

Effizienzsteigerung in der Gewerbekälteanwendung  
Schulung Gewerbekälte 20.02.2009  
Netzwerk Hamburg





## Effizienzsteigerung in der Gewerbekälteanwendung

- Die Firma TEKO als Unternehmen
- Effizienzsteigerung im Supermarktbereich
- Wie können effiziente Anlagen realisiert werden ?
- Life cycle cost - Betrachtung
- Beispiele : Regelungstechnik
- Ergebnis : Aus einem realisierten Objekt



## Effizienzsteigerung in der Gewerbekälteanwendung





# Die Firma

TEKO Gesellschaft für Kältetechnik

- Teko ist seit 1982 „im Kälte - Geschäft“ tätig
- Mit Schwerpunkt in der Lebensmittelindustrie und im Supermarktbereich
- Aus der Kenntnis des Bedarfs sind die heutigen Produkte für diesen Bereich entstanden.
- ca.200 Mitarbeiter





# Unsere Partner

## Hervorragende Hersteller

- Frascold
- Copeland
- Bock
- Bitzer
  
- ECO
  
- Castel
  
- Wurm-Systeme

## Namhafte Anwender

- Supermarktbetreiber
  
- Lebensmittelindustrie
  
- Und die in diesem Bereich tätigen Installations – und Servicebetriebe



# Unser Produktangebot

- Kompakte Verbund-Kälteanlagen
- High-Tech Steuerungs- und Überwachungssysteme
- Leistungsstarke und qualitativ hochwertige Bausteine für die Kälteanlagen
- Im Firmenverbund GTM / Wurm / TEKO Gewerke übergreifende Lösungen realisieren



# Unser Domizil

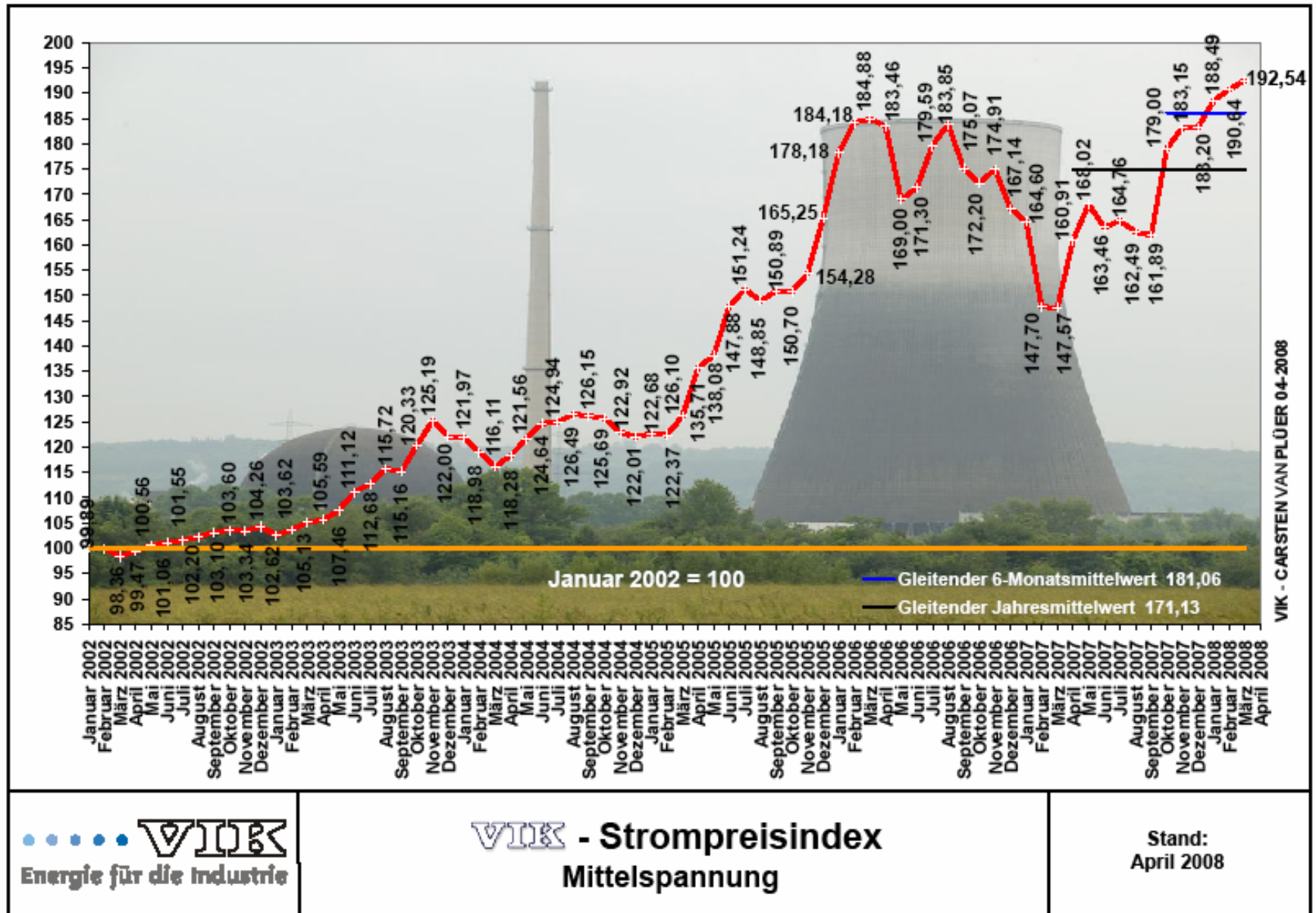




## Effizienzsteigerung in der Gewerbekälteanwendung

### Worauf muss sich der Handel in Zukunft einstellen ?

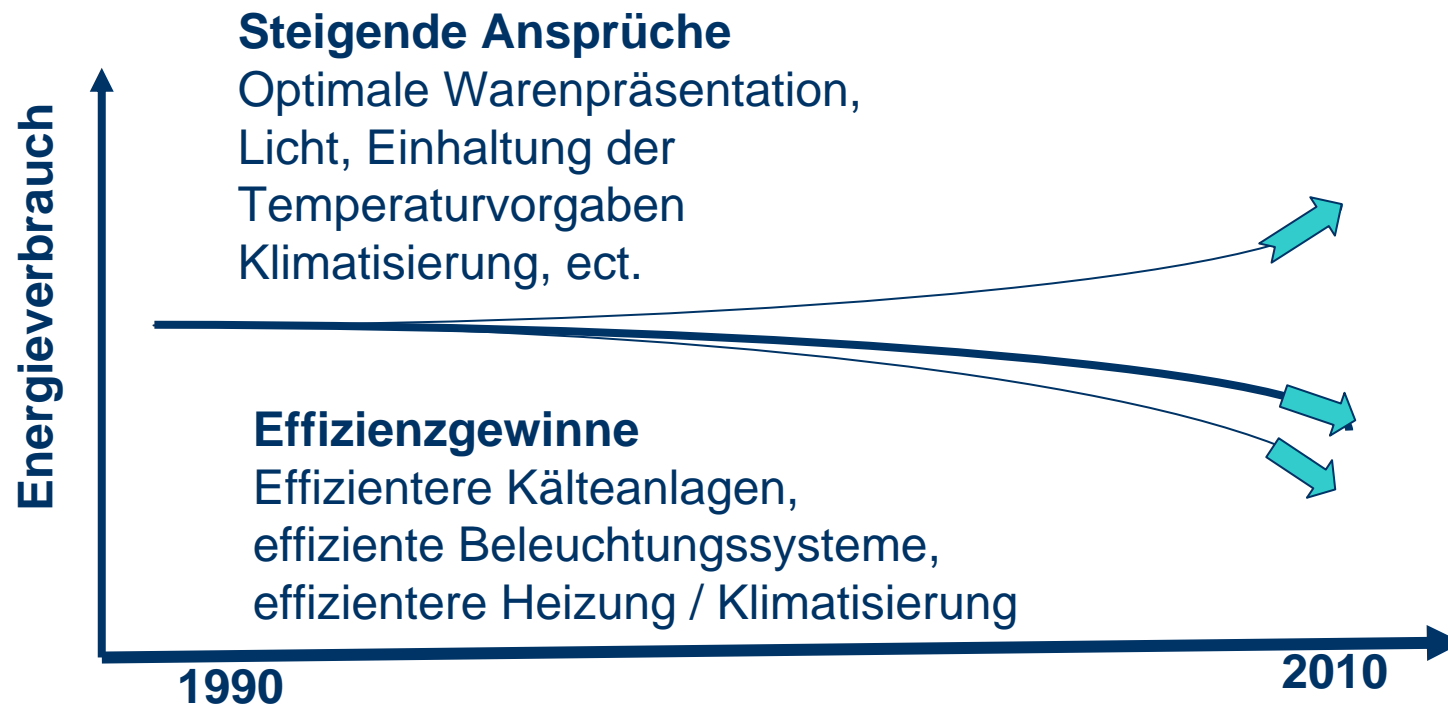
- **Geringere Deckungsbeiträge durch steigende Betriebskosten**
- **Erhöhung der Energie und Rohstoffpreise**
- **Mehrverbrauch an Energie durch :**
  - **- Verlängerung der Ladenöffnungszeiten**
  - **- Zunahme der gekühlten Sortimente**
  - **- Klimatisierung des Verkaufsraumes**
- **Wie kann man diesem Trend entgegenwirken ?**
- **Einsatz energetisch effizienter Kälteanlagen und Kühlmöbel**
- **Senkung der spezifischen Instandhaltungskosten**
- **Realisierung von Wärmerückgewinnungskonzepten**
- **Effizientes Energiemanagement**





## Effizienzsteigerung in der Gewerbekälteanwendung

### Spannungsfeld **Marketing** – **Energieeffizienz**



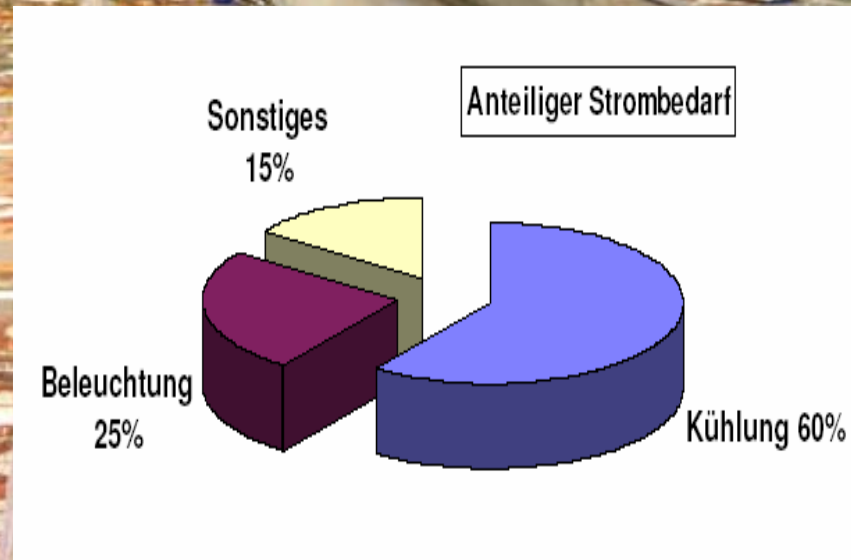




## Energieverteilung in den Supermärkten



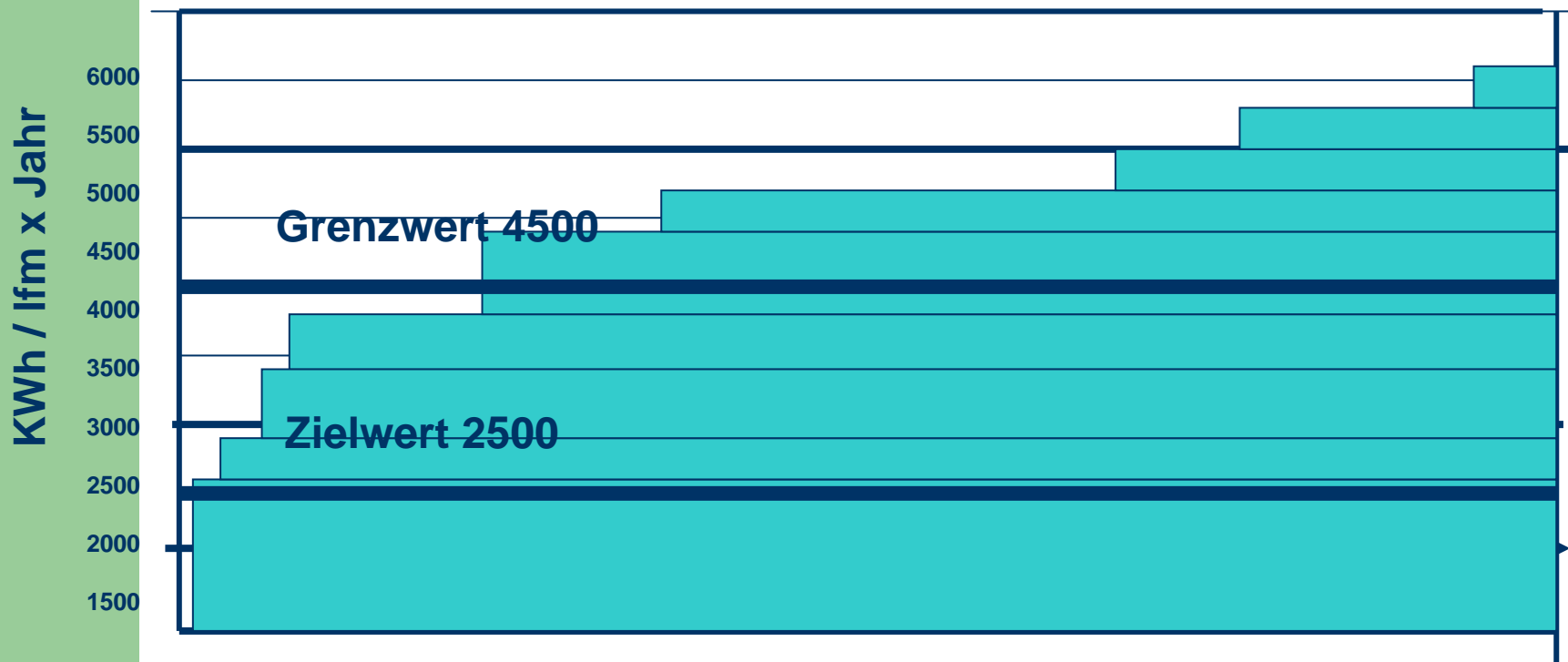
Verlängerung der Ladenöffnung um 1h bringt bsw. eine Erhöhung des Energieverbrauchs um 3,5% mit sich





## Energievergleiche als Grundlage für Verbesserung

- Energieeffizienz – Vergleiche von Kälteanlagen





## Effizienzsteigerung in der Gewerbekälteanwendung

### Anforderungen: z B. Parameterlisten

NK 1	KST bez.	Pos.	Zuluft	Rückluft	Abtau	Temp. Soll	Wicht. Tag	Wicht. Nacht	Warn Übertemp.	Verz. Zeit Übertemp.	Warn. Untertemp.
to=-7 °C	SB Kühlregal Mopro	11.1	Ja	Ja	Ja	5 °C	70%	80%	6 K	60 minuten	5 K
to=-7 °C	SB Kühlregal O & G	11.2	Ja	Ja	Ja	7 °C	50%	50%	6 K	60 minuten	5 K
to=-7 °C	SB Kühlregal Roll-In	11.3	Ja	Ja	Ja	5 °C	70%	80%	6 K	60 minuten	5 K
to=-7 °C	SB Kühlregal Käse	11.4	Ja	Ja	Ja	5 °C	70%	80%	6 K	60 minuten	5 K
to=-7 °C	SB Kühlinsel Mopro	12.1	Ja	Ja	Ja	5 °C	80%	90%	6 K	60 minuten	5 K
to=-7 °C	Kühlraum Mopro	13.1	Nein	Ja	Nein	5 °C	Nein	Nein	6 K	60 minuten	5 K
to=-7 °C	Kühlraum Konfiskat	13.2	Nein	Ja	Nein	2 °C	Nein	Nein	6 K	60 minuten	3 K
to=-7 °C	Kühlraum Wurst	13.3	Nein	Ja	Ja	2 °C	Nein	Nein	6 K	60 minuten	3 K
to=-7 °C	Kühlraum O & G	13.4	Nein	Ja	Ja	8 °C	Nein	Nein	6 K	60 minuten	2 K
to=-7 °C	Fleischvorbereitung	13.5	Nein	Ja	Nein	10 °C	Nein	Nein	6 K	60 minuten	2 K
to=-7 °C	Frühanlieferung	13.6	Nein	Ja	Nein	10 °C	Nein	Nein	10 K	60 minuten	2 K

NK 2	KST bez.	Pos.	Zuluft	Rückluft	Abtau	Temp. Soll	Wicht. Tag	Wicht. Nacht	Warn Übertemp.	Verz. Zeit Übertemp.	Warn. Untertemp.
to=-10 °C	SB Kühlregal Fleisch	21.1	Ja	Ja	Ja	1 °C	60%	80%	5 K	60 Minuten	5 K
to=-10 °C	SB Kühlregal Wurst	21.2	Ja	Ja	Ja	3 °C	60%	80%	5 K	60 Minuten	5 K
to=-10 °C	SB Kühlinsel Fleisch	21.3	Ja	Ja	Ja	1 °C	80%	90%	5 K	60 Minuten	5 K
to=-10 °C	Bedientheke Fleisch	22.1	Ja	Ja	Ja	1 °C	30%	80%	5 K	60 Minuten	5 K
to=-10 °C	Bedientheke Wurst	22.2	Ja	Ja	Ja	2 °C	30%	80%	5 K	60 Minuten	5 K
to=-10 °C	Bedientheke Fisch	22.3	Ja	Ja	Ja	- 1 °C	30%	80%	5 K	60 Minuten	5 K
to=-10 °C	Bedientheke Käse	22.4	Ja	Ja	Ja	5 °C	30%	80%	5 K	60 Minuten	5 K
to=-10 °C	Kühlraum Geflügel	23.1	Nein	Ja	Ja	1 °C	Nein	Nein	5 K	60 minuten	5 K
to=-10 °C	Kühlraum Fleisch	23.2	Nein	Ja	Ja	1 °C	Nein	Nein	5 K	60 minuten	5 K
to=-10 °C	Kühlraum Fisch	23.4	Nein	Ja	Ja	0 °C	Nein	Nein	5 K	60 minuten	5 K

TK	KST bez.	Pos.	Zuluft	Rückluft	Abtau	Temp. Soll	Wicht. Tag	Wicht. Nacht	Warn Übertemp.	Verz. Zeit Übertemp.	Warn. Untertemp.
to=-35 °C	Tiefkühlinsel offen	31.1	Ja	Ja	Ja	- 22 °C	80%	90%	7 K	60 Minuten	6 K
to=-35 °C	Tiefkühlinsel mit Glas	31.2	Ja	Ja	Ja	- 22 °C	70%	80%	7 K	60 Minuten	6 K
to=-35 °C	Tiefkühlinsel Eis offen	31.3	Ja	Ja	Ja	- 22 °C	80%	90%	7 K	60 Minuten	6 K
to=-35 °C	Tiefkühlinsel Eis Glas	31.4	Ja	Ja	Ja	- 22 °C	70%	80%	7 K	60 Minuten	6 K
to=-35 °C	Tiefkühlschrank	32.1	Ja	Ja	Ja	- 22 °C	50%	50%	7 K	60 Minuten	6 K
to=-35 °C	Tiefkühlschrank Eis	32.2	Ja	Ja	Ja	- 22 °C	50%	50%	7 K	60 Minuten	6 K
to=-35 °C	Tiefkühlkombi	33.1	Ja	Ja	Ja	- 22 °C	80%	90%	7 K	60 Minuten	6 K
to=-35 °C	Tiefkühlkombi Eis	33.2	Ja	Ja	Ja	- 22 °C	70%	80%	7 K	60 Minuten	6 K
to=-35 °C	TK Raum Lager	34.1	Nein	Ja	Ja	- 22 °C	Nein	Nein	7 K	60 Minuten	6 K
to=-35 °C	TK Raum Fisch	34.2	Nein	Ja	Ja	- 22 °C	Nein	Nein	7 K	60 Minuten	6 K



## Effizienzsteigerung in der Gewerbekälteanwendung

Anforderungen: Alt !!!

Individuelle NK- / TK- Kälteverbundanlagen für gesamten NK- / TK- Bereich.

Kältemittel R404A im NK und TK-Kreis

Regelung der Kühlstellen nach Thermostatverfahren

Keine Bedarfsabtauung

Thermostatische Expansionsventile

Saugdruckregelung der Verdichter

Dauerbetrieb der Rahmenheizungen an TK- Möbeln

Energiesparlüfter in den Möbeln

Normale AC-Ventilatoren in den Kühlraumverdampfern

TK-Inseln offen

Kühlregale offen



## Effizienzsteigerung in der Gewerbekälteanwendung

### Anforderungen: Neu

- vor den Wandkühlregalen Isoliertüren
- Glasabdeckungen auf den TK - Inseln
- Klimatisierung des Verkaufsraumes ( Kühlen )
- Abwärmennutzung( Heizen )
- Einsatz von Energieerlüftern in den Kühlraumverdampfern
- **Energieeffizienz beginnt bei der Auftragserteilung**
- **Planung der einzelnen Raumheizungen - Einzelgruppen**
- Einsatz des Regelsystems Frigolink mit:
  - Repräsentativer Warentemperaturregelung
  - neuer Bedarfsabtauung nach Kondensatmodell
  - neuem Lastmanagementsystem
- **Kondensationstemperatur : Gleitend nach Aussentemperatur**



## Effizienzsteigerung in der Gewerbekälteanwendung

### Voraussetzung für eine effiziente Kälteanlage

- **Optimierte Wärmetauscher**
- - geringe Temperaturdifferenzen, kleine Druckverluste
- - Optimierung für Voll – und Teillastbetrieb
- **Regelung der Verdampfungstemperatur** geführt nach der Ladenluftenthalpy, Tag / Nacht
- **Regelung der Kondensationstemperatur** gleitend nach der Aussentemperatur

Wunsch : Energieeffizienz – Label für Kühlmöbel



## Effizienzsteigerung in der Gewerbekälteanwendung

### Wie wird eine gute Effizienz erreicht ?

- **Klare Vorgabe an Planer und Unternehmer:**
  - - Spezifikation für effiziente Kälteanlagen als Projektgrundlage
  - - Kontrollpunkte bei der Projektabwicklung vereinbaren
  - - Zielwerte der Verbrauchszahl (KWh/lm/a) muss erreicht werden  
= Vertragsbestandteil
- **Begleitung der Planung und Realisierung** durch Auftraggeber
- **Me**
- **Na**  
**Inb**
- **Betriebsoptimierung durch Planer und Unternehmer** Interesse und Begleitung durch Auftraggeber von entscheidender Bedeutung!
- **Sommer – und Winterprüfung:** Nachweis der Funktionen u.d.Effizienz
- **6 / 12 / 18 / 24 – Monatsbilanzen:** Nachweis der Betriebssicherheit und der Effizienz

**Entscheidend sind nicht die technischen Besonderheiten  
sondern die Beteiligten**



## Effizienzsteigerung in der Gewerbekälteanwendung

### Wie wird eine gute Effizienz gehalten?

- **Systematische Energieerfassung**
- - Basis ein funktionierendes u. aussagekräftiges Messkonzept
- - Periodische (wöchentliche / monatliche) systematische Datenauswertung
- - Identifikation von Abweichungen
- Definition und Umsetzung von Massnahmen
- Erfolgskontrolle nach Umsetzung von Massnahmen

**Die Energieeffizienz wird wesentlich stärker durch Haltung des Management geprägt als durch technologische Detaillösungen**



## Effizienzsteigerung in der Gewerbekälteanwendung

### Life cycle cost – Betrachtung: Beispiel

<b>R 404 A</b>		<b>TPN4-S2056Y</b>		<b>R 404 A</b>			
	GWP = Treibhauspotential				3750		
	n = Betriebszeit der Anlage in Jahre				15		NK:
	m = Anlagenfüllgewicht in kg				100		Aufnahmeleistung Verdichter in kW
	L = Leckrate pro Jahr (ca. 5 %) in kg				5		Betriebszeit / Tag
	a rec = Recycling- Faktor				0,75		Energieverbrauch pro Tag in kWh
	b = CO2- Emission kg pro kWh				0.6		Tage / Jahr
	E ann = Energiebedarf kWh pro Jahr				229.089		Energieverbrauch pro Jahr in kWh
	TEWI direkt =	<b>375.000</b>	(= kg CO2- Ausstoß/n)				
	TEWI indirekt =	<b>2.061.801</b>	(= kg CO2- Ausstoß/n)				
	TEWI gesamt =	<b>2.436.801</b>	(= kg CO2- Ausstoß/n)				
<b>R 404 A</b>		<b>TPT3-Q528.1Y</b>		<b>R 404 A</b>			
	GWP = Treibhauspotential				3750		TK:
	n = Betriebszeit der Anlage in Jahre				15		Aufnahmeleistung Verdichter in kW
	m = Anlagenfüllgewicht in kg				60		Betriebszeit / Tag
	L = Leckrate pro Jahr (ca. 5 %) in kg				3		Energieverbrauch pro Tag in kWh
	a rec = Recycling- Faktor				0,75		Tage / Jahr
	b = CO2- Emission kg pro kWh				0.6		Energieverbrauch pro Jahr in kWh
	E ann = Energiebedarf kWh pro Jahr				48.684		
	TEWI direkt =	<b>225.000</b>	(= kg CO2- Ausstoß/n)			TEWI direkt =	<b>600.000</b> NK+TK
	TEWI indirekt =	<b>438.156</b>	(= kg CO2- Ausstoß/n)			TEWI indirekt =	<b>2.499.957</b> NK+TK
	TEWI gesamt =	<b>663.156</b>	(= kg CO2- Ausstoß/n)			TEWI gesamt =	<b>3.099.957</b> NK+TK



# Effizienzsteigerung in der Gewerbekälteanwendung

## Life cycle cost – Betrachtung: Beispiel

R 134 a		TPN4-Z35.106Y		R 134 a	
GWP = Treibhauspotential			1300		
n = Betriebszeit der Anlage Jahre			15		
m = Anlagenfüllgewicht kg			130		
L = Leckrate pro Jahr (ca. 5 %)			6,5		
a <sub>rec</sub> = Recycling- Faktor			0,75		
				Aufnahmeleistung Verdichter in kW	NK: 42,6
				Betriebszeit / Tag	13
				Energieverbrauch pro Tag in kWh	553,80

Differenz => Energieverbrauch = 50.487 KWh / a  
 Ersparnis => bei 0,15 C / KWh = 7573.-€ / a in 15 Jahren 113595.-€  
 Differenz => Investitionskosten ca. 12000.-€

Entscheidend für die LCC ist die Energieeffizienz

TEWI gesamt =	220.300	(= kg CO <sub>2</sub> - Ausstoß/n)	TEWI gesamt =	221.100	(= kg CO <sub>2</sub> - Ausstoß/n)
---------------	---------	------------------------------------	---------------	---------	------------------------------------

Differenz TEWI direkt = **430.975** (= kg CO<sub>2</sub>- Ausstoß/n)  
 Differenz TEWI indirekt = **454.383** (= kg CO<sub>2</sub>- Ausstoß/n)  
 Differenz TEWI gesamt = **885.358** (= kg CO<sub>2</sub>- Ausstoß/n)

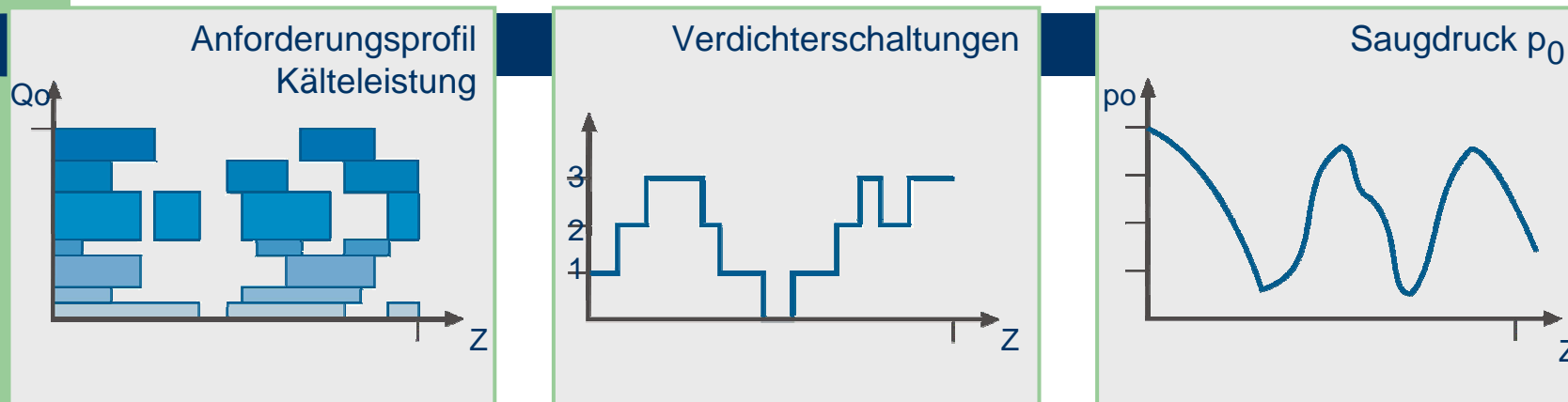




**FRIGOTAKT+**



## Bisher: Konventionelle Regelung



- kein energetisch angepasstes Verhalten der Kälteanlage
- keine adaptive Regelung der Verbundanlage
- starre Regelung des Saugdrucks
- geringer und nicht stetiger Teillastbetrieb
- hohe Anzahl von Verdichterschaltungen



## Stand der neuen Technik FRIKOTAKT+ – eine Übersicht

### Verbund

- Der Verbundregler schaltet entsprechend der übertragenen Kälteleistung

Verdichter zu- und ab

### Kühlstellen

- Einschaltdauerberechnung über die RWT
- Ausgabe der Einschaltdauer über eine programmierbare Kühlstellenfolge
- Zyklische Übertragung der Summenkälteleistung über den Kombus zum Verbundregler.

### Parameter

Temperatursollwert  
Kühlstellenfolge für Tagbetrieb  
Kühlstellenfolge für Nachtbetrieb  
Leistung pro Kühlstelle  
Verbundzuordnung TK/NK  
Kaskadenfaktor  
Slaveadresse  
P-Band, Tn, TV, Periodendauer, Verschiebezeit

### Sonderregeln

Werden mehr als 75% der eingestellten Verbundkälteleistung angefordert, so werden alle Verdichterstufen eingeschaltet. Der Verbundregler verläßt das Frigotaktverfahren, wenn der Saugdruck zu stark nach oben (3xNeutralzone) oder unten (1xNeutralzone) schwankt und schaltet dann Verdichter zu oder ab.

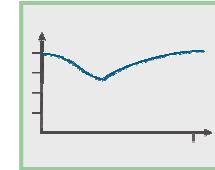
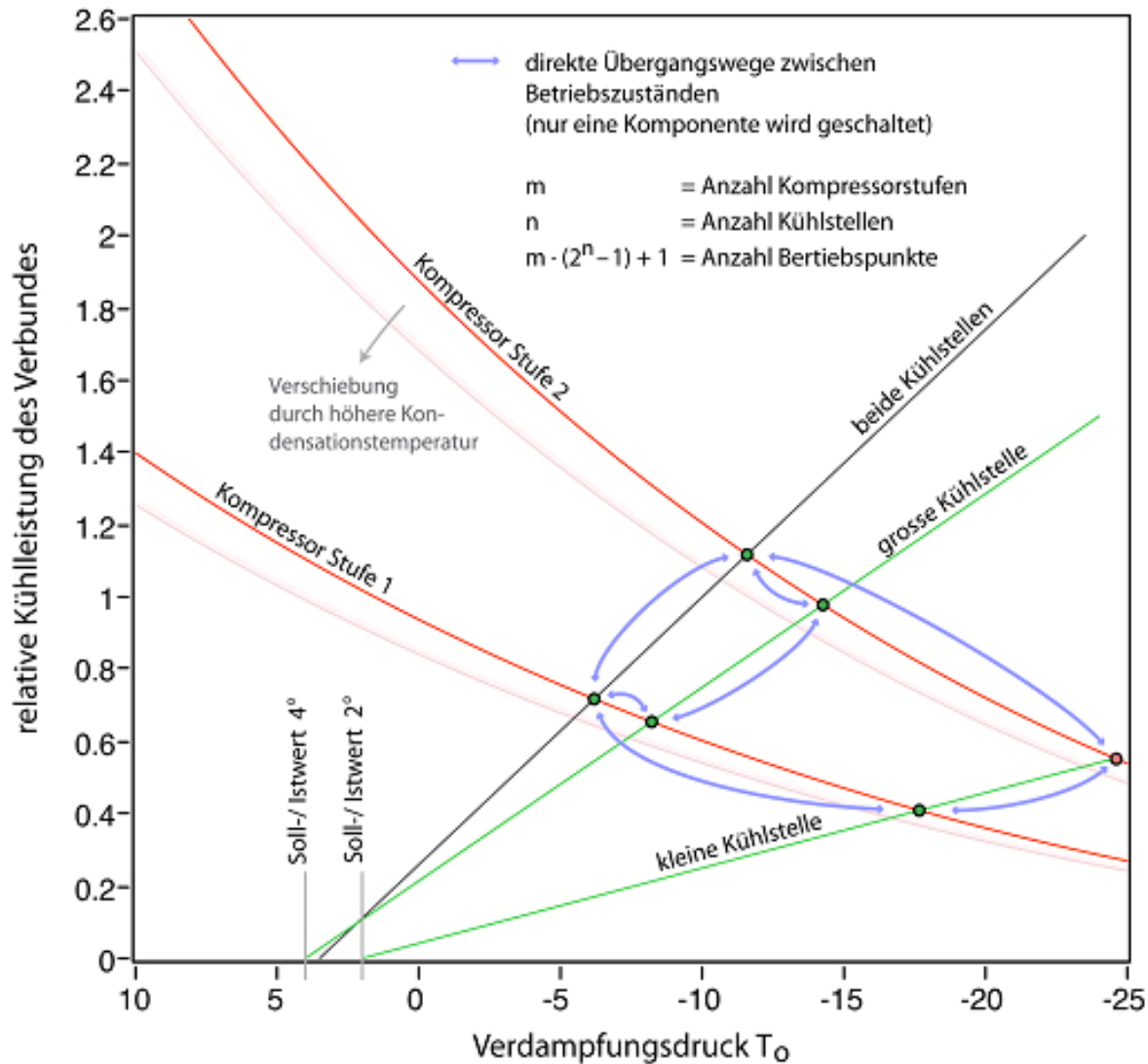
Reduzierung der verfügbaren Verdichterstufen im Nachtbetrieb

### Parameter

Sollwert + Neutralzone  
Anzahl der Verdichter/Stufen  
Gesamtleistung Verbund  
Mindestleistung für das Einschalten der ersten Verdichterstufe.  
CAN-Adresse des HKS von dem die Kühlstellengesamtleistung empfangen werden soll.  
Anpassung der empfangenen Leistung in Abhängigkeit der Kondensationstemperatur



## Arbeitspunkt Saugdruck $T_0$



### To-Sollwert:

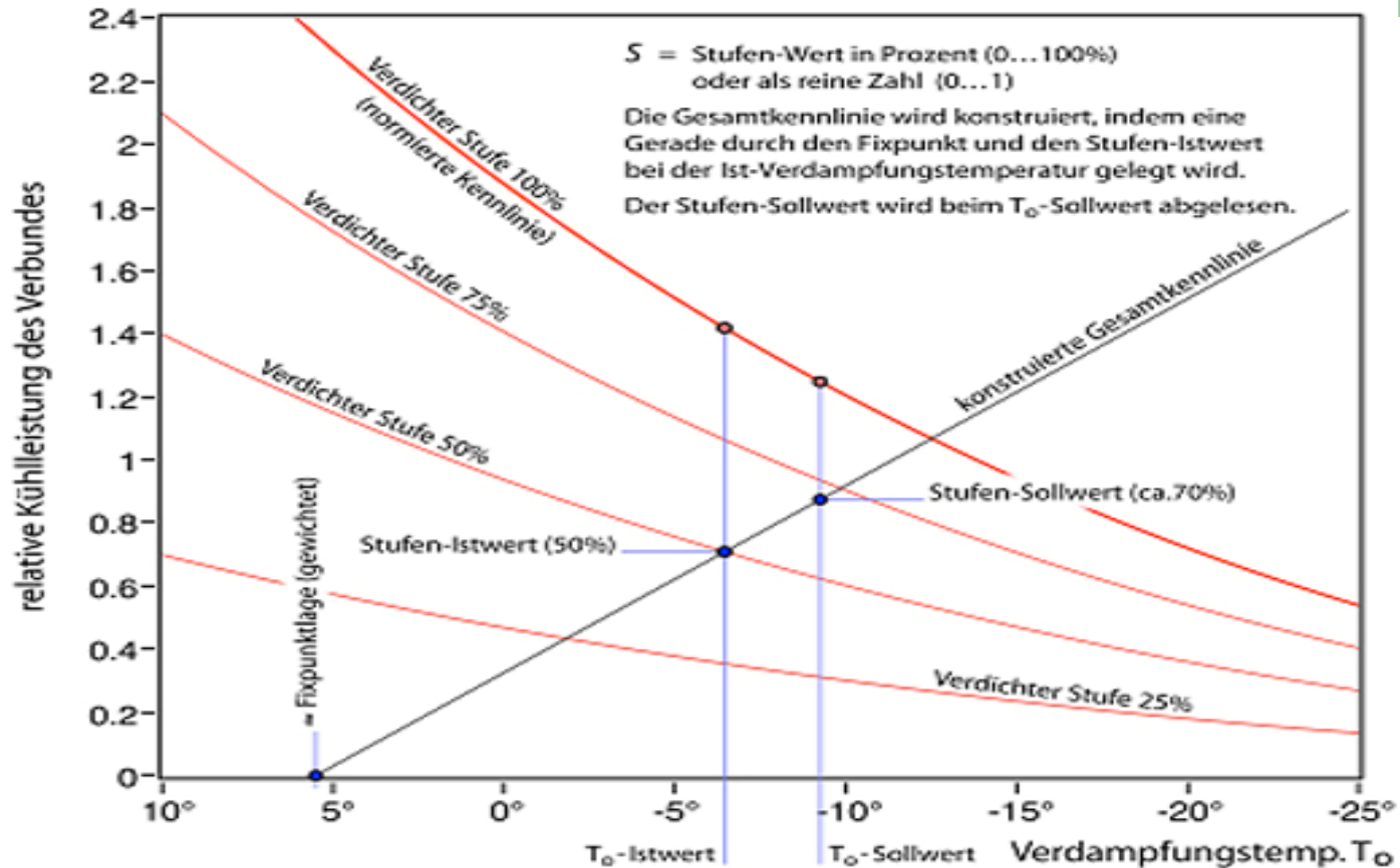
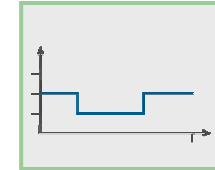
- min. benötigtes  $T_0$  der „schwächsten“ Kühlstelle
- Ermittelt und Übertragen von den Kühlstellen

### Arbeitsgerade für eine Kühlstelle:

- Verdichterkennlinie im Verbundregler hinterlegt

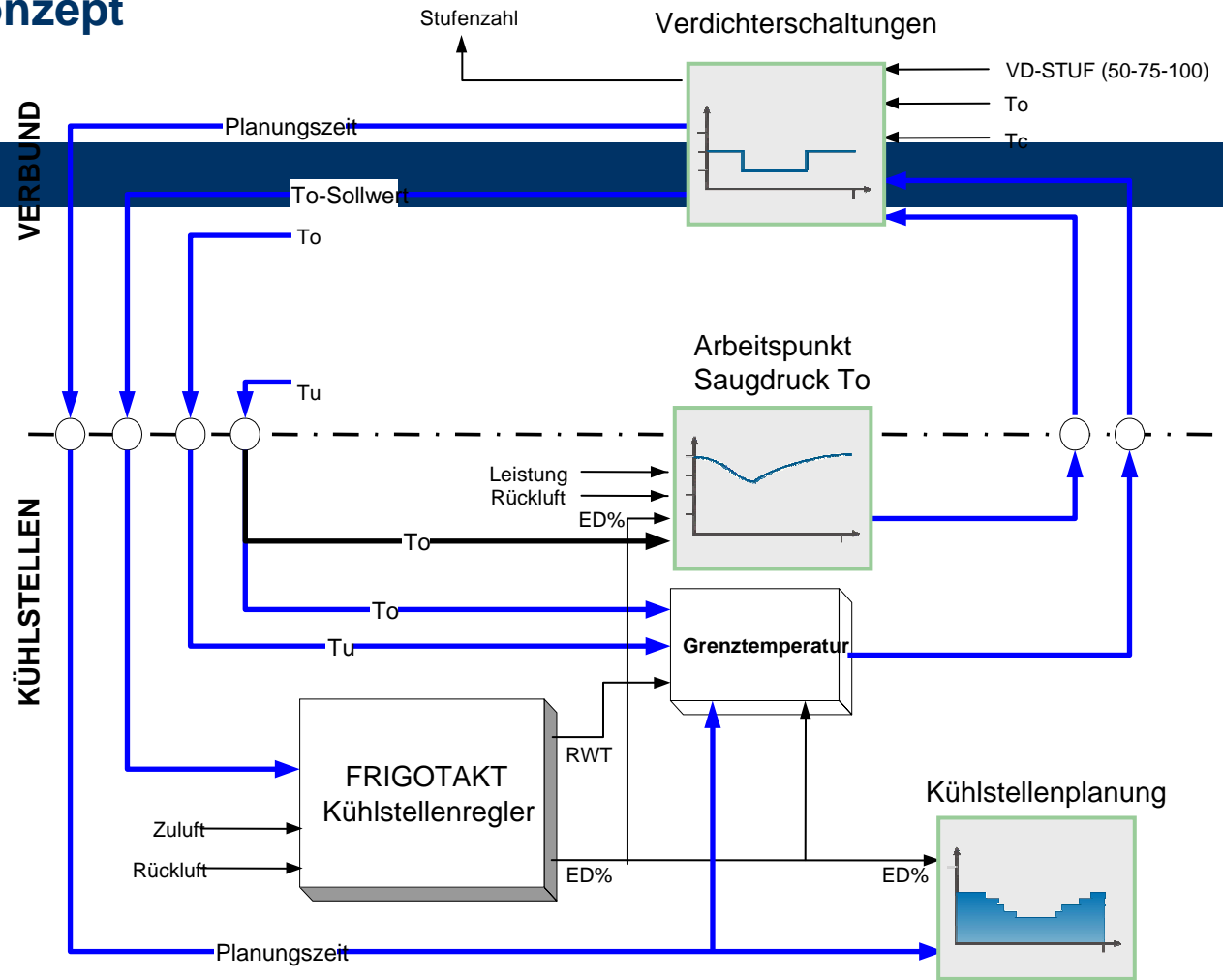


## Verdichterschtvorgänge





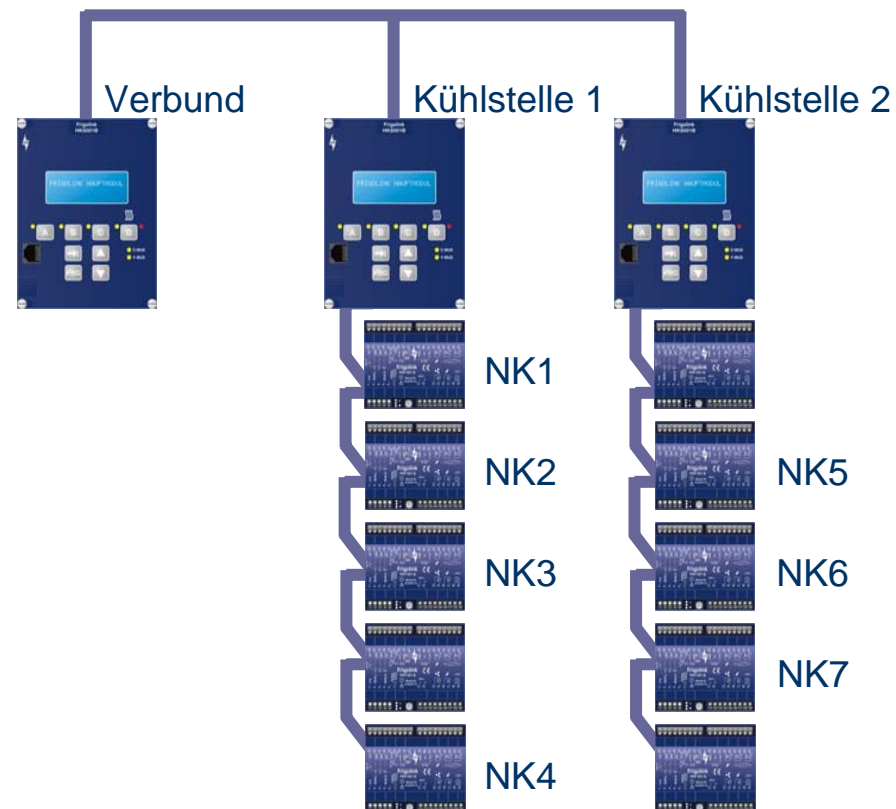
# Gesamtkonzept





## Leistungsmessung - Grundinstallation

- Die zugehörigen **Kühlstellen** sind eingerichtet und dem korrekten Verbund zugeordnet.
- Der **Verbund** ist eingerichtet und hat die korrekte Verbundnummer.
- Der **Kommunikationsbus** funktioniert.





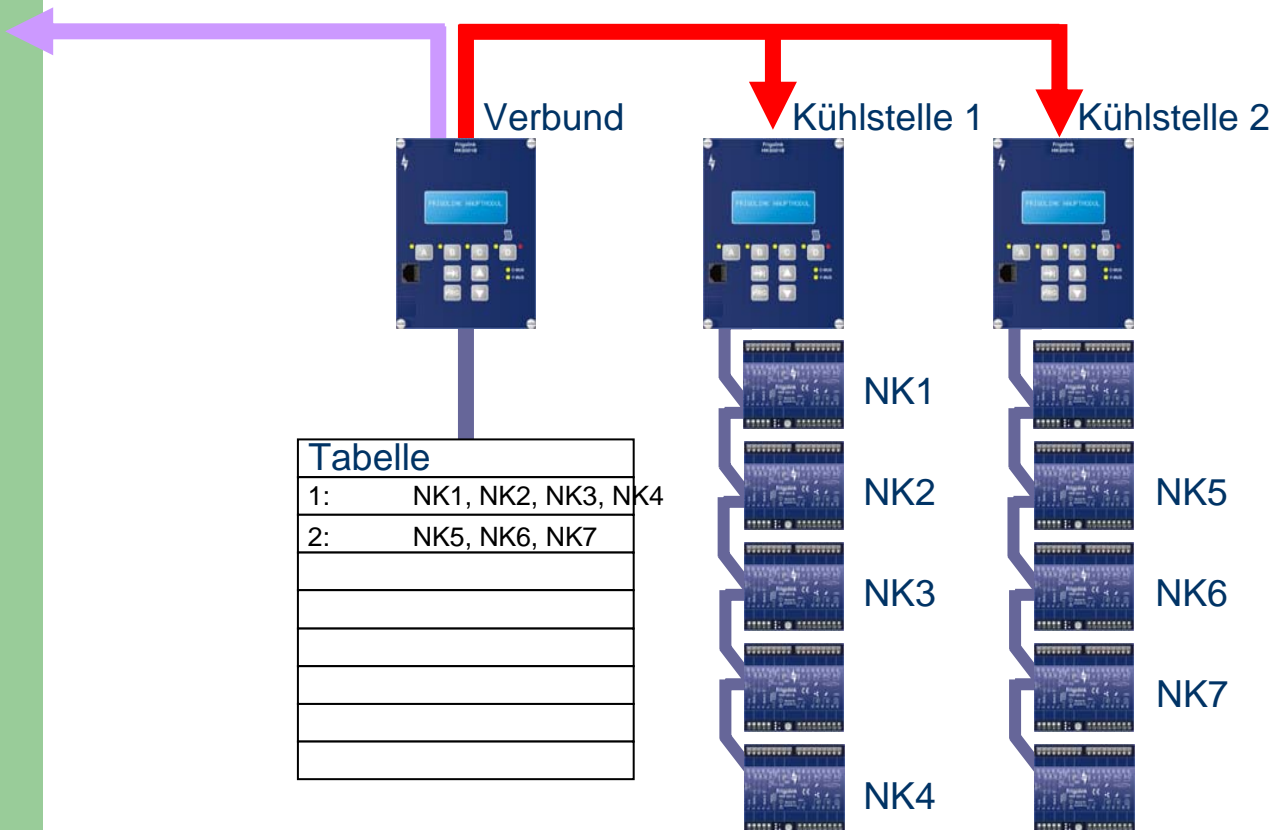
# Leistungsmessung - Grundeinstellungen



- Verbund bringt alle Kühlstellen in Zwangskühlung
- **Verbund** schaltet 50% der Verdichter ein

50% der Verdichter ein

Kühlstellen in  
Zwangskühlung



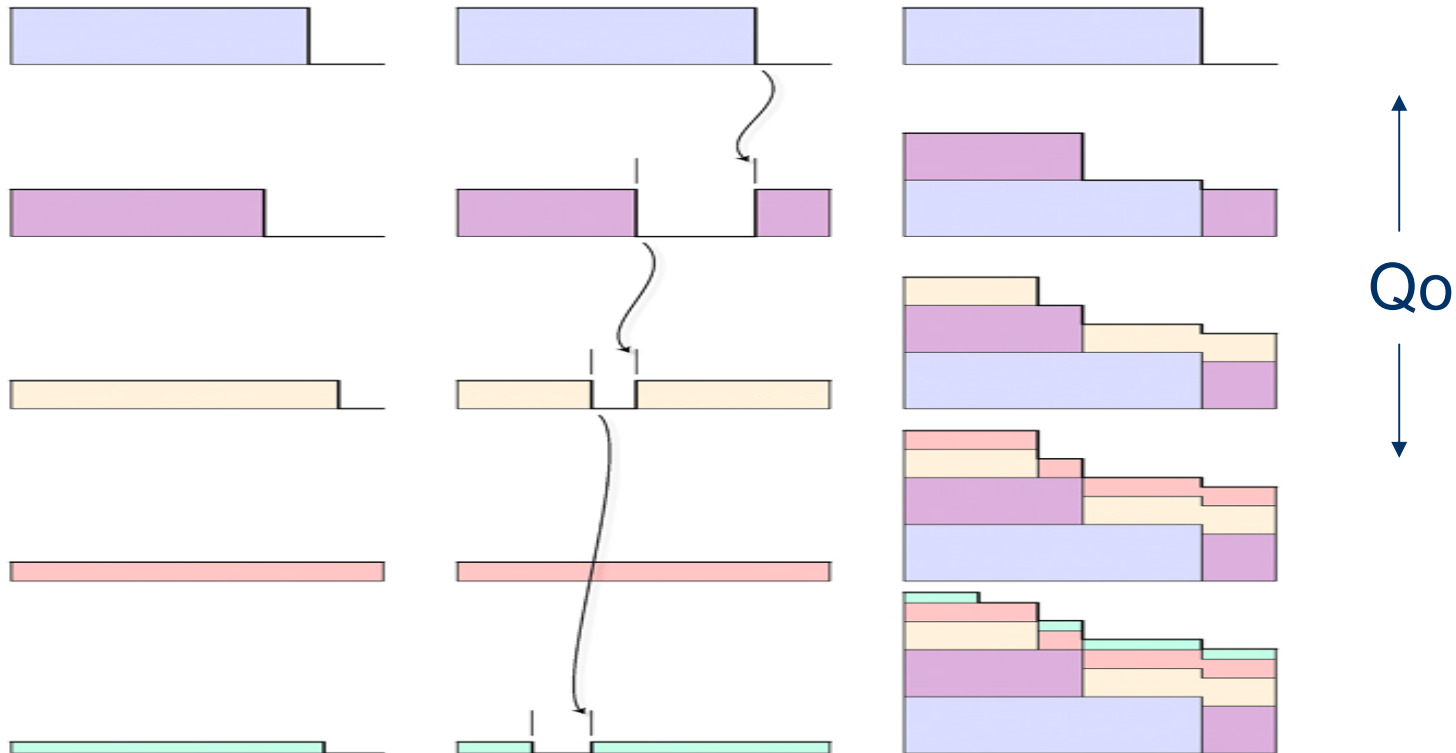




## Kühlstellenplanung - Leistungsverlauf ( Beispiel fünf Kühlstellen )

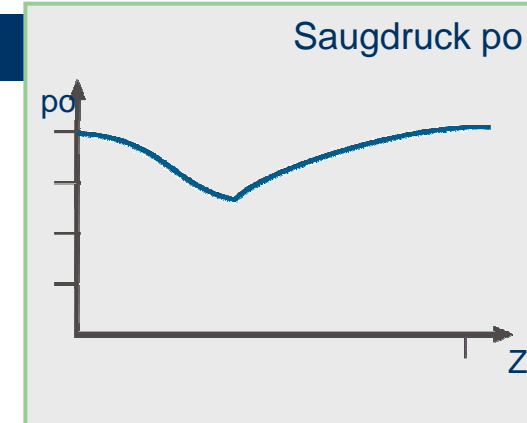
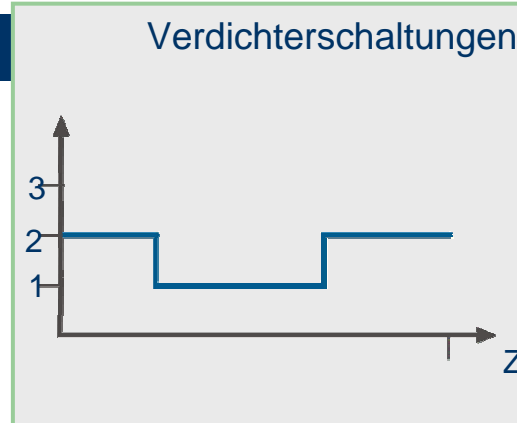
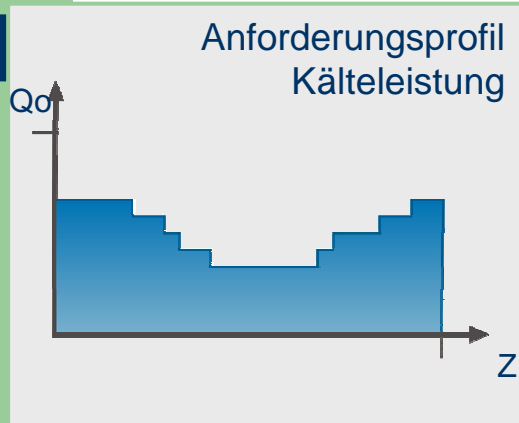
lauf

Einschaltdauer





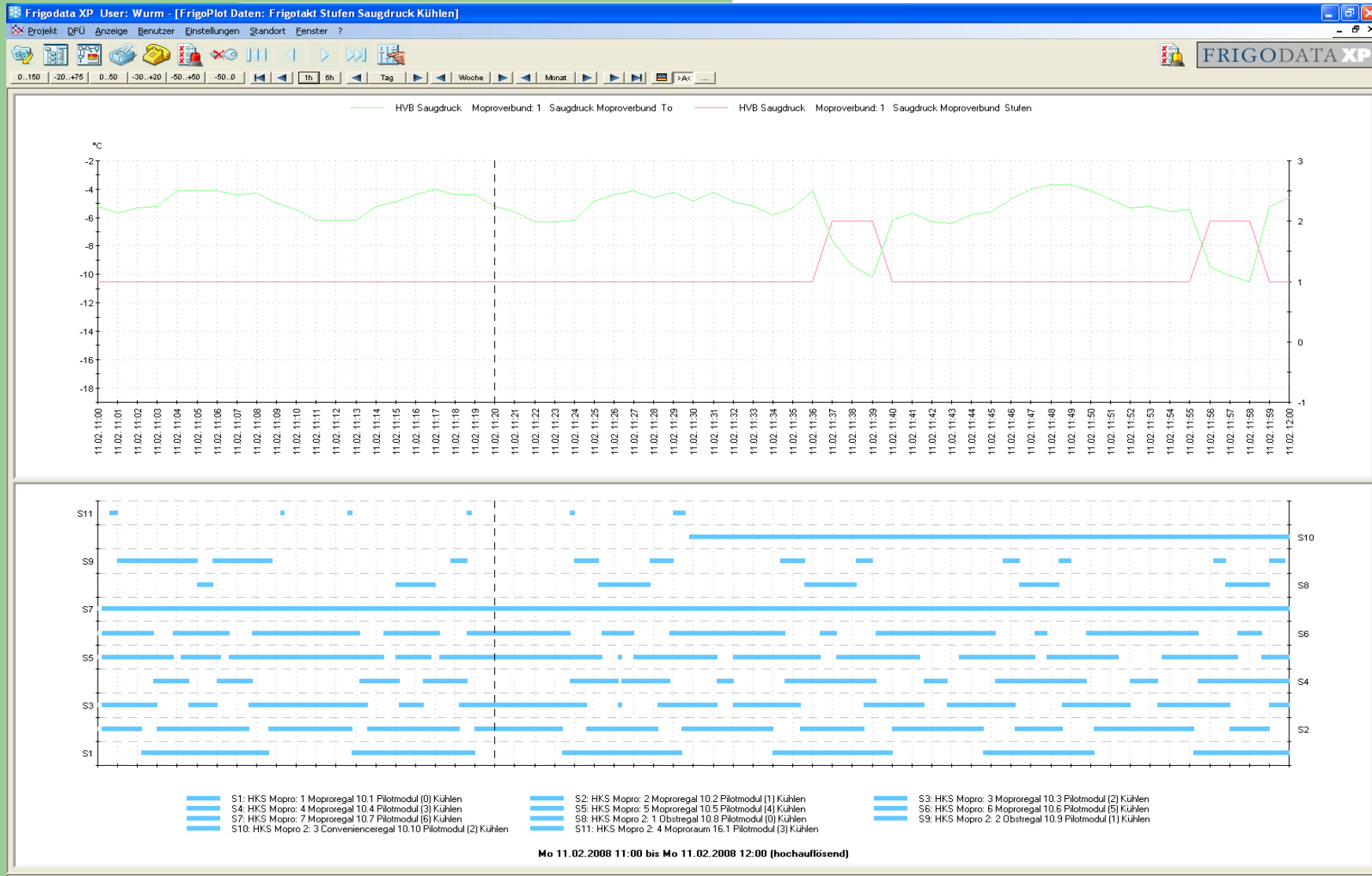
## Neu: FRIGOTAKT+



- Vollautomatische energetische Anpassung der Kälteanlage
- Ermittlung der Kühlstellenleistung
- adaptive Regelung des Saugdrucks
- adaptive Planung der Kühlstellenfolge
- deutliche Verbesserung des Wirkungsgrads im Teillastbetrieb
- geringe Anzahl von Verdichterschaltungen



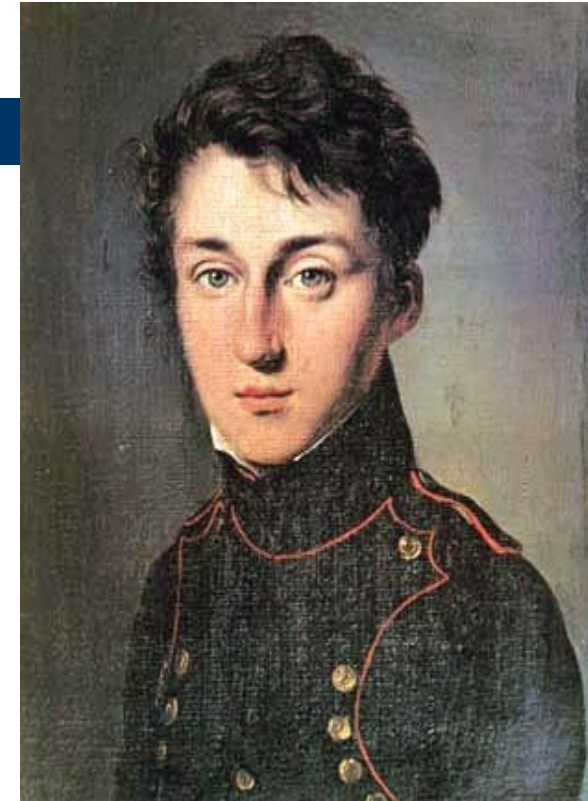
# FRIGOTAKT+ MIT FRIGOLINK





## Effizienzsteigerung in der Gewerbekälteanwendung

$$\varepsilon_{\text{Carnot},K} = \frac{Q_{0,\text{Carnot}}}{W_{t,\text{Carnot}}} = \frac{T_0}{(T_C - T_0)}$$



NICOLAS LEONARD SADI CARNOT



## EFFIZIENZ STEIGERN – VORHANDENE ANLAGENTEILE NUTZEN

**ENERGIEVERBRAUCH**

**-14%\***

**WIRKUNGSGRAD**

**+18%\***

**VERDICHTERSCHALTSPIEL**

**-75%\***

\* Einsparungen sind abhängig von der individuellen Anlage

Die Temperaturen in den einzelnen Kühlstellen entsprechen dabei der gesetzlich vorgeschriebenen Temperatur für die eingestellte Warengruppe!



## Ein technischer Mustermarkt





# Effizienzsteigerung in der Gewerbekälteanwendung

## Beispiel : Realisierter Mustermarkt

### Die Ausstattung im Überblick:

- Verbundanlage „Multipack“ mit Kaskadentechnik
- Isolierglastüren vor den Wandkühlregalen
- Isolierglasabdeckungen auf den TK-Inseln
- Energiesparlüfter in den Wandkühlregalen
- Elektronische Regelung „Frigolink“ mit Frigotakt und elektronischen Expansionsventilen
- Bedarfsabtauung und Taktung der Rahmenheizung





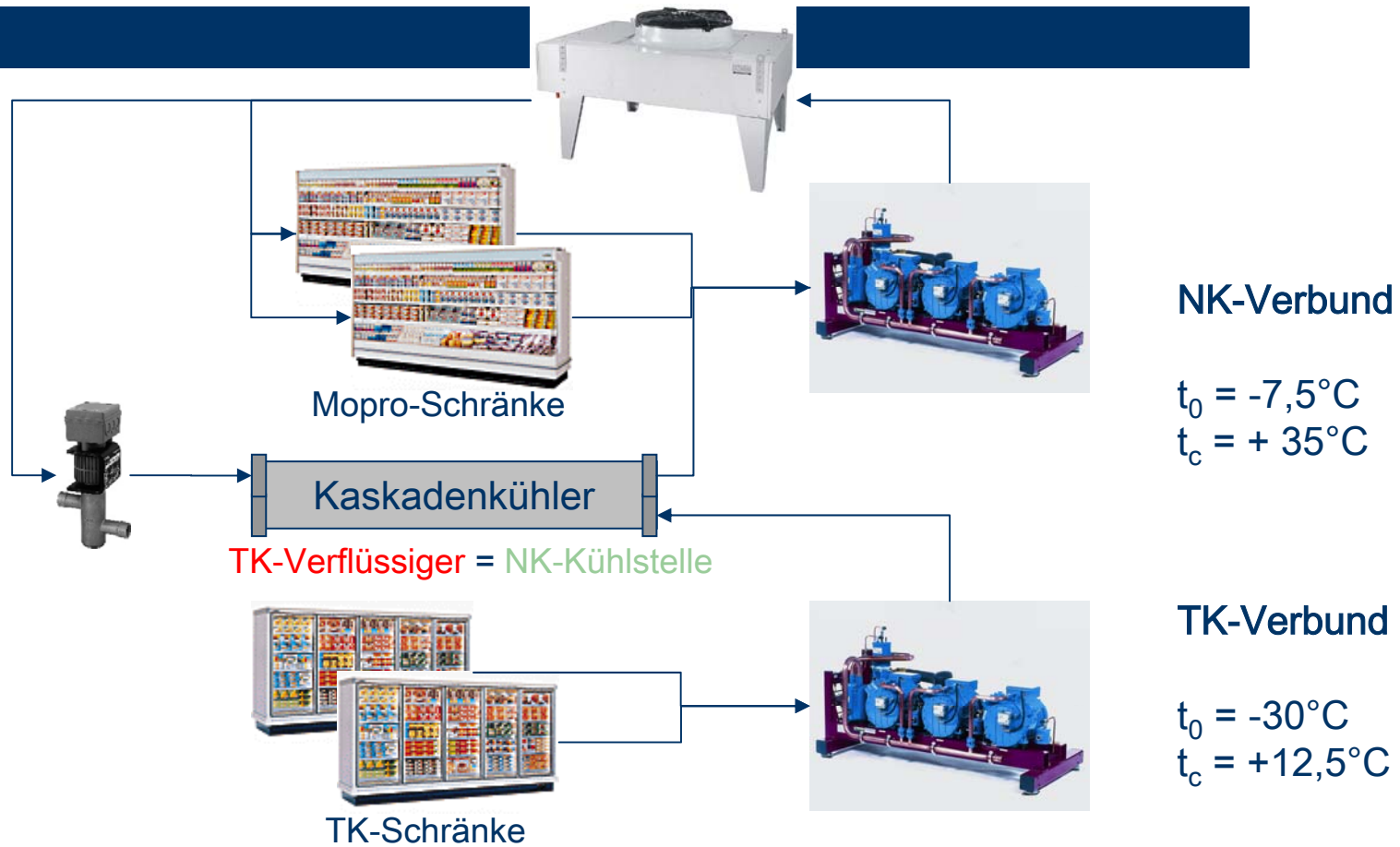






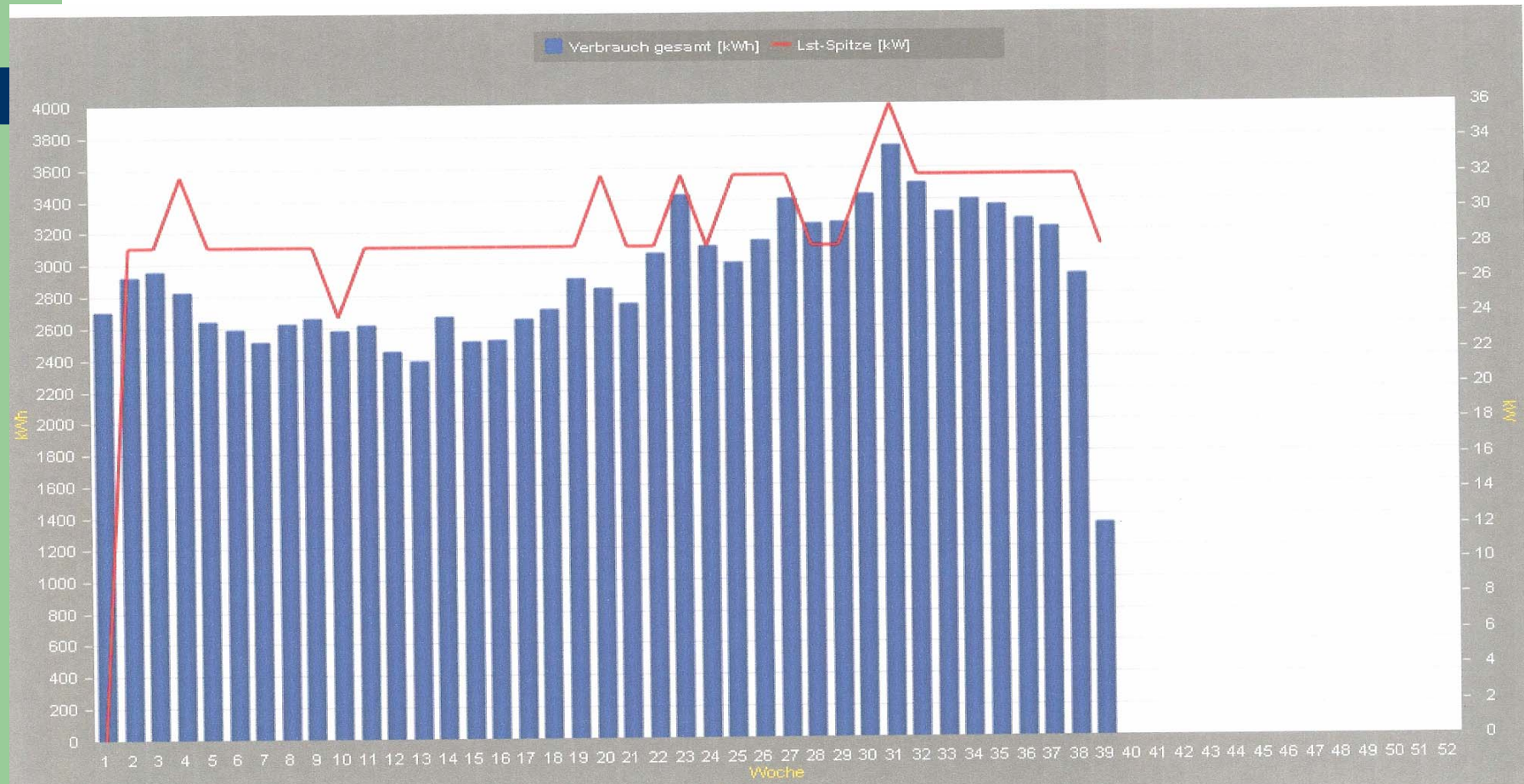
# Neue Anlagenkonzepte

## NK-/ TK-Kaskade





# Energieerfassung







## Einsparpotentiale im Beispielmart

- Kaskadentechnik im TK-Bereich ca. 3.000 kWh/Jahr
- Isoliertüren vor der Wandkühlregalen ca. 63.000 kWh/Jahr
- Isolierglasabdeckungen auf den TK-Inseln ca. 49.000 kWh/Jahr
- Energiesparlüfter in den Wandkühlregalen ca. 9.500 kWh/Jahr
- R134a im NK-Bereich ca. 6.000 kWh/Jahr
- Anhebung der Verdampfung um durchschnittlich 2-3K ca. 10.000 kWh/Jahr
- Absenkung der Verflüssigung um durchschnittlich 5K ca. 20.000 kWh/Jahr
- Bedarfsabtauung ca. 2.000 kWh/Jahr
- Taktung Scheiben/Rahmenheizung ca. 12.000 kWh/Jahr



# Effizienzsteigerung in der Gewerbekälteanwendung

## Zeit !!!



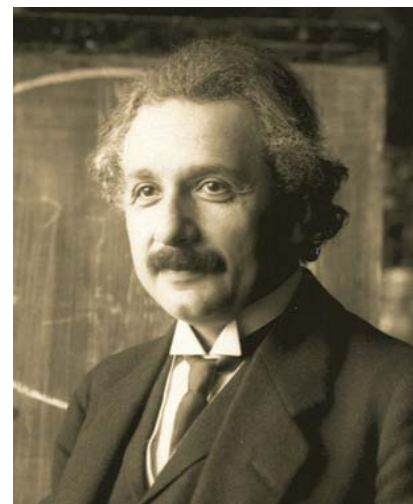
Aristoteles

Keine Zeit ohne  
Bewegung



Newton

Raum / Zeit Konstrukt  
Zeit und Raum ins Verhältnis  
gesetzt



Einstein

Relativität von Raum u. Zeit  
Raum u. Zeitangaben in der  
Relativitätstheorie sind keine universell  
gültigen  
Ordnungsstrukturen, sondern der  
Räumliche u.  
Zeitlicher abstand zweier Ereignisse  
und  
werden von Beobachtern mit  
verschiedenen Bewegungsstrukturen  
verschieden wahrgenommen.