

# Energieeffizienz-Messungen an Kälte- & Klimaanlage:

---

Methodik & Ergebnisse

# Beschreibung

2008

2022

# Beschreibung

2008

Förderung von Kälte- & Klimaanlage im Rahmen der NKI (nationalen Klimaschutz Initiative)

Ziele:

- Gesteigerte Energieeffizienz
- Minderung des Kältebedarfs
- Reduktion der Emissionen durch fluorierte Treibhausgase

Bearbeitung der Förderanträge durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)

2022

# Beschreibung

## 2008

Förderung von Kälte- & Klimaanlage im Rahmen der NKI (nationalen Klimaschutz Initiative)

Ziele:

- Gesteigerte Energieeffizienz
- Minderung des Kältebedarfs
- Reduktion der Emissionen durch fluorierte Treibhausgase

Bearbeitung der Förderanträge durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA)

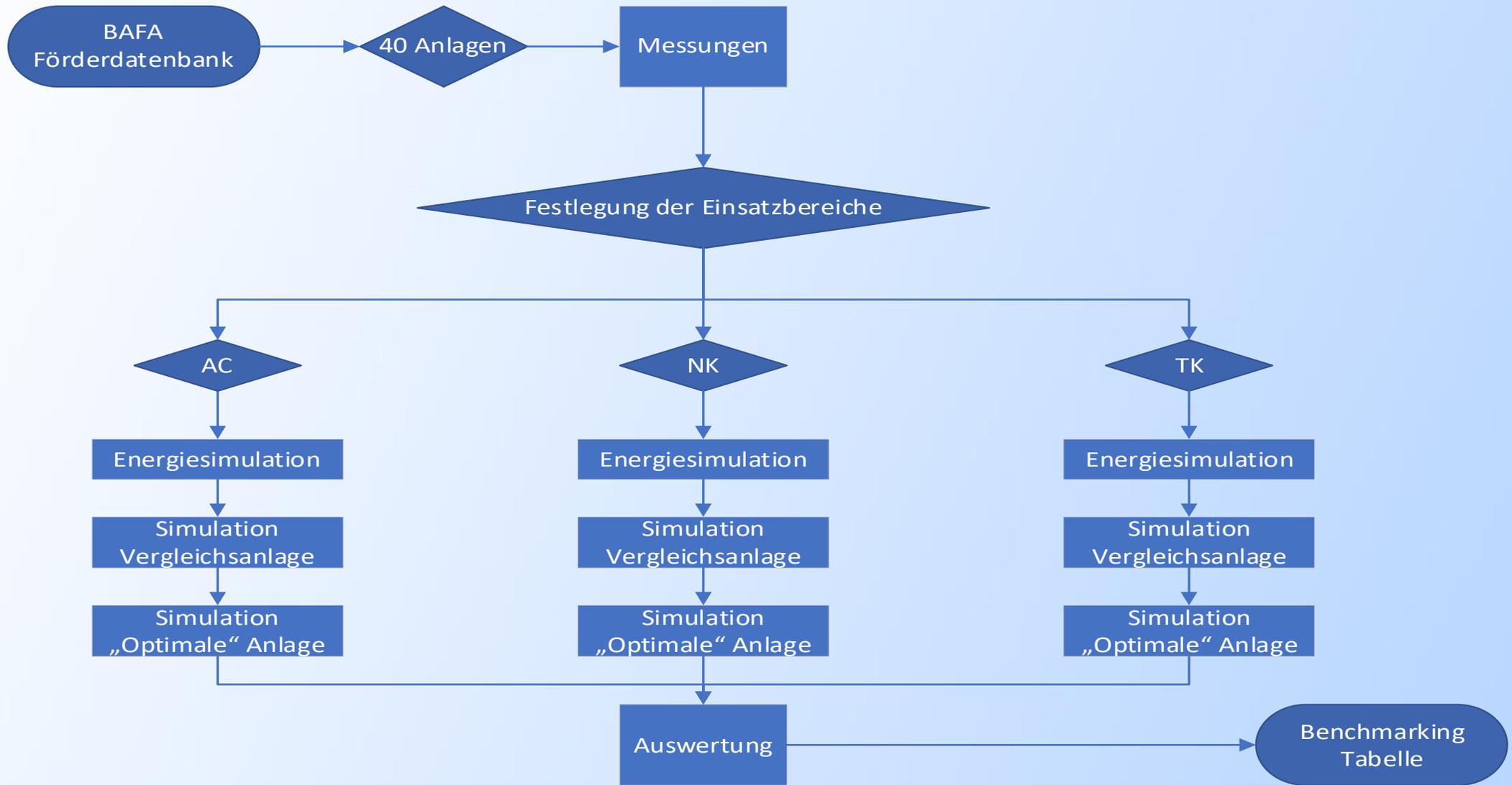
## 2022

Zur Evaluierung der Wirksamkeit der Fördermaßnahmen Beginn einer Feldstudie

Umfang:

- Messung von geförderten Anlagen
- Vergleichen im Benchmark Verfahren mit nicht geförderten Anlagen
- Vergleichen im Benchmark Verfahren mit, nach Förderrichtlinie, technisch optimalen Anlagen

Beginn der Feldstudie im Mai 2022, Abschluss der Messungen Juni 2023



# Messverfahren



Cool Tool DiaGnostics Messkoffer

Erfassung von folgenden Drücke & Temperaturen:

- Verflüssigungstemperatur / Verflüssigungsdruck
- Verdampfungstemperatur / Verdampfungsdruck
- (Mitteldruck)
  
- Verdichtungsendtemperatur
- (Gaskühleraustrittstemperatur)
- Kältemittel-Flüssigkeitstemperatur
- Überhitzungstemperatur
- Saugstutzentemperatur
  
- Vor- & Rücklauftemperaturen bei Flüssigkeitskühlern

# Messverfahren



## Erfassung von folgenden Anlagenspezifischen Bedingungen:

- |                             |  |
|-----------------------------|--|
| - Kältemittel               | Sorte & Füllmenge  |
| - Verdichter:               | Bauart / Typ / Volumenstrom / Regelung                                       |
| - Verflüssiger / Gaskühler: | Bauart / Typ / Regelung / Anschlussleistung                                  |
| - Verdampfer                | Bauart / Typ / Regelung / Anschlussleistung /<br>Expansionsventil / Abtauung |
| - Pumpen                    | Typ / Volumenstrom / Regelung /<br>Anschlussleistung                         |

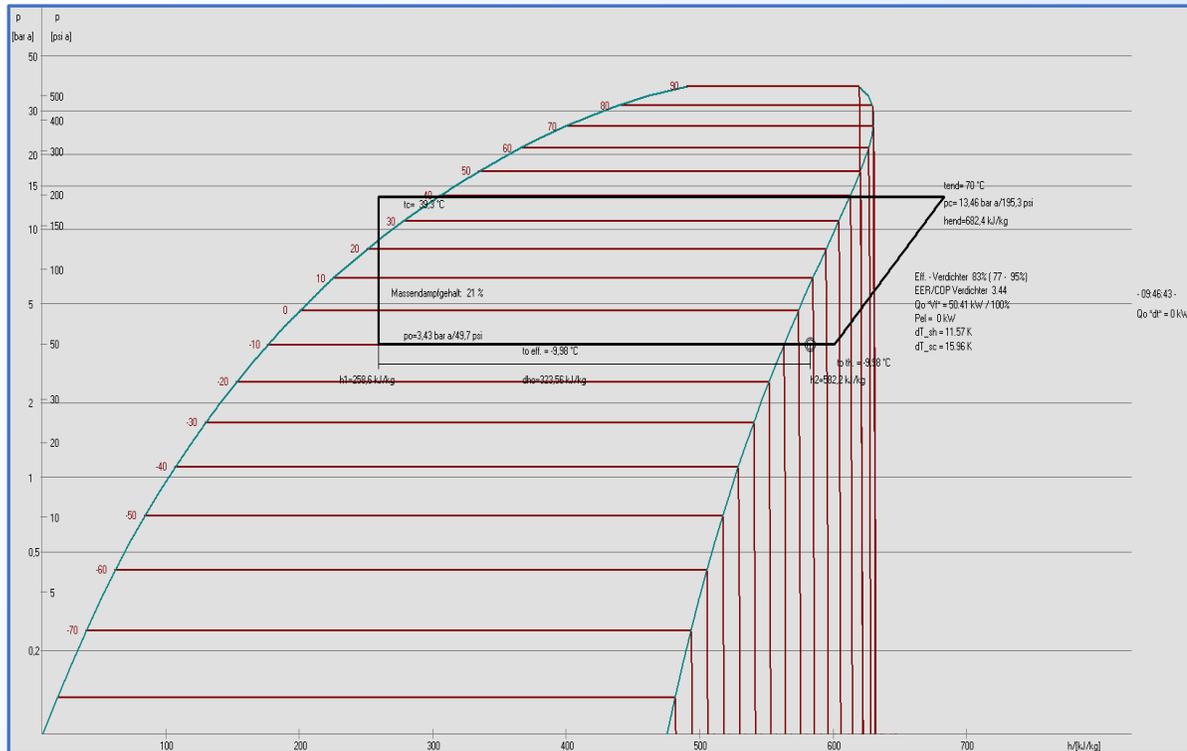
## Erfassung von folgenden Nutzungsspezifischen Bedingungen:

- Nutztemperatur / Verwendungszweck
- Nutzungsverhalten / Lastprofil

## Erfassung von folgenden Randbedingungen während der Messung:

- Umgebungstemperaturen
- Wartungszustand
- Thermografie-Aufnahmen

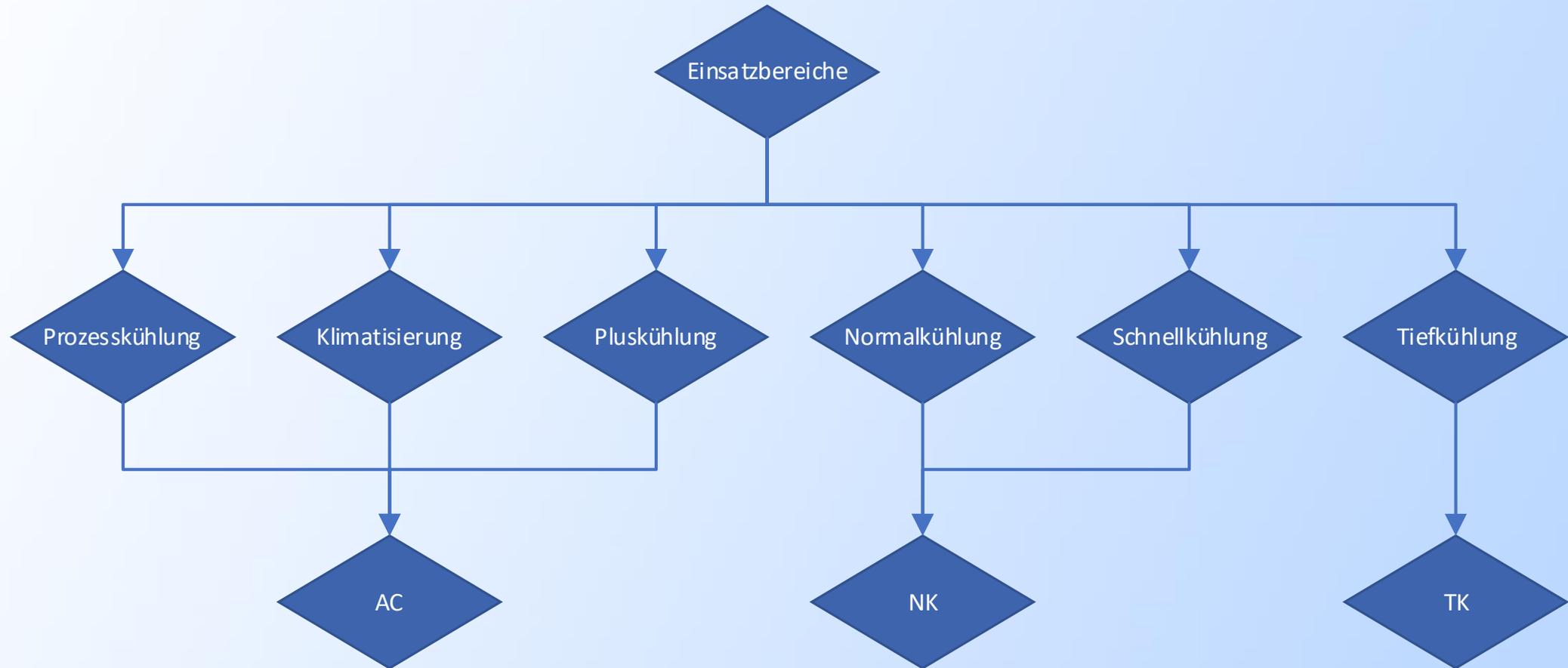
# Messverfahren



Anhand der Messdaten ermittelt CoolTool den aktuellen Kreisprozess der Anlage und bestimmt die Kälteleistung des Verdichters bzw. der Wärmetauscher.

Die Ermittelte Kälteleistung dient zusammen mit den aufgenommenen Daten als Grundlage der Energiesimulation.

# Festlegung der Temperaturbereiche



# Festlegung der Temperaturbereiche

## AC

Nutztemperatur: 7°C .. 22°C

17

Messungen

Verwendete Kältemittel:

R134a

R290

R449A

R513A

R717

R744

# Festlegung der Temperaturbereiche

## AC

Nutztemperatur: 7°C .. 22°C

17

Messungen

Verwendete Kältemittel:

R134a  
R290  
R449A  
R513A  
R717  
R744

## NK

Nutztemperatur: 0°C .. 4°C

22

Messungen

Verwendete Kältemittel:

R134a  
R290  
R449A  
R717  
R744  
R1270

# Festlegung der Temperaturbereiche

## AC

Nutztemperatur: 7°C .. 22°C

17

Messungen

Verwendete Kältemittel:

R134a  
R290  
R449A  
R513A  
R717  
R744

## NK

Nutztemperatur: 0°C .. 4°C

22

Messungen

Verwendete Kältemittel:

R134a  
R290  
R449A  
R717  
R744  
R1270

## TK

Nutztemperatur: -20°C .. -23°C

16

Messungen

Verwendete Kältemittel:

R449A  
R744

# Energiesimulation

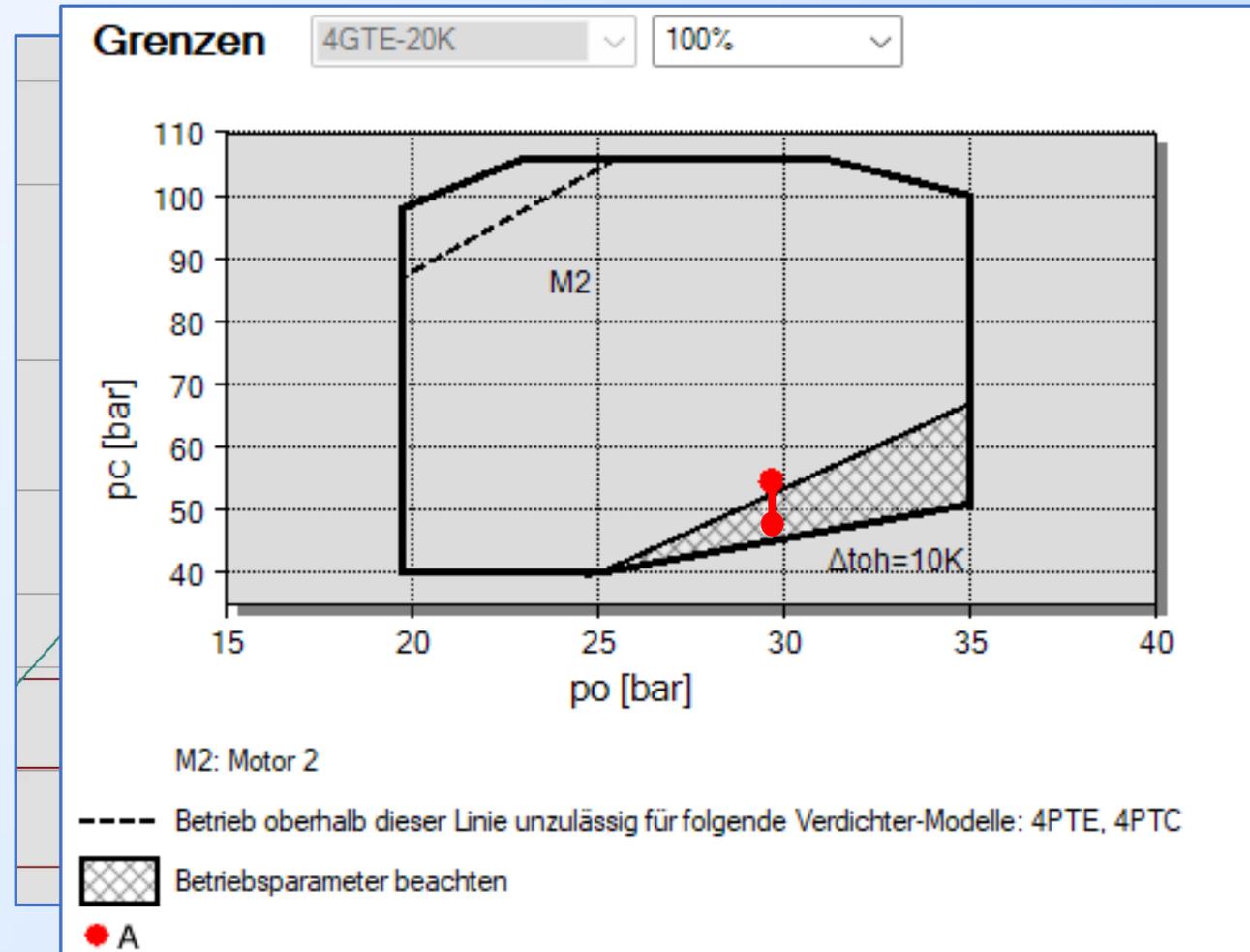
# Energiesimulation

## Anlagenmessung

- Kälteleistung
- Verdampfungs- / Verflüssigungstemperatur
- „Winterregelung“
- Regelverhalten

# Energiesimulation

Anlagenmessung



Quelle: Bitzer Software v.6.18.0

tend=61 °C  
pc=45,84 bar a/664,8 psi  
hend=511,2 kJ/kg  
-10,44  
Qo \*dt\*

Eff. -Verdichter 96% (86 - 81%)  
EER/COP Verdichter 4,08  
Qo \*Vh\* = 181,8 kW / 87%  
Pel = 0 kW  
dT\_sh = 12,62 K  
dT\_sc = -41 K

2 °C

# Energiesimulation

Anlagenmessung

Anlagenbedingungen

- Leistungsdaten der elektrischen Antriebe für
  - Lüftermotoren
  - Pumpen
- Regelungsart der elektrischen Antriebe
- Wartungszustand
- Expansionsventil
- Freikühlerbetrieb
- Nutztemperatur / Temperaturbereich

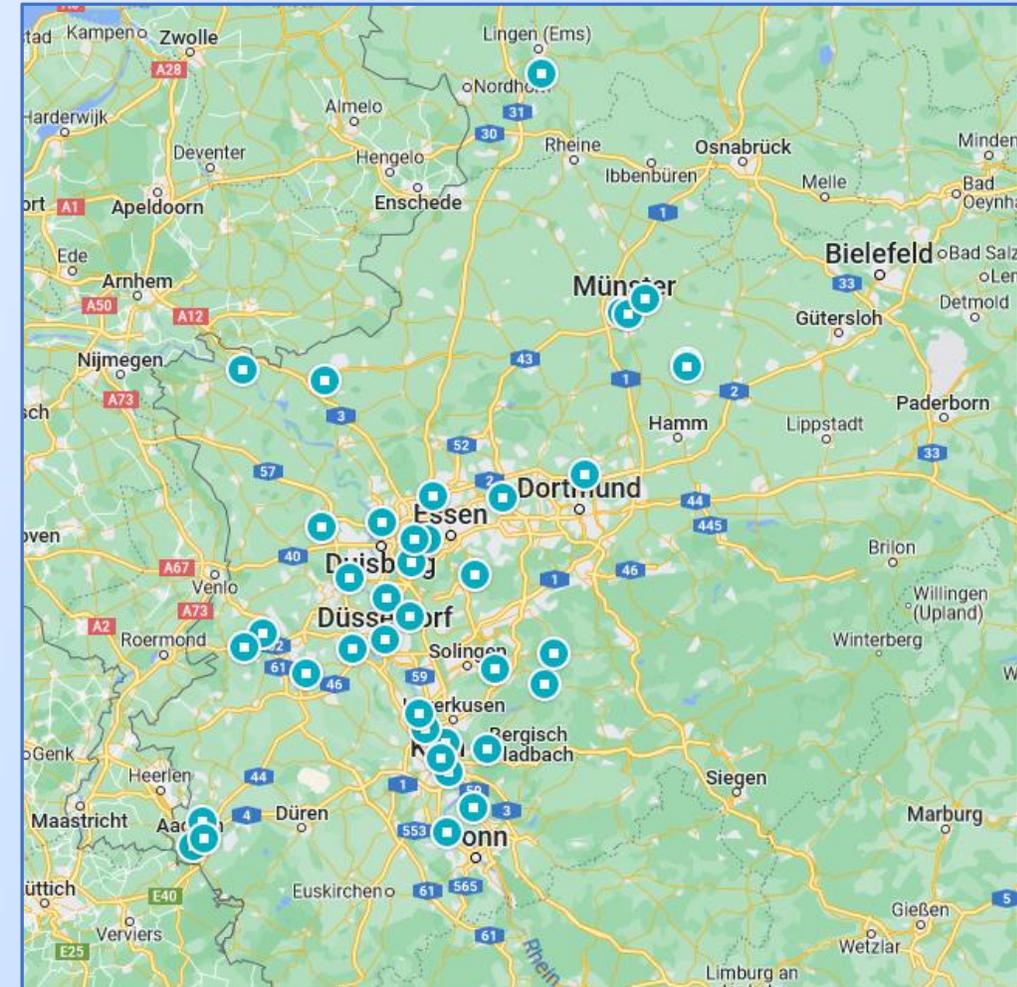
# Energiesimulation

Anlagenmessung

Anlagenbedingungen

Randbedingungen

- Wetterdaten
  - Aachen
  - Köln
  - Düsseldorf
  - Essen
- Aufstellungsorte



Quelle: [www.google.de/maps](http://www.google.de/maps)

# Energiesimulation

Anlagenmessung

Anlagenbedingungen

Randbedingungen

**Lastprofile**

- Nutzungsverhalten
- Hauptnutzzeiten / „Saison“
- Einsatzbereiche

# Energiesimulation

Anlagenmessung

Anlagenbedingungen

Randbedingungen

Lastprofile

CoolTool 9.22.2: Profil Kälteleistung Januar-Dezember

Land:

Städte:

Einsatzbereich:

Beschreibung:

Umgebungstemperatur:

Temperatur Außenluft Winter  
 Gering  
 Mittel  
 Hoch

Temperatur Außenluft Sommer  
 Gering  
 Mittel  
 Hoch

	Monat	Temperatur Tag (15:00) / [°C]	Temperatur Nacht (5:00) / [°C]	Kälteleistung Tag / [%]	Kälteleistung Nacht / [%]
1	Januar	2	-1	50	25
2	Februar	5,7	1,2	55	30
3	März	10,7	4,7	60	45
4	April	14,7	7,7	65	55
5	Mai	18,7	10,7	70	60
6	Juni	23,7	14,7	80	65
7	Juli	25,7	15,7	100	80
8	August	24,9	15,9	80	65
9	September	19,7	11,7	70	60
10	Oktober	15,5	8,5	65	55
11	November	11,3	5,3	60	45
12	Dezember	6,1	1,6	55	30

# Energiesimulation

## Ökodesign- Richtlinie (2009/125/EG)

Berechnung SEER / SEPR  
an vier Betriebspunkten

## CoolTool

Berechnung SEER / SEPR  
an 288 Betriebspunkten

12 Monate x 24 Stunden

# Energiesimulation

## CoolTool

Berechnung SEER / SEPR  
an 288 Betriebspunkten

12 Monate x 24 Stunden

181	Monat	t Tag /[*C]	t Nacht /[*C]	Qo Tag /[%]	Qo Tag /[%]					
182	Juli	28	19	100	80					
183										
184				Verdichter		Verflüssiger	Verdampfer	Abtauung	Uhrzeit	Uhrzeit
185	Uhrzeit	t /[*C]	tc /[*C]	EER/COP /	Pel /[kWh]	Pel /[kWh]	Pel /[kWh]	Pel /[kWh]	Qo /[%]	Qo /[kW]
186	1h	21,7	38	4,13	10	,69	0	0	82	41,3362
187	2h	20,8	38	4,13	10	,66	0	0	82	41,3362
188	3h	19,9	38	4,14	9,87	,61	0	0	81	40,8321
189	4h	19,27	38	4,14	9,87	,59	0	0	81	40,8321
190	5h	19	38	4,14	9,74	,57	0	0	80	40,328
191	6h	19,09	38	4,14	9,87	,58	0	0	81	40,8321
192	7h	19,72	38	4,13	10	,61	0	0	82	41,3362
193	8h	20,44	38	4,13	10,14	,65	0	0	83	41,8403
194	9h	21,34	38	4,12	10,41	,71	0	0	85	42,8485
195	10h	22,24	38	4,11	10,67	,77	0	0	87	43,8567
196	11h	23,41	38	4,09	11,08	,86	0	0	90	45,369
197	12h	24,58	38	4,08	11,36	,94	0	0	92	46,3772
198	13h	26,38	38	4,07	11,77	1,06	0	0	95	47,8895
199	14h	27,64	38	4,05	12,19	1,17	0	0	98	49,4018
200	15h	28	38,4	4	12,59	1,2	0	0	100	50,41
201	16h	27,91	38,1	4,04	12,22	1,18	0	0	98	49,4018
202	17h	27,64	38	4,07	11,77	1,12	0	0	95	47,8895
203	18h	27,01	38	4,08	11,36	1,04	0	0	92	46,3772
204	19h	26,38	38	4,09	11,08	,99	0	0	90	45,369
205	20h	25,66	38	4,1	10,81	,93	0	0	88	44,3608
206	21h	24,94	38	4,11	10,54	,87	0	0	86	43,3526
207	22h	24,22	38	4,12	10,41	,83	0	0	85	42,8485
208	23h	23,23	38	4,12	10,27	,77	0	0	84	42,3444
209	24h	22,51	38	4,13	10,14	,73	0	0	83	41,8403
210										

# Energiesimulation

CoolTool 9.22.2 - Software für Kälte- und Klimatechnik  
 (C) 1995 - 2023 mergl engineering  
 Anwender: CoolTool Technology GmbH, Kruppstr. 184, 47229 Duisburg  
 Projekt : Projektname  
 Beschreibung : R290 Kreis 1



Kältemittel:	PROPAN
MEPS = 2,58, SEPR = 4,05	EER Min / Max [ 4 / 4.31]
Energiekosten:	.36 €/kWh
Spez. Emission CO2:	.42 kg CO2/kWh
Betriebskosten:	22572 €/a -- 62702 kWh/a
Emission CO2:	26,334 t/a
Verdichter :	60325 kWh/a / 96.2 %
Verflüssiger :	2354 kWh/a / 3.75 %
Pumpe :	22 kWh/a / .03 %

MEPS = 2,58, SEPR = 4,05	EER Min / Max [ 4 / 4.31]
Energiekosten:	.36 €/kWh
Spez. Emission CO2:	.42 kg CO2/kWh
Betriebskosten:	22572 €/a -- 62702 kWh/a
Emission CO2:	26,334 t/a
Verdichter :	60325 kWh/a / 96.2 %
Verflüssiger :	2354 kWh/a / 3.75 %
Pumpe :	22 kWh/a / .03 %

www.cooltool-software.com

SEPR/SEER

MEPS

# Simulation Vergleichsanlage

Datenbestand aus Anlagenmessungen seit 2006

## AC

Kältemittel: R134a  
tc max: 50°C  
tc min: 38°C  
 $\Delta_{t0 - tNutz}$ : 8-12K  
Eff.Klasse: D

## NK

Kältemittel: R134a  
tc max: 50°C  
tc min: 38°C  
 $\Delta_{t0 - tNutz}$ : 10-14K  
Eff.Klasse: D

## TK

Kältemittel: R404A  
tc max: 50°C  
tc min: 38°C  
 $\Delta_{t0 - tNutz}$ : 10-13K  
Eff.Klasse: D

## NK (Supermarkt)

Kältemittel: R404A  
tc max: 50°C  
tc min: 38°C  
 $\Delta_{t0 - tNutz}$ : 12-17K  
Eff.Klasse: D

# Simulation „Optimale“ Anlage

## Technische Bedingungen der Förderrichtlinie

### AC

Kältemittel: R290  
tc max: 45°C  
tc min: 28°C  
 $\Delta_{t0 - tNutz}$ : 5-10K  
Eff.Klasse: B

### NK

Kältemittel: R290  
tc max: 45°C  
tc min: 28°C  
 $\Delta_{t0 - tNutz}$ : 8-16K  
Eff.Klasse: B

### TK

Kältemittel: R290  
tc max: 45°C  
tc min: 28°C  
 $\Delta_{t0 - tNutz}$ : 8-10K  
Eff.Klasse: B

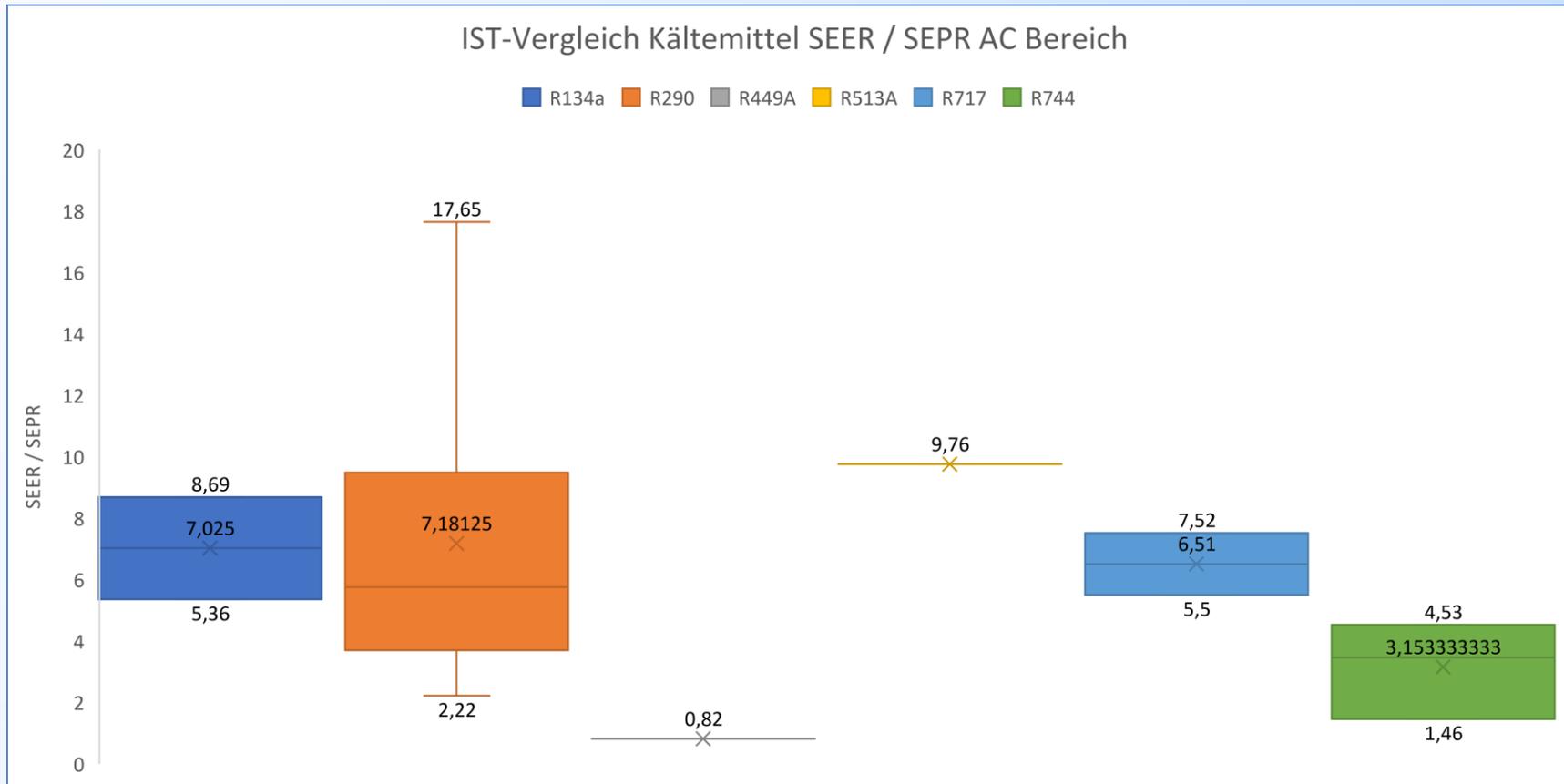
### NK (Supermarkt)

Kältemittel: R744  
tc max: 38°C  
tc min: 18°C  
 $\Delta_{t0 - tNutz}$ : 10-12K  
Eff.Klasse: B

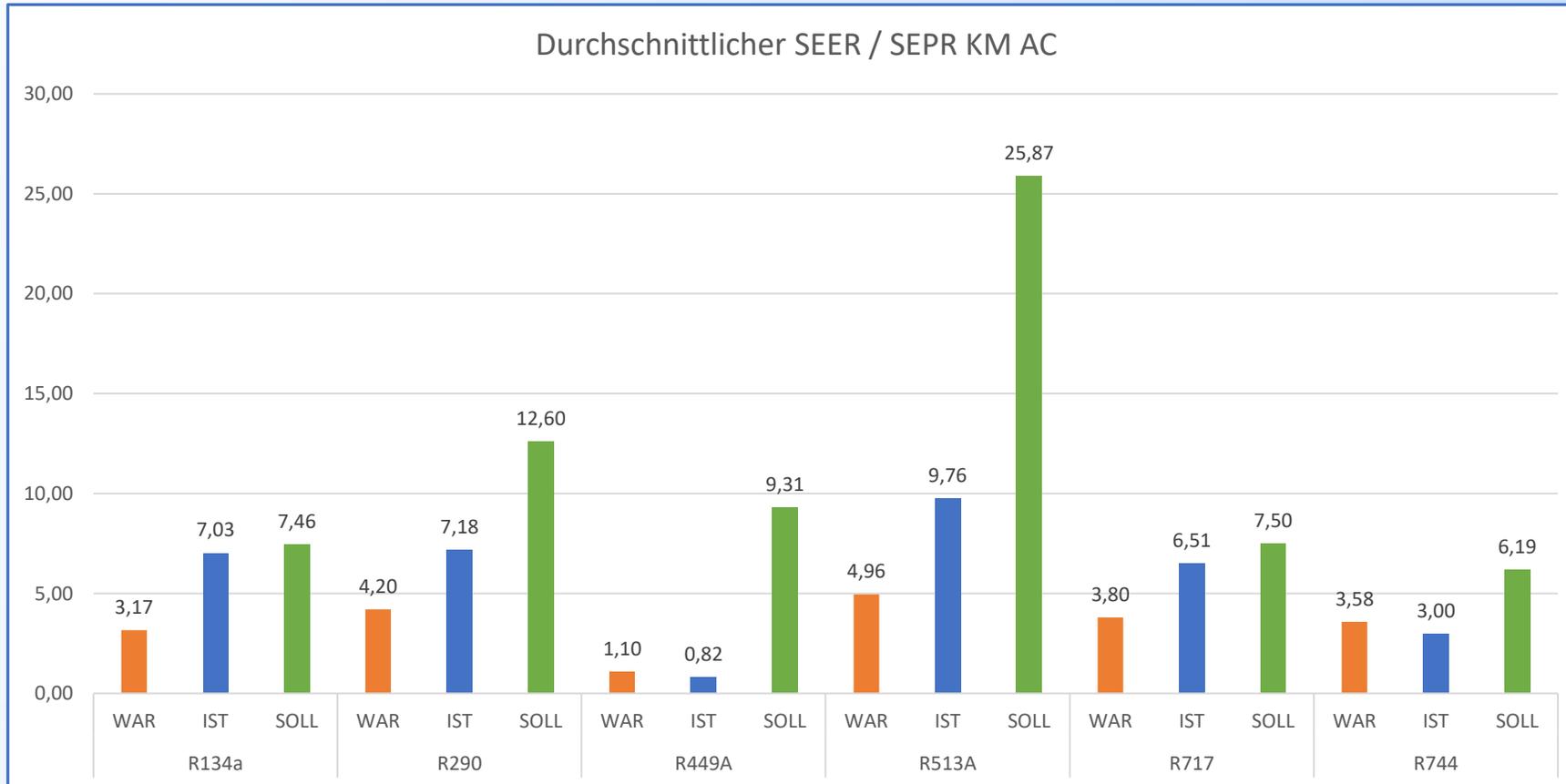
### TK (Verbund)

Kältemittel: R744  
tc max: 0°C  
tc min: 0°C  
 $\Delta_{t0 - tNutz}$ : 8-10K  
Eff.Klasse: B

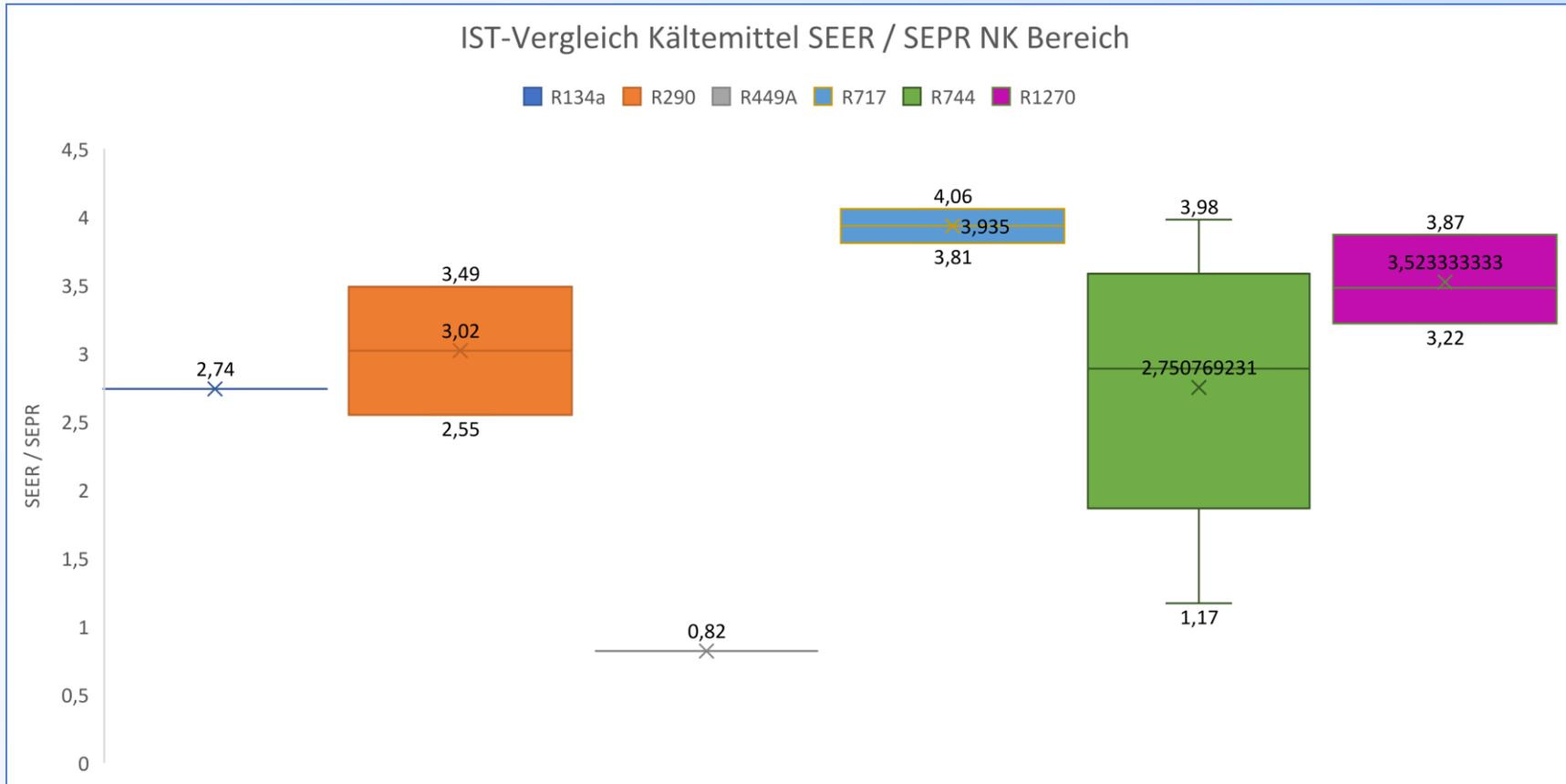
# Ergebnisse



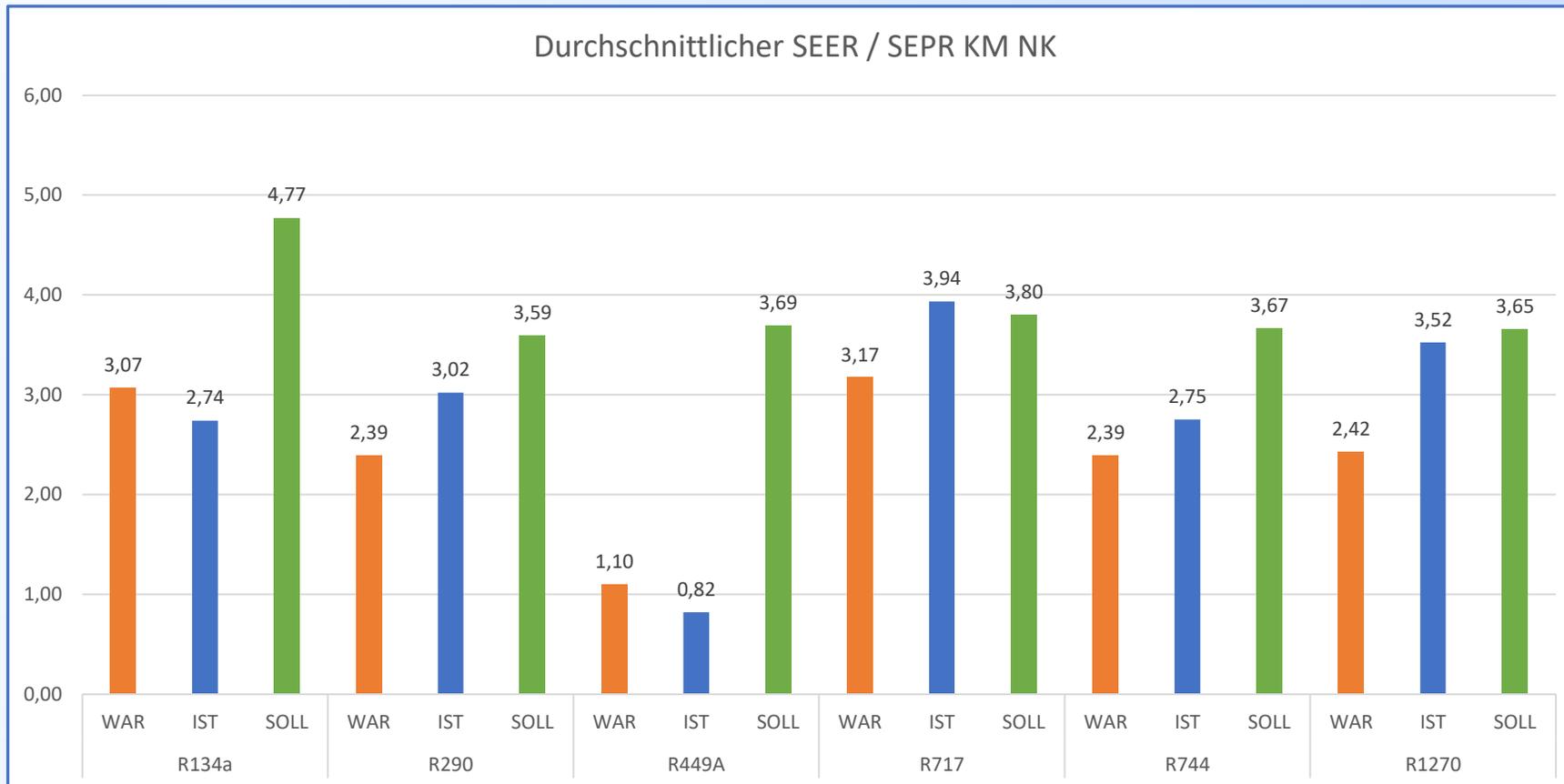
# Ergebnisse



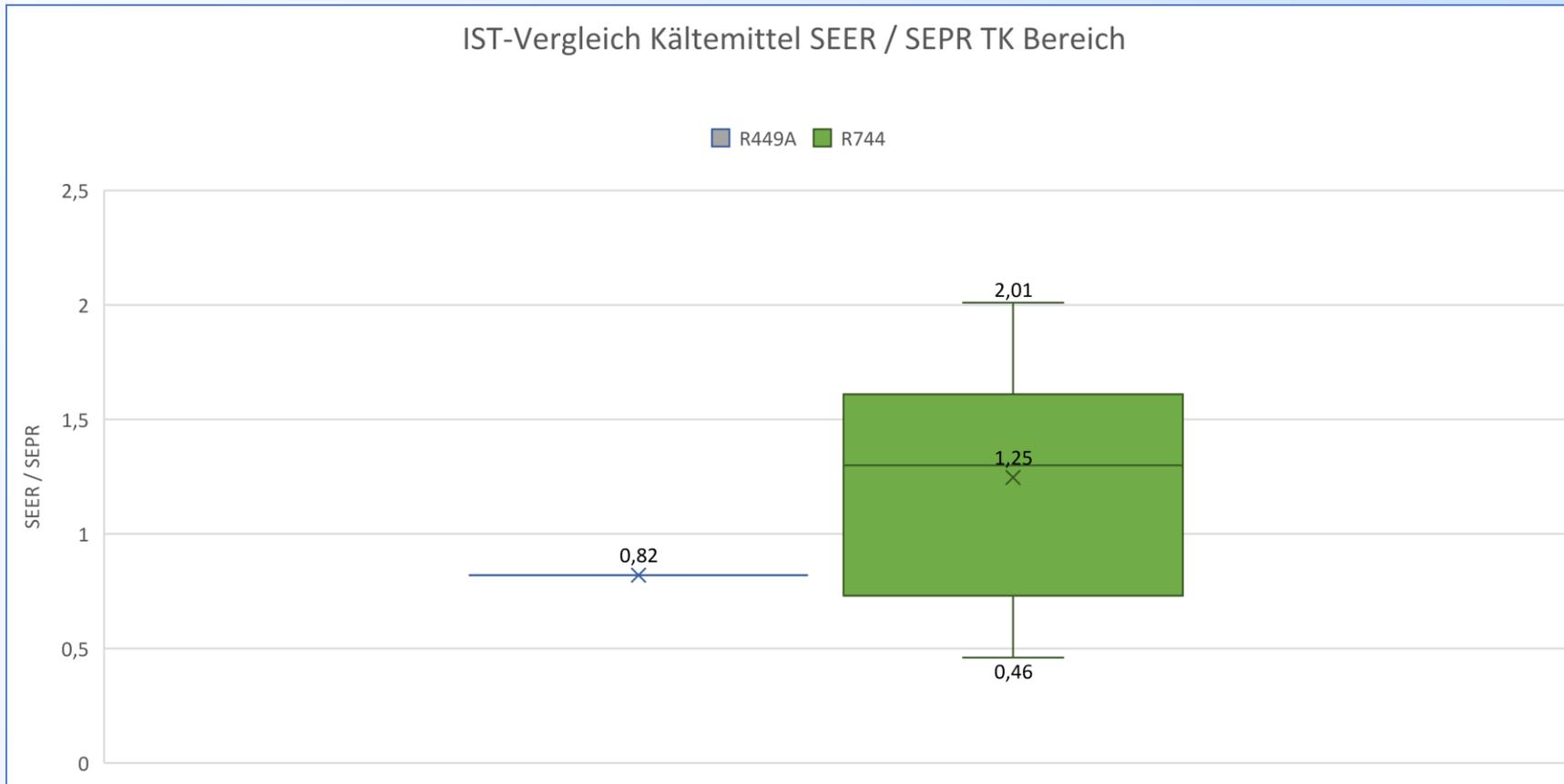
# Ergebnisse



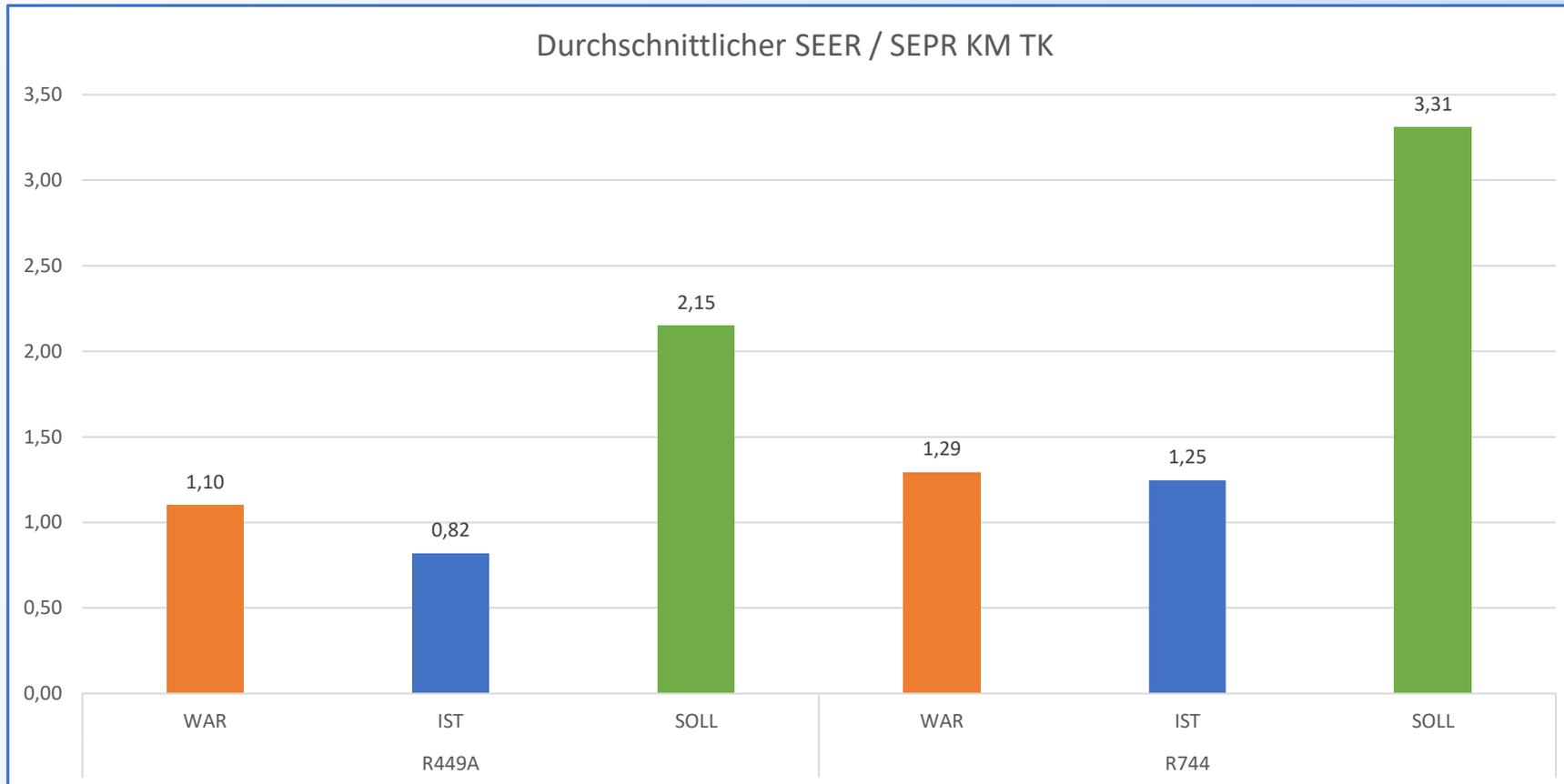
# Ergebnisse



# Ergebnisse



# Ergebnisse



# Ergebnisse

Energiebedarf:

Vergleichsanlagen: 28,444 MWh

# Ergebnisse

Energiebedarf:

Vergleichsanlagen: 28,444 MWh

„Optimale“ Anlagen: 15,451 MWh 45,68%

# Ergebnisse

Energiebedarf:

Vergleichsanlagen: 28,444 MWh

„Optimale“ Anlagen: 15,451 MWh 45,68%

**Gemessene Anlagen: 20,395 MWh 28,30%**

# Ergebnisse

CO<sub>2</sub>-Äquiv. durch KM-Emissionen (3%):

Vergleichsanlagen: 1376,79t CO<sub>2</sub>-Äq/a

# Ergebnisse

CO2-Äquiv. durch KM-Emissionen (3%):

Vergleichsanlagen: 1376,79t CO2-Äq/a

„Optimale“ Anlagen: 0,205t CO2-Äq/a 99,47%

# Ergebnisse

CO2-Äquiv. durch KM-Emissionen (3%):

Vergleichsanlagen: 1376,79t CO2-Äq/a

„Optimale“ Anlagen: 0,205t CO2-Äq/a 99,47%

**Gemessene Anlagen: 38,58t CO2-Äq/a 97,2%**

# Ergebnisse

Gesamtemissionen :

Vergleichsanlagen: 13.323t CO<sub>2</sub>-Äq/a

CO<sub>2</sub>-Emission Energiebedarf:  
420 g/ kWh (Strommix Deutschland 2021)

# Ergebnisse

Gesamtemissionen :

Vergleichsanlagen: 13.323t CO<sub>2</sub>-Äq/a

„Optimale“ Anlagen: 6.489t CO<sub>2</sub>-Äq/a 51,29%

CO<sub>2</sub>-Emission Energiebedarf:  
420 g/ kWh (Strommix Deutschland 2021)

# Ergebnisse

Gesamtemissionen :

Vergleichsanlagen: 13.323t CO<sub>2</sub>-Äq/a

„Optimale“ Anlagen: 6.489t CO<sub>2</sub>-Äq/a 51,29%

**Gemessene Anlagen: 8.604t CO<sub>2</sub>-Äq/a 35,42%**

CO<sub>2</sub>-Emission Energiebedarf:  
420 g/ kWh (Strommix Deutschland 2021)

Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!