



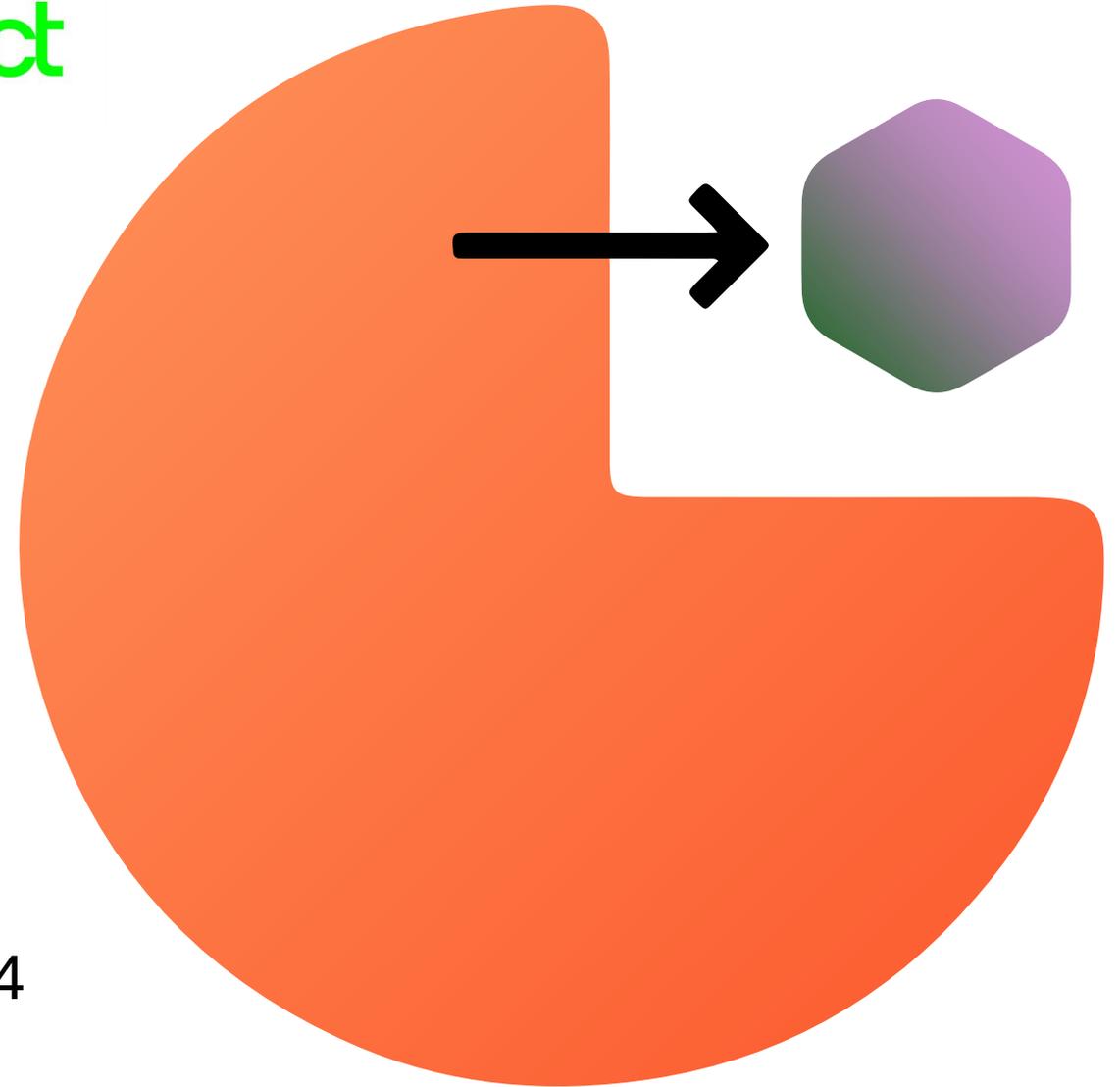
Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Bytes2Heat Technischer Planungleitfaden Abwärmennutzung aus Rechenzentren

Andreas Strech | Bytes2Heat: Juni 2024



Ziel des Dokuments

- Der **Technische Planungsleitfaden** soll Akteuren bei dem Thema Abwärmenutzung aus Rechenzentren helfen, um konkrete Projekte planerisch zu untersuchen und deren Umsetzung voranzubringen.
- Es sind die Ergebnisse und Erkenntnisse aus der Projektarbeit Bytes2Heat in der Projektbegleitung.
- Er gibt die Erfahrungen aus der Planung verschiedener Projekte wieder bzw. weiter.
- Soll die unterschiedlichen Kernbedürfnisse und spezifisch verwendeten Technologien der Akteure verdeutlichen und zur Aufklärung beitragen, z.B.:
 - RZ-Betreiber (Ausfallsicherheit, Sicherheit, Redundanzen, Auslastung, RampUp, KPIs)
 - Wärmenutzer (Technologieverständnis Wärmepumpen, Wärmenetze, Contracting).



Fragestellungen und Inhalt

➤ Wärmepumpen	Seite	➤ Wo ist der ideale Abgriff der Abwärme	Seite
➤ Wärmepumpenkennzahlen COP, JAZ, PEF	...4	➤ <i>so nah an der Quelle wie möglich?</i>	...16
➤ Sinnhaftigkeit und Grenzwerte	...4	➤ Direkte Heißwasserkühlung DHWC	...17
➤ Zusammenhang Temperaturhub und COP	...5	➤ Rack-Kühltüren als Wärmetauscher	...18
➤ Welches Kältemittel?	...6	➤ Zusätzliche Luft/Wasser-Wärmetauscher	...19
➤ Besonderheiten im RZ		➤ Kaltwasserkreis vs. Rückkühlkreis	...20
➤ Verfügbarkeit und Redundanz im RZ	...7	➤ Optimierungen des COP	...24
➤ RampUp und IT-Auslastung	...8	➤ Wo ist die ideale Nutzung der Abwärme	...28
➤ Die Wärmequelle im Jahresverlauf		➤ Herausforderungen und Erkenntnisse bei der Einbindung in die Fernwärme	...29
➤ Freie Kühlung, Adiabatische Kühlung	...9	➤ Kalte Nahwärmenetze (der 5. Generation)	
➤ Gegenläufigkeit Strom RZ und Wärmepumpe	...12	➤ Vorteile in Verbindung mit RZ	...31
➤ Bilanzierung der Abwärme		➤ Eisspeicher wo sind sie sinnvoll?	...34
➤ Rechenzentrum (RZ): PUE und ERF	...14		
➤ Bilanzierung in der Nah-/Fernwärme	...15		

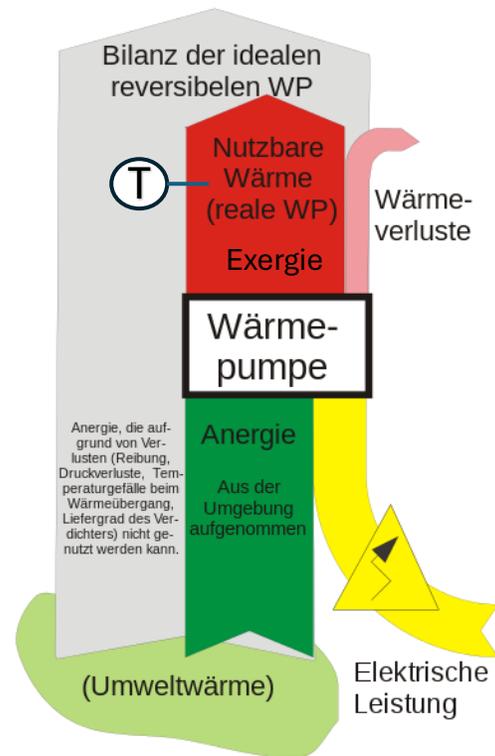
Effizienzkennzahlen COP und JAZ

Sinnhaftigkeit: Mindest-Jahresarbeitszahlen

- ✓ Der *Coefficient Of Performance* **COP** ist die momentane Leistungszahl einer Wärmepumpe in einem bestimmten Betriebspunkt bei einer Wärmepumpe (=Nutzwärme/Stromaufwand)
- ✓ Die *Jahresarbeitszahl* **JAZ** hingegen ist die Leistungszahl aller auftretenden COP über ein Jahr im Mittel, unter Berücksichtigung der Hydraulik und deren Wärmeverluste.
- ✓ Und damit ist die JAZ relevant für die Berechnung von Energiemengen, Kosten und Gesamteffizienz
- ✓ Als **Richtwert** gilt:

$$\text{JAZ} = \Sigma(\text{Jahr}) \text{ COP} - 0,4$$

Erfahrungswert aus Wohnungsbau, bei konstanter und durchgängiger Betriebsweise ist der Abzug mutmaßlich geringer



Quelle: Wikipedia

Anhand der derzeitigen *Primärenergiefaktoren* (PEF)

$$\checkmark \text{ PEF Fernwärme} = 0,7$$

(Durchschnitt Deutschland für die Wärme (EE/KWK-Anteil), lokal verschieden)

$$\checkmark \text{ PEF Strom} = 1,2$$

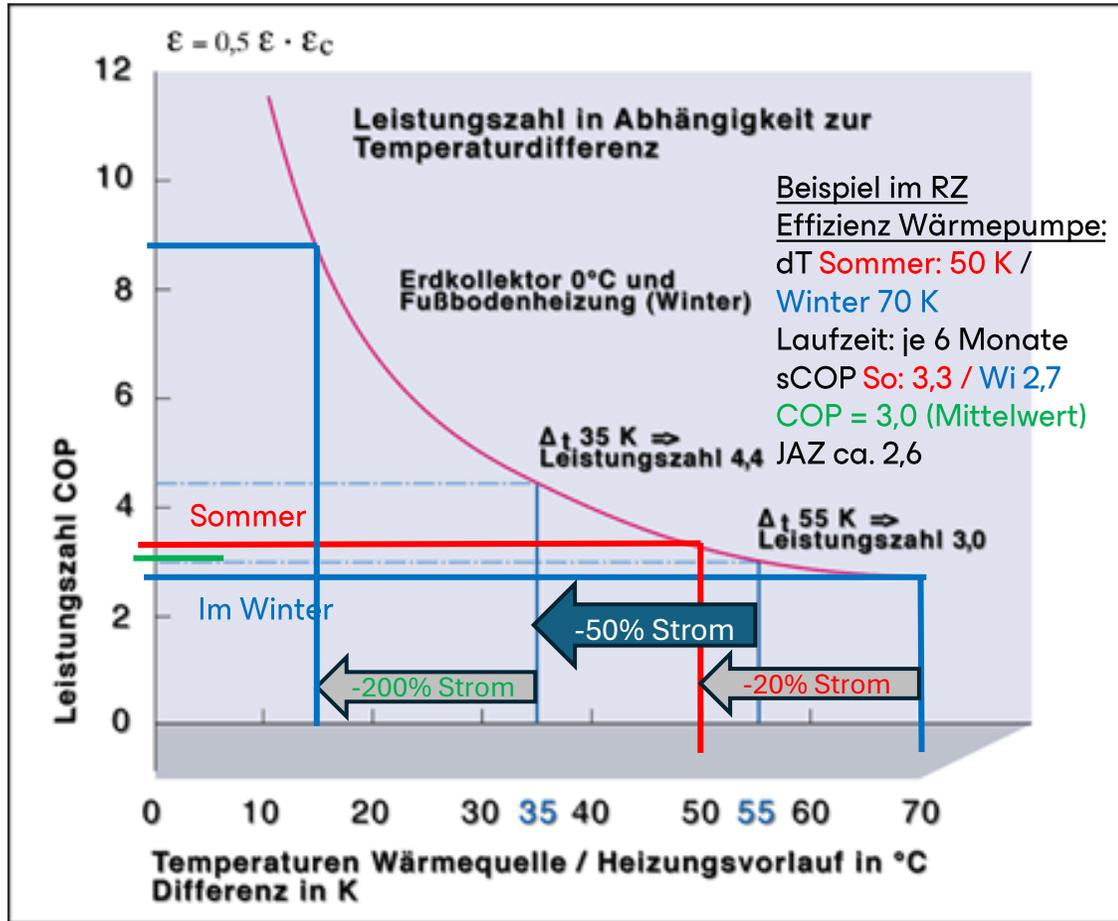
-> **ergibt sich ökologisch: JAZ(min) >1,7**
bei der Einspeisung ins FW-Netz

-> **empfiehlt sich ökonomisch: JAZ(min) >2,0 (-3,0)**
(individuell zu berechnen, stark von Größe, Netzlängen und Förderung abhängig)

$$\text{-> COP} > 2,5$$

Tendenz JAZ(min) in den letzten Jahren rasch abnehmend
durch Anstieg des Anteils Erneuerbare Energien im
Stromnetz und Anstieg Preis für fossile Energieträger
was in der Vergangenheit nicht sinnvoll war,
kann die kommenden Jahre sinnvoll werden...

Leistungszahlen Wärmepumpe Abhängigkeit vom Temperaturhub



Quelle: <https://www.jahresarbeitszahlen.info/einflusse/temperaturhub>

- ✓ Für die Wärmenetze/-verbraucher ist **Rechenzentrums-Abwärme** eine **reizvolle Wärmequelle** in Menge, Konstanz und Temperaturniveau
- Verschiedene Wärmequellen:
 - Außenluft: schwankend, ab $T_a = -3$ °C zusammenbrechend
 - Saug-/Schluckbrunnen: ca. 10 °C konstant über Jahr
 - Abwasser: ca. 15-20 °C relativ konstant über Jahr
 - **Rechenzentrum: ca. 20-25 °C konstant über Jahr** im Kaltwasserrücklauf, oder **20-40 °C im Rückkühlkreis**
- ✓ Die Leistungszahl ist aber noch von weiteren Faktoren wie etwa der **Temperaturspreizung** von Wärmequelle und Wärmenutzung abhängig
- ✓ **Jedes Kelvin Einsparung am Temperaturhub der Wärmepumpe spart ca. 2,5 %** an der Hilfsenergie Strom
 - Bsp: Bei 20K weniger Hub spart man somit ca. 50 % Hilfsstrom
- ✓ Die Leistungszahl **COP** einer Wärmepumpe sollte generell **>2,5** und besser **>3,0** sein
- ✓ Ziele sind daher:
 - Möglichst **hohe Quelltemperatur** -> **Untersuchung der besten Einbindung, Wärmetauscher nur wo unbedingt notwendig (-3 bis -5 K Temperaturverlust (Grädigkeit) = -10%)**
 - Möglichst **geringe Zieltemperatur** -> **falls technisch möglich Rücklaufanhebung besprechen**
 - Größere Temperaturhübe als **>55°C kritisch betrachten** -> **bei Fernwärme genau zu untersuchen**

Natürliche Kältemittel im RZ ?

- Natürliche KM sind alle entweder **brennbar** (z.B. Propan, Isobutan) oder **giftig** (Ammoniak) und bringen damit ein wenn auch beherrschbares Risiko mit sich (Gefahrenbeurteilung und Sachverständigenabnahme erforderlich)
- Wenn möglich, natürliches KM planen, **Gesetzesentwicklungen, Verbote und Förderungen beachten**
- Bei Fernwärme und Vorlauf 90°C / T(zul.) **135 °C** (TAB) liegt man über der zulässigen Oberflächentemperatur (Zündtemperatur)
 - Da Wärmepumpe bereits Wärmetauscher besitzt, zusätzliche WT möglichst vermeiden
 - WT der WP muss **Anforderungen TAB-FW** können (135°C / PN25) -> bei manchen Herstellern kostenneutral möglich
- Aktuell zugelassene nicht-natürliche KM: R134a, R450a, R513a, R1234ze (GWP=5), R1233zd sind alternativ möglich
- Jedoch **PFAS**-Initiative verfolgen (eventuell R1234yf verschont)
- Im Neubau Ammoniak-WP denkbar
- **Einsatzgrenzen** natürlicher KM:
 - Propan bis 60°C, (nicht für FW geeignet)
 - Isobutan 90-95°C, aber kühlt nicht so tief bis max. 15°C (im RZ ggf. tiefer erforderlich)
 - Mehrkosten ca. 20-30% in Investitionskosten und Betrieb
- **eingehauste Aggregate** am besten, da ggf. kleinerer EX-Bereich und geringere Luftvolumenströme für Kältemittel-Notlüftung



ein schwer entflammbares KM (A2L) ist bei der Nachrüstung im RZ im Bestand zu empfehlen, solange verwendbar (in Kombination mit FW u.U. technisch erforderlich)

Besonderheiten im RZ

➤ Ausfallsicherheit / Zertifizierungen

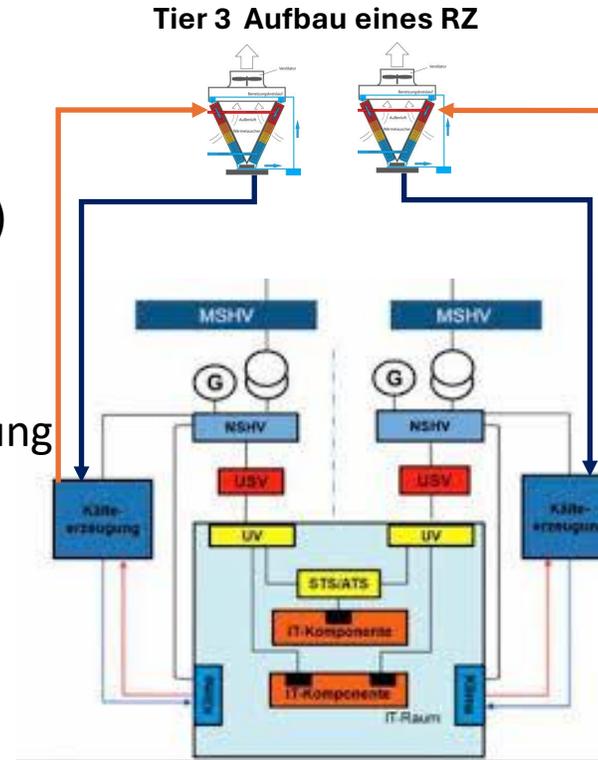
- „Tier 1-4“ Level (heute Tier 3 Mindeststandard)
- RZ werden zertifiziert, alle Umbauten mit Zertifizierer besprechen (TÜV-IT)
- Je höher Tier-Level, desto niedriger IT-Auslastung

➤ Redundanzen

- Doppelte Anlagen und Leitungen beachten
- Die RZ-Kühlung darf nicht entfallen, Wärmepumpen als „Kälteerzeuger“ zusätzlich
- Einbindung vor vorhandener Temperatur-Sensorik

➤ Ramp-Up

- Immer beachten bei Neubau
- Üblich 3 Jahre bis 5 Jahre
- Fehlende Leistung bei Neubau



Quelle: dc-intelligence/BITKOM



Tier 4 – Fehlertolerante Infrastruktur

- Verfügbarkeit: 99,995%
- Max. Ausfallzeit pro Jahr: 26.3 Min. Komponenten: 2 x (N+1)
- Versorgungsweg: zwei aktive

Tier 3 – Redundanz + kontinuierliche Wartung

- Verfügbarkeit: 99,982%
- Max. Ausfallzeit pro Jahr: 1,6 h Komponenten: N+1
- Versorgungsweg: 1x aktiv, 1x passiv

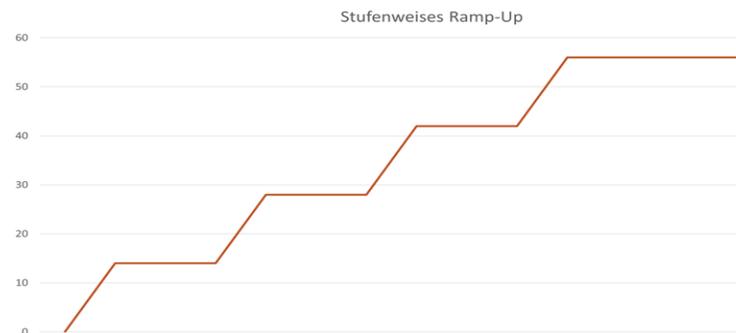
Tier 2 – Redundante Kapazität von Komponenten

- Verfügbarkeit: 99,749%
- Max. Ausfallzeit pro Jahr: 22 h Komponenten: N+1
- Versorgungsweg: einfach ausgelegt

Tier 1 – Basis Infrastrukturaufbau

- Verfügbarkeit: 99,671%
- Max. Ausfallzeit pro Jahr: 28,8 h Komponenten: 1 (keine Redundanz)
- Versorgungsweg: einfach ausgelegt

Quelle: scaleUP Technologies



IT-Auslastung im RZ

- der **IT-Strom** wird zu **100% in Wärme** umgewandelt
- **Bei den Angaben wie „10 MW RZ“ ist immer genau zu prüfen, worauf sich die Angabe bezieht**
 - Ausgelegte Anschlussleistung RZ an Stromnetz? = $E(\text{DC})$
 - Für Rechenleistung zur Verfügung stehende IT-Anschlussleistung? = $E(\text{IT})$
 - Mittels des $\text{PUE} = E(\text{DC}) / E(\text{IT})$ kann umgerechnet werden
- der **für die Abwärme ansetzbare Realverbrauch** ist von der **IT-Auslastung/IT Equipment Utilization (ITEU)** geprägt
 - Die **IT-Auslastung** kann **nie 100%** sein (vergleiche Laptop-Nutzung, Ausnahme Krypto-Mining)
 - Geprägt durch Tier-Level bzw. Redundanz, Vorhalte, Nutzung (z.B. KI- vs. Storage-Anwendungen, CoLocation vs. Universitäten)

(es kann sein, dass ganze Backup-Bereiche im RZ ausgeschaltet sind oder sich lediglich im Idle-Modus befinden)
 - Schwankt je RZ und RZ-Verwendung zwischen 25-75%, durchschnittlich kann ITEU = **50%** über ein Jahr angenommen werden, wenn keine Angaben zur Verfügung stehen

Moderne Cloudserver mit Virtualisierungs-Technologien schaffen durch „Containerisierung“ lokal bis 80% Auslastung, was aber nicht als Standard angenommen werden kann

Wer meint, inzwischen erreiche die Auslastung Top-Werte, irrt. In gut gemanagten Infrastrukturen liegt die Auslastung heute maximal um die 60 Prozent, im Durchschnitt sind es nach Daten des IT-Consulting-Unternehmens Compass 45 Prozent. Praktiker berichten aber durchaus, dass mancherorts auch 30 Prozent schon als sehr akzeptabler Wert gelten.

Quelle: <https://www.datacenter-insider.de/was-ist-serverauslastung-a-999223/>

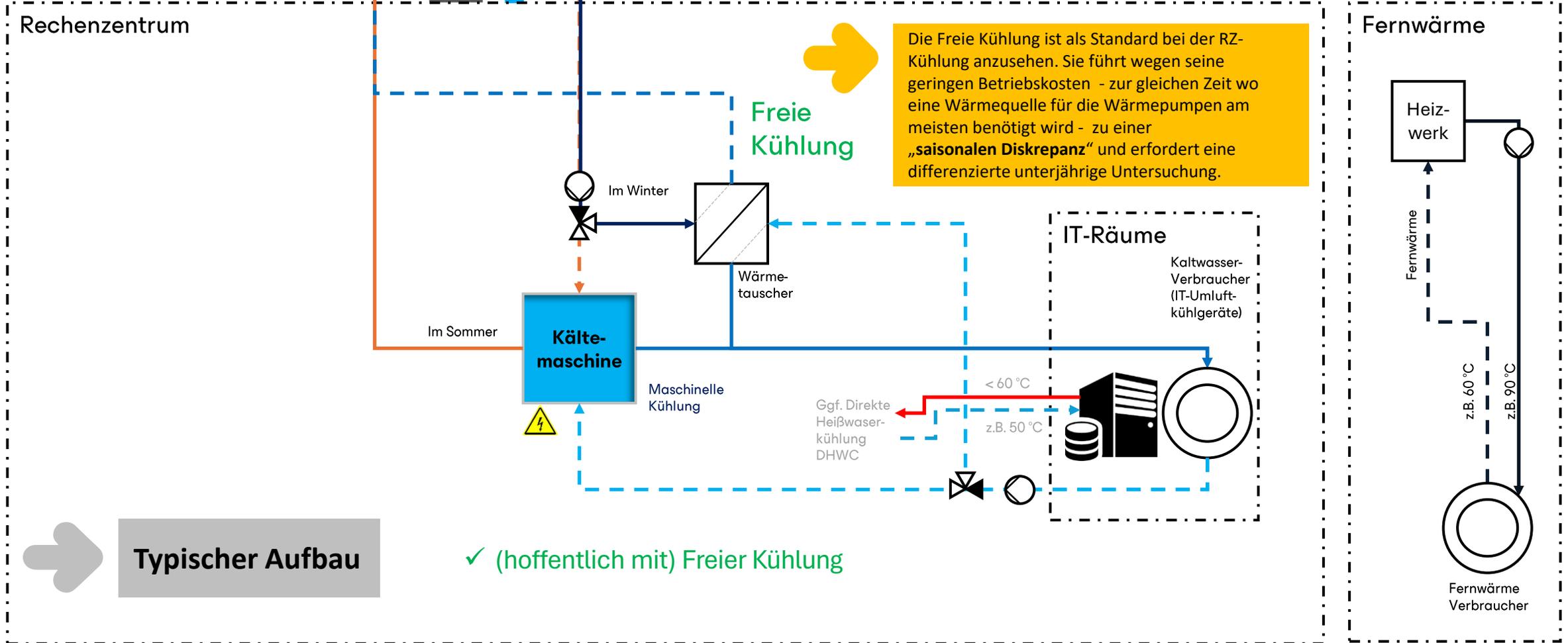
**Jahreskühlenergiebedarf
bzw. mögl. IT-Abwärme**

$$= \sum(\text{Jahr}) \text{ITEU} * E(\text{IT})$$

(ggf. zusätzlich weiterer Nebenraum-Umluftkühlung)

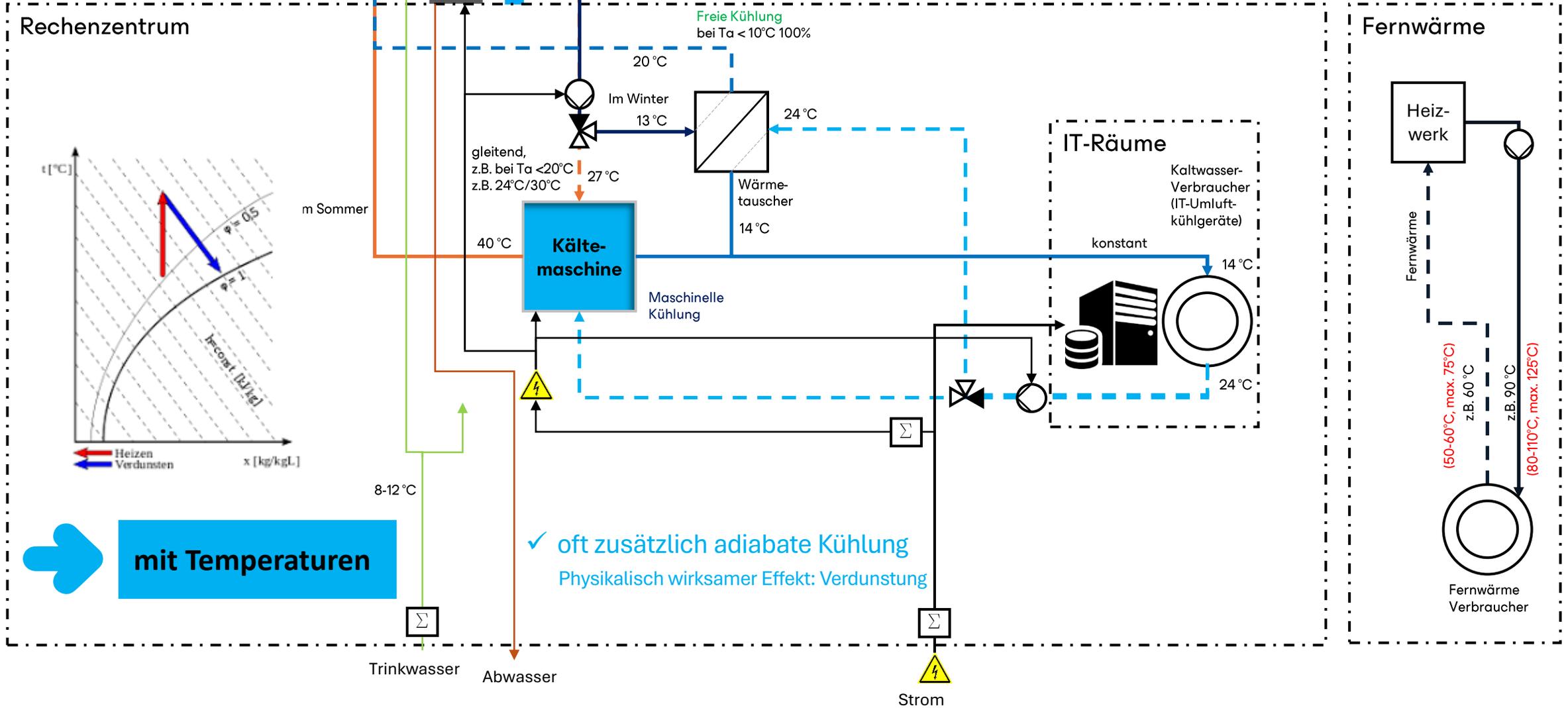
Funktionsbild

Kühlung Rechenzentrum klassische Luftkühlung mit Freier Kühlung



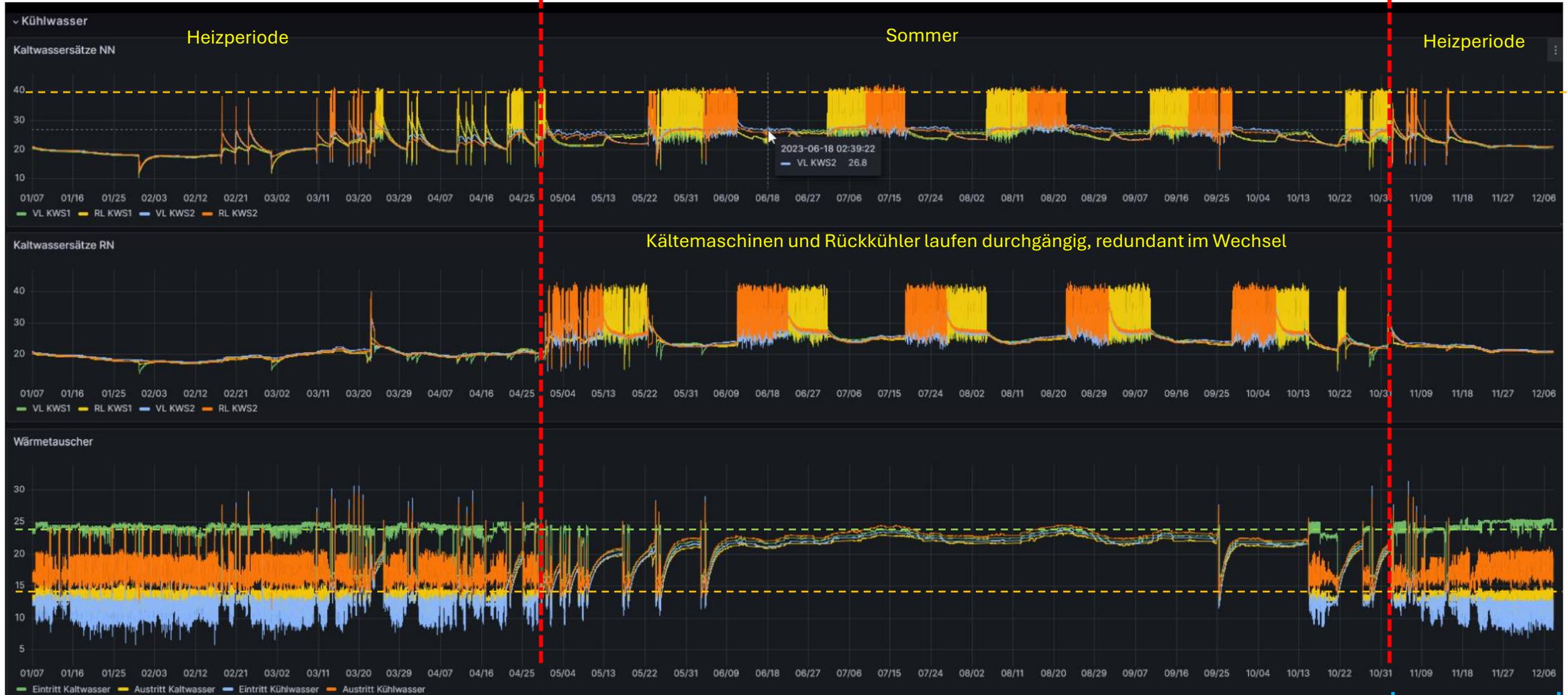
Funktionsbild

Kühlung Rechenzentrum klassische Luftkühlung mit **adiabater Kühlung**



Typischer Temp.-Jahresgang im RZ

Sommer: Mai-Okt 6 Monate Maschinelle Kühlung (Wärmequellen-Potential ca. 40°C Kühlwasser)
 >>keine Hochzeit für Wärmebedarf bei der Wärmesenke (z.B. FW-Netz)



Winter: Nov-Apr 6 Monate Freie Kühlung (Wärmequellen-Potential ca. 24°C Kaltwasser)
 >>Hochzeit Wärmebedarf bei der Wärmesenke



Ca. 30-50% im Jahr laufen die Kältemaschinen
Im Winter Nutzung des Rückkühlkreislaufes für Freie Kühlung

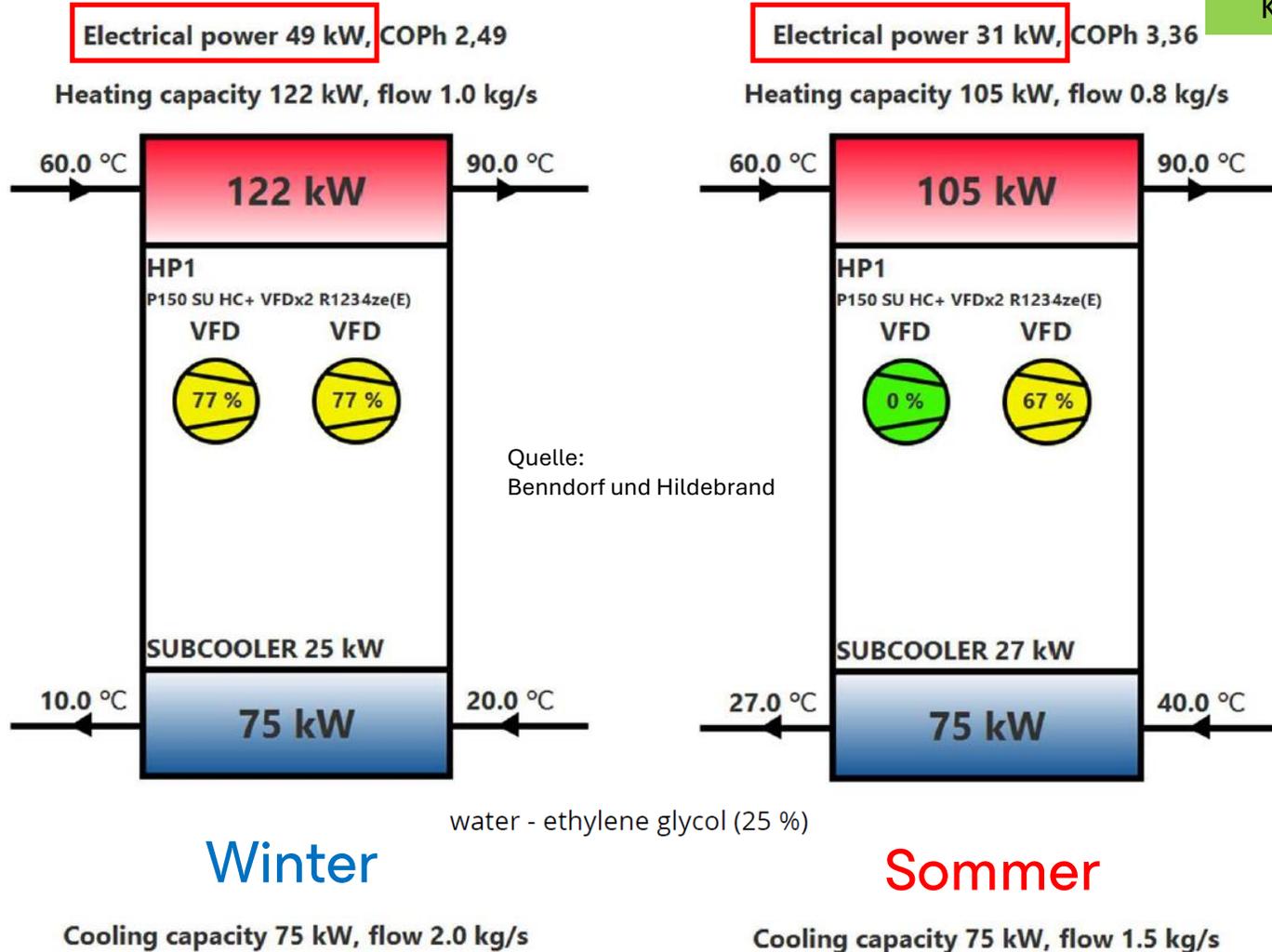
- Ungünstig bzw. **gegenläufig** für Wärmepumpe

Gegenläufigkeit zum Strom im RZ



Gegenläufigkeit gut:

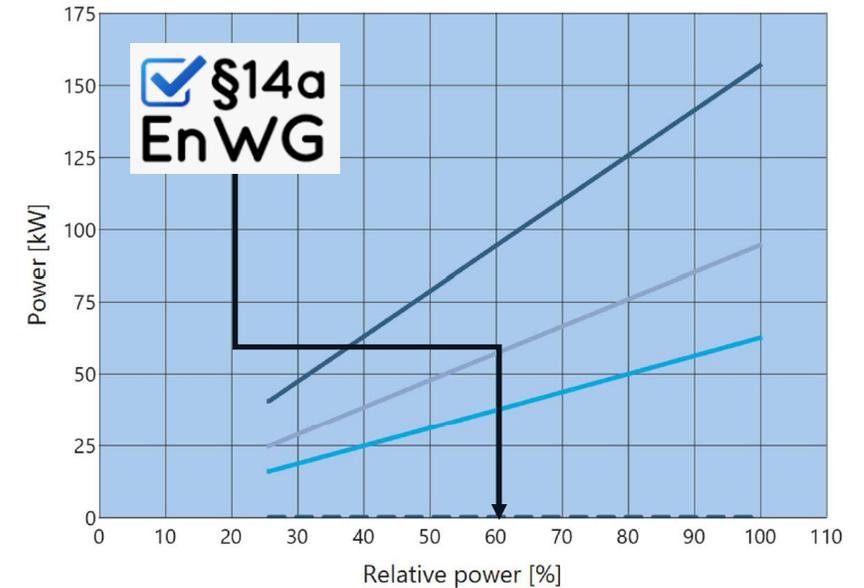
- Da, wo Wärme benötigt wird, gibt es Reserven im Strom für den Betrieb der Wärmepumpen, da die RZ im Winter den Strom nicht für den Betrieb der Kältemaschinen benötigen.



Wasser-Wasser-Wärmepumpe mit Kolbenverdichter. Ausgelegt für den Betrieb mit den Kältemitteln R134a, R450a, R513a, R1234ze oder R1233zd.

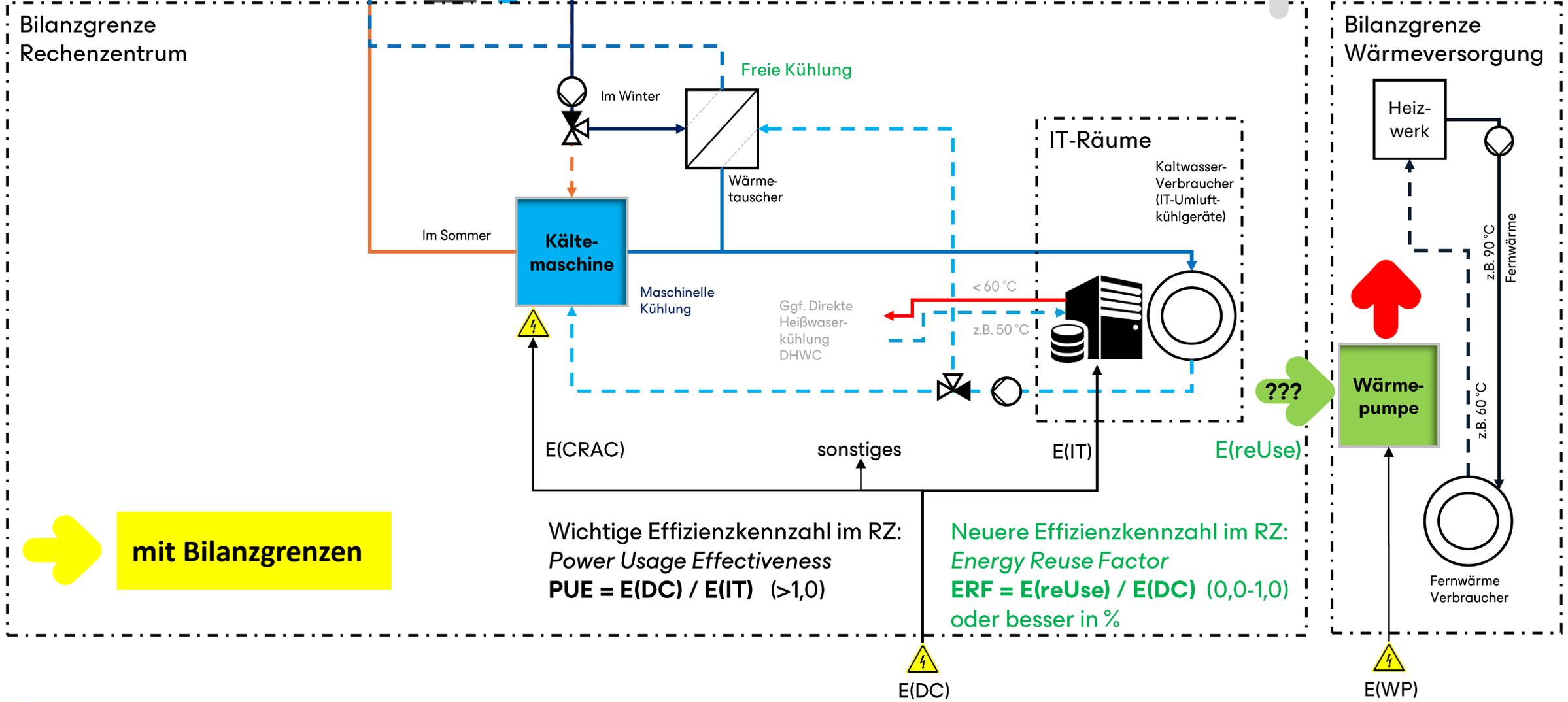
Fabrikat: OILON
 Typ: P150 SU VFDx1

Part load performance P150 SU HC+ VFDx2 R1234ze(E)



Funktionsbild Bilanzierung

Kühlung Rechenzentrum klassische Luftkühlung mit Freier Kühlung



Bilanzierung im Wärmenetz



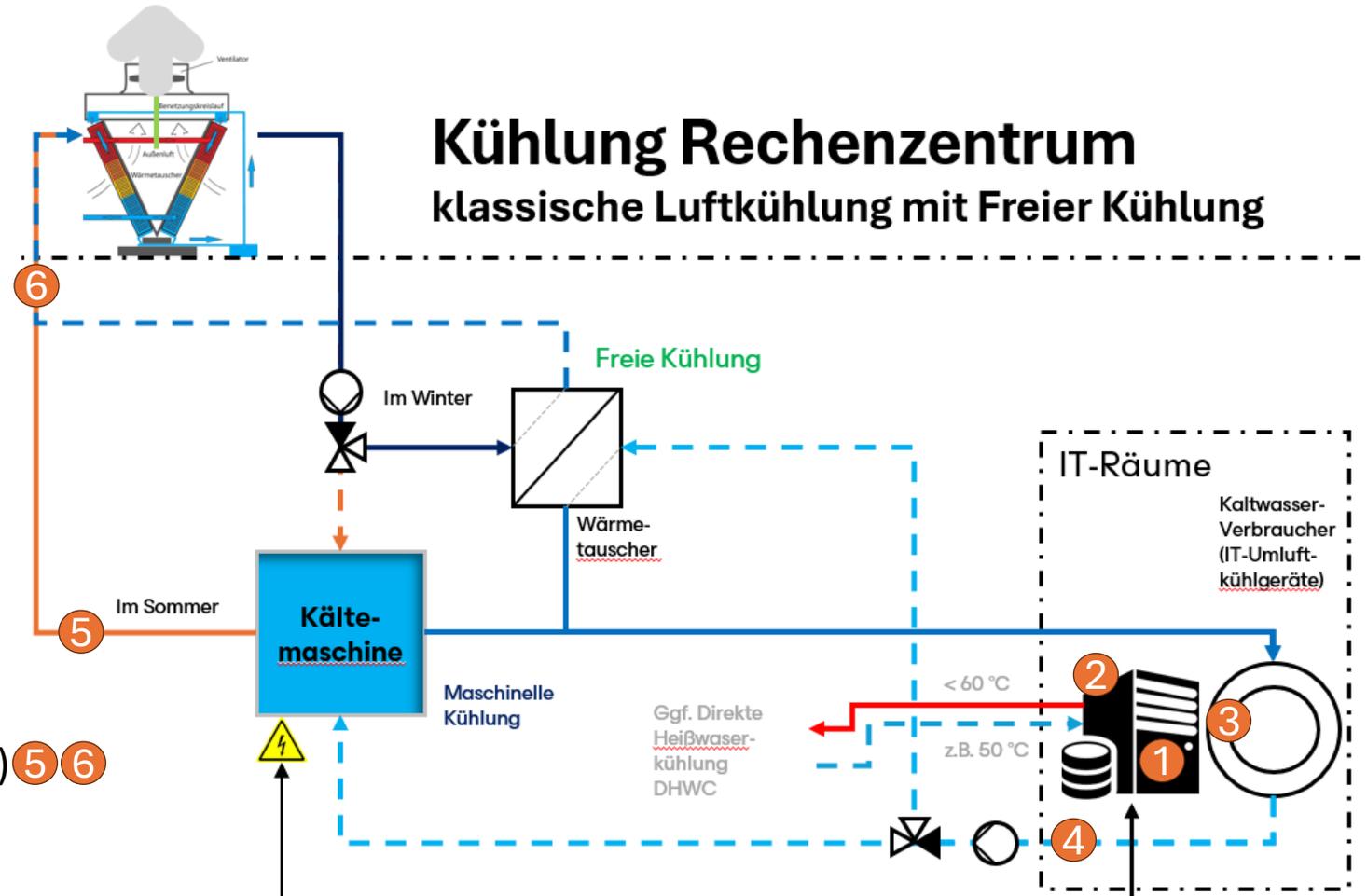
- Der **Primärenergiefaktor** PEF der Rechenzentrums-**Abwärme = 0** (Umweltwärmequelle)
 - da für den Prozess RZ unvermeidbarer Ressourceneinsatz
 - Keinesfalls doppelt/anteilig bilanzieren
 - Falls erforderlich: Bescheinigung über TÜV oder Uni's
- Lediglich PEF **Wärmepumpenstrom** geht in Rechnung
- Entspricht dem Bilanzgrenzen-Modell von DIN EN 50600-4-6 -> **Wärmepumpen können auch im/auf RZ stehen**
- Auf korrekte Bilanzierung achten (Berichtspflichten nach DIN EN 16247 oder ISO 50001 oder ESG)
- Energetisch steckt der Wärmepumpenstrom in Form eines Temperatur-/Exergie-Gewinns im Wärmenetz
- separate Stromzählung Wärmepumpe erforderlich
- Eine **Vergütung der Abwärme > 0 €/MWh** empfiehlt sich unbedingt aus steuerlichen Gesichtspunkten
 - > genauere und weitere Informationen finden Sie in unserem **Juristischen Leitfaden**, der ebenfalls auf bytes2heat.de verfügbar ist
- Bei Fernwärme-Konstrukten sollte die Erwartungshaltung an eine Abwärme-Vergütung gering sein,
 - da sich die Wärmebereitstellung beim RZ durch die Einsparung an den Kältemaschinen sehr schnell amortisiert,
 - beim FW-Netzbetreiber hingegen sich bei hohen Netztemperaturen längere Amortisationen bei wesentlich höheren Investitionen ergeben



Wo ist der ideale Abgriff der Abwärme ?

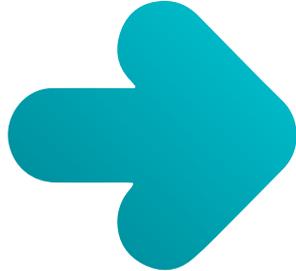
➤ So nah an der Quelle wie möglich?

- Direkte Heißwasserkühlung DHWC ①
- Rackkühltüren als Wärmetauscher ②
- mit zusätzlichem Luft/Wasser-Wärmetauscher über den Präzessions-Klimaschränken? ③
- Kaltwasserkreis vs. Rückkühlkreis ④
- Strom der Kältemaschine ⑤
- Sommer/Winter Betrachtung
- Beachtung der Freien Kühlung ⑥
- Wasser-Glykolegemisch (Frostschutz) ⑤ ⑥
- Hybride Optimierung der JAZ mittels 2 Einbindungen ?



Betrachtung der verschiedenen Einbindemöglichkeiten erforderlich

Pro / Contra Variante 1



AW-Nutzung aus **Direkter Heißwasser-Kühlung (DHWC)**

• Vorteile

- ✓ Hohes Temperaturniveau 40-60°C, u.U. direkt zum Heizen verwendbar ohne Temperaturhub
- ✓ Wärme bereits direkt am Entstehungsort in Wasser für Wärmetransport gebunden

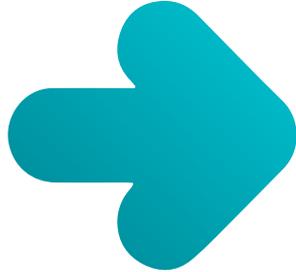
• Nachteile

- Risiken durch Wasser nahe an IT (beherrschbar, aber Fachkenntnis erforderlich)
- Aktuell nur für eingeschränkte Bereiche möglich, wie Gaming, KI, Simulationen, Universitäten, ggf. Krypto-Mining
- Nur sinnvoll für GPU (Grafikkarten) und CPU (Prozessoren), nicht für Festplatten, und weniger für Netzwerktechnik
- Daher hybride Technik anzutreffen mit Wasser- & Luftkühlung und Separierung der IT-Racks (z.B. GPU-Racks, Storage-Racks)
- Nicht so einfach im CoLocation-Umfeld möglich und verbreitet (CoLo ca. 80% in Deutschland, insbesondere Raum Frankfurt)

Der Einsatz von DHWC ist durch die IT-Verwendung bestimmt und nur vom RZ-Betreiber vorgebar

- es sind zwingend Hersteller dieser DHWC-Technik in die Planung einzubeziehen, da sehr komplex und sicherheitstechnisch sowie hydraulisch einiges beachtet werden muss

Pro / Contra Variante 2



Quelle: climaveneta

AW-Nutzung aus **Rackkühl Türen**

• Vorteile

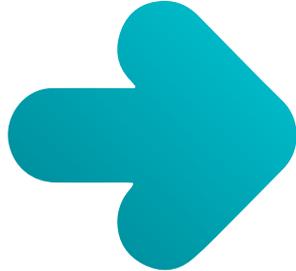
- ✓ Nahe an IT-Wärmequelle, wenig Verluste, etablierte Technik
- ✓ Gibt es bis 35 kW je Rack-Tür (üblicherweise Rücktüren)
- ✓ Temperaturniveau z.B. 16/22°C
- ✓ **Zusätzlich nachrüstbar im Bestand** ohne Eingriff in Kühlanlage und **im laufenden Betrieb**
- ✓ Spart energieintensive Umluftkühlung
- ✓ Ggf. mit Stützventilatorwand oder ggf. als Side-Cooler

• Nachteile

- Evtl. erhöhte Risiken durch Wasser nahe an IT (Risikobetrachtung erforderlich, ggf. Absprache mit Zertifizierer, beherrschbar und etabliert)
- Aufwendige, dezentrale Sammlung des Kühlwassers für die Wärmepumpe

Pro / Contra Variante 3

AW-Nutzung mit zusätzlichen **Luft/Wasser Wärmetauschern** z.B. über den Präzisions-Klimaschränken oder vor den RZ-Durchbrüchen

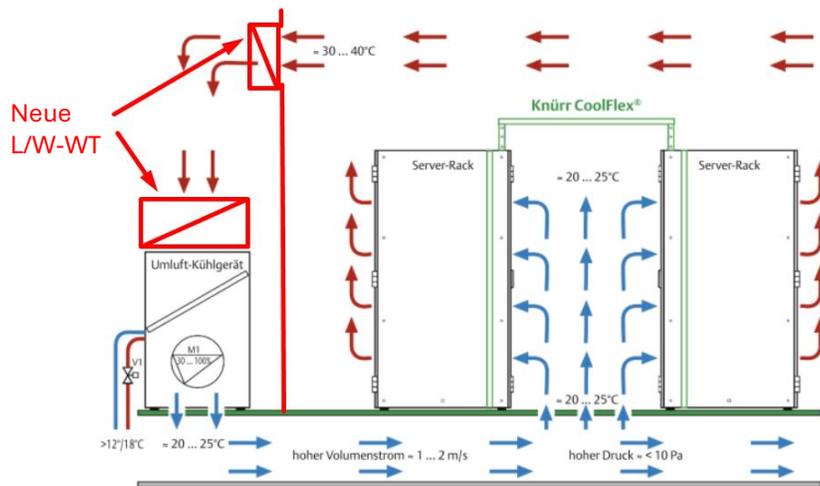


• Vorteile

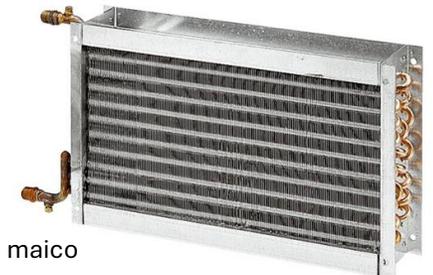
- ✓ Nachrüstung im Bestand möglich im laufenden IT-Betrieb
- ✓ ohne Eingriff in bestehende Anlagen
- ✓ Nachrüstung außerhalb der Nähe der IT-Technik

• Nachteile

- Große Wärmetauscher (mit viel teurem Kupfer) benötigt
- Beeinflusst Luftmenge für nachfolgende Umluft-Präzisionsklimaschränke (Prüfung erforderlich)
- Ggf. Stützventilatoren erforderlich
- Taupunkt darf keinesfalls unterschritten werden
- Viele Wärmetauscher erforderlich



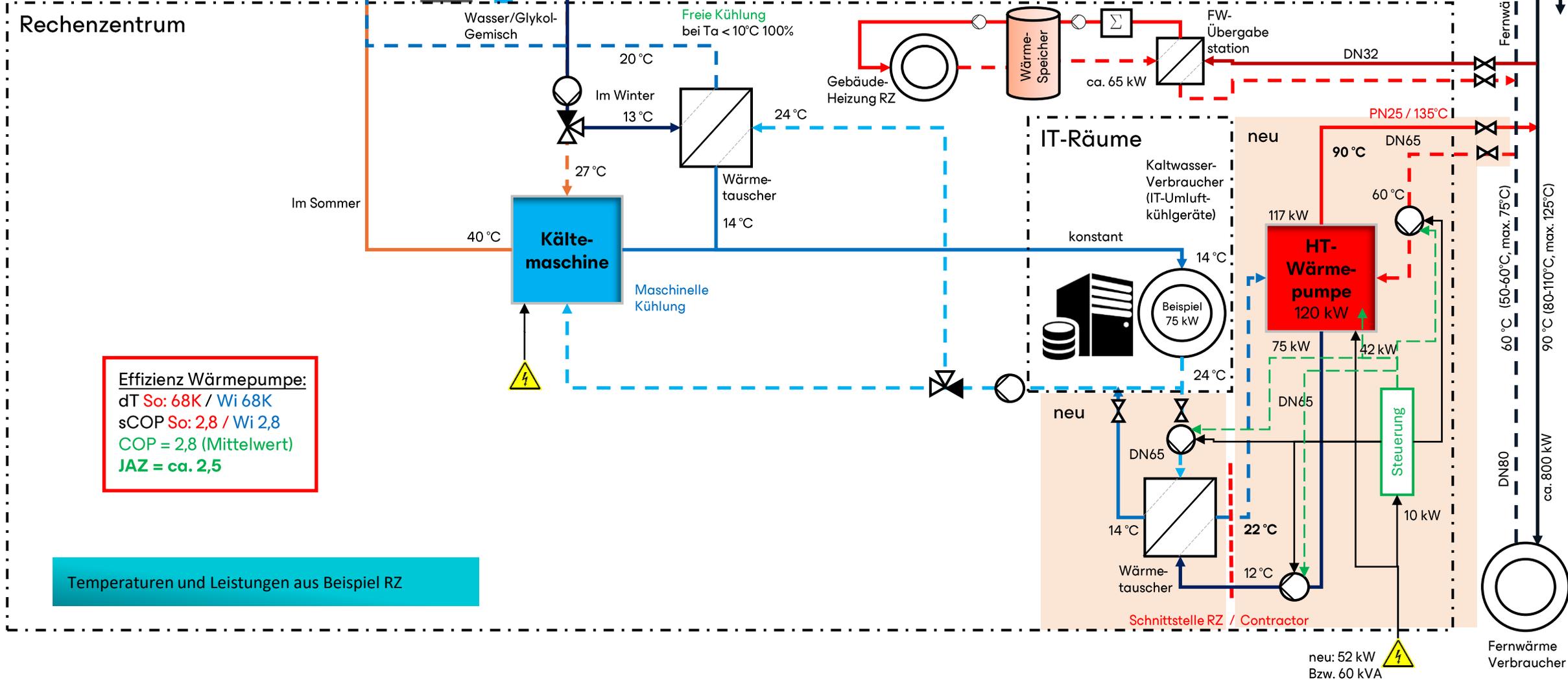
Quelle: Knürr



Quelle: maico

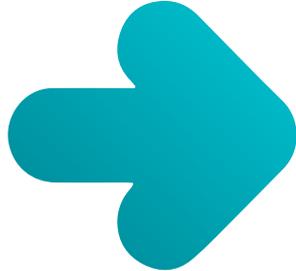
Funktionsbild SOLL-Zustand

Variante 4: AW-Nutzung aus Kaltkreis



Pro / Contra Variante 4

AW-Nutzung aus **Kaltkreis**



- Vorteile

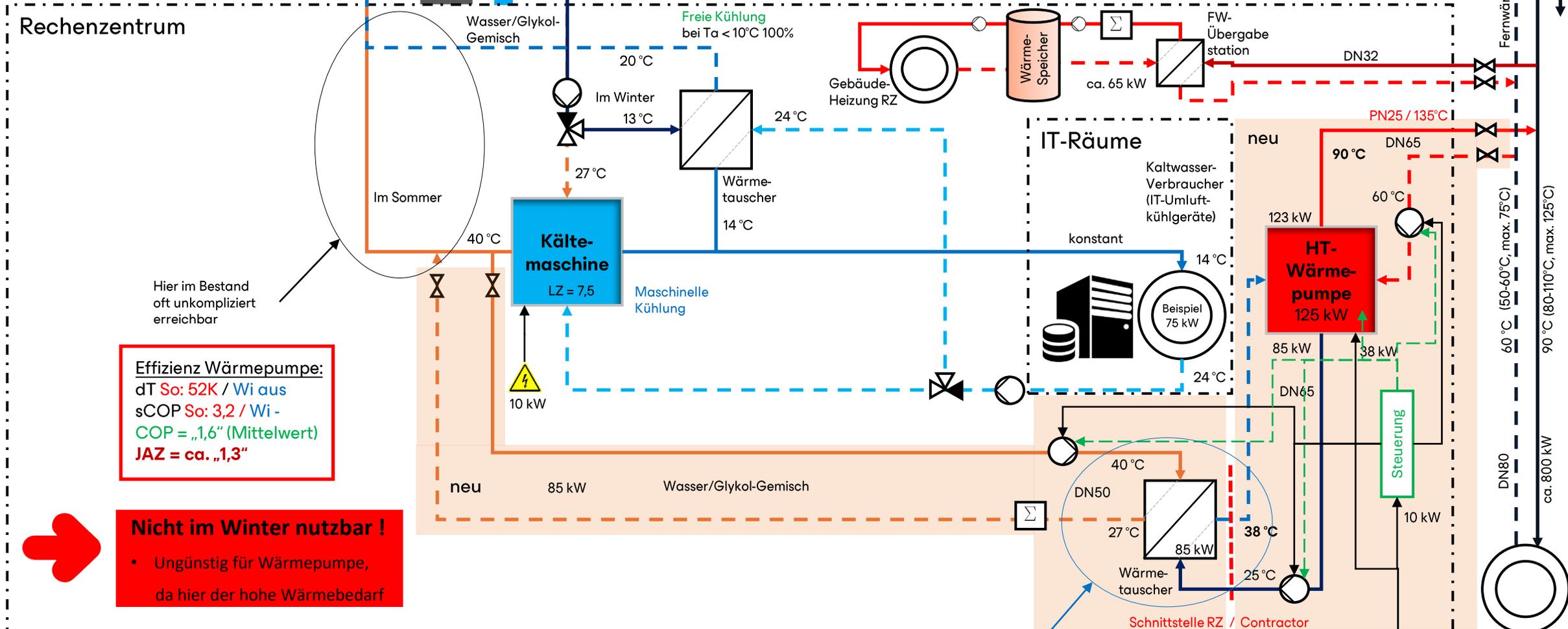
- ✓ Ganzjährig betreibbar
- ✓ Kein Eingriff in die bestehende Regeltechnik = regelt sich selbst (nachgeschaltene Kühler schalten nicht auf ihre Grenztemperatur ein)
- ✓ Kein Glykol-Gemisch, kleinere WT, Leitungen und Pumpe
- ✓ Einsparung Stromkosten an Hybrid-Kühltürmen im Winter

- Nachteile

- Geringe Quelltemperatur für Wärmepumpe
- Energie aus Strom für die Kältemaschine wird nicht rückgewonnen
- JAZ ca. 2,5 gering

Funktionsbild SOLL-Zustand

Variante 5: AW-Nutzung aus **Kühlkreis** hinter KM



Effizienz Wärmepumpe:
 $dT_{So}: 52\text{K} / W_i \text{ aus}$
 $sCOP_{So}: 3,2 / W_i -$
 $COP = „1,6“$ (Mittelwert)
 $JAZ = \text{ca. „1,3“}$

Nicht im Winter nutzbar !

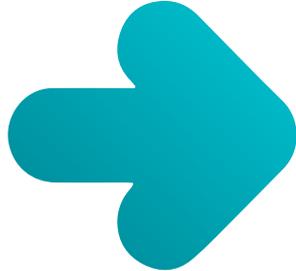
- Ungünstig für Wärmepumpe, da hier der hohe Wärmebedarf

Zu klären, ob der Wärmetauscher zugunsten Temperaturgewinn (Grädigkeit WT) wegoptimiert werden kann, da in Wärmepumpe ebenfalls vorhanden vs. saubere Schnittstellen

neu: 48 kW
 Bzw. 55 kVA

Pro / Contra Variante 5

AW-Nutzung aus **Kühlkreis** hinter KM



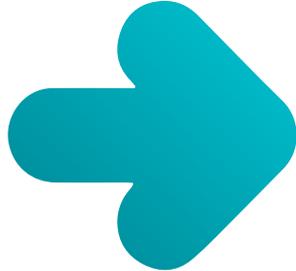
- Vorteile

- ✓ Höhere und gute Quelltemperatur für Wärmepumpe
- ✓ Energie aus Strom für die Kältemaschine wird rückgewonnen
- ✓ Kein Eingriff in die bestehende Regeltechnik = regelt sich selbst (nachgeschalteter Rückkühler schalten nicht auf seine Grenztemperatur ein)
- ✓ Geringer Strombedarf, hohe Effizienz

- Nachteile

- Glykol-Gemisch, größerer WT, Leitungen und Pumpe
- **Im Winter zur Heizzeit November-April nicht nutzbar, da über Rückkühlkeis Freie Kühlung gefahren wird**

Pro / Contra Variante 4+5



AW-Nutzung Hybrid

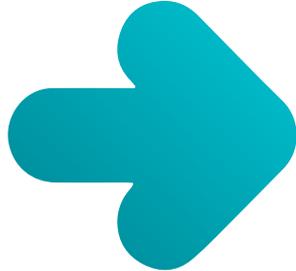
- Vorteile

- ✓ Auflösung der Nachteile aus Varianten 4 und 5
- ✓ Laufzeit der Abwärmenutzung über volle 8760 Stunden pro Jahr möglich
- ✓ Jahreszeitlich maximal mögliche Abwärmemetemperatur
- ✓ Energie aus Strom für die Kältemaschine wird rückgewonnen (Sommer)
- ✓ Einsparung Betriebskosten an Hybrid-Kühltürmen auch im Winter

- Nachteile

- zusätzl. Wärmetauscher und mehr Rohrleitungen erforderlich

Pro / Contra Variante 6



AW-Nutzung aus **Kühlkreis** mit Freier Kühlung



Vorzugsvariante

- technisch einfach umsetzbar
- Bei hoher Effizienz

• Vorteile

- ✓ Höhere und gute Quelltemperatur für Wärmepumpe
- ✓ Energie aus Strom für die Kältemaschine wird rückgewonnen
- ✓ Kein Eingriff in die bestehende Regeltechnik = regelt sich selbst (nachgeschalteter Rückkühler schalten nicht auf seine Grenztemperatur ein)
- ✓ Gute Jahresarbeitszahl
- ✓ **Gleicht Nachteil der Variante 5 aus**
- ✓ **Technisch weniger aufwändig als Hybrid-Variante 4+5 bei gleichem Effizienzergebnis**
- ✓ **Abgriff auf dem (Weg zum) Dach auch im Bestand oft einfacher**

• Nachteile

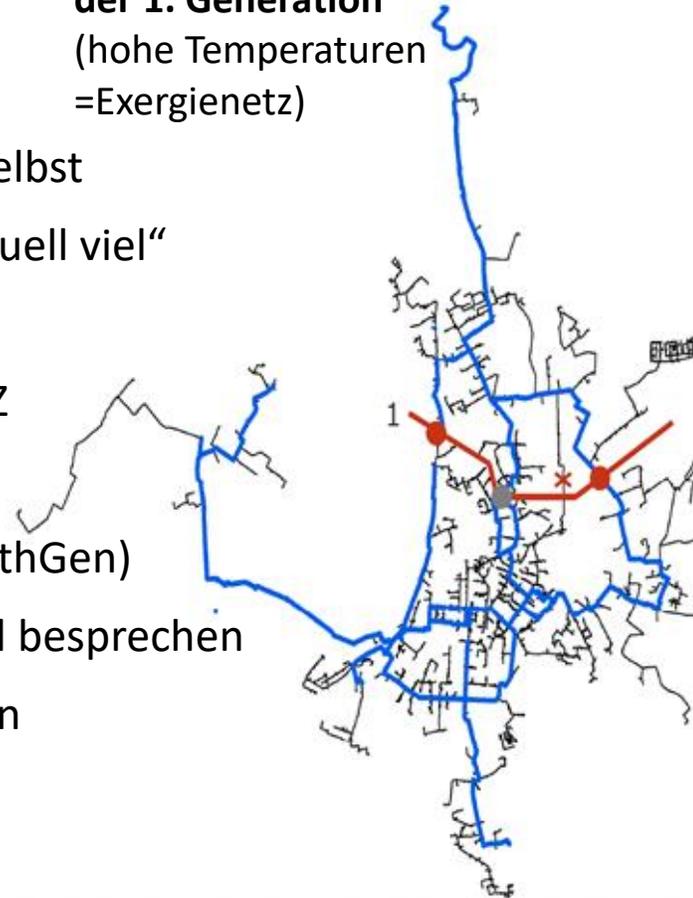
- Glykol-Gemisch, größerer WT, Leitungen und Pumpe

Wie ist die ideale Nutzung der Abwärme ?

➤ *immer in die Fernwärme ?*

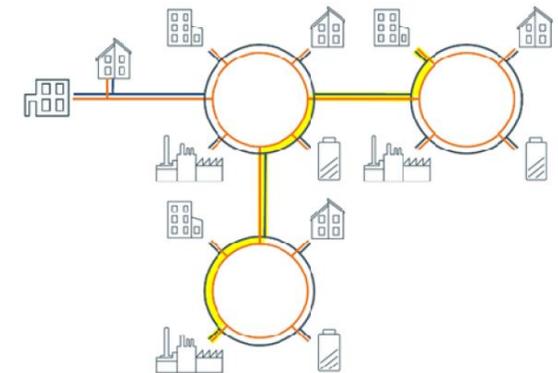
- so wenig wie möglich Stakeholder
- Contractor empfohlen für RZ
 - Bei Fernwärme oft Energieversorger selbst
- Transformationsplanung: „es tut sich aktuell viel“
 - Neubau
 - Deckung des Eigenwärmebedarfs RZ
 - Stadt: Fernwärme
 - Land: Nahwärmenetze (bevorzugt 5thGen)
- Aufstellplatz Wärmepumpen suchen und besprechen
- Strombedarf Wärmepumpen zeitig klären
- Ort der Einbindung in die Fernwärme

➤ **Typischer Aufbau Fernwärmenetz der 1. Generation** (hohe Temperaturen =Exergienetz)



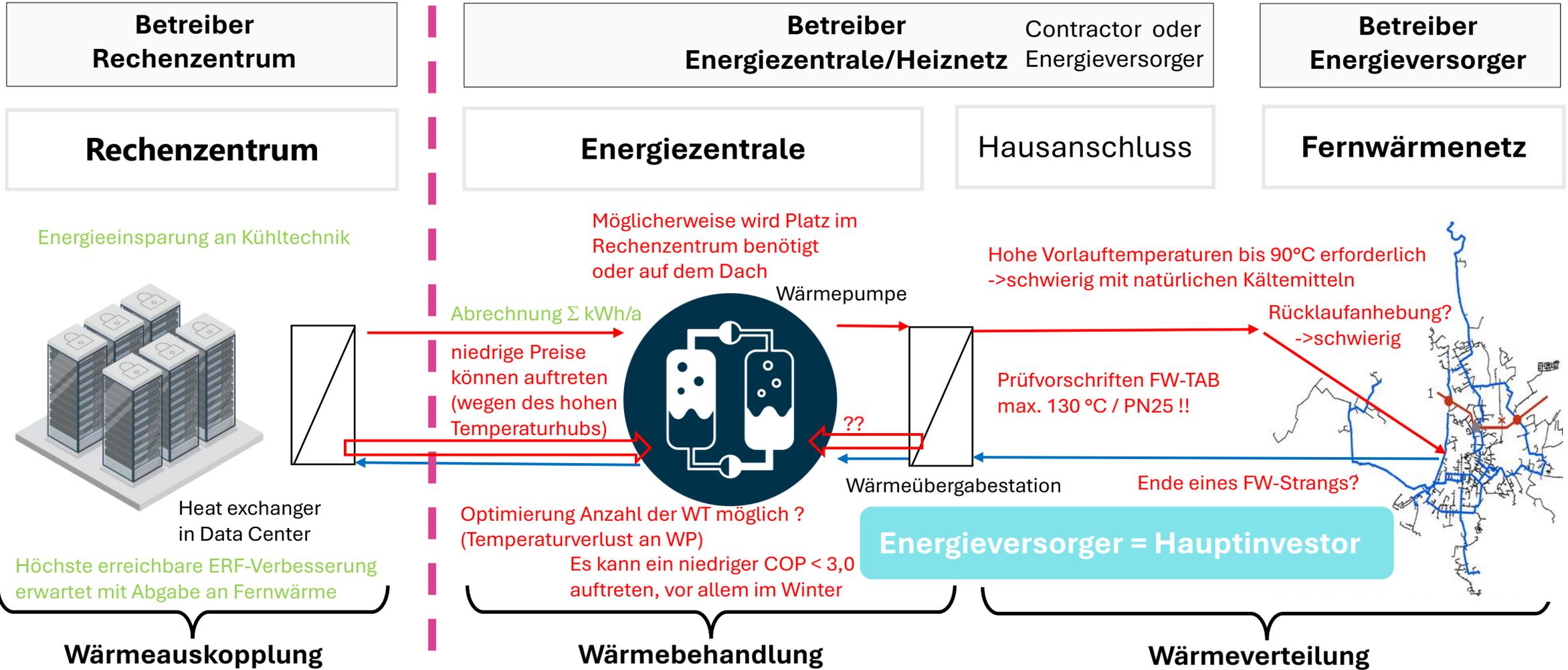
➤ **Nahwärmenetze der 5. Generation** (vermascht, bidirektional nutzbar, kalt, dezentraler individueller Temperaturhub, =Anergienetz)

Neue Typologie, erweitert



Mehrere Niedertemperatur-Netze bi-direktional vermascht

RZ-Abwärme Rückgewinnung für Fernwärme Chancen und Herausforderungen



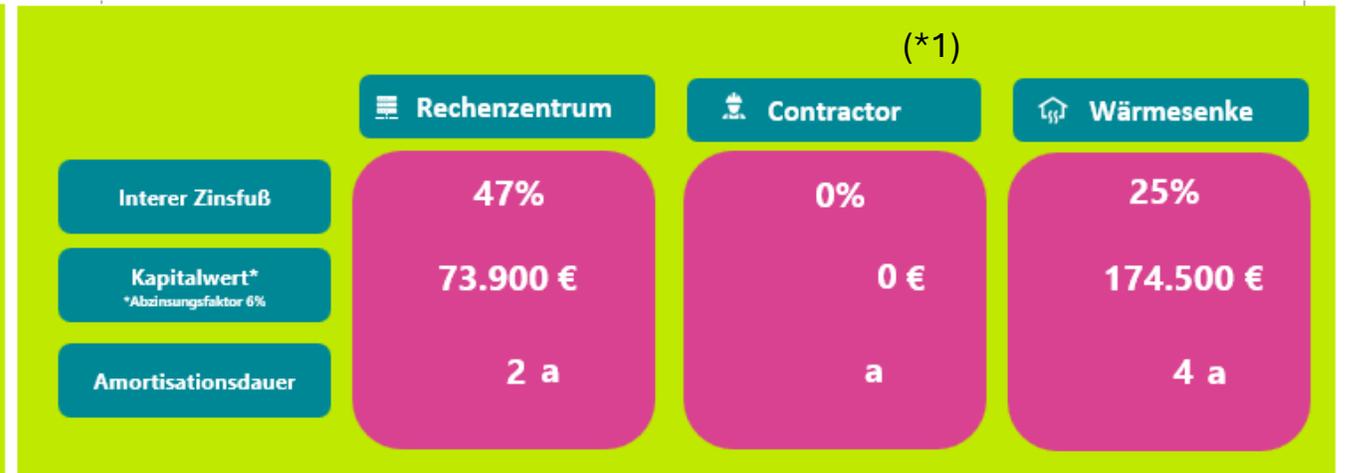


Wirtschaftlichkeit

Quick Check mittels Wirtschaftlichkeitstool

➤ Zum kostenlosen Download auf bytes2heat.de verfügbar

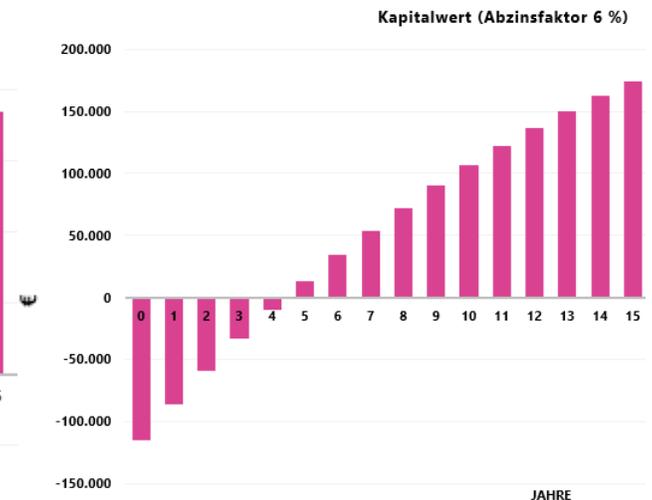
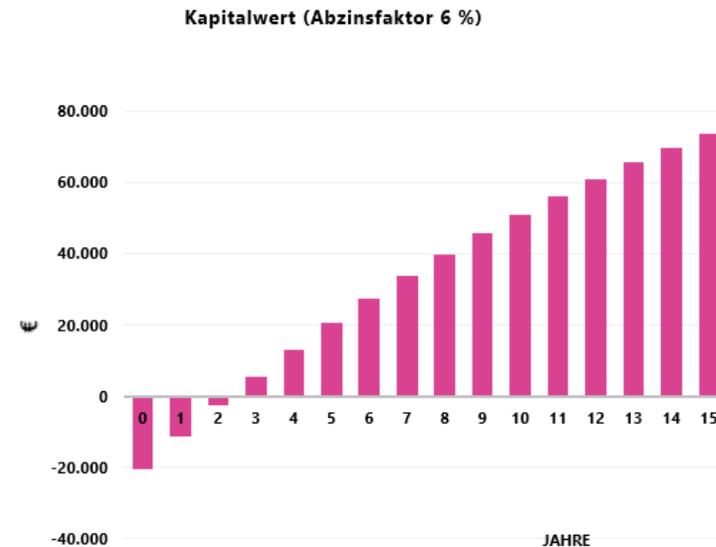
(*1)...In diesem realen Projekt ist die Wärmesenke ein Fernwärmenetz. Der Contractor entfällt hier, weil der Energieversorger die Investitionen, den Betrieb, Abrechnung und das Betreiberrisiko übernimmt.



- angenommene Vergütung zwischen den Partnern:
 - 0,1 Ct/kWh (=1,0 €/MWh)



Die Wirtschaftlichkeitsberechnung zeigt, dass die Abwärmenutzung für alle Parteien vorteilhaft sein kann.



Quelle: Bytes2Heat

Aufbau von Wärmenetzen

Netztypologien nach Sulzer (2016)*

Etablierte Typologie



Exergie-Netz

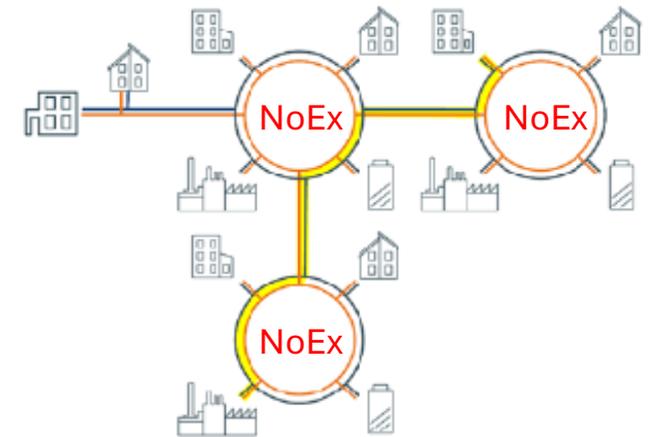
Hochtemperatur-Netze
uni-direktional

Neue Typologie



Niedertemperatur-Netze
bi-direktional

Neue Typologie, erweitert



Mehrere Niedertemperatur-Netze
*bi-direktional
vermascht*

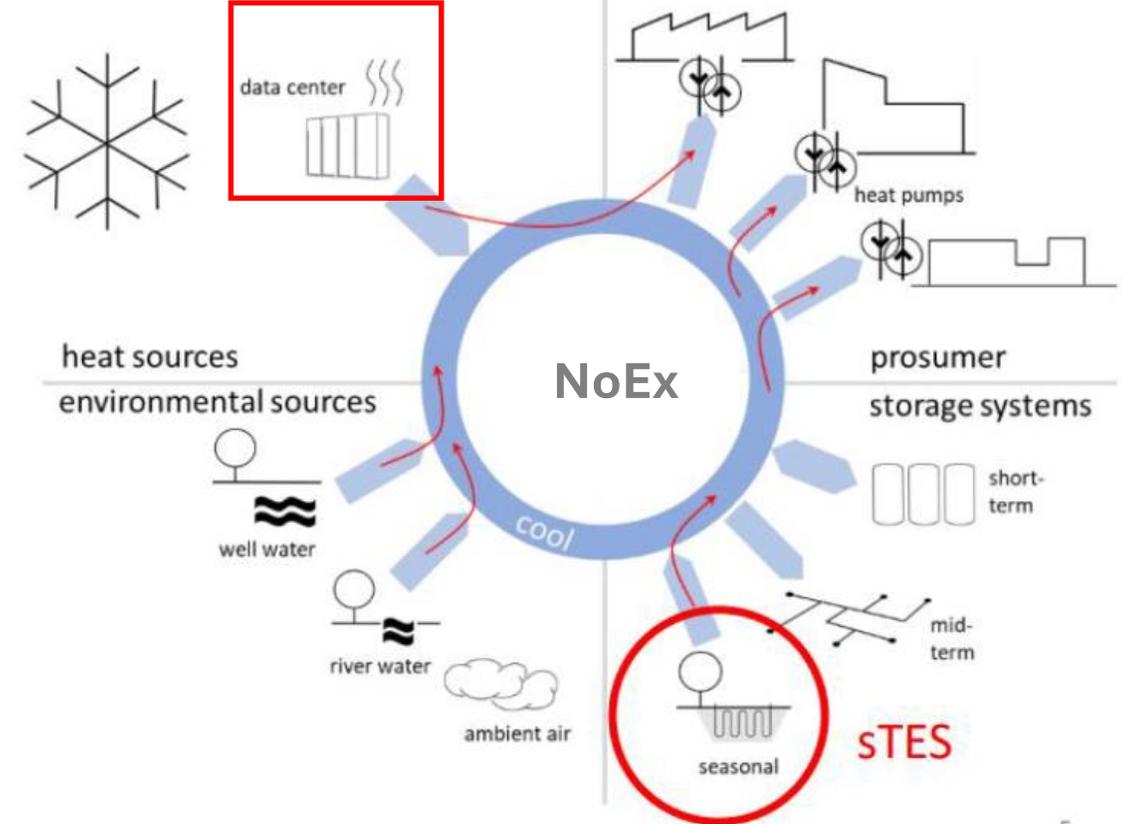
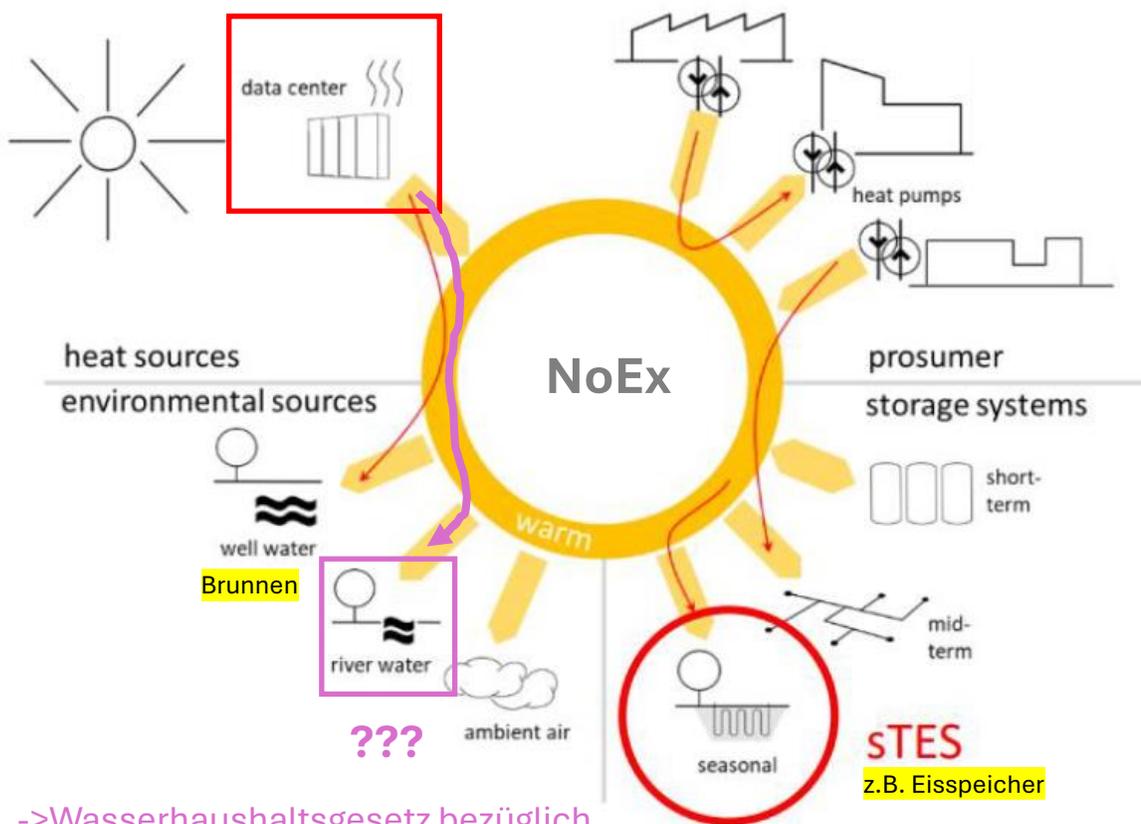
Quelle: Sulzer, M. (2016). Impulsvortrag "Thermische Netze: Grundlagen, Konzepte und Beispiele aus der Schweiz"

Eignung und Anstieg der Wirtschaftlichkeit der Nutzung von RZ-Abwärme

Kalte Nahwärmenetze

Summer operation: ->wichtig für eine signifikante Erhöhung des ERF
 warm NoEx-temperatures, discharge of cooling energy, conservation of heat energy.

Winter operation:
 cool NoEx-temperatures, discharge of heat energy, conservation of cooling energy.



->Wasserhaushaltsgesetz bezüglich Temperaturerhöhung beachten

Quelle: AUDI AG Grüne Energie aus Rechenzentren | incampus

Kalte Nahwärmenetze

Pro & Contra

- Vorteile



- ✓ Prinzipiell gut, da Niedertemperatur = **hohe AW-Abgaberate, auch bei luftgekühlten RZ**
- ✓ **Ganzjährig betreibbares Netz für Heizen/Kühlen**
- ✓ Jeder Anschluss kann thermische Energie abgeben / beziehen (Kühlen und Heizen)
- ✓ Ideal mit reversiblen, **dezentralen Wärmepumpen**
- ✓ Auslegung Wärmepumpen nach Bedarfstemperatur primär Gebäude
- ✓ Kaltes Nahwärmenetz ist **selbst großer Speicher**
- ✓ **Energiegewinne** durch Temperaturen im Erdreich, minimale Verteilverluste
- ✓ **Kostengünstiges ungedämmtes** Zweileiternetz, flexibel **erweiterbar**
- ✓ Ermöglicht **saisonale Speicherung** im Erdreich

- Nachteile



- Komplexe Auslegung und Regelung
- **u.U. eine RZ AW-Abgabe im Sommer bzw. über ca. 6 Monate über Ring nicht möglich**, da Ring mit höheren Temperaturen im Sommer betrieben wird

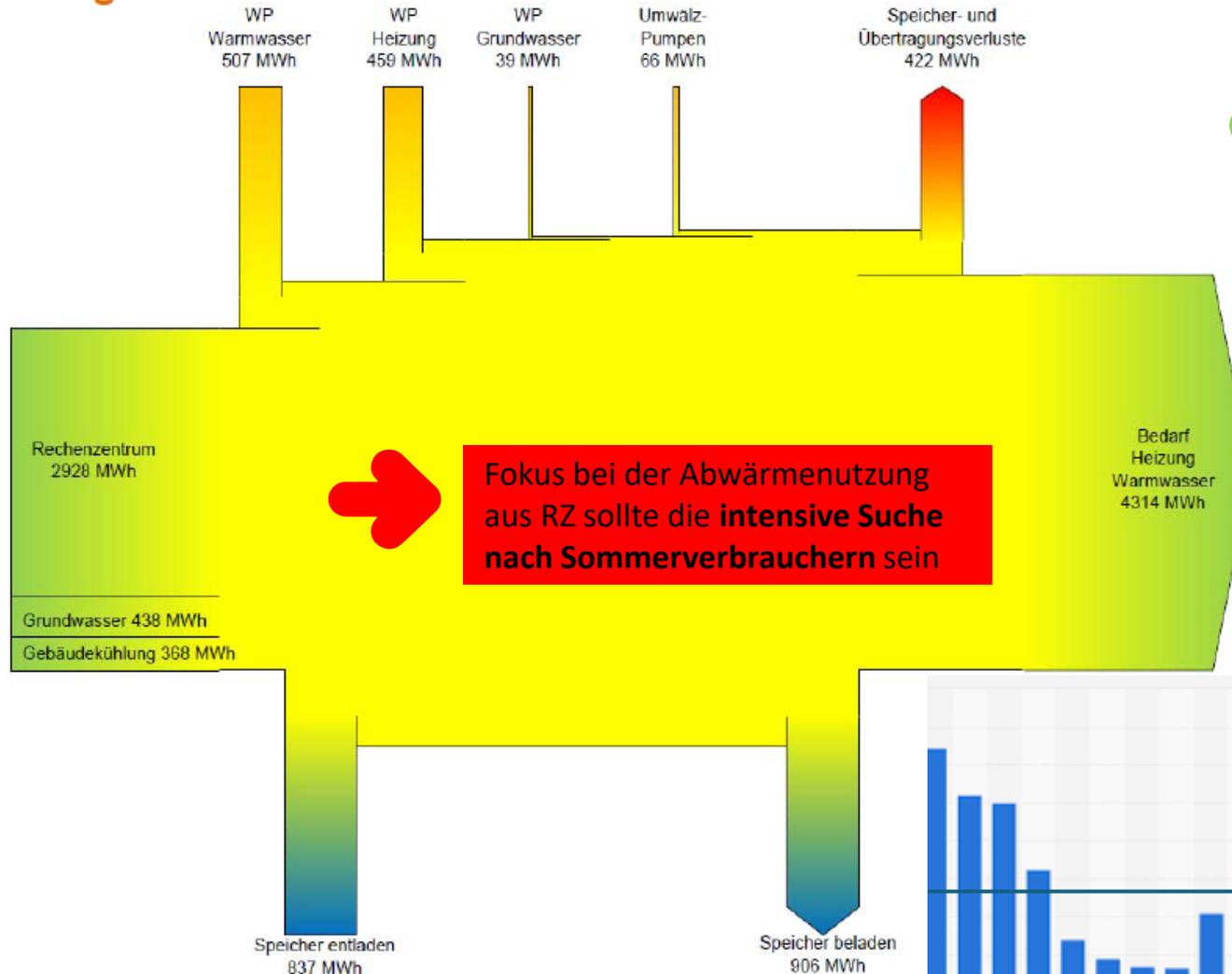


das ist schlecht und senkt den möglichen erreichbaren ERF signifikant

>>Suche nach Sommerverbrauchern

Wo machen Eisspeicher im Zusammenhang mit RZ-Abwärme Sinn?

Energieflussdiagramm



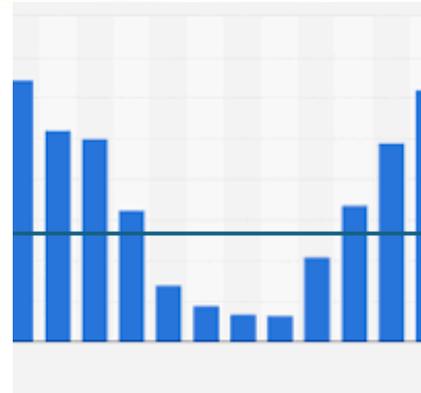
Fokus bei der Abwärmenutzung aus RZ sollte die **intensive Suche nach Sommerverbrauchern** sein



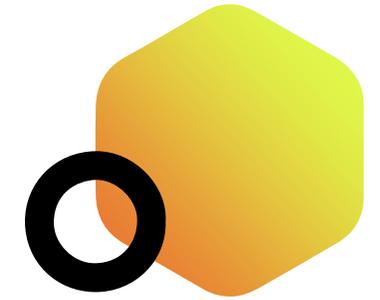
...wenn der Jahresenergiebedarf der **Wärmesenke größer** ist als die RZ-Abwärme, bestenfalls doppelt so hoch ist.

>> häufig ist es andersherum !

>> dann macht ein Eisspeicher keinen Sinn



Quelle: Uni Wien: Degent-Net



Lassen Sie uns die
**Abwärmennutzung aus
Rechenzentren gemeinsam
voranbringen.**

Quick-Check
Wirtschaftlichkeit

Förder- &
Politikübersicht



**Matching
Tool**

Matching
Tool

Best-Practice-
Übersicht

Wir sind Ihre kompetenten Ansprechpersonen!

- Die Nutzung von Abwärme aus Rechenzentren ist vielfach erprobt.
- „Bytes2Heat“ bringt die relevanten Akteure zusammen. Es werden individuelle Konzepte für jeden Standort entwickelt.
- Wenn Sie Interesse an unserem Lösungsbaustein für einen nachhaltigen Betrieb Ihres Rechenzentrums haben, freuen wir uns auf Ihre Rückmeldung!

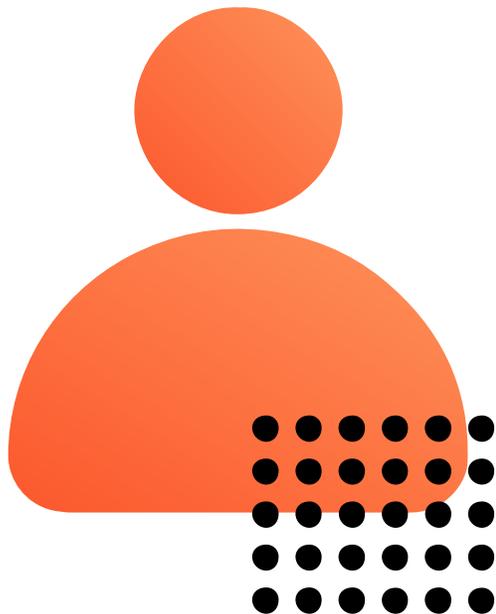
Informieren sie sich und nutzen sie unsere Tools für Ihr Projekt!

www.bytes2heat.de/

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



Andreas Strech
Head of Heating & Cooling

M [+49 170 7881188](tel:+491707881188)
E a.strech@empact.energy
www.empact.energy

Constantin Römer
Senior Projektmanager

M [+49 151 50870560](tel:+4915150870560)
E c.roemer@empact.energy
www.empact.energy

Janna Wortelker
Junior Projektmanagerin

M [+49 151 46392344](tel:+4915146392344)
E j.wortelker@empact.energy
www.empact.energy