

8. Forum Energie
Energieeffizienz in Hochschulen und wissenschaftlichen Einrichtungen
20. – 22.06.2016

**Betriebsmonitoring und Qualitätssicherung des Neubaus des
Seminar- und Hörsaalgebäudes in Salzgitter-Calbecht für die Ostfalia Hochschule**

Gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (Az: 28742-25)
28.11.2010 - 31.03.2014

L. Kühl, K. Ackermann

Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften
- Hochschule Braunschweig/Wolfenbüttel - Fakultät Versorgungstechnik -
Salzdahlumer Straße 46-48
D - 38302 Wolfenbüttel



Errichtung des Gebäudes

2008 auf 2012: Verdopplung der Studierendenzahl auf ca. 2200 Studenten (max. 2500)

04/2010



01/2012



12/2012



05/2011



03/2012

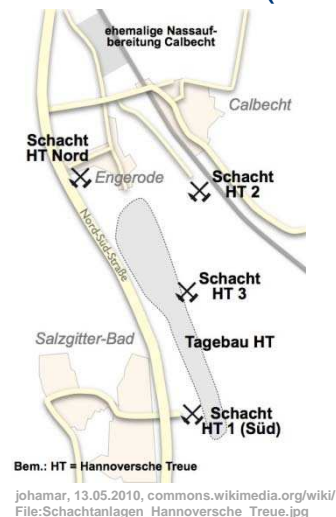
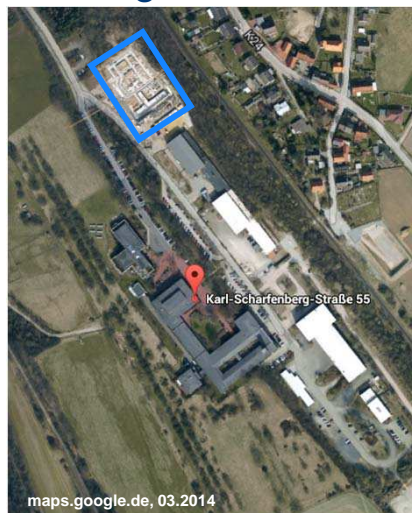


04/2013



Architektur, Flächen und Energieverbrauch - Kenndaten des Gebäudes

- ca. 3.000 m² HNF (Büros, Seminarräume, Hörsaal, Medienlabore, Bibliothek)
- ca. 5.500 m² BGF; ca. 4.524 m² NGF; ca. 23.300 m³ BRI
- Architektur des Baukörpers in Anlehnung an einfachen, historischen Zechengebäuden
- formale Einfachheit des Vorhandenen ist das gestalterische Leitprinzip für den Neubau
- Stahlbeton-Skelett-Konstruktion / Massivbau
- **transparente Außenflächen auf das Notwendige reduziert** ⇒ Verluste minimieren
- hochwärmegedämmte Gebäudehülle ($U_{AW} = 0,21$, $U_{Da} = 0,13$, $U_{Fe} = 0,8$ W/(m²·K))
- Energie-Kennzahl: $QP' = 87$ kWh/(m²·a), $QH' = 40$ kWh/(m²·a)





Nutzungskonzept

Der Campus Salzgitter erhält mit dem Neubau des Hörsaal- und Seminargebäudes eine neue Eingangssituation. Die geplanten Labore und Rechnerarbeitsräume dienen vorwiegend der Fakultät „Verkehr-Sport-Tourismus-Medien“.

Gebäudeteile:

- nördliche Erdgeschossebene ⇨ Bibliothek
- Hörsaal und Videostudio (Labor)
- Rechner- und Seminarräume in OG angeordnet
- innenliegend Labor- bzw. Nebenräume

Ziel:

- Entwicklung/Umsetzung eines ganzheitlichen Energiekonzeptes
- über anlagentechnische und bauphysikalische Maßnahmen wirkungsvolle Reduzierung des Energiebedarfs des Gebäudes
- Integraler Ansatz umfasst neben Qualitätssicherung der Planungs- und Bauphase auch eine Begleitung des Prozesses bei der Inbetriebnahme und Übergabe sowie ein betriebsbegleitendes Monitoring





Wärme- und Kältekonzept

Heizung:

- reversible Sole- Wasser- Wärmepumpe mit Erdsonden (14+1 x100m)
- Gas- Brennwertkessel zur Spitzenlastabdeckung
- Niedertemperaturheizsysteme (Fußbodenheizung, Betonkernaktivierung, teilweise Heizkörper, maximale Heizvorlauftemperatur: 55°C)

Kühlung:

- Luft-Erdreich-Wärmeübertrager für mechanische Zuluft
- Reversible Wärmepumpe + Erdsonden
- Kompressionskältemaschine zur Spitzenlastabdeckung (Videostudio, EDV-Räume)

RLT- Anlagen mit Rotationswärmeübertragern

Beleuchtung mit Präsenz- und Helligkeitssensoren

Gebäudeautomation mit herstellerunabhängiger

Schnittstelle zur Aufschaltung auf einen zentralen

Leitrechner





Umsetzung der Wärmebereitstellung

- Waterkotte Sole – Wasser – Wärmepumpe mit 60 kW Heizleistung (Grundlastabdeckung)
- 2 x Gas–Brennwert–Heizkessel; Fabrikat Viessmann mit je 60 kW (Spitzenlastabdeckung)



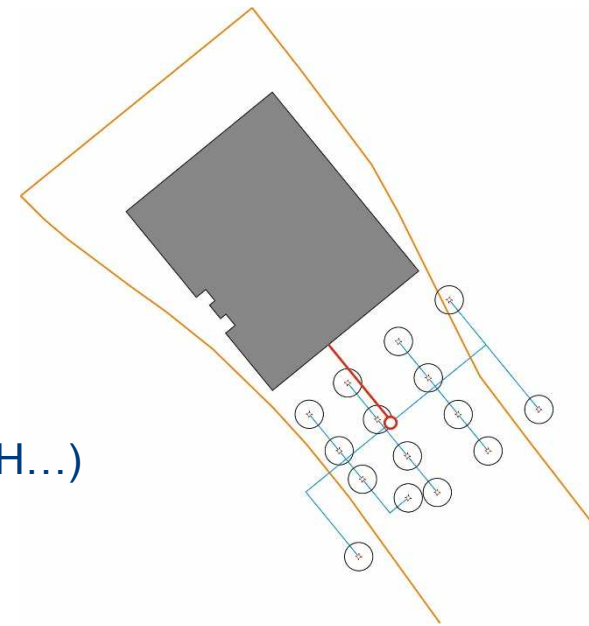
Umsetzung der Wärmebereitstellung

- Waterkotte Sole – Wasser – Wärmepumpe mit 60 kW Heizleistung zur Grundlastabdeckung
- Umschaltbar zwischen Heizen und Kühlen
- Wärmeabtragung: Niedertemperaturheizsysteme (Fußbodenheizung, Betonkernaktivierung, teilweise Heizkörper, maximale Heizvorlauftemperatur: 55°C)
- Quelle: Erdsonden (14+1x100m)
- Monitoring:

gemessen werden:

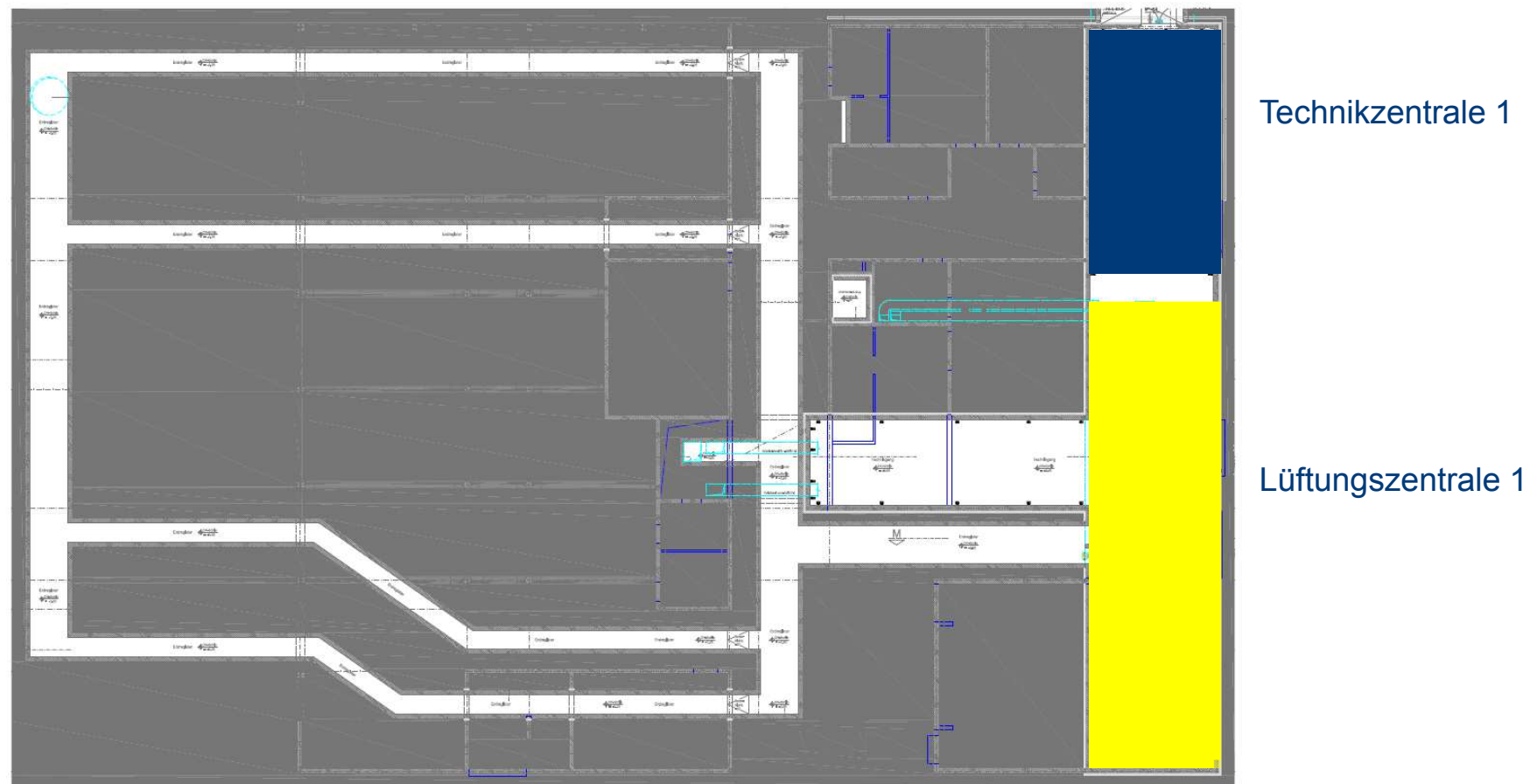
- Wärmemenge Hauptleitung der Erdsonden
- Wärmemenge Wärmepumpe
- Wärmemenge nach WP- Pufferspeicher
- Pufferspeicher-Temperaturen
- Wärmeabnahme der Verbraucherkreise (BKT, FBH...)
- Wärmemenge Gasbrennwertgeräte
- Sämtliche Vor- und Rücklauftemperaturen

⇒ ermöglicht Bildung einer Wärmebilanz über Gebäude ⇒ Benchmarking ⇒ Vergl. zur konv. Wärmeerzeugung



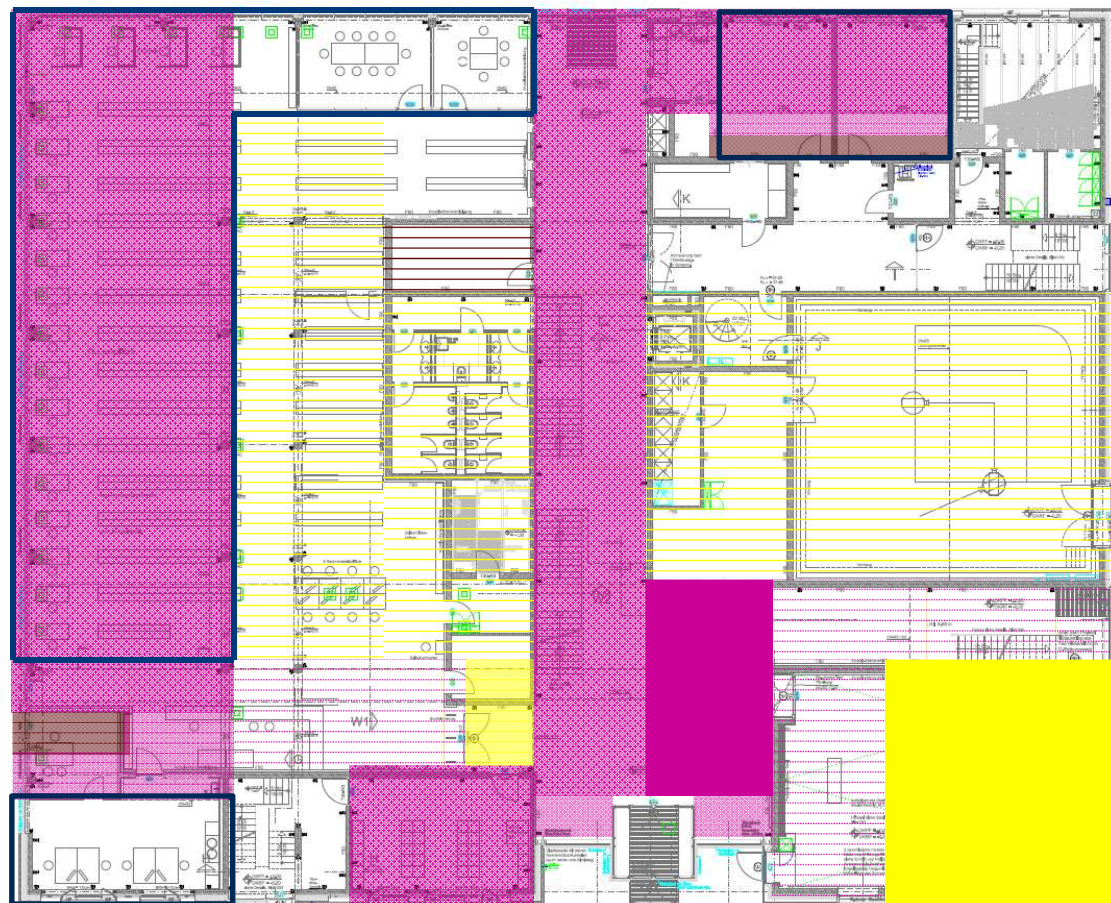


Untergeschoss/ Erdluftregister

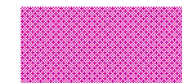




Wärmeverteilung - Erdgeschoss



Technikzentrale 2



Fußbodenheizung



Statische
Heizflächen



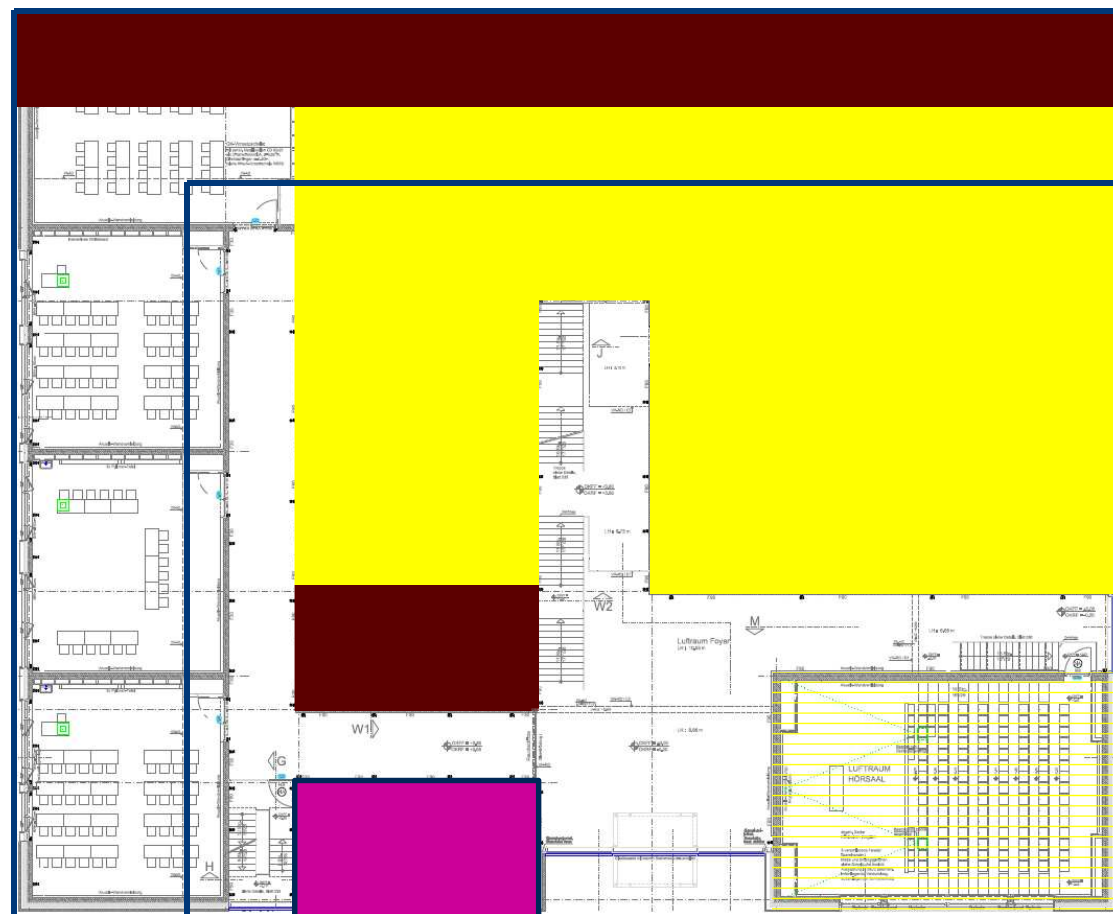
Lüftung



BKA



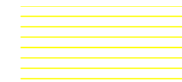
Wärmeverteilung - 1. Obergeschoss



Fußbodenheizung



Statische
Heizflächen



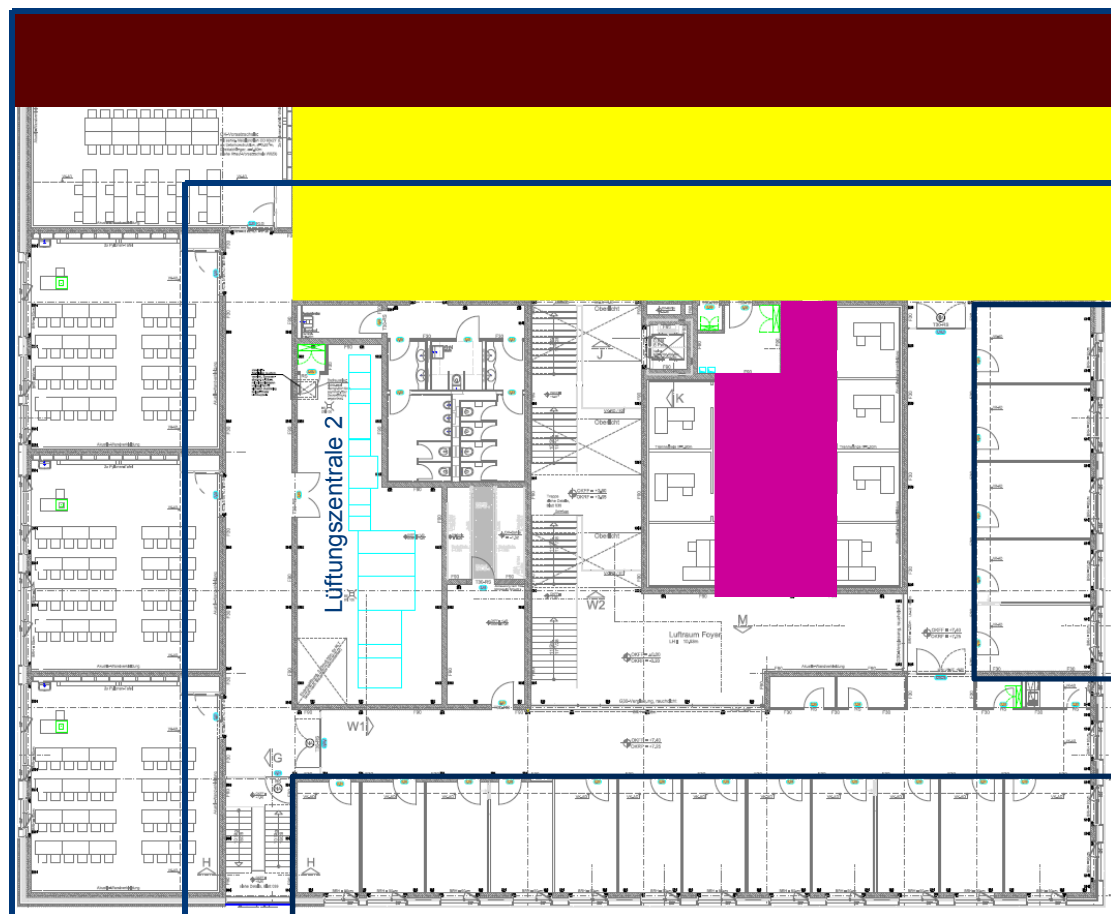
Lüftung



BKA



Wärmeverteilung - 2. Obergeschoss



Fußbodenheizung



Statische
Heizflächen

Lüftung



BKA



Umsetzung der Kältebereitstellung

- Waterkotte Sole – Wasser – Wärmepumpe mit 45 kW Kälteleistung
- Freie Kühlung über Erdsonden
- Freie Kühlung über Luft-Erdreich-Wärmeübertrager – mechanische Lüftung
- 2 Kompressionskältemaschinen; Fabrikat Trane mit je 60 kW Kälteleistung zur Spitzenlastabdeckung





Umsetzung der Kältebereitstellung

– Monitoring:

gemessen werden:

- Kältemenge passive Kühlung (Erdsonden)
- Kältemenge aktive Kühlung (Wärmepumpenausgang)
- Kältemenge nach WP- Kältespeicher
- Temperaturverlauf Kältespeicher
- Kältemenge der Verbraucher separat je nach Austragungssystem
- Kältemenge nach den Kompressionskältemaschinen
- Sämtliche Vor- und Rücklauftemperaturen

⇒ ermöglicht Bildung einer Kältebilanz über Gebäude ⇒ Benchmarking ⇒ Vergl. zur konv. Kälteerzeugung



Kälteverteilung - Erdgeschoss



Technikzentrale 2



Lüftung



BKA



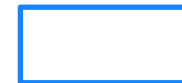
Kälteverteilung - 1. Obergeschoss



Lüftung



BKA



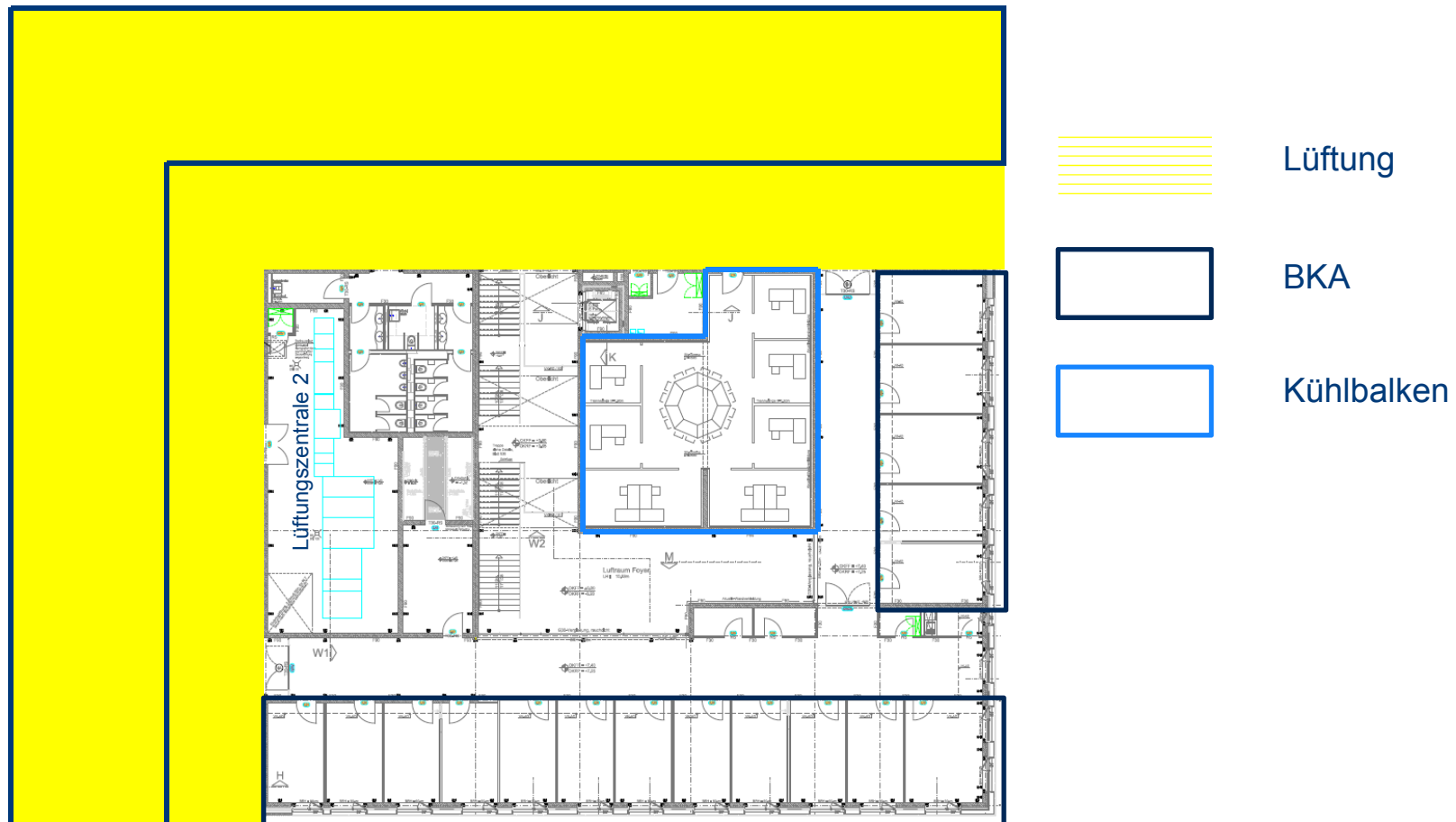
Kühlbalken



Kaltwasserkassetten



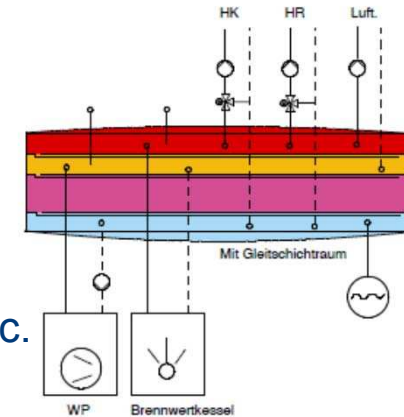
Kälteverteilung - 2. Obergeschoss





Zortström- Wärme-/ Kälteverteilssystem

- hydraulisch entkoppelt
- Vorteil: Wärme/ Kälte kann in mehrere Temperaturstufen entnommen werden
- minimiert den Regelungsaufwand
- Investitionskosten reduziert
- definierte Temperaturniveaus begünstigen Nutzungsgrade etc.



ZORTEA Gebäudetechnik GmbH, 2014, Systembeschreibung, zortea.at/download

Wärmeverteiler



Kälteverteiler



Technische Ausstattung der Labore:

- Licht-, Video- und Audiotechnik
- Green-/Bluescreen
- digitale Nachbearbeitung
- Schnitt- und Regieräume
- EDV/Server zur Verarbeitung der Datenmengen

→ innere Lasten und erhöhte Kühlanforderungen

Gebäudetechnische Ausstattung:

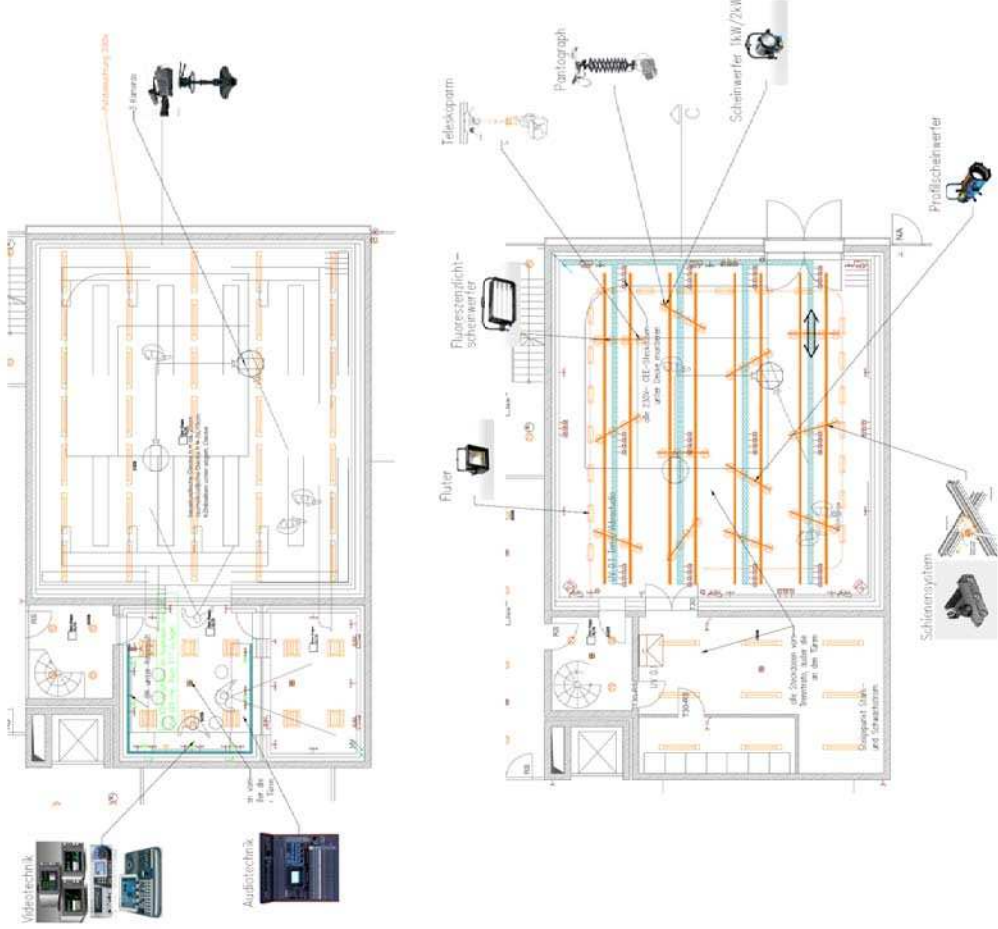
- Lüftungsanlage (Schwerkraftlüftung und Kühlkonvektoren) zum Heizen und Kühlen
- Kühlbalken unter der Decke
- Zuschaltbarer Lufterhitzer im Studio
- in Teilbereichen: Kaltwasserkassetten, Fußbodenheizung und Klimaschrank (Server)

Videostudio





Wolfenbüttel

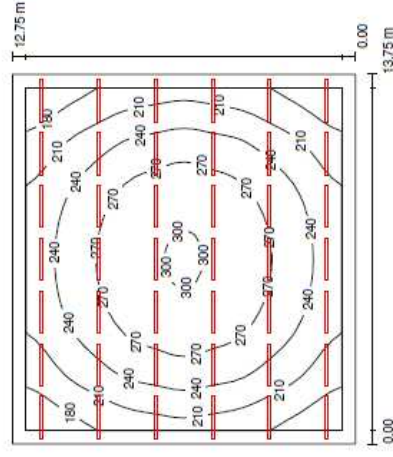


Videostudio

FH Braunschweig / Wolfenbüttel Standort Satzgitter-C 12.11.2009

Bearbeiter(in) Gerrit Schlieckmann
Telefon 05451 / 59 01 343
Fax 05451 / 59 01 310
e-Mail G.Schlieckmann@agn.de

Videostudio / Zusammenfassung



Raumhöhe: 6.600 m, Montagehöhe: 6.600 m, Wartungsfaktor: 0.80 Werte in Lux, Maßstab 1:164

Fläche	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	g_1
Nutzebene	/	240	154	303	0.641
Boden	4	206	129	266	0.627
Decke	4	138	26	530	0.187
Wände (4)	4	238	80	657	/

Nutzebene:
Höhe: 0.750 m
Fläche: 32 x 32 Punkte
Randzone: 0.500 m

UGP Längs- Quer zur Leuchtenachse
Linke Wand 16
Rechte Wand 23
(CIE, SHR = 0.25.)

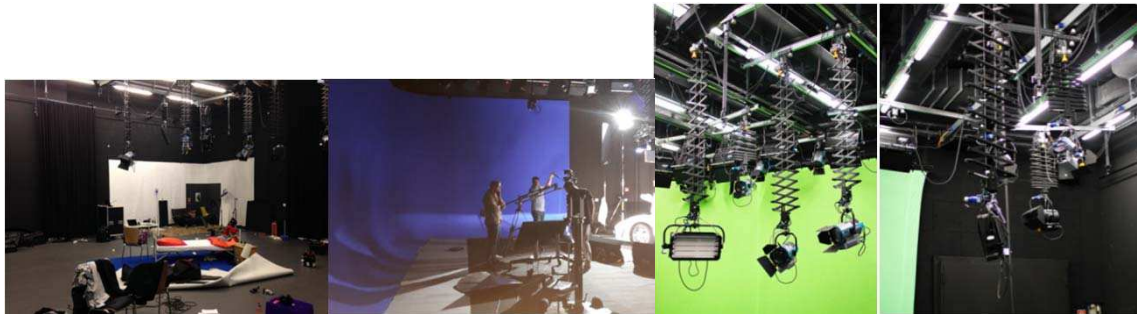
Leuchten-Stückliste

Nr.	Stück	Bezeichnung (Korrekturfaktor)	ϕ [mm]	P [W]
1	42	TRILUX Aragon 135/49/80 (49W) E Aragon (1.000)	4300	54.0
Gesamt:			180600	2268.0

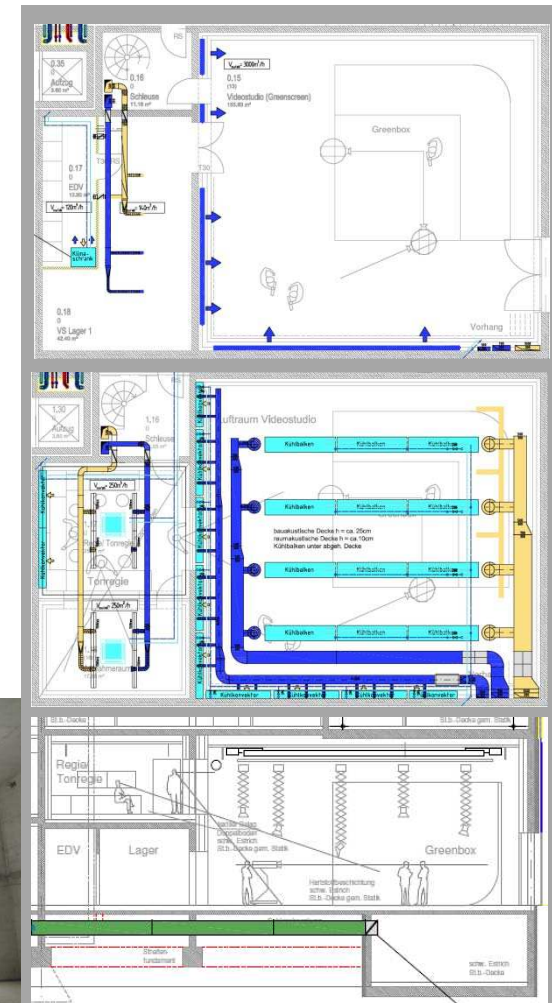
Spezifischer Anschlusswert: 12.94 W/m² = 5.40 W/m²/100 lx (Grundfläche: 175.31 m²)

Videostudio

- Fertiggestellt/Impressionen



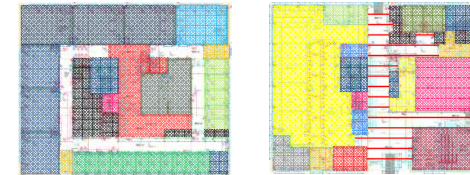
- Bauphase/Impressionen



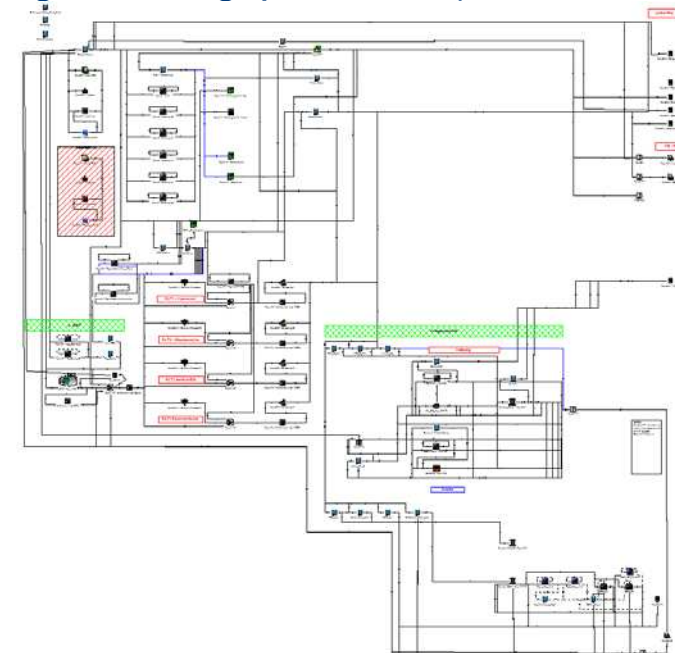
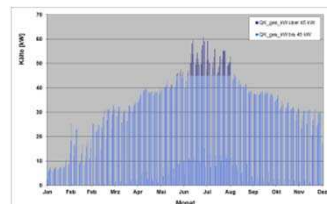
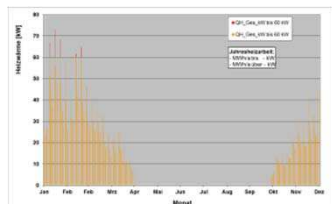
thermische Simulation

Über das Monitoring hinaus gehend wird das Gebäude inkl. der Anlagentechnik in einer thermischen Simulation abgebildet. (Software: TRNSYS)

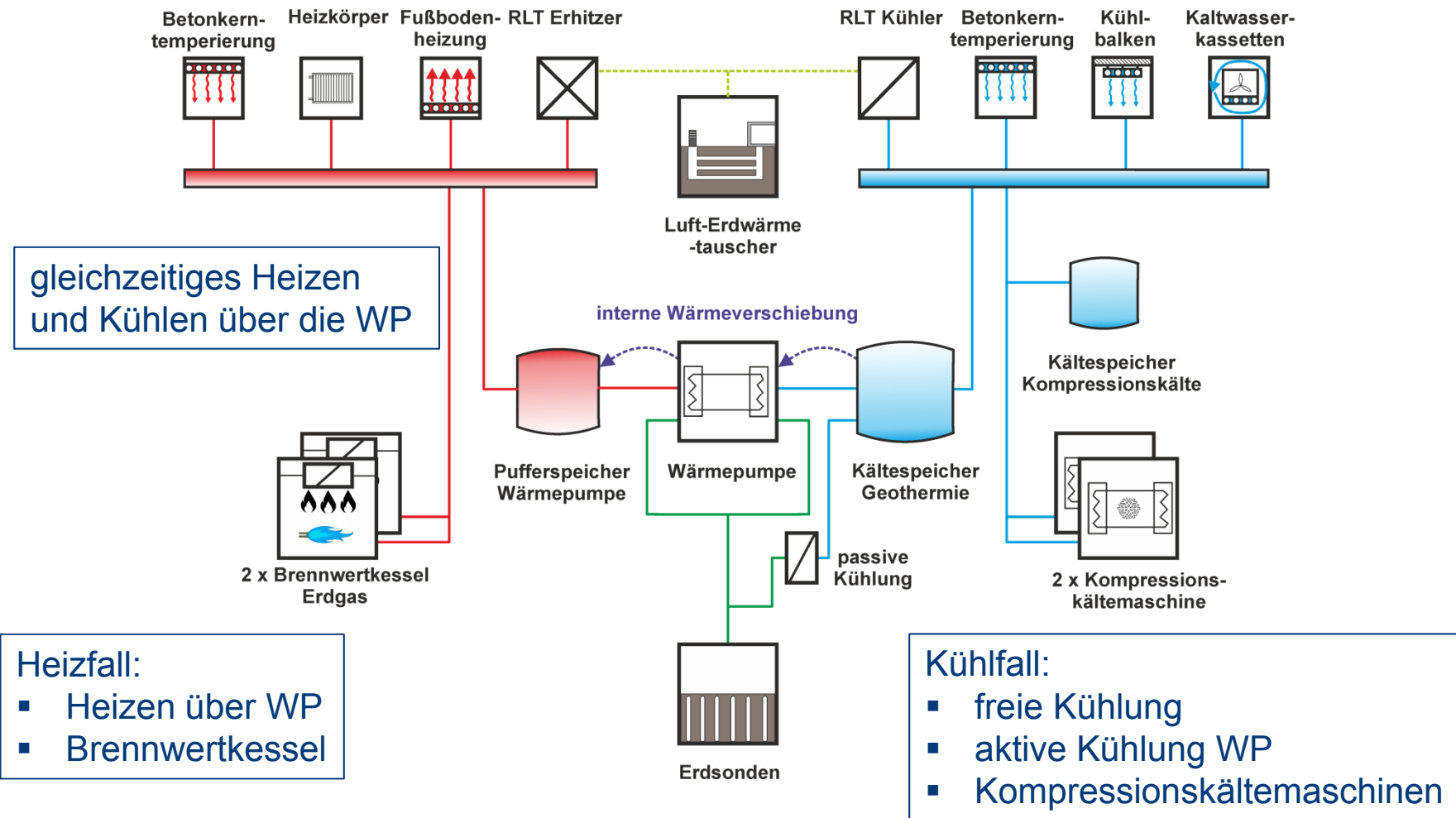
- Zonierung entsprechend der thermischen Konditionierung
- Eingabe der Zonenhüllflächen
- Vorgabe von Randbedingungen (Sollwerte der Regelung, Nutzungsprofile etc.)



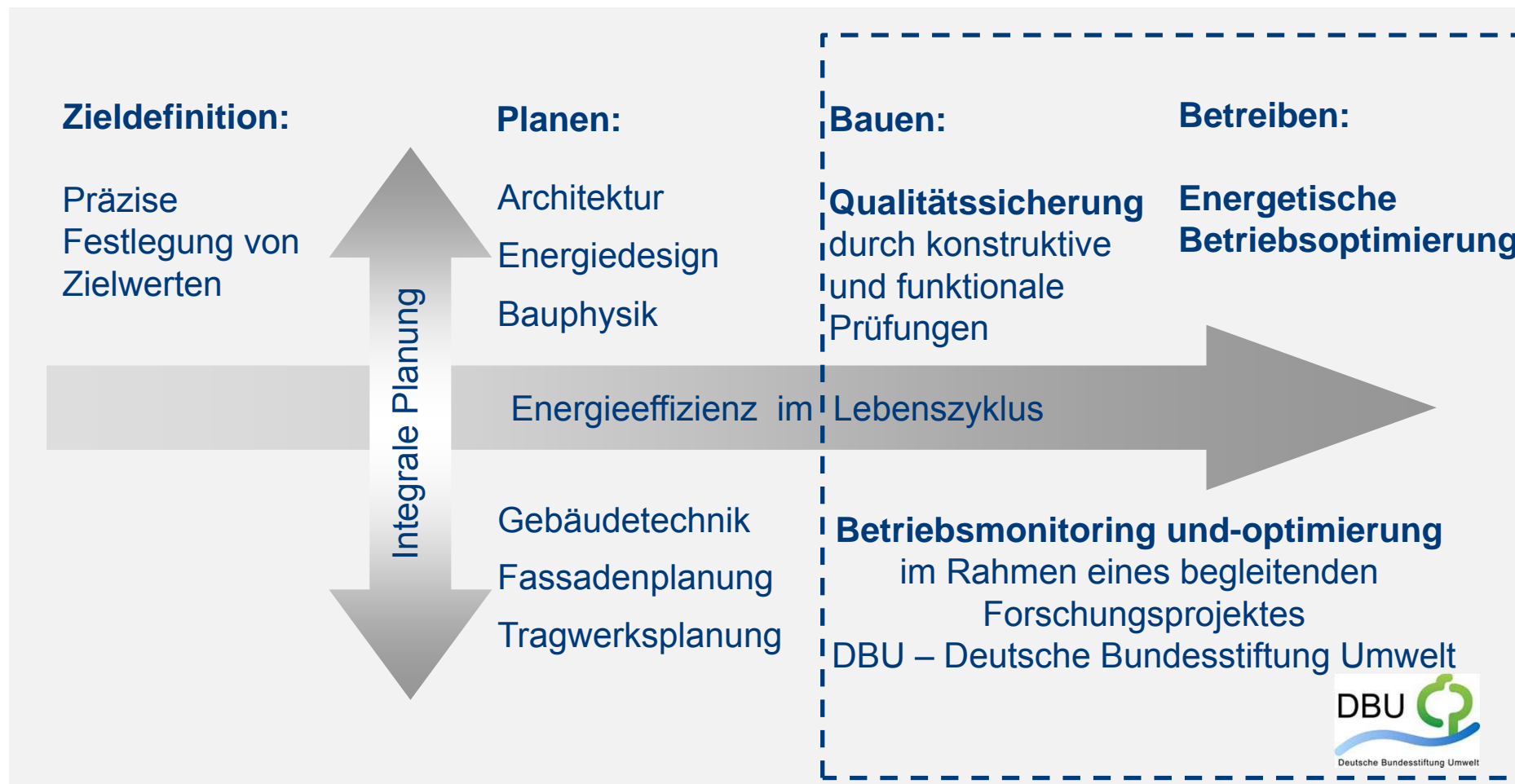
- Erstellung von Lastgängen (Heizlast, Kühllast) und Berechnung von Raumluftfeuchte, Temperaturen etc. für alle Zonen
- Entwicklung von Regelstrategien und Untersuchung des Einsparpotentials, bevor direkt in den Gebäudebetrieb eingegriffen werden muss



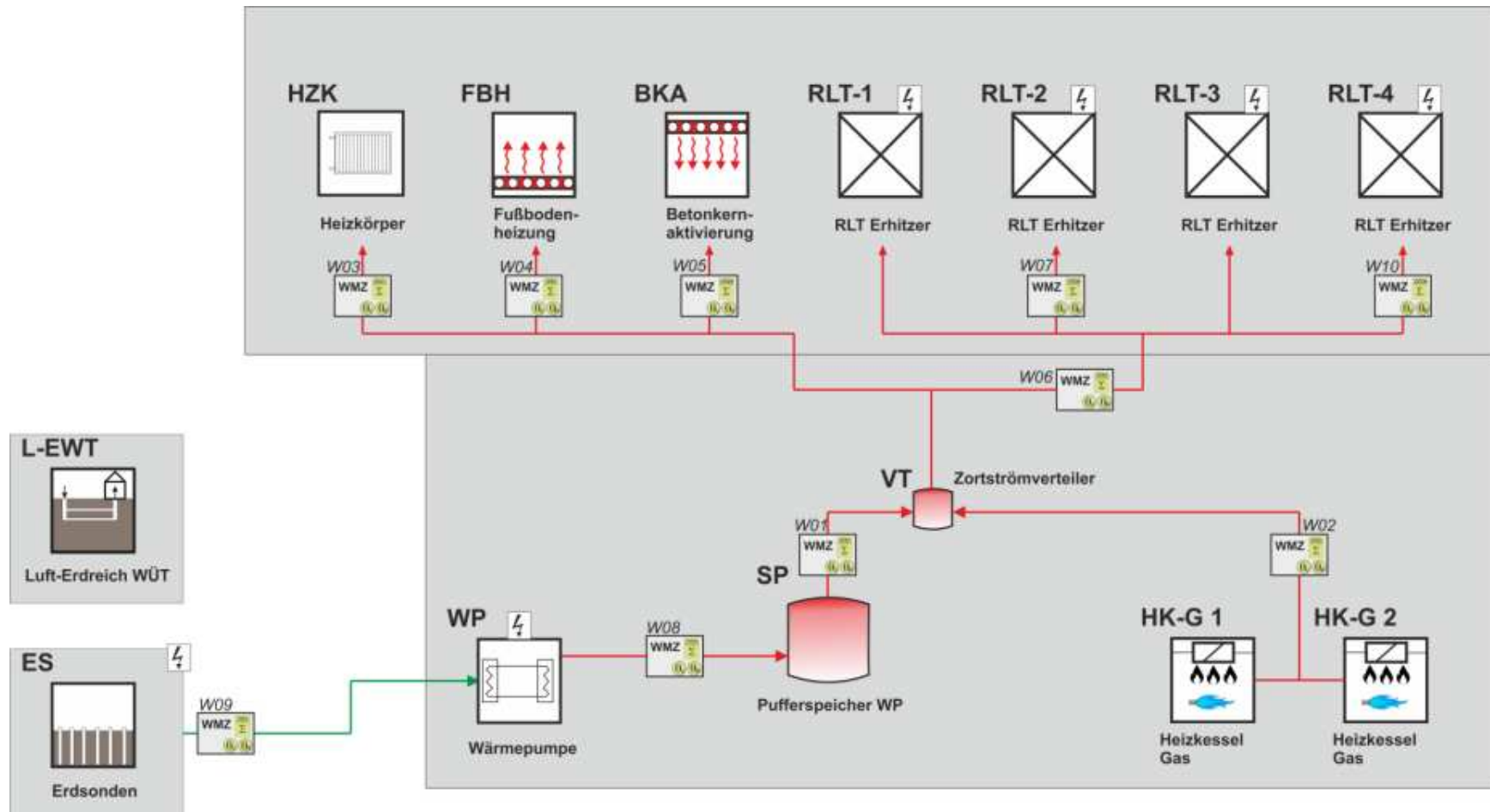
Wärme- und Kältekonzept

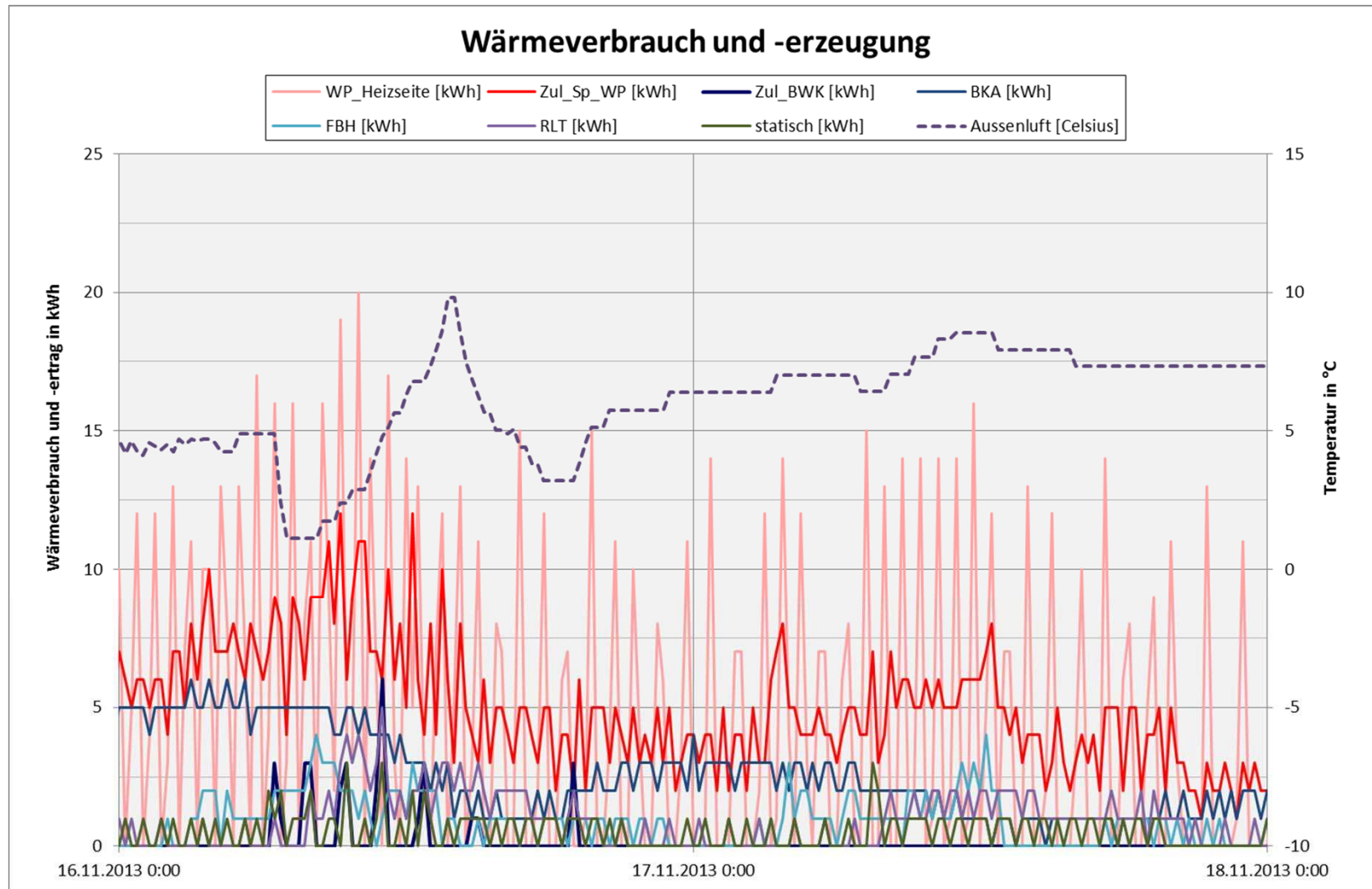


Energetische Betriebsoptimierung

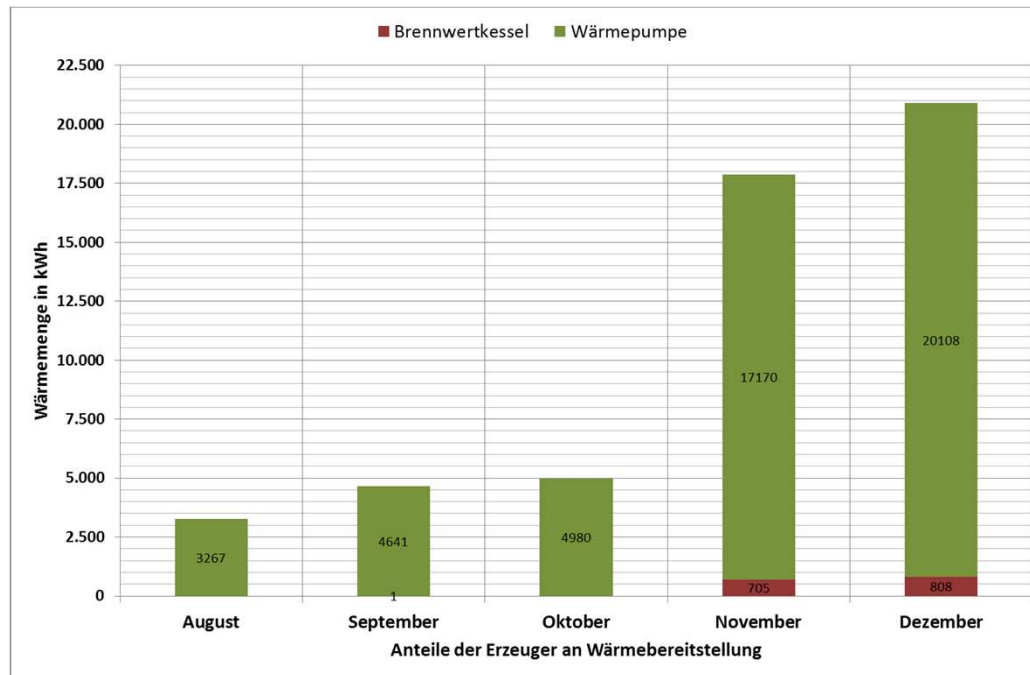


Messkonzept Wärmebereitstellung/ -abnahme





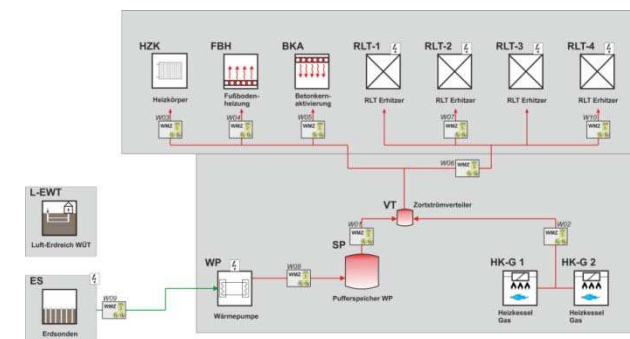
Wärme – Anteile der Bereitstellung 08.13 – 12.13



entspricht ca.
11 kWh_H/m_{NGF}²

Hochrechnung auf Jahr:
~ 25 kWh_H/(m_{NGF}²·a)

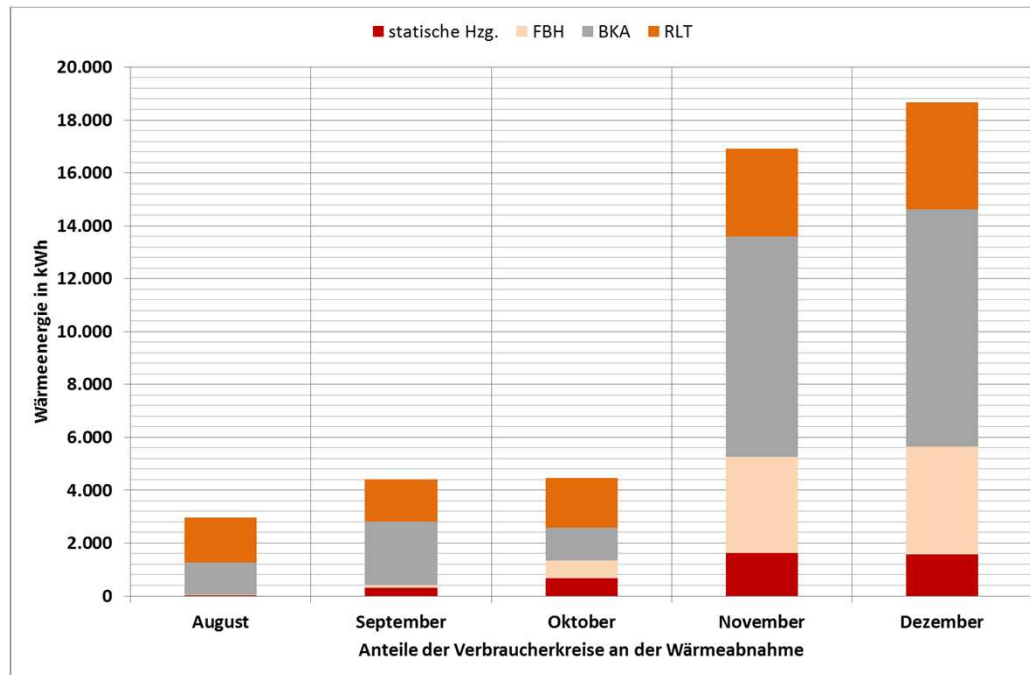
Messkonzept Wärme



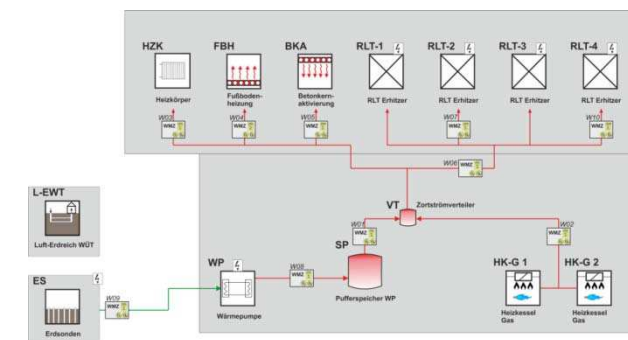
- Der Wärmebedarf wird fast ausschließlich durch die WP gedeckt
- Aus GLT-Daten (Stromaufnahme und WMZ/KMZ)
- Arbeitszahl im Zeitraum 01.08.13 bis 20.01.2014 für Heizen UND Kühlen: **5.65**



Wärme – Anteile der Verbraucher 08.13 – 12.13



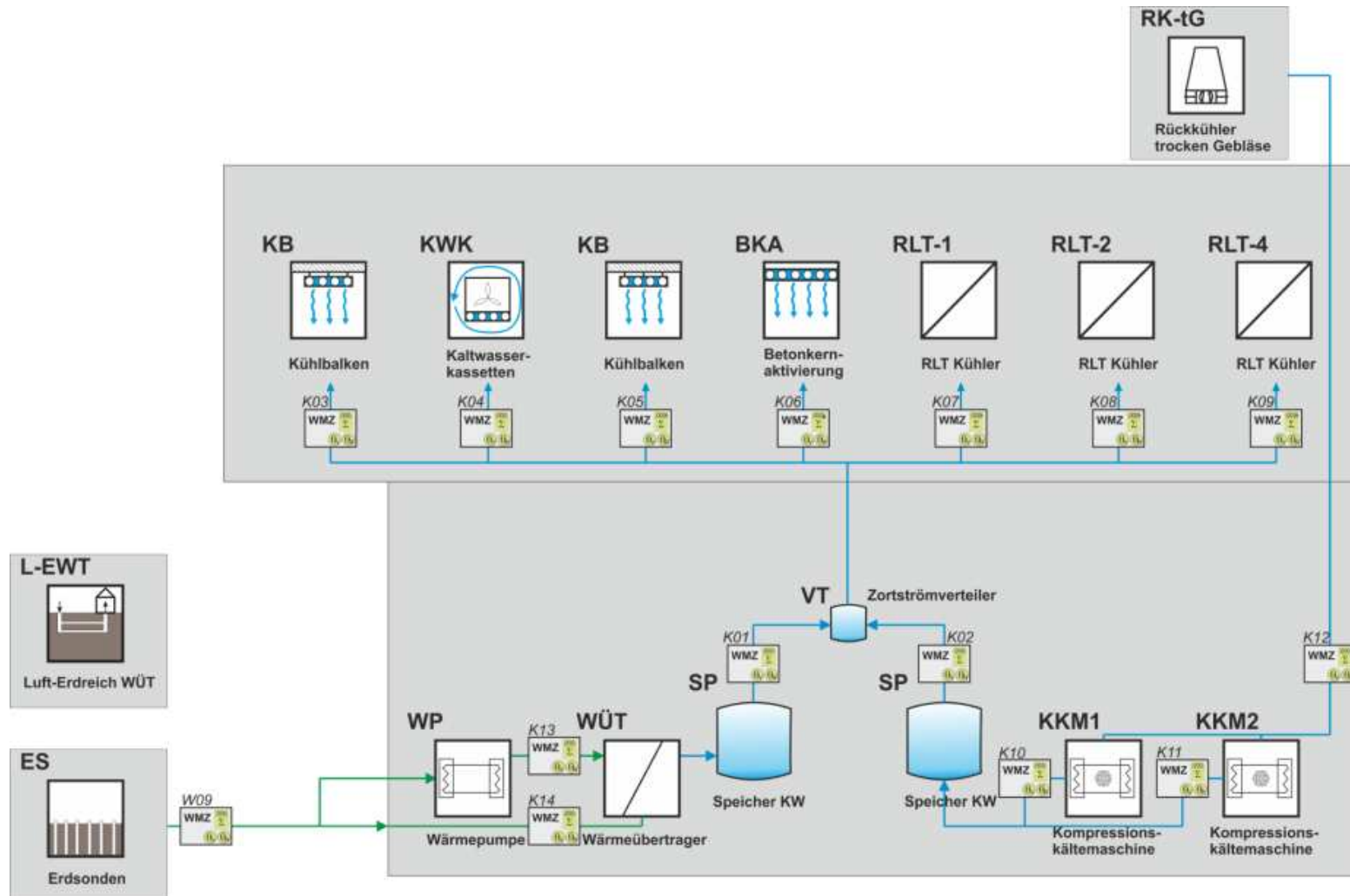
Messkonzept Wärme

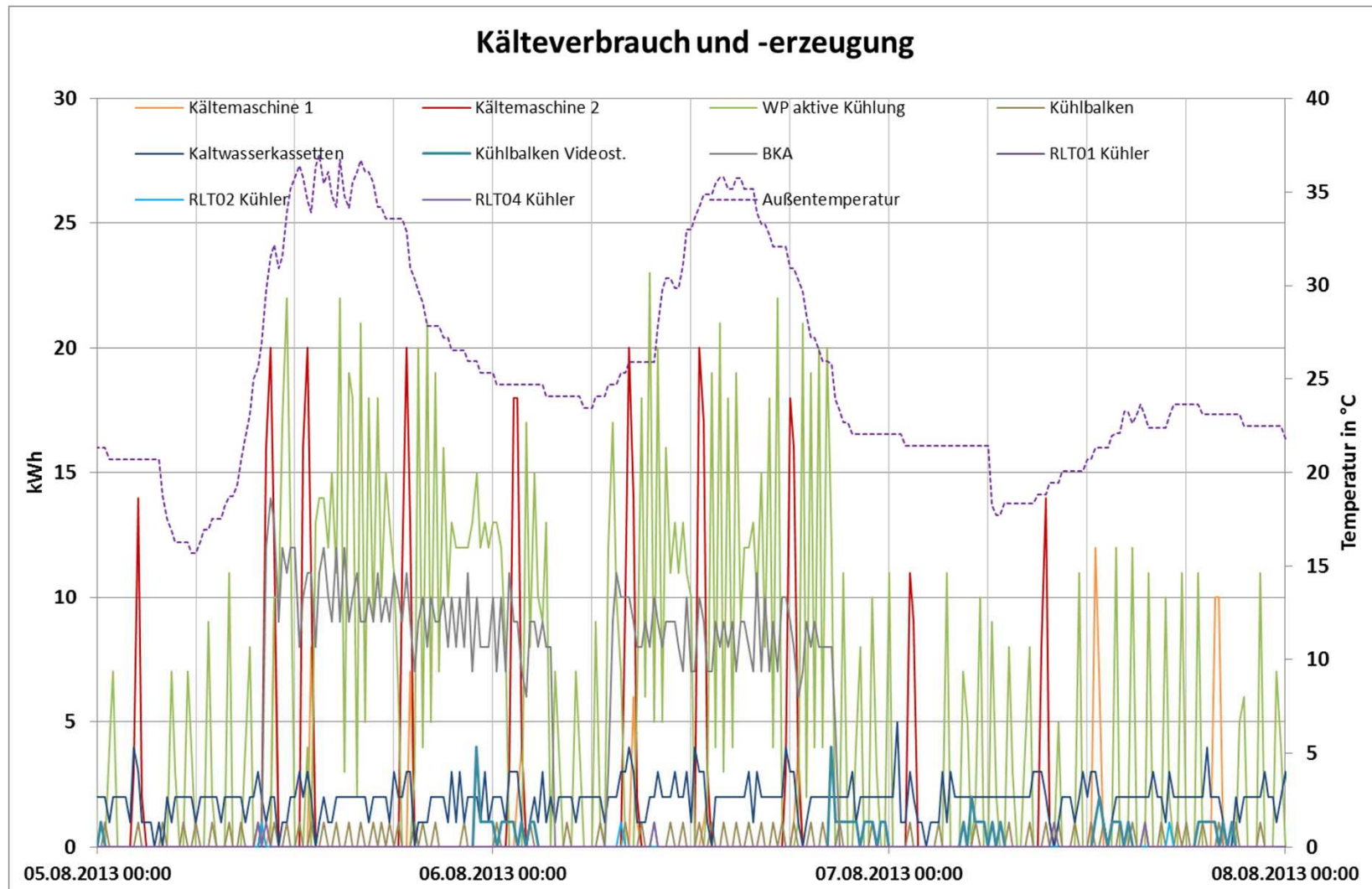


- Auftretende Anforderungen im Sommer werden durch RLT und BKA gedeckt

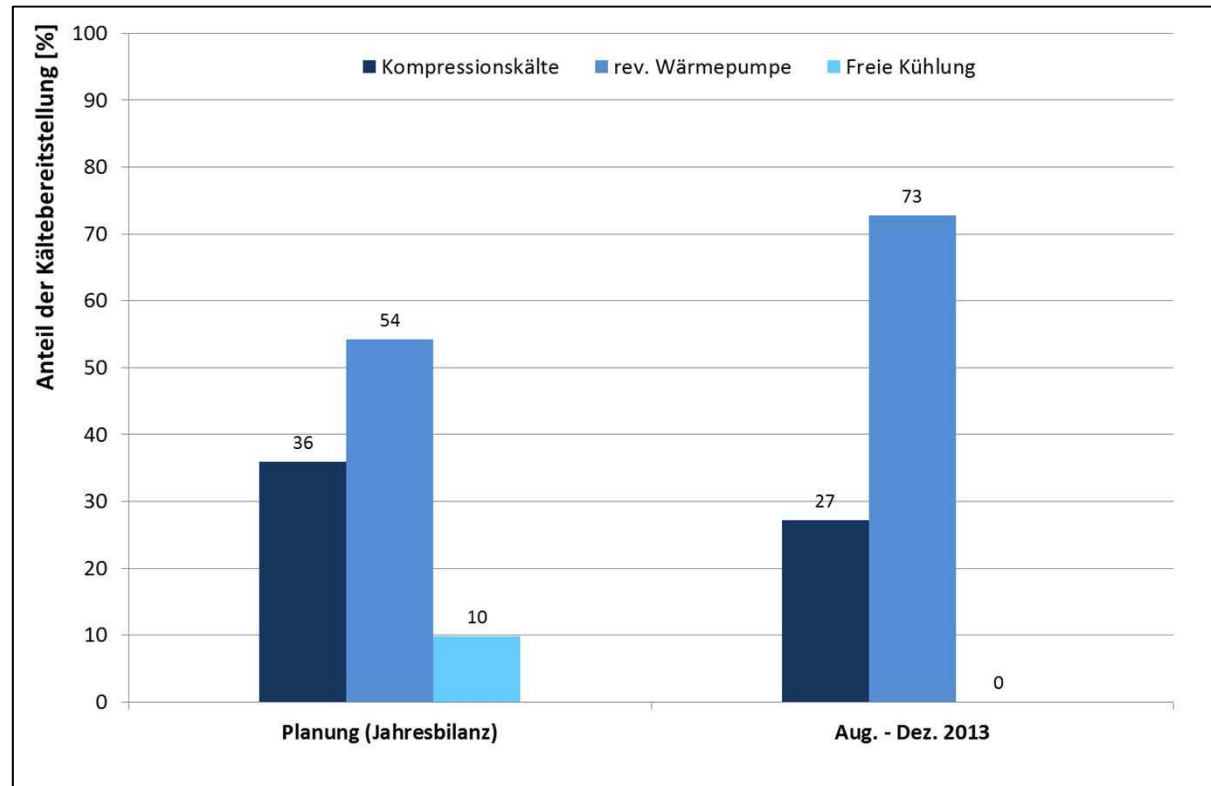


Messkonzept Kältebereitstellung/ -abnahme





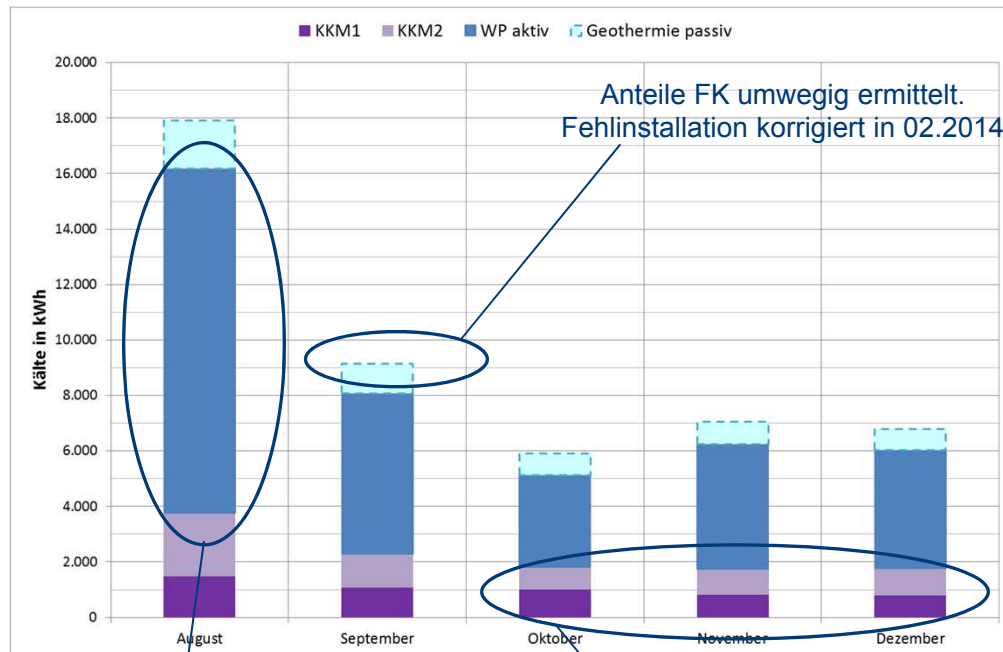
Anteile der Kältebereitstellung



- aus GLT-Daten ermittelte Energiemengen im Verhältnis
- Vergleich mit Planungsdaten zwecks Qualitätssicherung



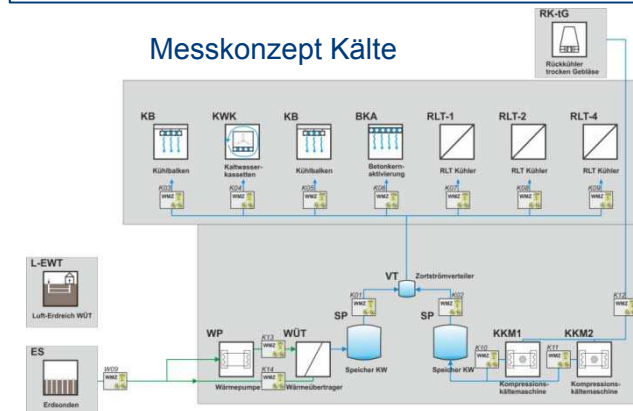
Kälte – Anteile der Bereitstellung 08.13 – 12.13



entspricht ca.
 $11 \text{ kWh}_K / \text{m}_{\text{NGF}}^2$

Hochrechnung auf Jahr:
 $\sim 27 \text{ kWh}_K / (\text{m}_{\text{NGF}}^2 \cdot \text{a})$

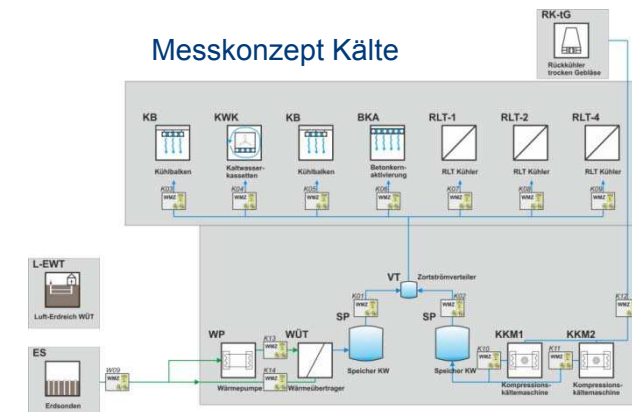
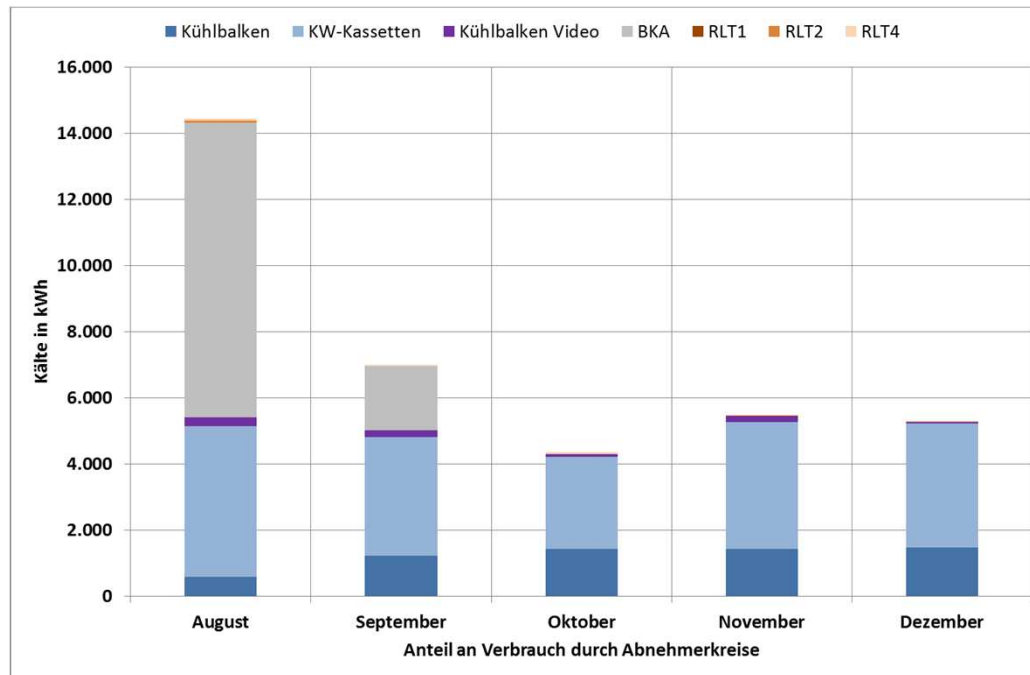
Messkonzept Kälte



Grundlast resultierend aus Betrieb KW-Kassetten der Serverräume erfordert Einsatz der KKM. Anhebung von VL-Temperaturen und Sollwerte für die Raumtemperatur über die Regelung geplant. Verringerung von KKM-Einsatz

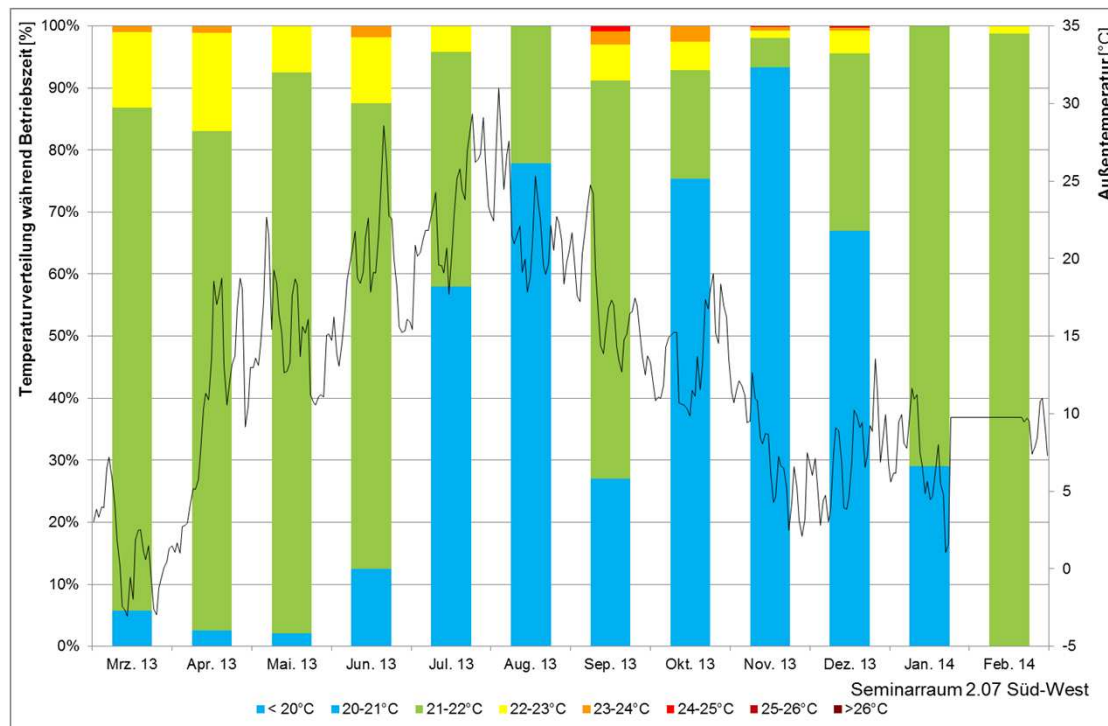
größere Anteile durch WP bereitgestellt

Kälte – Anteile der Verbraucher 08.13 – 12.13



- Betonkernaktivierung geht ab Oktober 2013 in den Heizbetrieb über
- Verbrauch durch Kaltwasserkassetten und Kühlbalken zeigt gleichbleibenden Verlauf über den dargestellten Zeitraum

Komfort – Raumtemperaturen im Seminarraum aus GLT Daten

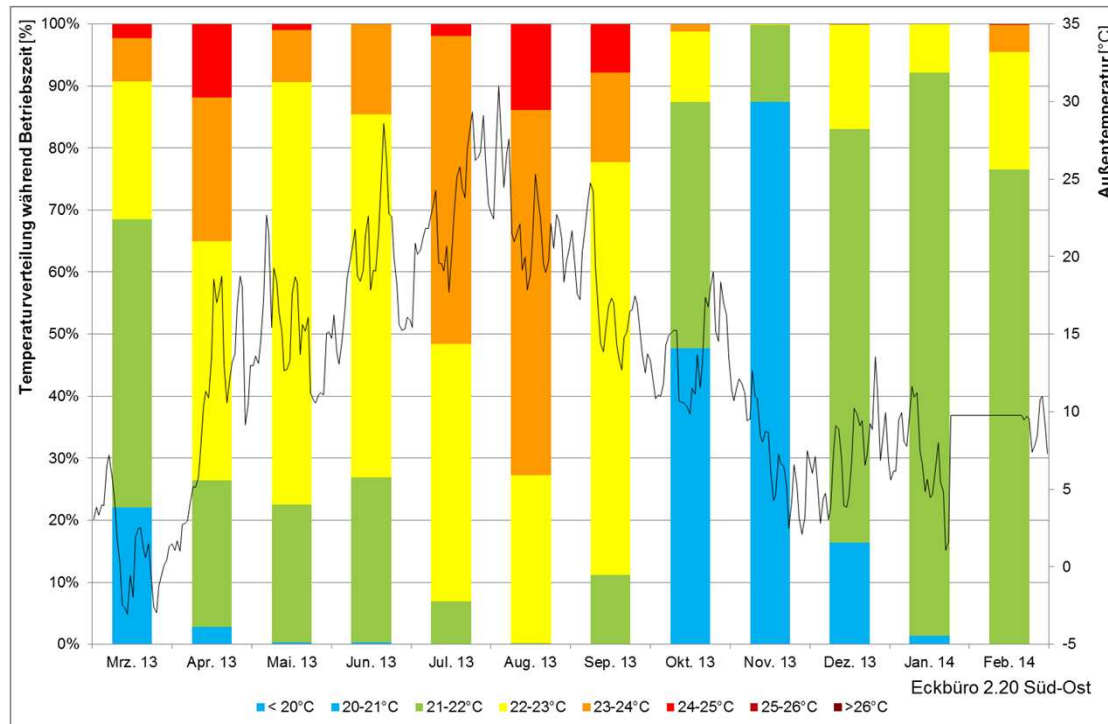


Eckbüro (2.OG Süd-Ost)
Postproduktion (2.OG innenliegend)
Seminarraum (2.OG Süd-West)

- In den Sommermonaten, die in die vorlesungsfreie Zeit fallen, sind 70 % der Raumtemperaturen unter 21 °C
- Anhebung der Sollwerte für Raumtemperaturen können hier Einsparungsmöglichkeiten für den Kühlenergiebedarf ergeben; ohne relevante Verringerung des Komforts



Komfort – Raumtemperaturen im Eckbüro aus GLT Daten



Eckbüro (2.OG Süd-Ost)
Postproduktion (2.OG innenliegend)
Seminarraum (2.OG Süd-West)

- solare Wärmelasten werden durch Sonnenschutz ausreichend minimiert bzw. durch Kühlung abgeführt
- keine Überhitzung trotz kritischer Südausrichtung

Planungs-, Betriebsdaten und Kennzahlen

Auslegungsdaten:

Luftwechsel Studio: 3,0 h⁻¹
max. Volumenstrom: 4.800 m³/h

Luftwechsel Nebenräume: 2,4 h⁻¹
el. Anschlussleistung Zone: ca. 50 kW

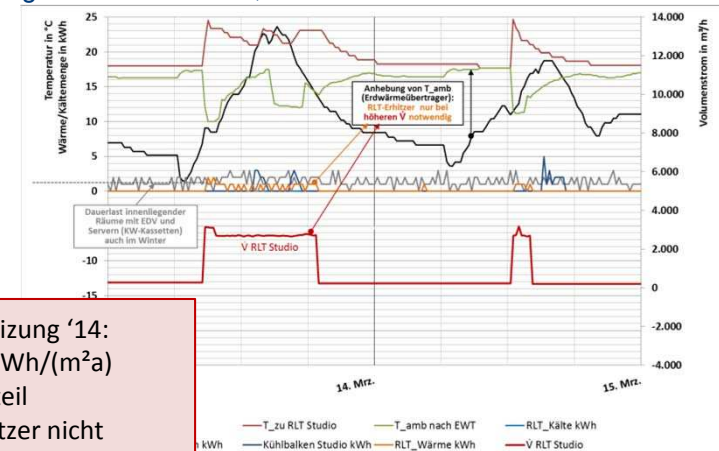
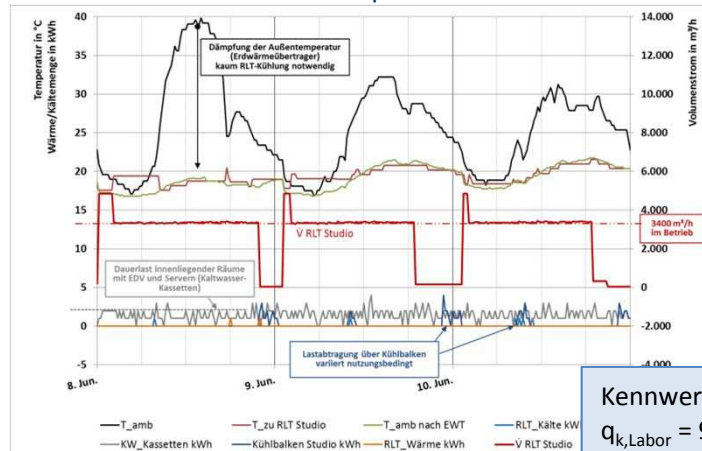
(Gleichzeitigkeitsfaktor berücksichtigt)

spez. Heizlast: Studio
spez. Kühllast: Studio

35,7 W/m²
189 W/m²

Labor gesamt: 23,5 W/m²

Labor gesamt: 145 W/m²; nur Serverraum 600 W/m²

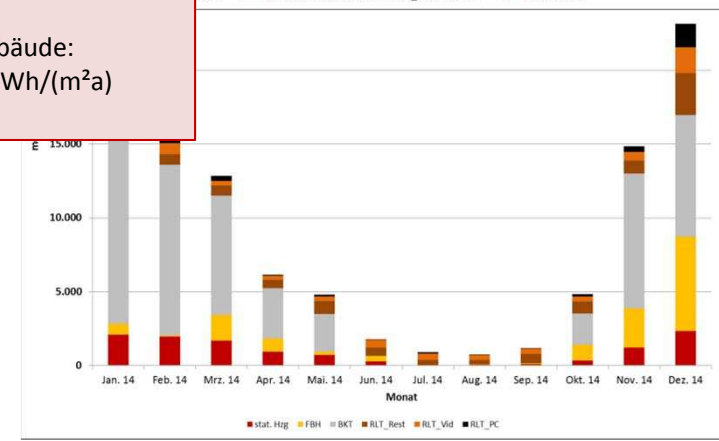
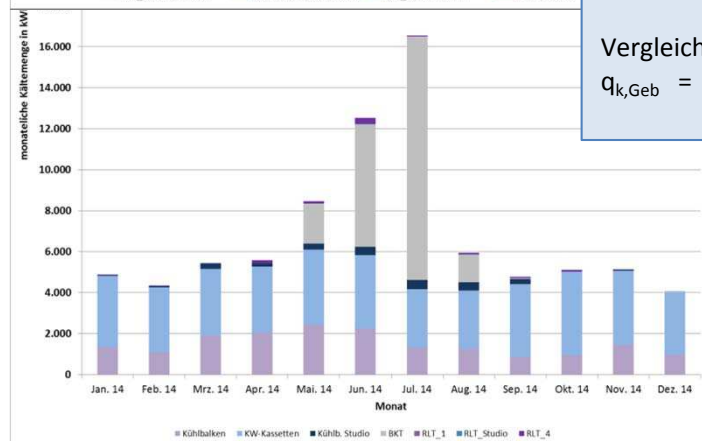


Kennwert Kühlung '14:
 $q_{k,Labor} = 90 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Vergleich Gebäude:
 $q_{k,Geb} = 9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Kennwert Heizung '14:
 $q_{H,Labor} = 17 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
(geringer Anteil
FBH/Luftwärmer nicht
inbegriffen)

Vergleich Gebäude:
 $q_{H,Geb} = 22 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$



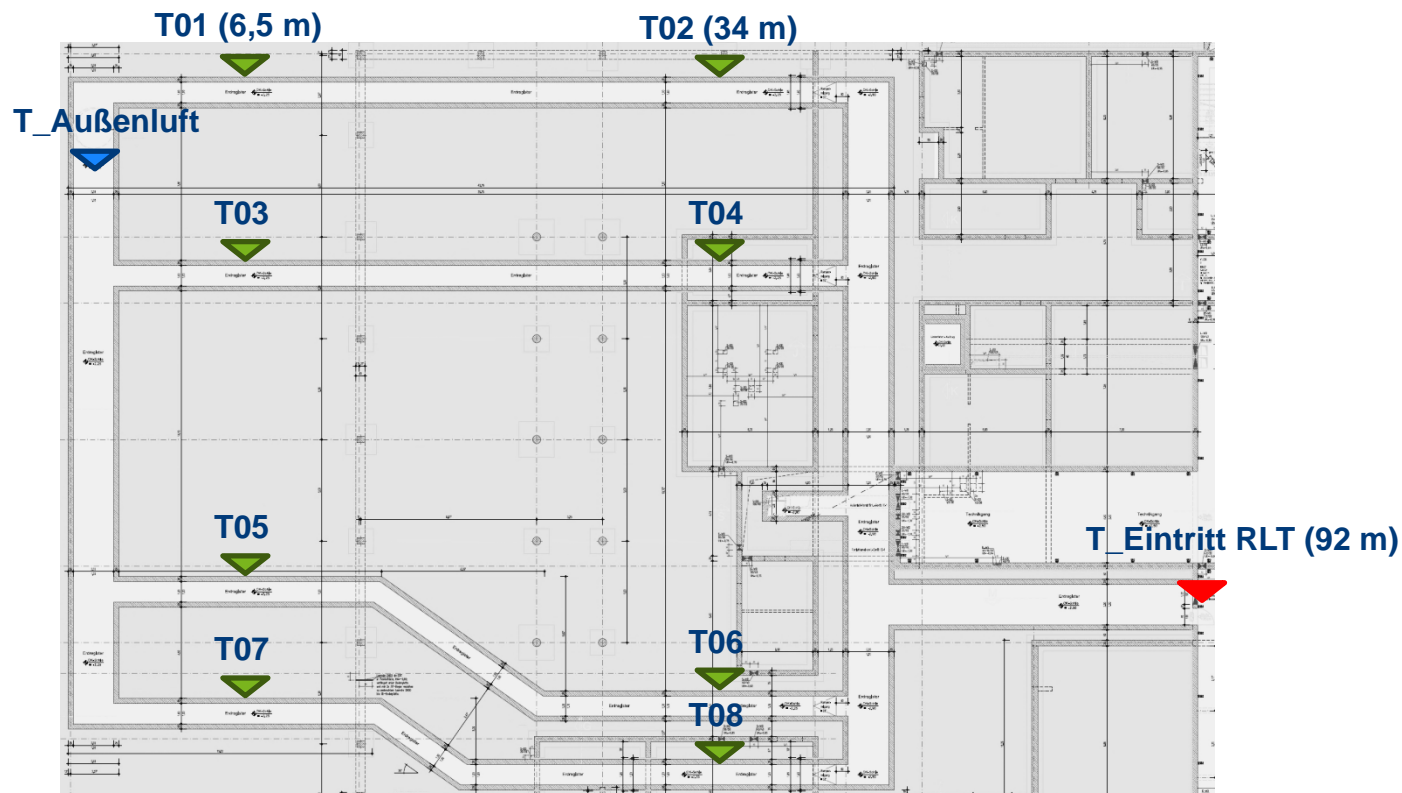


Luftvorwärmung bzw. – kühlung über Erdluftregister

- Monitoring:
 - gemessen werden:
 - der Länge nach angeordnete Temperaturfühler
 - Eintrittstemperatur
 - Austrittstemperatur
 - Summenvolumenstrom über alle 4 RLT-Anlagen
- ⇒ ermöglicht Bildung des Wärme- bzw. Kälteertrags über Luft-Erdreich-Wärmeübertrager
- ⇒ Einbeziehung in Kälte- und Wärmebilanz von Gebäude

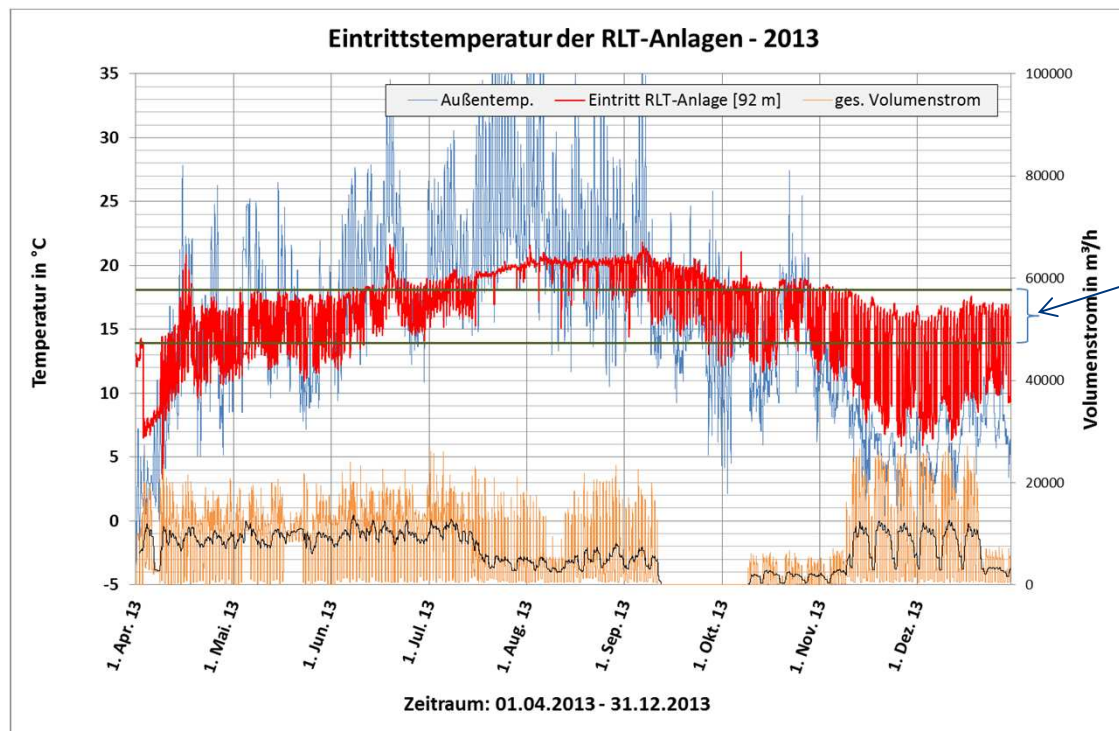


Erdregister - Temperaturmessung



- T01 – T08 sind Wand-Anlegefühler (entsprechende Trägheit)
- T_Außenluft und T_Eintritt RLT setzen als Lufttemperatursensoren Temperaturänderungen direkt um

Erdregister - Temperaturmessung

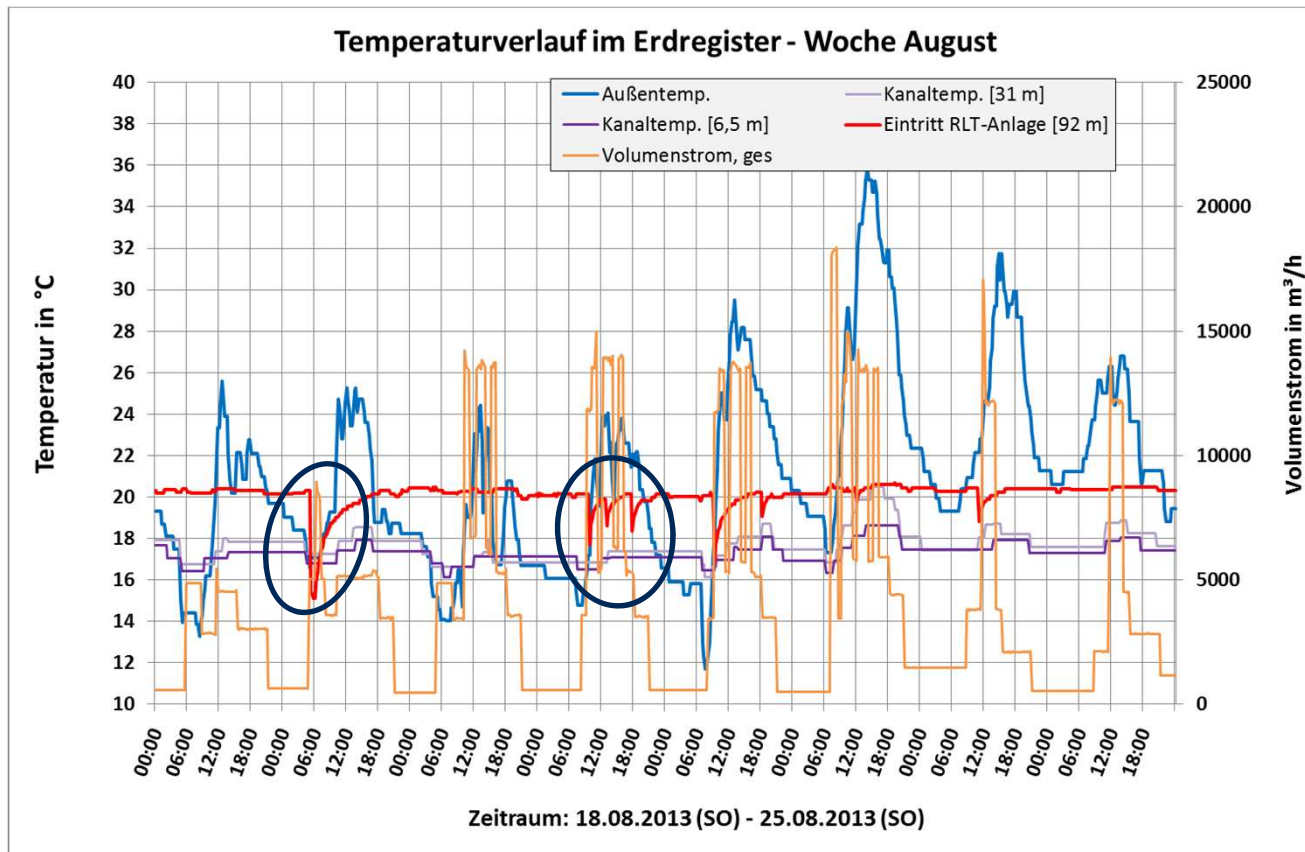


Temperaturband für Bypassbetrieb



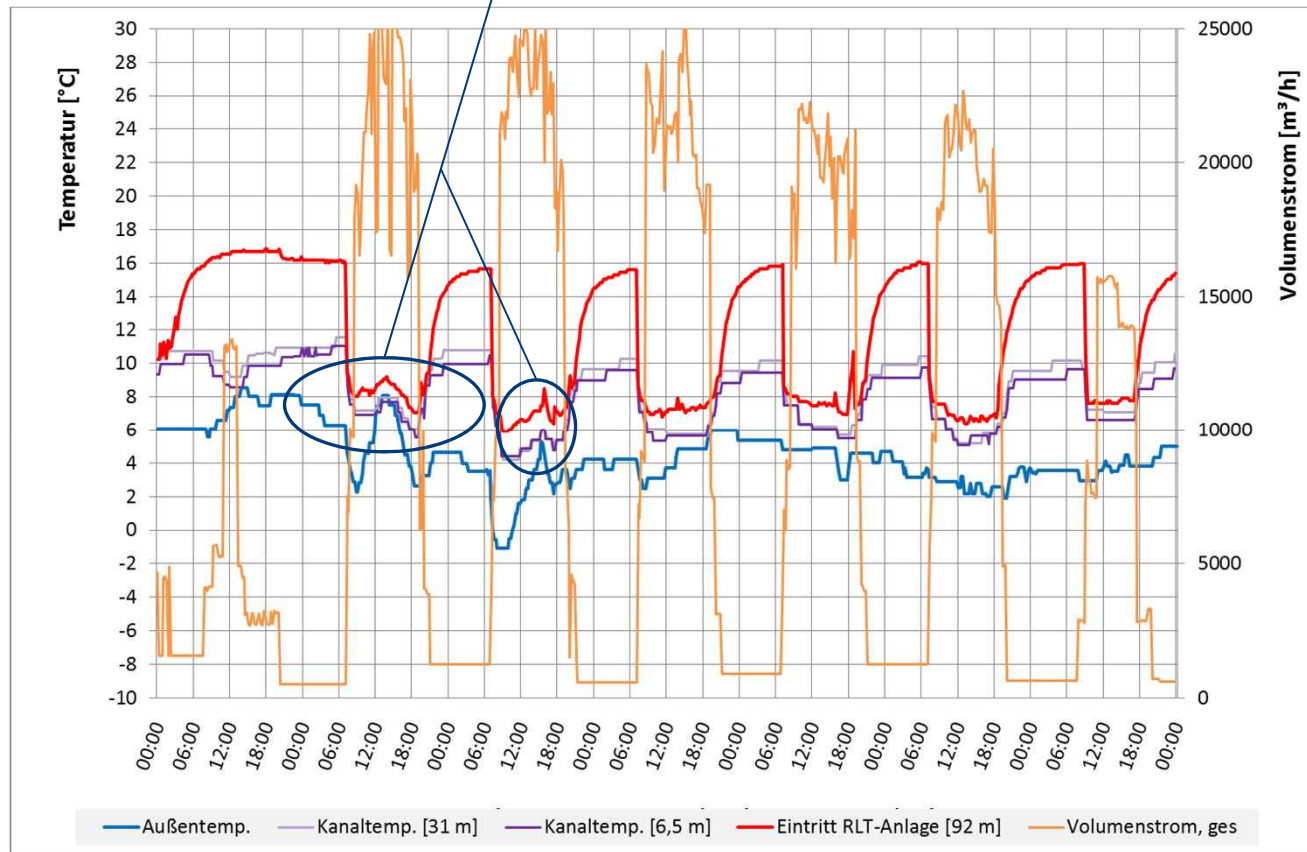
- Winter: Temperatur am Eintritt in die RLT ist bei Ansaugung über Erdregister $>5^{\circ}\text{C}$
- Sommer: weitestgehend ausreichende Vorkühlung der Außenluft reduziert die Notwendigkeit der Nachkühlung durch die RLT

Erdregister – Temperaturmessung August



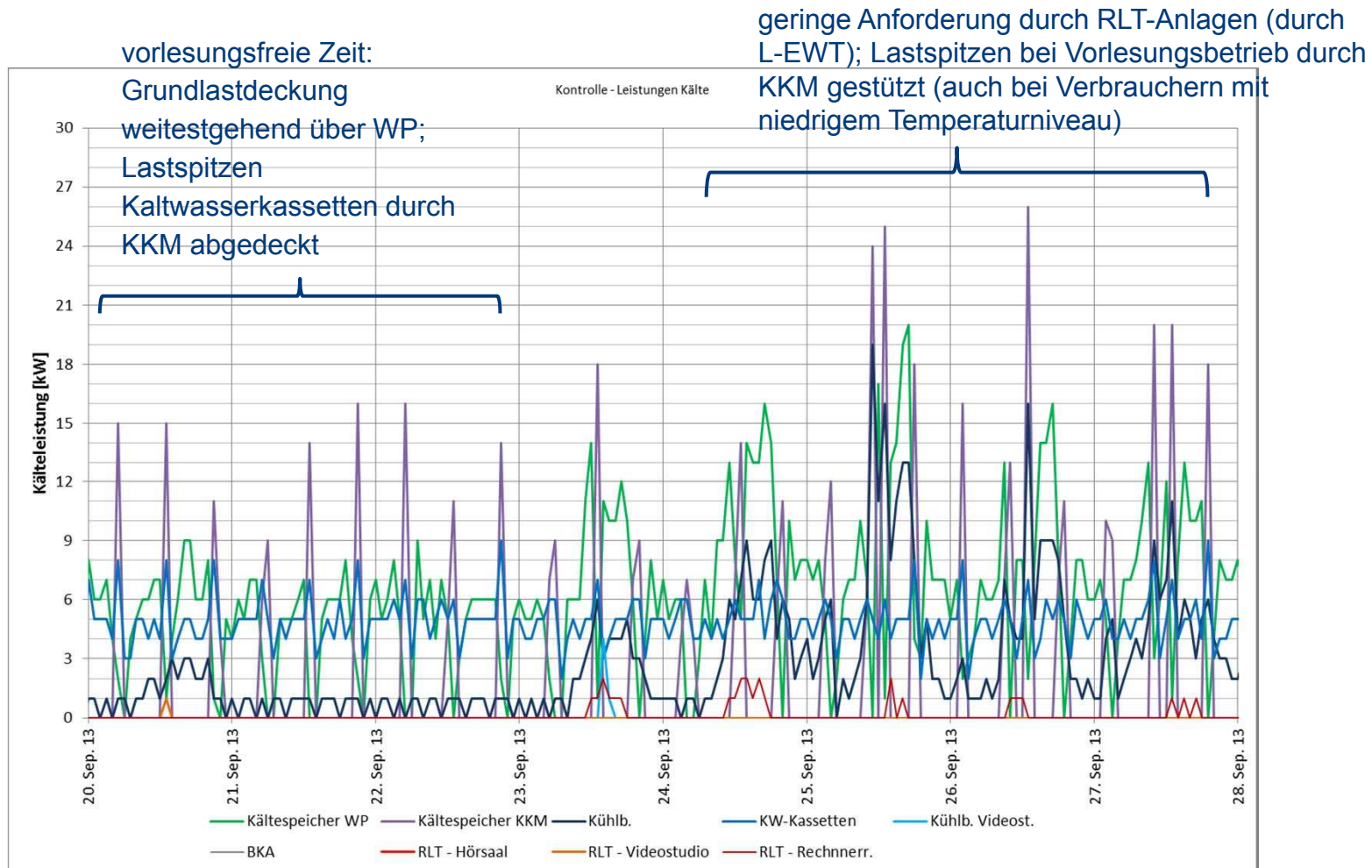
Erdregister – Temperaturmessung Dezember

Vorwärmung der Luft bei Volumenströmen >
20000 m³/h teilweise sehr gering

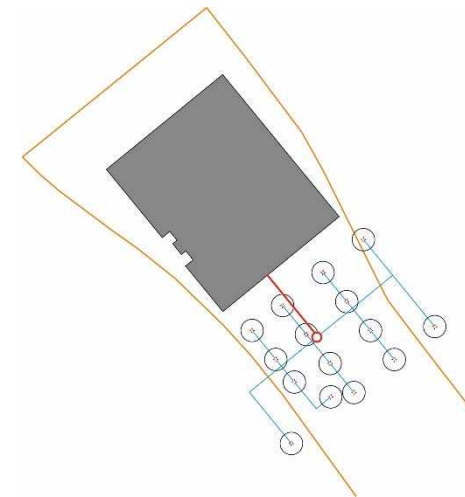
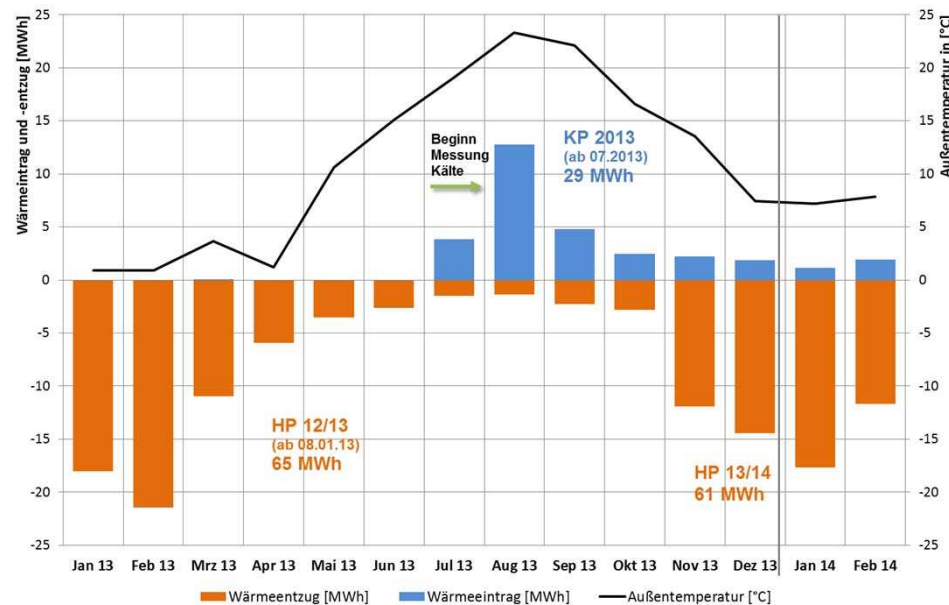


Vorwärmung der Außenluft ermöglicht Nutzung des
Temperaturniveaus der WP
für die RLT-Nacherhitzer

Erdregister – Temperaturmessung Dezember



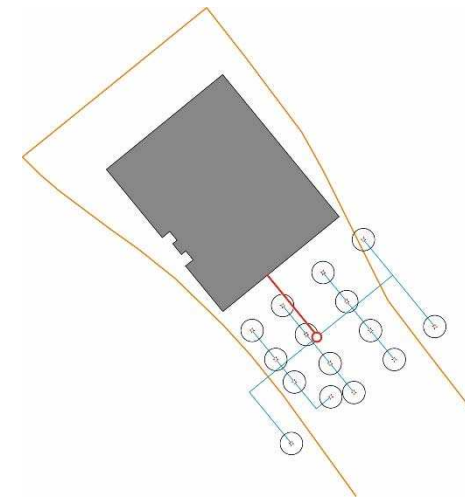
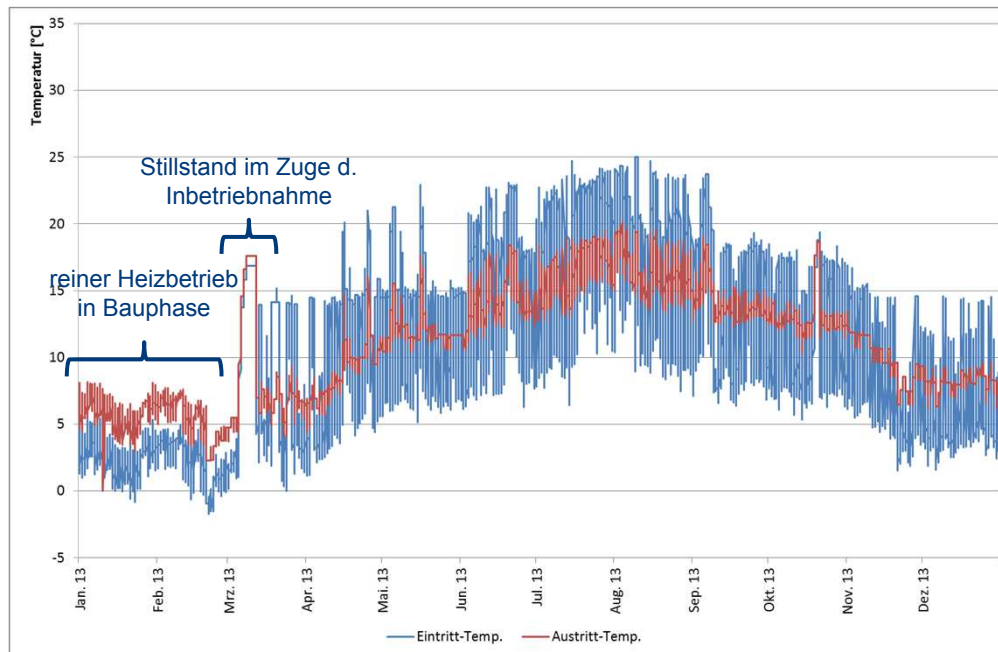
Sondenfeld - Energiebilanz



Planungswerte Erdreich: Eintrag: ~ 50 MWh/a Entzug: ~33 MWh/a

- Planungswerte werden bei Gebäudeheizung über WP nicht eingehalten
- Wärmeentzug liegt höher als geplant
- Einfluss des erhöhten Wärmeentzugs auf die Anteile der FK möglich
- aktive Kühlung über WP kann bei vollständiger Nutzung der Flächen ab 2014 Planungswerte erreichen

Sondenfeld - Energiebilanz



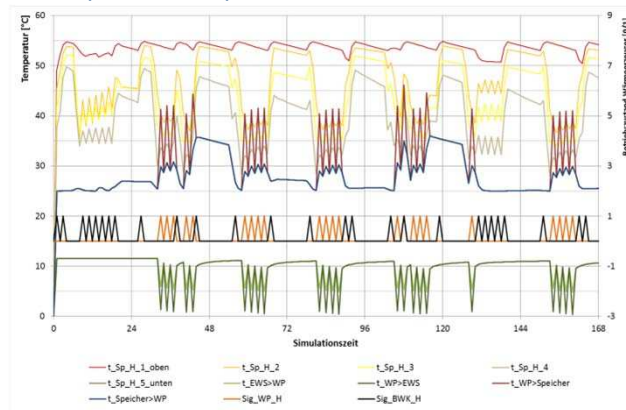
Planungswerte Erdreich: Eintrag: ~ 50 MWh/a Entzug: ~33 MWh/a

- Planungswerte werden bei Gebäudeheizung über WP nicht eingehalten
- Wärmeentzug liegt höher als geplant
- Einfluss des erhöhten Wärmeentzugs auf die Anteile der FK möglich
- aktive Kühlung über WP kann bei vollständiger Nutzung der Flächen ab 2014 Planungswerte erreichen

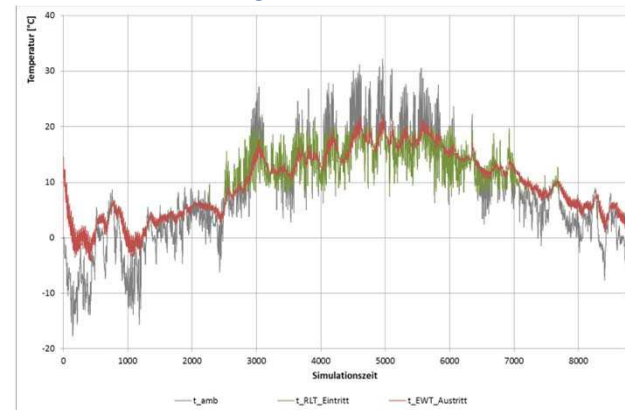
thermische Simulation

Ziel: Untersuchung und Optimierung von Regelparametern, Temperaturniveaus etc.

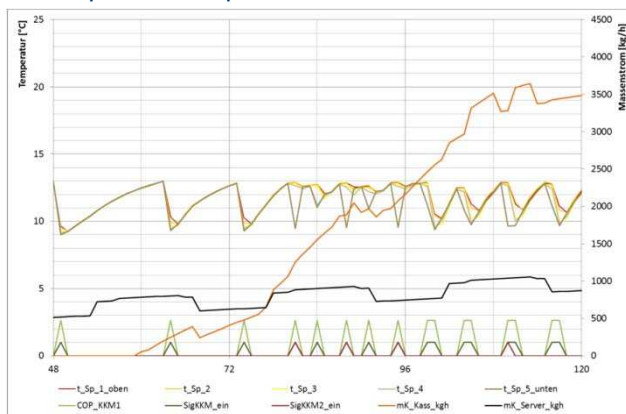
Heizen: Speichertemperaturen und Betriebszustände



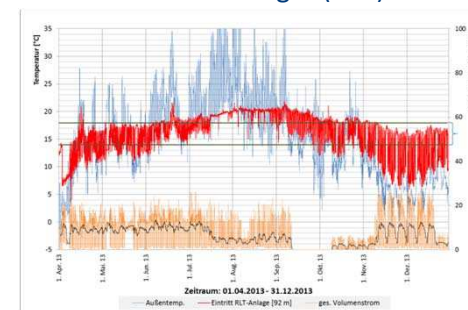
Luft-Erdwärmübertrager



Kühlen: Speichertemperaturen und Betriebszustände



Luft-Erdwärmübertrager (real)



Inbetriebnahme der Anlagentechnik

Lüftungsanlage Seminarräume/ Bibliothek

- Lüftungskanäle gehen durch mehrere Brandabschnitte ⇒ Vielzahl von Brandschutzklappen
- Problem 1:
nach Stromausfall fahren Brandschutzklappen zu langsam wieder auf ⇒ Störmeldung
⇒ keine Anfahren der Lüftungsanlagen ⇒ Sollwertanpassung in der Programmierung
- Problem 2:
Starke Geräuscentwicklung im Videostudio bzw. WC- Räumen ⇒ Überprüfung der Zu- und Abluftmengen
- Problem 3:
Regieraum 1.17 gab es Unterdruck, fehlende Abstimmung der Volumenstromregler in Zu- und Abluft (schwierige Zugänglichkeit der Revisionsöffnung)
- Problem 4:
Störmeldung der Deckenkühlkassetten ⇒ defekte Leiterplatten, Materialfehler
- Problem 5:
Im Erdgeschoss gab es inaktive Bereiche der Fußbodenheizung ⇒ nicht korrekte Beschriftungen an FBH- Verteiler ⇒ falsche Zuordnung der Heizkreise



Inbetriebnahme der Messtechnik

Probleme:

- teilweise Beschädigung der Temperaturfühler bei Isolierarbeiten
- Rechenwerke der WMZ teilweise nicht korrekt
- einzelne vorgesehene Messstellen gar nicht installiert
- Kommunikation GLT und Messtechnik (M-Bus) bei der Stromzählung fehlerbehaftet





Die erfolgreiche Umsetzung des Projektes stellt eine modellhafte Vorgehensweise für zukünftige Bauprojekte im Hochschulbau und anderer Instanzen des öffentlichen Bereiches dar.

Neben dem ökologischen Aspekt ist das Projekt ein Beleg für die Möglichkeit einer Umsetzung eines Hochschulbaus mit überdurchschnittlichem Standard unter Einhaltung der Kostenrichtwerte.

Die Wahl eines Planungsteams und der verstärkte Einsatz von Simulationen in der Konzept- und Planungsphase sind hier hervorzuheben.

Die Anbindung des Gebäudes an das Labor der Fakultät Versorgungstechnik ermöglicht die Einbindung des vorhandenen Messkonzeptes in die Lehrveranstaltungen der Ostfalia.

Über die Integration des Monitorings in die Hochschulausbildung sowie das Angebot von Workshops an Betreiber und Planer ist das Gebäude auch nach Abschluss des Forschungsvorhabens im Jahr 2014 als Demonstrationsobjekt für wirtschaftlich darstellbares, nachhaltiges Bauen nutzbar.