

Effizienzsteigerung im Rechenzentrum durch optimierte Technologien

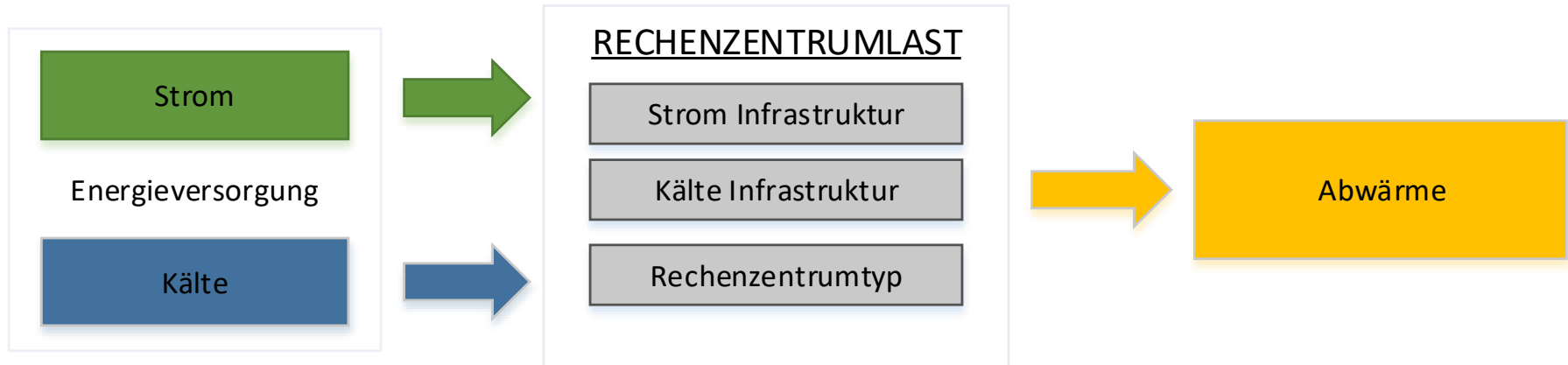
Prof. Dr. Wolfram Mollenkopf
HFT Stuttgart



Einleitung RZ Optimierung

Möglichkeiten der Effizienzsteigerung

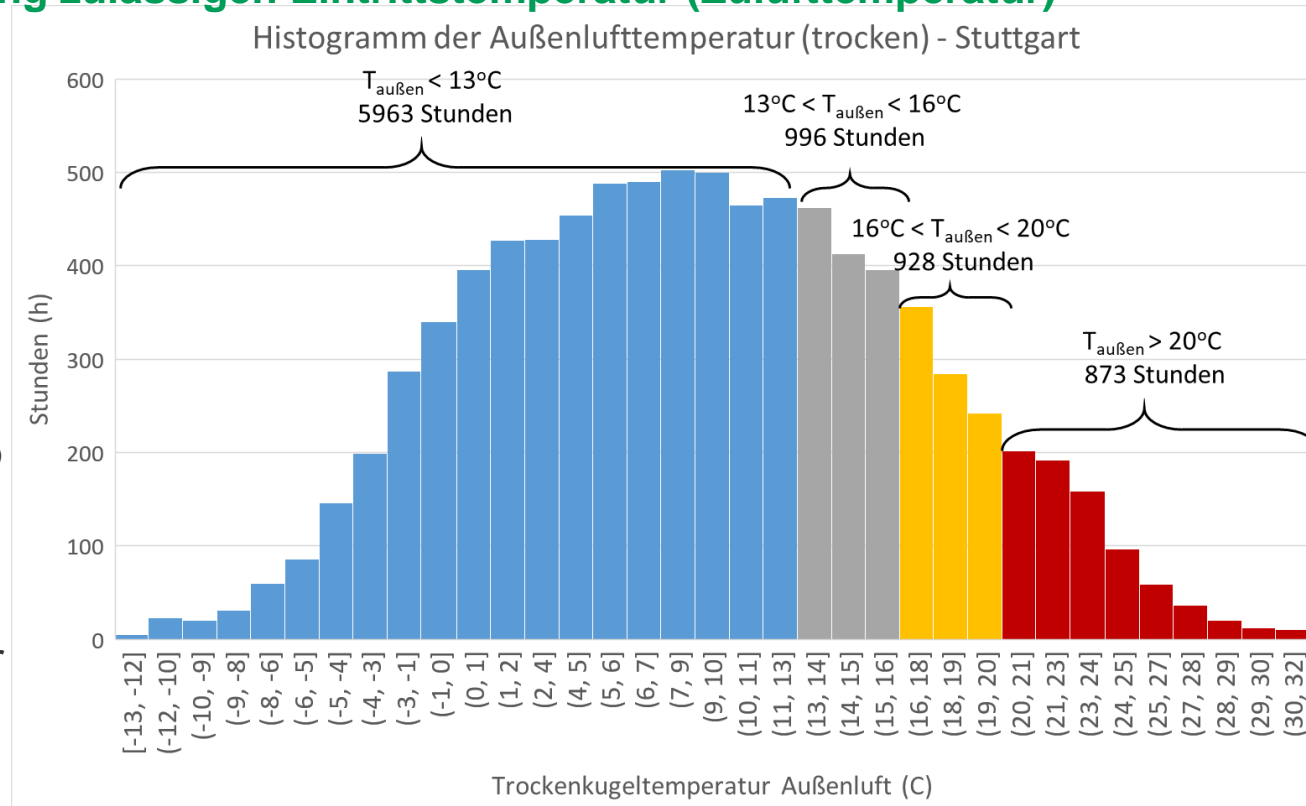
- Optimierung der RZ Infrastruktur (Wärme, Kälte, Netzersatzanlagen, Gebäude)
- Optimierung IT Hardware, Software und Kommunikationstechnik
- Integration von Rechenzentren in die Umgebung des Rechenzentrumsstandorts
- Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien



Freie Kühlung Außenlufttemperatur

Erhöhung der für die Kühlung zulässigen Eintrittstemperatur (Zulufttemperatur)

- Temperaturerhöhung von 20°C auf 25°C → PUE-Verbesserung von 1,5 auf 1,3
- Äquivalent zu 1924 h/a mehr freier Kühlungsbetrieb durch Temperaturerhöhung und Effiziente Hardware
- Energieeinsparung 15% der gesamte Stromverbrauch pro Jahr



Kälte und Lüftungs- Infrastruktur

Kompressionskältemaschine Verfahren

Kühlverfahren 1 (Innengerät mit Luftkondensator):

Nur für **sehr kleine Serverräume < 10 kW**

Kühlverfahren 2 (Außengerät) und 3 (Splitgerät):

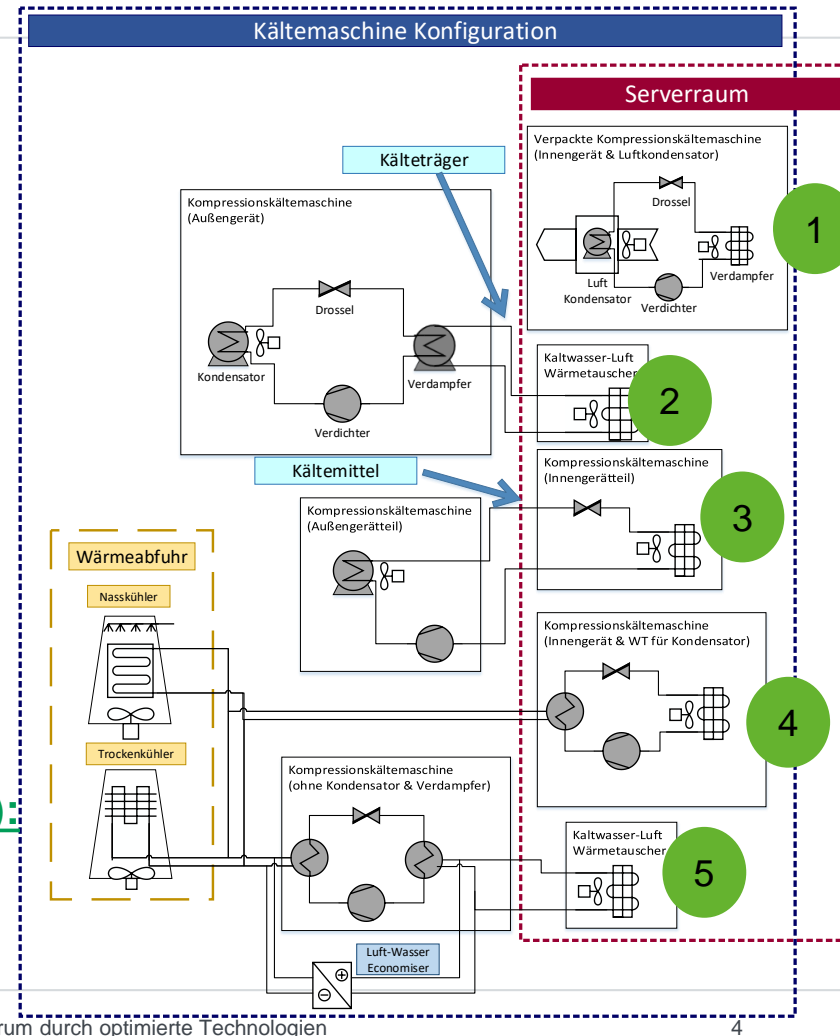
Für **kleine Serverräume < 25kW**

Kühlverfahren 4 (Innengerät als CRAC & Wasser Wärmeabfuhr):

Einfach, **meist eingesetzt** aber **COP niedrig**

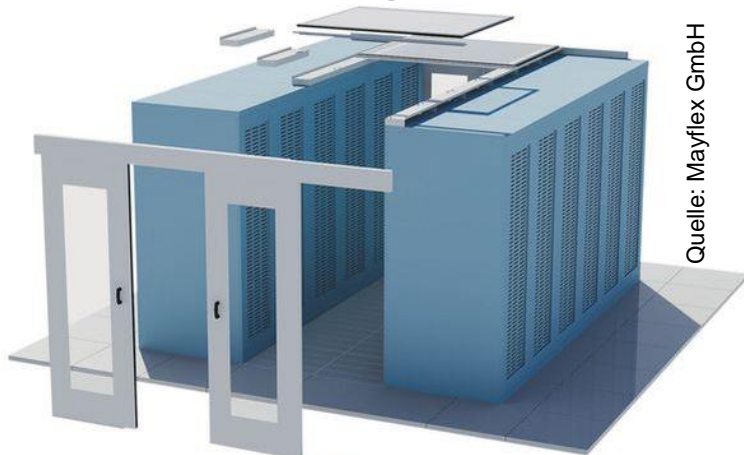
Kühlverfahren 5 (KKM in Kühlungsraum mit CRAH):

Höherer COP, aber gleiche Skaliermöglichkeiten wie 4



Einhausung: Warmgang/Kaltgang

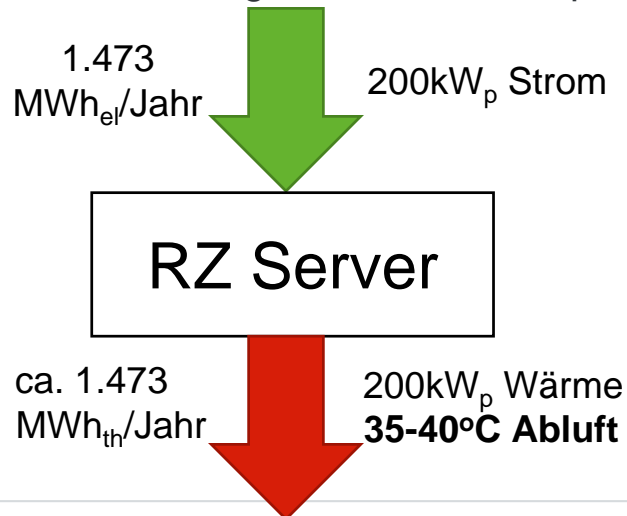
- Erhöhung der Zu- und Ablufttemperatur (jeweils ca. 2 – 5 K)
- **Vermeidung von Hotspots** und Verwirbelungen von gemischter Kalt- und Warmluft
- Verringerung der Lüftungsdruckverluste durch Verwendung von Doppelböden → ca. 10% Energieeinsparung (im Vergleich mit Raumkühlgerät)
- Verwendung eines vollständig geführten Kaltgangs und lokal geführten Warmgangs für RZs > **50 kW** und **Rackleistung > 6 kW** wirtschaftlich sinnvoll



Abwärmennutzung

Hauptproblem: Niederwertige Abwärme und geringes Eigennutzungspotential

- Möglichkeiten: Schwimmbad, Gewächshaus und Quartiersversorgung
- Rückkopplung in Kälteerzeugungsanlagen wie Adsorptionskältemaschine
- Wärmenetzintegration mit Wärmepumpe



Stärken

- Verbesserter ERE (& PUE)
- Energieeffizienz steigt
- Kaskadennutzung

Schwächen

- Niedrige Abwärmequalität
- Höheres Capex Investment
- Saisonal Abweichung bei Wärmeverbrauch der Verbraucher

SWOT

Abwärmennutzung
(für RZ-Betreiber)

Chancen

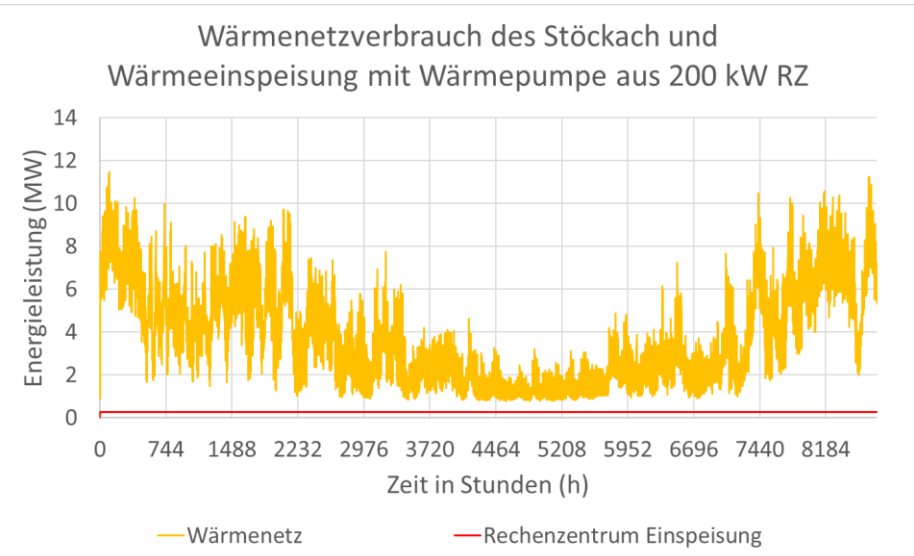
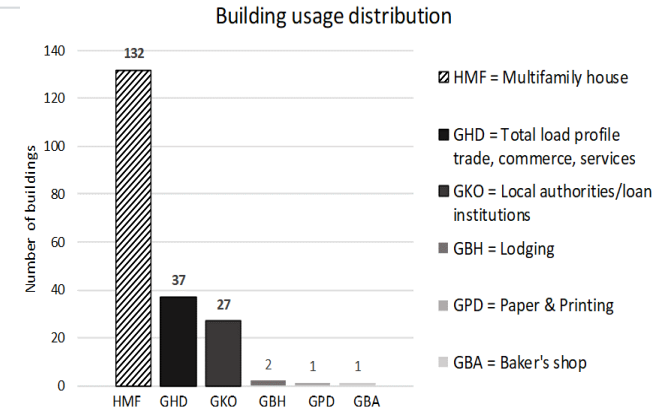
- Einkommen für RZ statt Wärmeentsorgungskosten

Gefahren

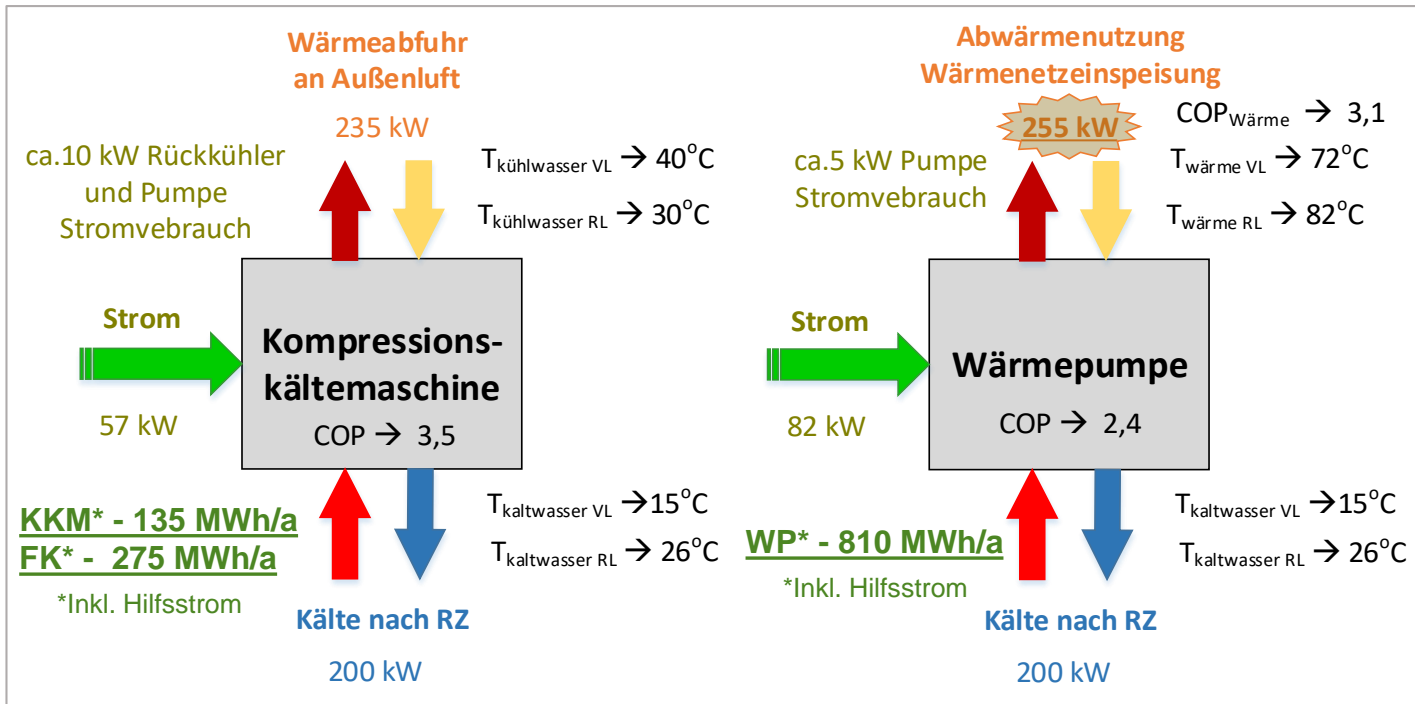
- Keine Wärmeabnahme Garantie im Sommer
- Vertragliche Risiken als Wärmelieferant
- Ungeklärte organisatorische und rechtliche Fragen
- Noch keine Geschäftsmodelle

Wärmenetzintegration

- Integration der Rechenzentrumsabwärme in Wärmenetzen
- Simulationsbeispiel: 200 kW Rechenzentrum versorgt Nahwärmenetz
 - Nahwärmeversorgung Stöckach mit ca. 150 Gebäuden, 32 GWh Jahreswärmebedarf, 1 MW Sommerlast, 10 MW Winter
 - Einspeisung von 32 GWh/a aus RZ
 - Deckung von ca. 7% des Wärmebedarfes



KKM vs. WP



Wärmepumpe

Investitionskosten (ohne Zuschüsse)

\rightarrow **200.000€** (ca. 800€/kW)

+ ca. **20.000€**

Wärmenetzeinspeisungs-Infrastruktur

Kompressionskältemaschine-Kosten (inklusive Trockenkühler)

\rightarrow **90.000€** (ca. 280 €/kW)

2300 MWh_{th} Wärme @ 0,032€/kWh_{th} \rightarrow 73.600 €/Jahr

Wie wird Abwärmenutzung attraktiv? Spezielle Stromeinkaufskosten und Wärmeverkaufskosten für RZ mit WP

KKM+FK* \rightarrow 410 MWh_{el} Strom (mit EEG Umlage) @ 0,172 €/kWh_{el} \rightarrow **70.520 €/Jahr**

WP* \rightarrow 810 MWh_{el} Strom (mit EEG Umlage) @ 0,172 €/kWh_{el} \rightarrow **139.320 €/Jahr**

WP* \rightarrow 810 MWh_{el} Strom (ohne EEG Umlage) @ **0,104 €/kWh_{el}** \rightarrow **84.240 €/Jahr**

Empfehlungen: Wärmenetzintegration mit Wärmepumpe

Investition aktuell in
Wärmepumpe oder zukünftig
in **warmwassergekühlte
Server** mit Niedertemperatur-
Wärmenetz

Ganzjähriger Einsatz der
Wärmepumpe mit Wärmeverkauf
trotz höherer COP der KKM im
Sommer

PUE Wert steigt an!

RZ-Betreiber

RZ-Installation
vorrangig in
**innerstädtischen
Quartieren**

Wärmenetzbetreiber muss
**Wärmeabnahme
garantieren**, auch wenn der
Wärmeverbrauch im Sommer
sinkt

Wärmenetzanschluss und
Wärmepreis bestimmen **RZ-
Standort** - nicht die
Außenlufttemperatur

Warmwasser gekühlte Server

- **Hochleistungsdichte Racks** und damit weniger Whitespace
- **Rücklauftemperatur** von mindestens **65°C** ermöglicht direkte Abwärmenutzung bzw. höheren COP für die Wärmepumpe
- **Vorlauftemperaturen** von **40°C** ermöglichen ganzjährige **freie Kühlung**, falls Abwärme nicht genutzt werden kann
- Kein CRAC/CRAH, kein Doppelboden, keine Einhausung notwendig
- Weniger Pumpenkosten und weniger Investment in Kälte Redundanz
- Nachteile:
 - **Teurere Server Hardware, hohe Installationskosten**
 - **Wenig Erfahrung** mit Installation und Maintenance



Quelle: „Aquila Group, Aquarius Server

Zusammenfassung

- Erhöhte Kühleffizienz mit höherer Zulufttemperatur und besserer Kühlinfrastruktur.
- Besserer COP mit Kompressionskältemaschine bei getrenntem CRAH und Rückkühler
- Erhöhte Leistungsdichte in Racks und effiziente Luftverteilung mit Einhausung.
- Einspeisung der Abwärme in das Wärmenetz mit Wärmepumpe

- Zukunft zu erwarten: Warmwasser gekühlte Servern

Vielen Dank!

Prof. Dr. Wolfram Mollenkopf

Wolfram.Mollenkopf@hft-stuttgart.de

Hochschule für Technik Stuttgart (HFT)

Institut für Angewandte Forschung (IAF), Zentrum für nachhaltige Energietechnik (zafh.net)

Schellingstraße 24, 70174 Stuttgart



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR UMWELT, KLIMA UND ENERGIEWIRTSCHAFT

Dieses Projekt wird gefördert vom Ministerium für Umwelt- Klima- und Energiewirtschaft Baden-Württemberg

Andere Maßnahmen

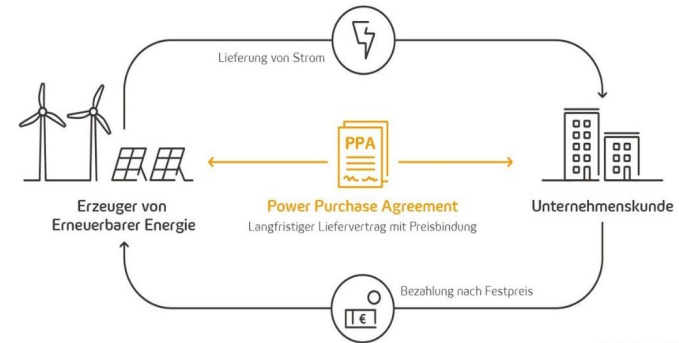
Effiziente IT Hardware & Management



Bio-Erdgas-BHKW als Colocation-Kraftwerk

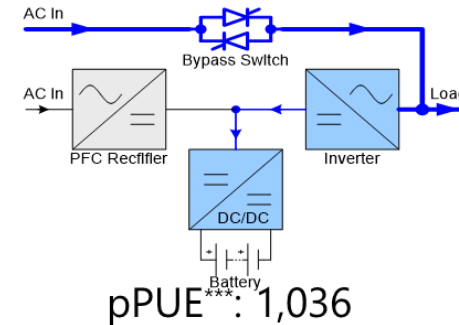
Wirkungsgrad 75-85% mit η_{el} 35-40%

PPA Vertrag



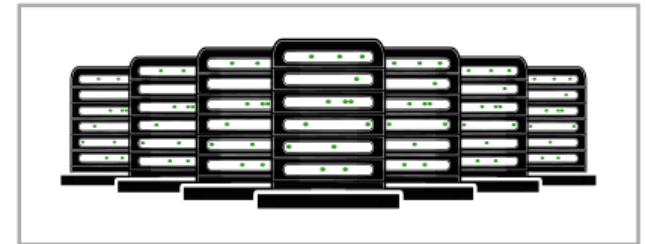
Quelle: M. Gurtak, „Definition Power Purchase Agreement – PPA-Varianten und ihre Vorteile“. [Online]. Verfügbar unter: <https://iam.innogy.com/ueber-innogy/innovation-technik/erneuerbare-energien/power-purchase-agreements/ppa-definition>.

USV Dimensionierung & Betriebsmanagement



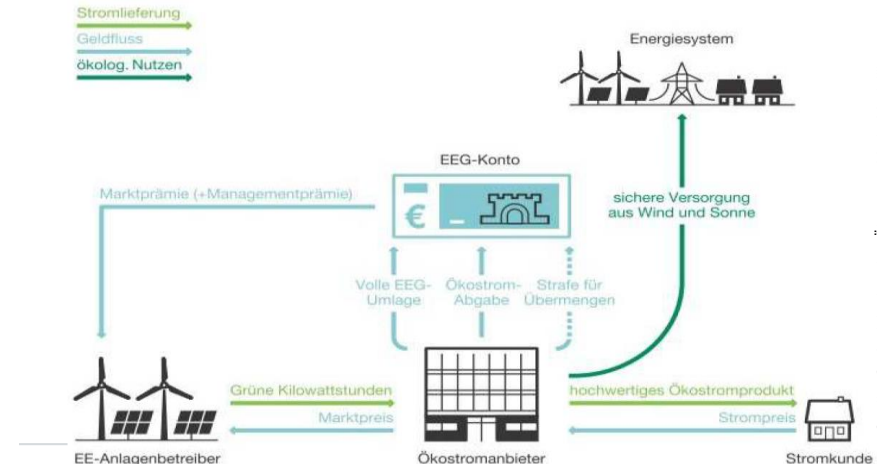
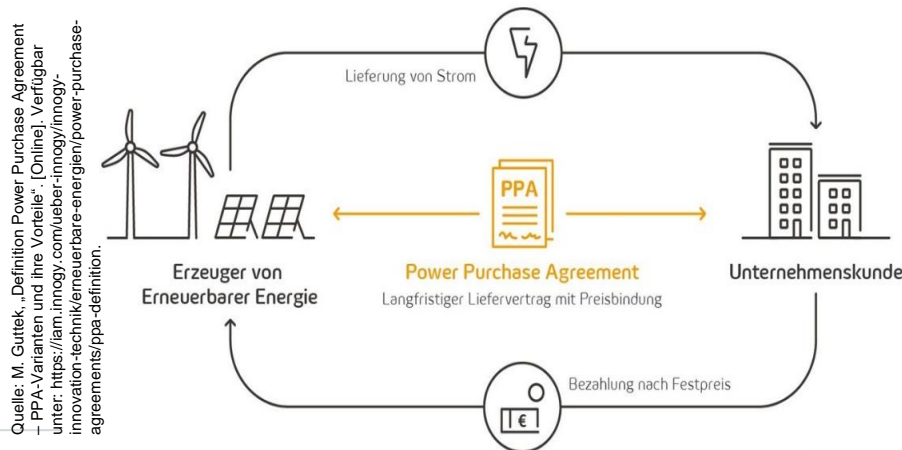
Quelle: „ICT Facilities GmbH“

- Energieeffiziente Komponenten in der IT-Infrastruktur, z.B. hocheffiziente Netzteile
- Abbau bürokratischer Hürden bei der Beschaffung teurere, energieeffizienter Hardware
- Teil- oder vollautomatisierter Einsatz von **Virtualisierungskonzepten** z.B. flexible Anpassung der virtualisierten Komponenten an die Last oder Hochverfügbarkeit der Applikation
- **Konsolidierung** virtueller Server unter Berücksichtigung eines ausbalancierten ‚Energie-Performanz‘ Verhältnisses
- Abschaltung von ‚**Zombie-Server**‘



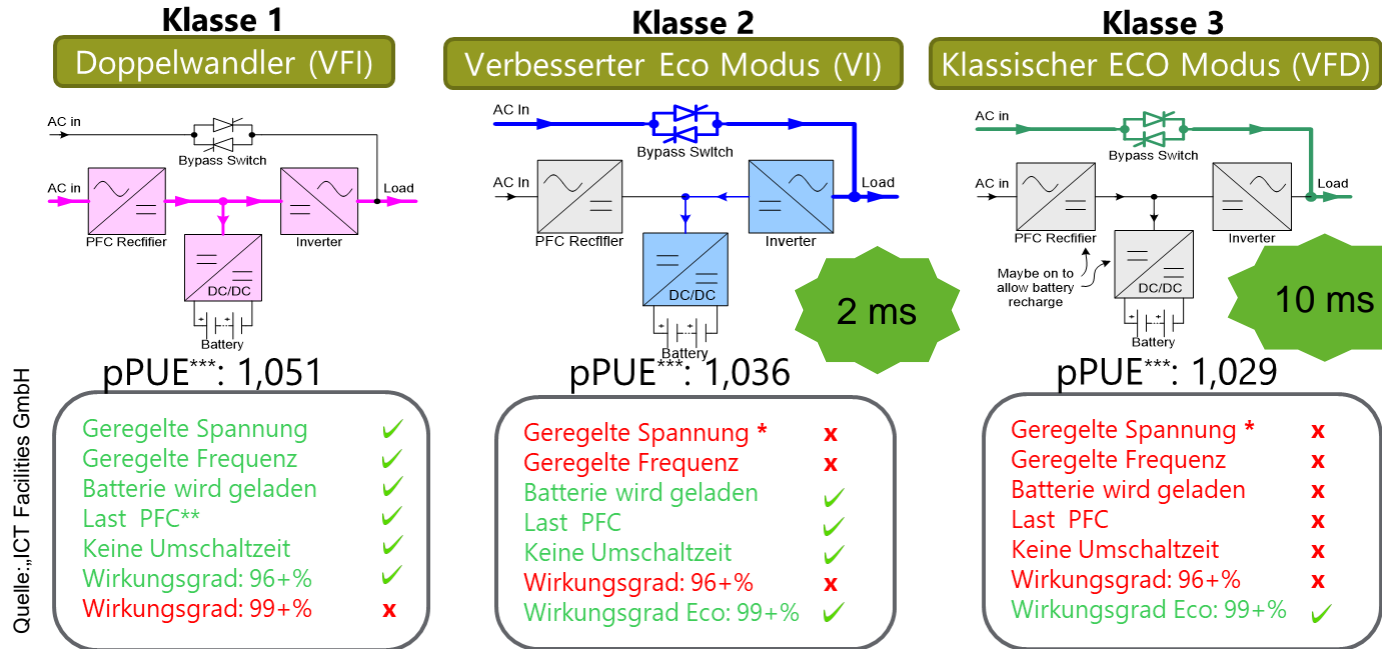
Deutscher Strom Mix vs. Ökostrom vs. PPA

- **Deutscher Strom Mix:** ca. 38% EE Strom, kann **nicht** für KPI der **CO₂ Bilanz berücksichtigt werden**
- **Ökostrom:** EE Strom aus EEG-finanzierte Anlagen und EE mit Herkunftsnachweise
 - Gefahr des Greenwashings
 - Preis abhängig von Stromanbietern
- **Corporate PPA:** Garantierte Mengen EE-Strom aus EE-Anlagen ohne zwischengeschaltetem Stromanbieter
 - Chance zum **Weiterbetrieb von EEG-ausgelaufenen EE Anlagen.**
 - Langfristiger Festpreis-Vertrag



USV Betriebsmanagement

- USV Auslastung 100%
- Wirkungsgrad 98%
- USV Auslastung 50% -
Wirkungsgrad 90%
- Bedarfsgerecht
dimensionierte USV
Leistungsgrößen
erforderlich
- Aktives USV
Management benötigt



* Die Spannung wird permanent auf Einhaltung der zulässigen bzw. einstellbaren Toleranzen überwacht. Bei erkennbaren Spannungsabweichungen wird in den Doppelwandlermodus VFI umgeschaltet.

*** durchschnittlicher pPUE über 20 Jahren ohne Kühlung - Stat. USV + Batt. 20 min - Eaton 93PM, 500 kVA

** Power Factor Correction

Verbesserter Eco-Modus (VI) ist in der Lage den Wechselrichter netzparallel zu betreiben, eine Rückspeisung ins Netz erfolgt maximal 2 ms „Klassischer“ Eco-Mode (VFD) schaltet den Wechselrichter aus, den statischen Schalter ein und Rückschaltung kann bis zu 10 ms dauern (wurde hier nicht betrachtet)

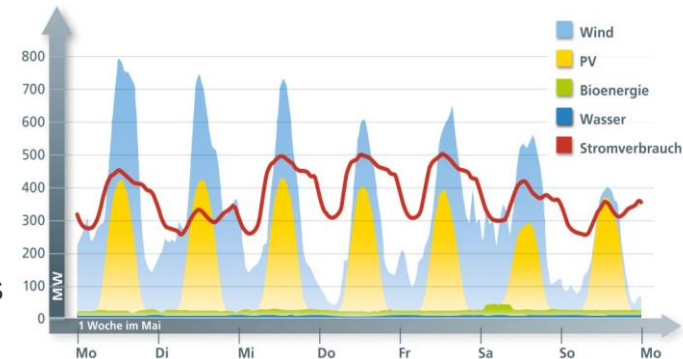
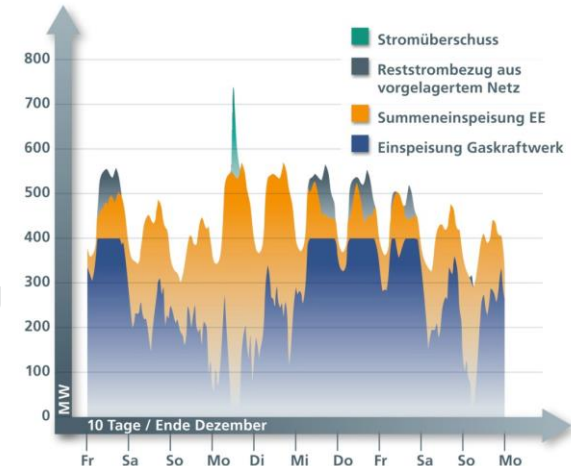
Co-Location Bio-Erdgas BHKW

- Normalerweise **Dieseldgeneratoren als Netzersatz**, üblich **24/72 Stunden** Reserve-Generator-Kraftstoff zu bevorraten. Der DIN 590 erlaubt 7 % Biodieselanteil in Dieselaggregaten und schreibt vor, dass mindestens **alle 3 Monate der Kraftstofftank vollständig geleert** wird, der Kraftstoff erneuert und die Notstromversorgung getestet wird. Aber wie ist es, wenn eine erneuerbare Alternative von Bio-Erdgas-KWKS unter anderen Bedingungen eingesetzt und betrieben werden kann?
- Ein Bio-Erdgas-BHKW kann auch zur Erzeugung von **Kälte** unter Verwendung von Wärme in **Absorptionskältemaschinen** eingesetzt werden. Der durchschnittliche COP der Absorptionskältemaschine lag bei 0,8-0,1. Aber **Absorptionskälte nur in ca. 20%** der Zeit benötigt.
- Man kann sich ein Bio-Erdgas-BHKW als ein **Colocation-Kraftwerk** vorstellen. Das BHKW kann **wärmegeführt, kältegeführt** oder unter Nutzung **eines möglichst hohen Anteils an erneuerbaren Energien** betrieben werden.
- Ein Bio-Erdgas-BHKW (**Wirkungsgrad 75-85% mit η_{el} 35-40%**) kann auch nutzbare Wärme als Nebenprodukt erzeugen, die auch im Winter verkauft werden könnte, wenn die Wärme im angeschlossenen **Wärmenetz benötigt** wird.

Netzersatzanlagen als Beitrag zur Netzstabilität

- Mit dem größeren Anteil **fluktuierender erneuerbarer Energien** im Stromnetz sind die Netzbetreiber auf der Suche nach aktiven Marktteilnehmern, die zur Stabilität des Netzes beitragen.
- RZ kann am **Minutenreserve Regelleistung-Markt (positiv)** teilnehmen. Schaltbare Lasten im Sinne der AbLaV ab 5 MW (AbLaV 2017) können vermarktet werden. Dazu werden ihnen die Bereitstellung des **Abschaltpotenzials (500 Euro pro MW und Woche)** und zusätzlich ein separater Arbeitspreis (**400 Euro pro MWh**) für Abschaltbefehle gutgeschrieben.
- **Schritt 1: Spitzenlastkappung** und auf Wunsch des Netzbetreibers kann das RZ mit der NEA seinen **Netzverbrauch reduzieren**
- **Schritt 2:** Der Einsatz von NEA auf Anfrage des Netzbetreibers. In diesem Fall wird im **Rechenzentrum mehr Strom als die RZ-Last erzeugt** und der **überschüssige Strom in das Netz eingespeist, was zur Stabilisierung des Stromnetzes** beiträgt

Deckung der residualen Last mit Gaskraftwerk (400 MW)



Quelle: Szenarien für den Umbau der Stromversorgung auf eine dezentrale und erneuerbare Erzeugungsstruktur, 17. Kasseler Symposium Energie-Systemtechnik, 12.10.2012, Dr. Thorsten Ebert SUN & Katharina Henke Fraunhofer IWES