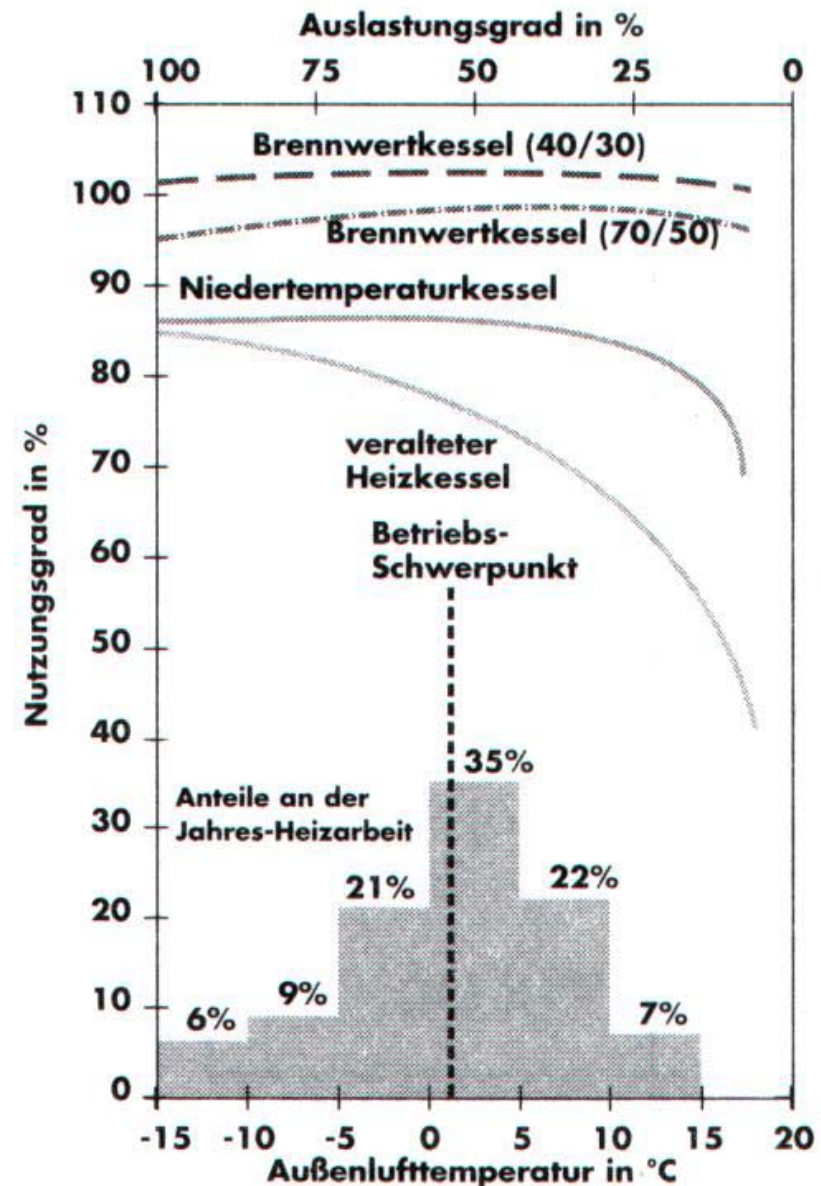
Energieeinsatz



Nutzungsgrad

## Brennwertkessel fühlen sich bei „Kälte“ wohler

- Steigerung Nutzungsgrad bei mittleren Temperaturen („Betriebsschwerpunkt“)
- Größte Energieeinsparungen in der Übergangszeit



## Heizungsumwälzpumpen - Aufbau und Funktionsweise

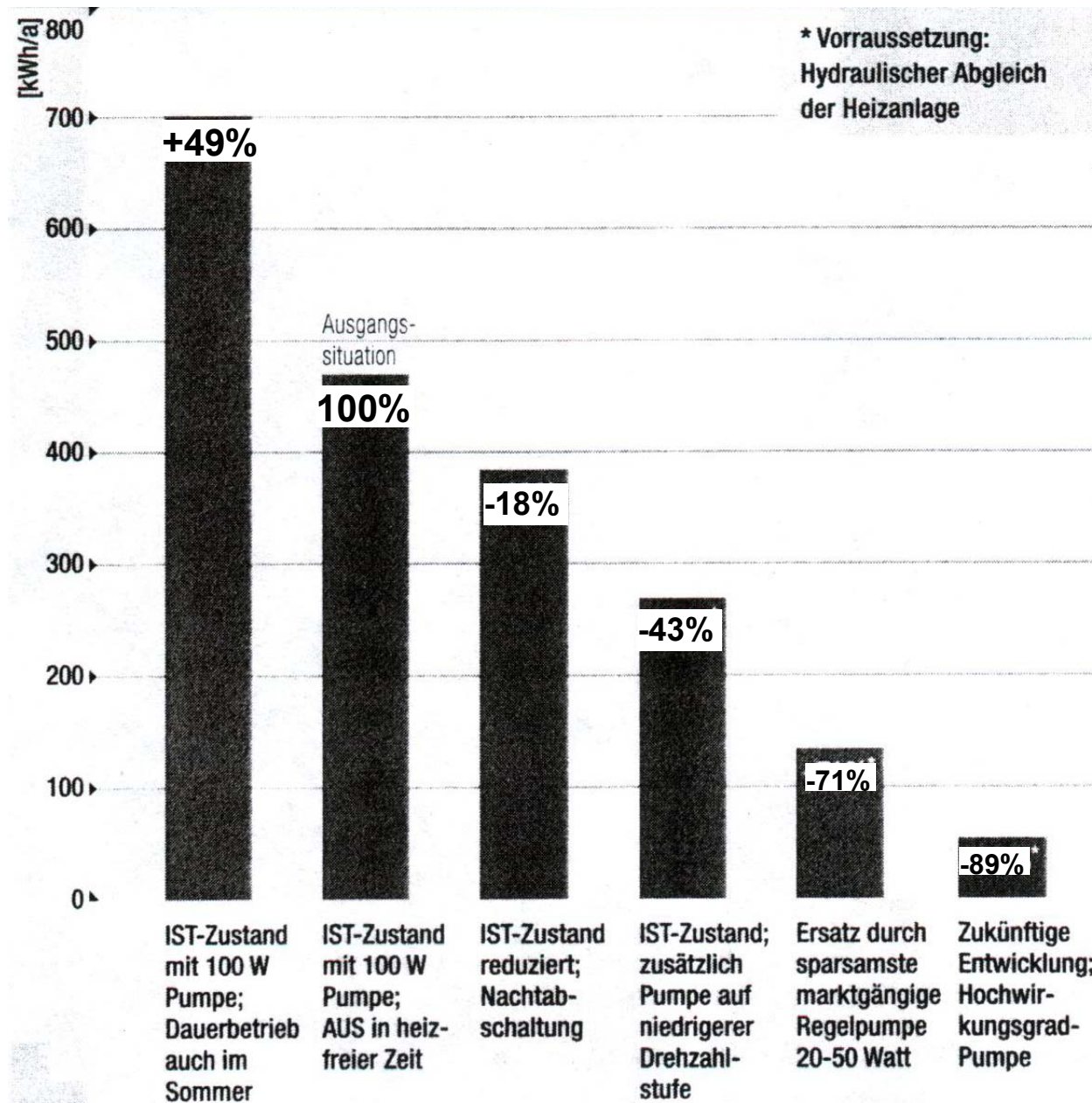
- Erzeugen Wasserumlauf in Pumpenwarmwasserheizungen
- Überwiegend als Kesselpumpen (Dauerläufer)
- Förderstrom  $V$  (=Volumen in  $m^3$ )
- Förderhöhe  $H$  (=Druckdifferenz zwischen Saug- und Druckstutzen)
- Förderleistung  $P$  (auf die Flüssigkeit übertragene nutzbare Energie)



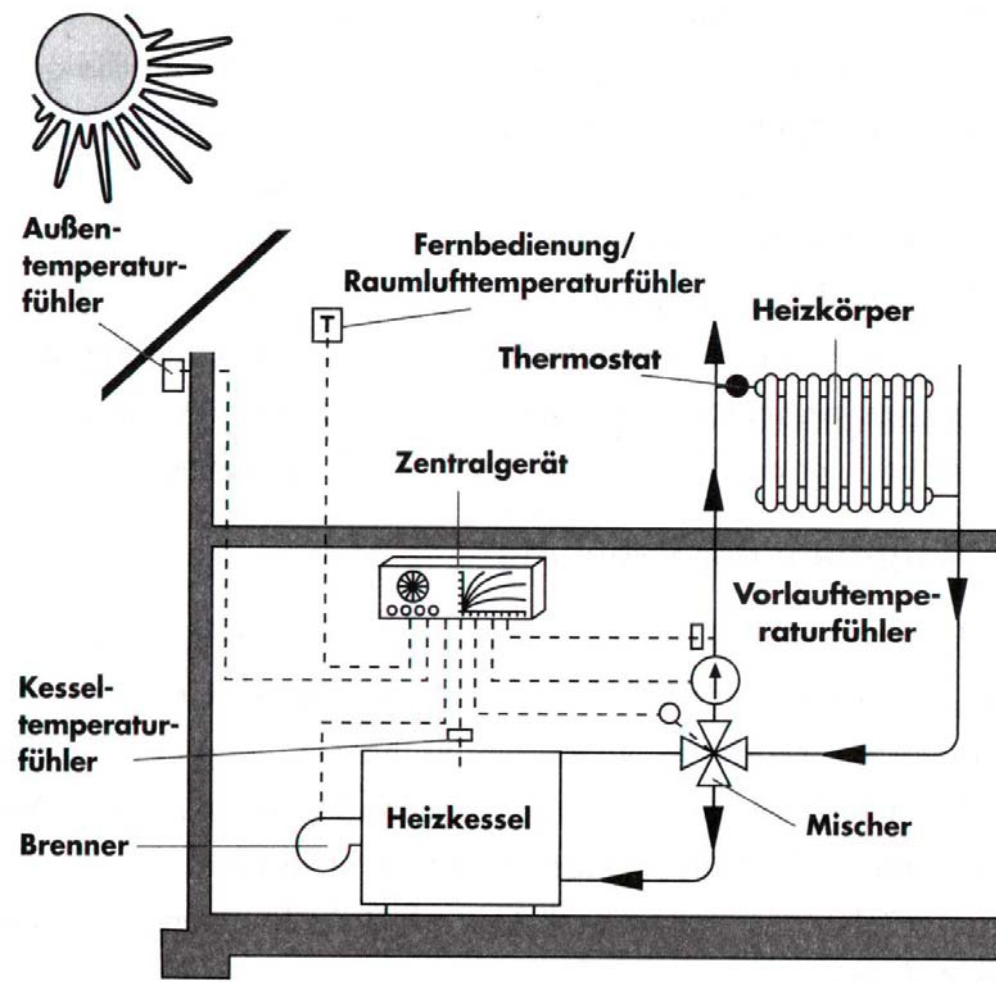
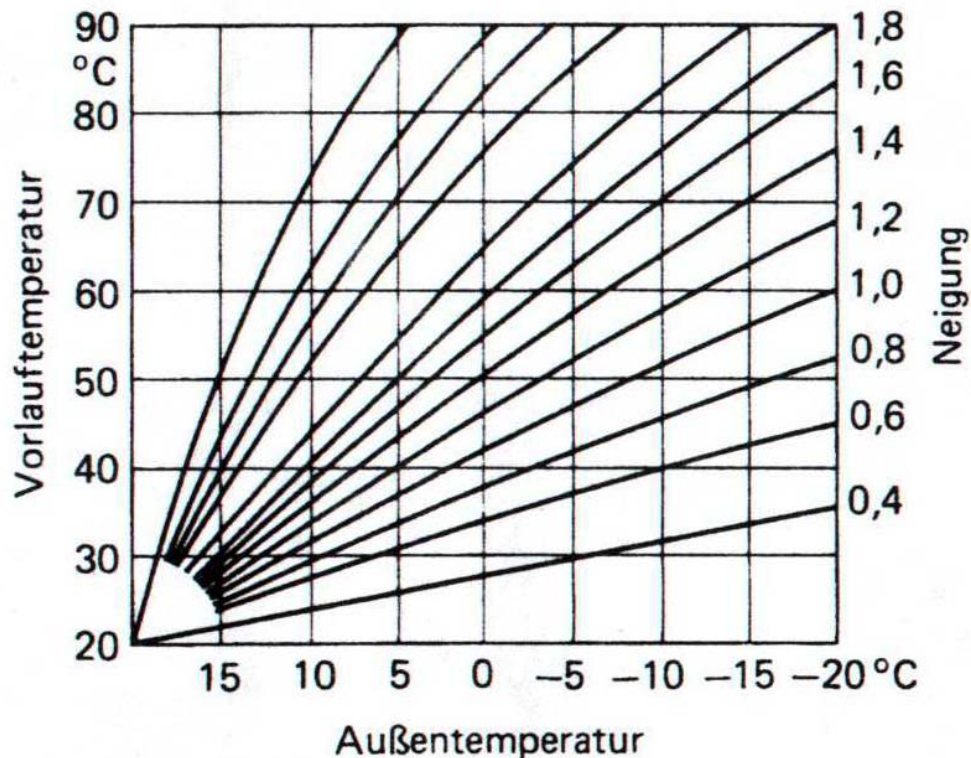
### Produktmerkmale

Baureihe	UPE Serie 100	UPE Serie 2000
Drehzahl	geregelt	geregelt
Förderstrom	bis 3,5 $m^3/h$	bis 80 $m^3/h$
Förderhöhe	bis 4,5 m	bis 12 m
Leistungsaufnahme	bis 100 W	bis 1600 W
Medientemperatur	+2 bis +95°C	+15 bis +110°C
Schutzart	IP 42	IP 42
Anschlußgröße	R 1	R 1 bis DN 100
Max. Betriebsdruck	10 bar	10 bar
Gehäuseausführung	GG	GG BZ

# Stromein- sparungen bei Heizungs- umwälzpumpen

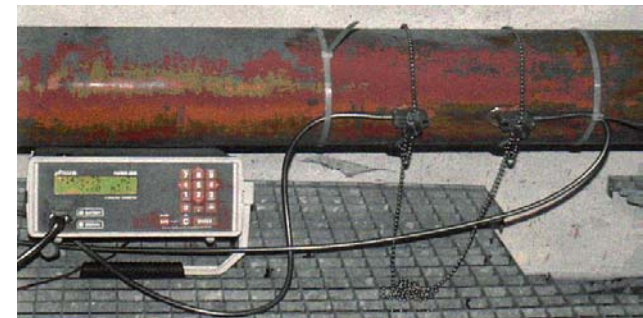


# Witterungsgeführte Regelung



## Warmwasserbedarf

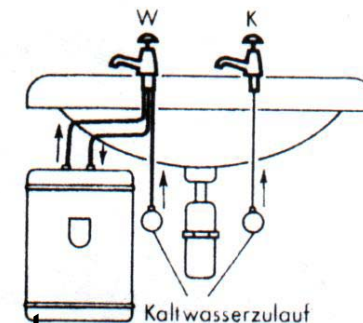
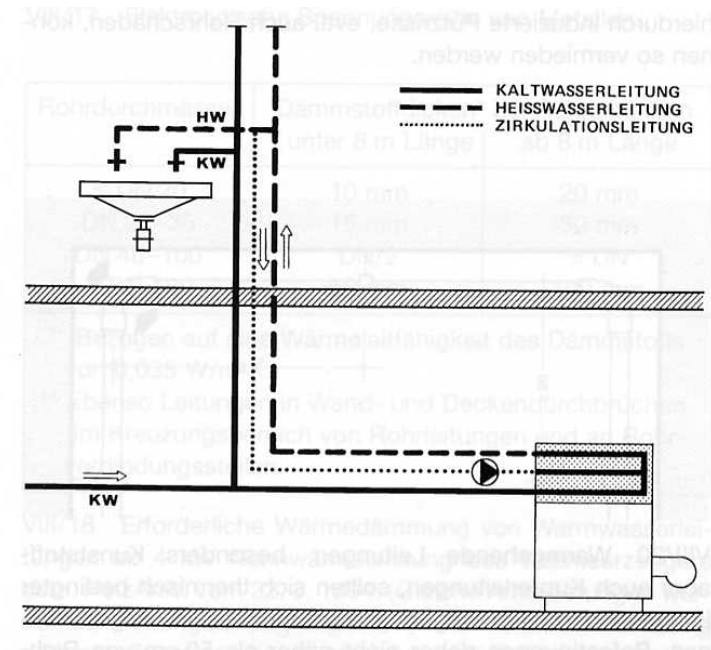
- Meist kein Warmwasserzähler; Abschätzung notwendig
- Warmwasserbedarf sehr unterschiedlich (Küche/Kantine?, Duschen? ... )
- Verhältnis Warmwasser/Trinkwasser bilden
- Warmwasseranteil meist 10-30 % vom Trinkwasser
- Ggf. Messungen



Bedarfsfall	Warmwasser-Bedarf	Temperatur
Krankenhäuser .....	100...300 l/Tag, Bett	60 °C
Kasernen .....	30... 50 l/Tag, Person	45 °C
<b>Bürogebäude</b> .....	<b>10... 40 l/Tag, Person</b>	<b>45 °C</b>
Medizinische Bäder .....	200...400 l/Tag, Patient	45 °C
Kaufhäuser .....	10... 40 l/Tag, Beschäftigte	45 °C

## Zentrale und dezentrale Wassererwärmung

- Zentrale Erwärmung:
  - Versorgung beliebig vieler Abnahmestellen
  - Oft Zirkulationsleitung notwendig
  - Praktisch alle Energiequellen nutzbar (z.B. durch Anschluss an Heizkessel)
  - Hohe Investitionskosten
  - Oft hohe Verteilungsverluste
- Dezentrale Erwärmung
  - Nur eine bzw. wenige Abnahmestellen (Einzel- bzw. Gruppenversorgung)
  - Nur wenige Energiequellen nutzbar
  - Bei Kleinspeichern hohe Bereitschaftsverluste



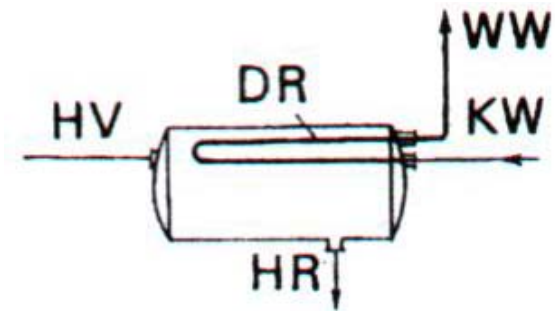
## Durchflusssystem und Speichersystem

- Durchflusssystem:

- Geringer Platzbedarf
- Keine hygienischen Probleme
- Nicht für stark schwankende Abnahme geeignet (Hotel)
- Steinbildung
- Hohe Wärmeleistung notwendig (v.a. Strom)

- Speichersystem:

- Belastungsspitzen werden ausgeglichen
- Lieferung großer Wassermengen in kurzer Zeit
- Höhere Investitionskosten
- Bereitschaftsverluste



## Hygienische Anforderungen

- Legionärskrankheit: Häufig tödliche Form der Lungenentzündung
  - Überträger sind bestimmte Bakterien, die *Legionellen*
  - Vermehrung besonders zwischen 32 ... 42 °C
  - Einnahme von L. in Trinkwasser unbedenklich
  - Gefährlich: Einatmen von Aerosolen (in Luft verteilte Tröpfchen)
- Quellen sind Duschanlagen, Luftbefeuchter, Kühltürme
- Maßnahmen z.B.:
  - Zirkulationsleitung bis kurz vor Zapfstelle führen
  - Abtötung bei 60 ... 65 °C, deswegen kurzzeitige Erhitzung des Systems
    - aber: Verbrühungsgefahr sowie erhöhte Steinbildung
  - Desinfektion mit UV-Strahlung

## Stromversorgung

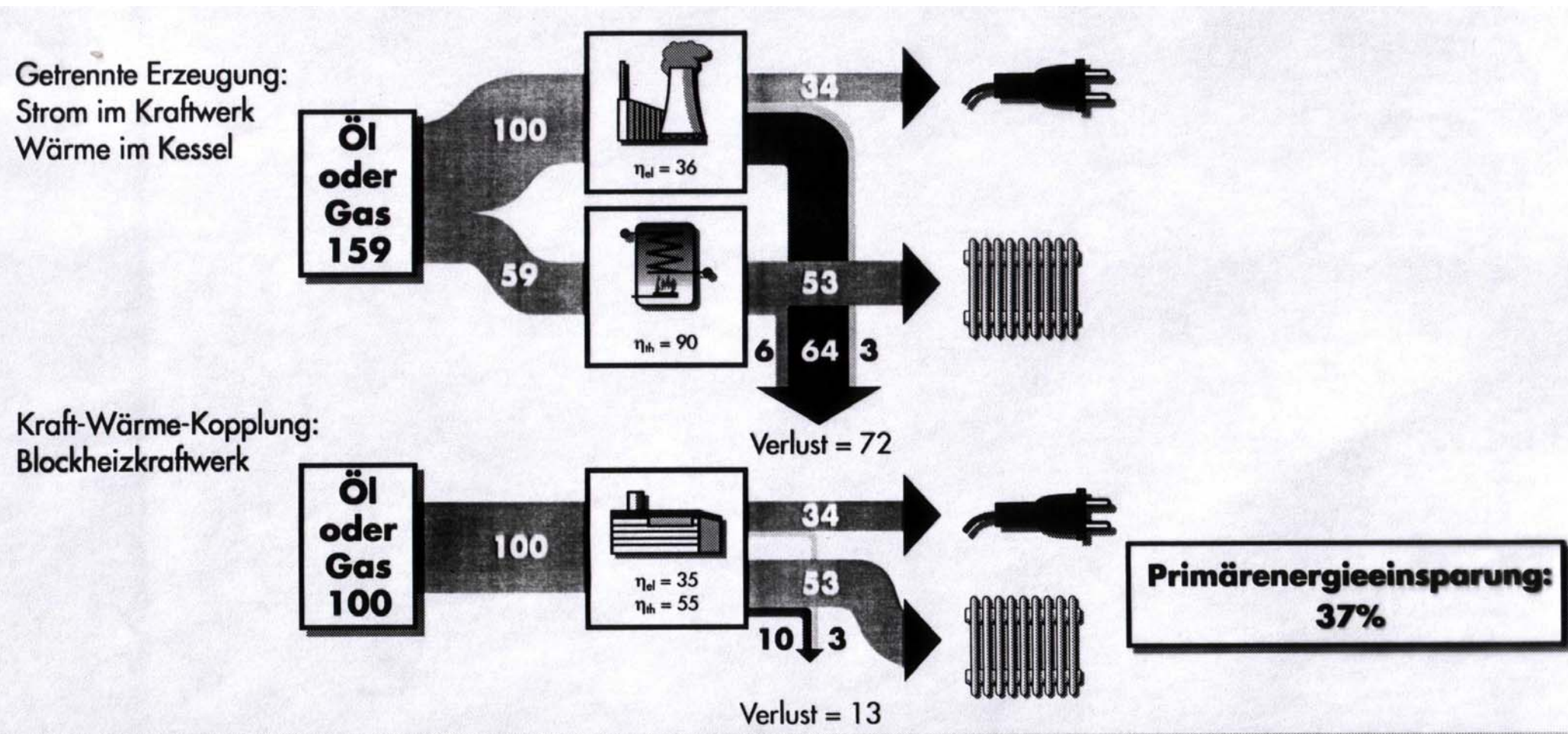
- Größere Unternehmen werden häufig auf der Mittelspannungsebene (meist 10 kV) mit Strom versorgt und haben eigene Schaltanlagen und Niederspannungsverteilung (400 V)
- Trafos können kundeneigen sein oder dem EVU gehören
- Ein Transformator hat eine Verlustleistung, die weitgehend unabhängig von der Belastung ist (z.B. neuerer Trafo mit 630 kVA: 2 kW)
- Ältere Trafos können PCB enthalten



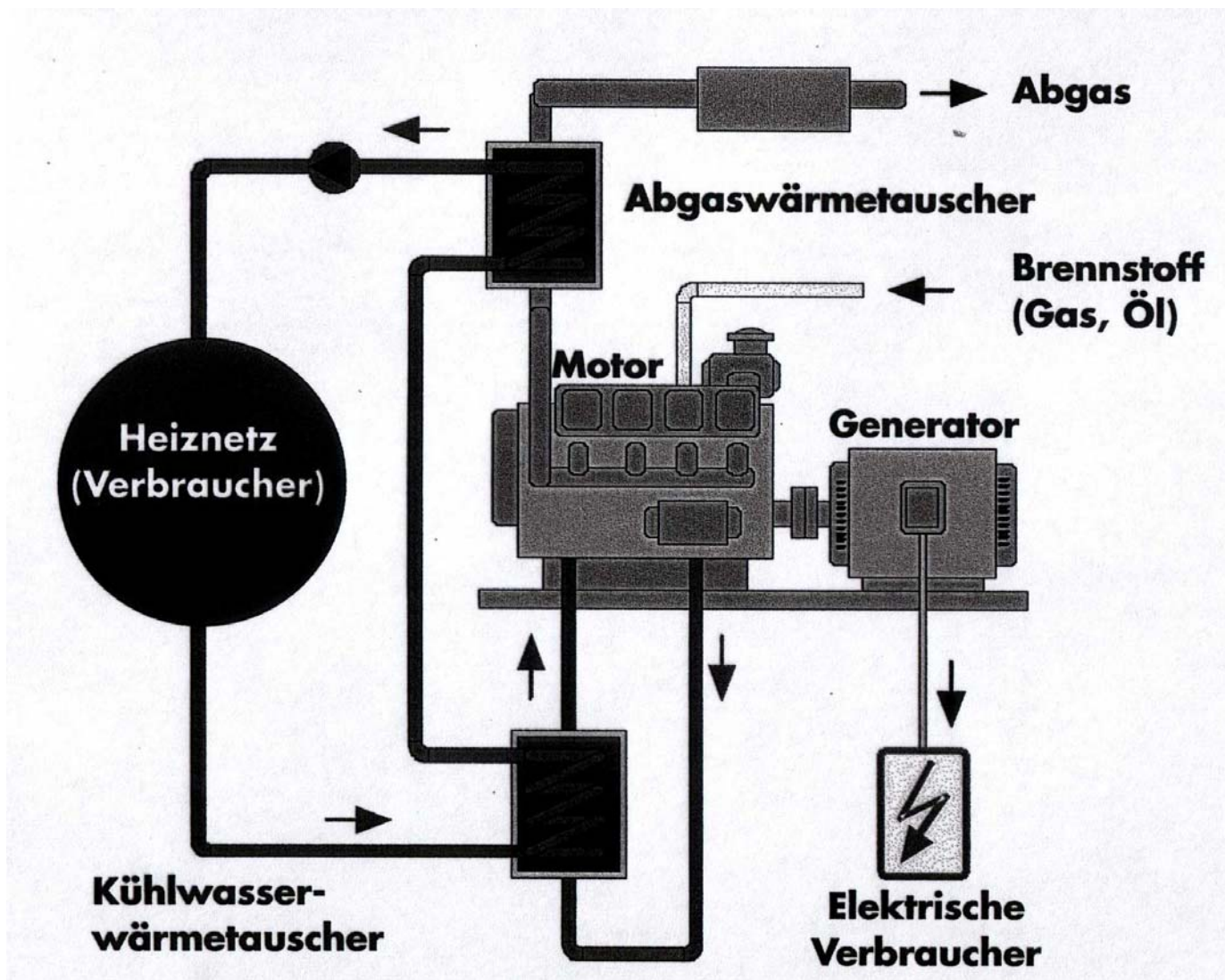
## Notstromversorgung: USV- und Netzersatzanlagen

- Immer mehr Prozesse benötigen konstante Spannungsversorgung:
  - EDV-Anwendungen
  - Fertigungsprozesse (Fertigungsstraßen, Bearbeitung komplexer Werkstücke)
  - konstant = keine Unterbrechung, keine großen Spannungsschwankungen
  - angesichts Liberalisierung des Strommarktes wird Versorgungsqualität abnehmen → Bedeutung wächst
- USV = Unterbrechungsfreie Spannungsversorgung zur kurzzeitigen Überbrückung (üblich bis 15 Minuten)
- NEA = Netzersatzanlage zur längerfristigen Überbrückung

# Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)



# Aufbau und Funktionsweise von Blockheizkraftwerken



## Beispiele für KWK-Anlagen

BHKW-  
Kleinanlage



BHKW-  
Kompaktanlage



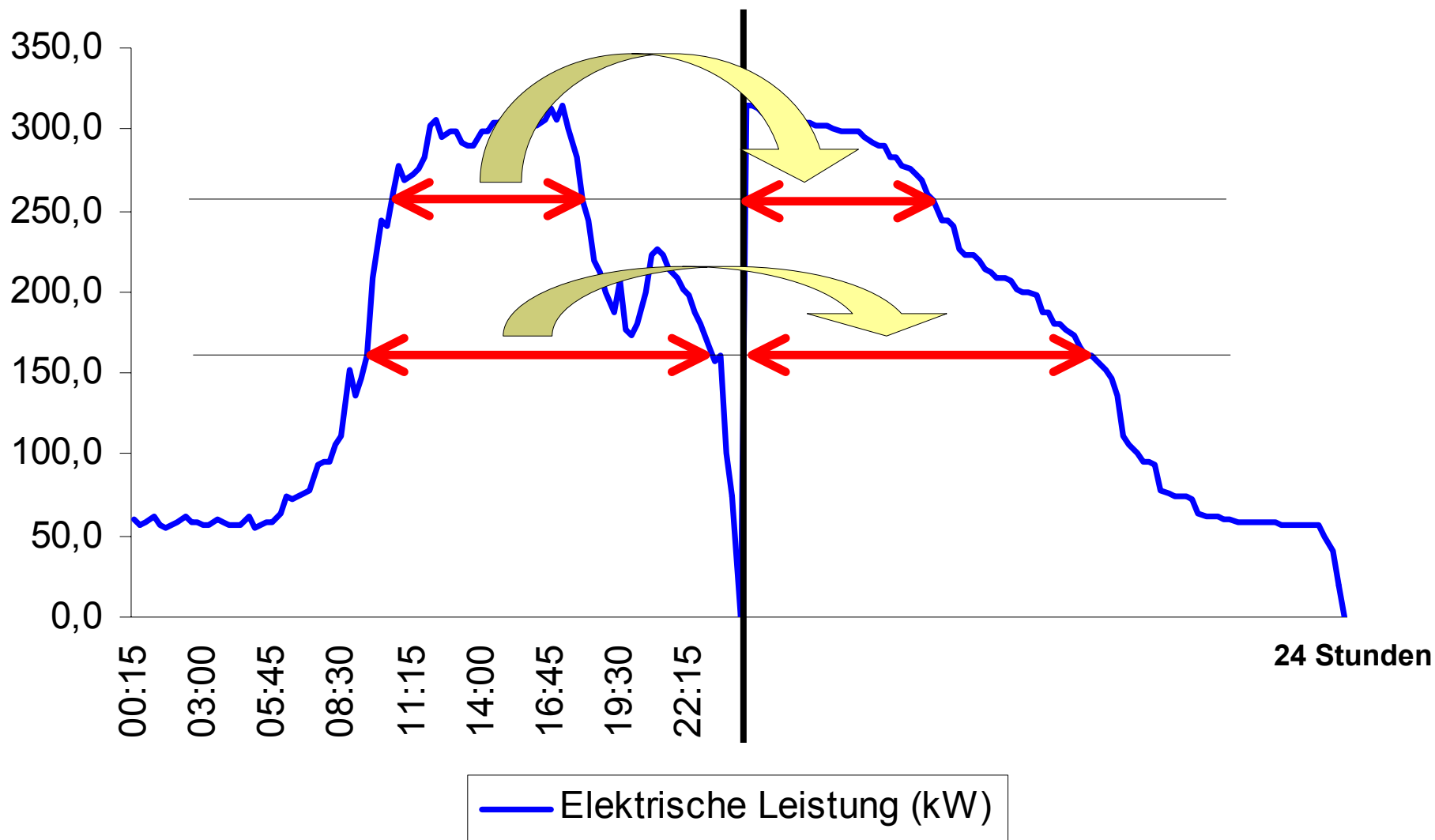
Gasturbinen KWK-



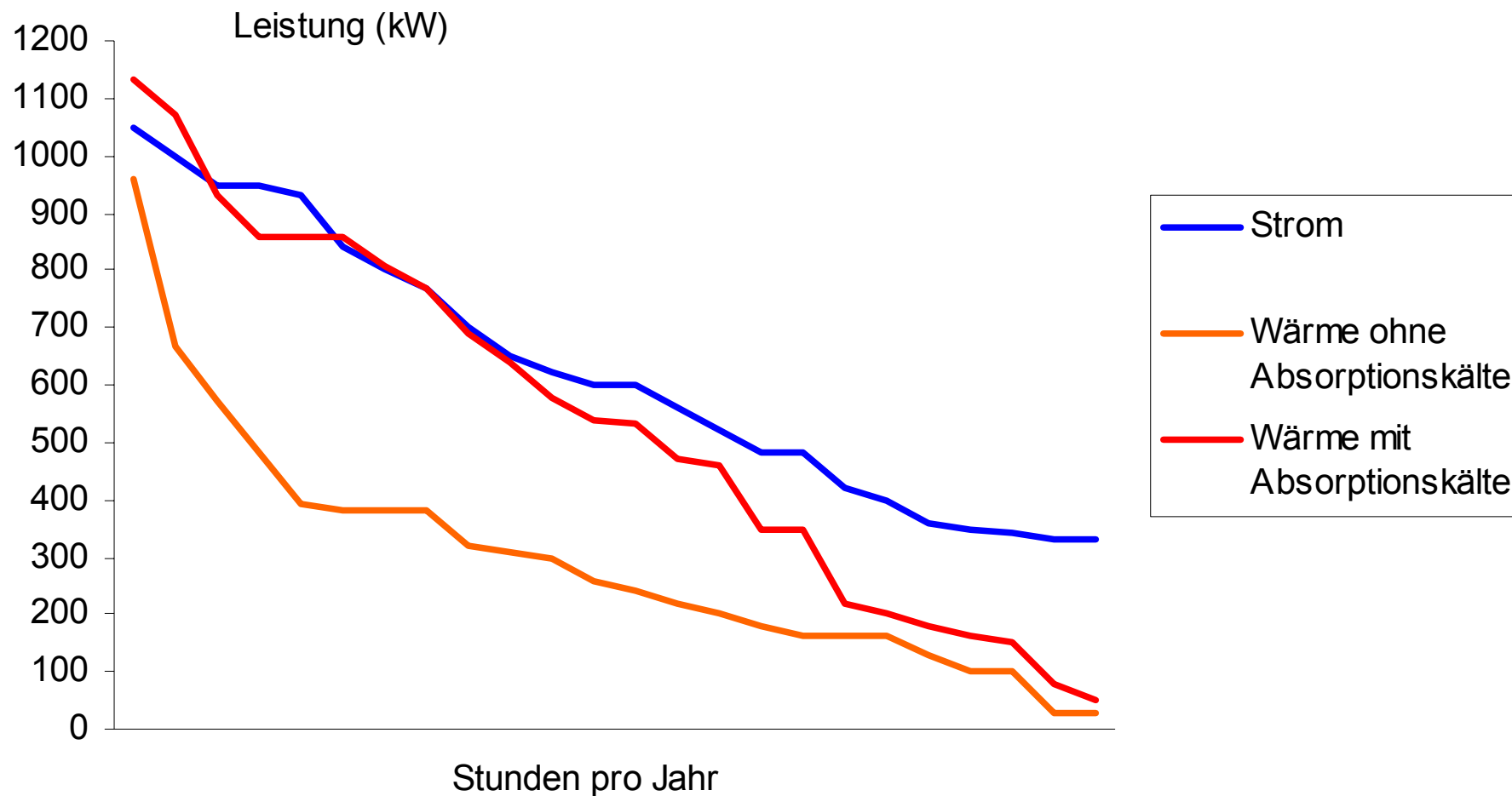
## Wichtige Begriffe im Zusammenhang mit der KWK

- Elektrischer Nutzungsgrad = elektrische Arbeit / Brennstoffmenge (Heizwert  $H_u$ )
- Thermischer Nutzungsgrad = erzeugte Wärmemenge / Brennstoffmenge
- Gesamt-Nutzungsgrad = thermischer + elektrischer Nutzungsgrad
- Stromkennzahl KWK-Aggregat = elektrische Arbeit / Wärmemenge
- Elektrische bzw. thermische Ausnutzungsdauer = elektrische Arbeit / Generatorwirkleistung bzw. erzeugte Wärmemenge / thermische Leistung
- Generatorleistung = elektrische Nennleistung an Generator клемmen (Scheinleistung in VA)
- Generatorwirkleistung = Generatorleistung  $\times \cos \varphi$
- Brennstoffleistung = die je Zeiteinheit zugeführte Primärenergie

## Vorgehen bei der Ermittlung von geordneten Dauerlinien



## Jahresdauerlinien elektrische Leistung und Wärmeleistung für ein Krankenhaus (mit und ohne Absorptionskälte)



## Beleuchtungsanlagen

- Unterscheidung der Lichtquellen in Temperaturstrahler und Entladungslampen
- Eine Leuchte besteht aus
  - Leuchtmittel/Lampe
  - Vorschaltgerät
  - Gehäuse mit Reflektor



## Effizienz von Beleuchtungsanlagen

- Effizienz hängt unter anderem ab von:
  - Leuchtmittel bzw. Lampe (Typ und Alter)
  - Vorschaltgerät (nur bei Entladungslampen)
  - Bauart der Leuchte (Lichtlenkung)
  - Steuerung (Betriebszeit, Regelung der Lichtstärke)
  - Wartung (verschmutzte Reflektoren, defekte Leuchtstofflampen mit KVG etc.)



# Bestandteile einer Kälteanlage

warme Luft +  
**Wasserdampf**  
an Umgebung

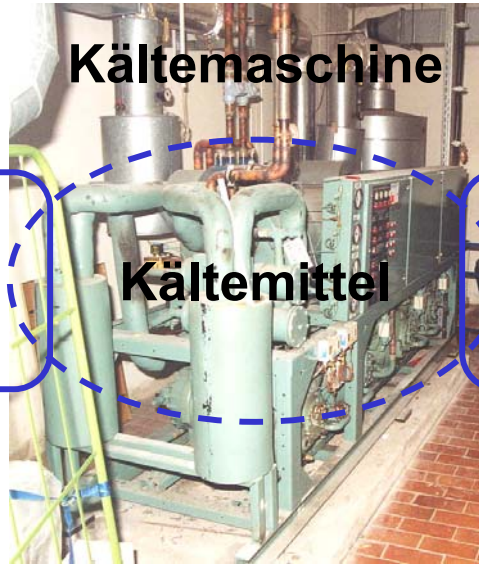
Wasser aus  
Entfeuchtung

kühlere Luft  
zu Büros



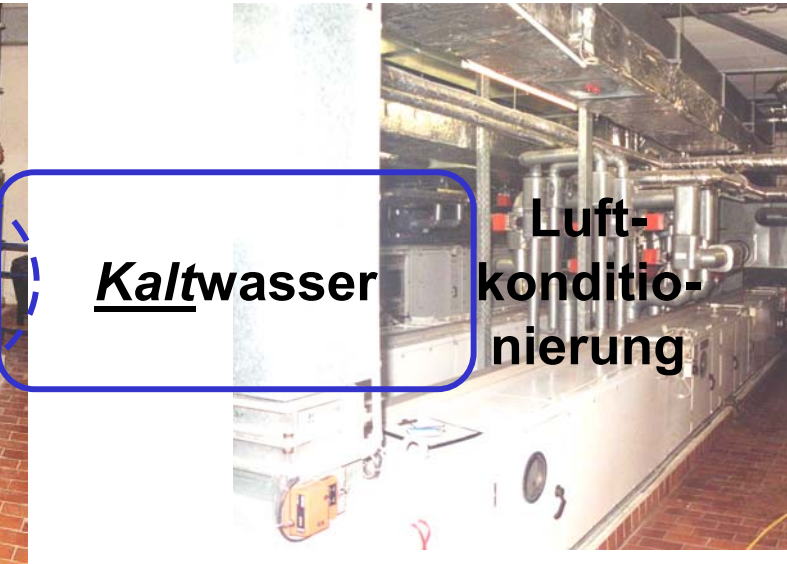
Rück-  
kühlwerk

Kühlwasser



Kältemaschine

Kältemittel



Luft-  
konditio-  
nierung

Kaltwasser

kalte Luft  
von Umgebung

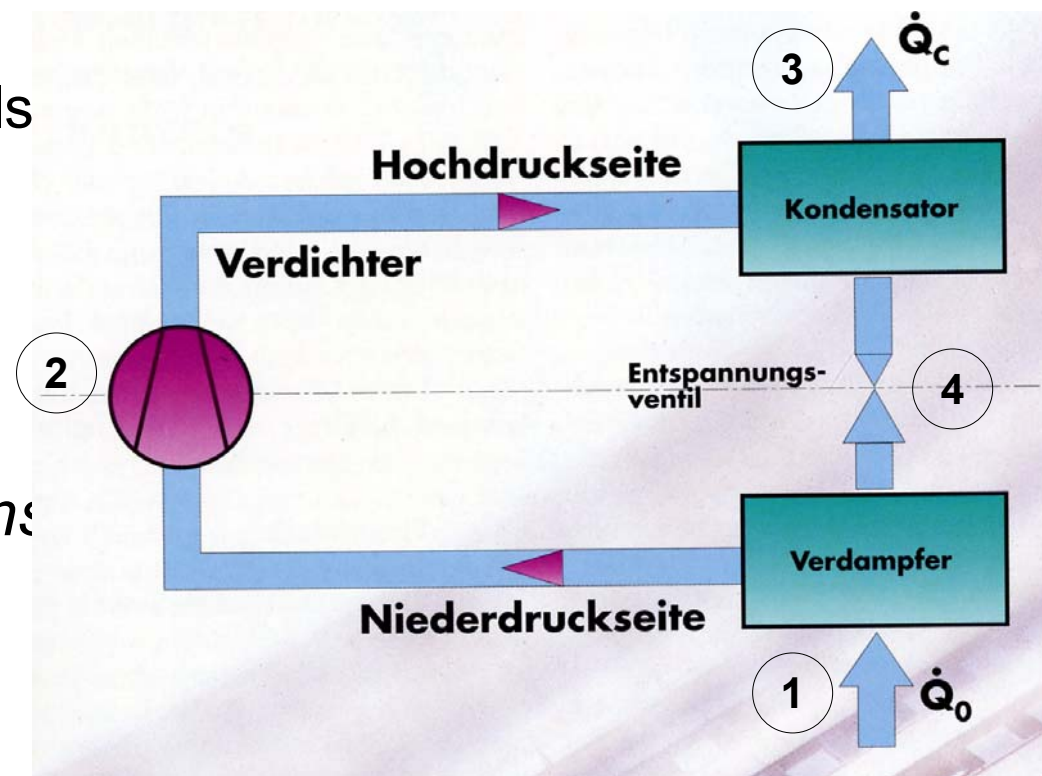
Wasser zur  
Kühlung  
(**Verdunstung**)

warme Luft  
aus Umgebung

## Der Kälteprozess

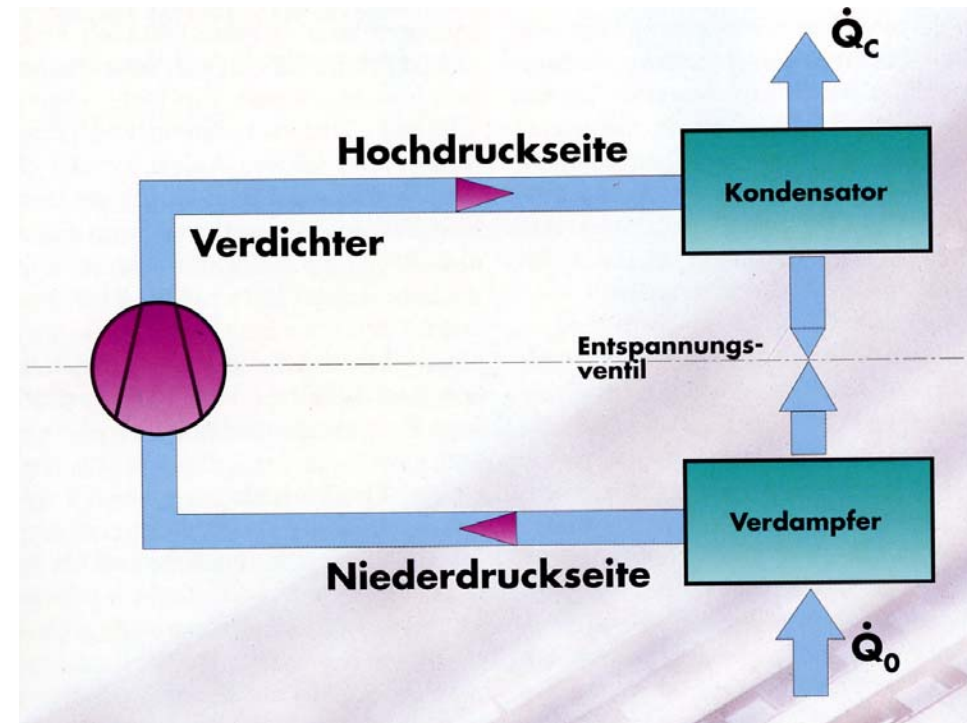
- Kälteprozess umfasst die Teilprozesse
  1. Verdampfung des Kältemittels unter Wärmeaufnahme (z.B. über Kaltwassernetz aus Kühlraum) bei niedrigem Druck
  2. Verdichtung
  3. Kondensation des Kältemittels unter Wärmeabgabe (z.B. an Kühlwasser zum Kühlturm)
  4. Entspannung

*Hinweis: Skizze aus Kompressions  
Kälteprozess*



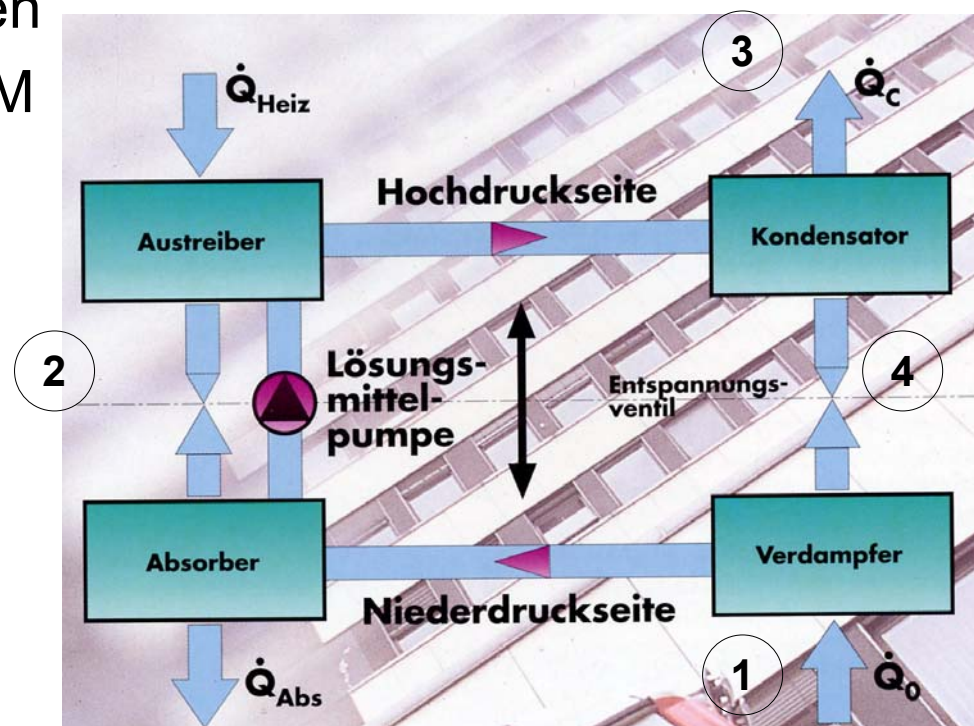
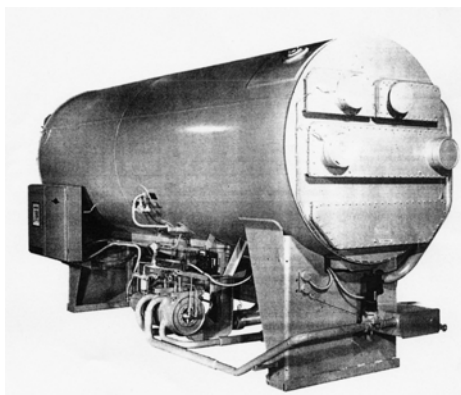
## Kompressionskältemaschine (KKM)

- Bei KKM erfolgt Verdichtung in mechanischem Verdichter unter Einsatz elektrischer Energie
- Gängige Verdichtertypen sind
  - Hubkolbenverdichter
  - Schraubenverdichter
  - Turboverdichter

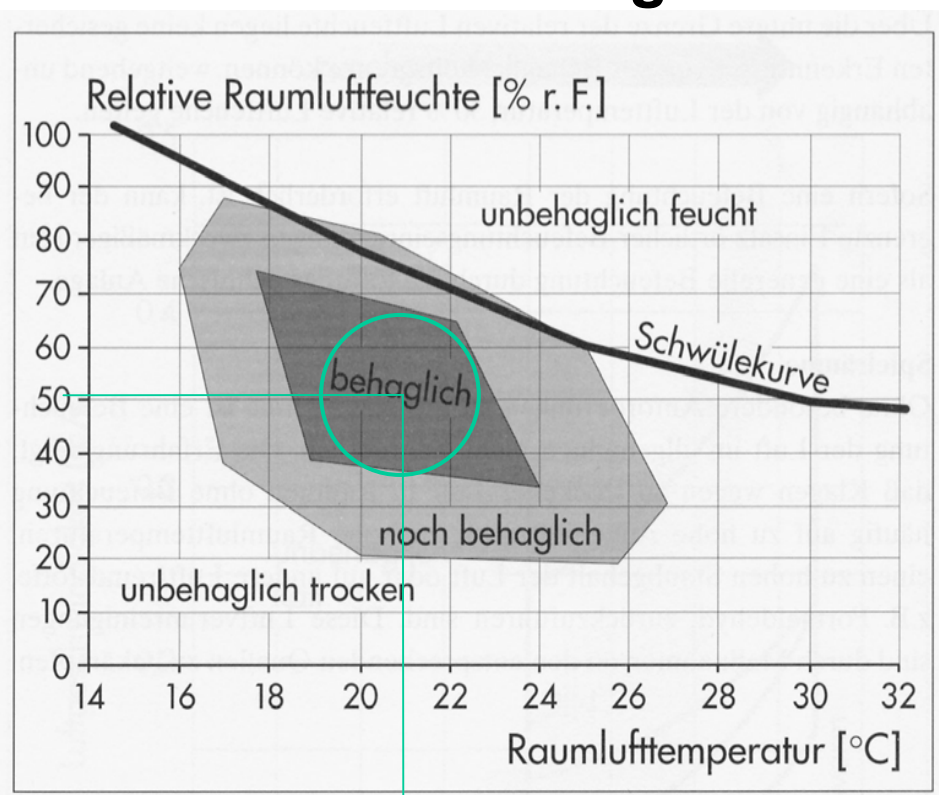


## Absorptionskältemaschine (AKM)

- Unterschiede zu KKM:
    - „Thermischer Verdichter“
    - Wärme als Antrieb (billiger als Strom, häufig Abwärme, KWKK)
    - Unproblematische Kältemittel
    - Sehr große und schwere Anlagen
    - Größere Rückkühlwerke als KKM
    - Hohe Investitionen
- Genaue Abwägung notwendig

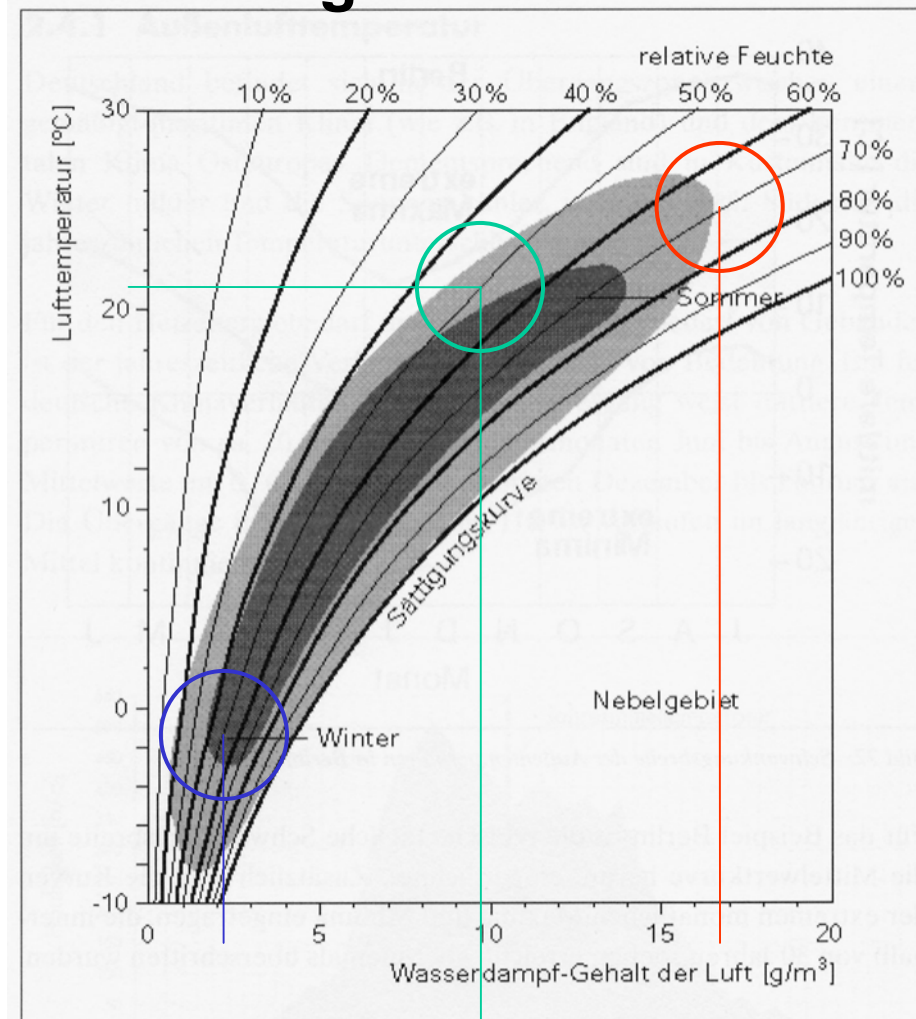


# Aufgaben der Klimatisierung



Beheizung

Kühlung



Befeuchtung

Entfeuchtung

## Drucklufterzeugung

- Komponenten:
  - Kompressor mit Steuerung
  - Drucklufttrockner
  - Kessel zur Druckhaltung (Speicher)
  - Druckluftnetz mit Armaturen (Druckminderer, Absperrarmaturen)
- Druckluftanlagen bieten häufig hohe Einsparpotenziale

