

Das Anwendungspotential von Wasser als Kältemittel in Turboverdichteranlagen

Natürliche Kältemittel – sicher und effizient anwenden

Efficient Energy GmbH
Feldkirchen bei München

Dr.-Ing. Jürgen Süß
juergen.suess@efficient-energy.de

Bayerisches Landesamt für
Umwelt



Wasserwirtschaftsamt Nürnberg
Allersberger Straße 17/19
90461 Nürnberg



Öko-Recherche
Büro für Umweltforschung und -beratung GmbH

Montag, 12. November 2018

Datum	Milestone
Sep 2006	Gründung der efficient energy
Sep 2012	Erste Prototypen des eChillers
Okt 2014	eChiller auf der Chillventa vorgestellt
Dez 2014	Beginn von Feldtests
Feb 2016	Beginn kontinuierliche Auslieferung
Nov 2018	Mehr als 650 Betriebsmonate Erfahrung



Unser Team



Unser Team



Schon bald kommen neue Herausforderungen auf Kaltwassererzeuger zu

Heiße Zeiten für kaltes Wasser

Eine angekündigte neue Ökodesign-Richtlinie und die Umsetzung der F-Gase-Verordnung sorgen dafür, dass bald an die bisher von Gesetzen, Verordnungen und Normen wenig beachteten Wasserkühlsätze erhebliche strengere Anforderungen gestellt werden. Verbände und Hersteller haben erste Aktivitäten eingeleitet.



Mit seiner Aussage sorgte Hermann Renz von der Bitzer GmbH am 16. März bei der VDMA-Veranstaltung „Energieeffizienz von Kälteanlagen“ in Frankfurt für Rumoren: „Nach dem Entwurf einer neuen Ökodesign-Verordnung würden mehr als 90 % der derzeit von Eurovent zertifizierten Wasser-

kühlsätze die ab 2019 geltenden Anforderungen nicht erfüllen“. Somit müssen Hersteller von Flüssigkeitskühlsätzen nun sehr rasch Lösungen entwickeln, um die Effizienz ihrer Geräte erheblich zu steigern, also bei EER- und SEER-Werten neue Bestleistungen erzielen. Eine weitere Herausforderung

kommt auf Wasserkühlsätze mit der Umsetzung der F-Gase-Verordnung zu. Diese gibt eine drastische Verringerung der neu produzierten Kältemittel wie R410A und R134a vor, mit denen seit Jahren mehr als 95 % aller Wasserkühlsätze arbeiten. Allerdings scheint hier die Situation weniger prekär zu sein, denn mit HFO-Kältemitteln wie 1234yf und 1234ze, R32, diversen Mischungen und natürlichen Kältemitteln stehen Alternativen bereit, die auch schon in Wasserkühlsätzen eingesetzt werden. Hier hat der Technologiewandel bereits begonnen.

Auch zur Beurteilung der Effizienz von Wasserkühlsätzen und Kälteanlagen gibt es derzeit zwei wichtige Ansätze. Erstens die Umsetzung der VDMA-Richtlinie 24247 „Energieeffizienz von Kälteanlagen“ in ein softwaregestütztes Be-

rechnungsmodell. Damit können für Kältesysteme vorgegebene Lastprofile hinterlegt werden, die das Teillastverhalten der Anlage abbilden. Dadurch hat der Nutzer die Möglichkeit, die Energieeffizienz einer Anlage nicht nur bei Vollast zu beurteilen, sondern er kann auch die Teillastfälle genau untersuchen, die für die Effizienz des gesamten Systems über ein Betriebsjahr viel wichtiger sind.

Ansatz zwei liefert das Forschungsprojekt „Kälteanlagen in der Praxis“, siehe Beitrag in cci Zeitung 04/2015. In dessen Mittelpunkt stehen Entwicklungen von Prüf- und Checklisten (Excel-Tool „Kälte-System-Check“), mit denen einfach und rasch die Betriebsdaten von Kälteanlagen inklusive deren Nebenaggregaten erfasst werden können. Die Auswertung der Daten kann dann aufzeigen, wie effizient

CERTO Luftbefeuchter
setzt Maßstäbe in



• Hygiene • Effizienz • Sicherheit
www.klingenburg.de

 **KLINGENBURG**

die Anlage läuft, sowie Schwachpunkte und Potenziale darstellen, um die Effizienz des Systems zu verbessern.

Zu erwähnen sind noch zwei weitere Punkte. Alle Klima-Wasserkühlsätze mit Leistungen über 12 kW, die vor 2004 in Betrieb gegangen sind, müssen gemäß Energieeinsparverordnung (EnEV) energetisch inspiziert werden. Dabei können die zuvor erwähnten Software-Werkzeuge wichtige Hilfestellungen leisten. Bereits 2014 hat das BAFA eine neue Förderrichtlinie für Kälte- und Klimaanlage mit elektrischen Leistungen ab 5 kW eingeführt. (MS)

Dazu befindet sich ein ausführlicher Beitrag in cci Wissensportal auf www.cci-dialog.de (Artikelnummer [cci25503](#) ins Suchfeld eingeben).

Quelle: CCI 5/2015

~~PKW Klimatisierung (FKW)~~

MAC DIRECTIVE
2006/40/EC

Gewerbekälte, LEH (DX FKW)

Splitanlagen & Wärmepumpen (FKW)

Kommerzielle Klimaanlage (FKW)

Kleinkälteanlagen SME (FKW)

Kaltwassererzeuger (FKW)

Haushaltskühlschrank (FKW)

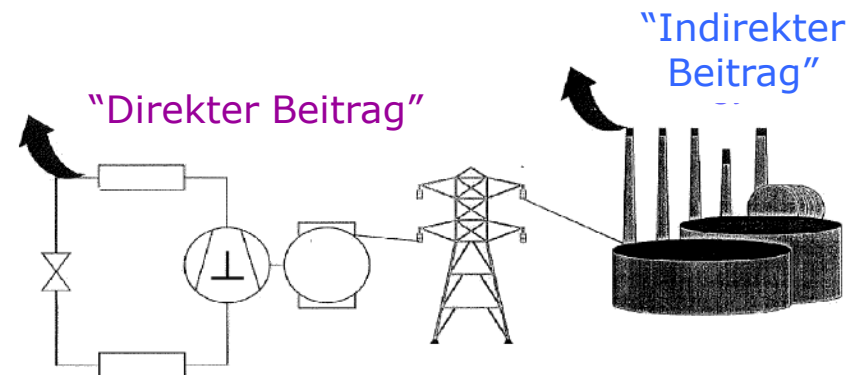
Haushaltskühlschrank (KW)

Emission der Energiewandlung

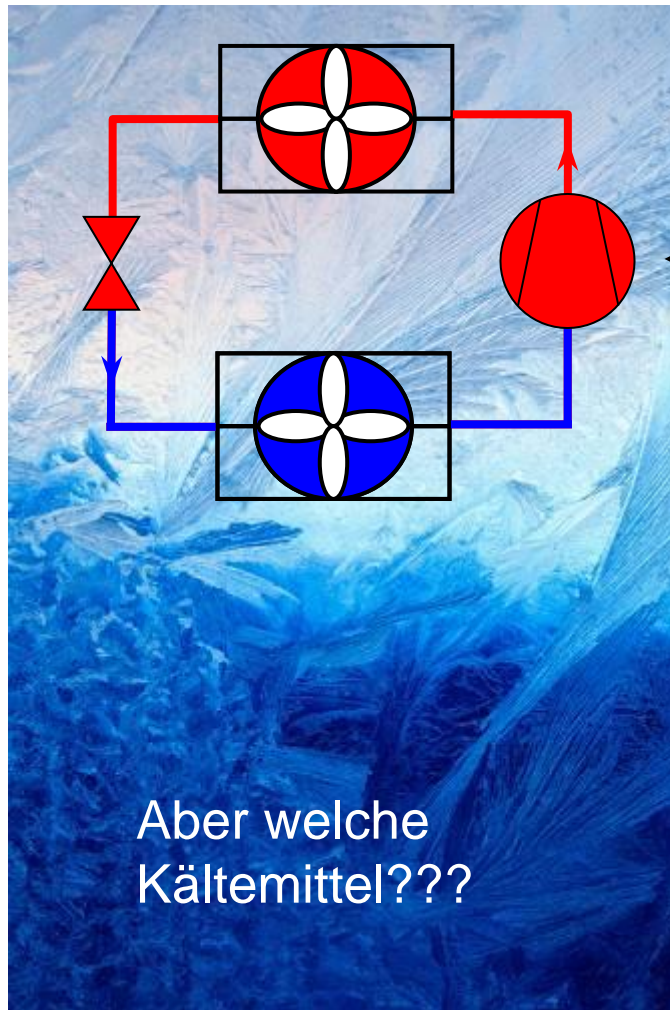
“Indirekter Beitrag”

Emission von Kältemitteln bei Leckage, Service und Recycling

“Direkter Beitrag”



Wie kühlt man richtig?



Aber welche
Kältemittel???

← Kaltdampfprozeß
Stirling
Magnetokalorisch
Vortex
Jouleprozeß
Peltiereffekt
Dampfstrahl
Absorption
Adsorption
.....

Eigenschaften von Kältemitteln

- **Physikalisch**
 1. Umweltverträglichkeit (GWP, ODP, abbaubar)
 2. Dampfdruckkurve
 3. Viskosität
 4. Mischbarkeit mit Schmierstoffen
 5. Wasserlöslichkeit
 6. Elektrische Durchschlagswiderstand
- **Chemisch**
 1. Chemische Stabilität
 2. Brennbarkeit
 3. Hohe chemische Neutralität
- **Physiologisch**
 1. Ungiftig
 2. Wahrnehmbarer Geruch
- **Ökonomisch**
 1. Kälteleistungszahl
 2. Volumetrische Kälteleistung
 3. Verfügbarkeit
 4. Kosten

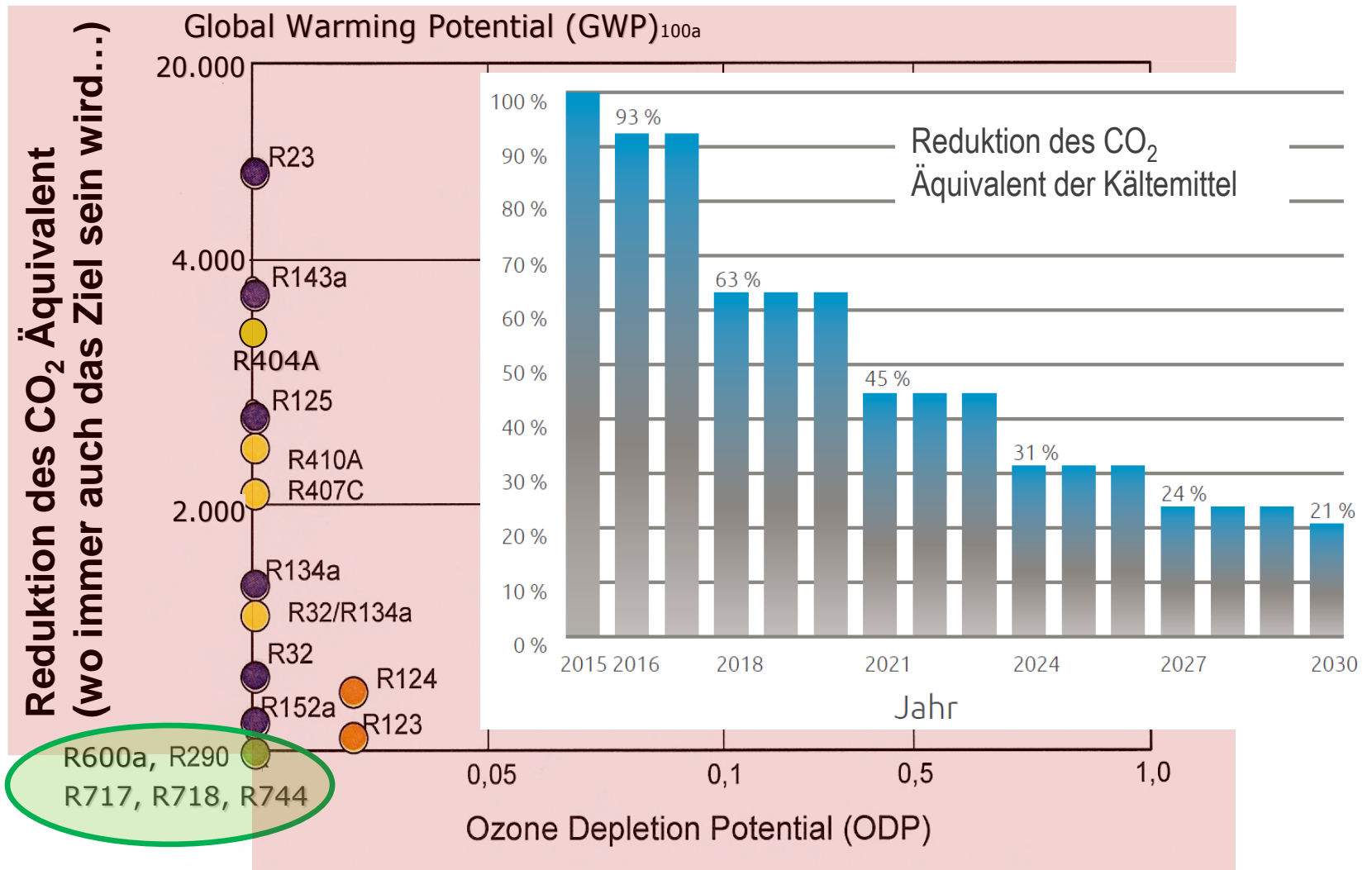
zunehmend brennbar

zunehmend giftig

Table of Selected Radioactive Isotopes

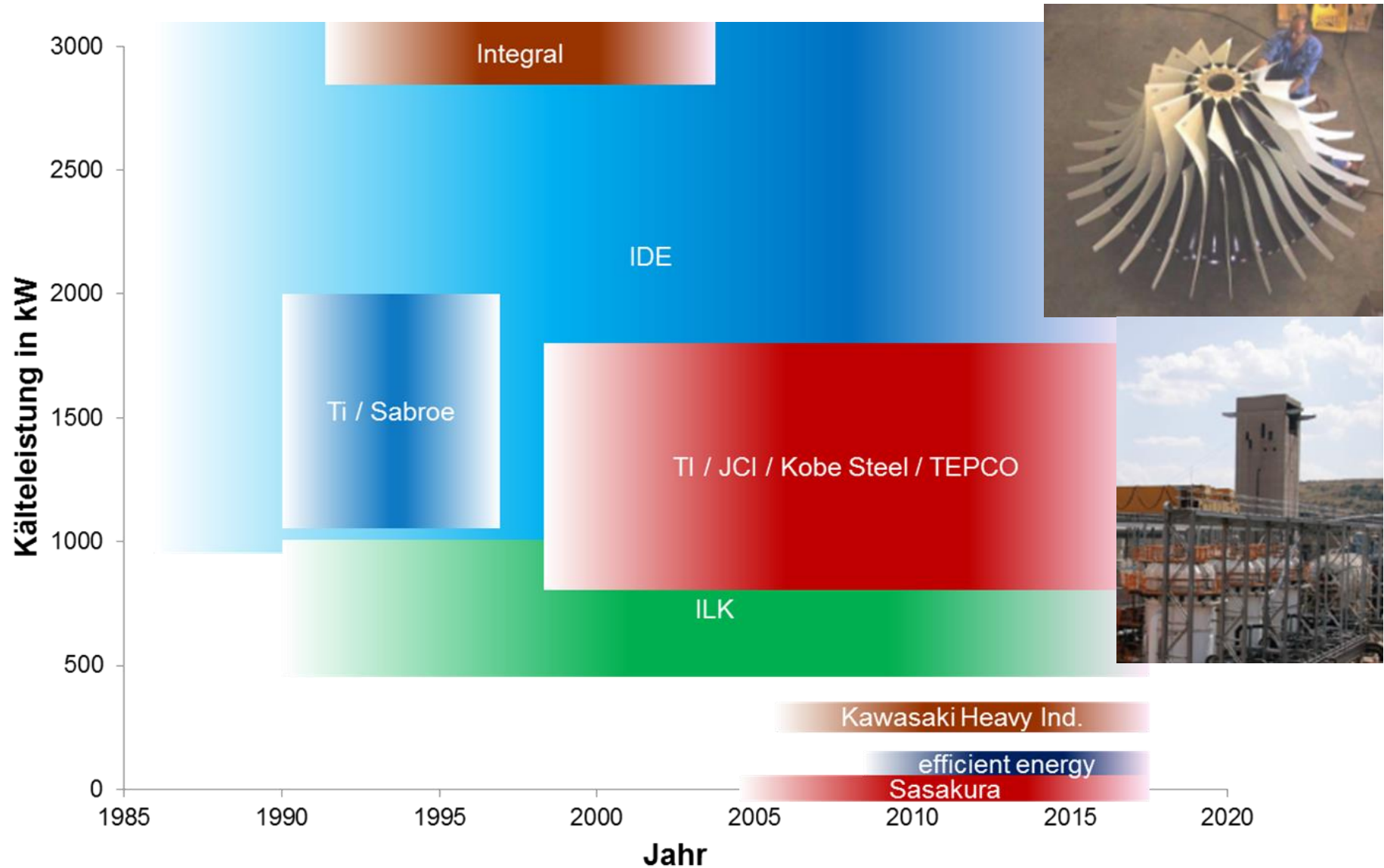
... nur 8 Elemente sind verwendbar für Kältemittelmoleküle

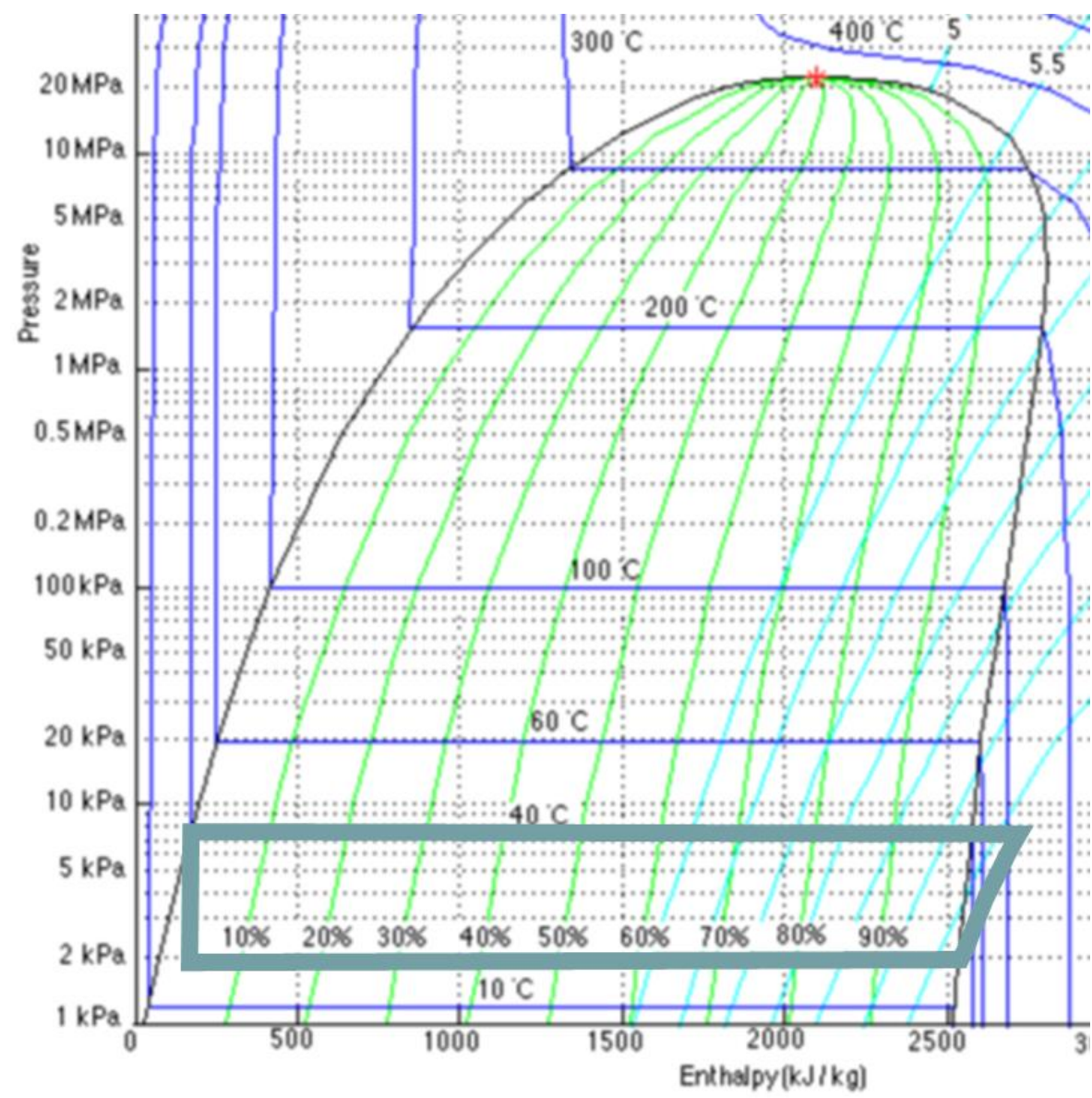
Ozonabbau- und Treibhauspotential

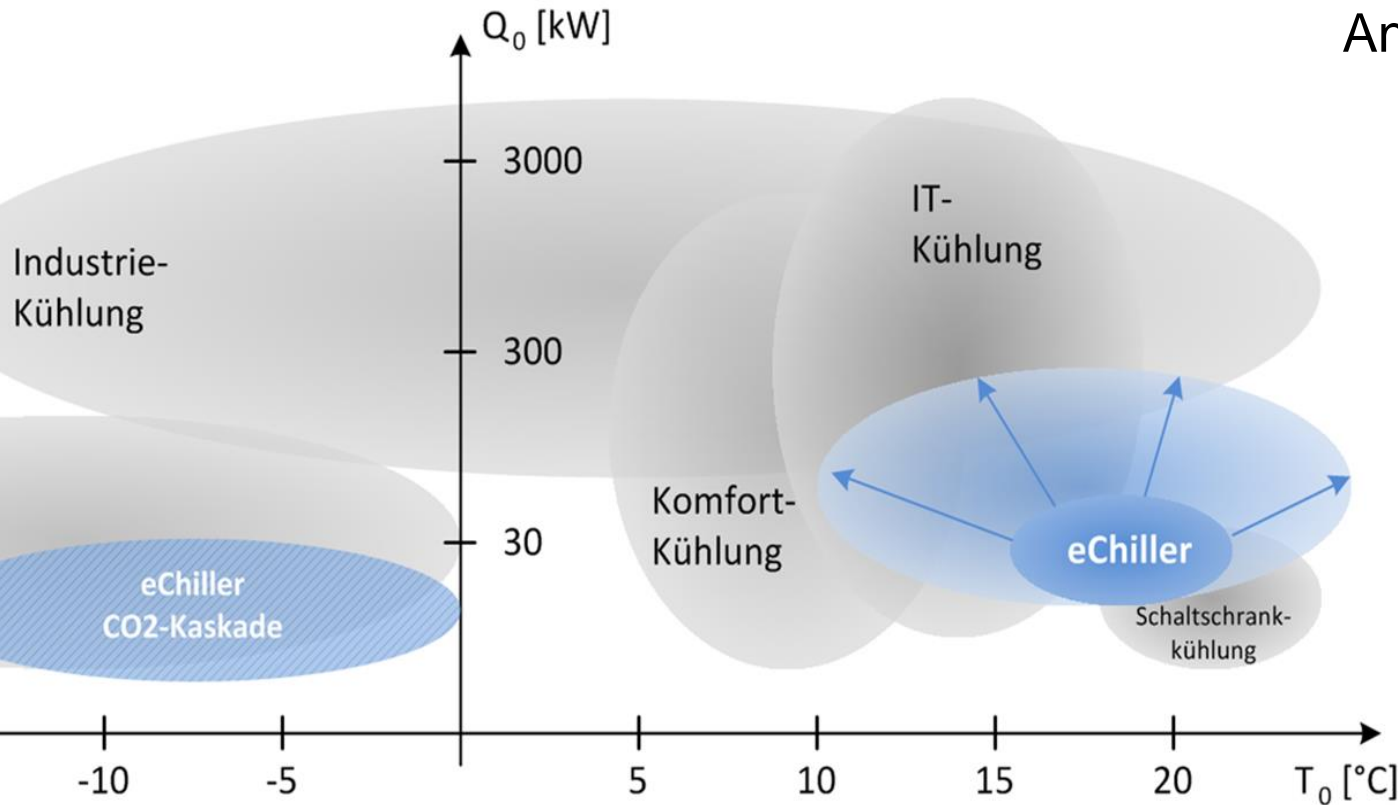


Wasser oder R718





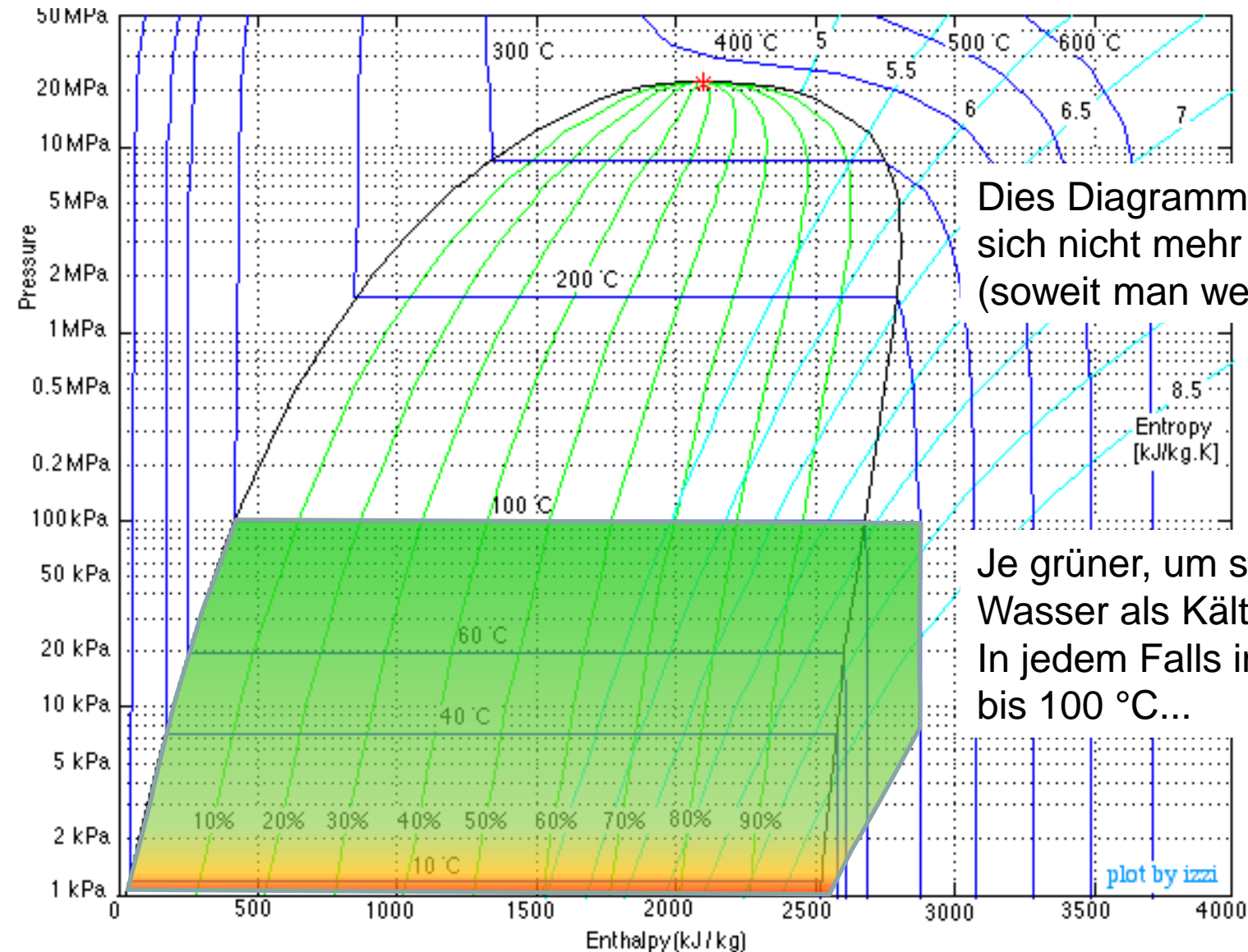




Anwendungen:

- Rechenzentren (neu und Bestand)
- Schaltschrankkühlung
- Kunststoffspritzguss
- Chemie
- Maschinenkühlung
- Lebensmittelvertrieb (Kaskaden mit z.B. CO₂)
- Kaltwasseranwendungen
- Gebäudekühlung

Was kann Wasser als Kältemittel am besten?



Dies Diagramm ändert sich nicht mehr (soweit man weiß)

Je grüner, um so besser ist Wasser als Kältemittel und In jedem Falls im Vakuum bis 100 °C...

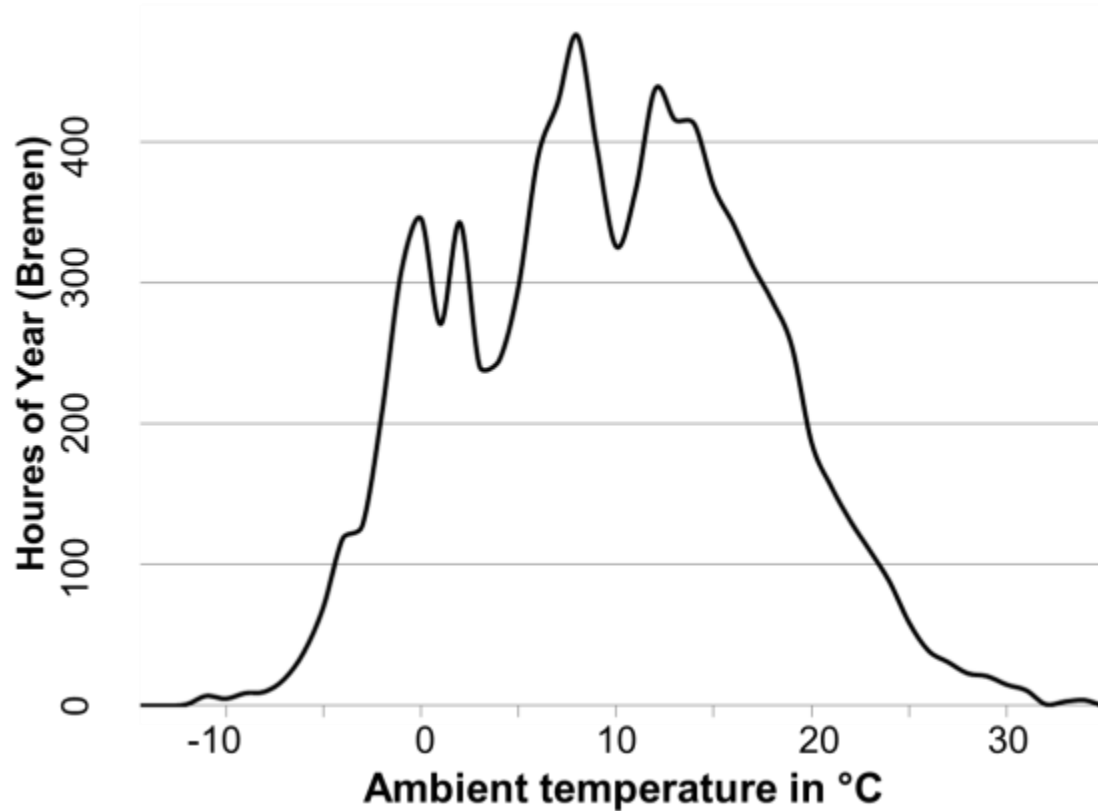


Die Aufgabe:

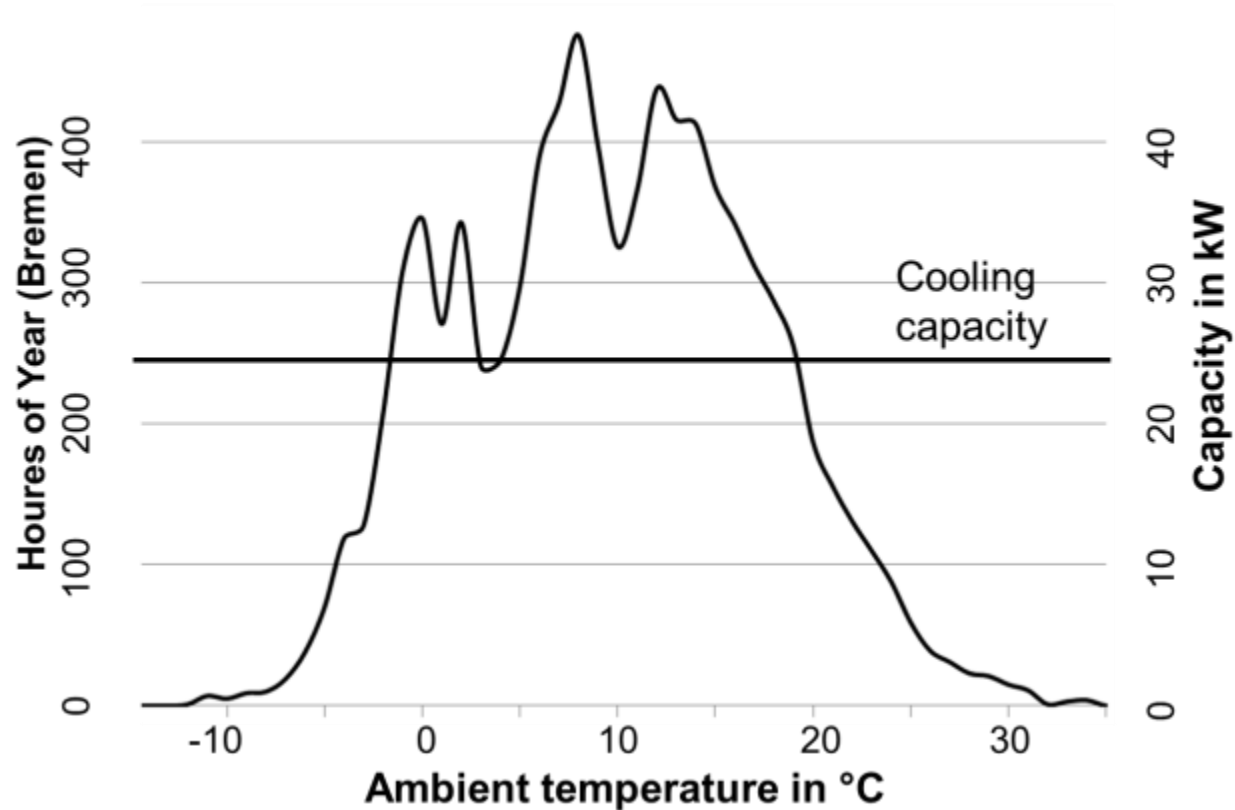
- Modernisierung eines bestehenden Serverraums
- Ort:
Bremen
- Kälteleistung:
25 kW konstant
- Lufttemperatur im Raum:
25 °C konstant
- Rückkühlung:
Luftgekühlter Trockenkühler



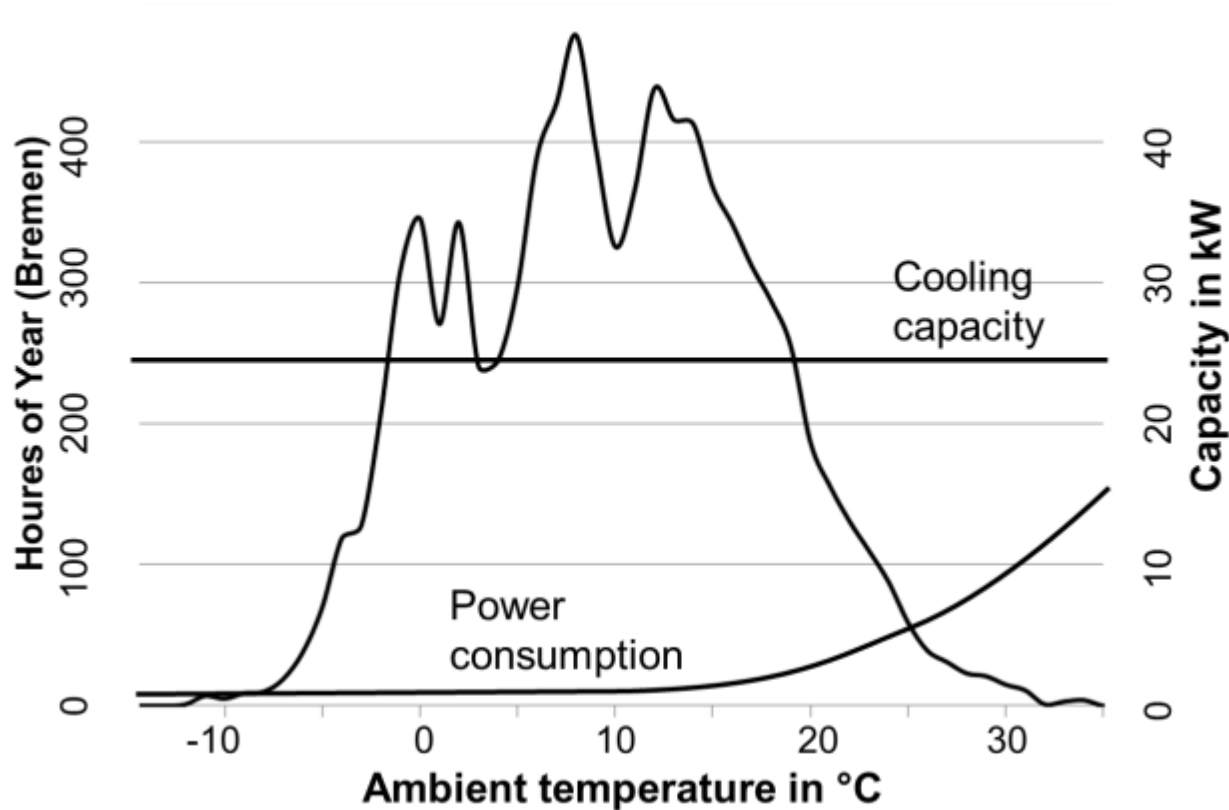
- Kältemaschine mit Wasser – R718
- Betriebsarten: freie Kühlung, ein- und zweistufiger Betrieb
- Turboverdichter
- Betrieb im Vakuum 10 – 100 mbar
- Hydraulische Entkopplung über Plattenwärmeübertrager



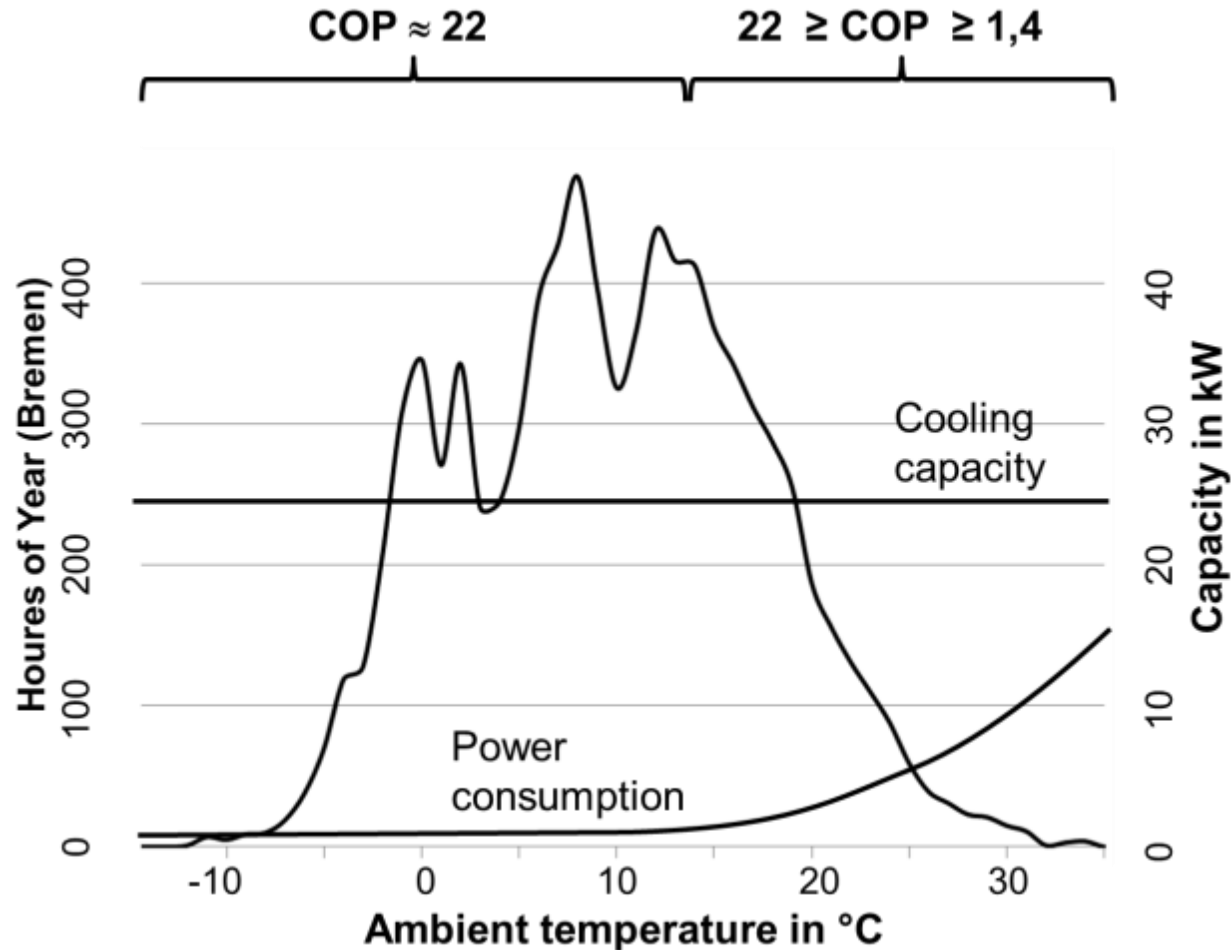
- Temperaturhäufigkeitsverteilung am Aufstellort



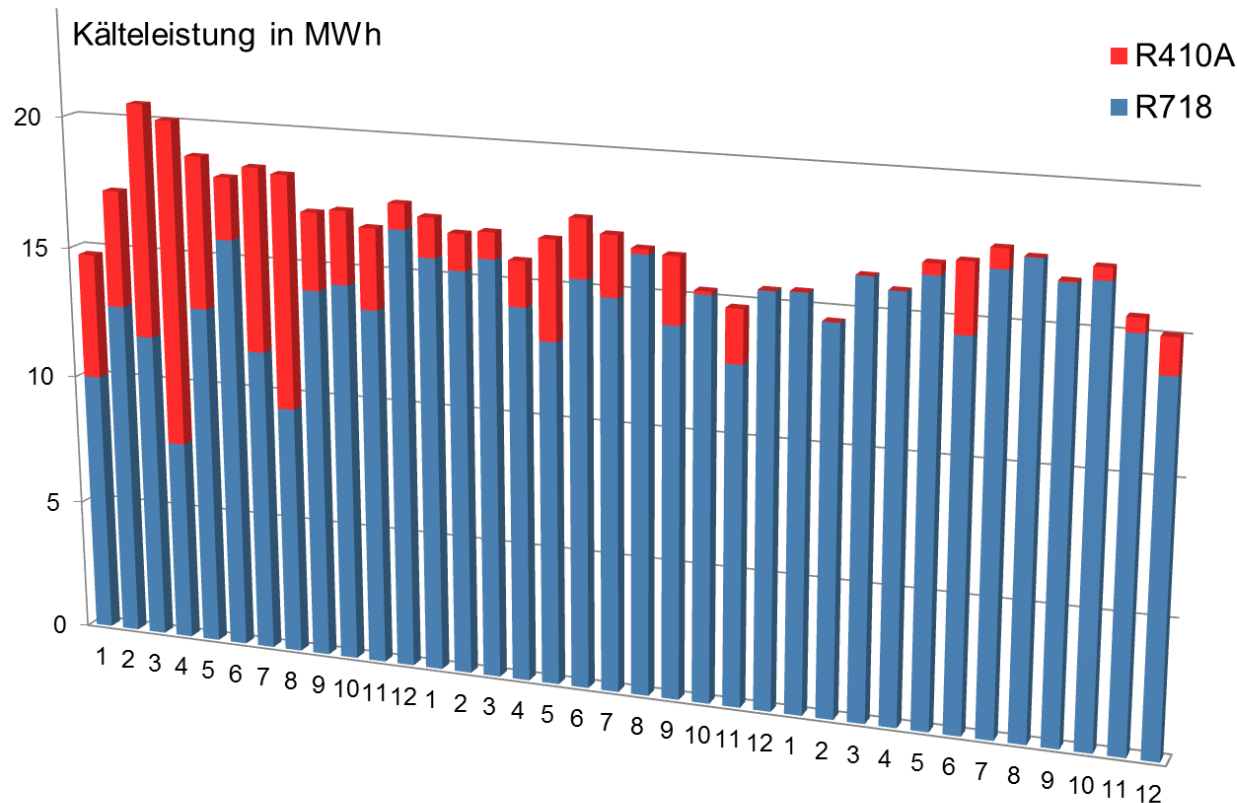
- Temperaturhäufigkeitsverteilung am Aufstellort
- Kälteleistung 25 kW



- Temperaturhäufigkeitsverteilung am Aufstellort
- Kälteleistung 25 kW
- Leistungsaufnahme steigt mit der Umgebungstemperatur von 1,1 kW auf 17 kW an



- Temperaturhäufigkeitsverteilung am Aufstellort
- Kälteleistung 25 kW
- Leistungsaufnahme steigt mit der Umgebungstemperatur von 1,1 kW auf 17 kW an
- COP liegt zwischen 1,4 und 22



- Kälteleistung R718
gesamt: 520 MWh
- Effizienz R718 in 2017:
 - Stromverbrauch: 8040 kWh
 - Kälteleistung: 190 MWh
 - Jahres-COP: 24
- Effizienz R410A in 2017:
 - Stromverbrauch : 1800 kWh
 - Kälteleistung : 6,1 MWh
 - Jahres-COP: 3,4
 - Juni COP: 4,3

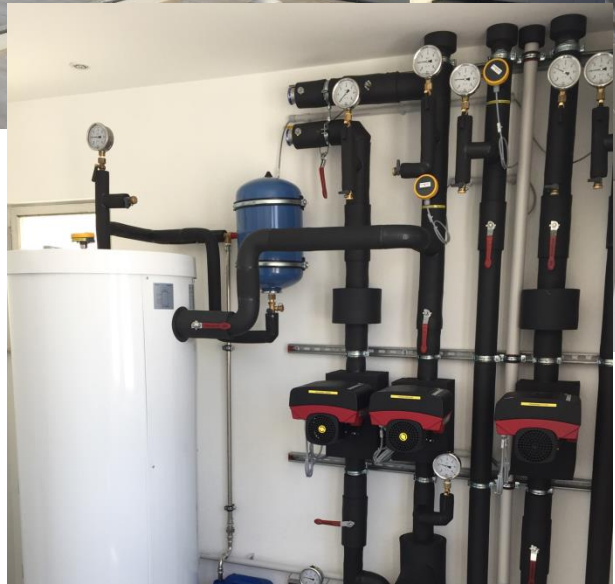
Ø COP = 4
- R718 vs. R410A mit
Jahres COP 4 im Jahr 2017:
 - Stromersparnis: 40,5 MWh
 - Kostenersparnis: 8500 €
bei 0,21 €/kWh
 - CO₂-Emissionsverringierung:
20700 kg bei 0,51 kg CO₂ kWh⁻¹

Monate der Jahre 2015, 2016 und 2017



CO₂-Emissionsverringierung im Jahr 2017 entspricht 200000 km mit einem BMW320d

Beispiel Gebäudekühlung



Energie Monat	Gesamtenergie
3,97 MWh	37,61 MWh



Produktion: 189,14 kWh

Anlageninformation	
Anlagenstatus	✓
ID	4651
Name	Combi
Land	Germany
Stadt	Fellbach
Adresse	Friedrichstraße 10
Installiert	21.04.2018
Letztes Update	28.06.2018
Leistung	29,58 kWp



Wetter

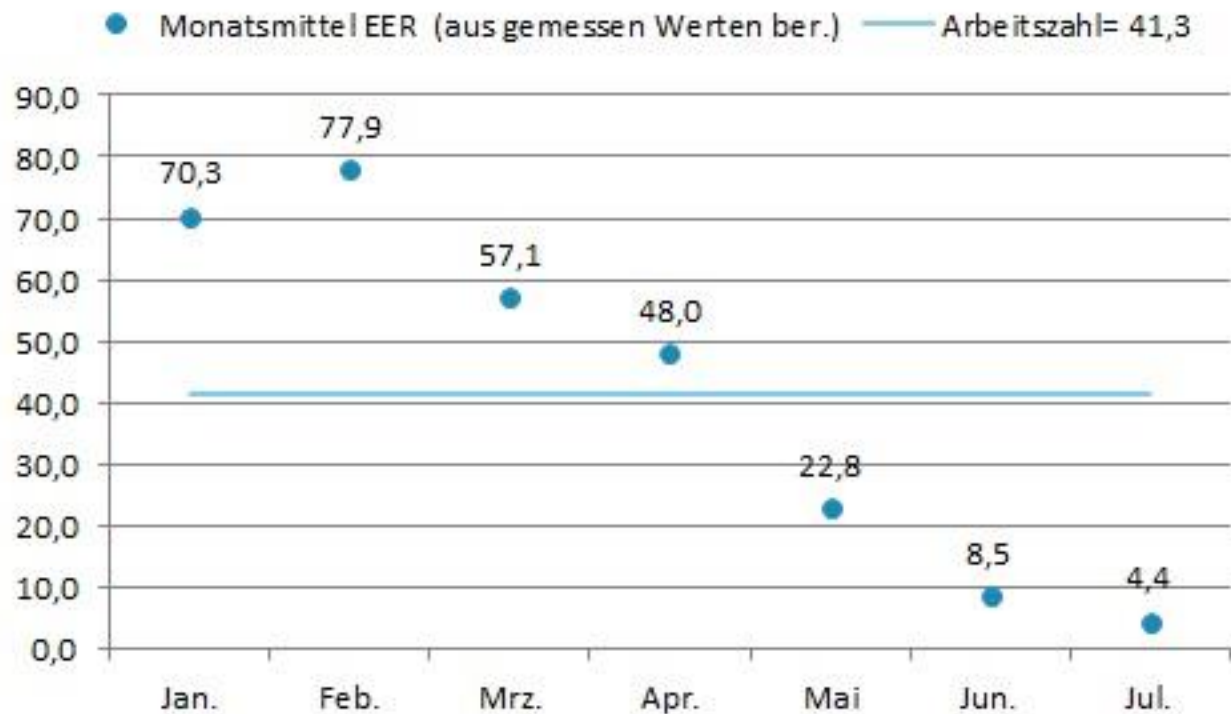
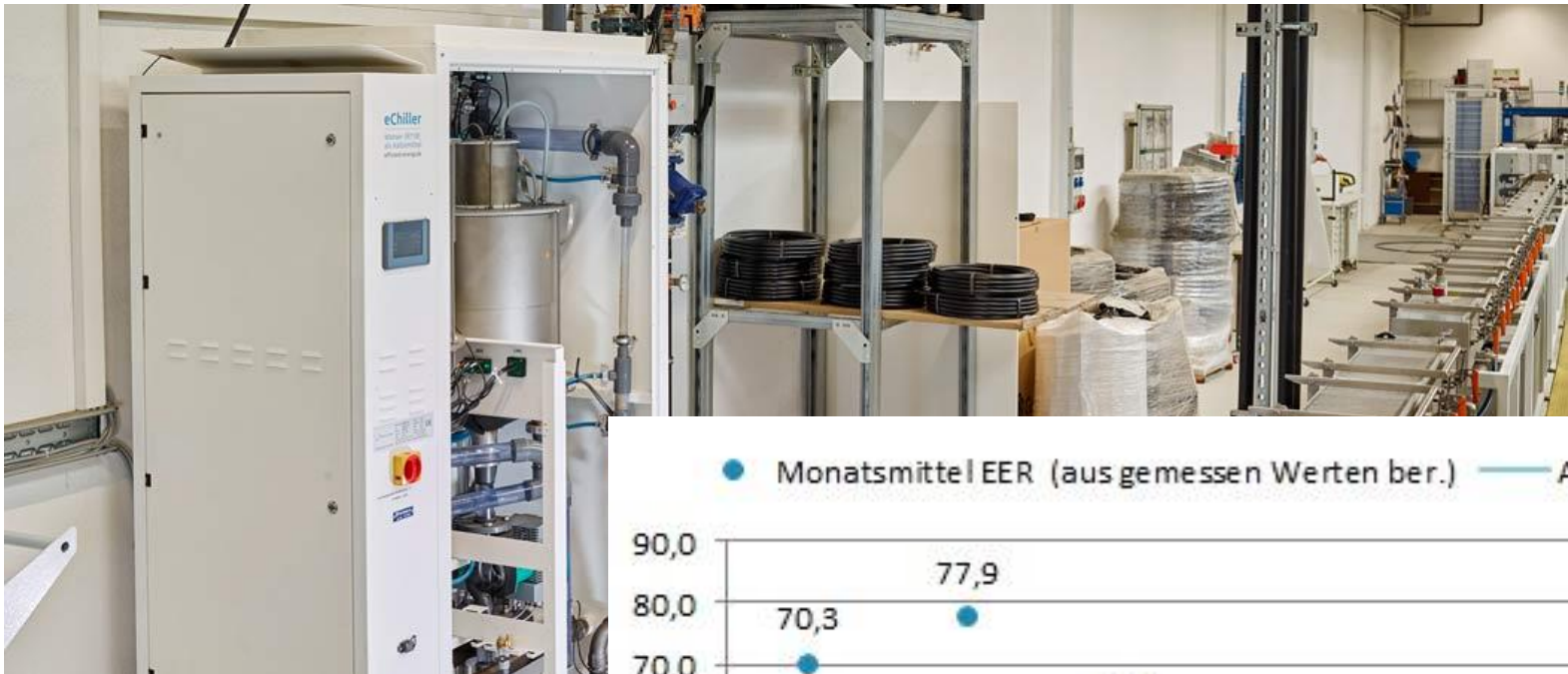
40 % Wahrscheinlichkeit auf leichtes Regen
20 °C
Gefühlte Temperatur
Wind, 2 km/h
Luftfeuchtigkeit
Sonnenaufgang

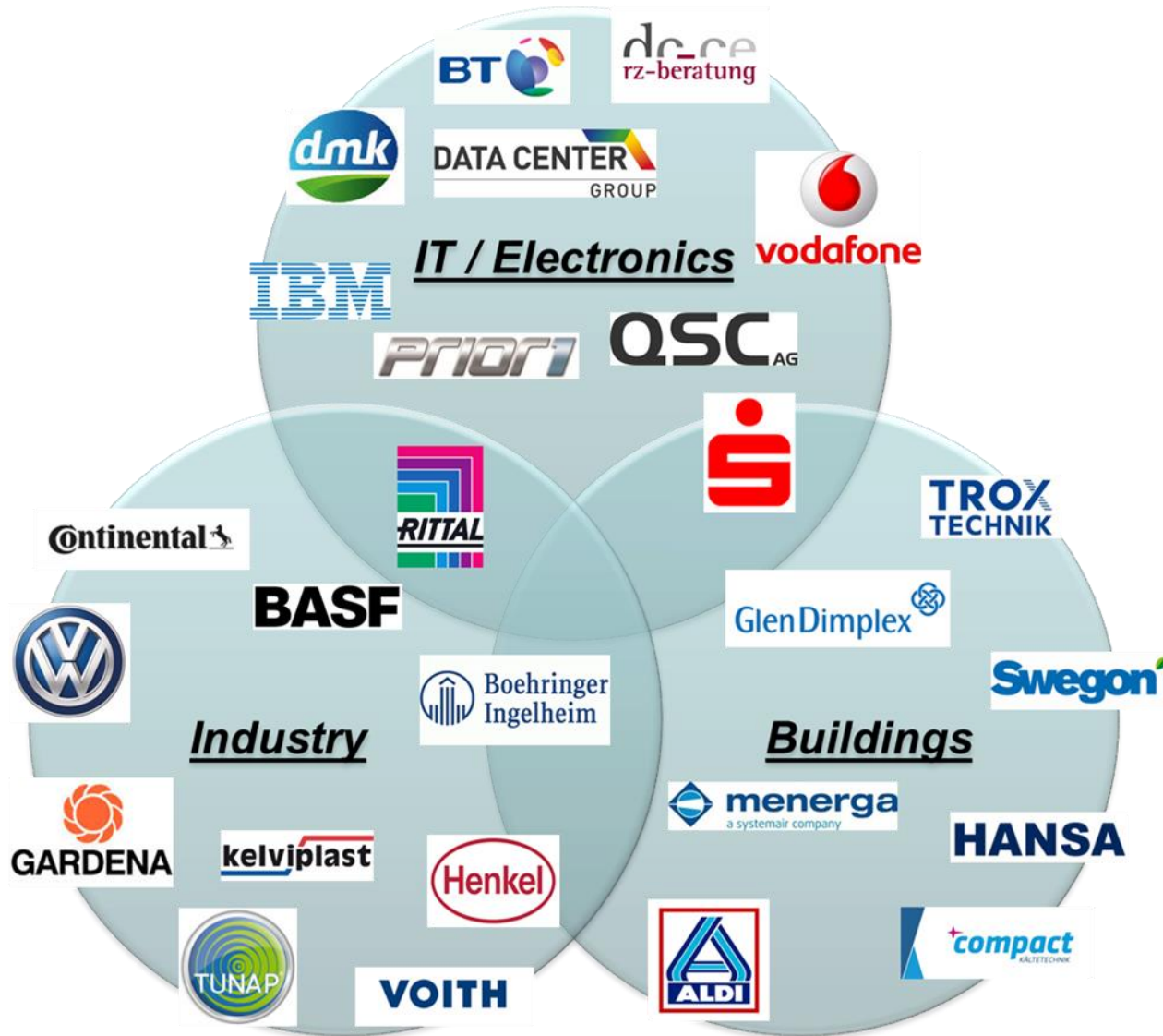
Donnerstag	Freitag
<p>24 - 16 °C Möglicherweise Regen</p>	<p>27 - 15 °C Möglicherweise Regen</p>


Umweltfreundlichkeit

Eingesparte CO₂
14.743,41 kg

Entspricht gepflanzten Bäumen
49,27





- 
- 25, 35, 45 kW Kälteleistung pro Maschine, im Verbund aber sinnvoll bis 300 kW einsetzbar
 - Stufenlose Leistungsregelbarkeit
 - Wasser - R718 als Kältemittel
 - Prozessdrücke zwischen 10 und 100 mbar
 - Maximale Energieeinsparung durch verschiedene Betriebsmodi
 - Kundenseitige Kalt- und Kühlwasserhydraulik vom Kälteprozess getrennt über Plattenwärmeübertrager

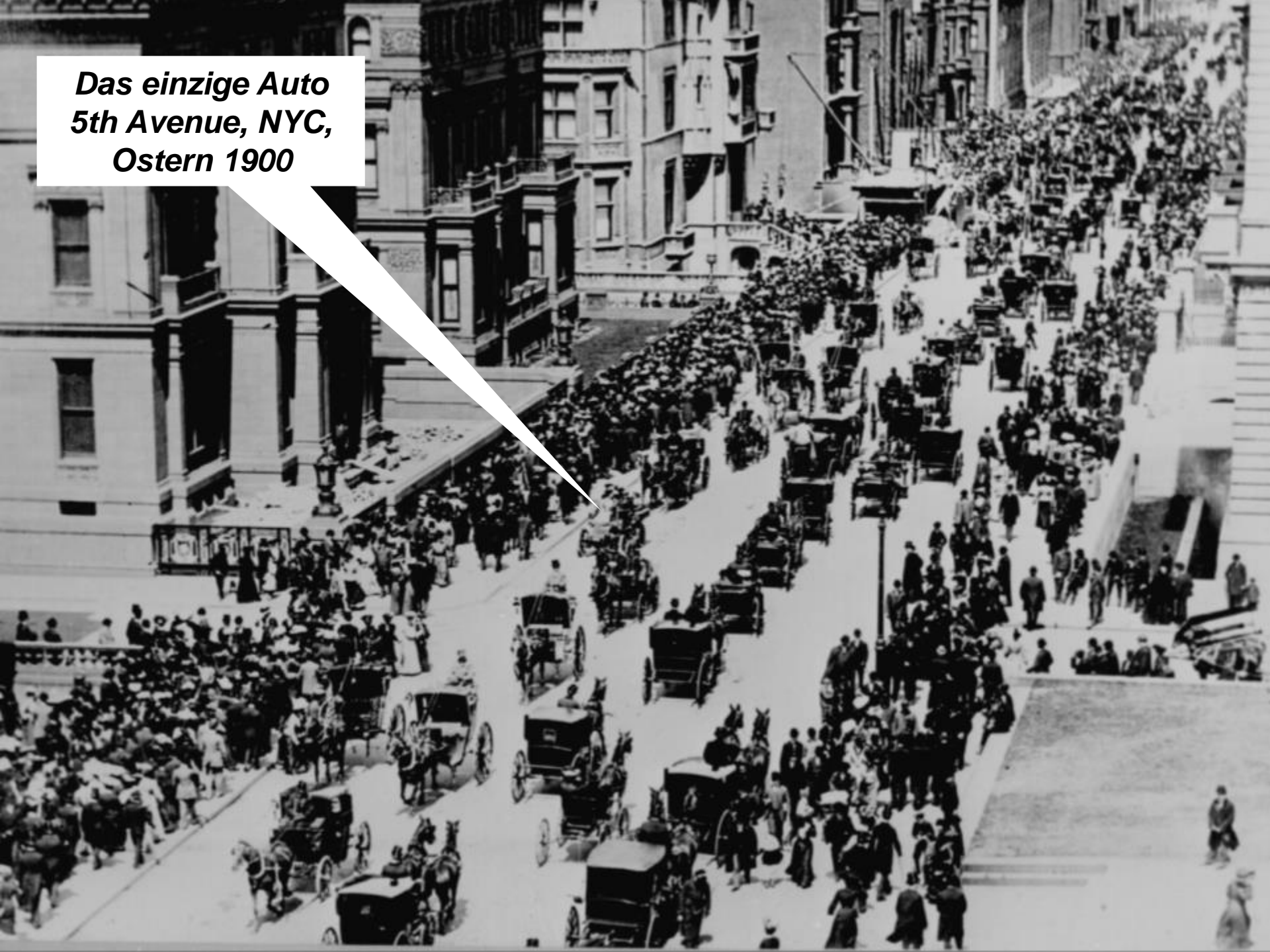
Plug ,n' Play Dream Team für...



...ökonomisch und ökologisch optimalen Betrieb



*Das einzige Auto
5th Avenue, NYC,
Ostern 1900*



Alterations are Completed
Building will be Occupied by
PALDING & BROS.
at 25 West 42nd St.

504



3529-6

***Das einzige Pferd
5th Avenue, NYC,
Ostern 1913***



3529-9

Preise und Auszeichnungen



Die Zukunft des Klimas



Efficient Energy GmbH
Hans-Riedl-Str. 5
85622 Feldkirchen
Germany

Fon + 49 89 69 33 69 500
Fax + 49 89 69 33 69 8610

Mail info@efficient-energy.de
Web www.efficient-energy.com