

Luftenergiezähler-Messdaten versus Simulation

Claus Händel / Jens Amberg

Geschäftsführer

Licht+Luft Consult / Luftmeister GmbH



Berlin, 28./29. Januar 2021

Aufgabenstellung – Simulation - Luftenergiezählung

■ Randbedingungen:

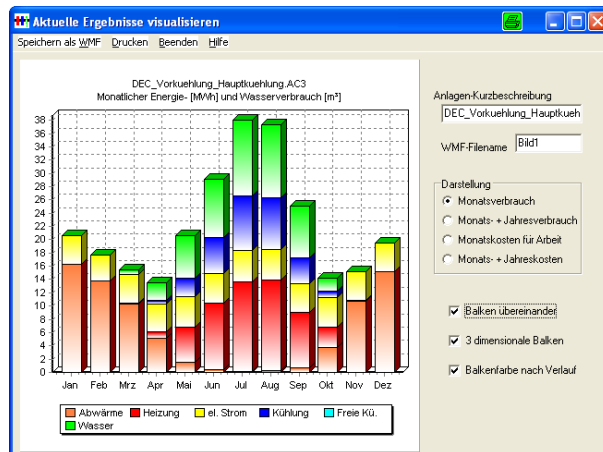
- Luftenergiezählung bildet genau die gleichen Energiemengen ab, die auch die Simulation abbildet (Energie der Luft im hx-Diagramm).

■ Anlagensimulation:

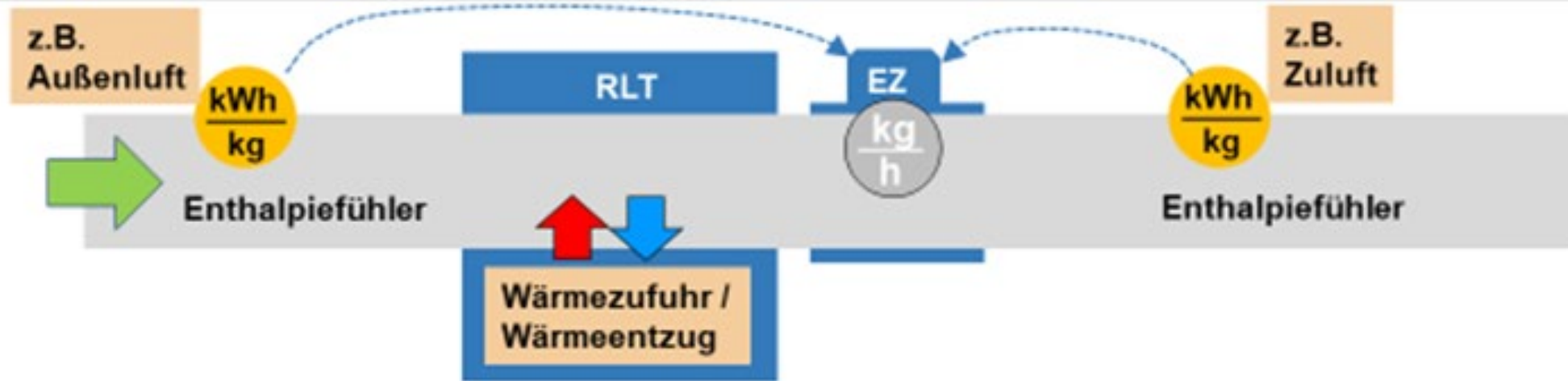
- Verifizierung der Annahmen zur Regelung und Prozessführung.
- Wie kommt man vom simulierten Energiebedarf mit besserer Genauigkeit zum Energieverbrauch?

■ Gemeinsame Ziele:

- Optimierung der Regel- und Betriebsstrategie in vorhandener Anlage



Funktionsweise des Luftenergiezählers



Leistung [kW] = Massenstrom $\frac{kg}{h}$ x Enthalpiedifferenz

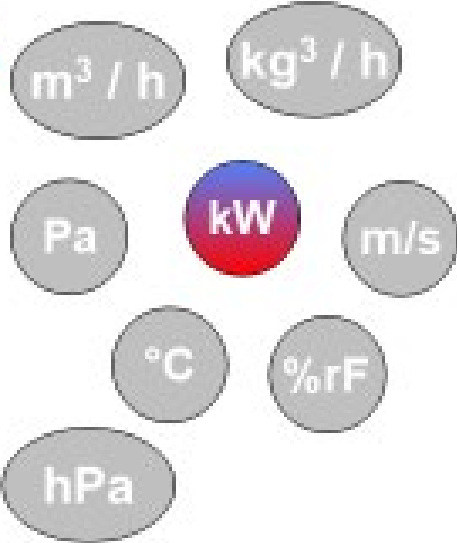
Energie [kWh] = Über die Zeit aufsummierte Leistung

	Zuluft	Außenluft
	$\frac{kWh}{kg}$	$\frac{kWh}{kg}$
	minus	
Bei $\Delta h > 0$:	kWh	
Bei $\Delta h < 0$:	kWh	

Messgrößen des Luftenergiezählers

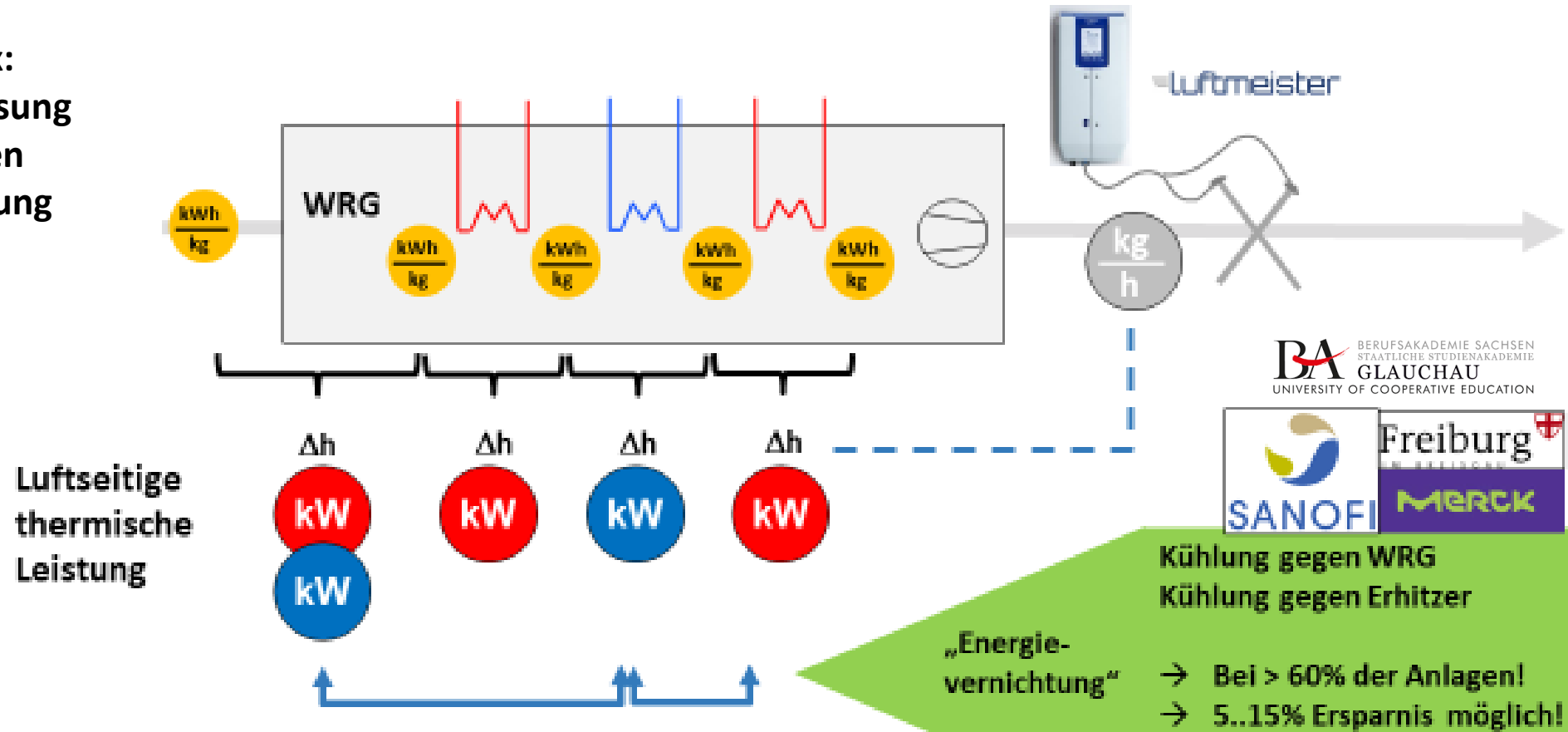


Messumformer/Logger



„RLT-Energiecontrolling“ mit Luftenergiezählern

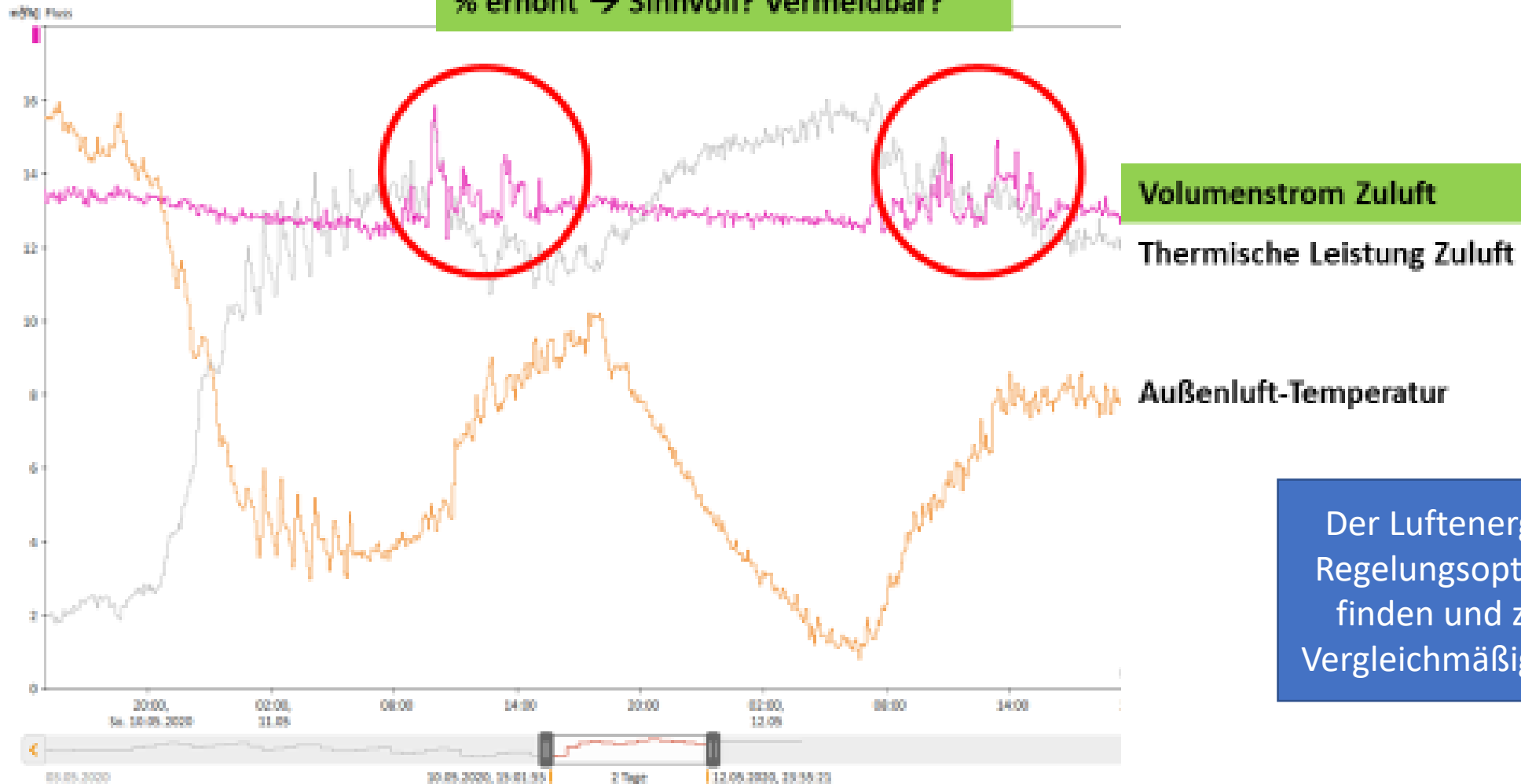
Mit Masterbox:
Inklusive Erfassung
der elektrischen
Ventilatorleistung



- Transparenz („jede Ecke im Mollierdiagramm zu jedem Zeitpunkt bekannt“)
- „Energievernichtung“ aufdecken: Optimierung der Regelparameter + Energieeffizienz
- Schnelle Fehlersuche (jede Aufbereitungsstufe transparent)

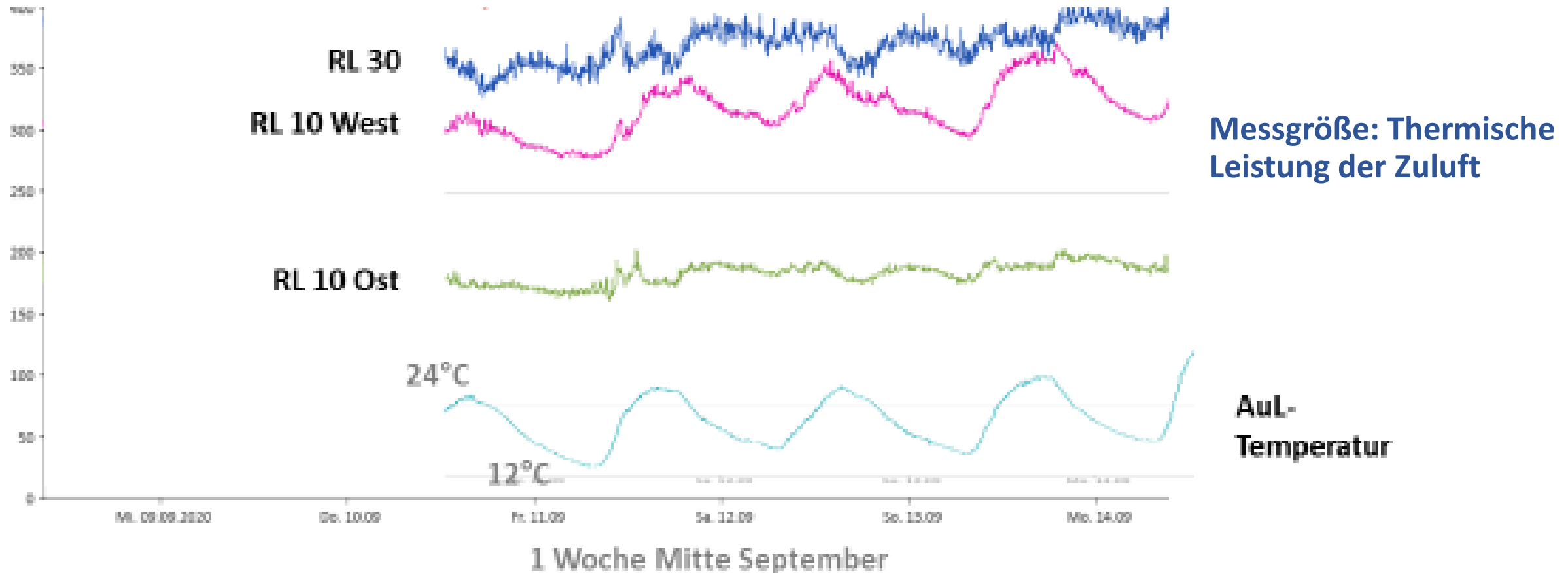
Analyseergebnisse Luftenergiezähler (1)

Jeden Vormittag wird für einige Stunden der Luftwechsel um ca. 10-20 % erhöht → Sinnvoll? Vermeidbar?



Der Luftenergiezähler ermöglicht, Regelungsoptimierungen gezielt zu finden und zu formulieren. Hier: Vergleichmäßigung des Luftwechsels

Analyseergebnisse Luftenergiezähler (2)



Es fällt auf, dass die Wärmelieferung von RL 10 West deutlich von der Außenluft-Temperatur abhängt

Hier wurde sichtbar, dass die Gleichmäßigkeit der RLT-Wärmeversorgung (kritischer Reinraum!) unzulänglich war

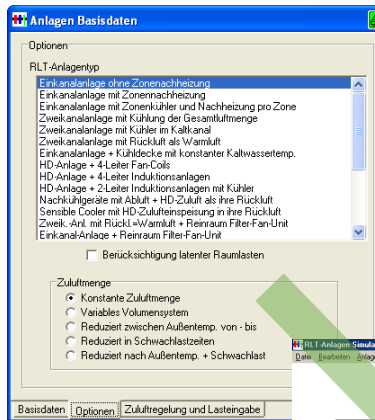
Der Weg zur Anlagensimulation – Wie arbeitet AC-OPT:

■ Definition der Anlagengrundstruktur:

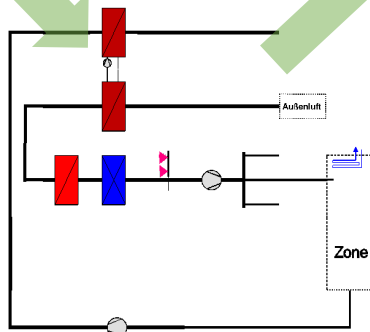
- Aus einem Katalog wird die grundsätzliche Anlagenstruktur ausgewählt.
- Die angebotenen Grundstrukturen decken fast alle praktisch vorkommenden Anlagentypen ab.

■ Stündliche Berechnung des Energiebedarfs - > quasistatisch für jede Stunde

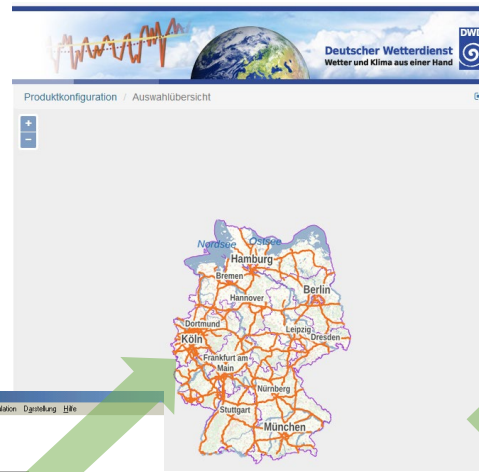
■ Stündliche Wetterdaten unterschiedlicher Quellen



- Design:**
- Aufbau
 - Regelung
 - Parameter



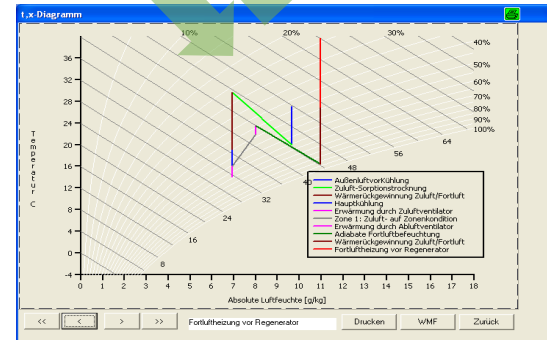
Lasten



Wetterdaten

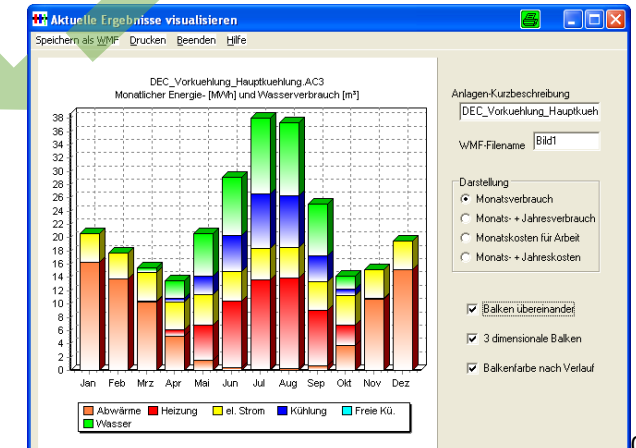
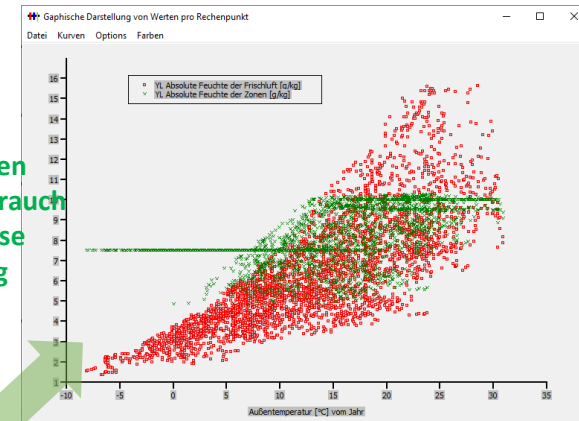
Prozess

- Energiepreise**
- Arbeit
 - Leistung

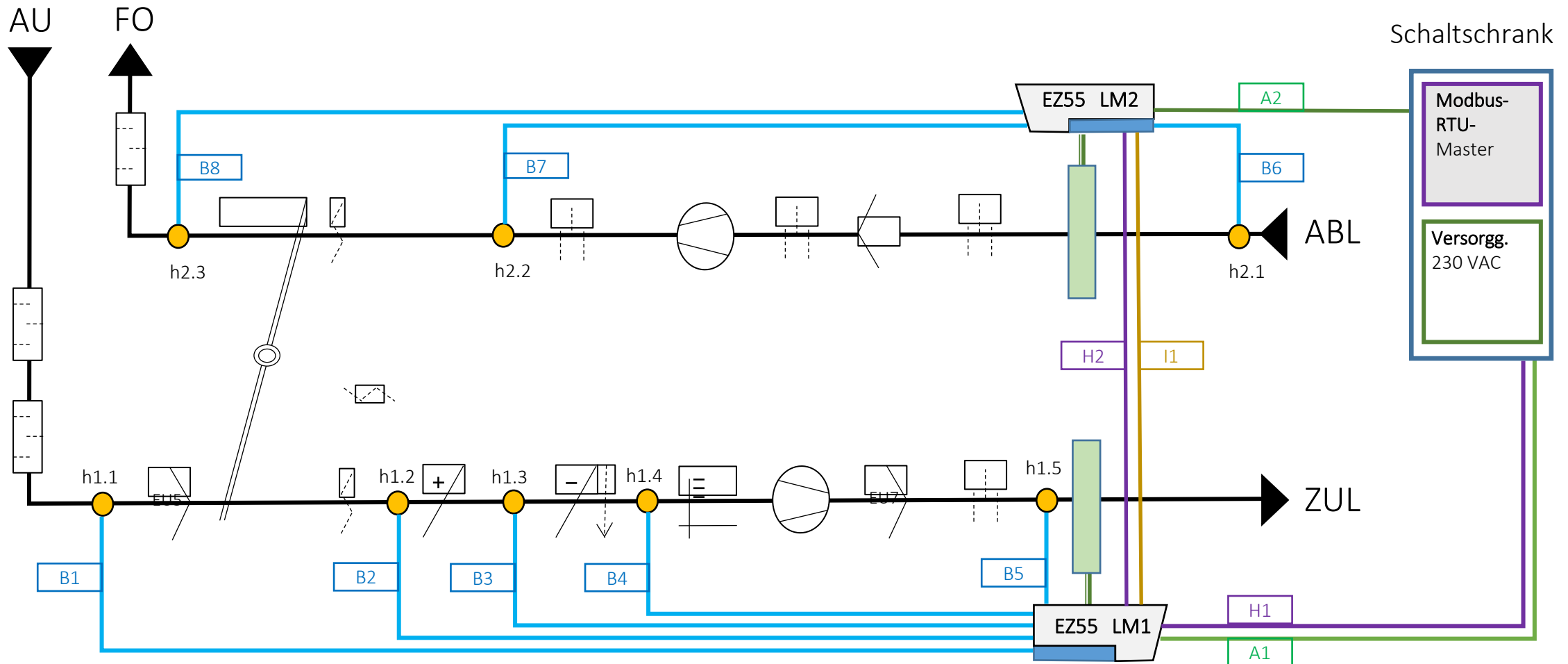


Analyse:

- Energiekosten
- Energieverbrauch
- Betriebsweise
- Optimierung
- Fehlersuche



Anlagenaufbau und Energiezähler



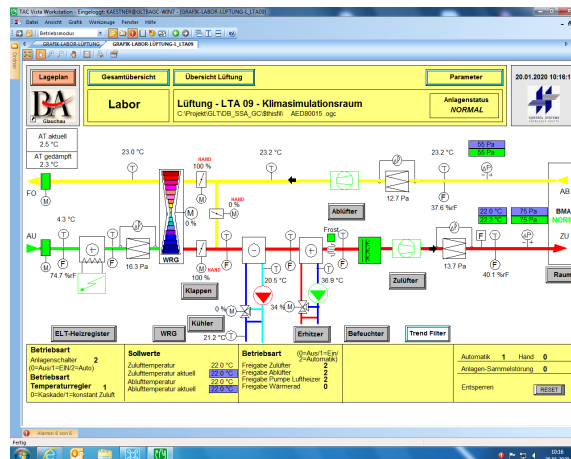
Messreihen 20.1.2020 aus Leittechnik vrs. Luftenergiezähler

Leittechnik

- WRG außer Betrieb genommen
- Erhitzer 34% und
- Dampfbefeuchter 35% EIN
 - Sollwert 40%
- Zuluft Raum ~ 640 m³/h
- Abluft Raum ~ 396 m³/h
- Raum 22.8 °C 40.3 %

Luftenergiezähler:

- 20.01.2020 Start 7.06 Uhr – Ende 13:13
 - Intervall 5 min für alle Positionen
- Zuluftmassenstrom im Mittel 710 kg/h
 - Position h1.5 Austritt Gerät?
- Abluftmassenstrom im Mittel 710 kg/h
 - Position h2.1 Abluft Geräteeintritt?
- Luftdichte 1,18 kg/m³

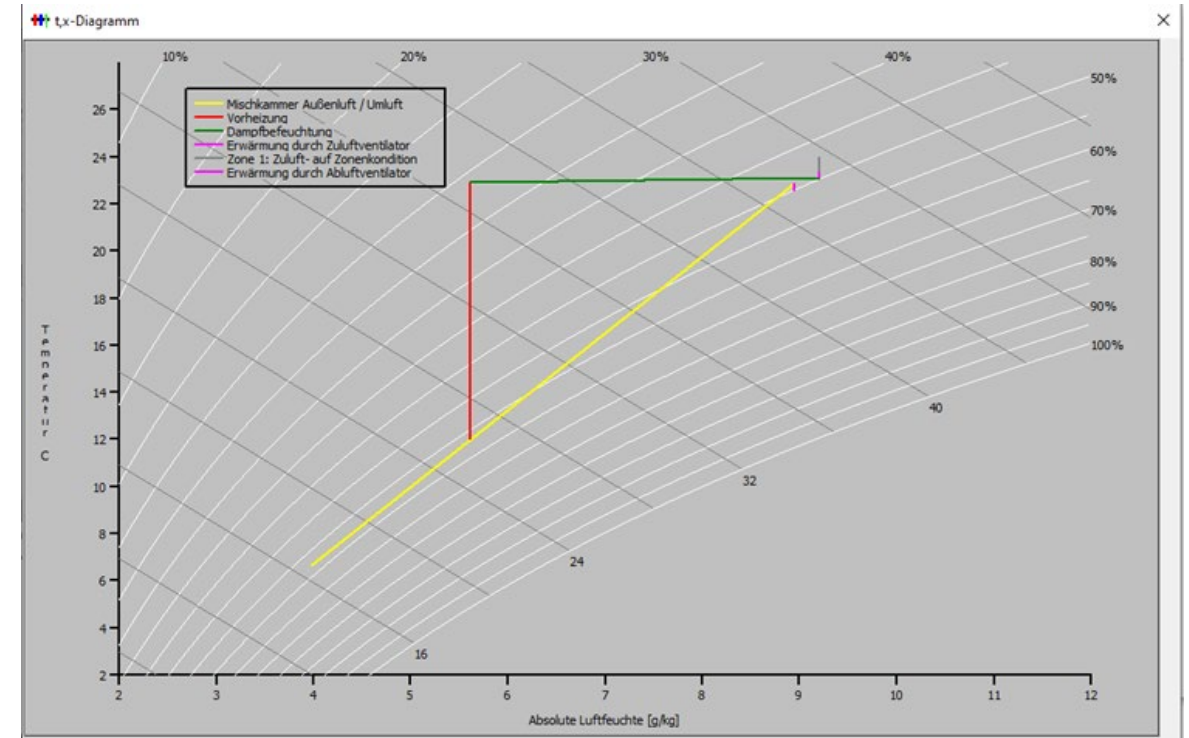


		Zuluft					qMassen kg/h
Datum	Uhrzeit	h1.1 kJ/Kg	h1.2 kJ/Kg	h1.3 kJ/Kg	h1.4 kJ/Kg	h1.5 kJ/Kg	
20.01.2020	07:06:28	29,780	33,403	37,006	36,538	36,463	15,076
20.01.2020	07:13:19	24,567	30,891	35,096	46,435	44,601	721,414
20.01.2020	07:18:19	23,849	27,257	30,584	54,004	55,740	696,480
20.01.2020	07:23:19	23,849	25,535	28,035	53,215	57,746	694,278
20.01.2020	07:28:19	23,849	25,451	27,208	50,006	55,346	643,605
20.01.2020	07:33:19	19,066	24,626	26,632	46,248	52,802	673,813
20.01.2020	07:38:19	15,810	24,213	26,418	40,997	48,333	705,002

		Leistungsberechnung		Einheit	Formel	Abluft				qm kg/h
Zeile	7	WRG	0,659 kW		WRG = m(Zul)*(h1.2 - h1.1)	h2.1 kJ/Kg	h2.2 kJ/Kg	h2.3 kJ/Kg		
Zeile	7	Luftkühler	0,644 kW		Kühler = m(Zul)*(h1.2 - h1.3)					
Zeile	7	Lufterhitzer	4,531 kW		Erhitzer = m(Zul)*(h1.4 - h1.3)					
Zeile	7	Luftbefeuchter	0,336 kW		Befeuchter = m(Zul)*(h1.5 - h1.4)	34,929	34,301	32,427		0,480
Zeile	7	Zuluft gesamt	6,170 kW		Zuluft = m(Zul)*(h1.5 - h1.1)	35,436	34,480	31,792		811,802
						37,181	36,452	33,876		811,785
						38,609	37,999	35,279		785,169
						39,733	39,296	36,477		750,504
						40,515	40,077	36,763		614,217
						40,893	40,573	37,006		662,575

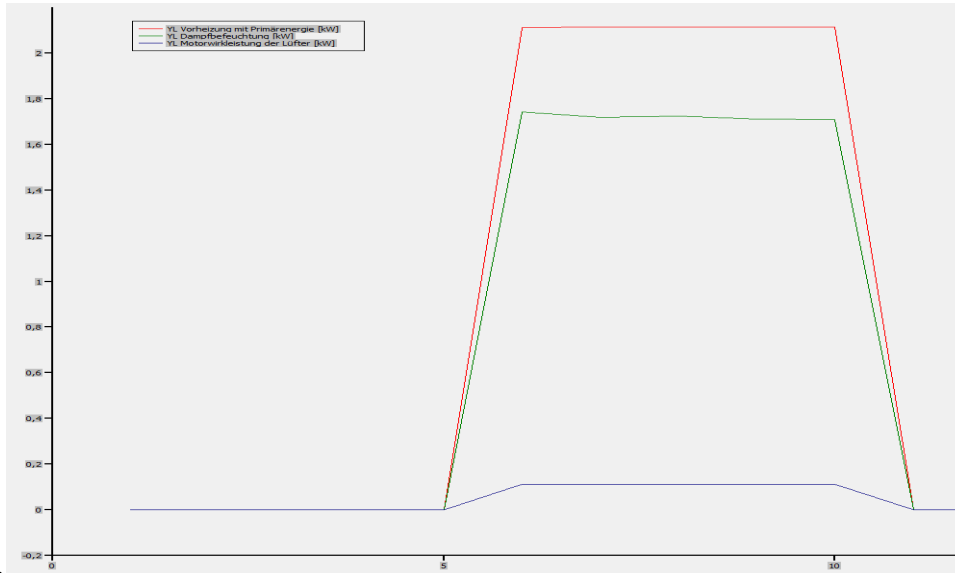
Plausibilitätsprüfung mit hx-Diagramm 10:00 Uhr

- Anlage nur 4 Stunden in Betrieb
 - WRG AUS, MK 100% AUL
- Luftzustand nach WRG und Mischkammer feuchter und wärmer
 - Mischklappe nicht dicht?
 - Leckage WRG ?
 - Typischer Mischluftzustand ~30%
- Zuluft ~23.4°C , 9,2 g/kg Feuchte
- Raumlufte ~22.6 °C, 7,2 g/kg Feuchte
 - Abluft bleibt gleich
 - -> Leckagen scheinen bestätigt
- Zuluft – Abluft Feuchtereduzierung?
 - Ursachen ??
 - Speichervorgänge
 - Leckagen
 - Disbalance in den Zonen

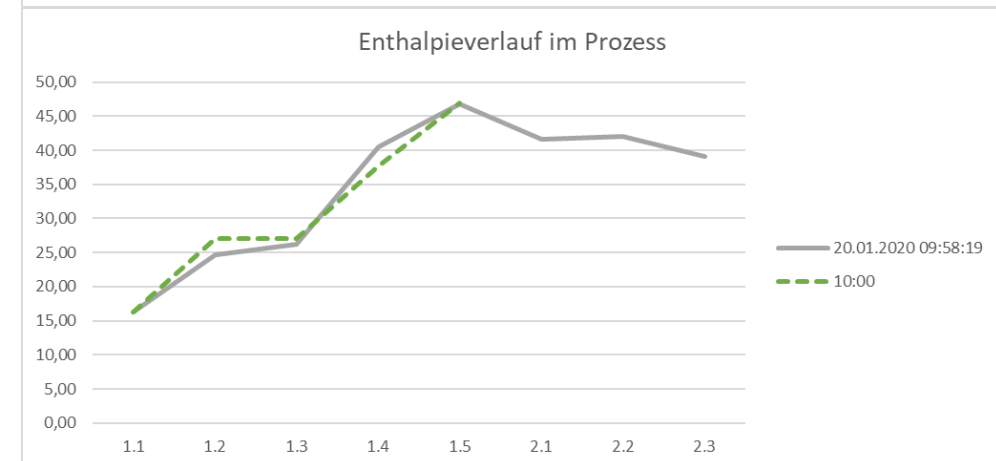
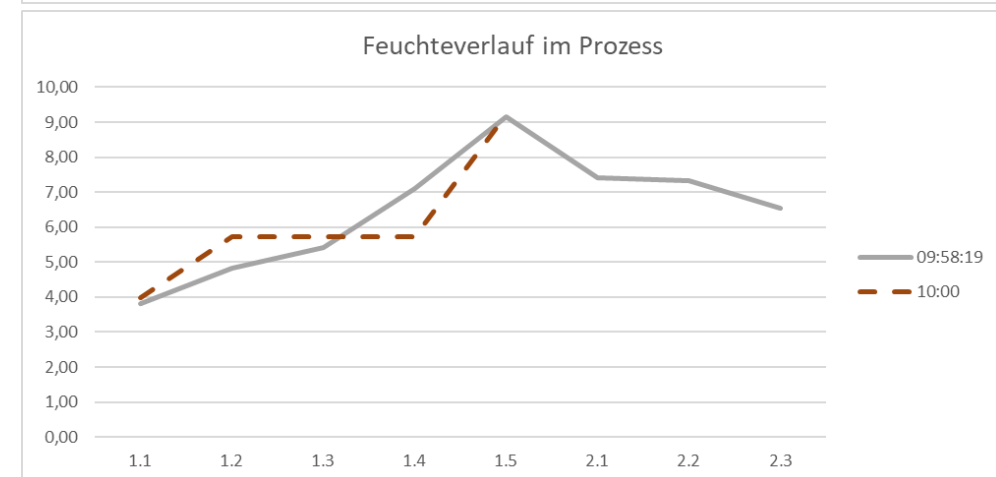
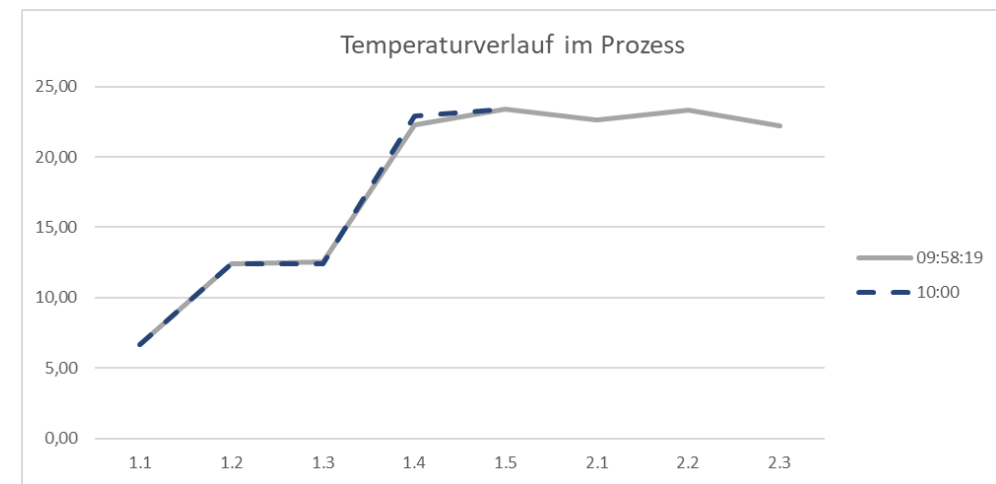


Vergleichsrechnungen

- Geregelter Mischkammer auf 12°C zur Abbildung der vorgefundenen Leckagen
- Außenluftanteil knapp 70%
- Temperaturverlauf gleich
- Feuchteverlauf 1.2. bis 1.4 nicht genau dem Prozess zuzuordnen
- Zuluftzustand gleich
- Enthalpie entsprechend



Referent, 13



Erkenntnisse aus dem Vergleich Simulation - Luftenergiezähler

- **Genaue Analyse der Anlage mit**
 - realen Verbrauchsdaten,
 - Unter realen Randbedingungen
- **Bessere Datengrundlage für die Festlegung der Simulationsrandbedingungen als mit GLT-Daten**
 - Anlagendesign -> Abluft ≠ Raumlufte
 - Regelung
 - Fehleranalyse -> Undichtigkeiten
- **Energieanteile werden korrekt zugeordnet aber**
 - in den einzelnen Prozessschritten sind Mischvorgänge im Luftstrom nicht als abgeschlossen zu betrachten siehe Feuchteverlauf
- **Energetische Zusammenhänge (Enthalpie) sind grundsätzlich gleich in:**
 - Simulation
 - Energiemessung
- **Parameterstudien mit anderen Randbedingungen**
 - Optimierung der Regelparameter
 - Optimierung der Komponenten
 - Änderungen der Lasten und Betriebsweise.
- **Veränderungen können vergleichend dargestellt werden**
 - Kosten – Nutzen Analysen für die Investplanung
- **Länger laufende Vergleiche und komplexere Prozesse werden im nächsten Schritt analysiert.**

