



# Energieeffizienz in der Kälteerzeugung – Rahmenbedingungen und Entwicklungswege

Prof. Dipl. Wirtsch. Ing. Jörg Probst



**Netzwerk  
Kälteeffizienz**

Hamburg

# Energieeffizienz in der Kälteerzeugung – Rahmenbedingungen und Entwicklungswege

Rahmenbedingungen

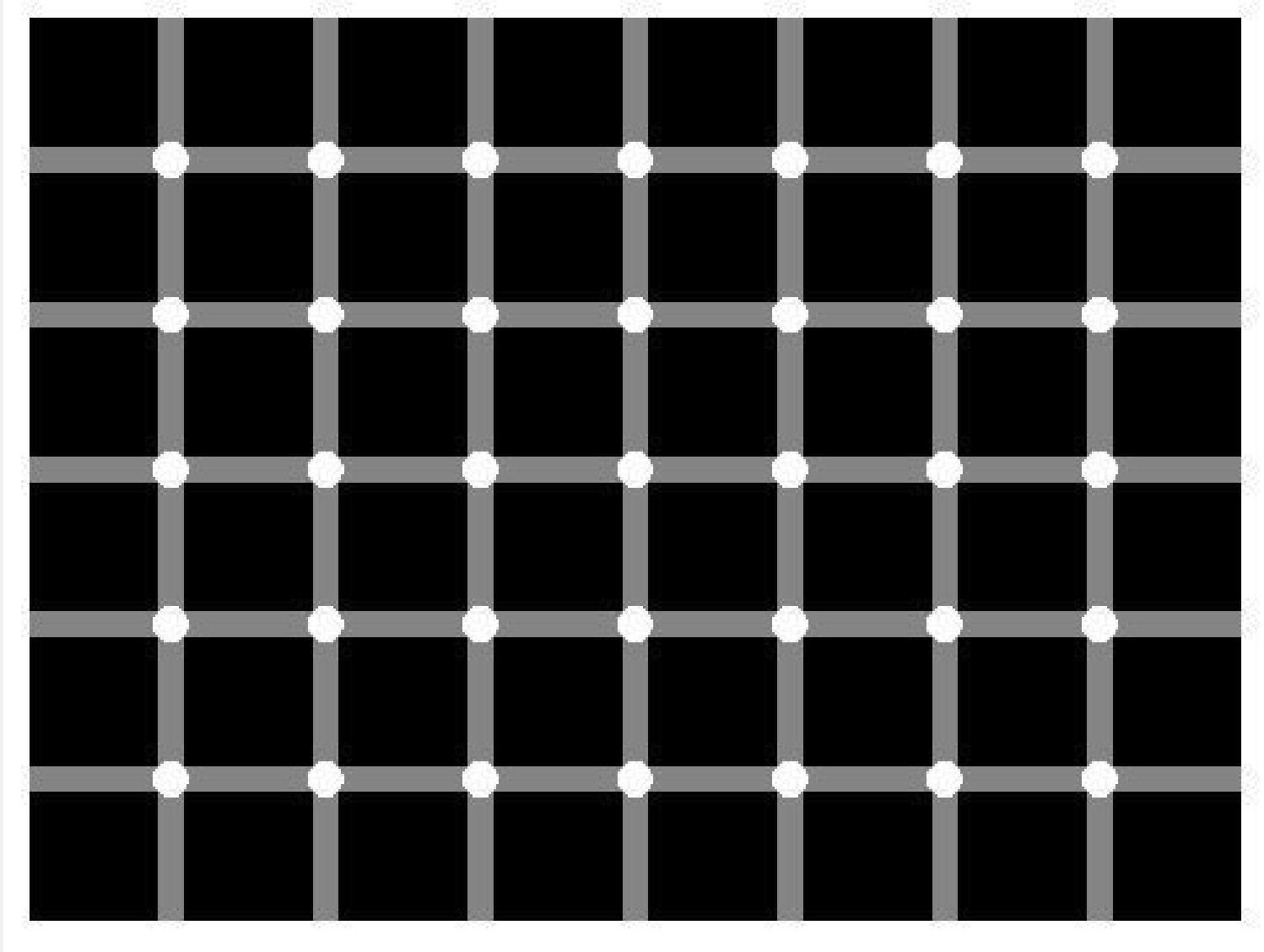
Potenzial:  
Energiemanagement

Potenzial:  
Eigenbedarfsdeckung

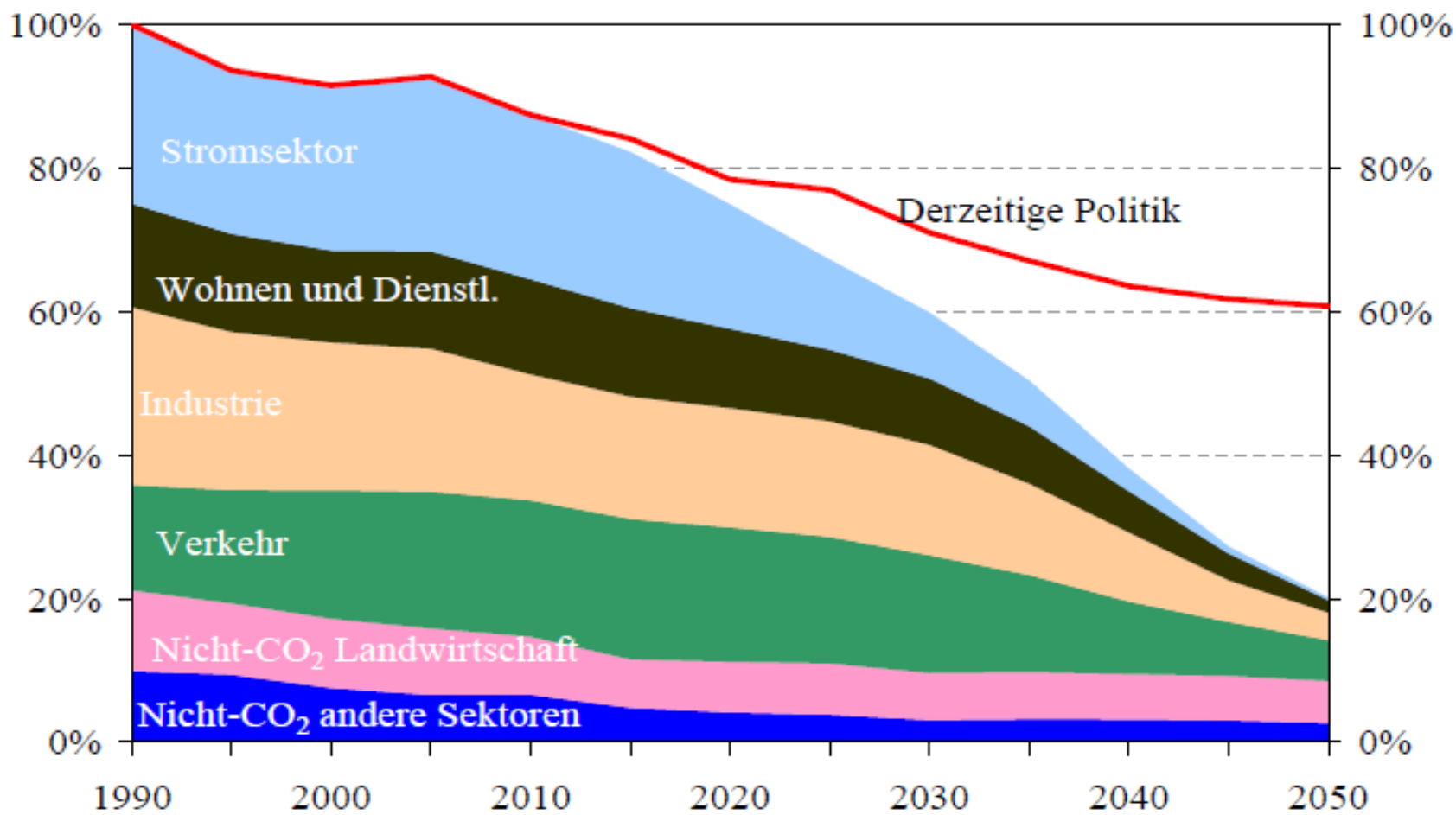
Potenzial: demand  
response

Abwärmennutzung in  
der Kälteerzeugung

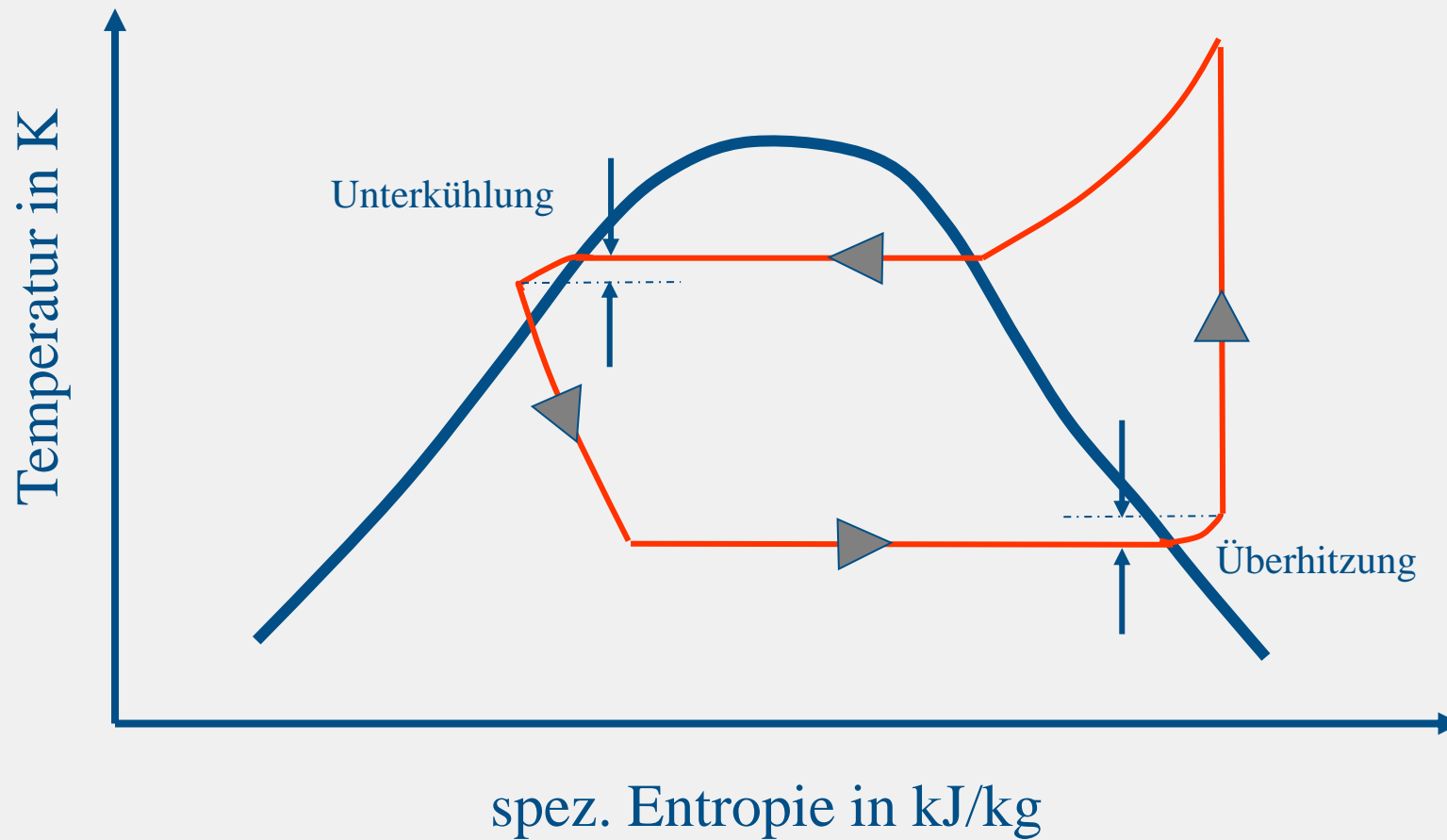
Kraft-Wärme-  
Kältekopplung



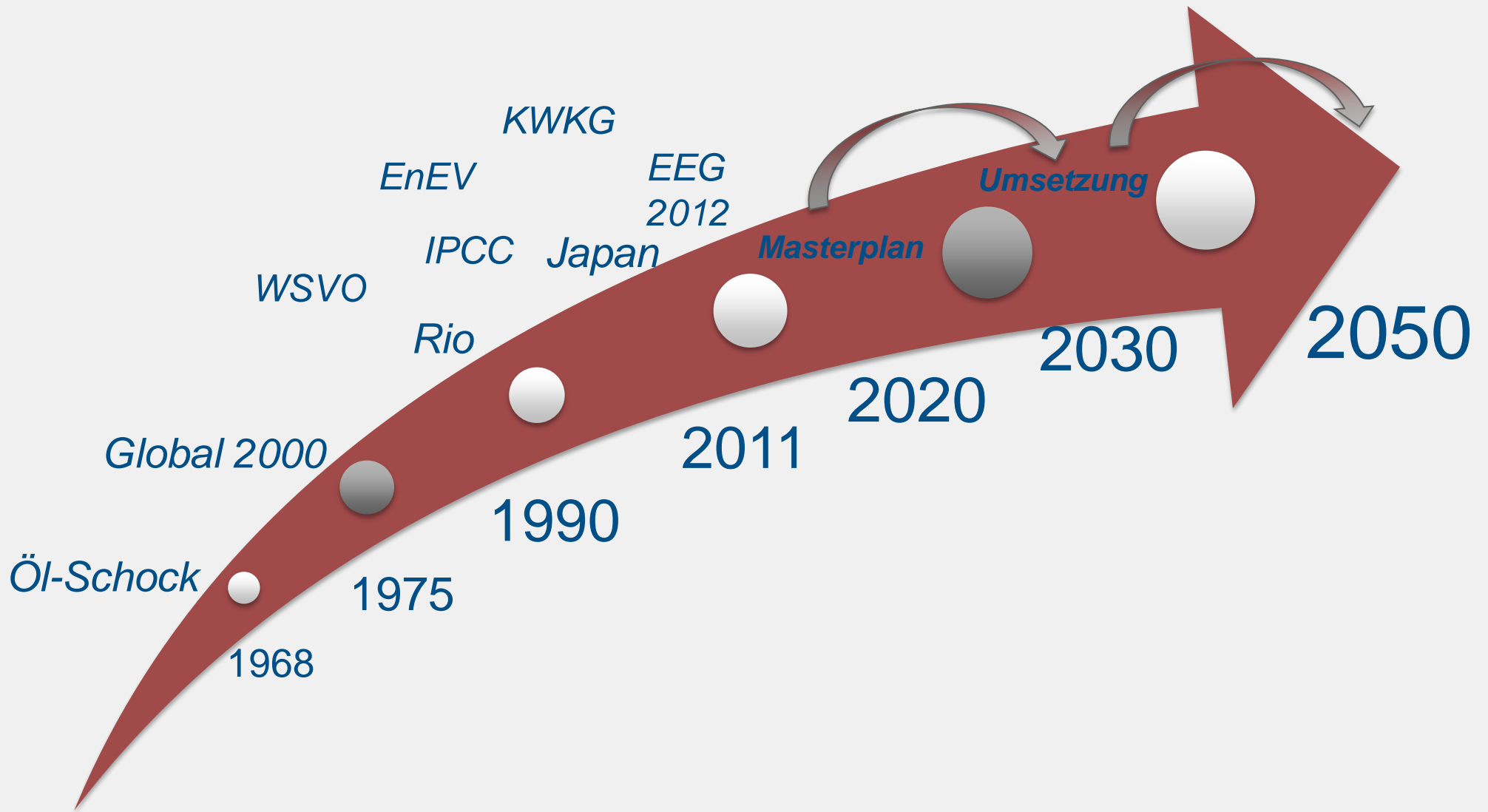
**Abbildung 1: Wege zur Verringerung der THG-Emissionen in der EU um 80 % (100 % = 1990)**



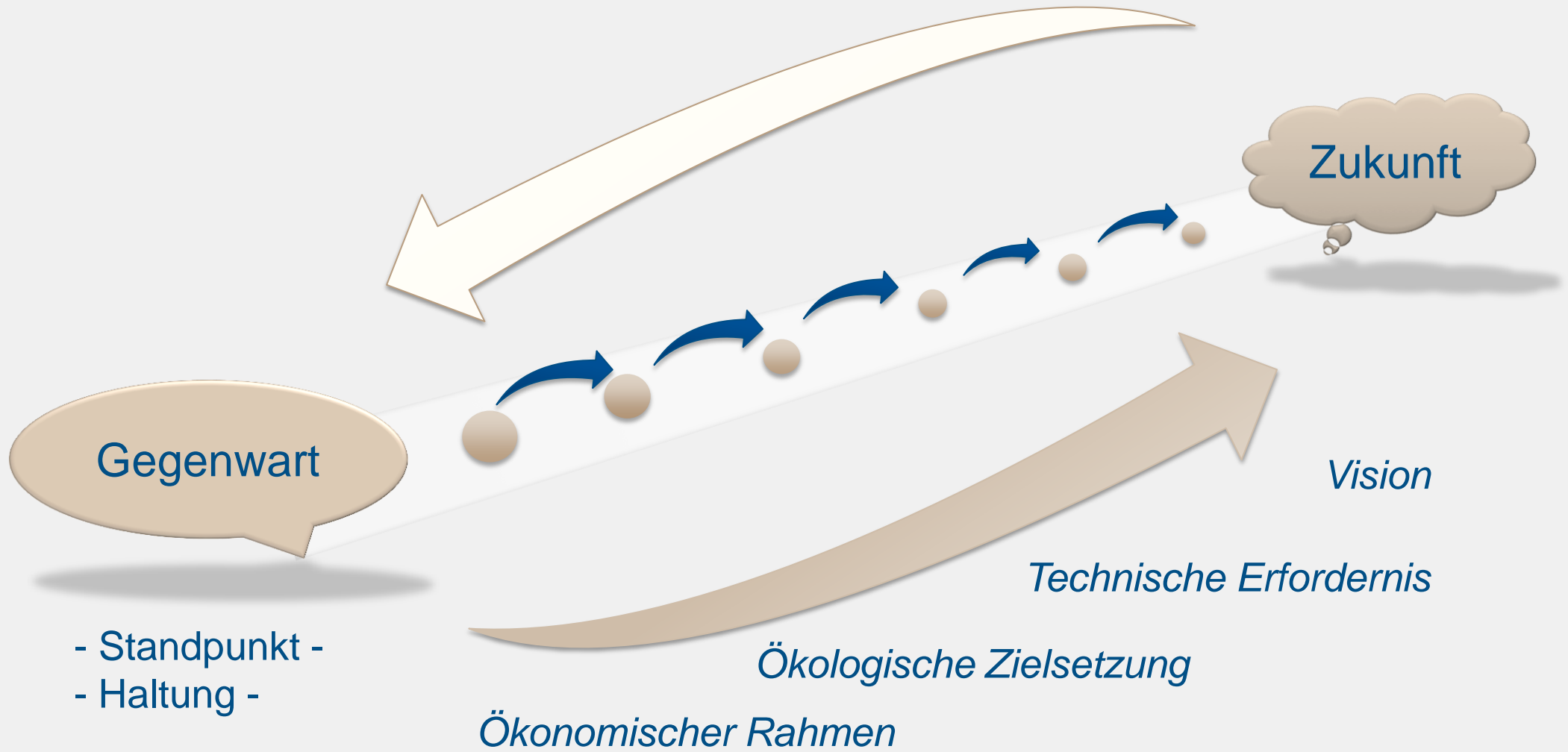
# Reale Anlage im T,s-Diagramm



$$\text{Gütegrad } h_{\text{CK}} = \frac{e_{\text{KM}}}{e_{\text{KM,C}}} \quad (0,5 \dots 0,6)$$



Von der Zukunft aus gedacht



ENEV  
DIN 18599

EEWärmeG

EEG  
Markprämienmodel  
Eigennutzung/Vermarktung

KWKG  
Speicherung  
Micro KWK  
Kälterzeugung

Energiesteuergesetz  
DIN EU 500001

EnEffizienzrichtlinien  
demand response

EU Ökodesign-  
richtlinien

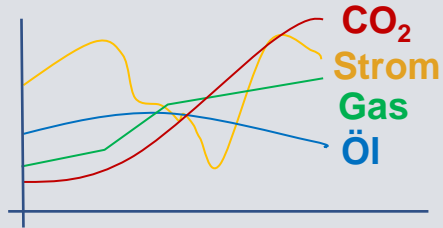
2050  
CO<sub>2</sub>-  
Ziele

← Zertifizierungs  
verfahren  
- DGNB  
- BMVBS



# Ökonomische Rahmenbedingungen industrieller Investitionen in Energieeffizienz

## Energiebezugskosten



## Finanzierungsmöglichkeiten

- Intern
- Extern
- Mezzanine

## Multi-Profit-Bewertung

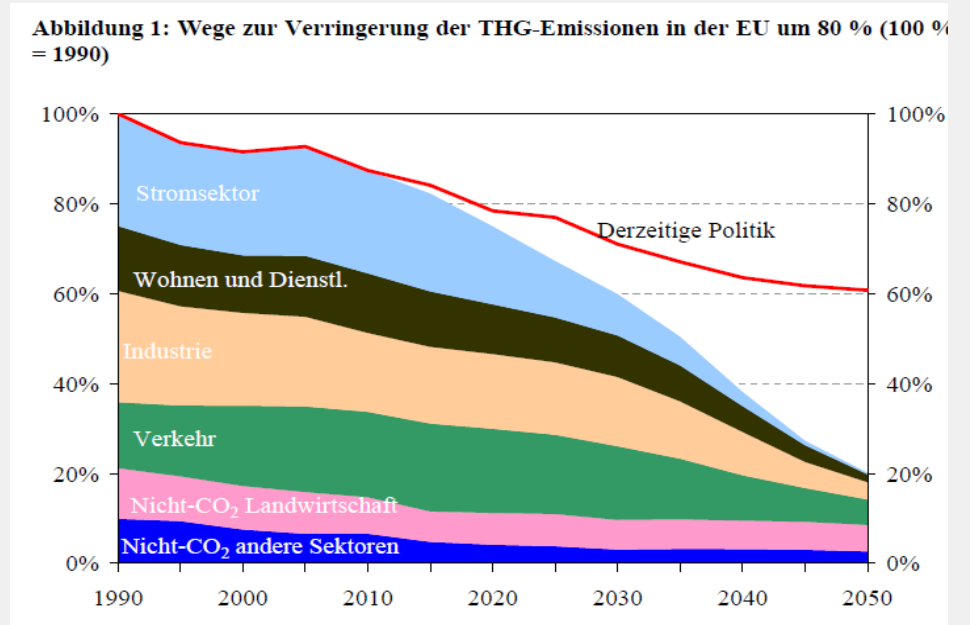
## Gesetzliche Rahmenbedingungen

## Zielvorgaben

- **BlmSch**
  - HzAVo
  - EE
  - G
  - Stromsteuer
  - Erdgassteuer
  - EEWärmeG
- **EK Verzinsung**
  - FK Zins
- **Effizienz**
- **Sensitivität**
- **Investitionssicherheit**
- **ökologische Ziele**

# EU Energieeffizienzplan 2011

- Verbindlicher Einsatz intelligenter Zähler
- Dynamische Netztarife
- Effektive Wärmerückgewinnung
- KWK Verpflichtung im Kraftwerksbereich
- Ökodesign Anforderungen



# Europäischer Rahmen

## Fahrplan wettbewerbsfähige CO2 arme Wirtschaft

- CO2 arme Technologien im Strommix 2020 75%
- Neubauten als Nullenergiehäuser
- Einbeziehung der Lebenszycluskosten ( LCC, LCA )

# KLIMA:KULTUR

## KLIMA:KULTUR

### Strategien sind Pläne

Die Feststellung, welche Strategie für den Klimaschutz richtig ist führt nicht dazu, dass wir Menschen kollektiv danach handeln.

Eine Strategie wozu? Die Welt braucht eine Entwicklung im Hinblick auf Klimaschutz, das empfinden wir heute als wahr. Sind Vorgaben und die Kontrollen von Messwerten hilfreich? Ist Dein Carbon-Footprint für Dich erlebbar?

Was empfinde ich?

### Klimakultur ist persönlich

Kulturelle Veränderungen vollziehen sich langsam. Es ist möglich und es ist erfahrbar, dass wir unser Handeln, Denken und Verhalten ändern. In den letzten fünfzig Jahren hat unsere Kultur sich vielfältig gewandelt und entwickelt. Wie ist das geschehen?

Klimaschutz geht nur durch Handeln.

Wie handele ich?

### Handlungsfelder sind zahlreich

Heizungstechnik  
Heizgewohnheiten  
Denkmuster  
Kühltechnik  
Stromverbrauch  
Ressourcenverbrauch  
Ressourcenschutz  
Konsumgewohnheiten  
Graue Energie  
Abfallwirtschaft  
Recycling von Gebäuden  
Stand-by Geräte  
Transportwege  
Verantwortlichkeit  
Mobilität

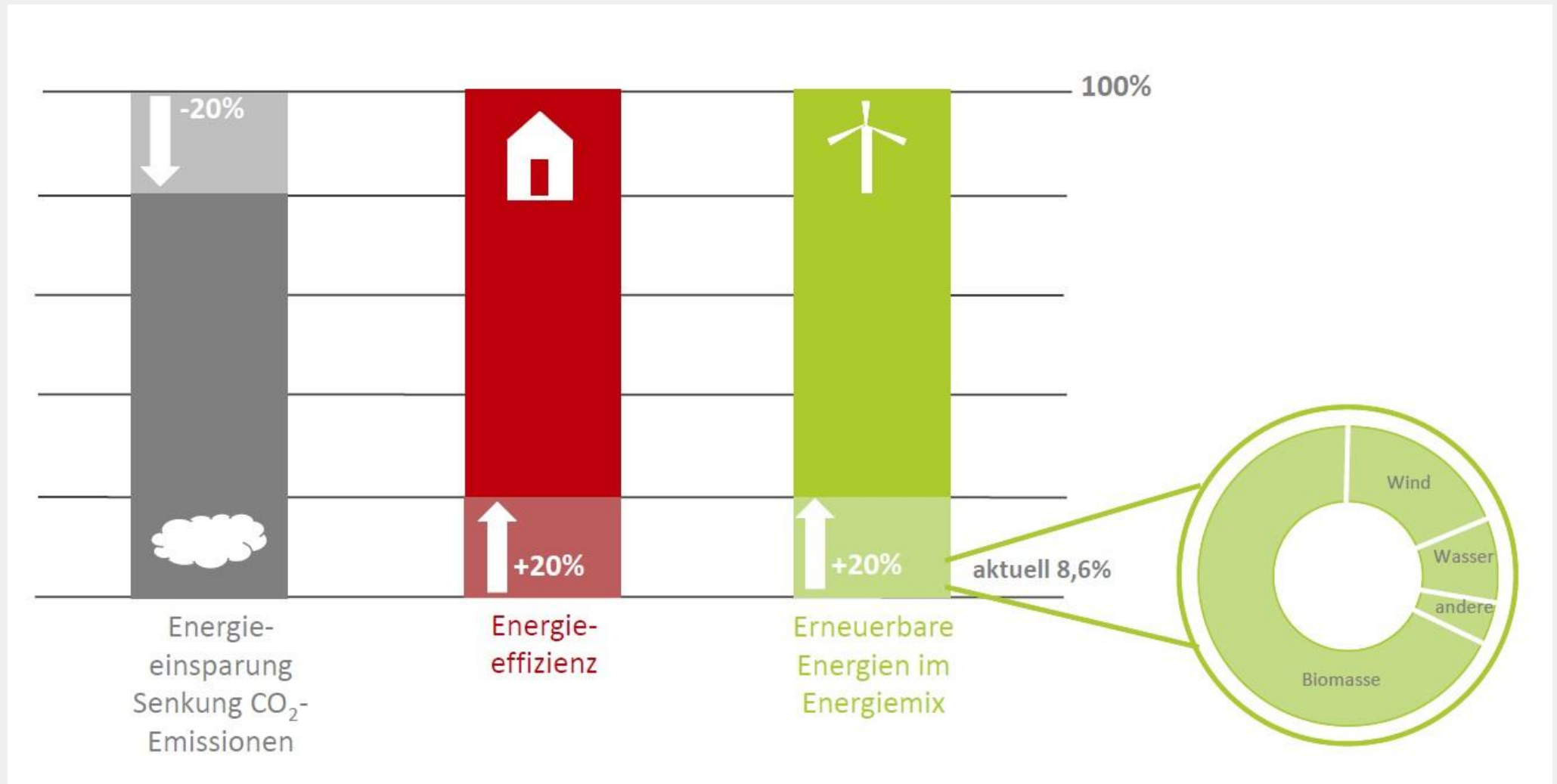
### Leben ist Veränderung

Veränderung geschieht, indem wir immer wieder an die Schmerzstellen herangehen, immer wieder einen Schritt weiter gehen als es heute notwendig und komfortabel erscheint.

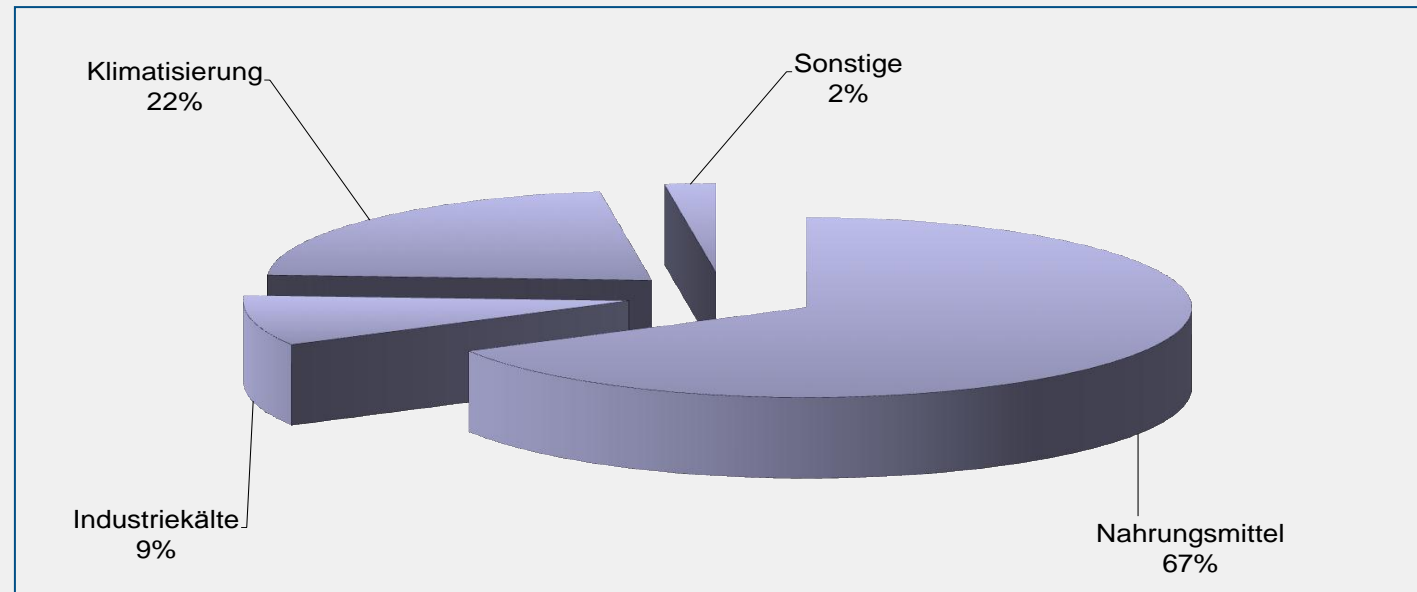
Jeder von uns kann täglich, auch durch kleine Handlungen, den Gesamtprozess fördern. Auf diese Weise leben wir in die Veränderung der Klimakultur hinein.

Nehme ich die Verantwortung an?

# Die 20-20-20 Ziele der Europäischen Union bis 2020

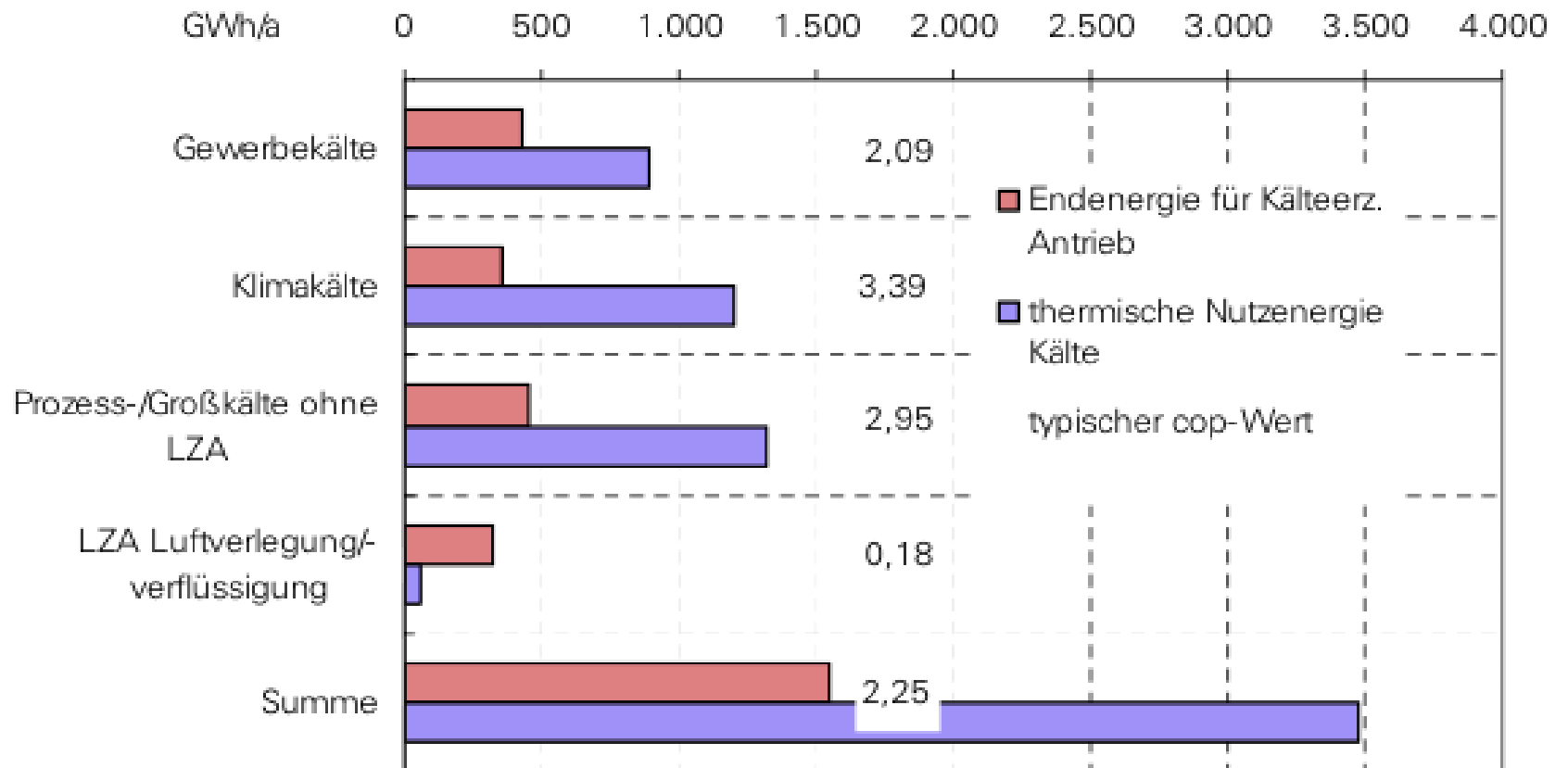


# Kältemarkt: Hamburg



# Anwendungskategorien

	Endenergie Antrieb MWh/a	Nutzenergie Kälte MWh/a	typischer cop-Wert -
Gewerbekälte	426.719	891.010	2,09
Klimakälte	355.588	1.205.305	3,39
Prozess-/Großkälte ohne LZA	449.510	1.327.322	2,95
LZA Luftverlegung/-verflüssigung	317.228	57.033	0,18
Summe	1.549.046	3.480.669	2,25



# Energieträger im Kältemarkt

Strom als Hauptkälteenergieträger für Gebäudeklimatisierung mittels stationärer Anlagen in D (DKV-Studie, Stand 2002).

Gesamtkältebedarf	32.440 GWh <sub>th</sub> /a	
Endenergiebedarf	10.310 GWh/a	100%
- davon elektrisch	9.640 GWh <sub>el</sub> /a	94%
- davon nichtelektrisch	670 GWh/a	6%



# Kältetechniken Deutschland

## Installierte Kältetechniken in Deutschland nach DKV

<b>Technik</b>	<b>Industrie- betrieb</b>	<b>Büroge- bäude</b>	<b>Einzelhan- del</b>	<b>Sportstät- ten</b>	<b>Hotelge- bäude</b>	<b>Gastro- nomie</b>
	Installierte Leistung in MW	Installierte Leistung in MW	Installierte Leistung in MW	Installierte Leistung in MW	Installierte Leistung in MW	Installierte Leistung in MW
Fenstergeräte	0	0	893	0	0	383
Split/Multisplit	0	2.871	883	0	0	663
Mobile Klimageräte	0	390	0	0	0	0
Absorber	233	100	226	0	47	0
Turbos	700	117	583	0	933	0
Wasserkühler	9.900	6.500	8.250	1.650	6.600	0
Verflüssigersätze für Direktverdamp- fung	1.548	387	1.548	387	0	0

## Bewertung des Hamburger Kältebedarfs

Stromverbrauch für Kälteerzeugung liegt in HH mit 1,55 TWh/a bei ca. 12% des Gesamtverbrauchs von 13 TWh/a

Bereinigung um Aluminiumwerke und Schienenverkehr: Stromverbrauch von 9,3 TWh/a --> ca. 16% Kältestromverbrauch

Bundesdurchschnitt des Kältestromverbrauchs bei 14% mit stark steigender Tendenz

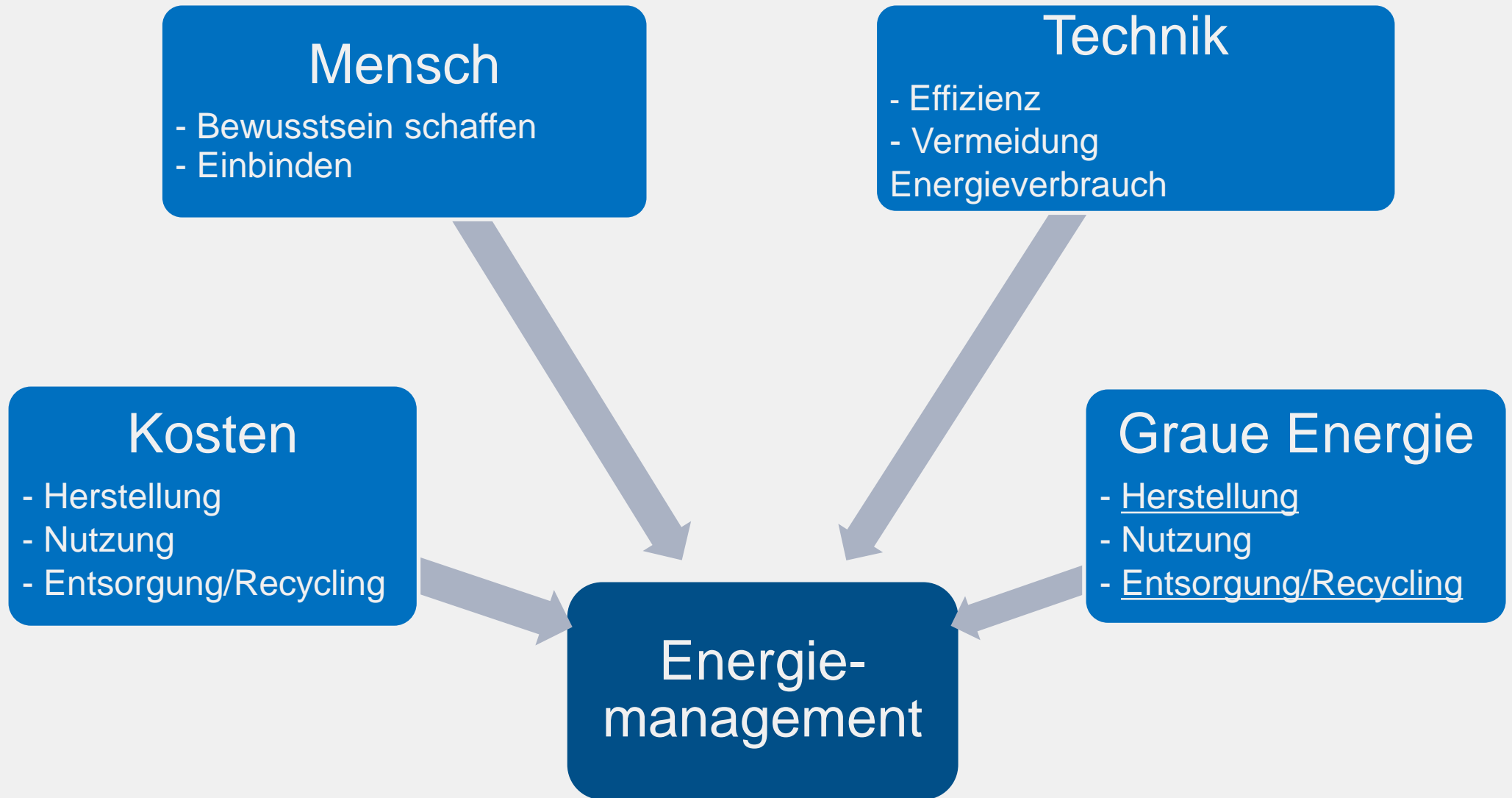
# Einsparpotenziale

It. VDMA könnten durch Einsatz moderner Technik in Kälteanlagen in D 32.000 GWh/a eingespart werden

Innerhalb von 15-20 J. könnte Stromverbrauch um 40% gesenkt werden (Regelung 10%, Reduzierung Temperaturdifferenzen Wärmetauscher 12%, hocheffiziente Antriebsmaschinen 3%, Einsparung Kältebedarf 7%, weitere Anlagenoptimierung 8%)

großes Einsparpotenzial resultiert aus Einsatz kältetechnischer Komponenten des neusten Standes der Technik und digitaler Steuerung/Regelung

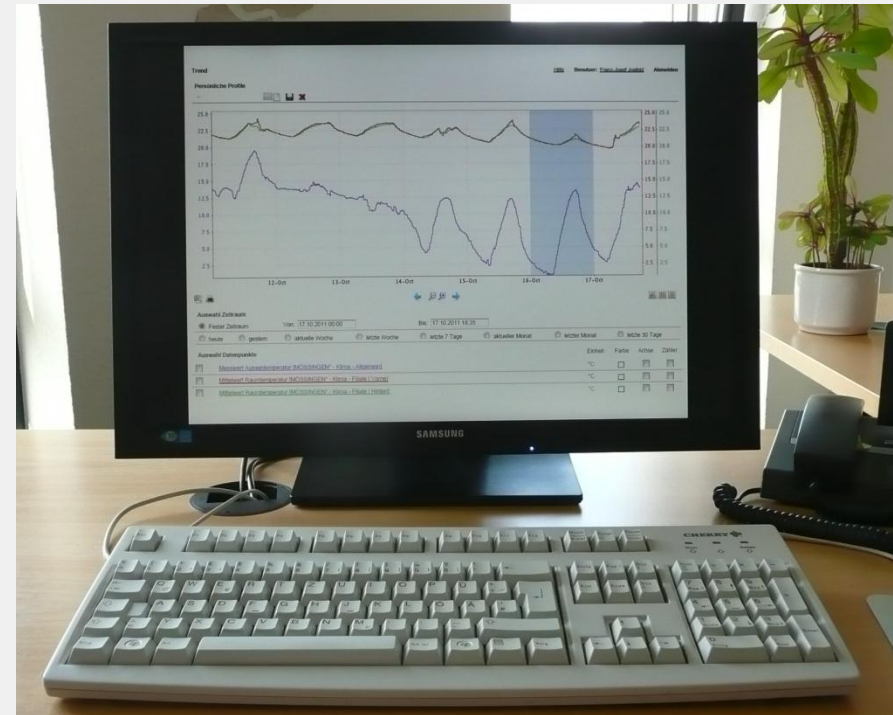
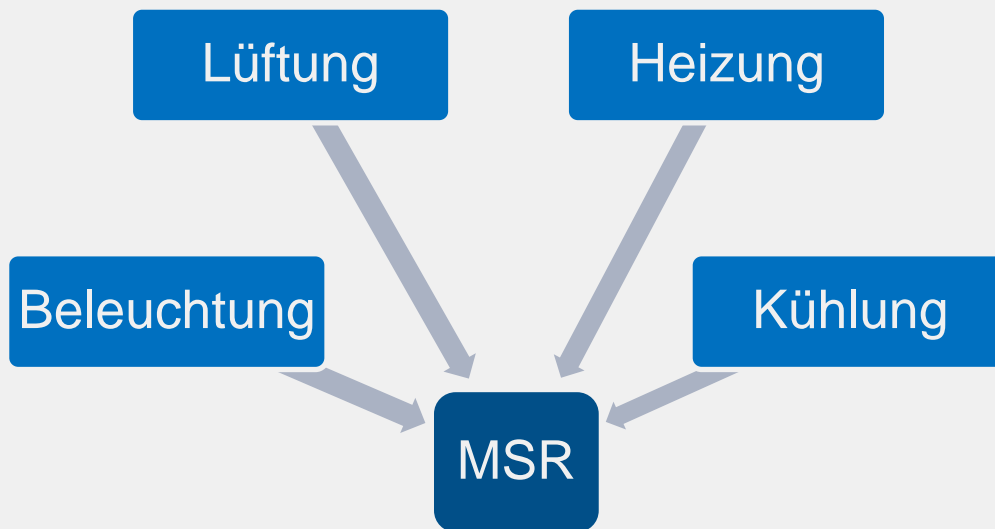
## Aspekt: Energiemanagement



# Werkzeuge Energiemanagement

Mess-Steuer-Regeltechnik

Portal



# Werkzeuge Energiemanagement

## Mess-Steuer-Regeltechnik

- Schaffung einer übergeordneten Steuerung aller Hauptverbraucher in einer Filiale
- Vermeidung ungewollter Betriebszeiten der haustechnischen Anlagen, z.B.:
  - gleichzeitiges Heizen und Kühlen eines Raumes
  - Betrieb technischer Anlagen außerhalb der Öffnungszeiten

## Portal

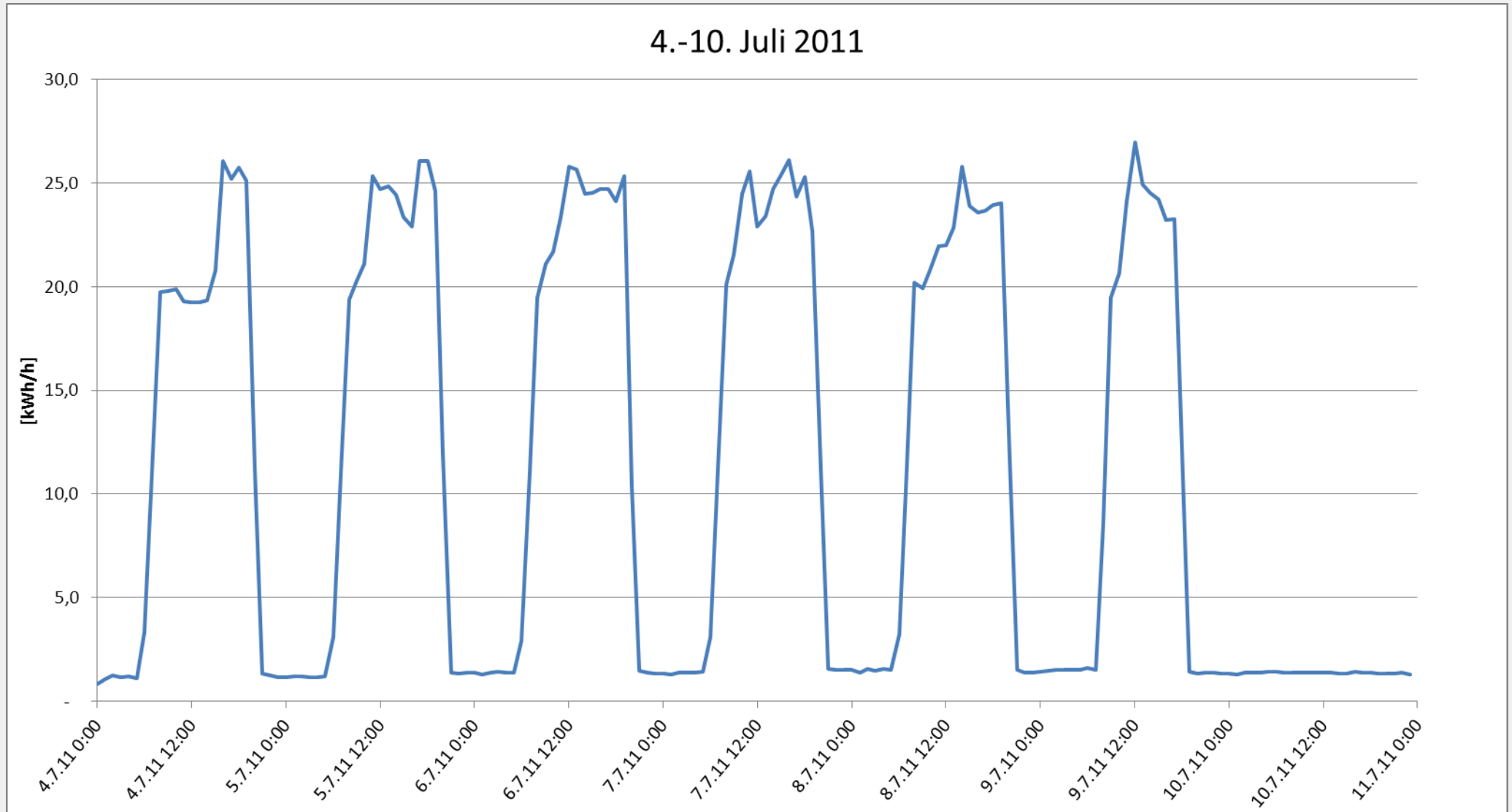
- Visualisierung der Energieflüsse einzelner Verbrauchergruppen in einer Filiale in Kurvendiagrammen und Grafiken
  - Alarmmeldung bei Nichterfüllung gesetzter Prüfparameter
  - Störungen sofort identifizierbar, keine aufwendige Fehlersuche vor Ort
  - Direktes Einwirken über Portal möglich
- Störungsbehebung kann erfolgen, bevor sich Störung im Filialbetrieb bemerkbar macht

## Aspekt: Eigenbedarfsdeckung

### Stromkostenbestandteile

	Cent/kWh	Tendenz	Cent/kWh	maximale Vergünstigung Bemerkung
Energiepreis	5,50		5,00	
NNE	2,00		0	§19 NNE: > 7.000 h/a & 10 GWh/a
StromSt	2,05		1,54	§9 StromStG: Prod.Gew erbe
KWK Umlage	0,05		0,10	§10 StromStG: Spitzensteuerausgleich ab 100.000 kWh/a
EEG Umlage	3,59		0,05	abgestufte Reduzierung der EEG Umlage ab 1 GWh/a, hier > 100GWh
Summe	13,19		5,20	

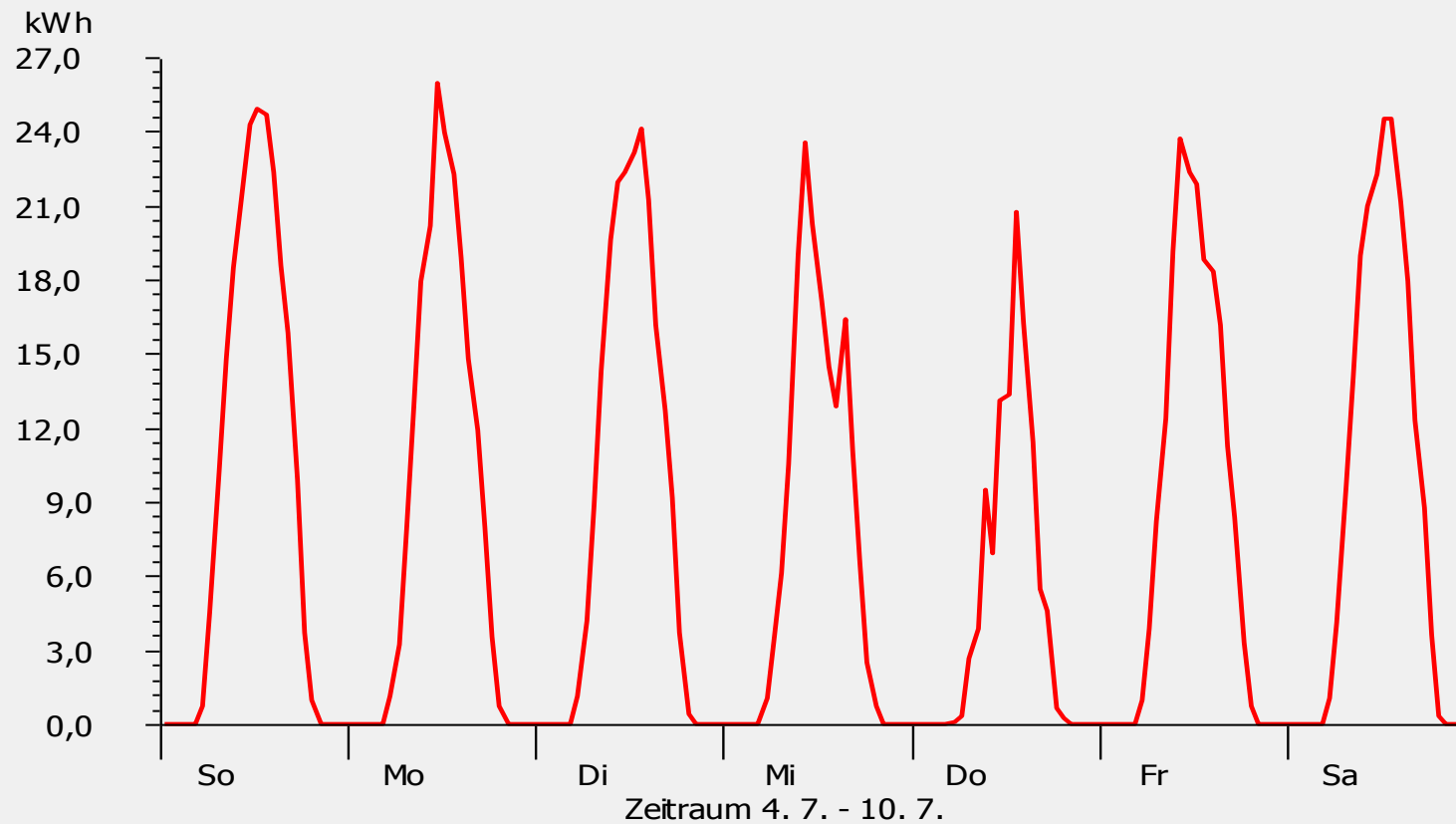
# Lastgangauswertung einer Einzelhandelsfiliale





# PV Simulation (35 kWp)

## Überschusseinspeisung



— Vom WR abgegebene Energie(AC) 1.280 kWh

# Erzeugungskosten Solarstrom

Position	kal. Ansatz		Wert	
	Inst. Leistung			35
jrhl. Ertrag	1.000	kWh/kW <sub>p</sub>	35.000	kWh
Investition	1.500	€/kW <sub>p</sub>	52.500	€
Abschreibung			20	Jahre
Zinsen	5,0%	/a	1.313	€/a
Betriebskosten	1,5%	/a	788	€/a
jrhl. Kosten			4.725	€/a
PV -Strompreis			0,135	€



# PV Simulation für eine Einzelhandelsfiliale

PV-Generator Einstrahlung:	315.413 kWh
PV-Gen. erzeugte Energie (wechselstromseitig):	38.049 kWh
Netz Einspeisung:	5.635,0 kWh
Verbrauch Bedarf:	100.000 kWh
PV-Gen. Energie direkt genutzt:	32.414 kWh
Netz Bezug:	67.609,3 kWh

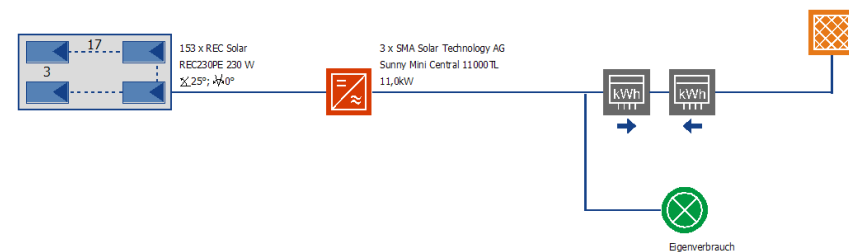
Solarer Deckungsanteil:	38,0 %
Systemnutzungsgrad:	12,1 %
Performance Ratio (Anlagennutzungsgrad):	86,8 %
Wechselrichter Nutzungsgrad:	94,9 %
PV-Generator Nutzungsgrad:	12,7 %
spez. Jahresertrag:	1.081 kWh/kWp
Vermiedene CO2-Emissionen:	24.880 kg/a



hmarkt Leonberg  
Energieberatung

11.06.2012

Die Ergebnisse sind durch eine mathematische Modellrechnung ermittelt worden. Die tatsächlichen Erträge der Photovoltaikanlage können aufgrund von Schwankungen des Wetters, der Wirkungsgrade von Modulen und Wechselrichter und anderer Faktoren abweichen. Das obige Anlagenschema ersetzt nicht die fachtechnische Planung der Photovoltaikanlage.



Standort:	Stuttgart
Klimatensatz:	Stuttgart (1981-2000)
PV-Leistung:	35,19 kWp
PV-Brutto-/Bezugsfläche:	252,45 / 253,27 m <sup>2</sup>



## Preisvorteile selbst erzeugten Stroms

Auf selbst erzeugte elektrische Energie, die in unmittelbarer räumlicher Nähe direkt verbraucht wird entfallen:

- Keine Stromsteuer
- Keine Netznutzungsentgelte
- Keine KWK Umlage
- Keine EEG-Umlage

# Das Erneuerbare-Energien-Gesetz

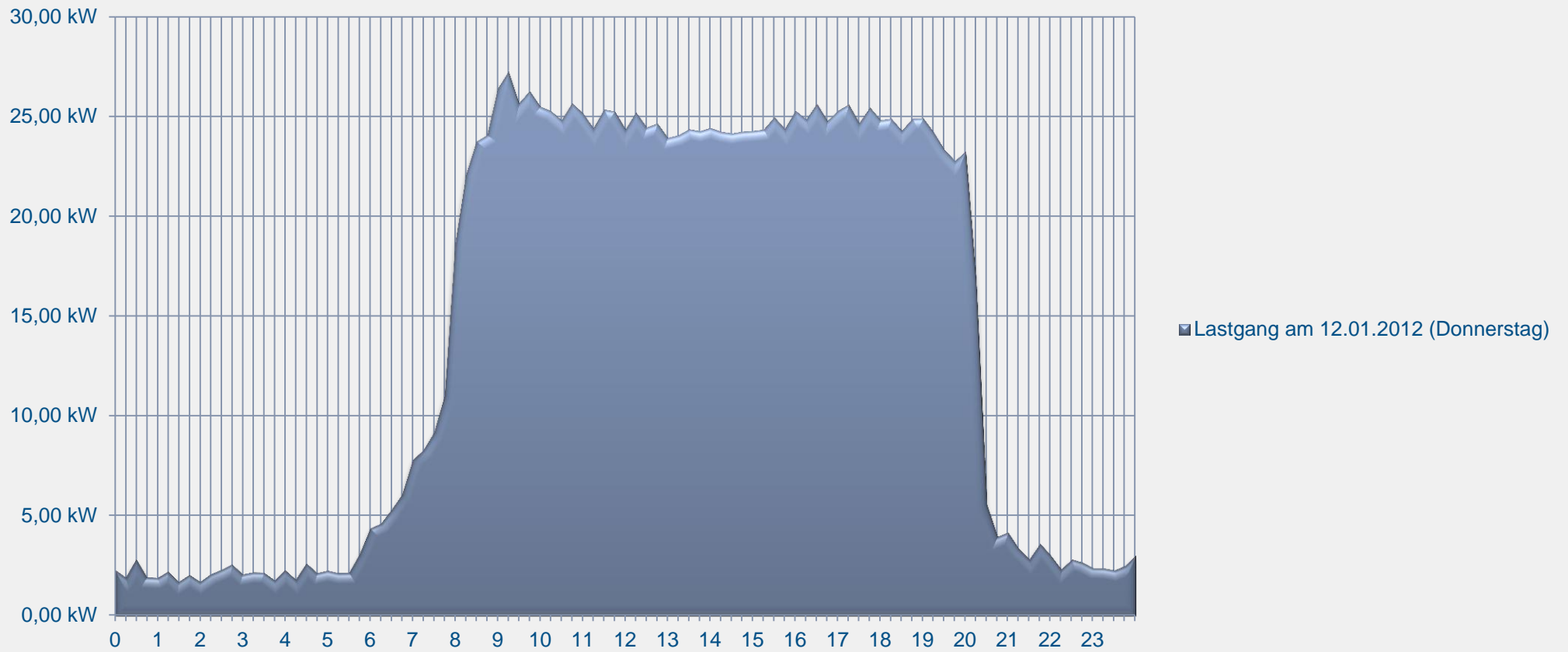
Im EEG sind Möglichkeiten geschaffen, die EEG Umlage für besondere Abnehmer bzw. Abnahmesituationen zu reduzieren.

- Reduzierung der EEG Umlage um 2 Cent/kWh für Energieversorgungsunternehmen, die dem „Grünstromprivileg“ unterliegen.
- Wegfall der Umlage für EEG–Strom, der in räumlicher Nähe selbstverbraucht und nicht durch ein Netz geleitet wird.
- Reduzierung der EEG-Umlage um 2 Cent/KWh für EEG-Strom der in räumlicher Nähe von einem Versorgungsunternehmen an Letztverbraucher geliefert wird und nicht durch ein Netz geleitet wird.
- Begrenzung der EEG-Umlage für stromintensive Unternehmen des produzierenden Gewerbes ab einem Energieverbrauch in Höhe von 1 GWh je Abnahmestelle. Die Begrenzung der Umlage ist in Abhängigkeit des Stromverbrauches gestaffelt. Ab einem Verbrauch von 10 GWh ist darüber hinaus eine Zertifizierung im Energiebereich notwendig. (vgl. EMAS oder DIN EN ISO 50001)

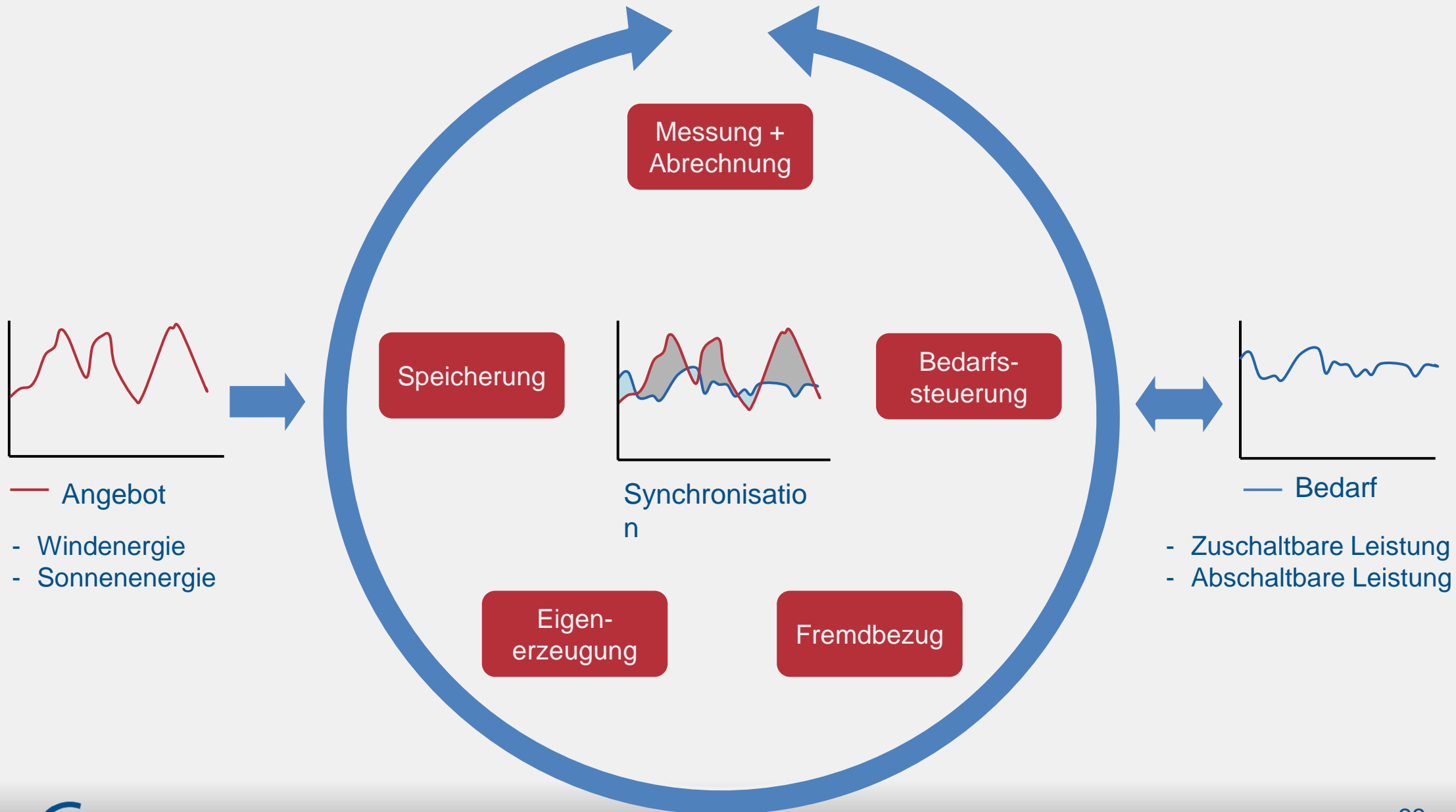
Aspekt :

demand response im Bereich der Kälterzeugung und Anwendung

## Quelle für demand response: Information über Lastgänge



# Demand Response System



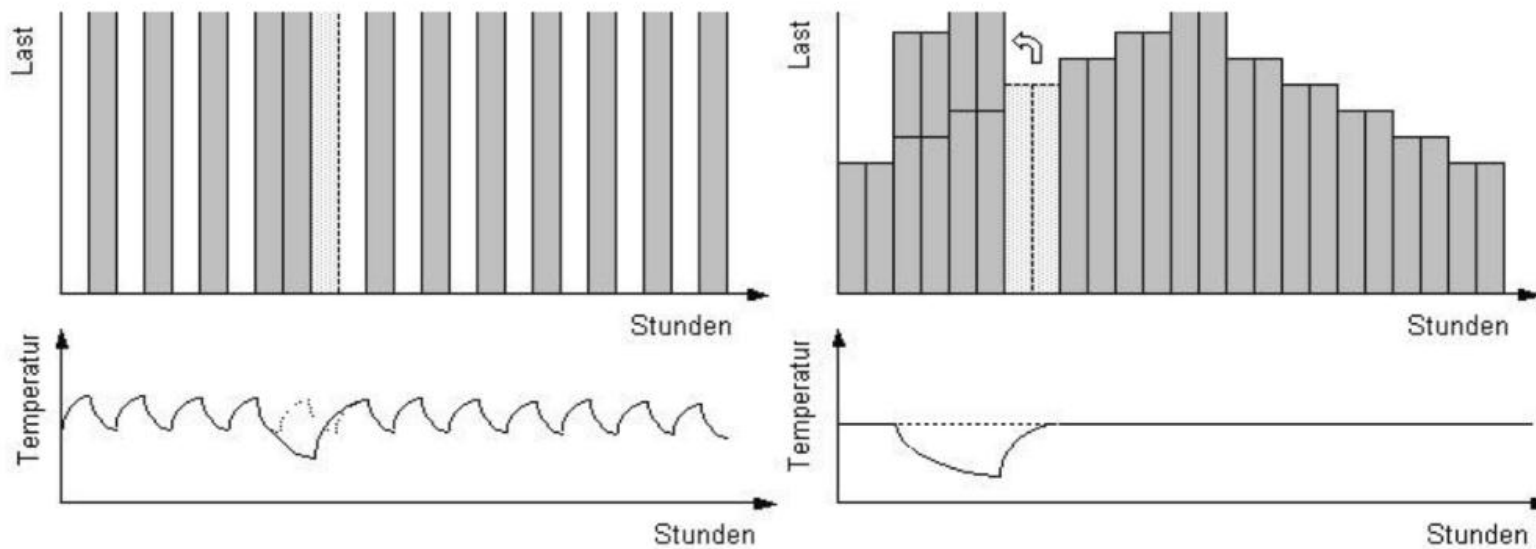


# Lastverlagerungspotenziale in Deutschland für ausgewählte Branchen

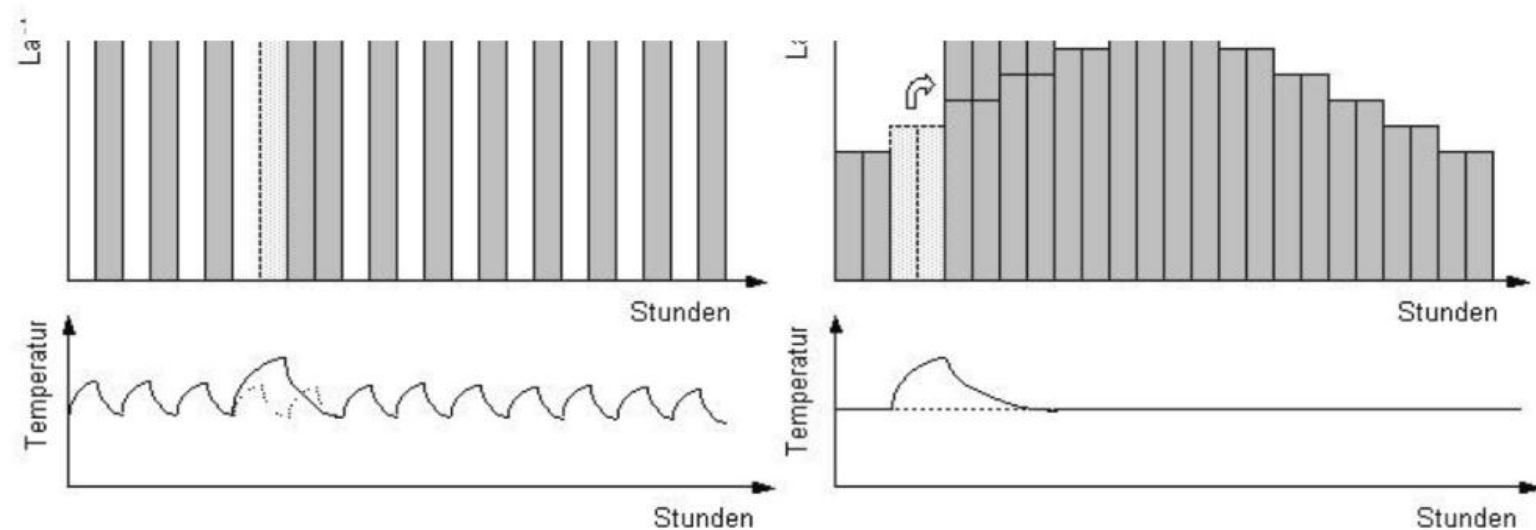


Branche	Anwendung	Spitzenlast [MW]	Lastverschiebung in %	Leistungsklasse [MW]
Lebensmittelhandel (Kühlhäuser)	Kältekompressoren	146	35	0.2 – 1
Wasserversorgung	Pumpen	97	20	0.1 – 1
Gartenbau	Beleuchtung	> 12	20 – 25	0.1 – 2
Recycling Kunststoff	Zerkleinerer	10	50	0.03 – 0.7
Recycling Siedlungsabfall	Zerkleinerer	28	50	0.1 – 1
Metallbearbeitung	Wärmebehandlungsöfen	260	15	1.5 – 2.5 per location
Papier Industrie	Holzstoff (Refiner, Mahlwerk)	430	> 50	5 – 30
Zement Industrie	Rohstoff- und Zementmühlen	413	> 40	10
<b>Summe</b>		> 1400	> 30	

## 1, Vorkühlstrategie



## 2, Nachkühlstrategie



Dipl.- Ing. (FH)  
Hans Schäfers

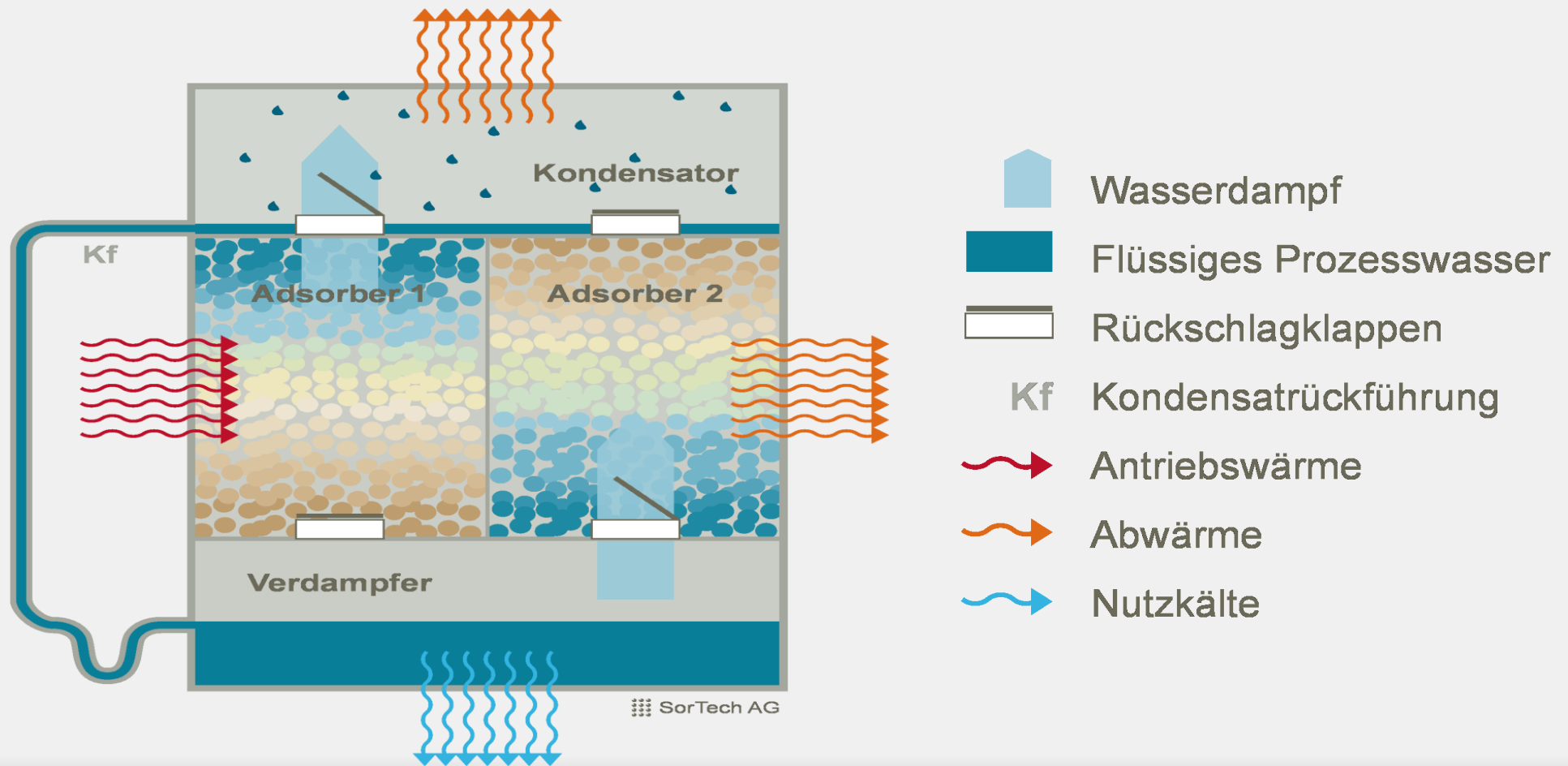
[schaefers@sumbi.de](mailto:schaefers@sumbi.de)

# KWKK 10 – 50 kW



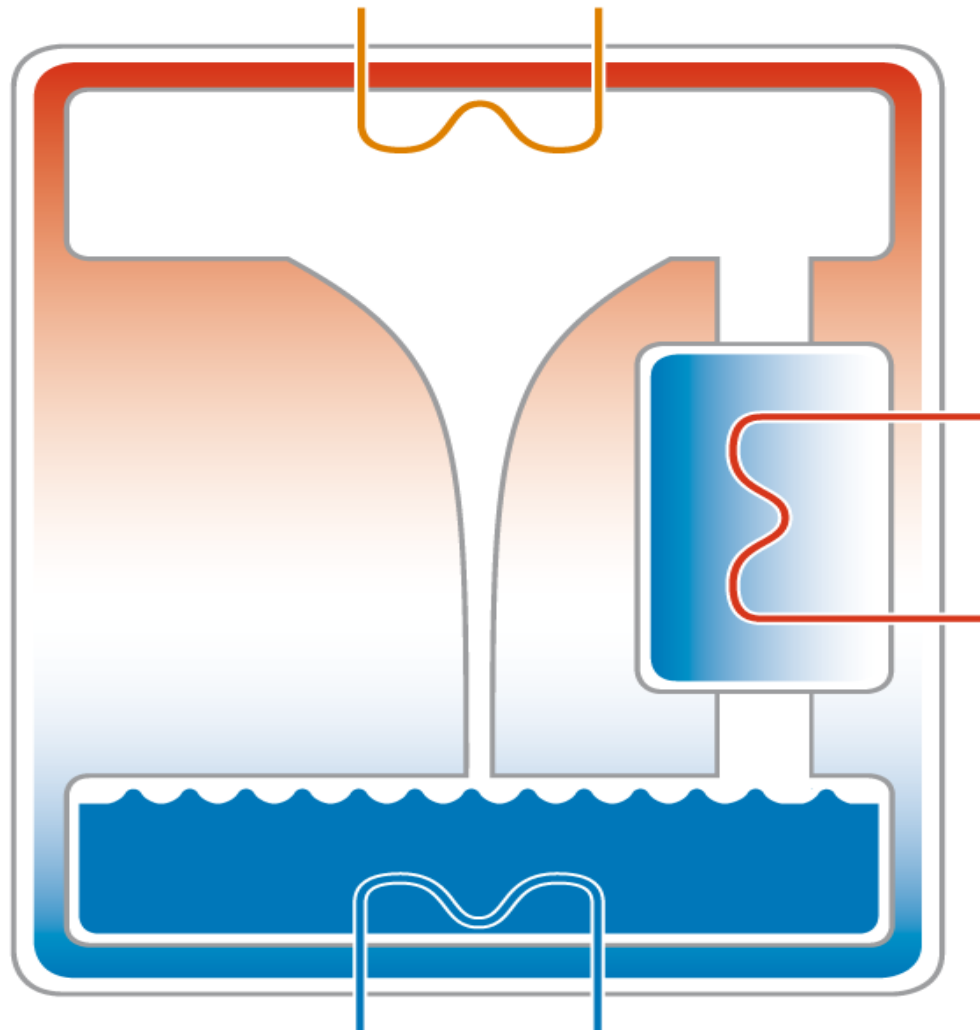
# KWKK 10 – 50 kW

## Adsorption



# KÄLTEERZEUGUNG

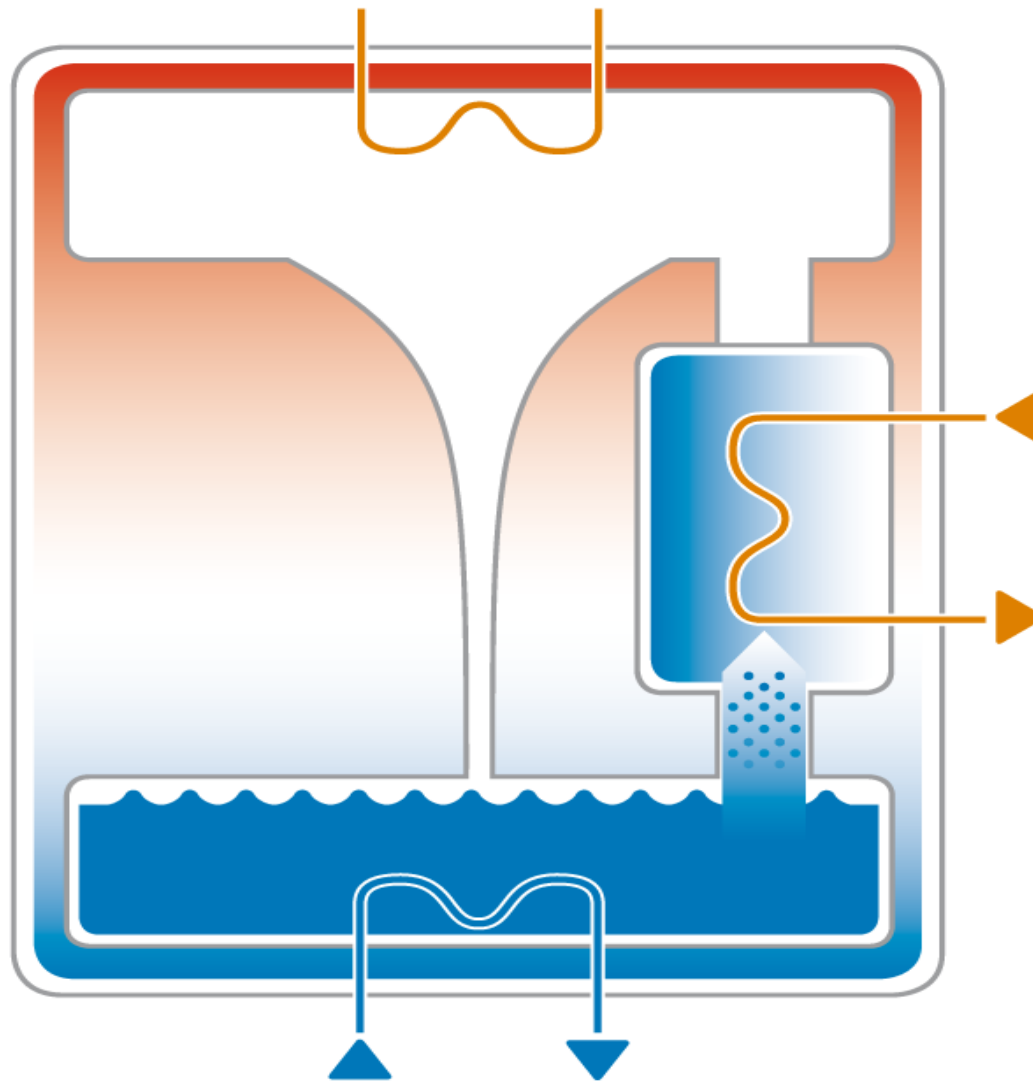
## FUNKTIONSPRINZIP



- Antriebskreis**  
(Thermischer Antrieb – Ausheizen der Adsorber)
- Kältekreis**  
(Kühlung – Aufnahme von Energie zur Verdampfung)
- Rückkühlkreis**  
(Rückkühlung – Abführen von Wärme aus dem System)

# KÄLTEERZEUGUNG

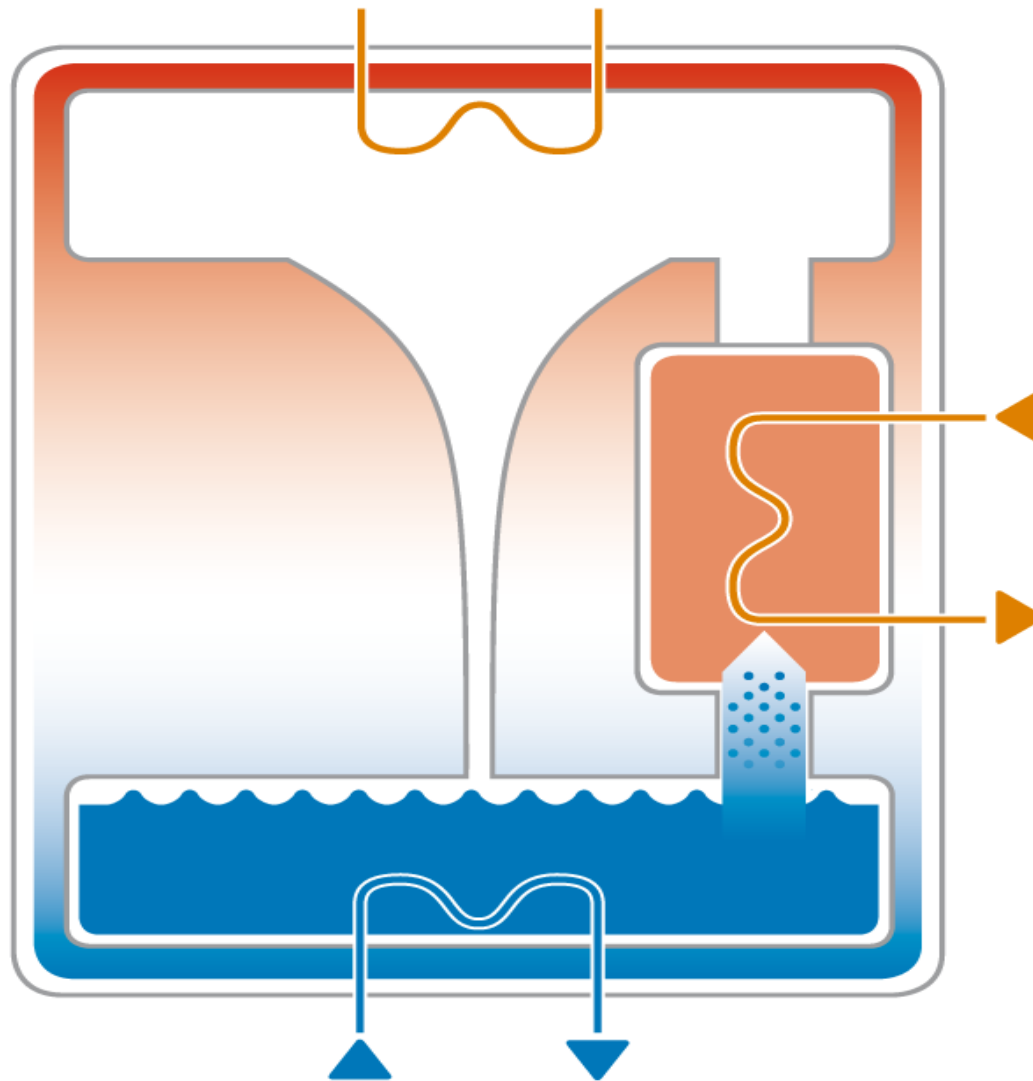
## FUNKTIONSPRINZIP



- Antriebskreis**  
(Thermischer Antrieb – Ausheizen der Adsorber)
- Kältekreis**  
(Kühlung – Aufnahme von Energie zur Verdampfung)
- Rückkühlkreis**  
(Rückkühlung – Abführen von Wärme aus dem System)

# KÄLTEERZEUGUNG

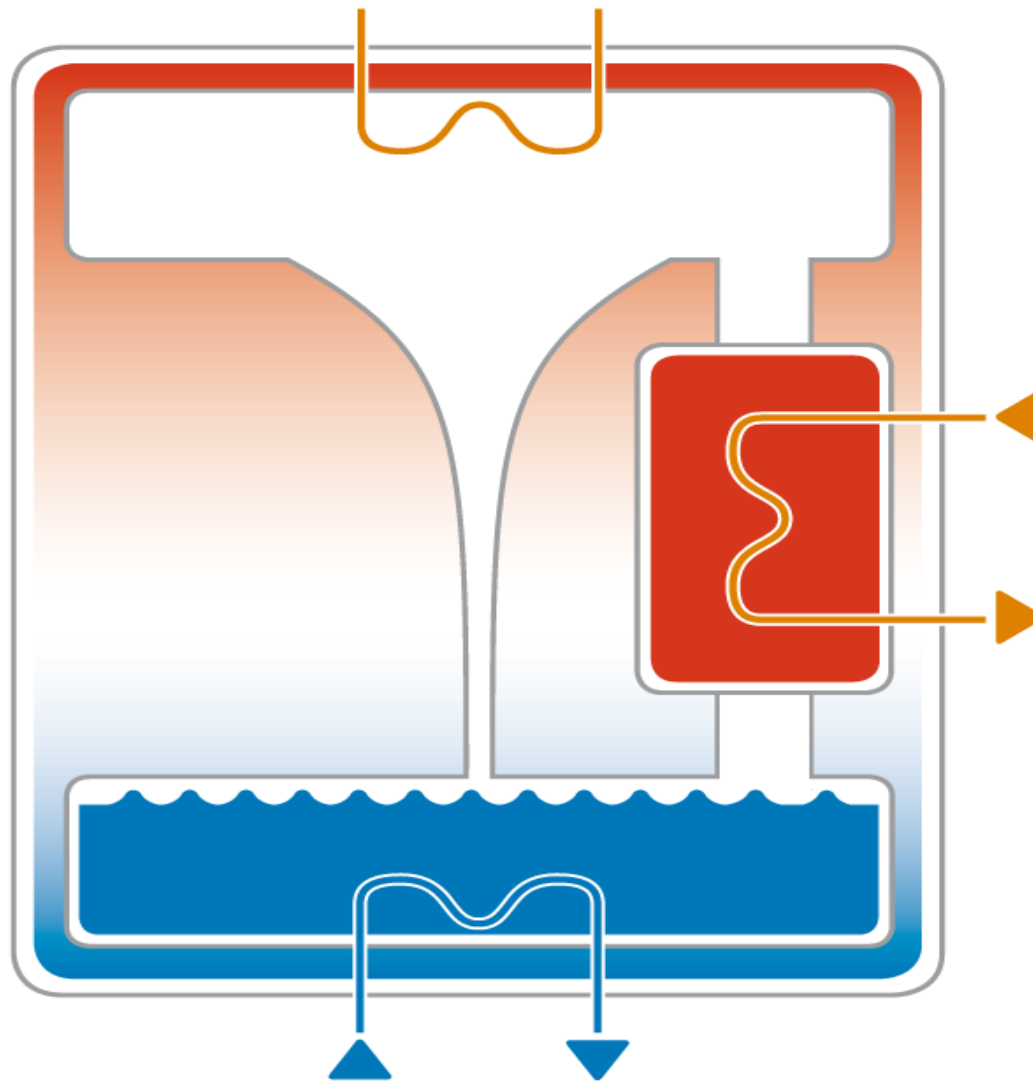
## FUNKTIONSPRINZIP



- Antriebskreis**  
(Thermischer Antrieb – Ausheizen der Adsorber)
- Kältekreis**  
(Kühlung – Aufnahme von Energie zur Verdampfung)
- Rückkühlkreis**  
(Rückkühlung – Abführen von Wärme aus dem System)

# KÄLTEERZEUGUNG

## FUNKTIONSPRINZIP

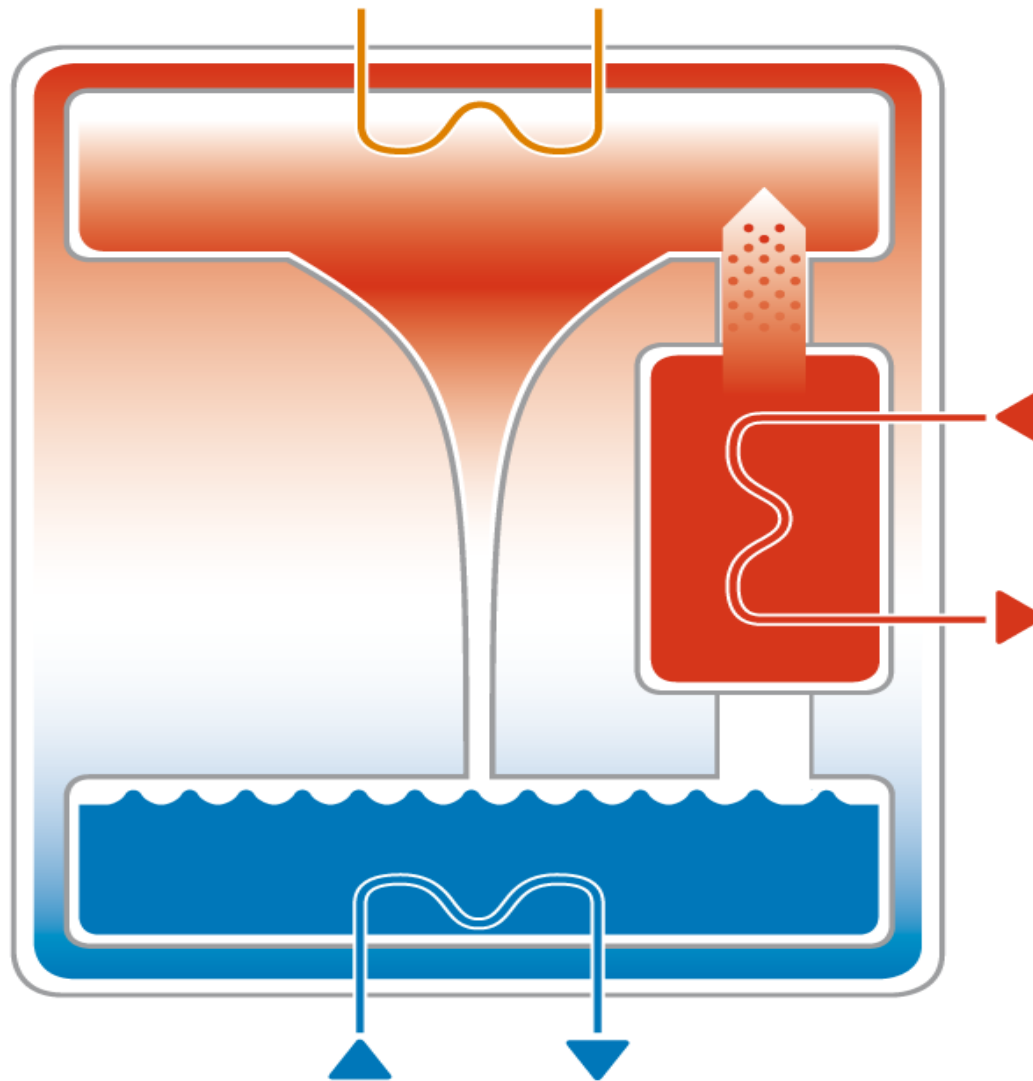


- Antriebskreis**  
(Thermischer Antrieb – Ausheizen der Adsorber)
- Kältekreis**  
(Kühlung – Aufnahme von Energie zur Verdampfung)
- Rückkühlkreis**  
(Rückkühlung – Abführen von Wärme aus dem System)



# KÄLTEERZEUGUNG

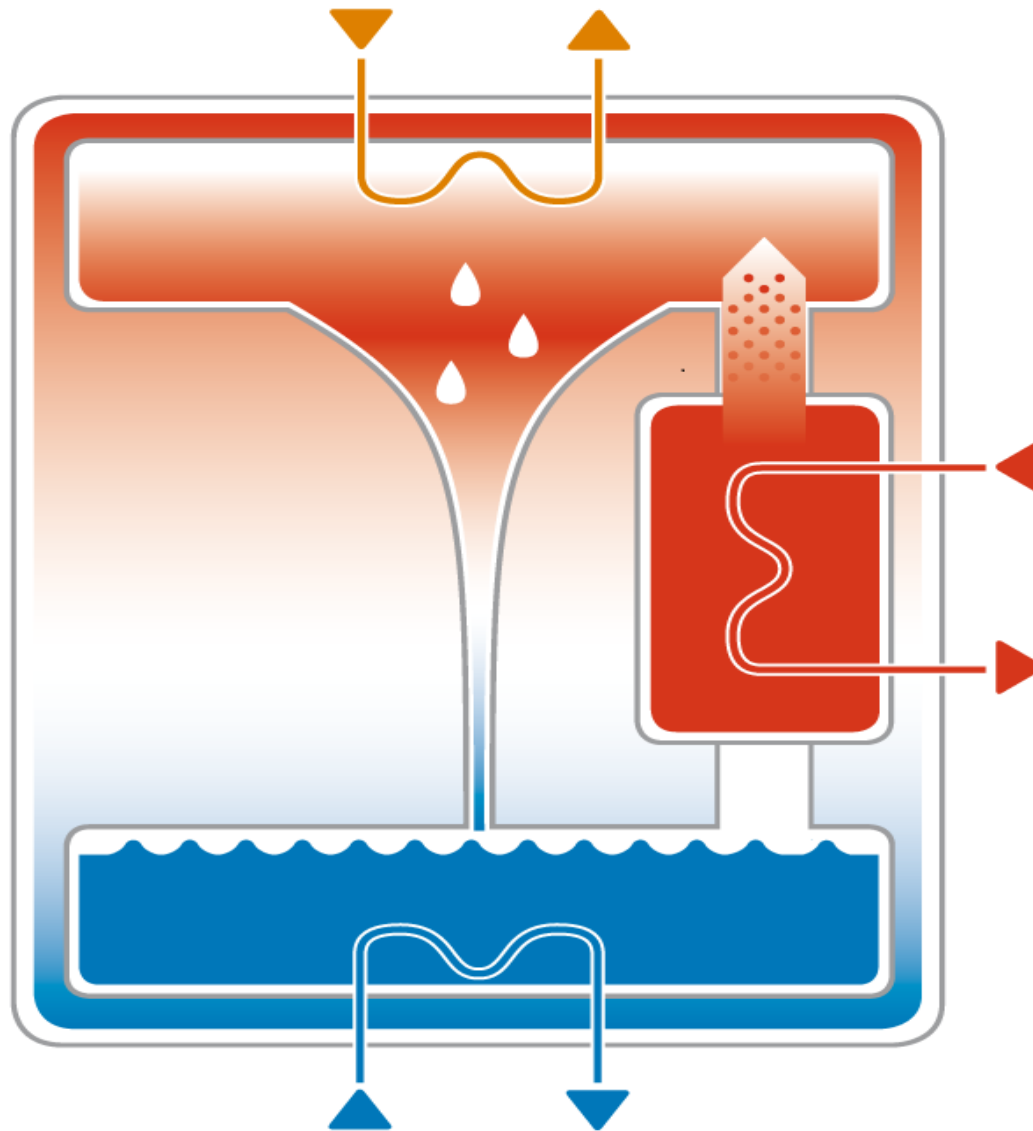
## FUNKTIONSPRINZIP



- Antriebskreis**  
(Thermischer Antrieb – Ausheizen der Adsorber)
- Kältekreis**  
(Kühlung – Aufnahme von Energie zur Verdampfung)
- Rückkühlkreis**  
(Rückkühlung – Abführen von Wärme aus dem System)

# KÄLTEERZEUGUNG

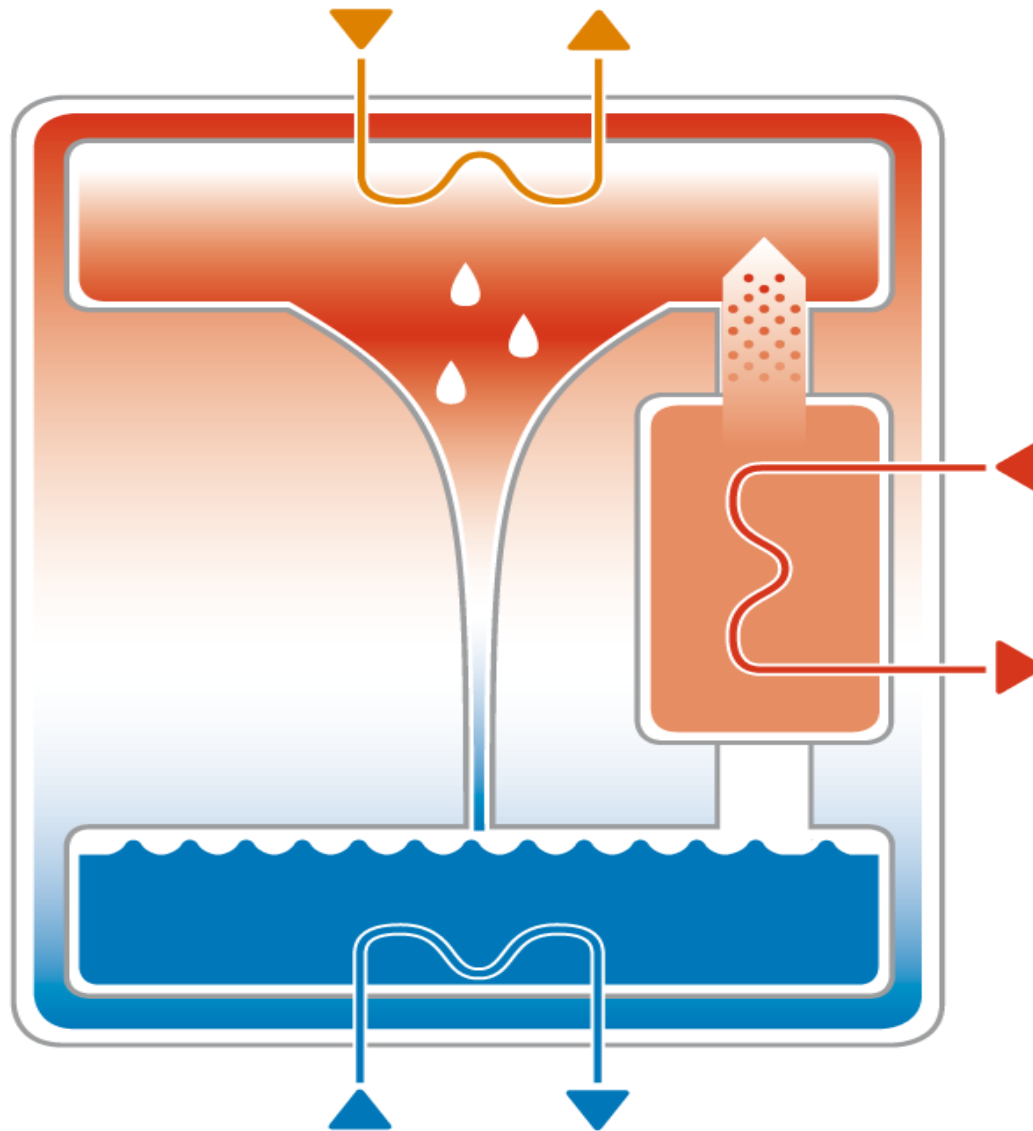
## FUNKTIONSPRINZIP



- Antriebskreis**  
(Thermischer Antrieb – Ausheizen der Adsorber)
- Kältekreis**  
(Kühlung – Aufnahme von Energie zur Verdampfung)
- Rückkühlkreis**  
(Rückkühlung – Abführen von Wärme aus dem System)

# KÄLTEERZEUGUNG

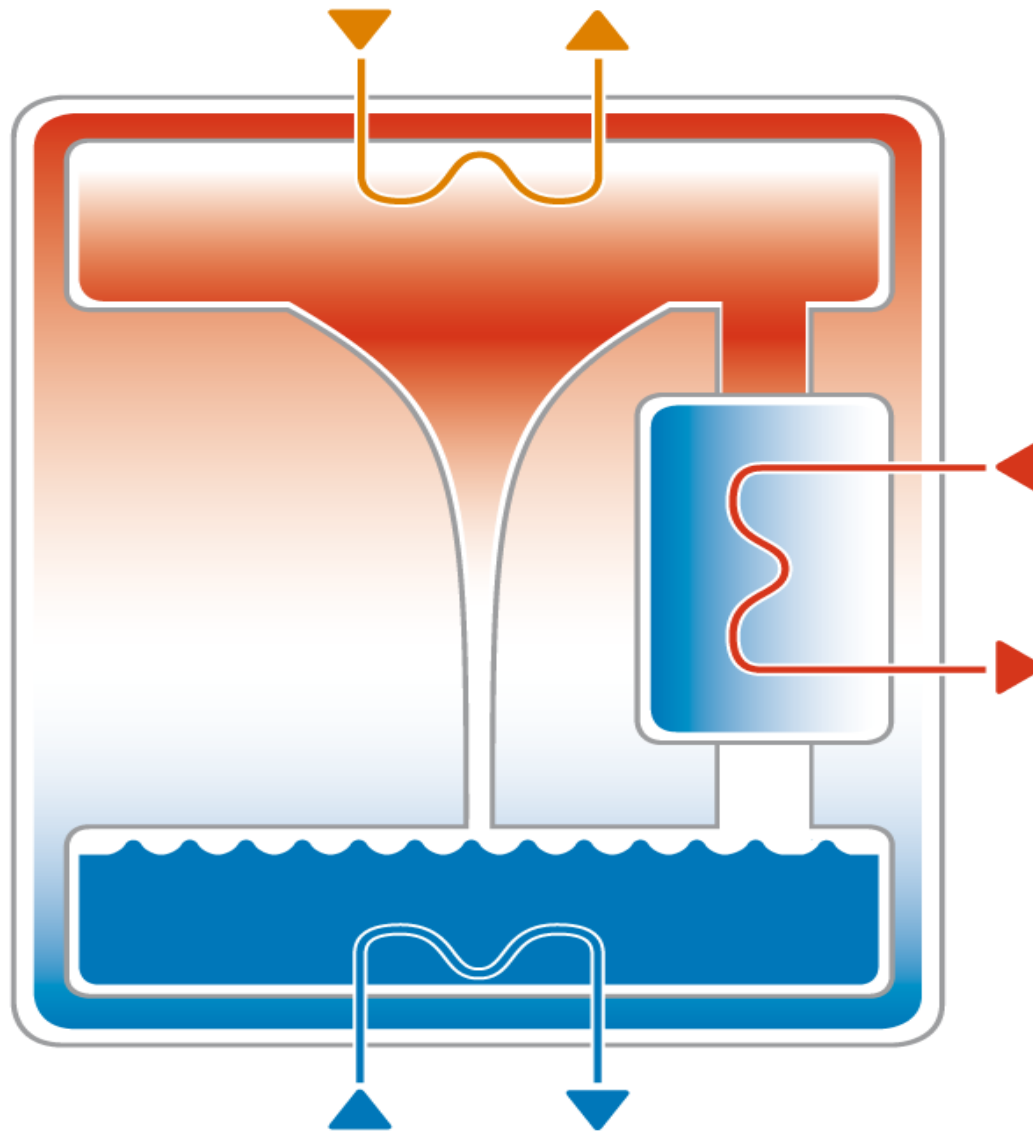
## FUNKTIONSPRINZIP



- Antriebskreis**  
(Thermischer Antrieb – Ausheizen der Adsorber)
- Kältekreis**  
(Kühlung – Aufnahme von Energie zur Verdampfung)
- Rückkühlkreis**  
(Rückkühlung – Abführen von Wärme aus dem System)

# KÄLTEERZEUGUNG

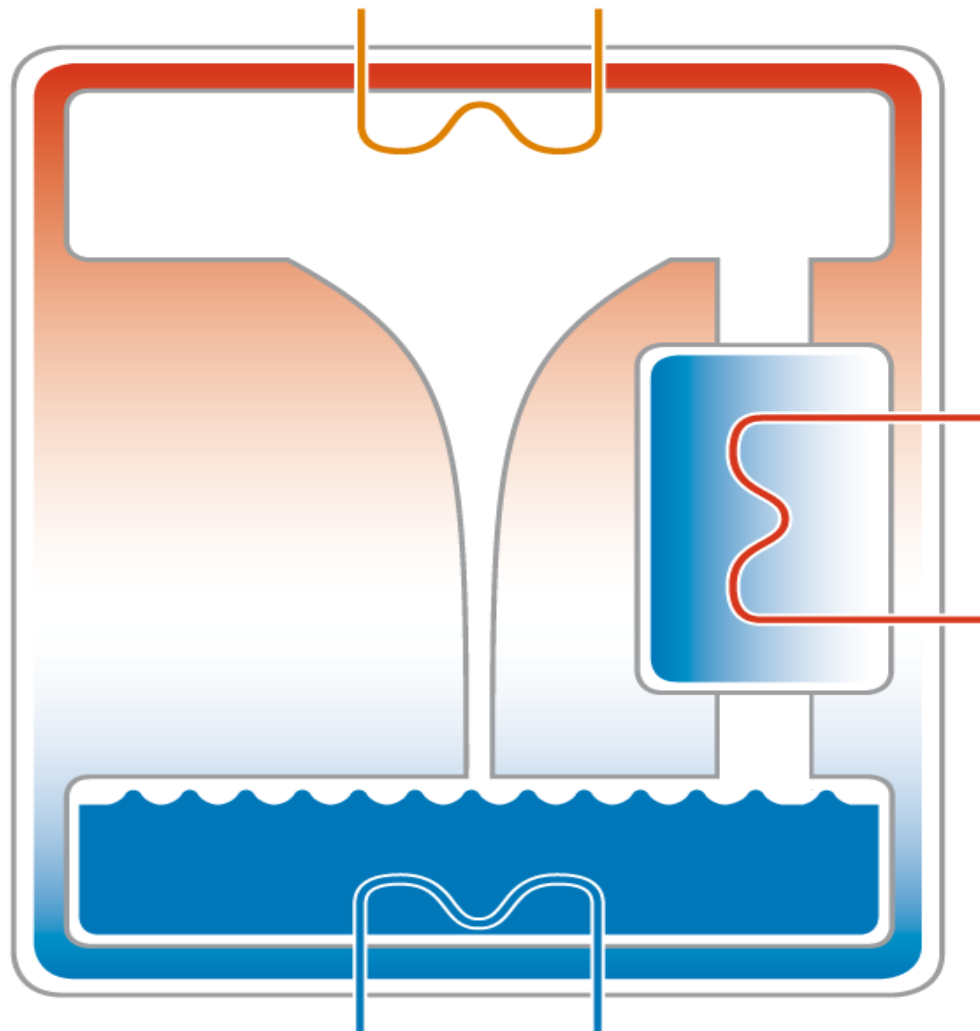
## FUNKTIONSPRINZIP



- Antriebskreis**  
(Thermischer Antrieb – Ausheizen der Adsorber)
- Kältekreis**  
(Kühlung – Aufnahme von Energie zur Verdampfung)
- Rückkühlkreis**  
(Rückkühlung – Abführen von Wärme aus dem System)

# KÄLTEERZEUGUNG

## FUNKTIONSPRINZIP



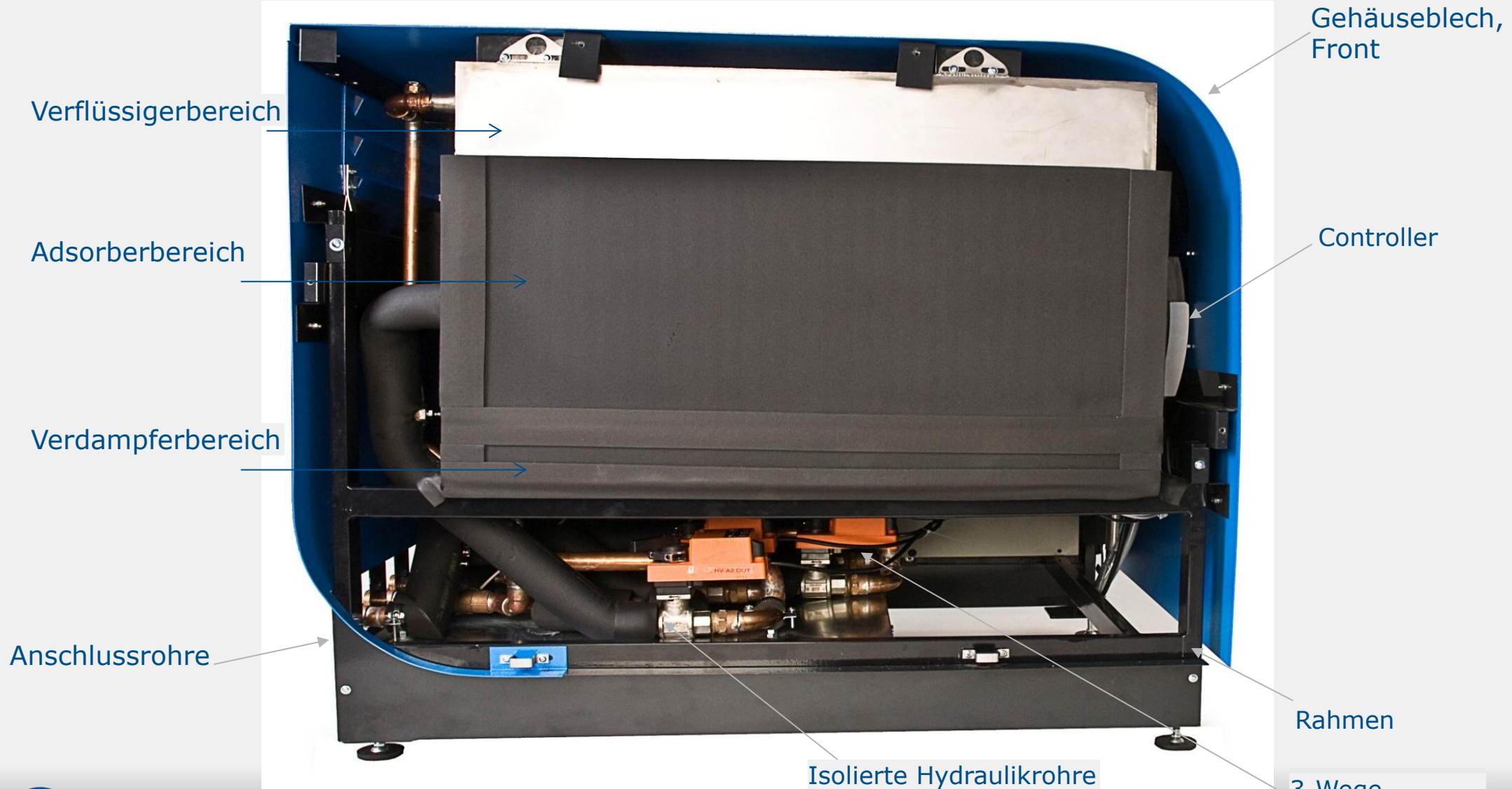
- Antriebskreis**  
(Thermischer Antrieb – Ausheizen der Adsorber)
- Kältekreis**  
(Kühlung – Aufnahme von Energie zur Verdampfung)
- Rückkühlkreis**  
(Rückkühlung – Abführen von Wärme aus dem System)

# KWKK 10 – 50 kW

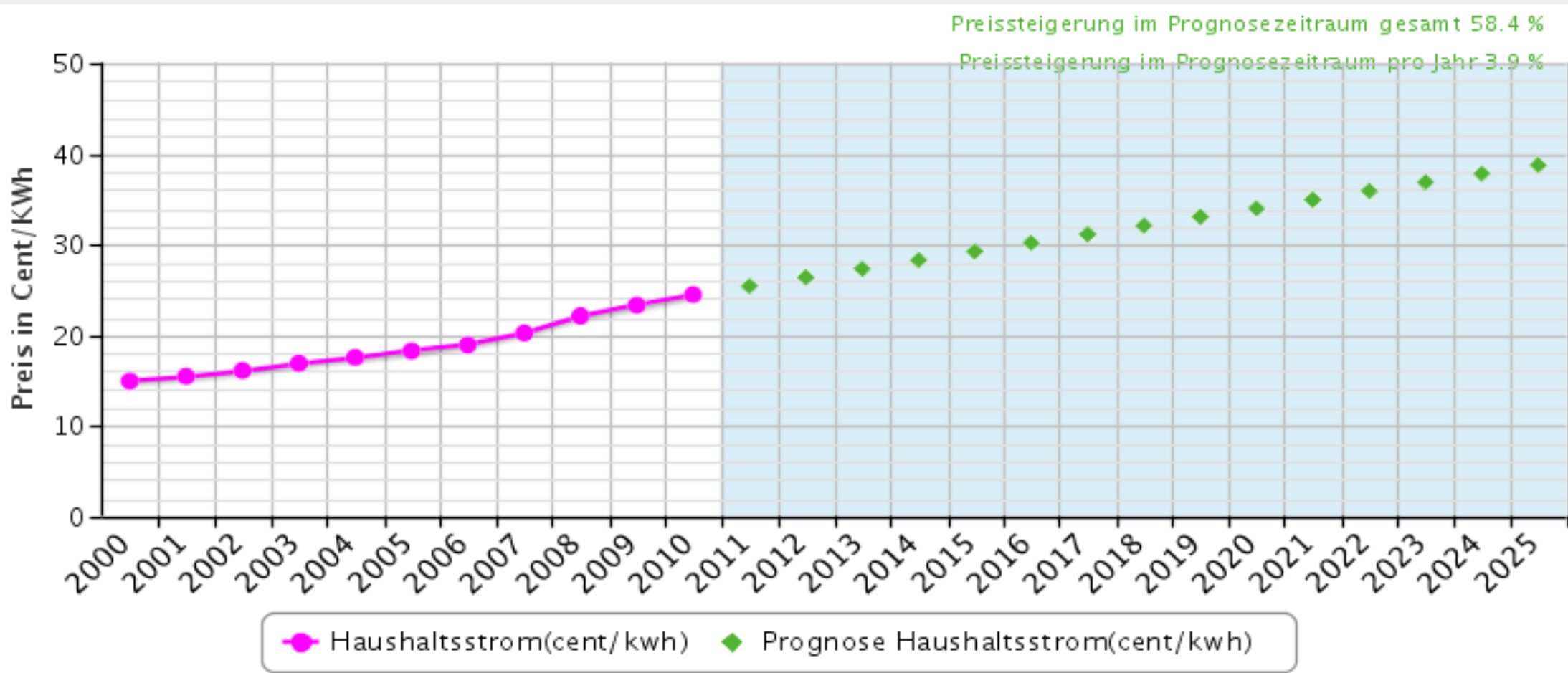
## Adsorption



# KWKK 10 – 50 kW



# KWKK 10 – 50 kW



Quelle: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie / EnergieAgentur.NRW



## Typische Unterschiede der Adsorptionskälte zur Kompressionskälte bei Klimaanlage:

### Kompressionskälte:

- Wirkungsgrad EER Jahresmittel 3,8
- Schalldruckpegel am Gerät (1 m) im Bereich 50 – 60 dB(A)
- Platzbedarf Gerät 0,5 – 2,5 m<sup>3</sup>
- Installationsaufwand vergleichsweise gering

### Adsorptionskälte:

- Wirkungsgrad EER Jahresmittel bis zu 15
- Schalldruckpegel am Gerät vernachlässigbar
- Platzbedarf gesamt relativ hoch
- Installationsaufwand vergleichsweise hoch

## Parameter, die den Einsatz der Adsorptionskälte begünstigen:

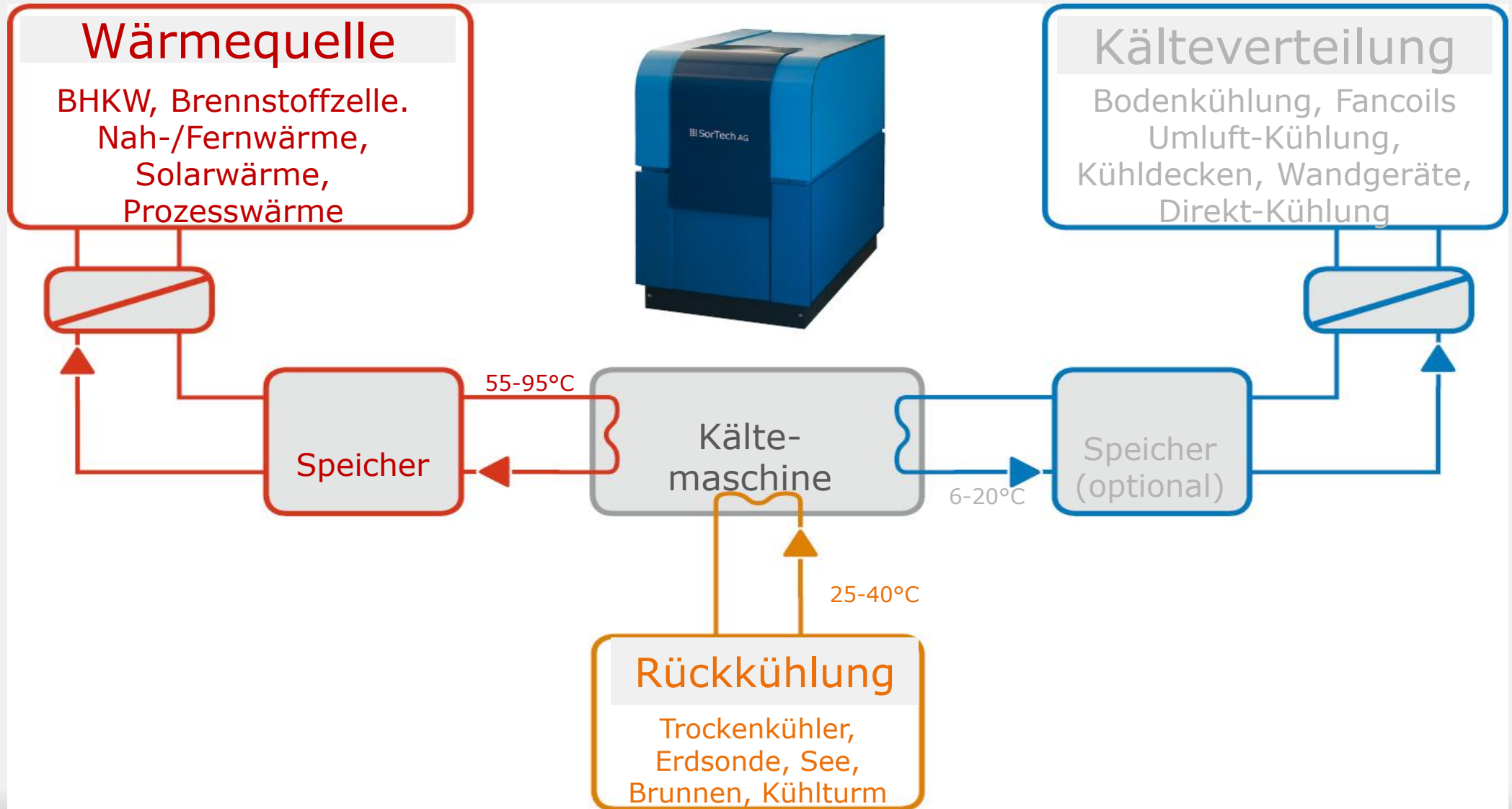
- Kaltwasservorlauftemperatur über 9° C
- Kostenfreie Antriebswärme
- Antriebswärme – Temperaturniveau 65° C bis 95° C
- Hohe jährliche Nutzungsstundenanzahl ( > 5000h)
- Gute Rückkühl–Möglichkeiten (geringe Schmutzbelastung der Außenluft)
- Bauseitige hohe Anforderungen bezüglich Schallimmission

# KWKK 10 – 50 kW

	<b>A</b> bsorptions- Kältemaschine	<b>A</b> dsorptions- Kältemaschine
Physikalischer Kühlungseffekt	Verdampfen des Kältemittels (Kaltdampfprozeß)	
Verdichtungsprinzip	Thermisch (Absorptionslösungskreislauf)	Thermisch (Adsorption von Wasserdampf)
Antriebsenergie	Wärmeenergie  Theoretisch: 70 - 180 ° C Praktisch: >>85° C	Wärmeenergie  Theoretisch: 55 - 95 ° C Praktisch: >60° C
Kältemittel	Wasser mit LiBr oder NH <sub>3</sub> als Absorptionsmittel  Umwelt- und Gesundheitsschädlich	Wasser mit Feststoff als Adsorptionsmittel (SILICA-Gel, Zeolith)  Nicht umwelt- und gesundheitsschädlich
Kälteleistungen	10 kW – xMW	1 kW - 250 kW
Jahresarbeitszahl EER <sup>1)</sup>	10 - 15	10 - 15
COP <sub>th</sub>	0,35 – 0,75	0,35 – 0,65

1)Der EER (Energy Efficiency Ratio) gibt das Verhältnis der abgegebenen Kälteleistung zur aufgewendeten elektrischen Leistung an. Je höher dieser Wert ausfällt, desto effizienter arbeitet die Maschine. (Quelle: SorTech AG)

# KWKK 10 – 50 kW



# KWKK 10 – 50 kW



HT\_in: 85°C  
HT\_out: 78°C

**28 kW**

Antriebskreis  
(HT)



LT\_out: 7°C  
LT\_in: 9°C

**10 kW**



Kaltwasserkreis  
(LT)

MT\_in: 29°C  
MT\_out: 34°C

( $t_{amb}=26^{\circ}\text{C}$ )

**38 kW**



Rückkühlkreis (MT)

Quelle: green-engineers

## Praxisbeispiel

„Neustrukturierung Laborbereich der Rudolf Hensel GmbH“

**Kälteleistung 30 kW bei 16° /11° C**

**Wärmequelle BHKW 75° /80° C**

**Nutzung:**

**-Laborräume**

**-Bürräume**

**-Technikraum**

**-Prozesswasser-Kühlung**

# KWKK 10 – 50 kW

Anlagengrösse  
2 x 15 kW



# KWKK 10 – 50 kW

## Rückkühler





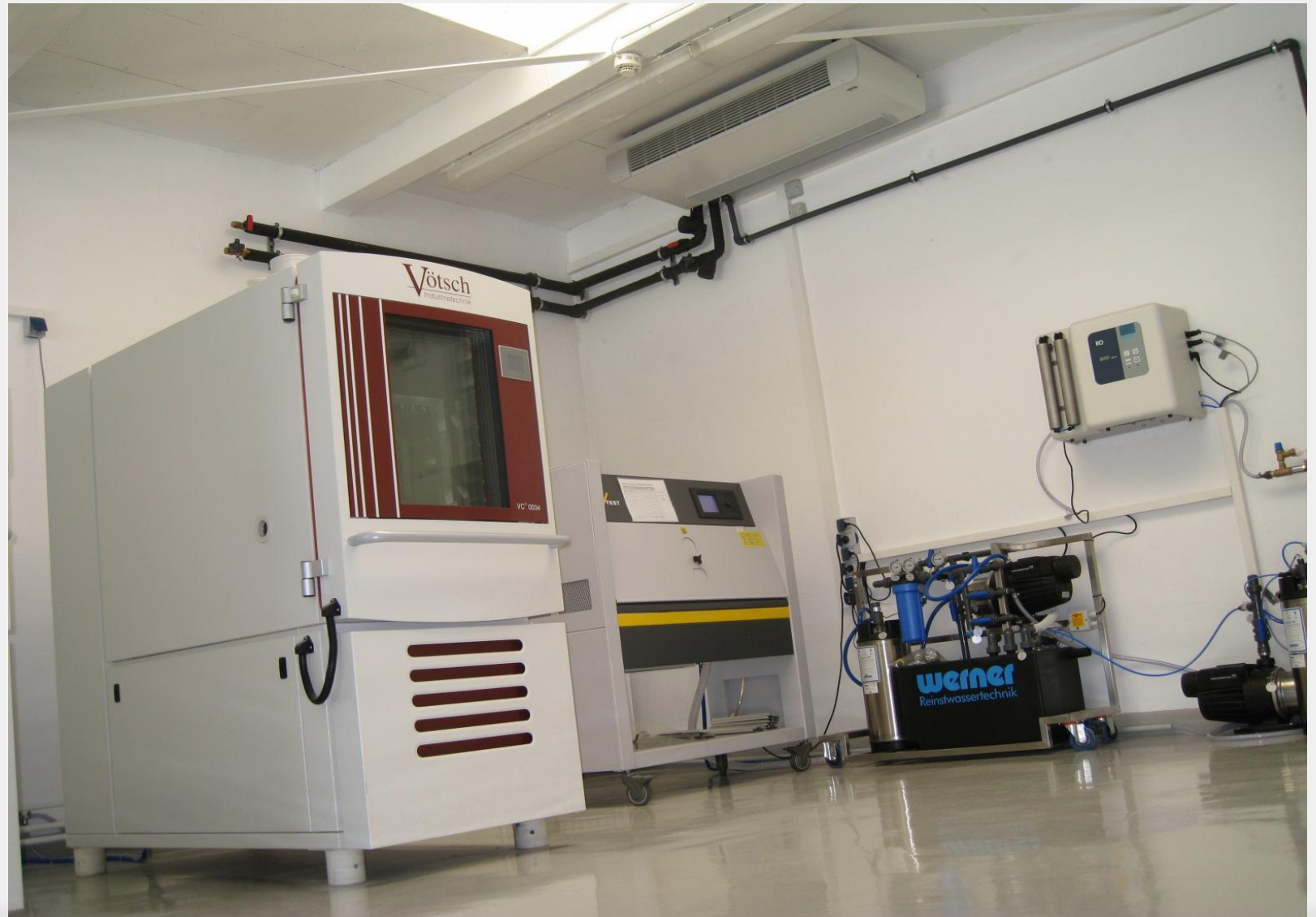
# KWKK 10 – 50 kW

Fancoils im  
Laborbereich



# KWKK 10 – 50 kW

Fancoil im  
Technikraum



# KWKK 10 – 50 kW

Deckenkassetten  
in sechs  
Bürräumen



# KWKK 10 – 50 kW

Prozesswasser-  
Speicher 80m<sup>3</sup>



# KWKK 10 – 50 kW

Hydraulik-  
Installation

Adsorptions-  
Kältemaschine



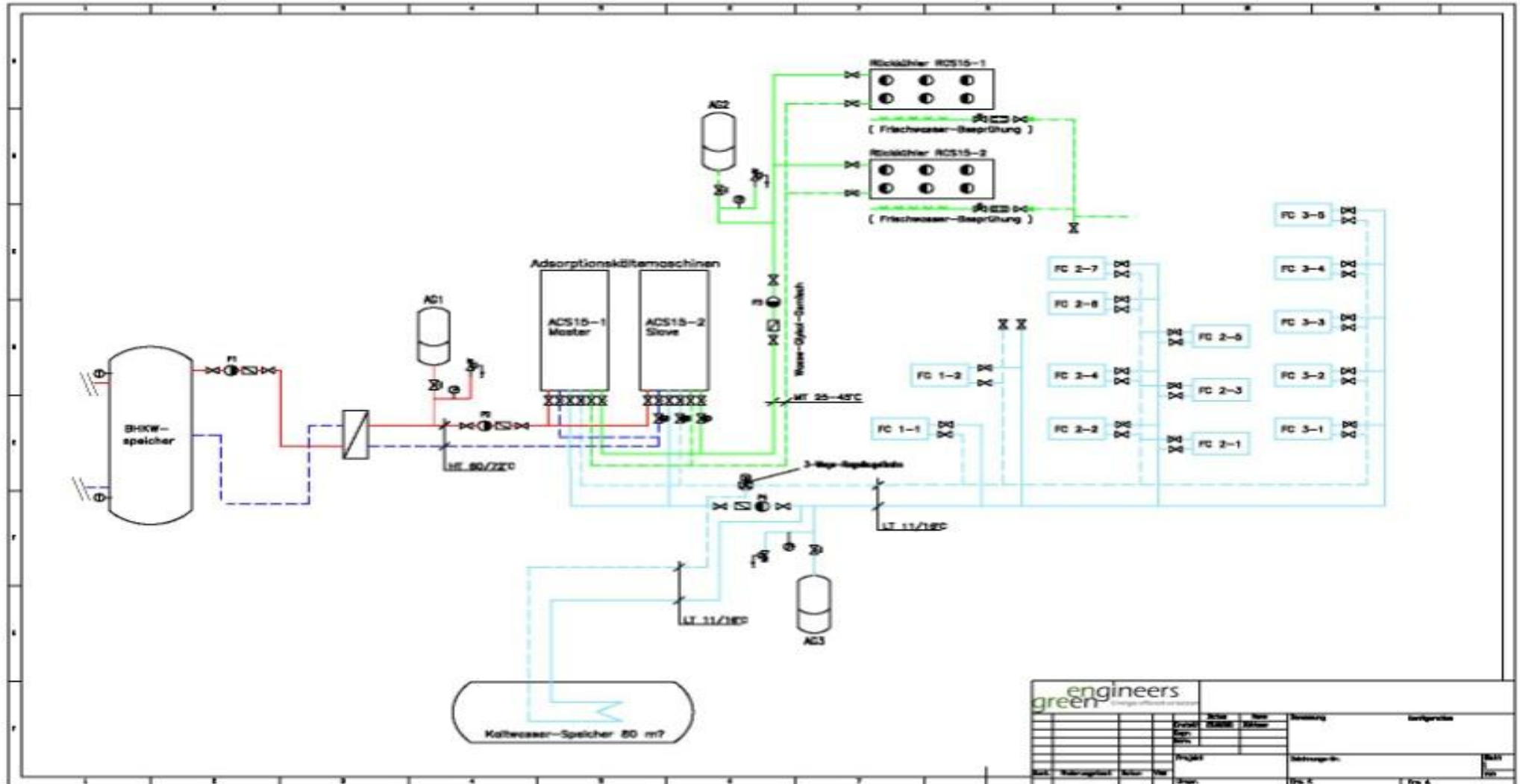
Schaltkasten  
Steuerung/Regelung

MT-Pumpe  
Rückkühler

LT-Pumpe  
Kaltwasser

HT-Pumpe  
Heisswasser

# KWKK 10 – 50 kW



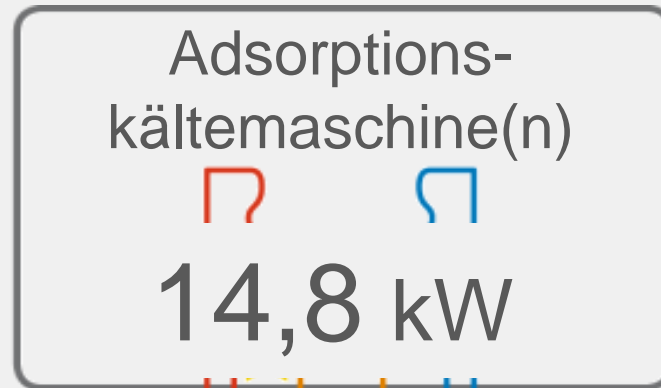
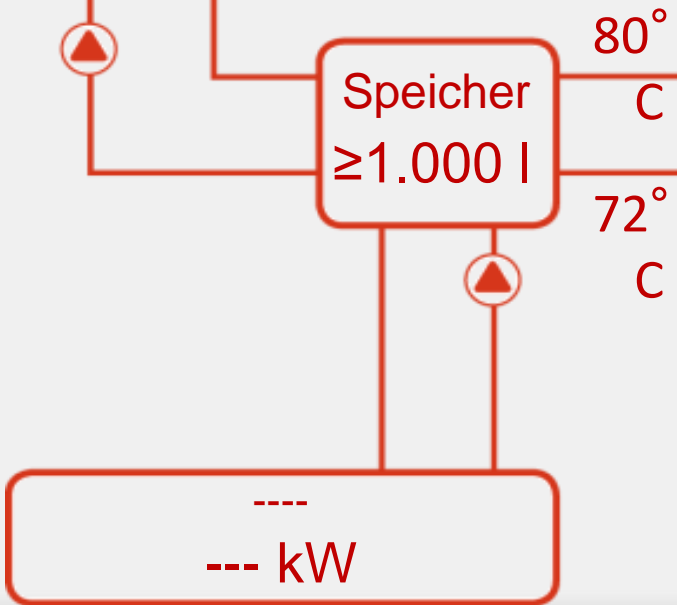
# Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

## AUSGANGSSITUATION

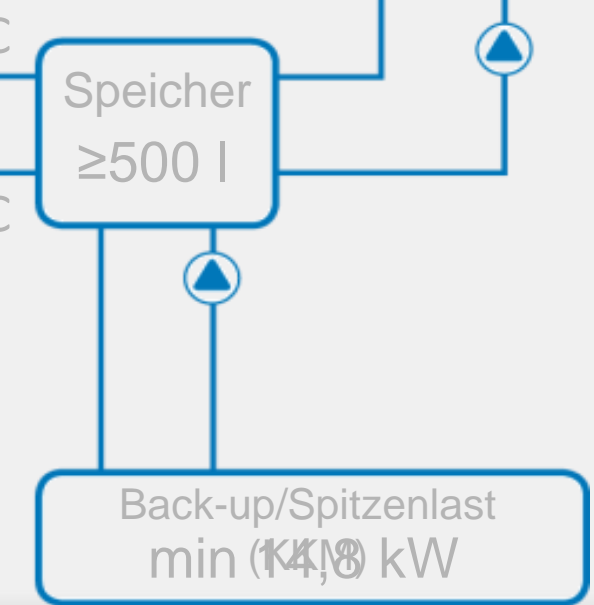
- BHKW-Abwärme (80°C)
- Kälte: 14 kW, ganzjähriger Bedarf
- Ziel:
  - max. Betriebskosteneinsparung
  - max. Laufzeit BHKW
  - schneller ROI
- Strompreis: 0,18 Eur/kWh
- Nutzungsdauer: 15 Jahre

# KWKK 10 – 50 kW

## ANTRIEBSWÄRME



## KÄLTEVERTEILUNG





# KWKK 10 – 50 kW

## LEISTUNGSDATEN

Kälteleistung, gesamt [kW]	14,8
Betriebsstunden Kälteanlage [h/a]	4.918
Betriebsstunden Freie Kühlung [h/a]	3.760

## INVESTITION

Investition, gesamt [€]	50.170,00
-------------------------	-----------

## EINSAPRUNGEN ÜBER NUTZUNGSDAUER [15a]\*

Betriebskosten [€]	183.229,66	89,69
Elektroenergie [kWh/a]	486.055,92	79,56
CO2 Emissionen [kg]	421.451,16	79,60

## GENERIERTE ERTRÄGE [15a]\*

Durch Betrieb der Kälteanlage [€]	0,00	0,00
-----------------------------------	------	------

## WIRTSCHAFTLICHKEIT\*

Differenzinvestition [€]	29.813,00
Kapitalwertvorteil [€]	87.781,42
IRR [%]	5,50
Durch. Amortisationsdauer [a]	2,4

\* Im Vergleich zur alternativen Lösung

# KWKK 10 – 50 kW

## Vorteile von Adsorptionskältemaschinen

- Niedrige, variable Antriebstemperatur aus verschiedenen Wärmequellen nutzbar
  - Antriebstemperaturen ab 55° C können genutzt werden
  - Sehr gute Leistungen auch bei variablen Vorlauftemperaturen
- Sauber, umweltfreundlich & ressourcenschonend
  - Wasser / Silikagel sind ökologisch unbedenklich und haben im Unterschied zu Kältemitteln von Kompressionskälteanlagen keine Auswirkung auf den Treibhauseffekt
  - Wasser / Silikagel (Quarzsand) sind natürliche Stoffe und in ausreichendem Maße auf der Erde verfügbar
  - Um bis zu 90% geringerer CO<sub>2</sub>-Ausstoß im Vergleich zu Kompressionskältemaschinen
- Leise
- Keine mechanischen Komponenten zur Kälteerzeugung

KWKK 10 – 50 kW

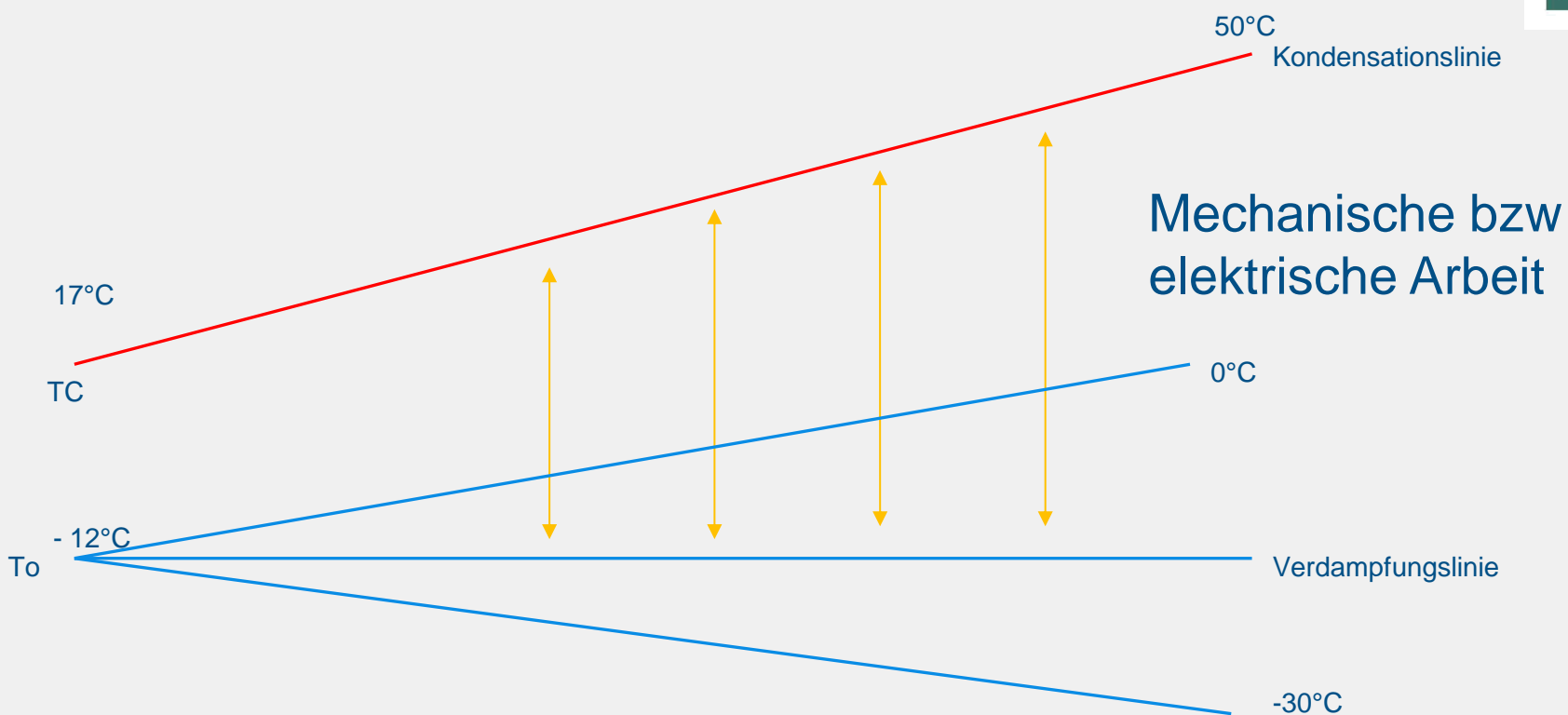
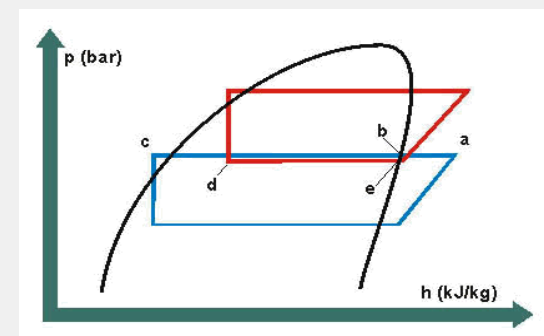


# Hydraulische Kaskade-Einbindung Vorkühlung

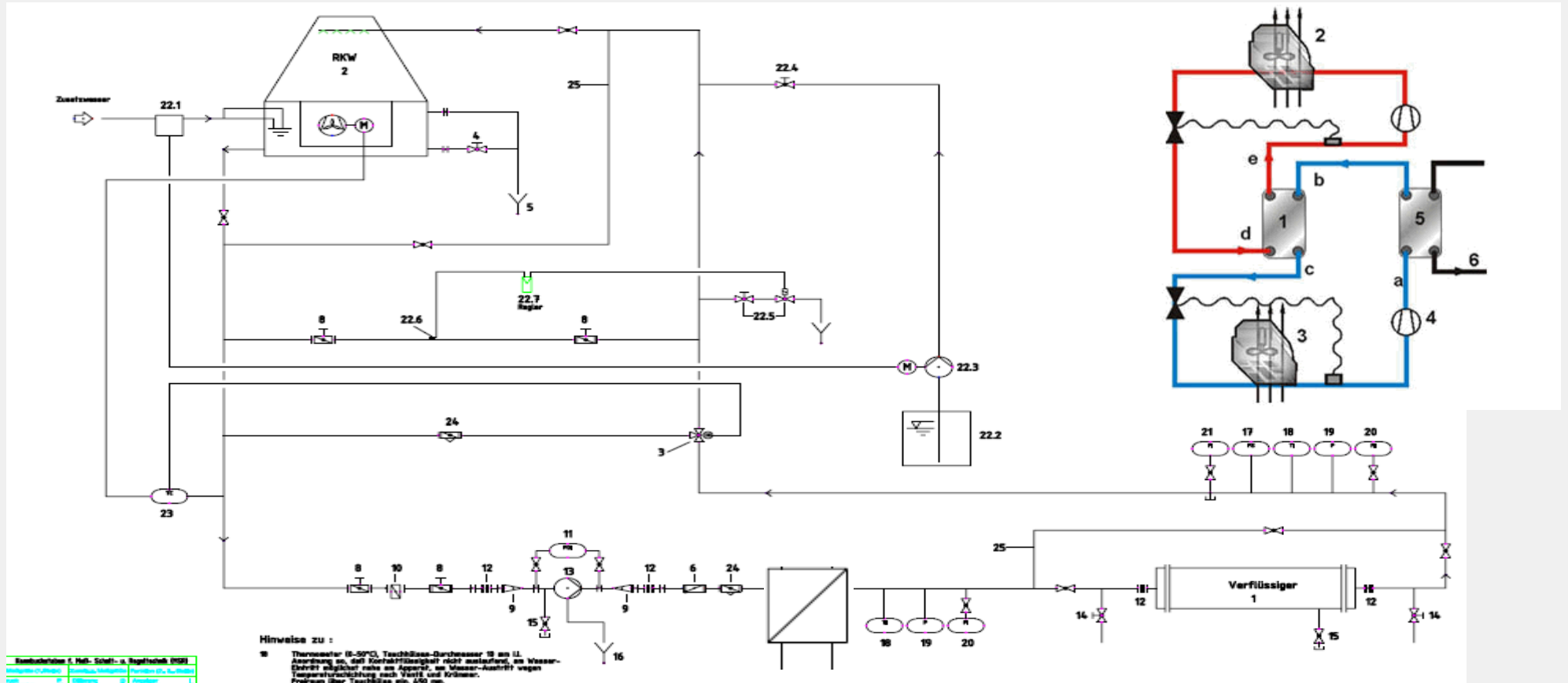
## Verbesserung der Leistungszahl EER bzw COP

Das Verhältnis von aufgenommener zu abgegebener Wärmemenge und aufzuwendender elektrischer Arbeit sind sowohl vom verwendeten Kältemittel, als auch von den vorliegenden Temperaturniveaus abhängig. Bei einer Absenkung der Verflüssigungstemperatur steigt die Kälteleistung und gleichzeitig sinkt die aufzuwendende Verdichterleistung. Beide Mechanismen tragen zu einer Steigerung des COP (Coefficient of Performance) bei. Der Wirkungsgrad beschreibt das Verhältnis aus Nutzen zu Aufwand.

**Die Lage der Verflüssigungstemperatur bestimmt entscheidend den Energieverbrauch einer Kälteanlage.**



# Hydraulische Kaskade-Einbindung Vorkühlung



WT Anbindung  
Absorber Kaltwasser



---

**Vergütungsgrößen  
Fördermöglichkeiten**

### **Klima-Kälte-Impulsprogramm**

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

### **Förderung von Maßnahmen an gewerblichen Kälteanlagen**

- seit dem 24.06.2011 werden **auch** Sorptionskälteanlagen gefördert
- durch Bonusförderung (35% der Nettoinvestitionskosten\*)
- ab einer Kälteleistung von 50kW
- **wenn Beheizung mittels Sekundärwärme erfolgt aus**
  - a) Abwärme aus Produktion, BHKW-Anlagen
  - b) Wärme aus Fern- oder Nahwärmenetze
  - c) Wärme aus thermischen Solaranlagen
- gilt für Neu- und Altanlagen
- Förderung umfasst Sorptionsanlage einschl. Peripherie
- Antrag über das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)

\* an bestimmte Randparameter geknüpft

## Klima-Kälte-Impulsprogramm – Warum?

*„Bei der gewerblichen Kältetechnik sind noch **außerordentliche Einsparungen an Geld, Energie und CO<sub>2</sub>-Emissionen** möglich - durch regelmäßige Wartung sowie durch Einsatz von Komponenten des neuesten Standes der Technik:*

- > Elektronische Expansionsventile*
- > Drehzahlregelung der Verdichter*
- > Regelung des Gesamtsystems*
- > Anlagen-Komponenten mit hoher Effizienz*

**Quelle:**



*Allein mit am Markt verfügbarer Technik können **in Kälteanlagen in Deutschland jährlich ca. 11 Mrd. kWh** (zwei fossil-thermische Kraftwerke) eingespart werden.*‘





Prof. Dipl.-Ing., Dipl. Wirtsch.-Ing.  
Jörg Probst

Gertec GmbH · Ingenieurgesellschaft  
Martin-Kremmer-Str. 12  
45327 Essen

Telefon +49 [0] 201 – 245 64 -0  
Telefax +49 [0] 201 – 245 64 -20

[info@gertec.de](mailto:info@gertec.de)  
[www.gertec.de](http://www.gertec.de)