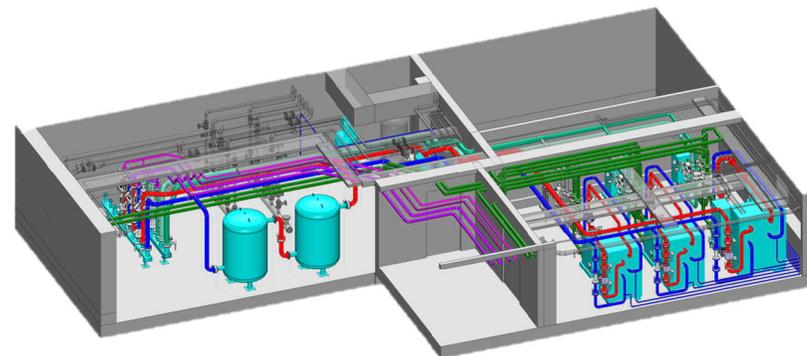
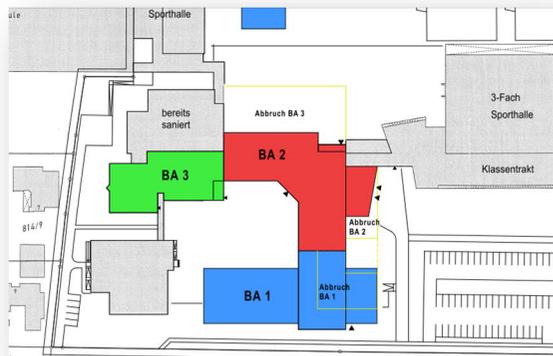


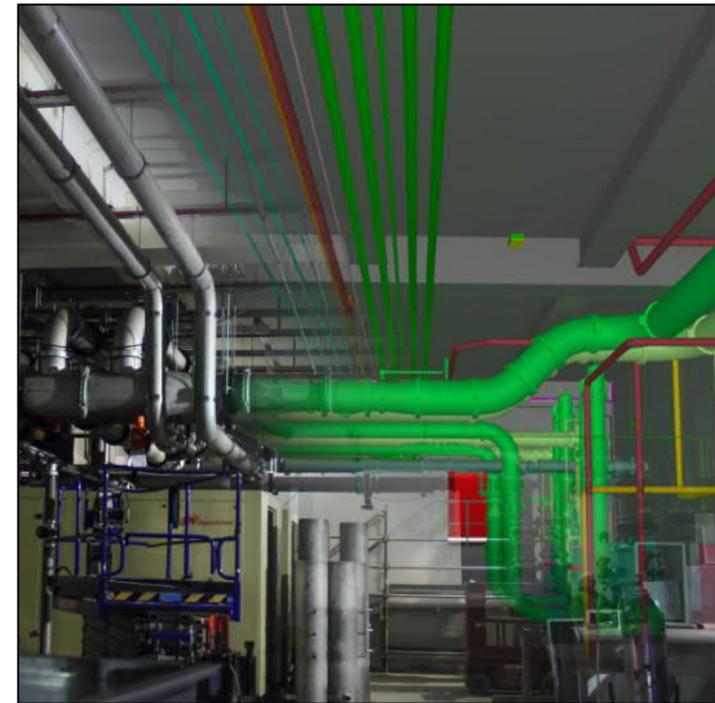
Planerisches Vorgehen und erste Erfahrungsberichte für die Gesamtsanierung des Gymnasiums Neutraubling



IB SCHOLZ

Ingenieurbüro für Technische Gebäudeausrüstung
Dipl.-Ing. (FH), Mitglied im VBI

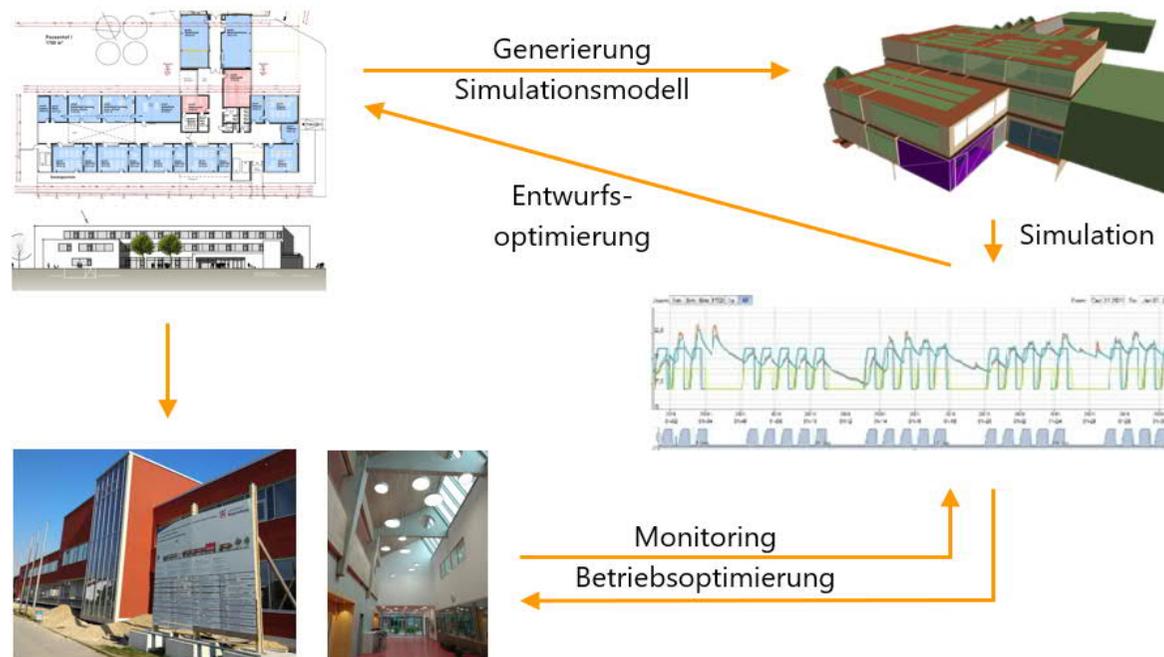
-  80 Mitarbeiter
-  7 Standorte



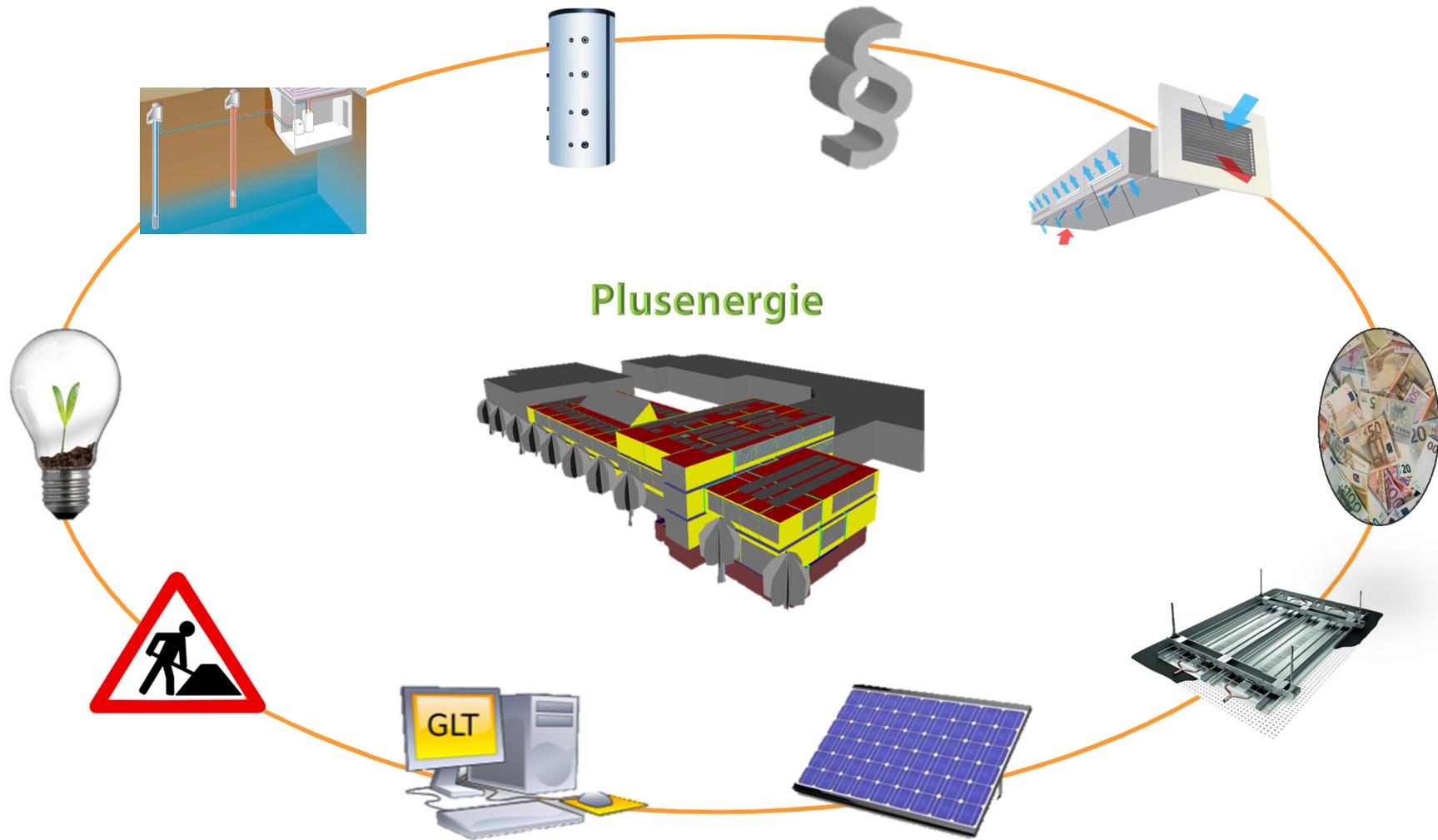
-  Fachplanungen der Technischen Gebäudeausrüstung gem. dem Leistungsbild der HOAI
 -  Anlagengruppen 1-3 und 7-8
 -  Leistungsphasen 1-9
-  2.100 Projekte



Integrales Sanierungskonzept zur Erreichung des Plusenergiestandards



Integrales Gesamtkonzept zur Erreichung des Zielstandards

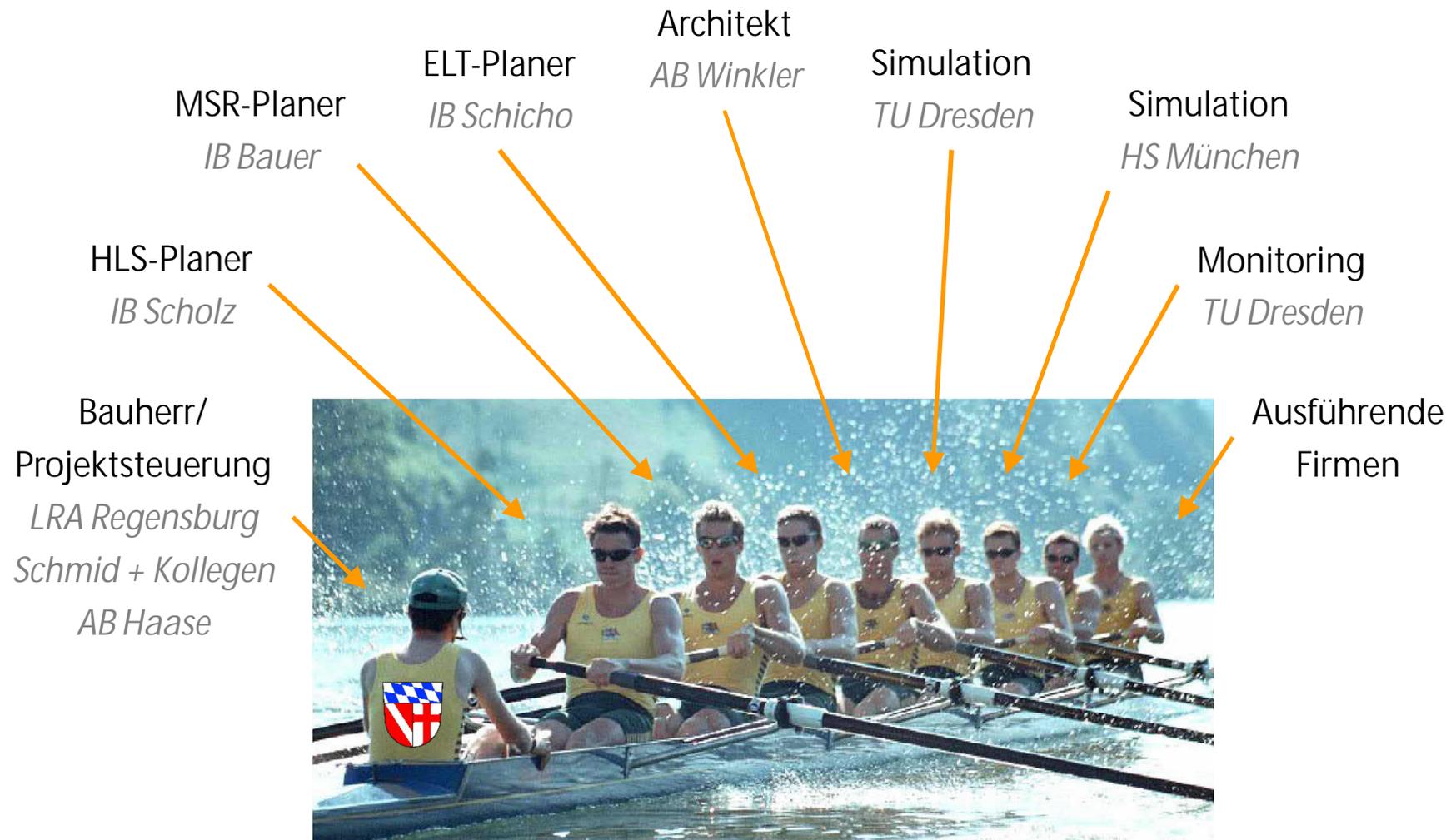


Planungs- und Umsetzungsstrategien

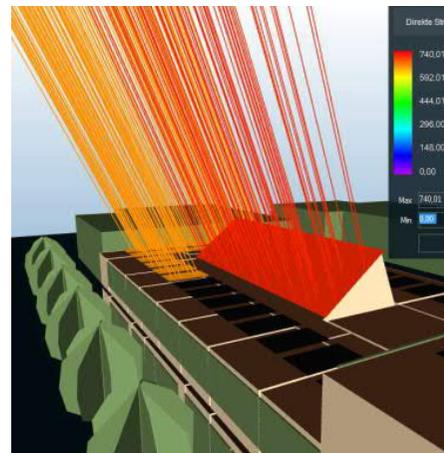
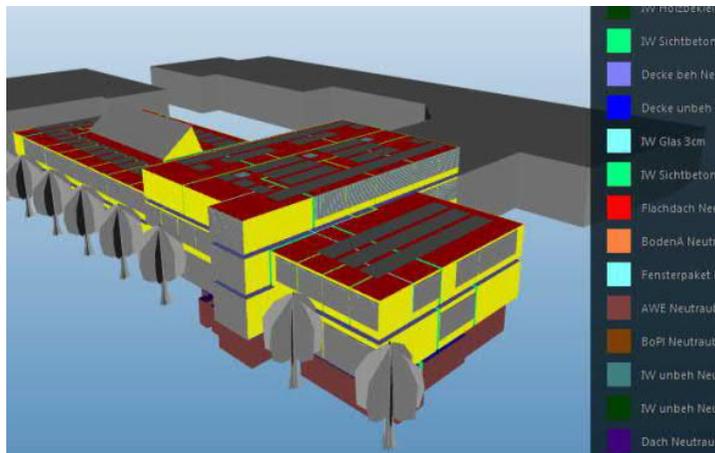
- /// Dezentrale Wärmepumpen gespeist aus neu zu errichtenden Brunnenwasseranlagen für jeden Bauabschnitt; Ansatz von 0 % Gleichzeitigkeit von Heiz- und RLT-Bedarf
- /// Kombinierte Heiz- und Kühldecken zur Erreichung hoher Behaglichkeitswerte; Auslegung rein auf Heizfallbetrachtung
- /// Dezentrale Lüftungsgeräte in nahezu allen Räumen, die auf den jeweiligen CO₂-Anfall bedarfsgerecht gefahren und so optimale Betriebskostenwerte aufweisen können
- /// Installation einer Photovoltaikanlage
- /// Architektonische Bauteilauswahl auch aus den Aspekten der Energieverlustminimierung
- /// Größenoptimiertes, gemeinsames Rohrnetz zur Versorgung aller Verbraucher (Hzg. + RLT)
- /// Einsatz von Wärmespeichern zur Optimierung der Wärmepumpenauslegung bzw. -lastung sowie der PV-Energiespeicherung
- /// Umsetzung einer möglichst einfachen Regelungsstrategie → Weniger ist mehr
- /// Umsetzbarkeit auch im Hinblick auf die Bauabschnitte muss gegeben sein
- /// Thermische Gebäudesimulation zur Kontrolle und Optimierung der Planungsansätze
- /// Optimierungen der Anlagenfahrweise im laufenden Betrieb sowohl mechanisch als auch regelungsseitig → energetisches Monitoring
- /// Integrale Planung aller Parteien in allen Schritten des Prozesses notwendig, um gewünschten Gebäudestandard zu erreichen



Integral zusammengesetztes Planungsteam



Die thermische Gebäudesimulation als Werkzeug zur Planungsoptimierung



Aufgabenstellung und Ziel

- /// Darstellung und Bewertung der zu erwartenden Energieverbräuche und -erträge zur Zielerreichung „Plusenergieschule“
- /// Berücksichtigung und Bewertung aller Verbraucher, die Energie benötigen, inkl. deren Querbezüge und Überschneidungen untereinander
- /// Optimieren der Energieerzeugung sowie -verteilung im Hinblick auf die Heiz- und Lüftungstechnik zur Reduzierung von Betriebs- und Investitionskosten
- /// Simulation von Regelstrategien zur Optimierung der Betriebsführung
- /// Praxisorientierte Ergebnisse, die in der Realität umsetzbar sind
- /// Darstellung bzw. Belegung der bisher im Projekt getroffenen, teils unkonventionellen und von der Norm abweichenden Auslegungsparameter der Heizung und Lüftung

Im Folgenden werden ein paar exemplarische Beispiele hierzu erläutert.

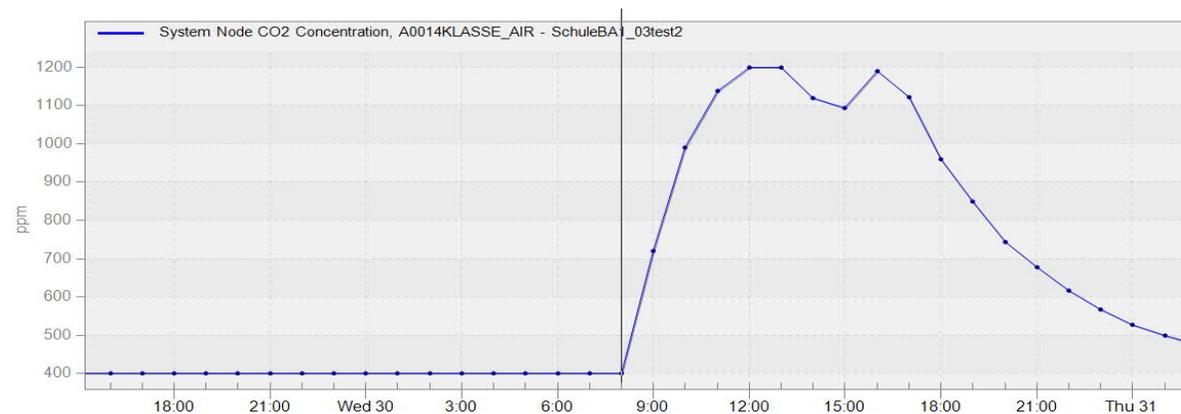
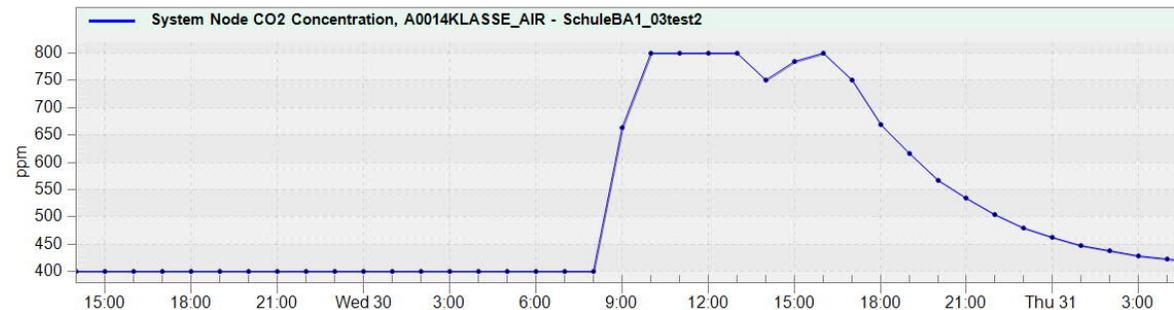


Betrachtung CO₂-Konzentration im Musterraum A0014 – IDA Klassen

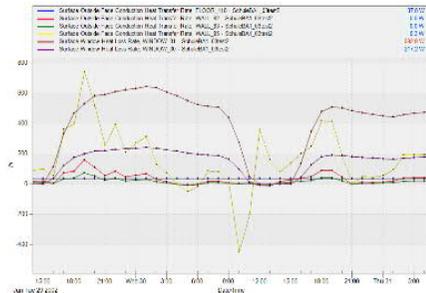
Um in den ersten Minuten des Klassenzimmerbetriebs keine zu hohen Energieverbräuche durch gleichzeitigen Betrieb von mechanischer Lüftung und Heizung zu generieren, wird sich für die IDA-Klasse II entschieden, da bei dieser ein langsamer ansteigender Lüftungsbedarf die Folge ist.

Somit fällt der mechanische Lüftungsbedarf zeitlich erst später an, wenn auch der Heizbedarf niedriger ist.

- Weniger notwendige Gesamtenergie im Raum
- Kleinere Leistungsauslegung
- Die entsprechende Sensorik sowie Einstellungen an der Lüftungsanlage werden vorgesehen



Betrachtung Energieflüsse im Musterraum A0014 - Heizfall



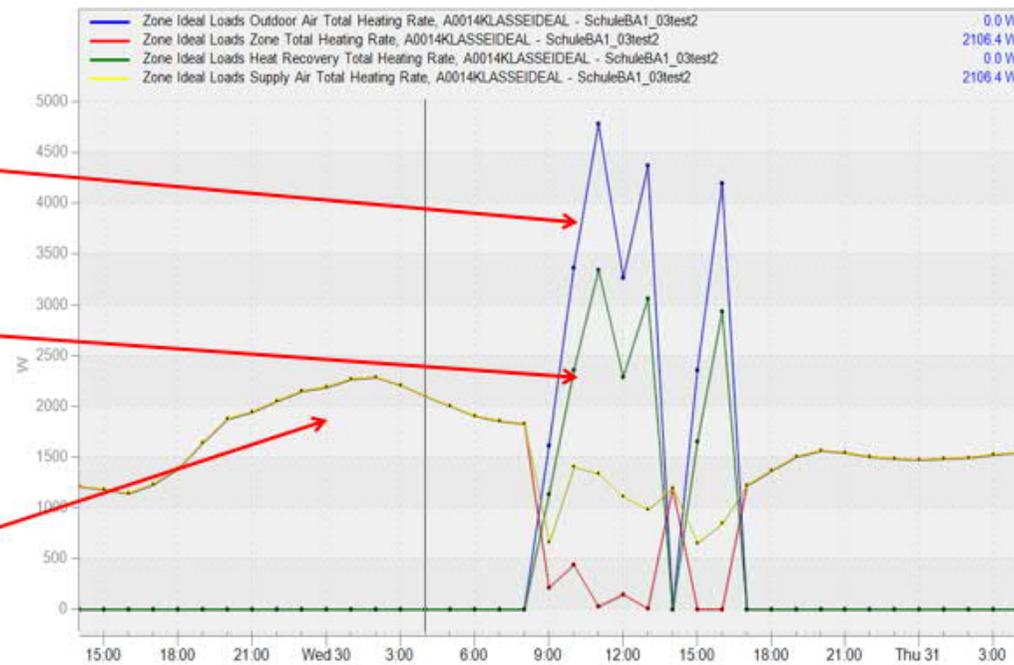
Erarbeitung der Grundlagen für die weitere Optimierung

→ Nacht- bzw. Wochenendauskühlung als maßgeblicher Faktor

→ Heiz- und Lüftungsbedarf während Betrieb wechseln sich ab

Auslegung Gleichzeitigkeit Wärmepumpe sowie energetische Betrachtungen zum gemeinsamen Rohrnetz bestätigt!

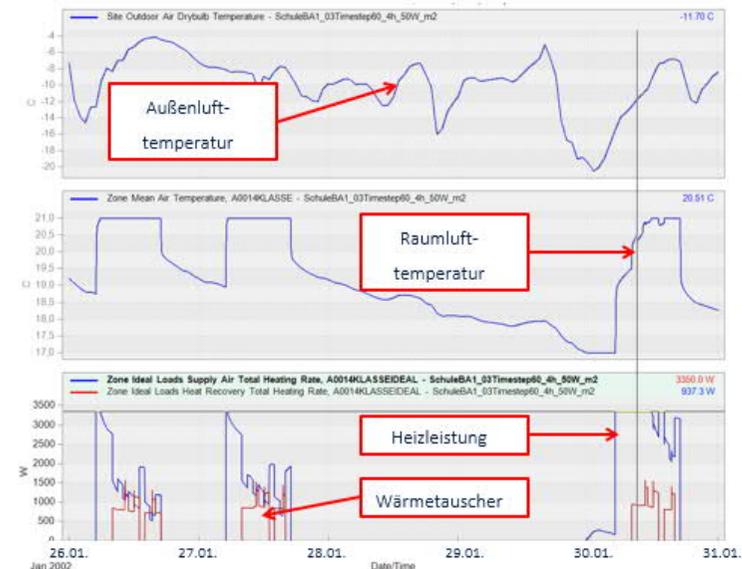
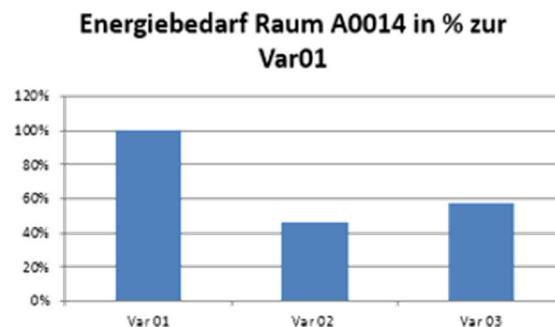
- Blaue Kennlinie stellt die angeforderte Energie zum Konditionieren der Außenluft dar
- Grüne Kennlinie stellt die Energie, die durch den Wärmetauscher eingespart wird dar
- Reines Heizen → Ausgleich der Transmissionsverluste, sowie der Infiltration)
gelb Kennlinie stellt die Heizenergie dar stellt



Optimierung Energieverbräuche – Bewertung Aufheizphasen

Zur Bewertung von Behaglichkeit und Energiehaushalt wurden verschiedene Aufheizszenarien bewertet und gegenübergestellt:

- /// Durchgehende Aufheizung der Räume auf 21 °C
- /// Absenkung der Sollwerttemperatur in den Räumen um 4 K
- /// Untersuchung von verschiedenen Aufheizzeiten
- /// Simulation verschiedener Leistungsgrenzen zur Energiebereitstellung



Fazit:

- /// Mit der Aufheizphase von 4 Stunden wird der beste Kosten-Nutzen-Ertrag erzielt
- /// Das Vernachlässigen der Leistungsbegrenzung führt zu den größten Betriebsenergieeinsparungen, wird jedoch nicht vorgesehen, da dann massive Investitionssprünge (Erzeugerleistung Wärmepumpe + Verteilnetz) vorzunehmen sind



Optimierung Energieverbräuche – Bewertung Aufheizphasen

Auf Basis der Untersuchungen wurde ein entsprechender Algorithmus erstellt, der bei der Umsetzung implementiert werden soll.

Dieser vereint die Ergebnisse aus Energieoptimierung und Behaglichkeitsanforderungen.

Bedingung für die Steuerung der Absenktemperatur (T_{ab})

Falls:

$[T_{out} < -5^{\circ} \text{ C }]$ **UND** $[\text{Uhrzeit} < 3:00$
bzw. 5:00 (andere; Klasse) **ODER**
 $\text{Uhrzeit} > 20:00$ **ODER** Wochenende]

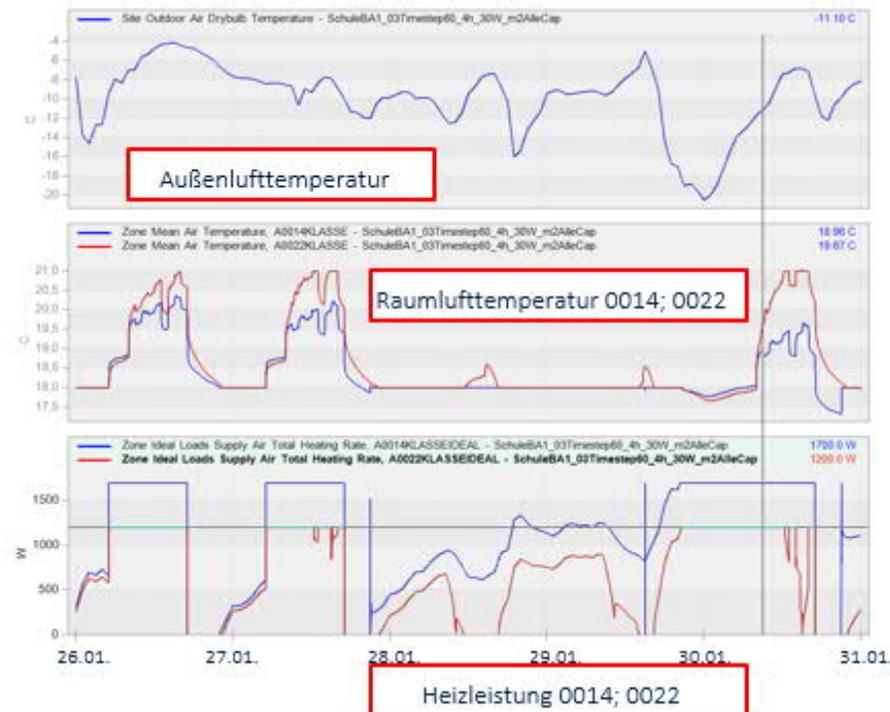
Dann = 18° C

Sonst = 17° C

Innentemperaturen 9:00 von

$19,0^{\circ} \text{ C}$ in A0014

$19,7^{\circ} \text{ C}$ in A0022



Berücksichtigung der Nachtlüftung zum Senken des Kühlenergiebedarfs

Nachtlüftung

Im Vergleich zur Variante ohne Nachtlüftung ist der Kühlenergiebedarf um 89 % bzw. 70 % innerhalb der 8 Tage gesunken.

Für 8 Sommertage

Kühlbedarf ohne Nachtlüftung:

Raum 0014 46,1 kWh

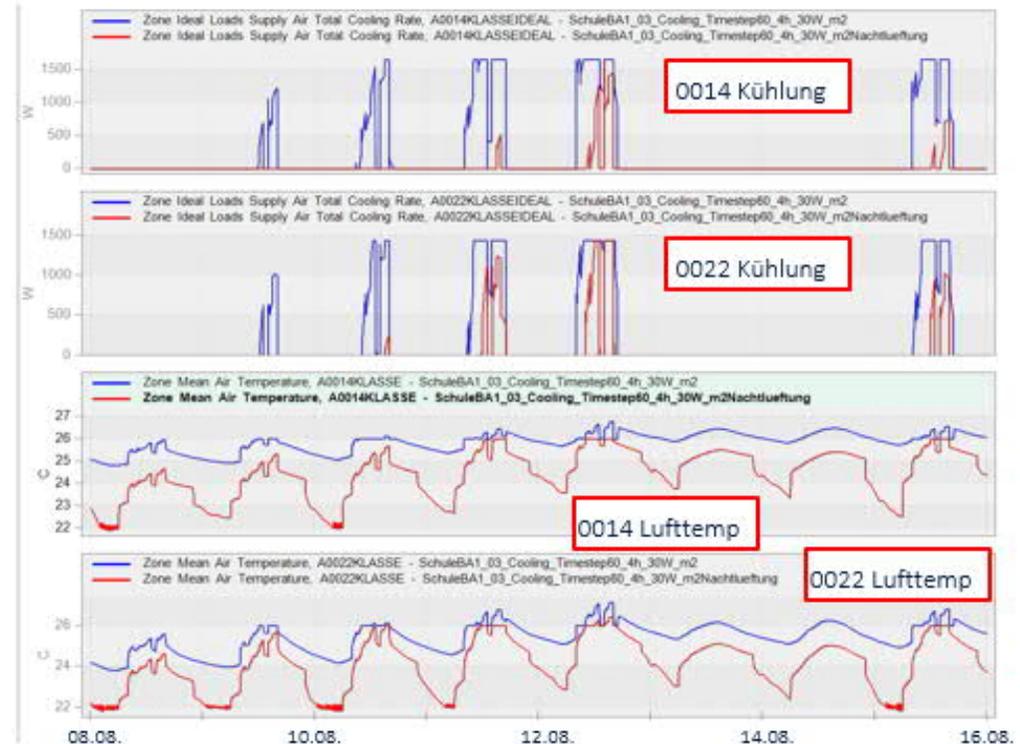
Raum 0022 38,6 kWh

Kühlbedarf mit Nachtlüftung:

Raum 0014 5,3 kWh

Raum 0022 11,7 kWh

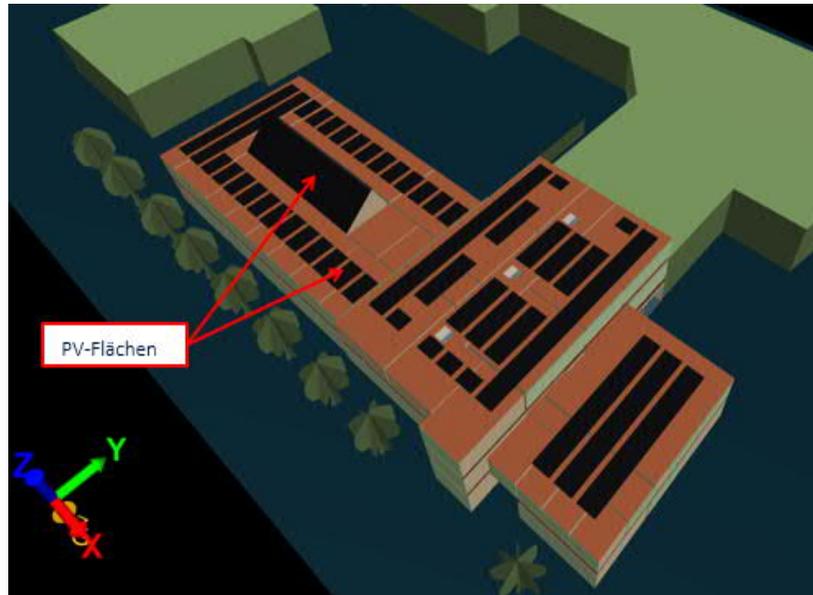
rote Linien mit Nachtlüftung; blau ohne



Die Nachtlüftung birgt für diesen Standort mit den nachts relativ kalten Sommertemperaturen beträchtliches Potential. Damit lässt sich der Kühlbedarf drastisch senken und die Ziele für Plusenergiegebäude sind ebenso besser zu erfüllen, ohne dass die thermisch aktive Deckenfläche erhöht werden muss.

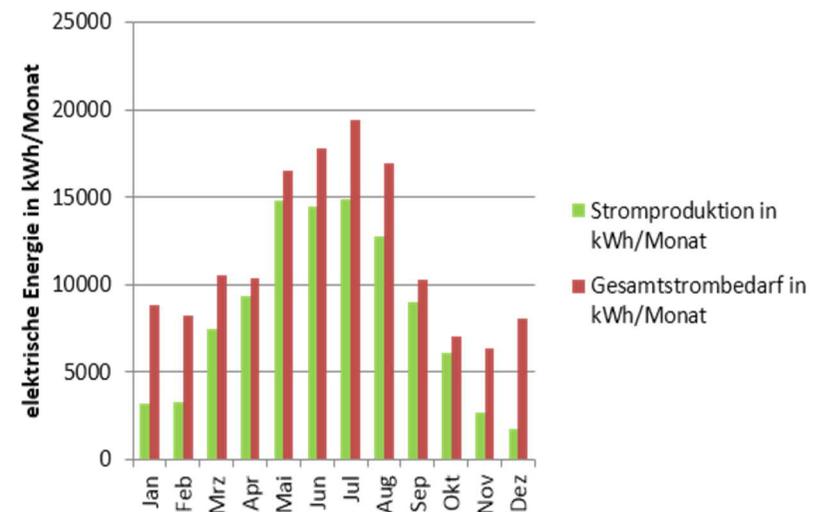
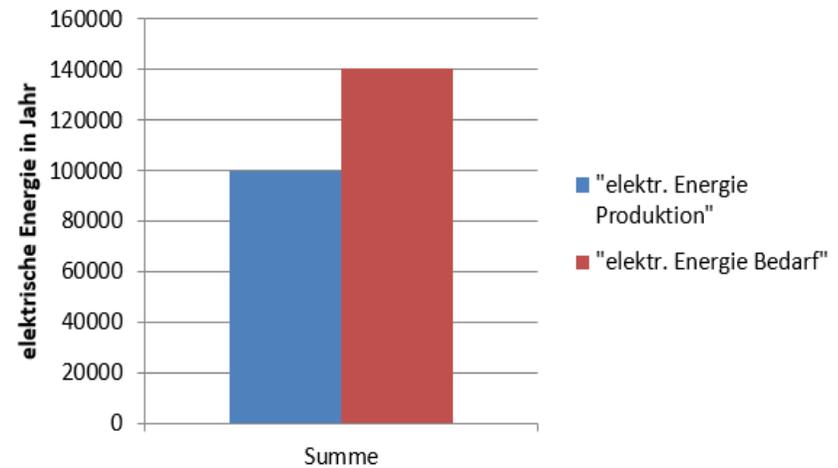


Berücksichtigung der Photovoltaikanlage für BA I

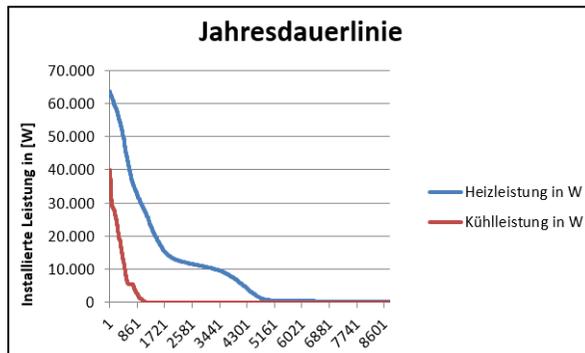
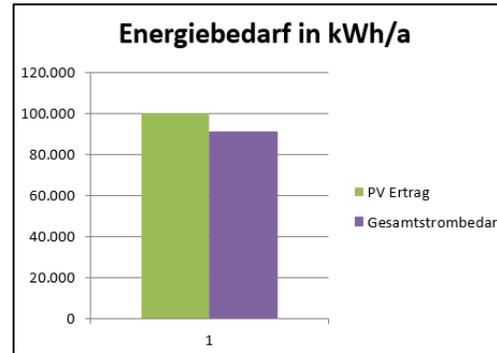
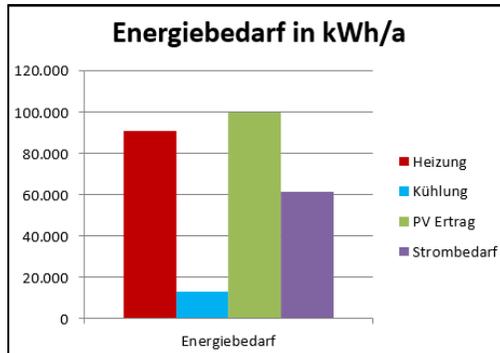


Im Simulationsprozess wurde ersichtlich, dass mit der ursprünglich geplanten PV-Anlage die Erreichung des Plusenergiestandards nicht möglich gewesen wäre.

- Optimierung der Technik sowie Flächen konnten frühzeitig eingesteuert werden
- Es wurden demnach 90 kWp mit 12° Neigung errichtet



Spiegelung der Ergebnisse auf alle Räume und gesamtheitliche Bewertung

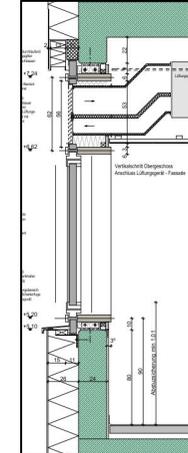
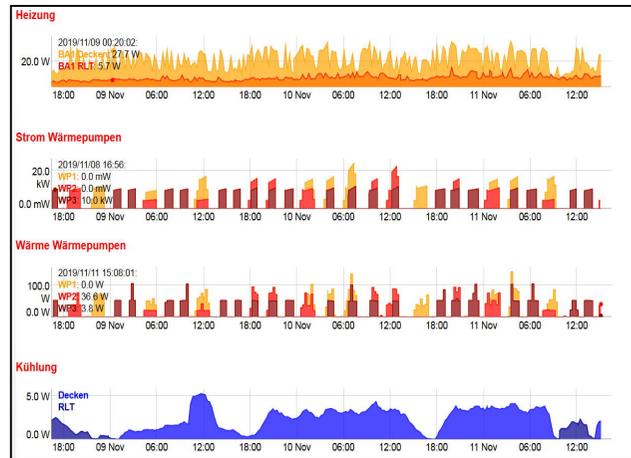


Reduzierung der notwendigen, zu installierenden Wärmepumpenleistungen im Vergleich zu konventioneller Planung mit Gleichzeitigkeitsfaktor 100 % um ca. 40 %!

Die Simulation hat die Prämissen zur Erreichung des Plusenergiestandards unter Bestätigung und Optimierung der Planungsansätze aufgedeckt. Die Randbedingungen für das spätere Monitoring mit den zu überwachenden Elementen konnte frühzeitig definiert werden.

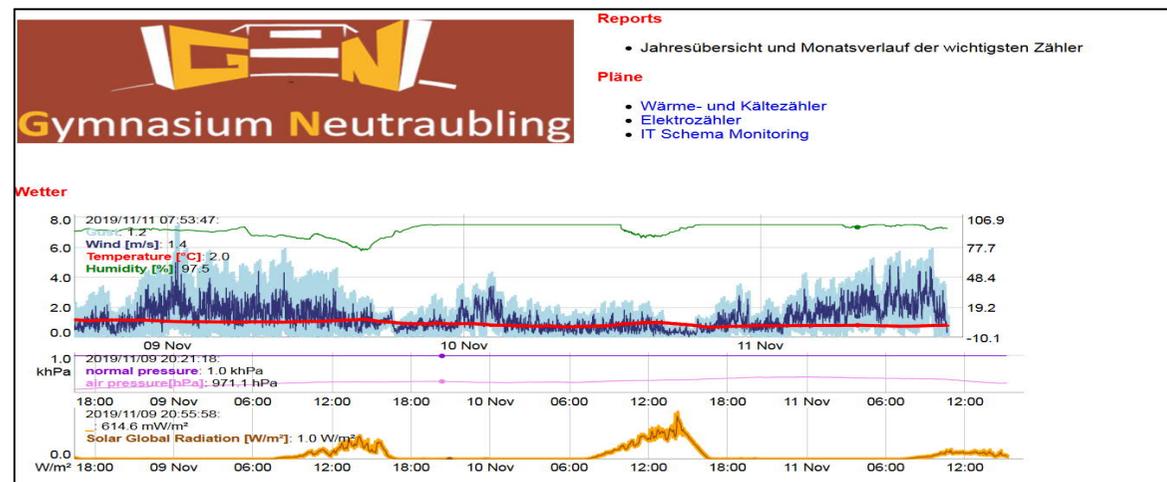


Umsetzung des Monitorings und erste Erkenntnisse



Fristgerechte Umsetzung des Monitorings

- /// Der Monitoringserver konnte zur Winterperiode 2018/2019 pünktlich in Betrieb genommen werden, was maßgeblich für den Erhalt der Fördergelder ist
- /// Die Daten werden seitdem von der TU-Dresden aufgezeichnet und gemeinsam mit der Planung ausgewertet
- /// Den Beteiligten werden die Informationen so zur Verfügung gestellt, dass sämtliche Messdaten in beliebiger Konstellation miteinander verglichen werden können
→ Grundvoraussetzung für die Analyse des Gebäudeverhaltens

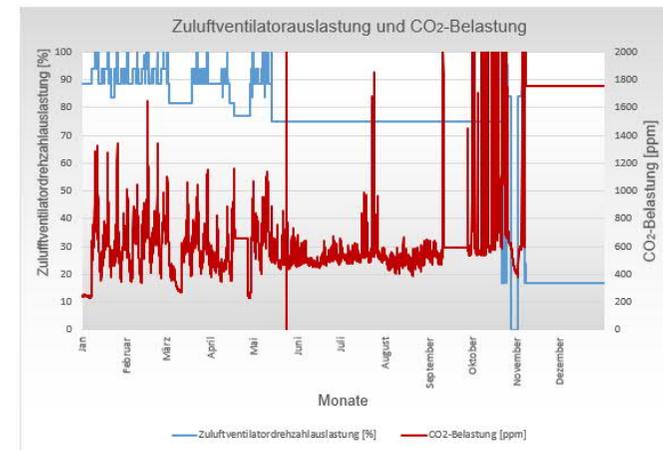


Erste Erkenntnisse zum Energieverbrauch der Wärmepumpen

Die ersten Auswertungen der Wärmepumpenauslastung haben deutlich gezeigt, dass die thermisch bereitgestellte Energie noch um ein Vielfaches höher ist als in der Simulation erarbeitet.

Die ersten Auswertungen haben hierfür folgende, erste Ergebnisse an den Tag gelegt:

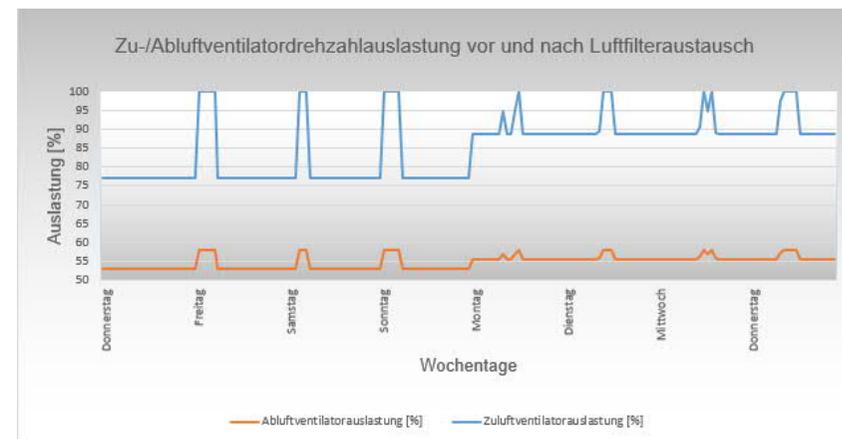
- /// RLT-Anlagen wurden in der Inbetriebnahmephase durchgehend und mit hohen Drehzahlstufen betrieben → Unterstützung bei der Entfeuchtung des Gebäudes während der Bauphase zur Vermeidung von Schimmelbildung
- /// Nachtabenkungsvorgabe wurde im Programm fehlerhaft bzw. abweichend von der Simulation berücksichtigt → Optimierung läuft noch
- /// Kommunikationsprobleme zwischen der Gebäudeleittechnik und der Herstellerregelung der Lüftungsgeräte (fehlerhafte Datenübermittlungen)



Erste Erkenntnisse zum Energieverbrauch der Wärmepumpen

- /// Außenliegender Sonnenschutz wurde erst im 2. Quartal 2019 installiert
 - Einflüsse waren auch während der kalten Jahreszeit deutlich spürbar und haben zu fehlerhaftem Nutzerverhalten geführt → Öffnung der Fenster
- /// Die Außenanlagen des Bauabschnitts 1 sowie der Baustellenbetrieb des Bauabschnitts 2 haben zu einem frühen Verstopfen der Gerätefilter geführt
 - CO₂-Werte konnten nicht mehr reguliert werden
 - Dauerhaft hohe Drehzahlen der RLT-Geräte zur Kompensation sowie unterschiedliche Druckverhältnisse in den Räumen

Die detaillierten Auswertungen der in der Simulation getroffenen Annahmen und Erkenntnisse werden in der Winterperiode 2019/2020 vertieft.



Fazit zum Start der Heizphase 2019/2020

- /// Durch die frühzeitige und intensive Zusammenarbeit aller beteiligten Firmen und Institutionen konnten die Faktoren der Planung, Simulation und Monitoring ideal in das Gesamtkonzept eingebunden werden.
- /// Aufgrund der hohen Investitionskosten dieser Maßnahme war es unerlässlich, den Fördermittelgeber rechtzeitig und intensiv in den Prozess einzubinden.
- /// Durch das Heranziehen der Simulationsergebnisse bei den Monitoringtätigkeiten können frühzeitig und effektiv Energieeinsparungen und Systemoptimierungen erzielt werden
- /// Weiterführung und Vertiefung der Betrachtungen, um den gewünschten Gebäudestandard Plusenergie zeitnah zu erreichen → Ohne diese Optimierung nicht möglich
- /// Übernahme der Erkenntnisse und Erfahrungen in die Planung und Umsetzung der folgenden Bauabschnitte möglich

