

**Bauzentrum München 19.10.2017:
Lüftung von Nichtwohngebäuden – Praxis-Bericht Bürogeb.
Von der förmlichen Abnahme, über Probetrieb Winter
und Sommer, mit Prüfung der MSR-Funktionalität anhand
von Anlagen-Visualisierung – mit vielen Praxis-Beispielen
für die erfolgte Mängelbeseitigung
Sicherstellung höchster Luftqualität in einem Bürogebäude**

**Prüfung und Optimierung von Lüftungssystemen in der Gebäude-Lüftung,
hier zentrale RLT-Anlage, Sicherstellen der Einhaltung der
Auslegungsparameter, Regelungsqualität, Luftqualität (Temperatur,
Feuchte, CO₂-Gehalt) und der thermischen Behaglichkeit**

Dipl.-Ing. (FH) **Reinhard Fuchs Versorgungstechnik/TGA Schwerpunkt: RLT/kWL**



**Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz**

Raumlufttechnik in einem Bürogebäude Abnahme, Probetrieb, Praxis ...



Dipl.-Ing. (FH) Versorgungstechnik Reinhard Fuchs

**Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz**

... unter Einbeziehung des Zusammenwirkens aller Anlagen
(Heizung/Kühlung und MSR-Technik) zur Umsetzung der gestellten
Aufgaben, mit 1 Jahr Praxisbetrieb nach der Abnahme)



Dipl.-Ing. (FH) Versorgungstechnik Reinhart Fuchs

Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

LüftungsPlaner – LüftungsBerater - LüftungsGutachter Kompetenz in Raumlüftung aller Art

- **Beraten:** System-offen und Hersteller-unabhängig rund um das Thema Lüftung und zu konkreten Bauvorhaben; dezentrale + zentrale Lüftung aller Größen
- **Planen:** alle Leistungsphasen der HOAI, von Vor- und Entwurfsplanung, bis Ausführungsplanung das passende Lüftungskonzept und -system für jedes Objekt
- **Realisieren:** Projektleitung Umsetzung Lüftungsplanung (und weitere TGA-Gewerke), Fachbauleitung, Ausführungs- und Inbetriebnahme-Begleitung, Qualitätssicherung, Abnahme, Mängelbeseitigung (und Gutachten RLT/kWL)
- **LüftungsBerater.de + LüftungsPlaner.de + LüftungsGutachter.de**
Ingenieurbüro Dipl.-Ing. (FH) R. Fuchs Versorgungstechnik/Techn. Gebäudeausrüstung + kWL
Beraten – Planen – Realisieren – Optimieren – Begutachten
Tel. +49 89 439 888 61 / Fax: +49 89 4536 4711 / Mobil: +49 171 71 14 920
web: www.LueftungsPlaner.de, www.LueftungsBerater.de, www.LueftungsGutachter.de
Email: R.Fuchs@LueftungsPlaner.com, R.Fuchs@LueftungsBerater.info, R.Fuchs@LueftungsGutachter.de
- **LüftungsFuchs.de** Inh. Beate Fuchs Dipl.-Ing. (FH) Reinhart Fuchs
Ingeborgstr. 64 - 81825 München
Tel. +49 89 4536 4712
web: www.LueftungsFuchs.de
Email: R.Fuchs@lueftungsfuchs.de
- **Freiberufliche Tätigkeit Projektleitung und Fachplanung RLT**
im Praxisprojekt für: Rücker + Schindele GmbH
Kapellenweg 6 – 80371 München
Tel. +49 89 7677693-59
Web: www.RundS.de
Email: Reinhart.Fuchs@RundS.de



Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

Praxisbeispiel: Beschreibung und Kennwerte der TGA des Bürogebäudes, mit RLT-, HZG-, KLT und MSR-Technik

**Aufgabenstellung: Realisierung Bürogebäude mit Energiebedarf -30% EnEV (mit Nachweisen und Sicherstellung der entsprechenden KfW-Förderung)
Ausführung als „Greenbuilding“ (ohne externe Zertifizierung)**

Normengrundlage RLT-Technik DIN EN 13779 (Lüftung in Nichtwohngebäuden)

Wirkung Frischluft mit Wärmerückgewinnung (Abfuhr Feuchte, CO₂, VOC + Zufuhr O₂)

Anlagentechnik

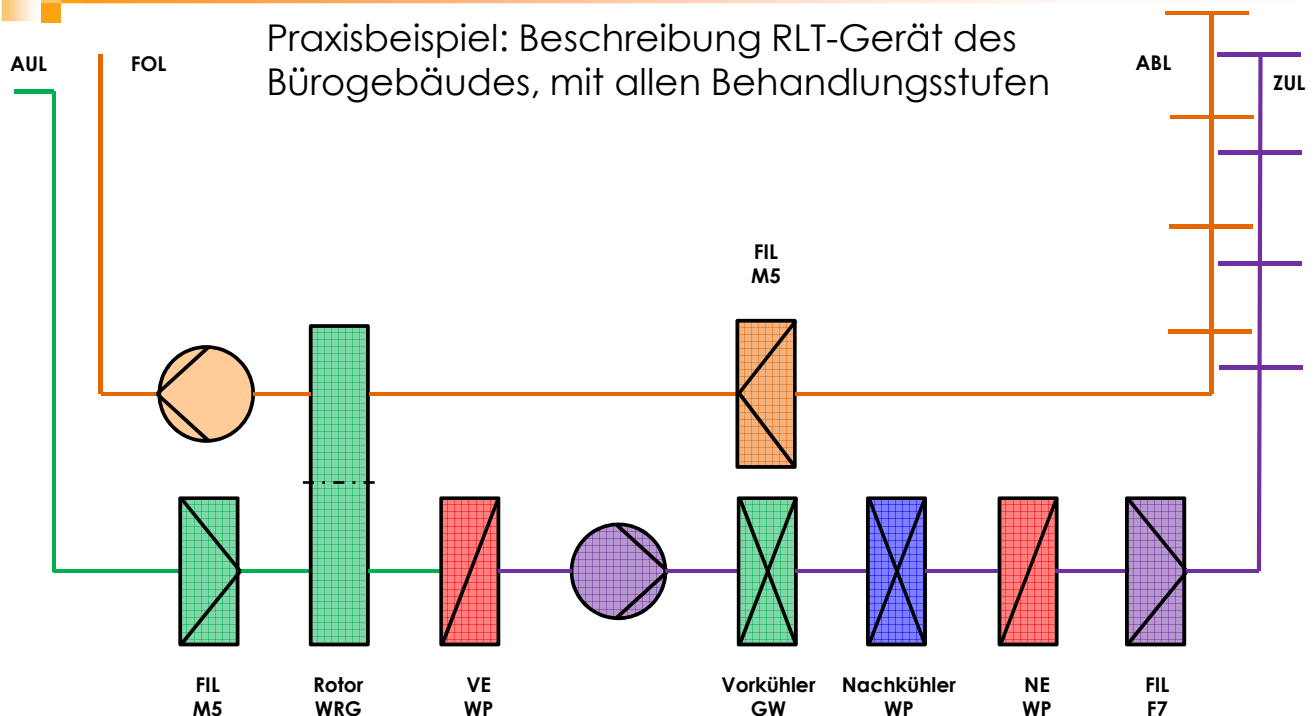
- **Zentrales RLT-Gerät** in Bauart modular mit hoher **Wärmerückgewinnung (WRG)**
- Belüftung aller Büro-, Besprechungs-, Schulungsräume und Lounges/Teeküchen
- Erschließung über 2 Hauptschächte Nord und Süd, AUL und FOL über Dach OG3
- **Entfeuchtung** auf Taupunkttemperatur der Luft nicht höher als 14°C
- **Ionisierung** der Zuluft in den Zuluft-Auslässen mit dem System leitfähige Luft ®

Praktische Umsetzung

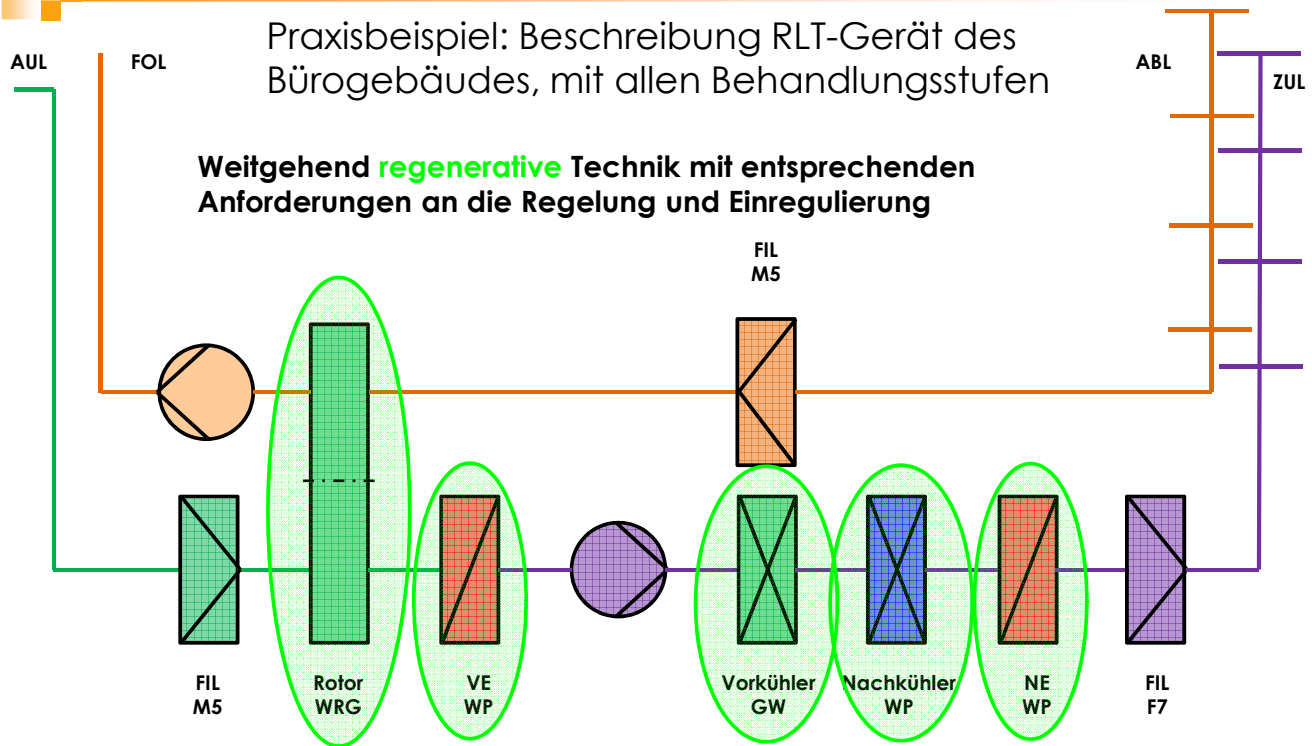
- Auslegung ZUL auf Luftwechsel (sehr sparsame) 1,5 1/h in Büroräumen, 4,0 1/h in Besprechungs- und Schulungsräumen und 2,0 1/h in Teeküchen
- VVS – variabler Volumenstrom-System
- Überströmung Flurluft über schalldämmende ÜLD in die WC-Gruppen



Praxisbeispiel: Beschreibung RLT-Gerät des Bürogebäudes, mit allen Behandlungsstufen



Praxisbeispiel: Beschreibung RLT-Gerät des Bürogebäudes, mit allen Behandlungsstufen



Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

7

Beschreibung und Kennwerte der TGA des Bürogebäudes, mit RLT-, HZG-, KLT und MSR-Technik

KLT-Anlagentechnik: Grundwasser-Nutzung für direkte Kühlung 323 kW (16°/19°C)
KLT-/HZG-Technik: Doppel-Wärmepumpe (Heizung Winterfall) 2x 130 kW bzw. Kältemaschine für RLT-Nachkühlung 46 kW (nur im Entfeuchtungsfall sommerlich)

Übersicht Kältebedarf und Kälteerzeugung:

Kältebedarf/Kühllast regenerativ:

Verbraucher	Leistung (Last)	Temperatur
HKD Flächenkühlung	122+107 = 229 kW	16/19°C
RLT-Vorkühlregister	94 kW	11/16 °C
Summe	323 kW	

Kältebedarf/Kühllast über Wärmepumpe im Kältemaschinen-Betrieb (nicht-regenerativ):
Nur für Kühlung Server-/EDV-Räume nach Anforderung und für Nachkühlung RLT im Spitzenlast-Entfeuchtungsbetrieb, soweit über Vorkühler keine hinreichende Entfeuchtung erreichbar ist.

Verbraucher	Leistung (Last)	Temperatur
RLT-Nachkühlregister *	45,5 kW *	8/14 °C
UKG Technik	12 kW	14/18 °C
Summe	57 kW	

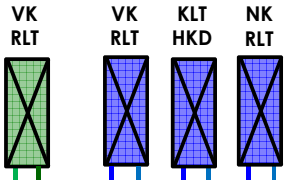
Kälteerzeugung:

Für die Kälteerzeugung ergibt sich aus der dargestellten Gesamt-Kühllast von 380 kW inkl. Verlusten unter Berücksichtigung eines aufgrund der reduzierten Luftleistung vergleichsweise hoch angesetzten Gleichzeitigkeitsfaktors (Lüftung + Kühlung) von 79% eine bilanzierte Erzeugerleistung von 380 kW (aufgrund der finalen Auslegungsdaten RLT-Gerät in den Energiedaten bereits berücksichtigt).

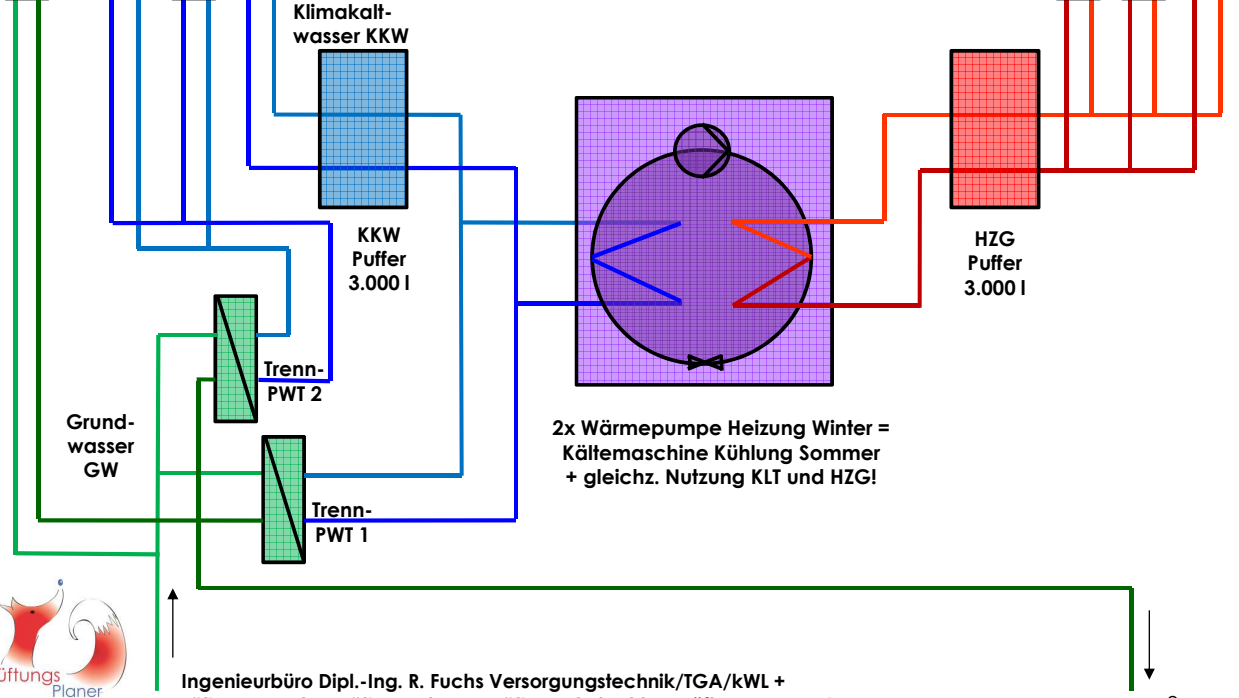
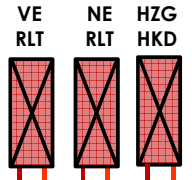


Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

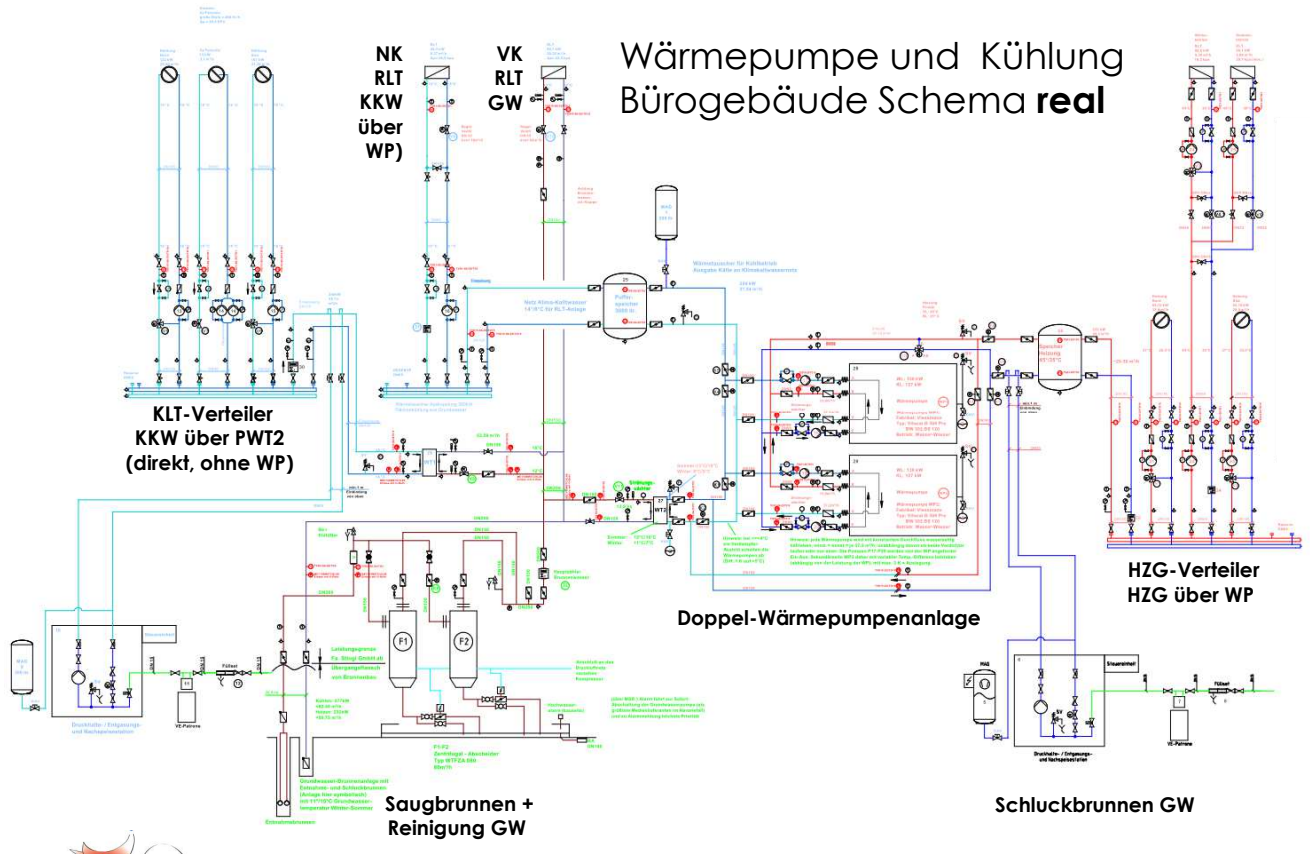
8



Praxisbeispiel: Beschreibung Wärmepumpe und Kühlung Bürogebäude (Schema stark vereinfacht!)



Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
 LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz



Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
 LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

Abschlussphase Errichtung der TGA des Bürogebäudes,
mit RLT-, HZG-, KLT und MSR-Technik

Inbetriebnahmephase Aug. bis Okt. 2016, **förmliche Abnahmen** Mitte Okt. 2016,
Mängelbeseitigung und Mängelabmeldungen der Gewerke, Okt. bis Mitte Dez. 2016
Ablauf nach Übergabe am 02.11.2016: restl. Nutzereinbauten („Mieterausbau“),
schubweiser Einzug der Nutzer ... Probetrieb Winter ... Probetrieb Sommer

Mängelfeststellung: offensichtliche und bereits bekannte Mängel aus Kenntnis der
Fachbauleitung und aus den Begehungen vor und zur Abnahme

Vorbehalte: Vorliegen aller Abnahme-Bescheinigungen von Sachverständigen,
Leistungsnachweis Winter- und Sommer-Leistungmaxima, Durchführung
erfolgreicher Probetrieb Winter- und Sommer der Gewerke MSR und TGA

Lüftungstechnik: **Vollbetrieb** mit gezieltem **Abbau VOC** aus der Material + Bauphase,
Regelbetrieb über alle jahreszeitlichen und Witterungsphasen

Praktische Umsetzung

- Leistungsmessungen der RLT-Anlage zentral (in Verteilung nicht möglich wg. MSR)
- Einrichten von Trends und Beobachtung der Anlagen
- Überprüfung Ionisierung der Zuluft in den Zuluft-Auslässen durch den Lieferanten
System leitfähige Luft ® (S-Leit) im Zuge Inbetriebnahme vor Abnahme
- Später dann Kontrollmessungen VOC und Ionisierung (folgt Nov. 2017)



Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

11

Bewährungsprobe 1 Jahr praktischer Betrieb - Problemfelder und
Beseitigung von Gewährleistungsmängeln

Gewerk HZG/KLT: deutlich zu **häufige** Störungen der Wärmepumpenanlage noch bis
Sept. 2017, aufwendiges und iteratives **sukzessives Eliminieren der Ursachen**

HZG/KLT: Verrohrung: Gewährleistungsfall Undichtigkeit fehlerhaftes Verpressen,
undichte Schweißnaht; Pumpenkennlinien: optimierte Einstellung

Nutzerseitige Installationen in Küchen: Wasserschaden

Gewerk Heizkühldecke (HKD) bzw. MSR: ständiges Auslösen der Taupunktwärter

Gewerk Mess-/Steuer- und Regeltechnik (MSR): **vielfältige unterschiedliche Mängel**
und erforderliche Nachjustierungen der Parameter, Regellogik sowie Kalibrierungen
Temperatur- und CO₂-Sensoren, mit Wirkung hauptsächlich auf das

Gewerk RLT: **über lange Phasen spürbare** Abweichungen von geforderten
behaglichen Raumluftbedingungen – im Wesentlichen beruhend auf MSR-Mängeln,
daneben 1x Ausfall Volumenstromregler-Steuerung, mit Wirkung auf nachfolgende
Anlagen-Komponenten, erhöhte Schallemissionen

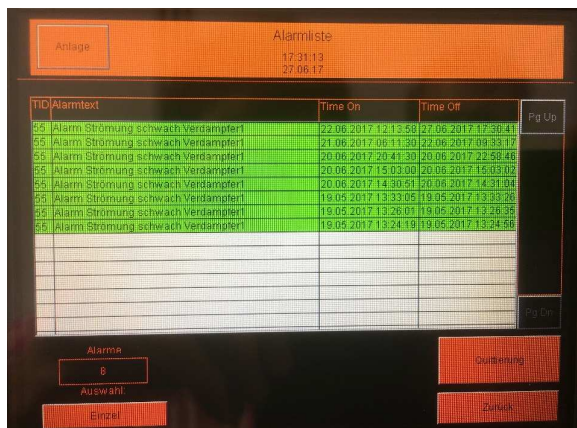


Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

12

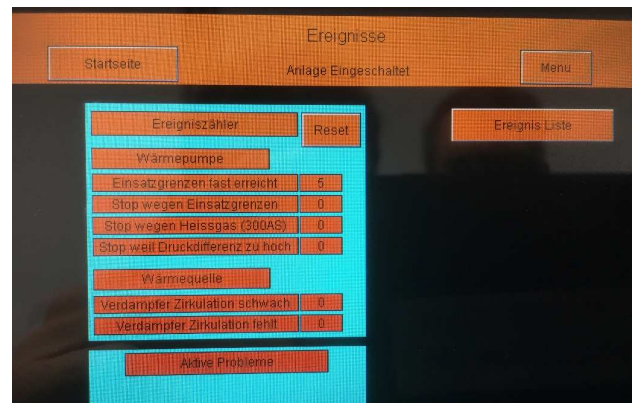
Kältemaschine Betrieb Winter und Sommer – div. Problemfelder und Beseitigung von Mängeln mit Wirkung auf Gebäude/Gewerk RL

Wärmepumpe: häufiges Auftreten von wichtigen Störmeldungen und Anlagenstillstand, mit Bedarf Quittieren vor Ort



TID	Alarmtext	Time On	Time Off	Pg Up
55	Alarm Strömung schwach Verdampfer1	22.06.2017 12:13:58	27.06.2017 17:59:41	
55	Alarm Strömung schwach Verdampfer1	21.06.2017 06:11:30	23.06.2017 09:35:17	
55	Alarm Strömung schwach Verdampfer1	20.06.2017 20:43:30	20.06.2017 22:50:06	
55	Alarm Strömung schwach Verdampfer1	20.06.2017 15:03:00	20.06.2017 15:03:02	
55	Alarm Strömung schwach Verdampfer1	20.06.2017 14:30:51	20.06.2017 14:31:04	
55	Alarm Strömung schwach Verdampfer1	19.05.2017 13:33:05	19.05.2017 13:33:26	
55	Alarm Strömung schwach Verdampfer1	19.05.2017 13:26:01	19.05.2017 13:26:35	
55	Alarm Strömung schwach Verdampfer1	19.05.2017 13:24:19	19.05.2017 13:24:56	

→ Vorgehensweise Störmeldungen Wärmepumpe (WP)



Wärmepumpe	Wärmquelle
Einsatzgrenzen fast erreicht: 5	Verdampfer Zirkulation schwach: 8
Stop wegen Einsatzgrenzen: 0	Verdampfer Zirkulation fehlt: 0
Stop wegen Heissgas (300AS): 0	Active Probleme: 0
Stop weil Druckdifferenz zu hoch: 0	

Bilder Listung Wärmepumpen-Mängel „Strömungswächter erreicht“ und „Einsatzgrenze fast erreicht“



Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

13

Kältemaschine Betrieb Winter und Sommer – div. Problemfelder und Beseitigung von Mängeln mit Wirkung auf Gebäude/Gewerk RL

Vorgehensweise Störmeldungen Wärmepumpe (WP)

- Regelmäßig Bedarf Anforderung **Service-Personal** Hersteller der WP
- **Gemeinsame** Mängelbeseitigungs-Termine mit Hersteller, Anlagenbauer und MSR
- Gemeinsames Nachprüfen sämtlicher Anlagenzustände (jeweilige Laufstufen, Klappenstellungen bei Umschalt-Vorgängen ...), Simulation der auslösenden Situation mit Auswertung der MSR-Anlage und der Visualisierung/Trendverläufe in der GLT, unter Beteiligung Anlagenbau und MSR
- Austausch von Anlagen-Bauteilen durch den Hersteller, hier erfolgreich:
1x defekter Strömungswächter
- Umbau Hardware-seitig, hier:
 - Umgehung Strömungswächter bei fehlender Anforderung (zur Vermeidung Auslösen im Fall Pumpen-Kick)
 - Sensoren im Widerstand ändern, da nicht kalibrierbar (kein Programmzugang mehr zum Kernprogramm)

→ Kleine Ursache, große Wirkung auf Raumluff

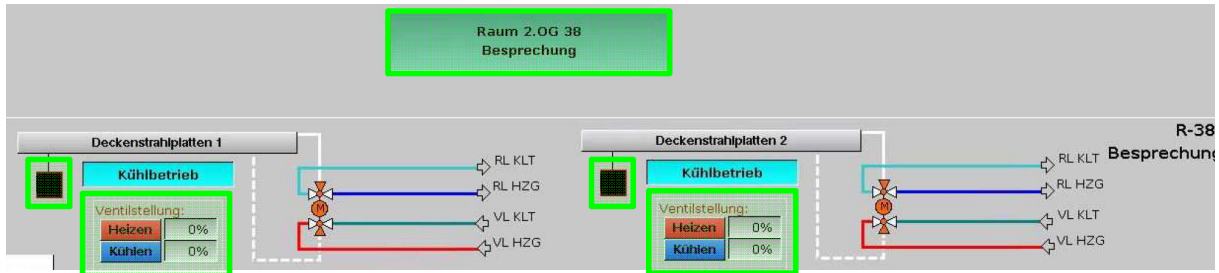


Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

14

MSR-Probebetrieb Sommer – div. Problemfelder und Beseitigung von Regelungsmängeln mit Wirkung auf Gewerk RL T

Gewerk RL T: über lange Phasen spürbare Abweichungen von geforderten behaglichen Raumlufbedingungen – im Wesentlichen beruhend auf MSR-Mängeln



Vorgehensweise Taupunktwärter-Meldungen

- Ergänzung Visualisierung GLT-Anlagenbilder um relevante Informationen zum Zustand absolute Feuchte der Außenluft und der Zuluft
- Verschärfung der Parameter der Taupunktregelung
- Überprüfung und Sicherstellung der Technischen Funktion und Leistungswerte der Nachkühlung und Nachheizung
- Änderung Regellogik und –Parameter: Anhebung der Vorlauftemperatur der HKD, solange Übertragung der Kühl-Leistung gewährleistet ist



Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

15

Status	bestätigt	Meldung	kommand	GLT-Klartext	GLT-Zusatztext
▲	Nein	31.07.2017 17:16:45		Geb.6 3.OG Ost Raum 3-30 Sondernutzung Taupunktwärter	
▲	Nein	31.07.2017 18:45:24		Geb.6 3.OG West Raum 3-15 Team CTS inkl. Teamleiter Kreis 2 Taupunktwärter	
▲	Nein	31.07.2017 18:56:43		Geb.6 2.OG Ost Raum 2-09 PPD-OE 2-09 Kreis 1 Taupunktwärter	
▲	Nein	31.07.2017 18:59:07		Geb.6 3.OG West Raum 3-15 Team CTS inkl. Teamleiter Kreis 1 Taupunktwärter	
▲	Nein	31.07.2017 19:07:55		Geb.6 EG Raum E-14 Büro 7 Taupunktwärter	
▲	Nein	31.07.2017 19:09:05		Geb.6 2.OG West Raum 2-38 Besprechung Kreis 2 Taupunktwärter	
▲	Nein	31.07.2017 19:15:46		Geb.6 3.OG Ost Raum 3-30 Sondernutzung Taupunktwärter	
▲	Nein	31.07.2017 19:16:54		Geb.6 2.OG West Raum 2-38 Besprechung Kreis 1 Taupunktwärter	
▲	Nein	31.07.2017 19:19:58		Geb.6 2.OG Ost Raum 2-09 PPD-OE 2-09 Kreis 2 Taupunktwärter	
▲	Nein	31.07.2017 21:33:47		Geb.6 1.OG West Raum 1_10 TM 2 Taupunktwärter	
▲	Nein	01.08.2017 06:01:46		Geb.6 3.OG Ost Raum 3-30 Sondernutzung Taupunktwärter	
▲	Nein	01.08.2017 06:09:08		Geb.6 3.OG West Raum 3-37 Lounge Taupunktwärter	
▲	Nein	01.08.2017 06:17:58		Geb.6 2.OG Ost Raum 2-09 PPD-OE 2-09 Kreis 2 Taupunktwärter	
▲	Nein	01.08.2017 06:18:05		Geb.6 2.OG West Raum 2-38 Besprechung Kreis 2 Taupunktwärter	
▲	Nein	01.08.2017 18:57:08		Geb.6 3.OG West Raum 3-37 Lounge Taupunktwärter	
▲	Nein	01.08.2017 19:14:24		Geb.6 3.OG West Raum 3-38 Teeküche/Vorbereitung Taupunktwärter	
▲	Nein	01.08.2017 19:49:24		Geb.6 3.OG West Raum 3-15 Team CTS inkl. Teamleiter Kreis 2 Taupunktwärter	
▲	Nein	01.08.2017 20:07:59		Geb.6 2.OG Ost Raum 2-09 PPD-OE 2-09 Kreis 2 Taupunktwärter	
▲	Nein	01.08.2017 08:18:10		Geb.6 2.OG West Raum 2-22 BU 2-22 Taupunktwärter	
▲	Nein	01.08.2017 08:42:25		Geb.6 3.OG West Raum 3-15 Team CTS inkl. Teamleiter Kreis 2 Taupunktwärter	
▲	Nein	01.08.2017 09:01:07		Geb.6 3.OG West Raum 3-15 Team CTS inkl. Teamleiter Kreis 1 Taupunktwärter	
▲	Nein	01.08.2017 09:49:55		Geb.6 2.OG West Raum 2-38 Besprechung Kreis 1 Taupunktwärter	

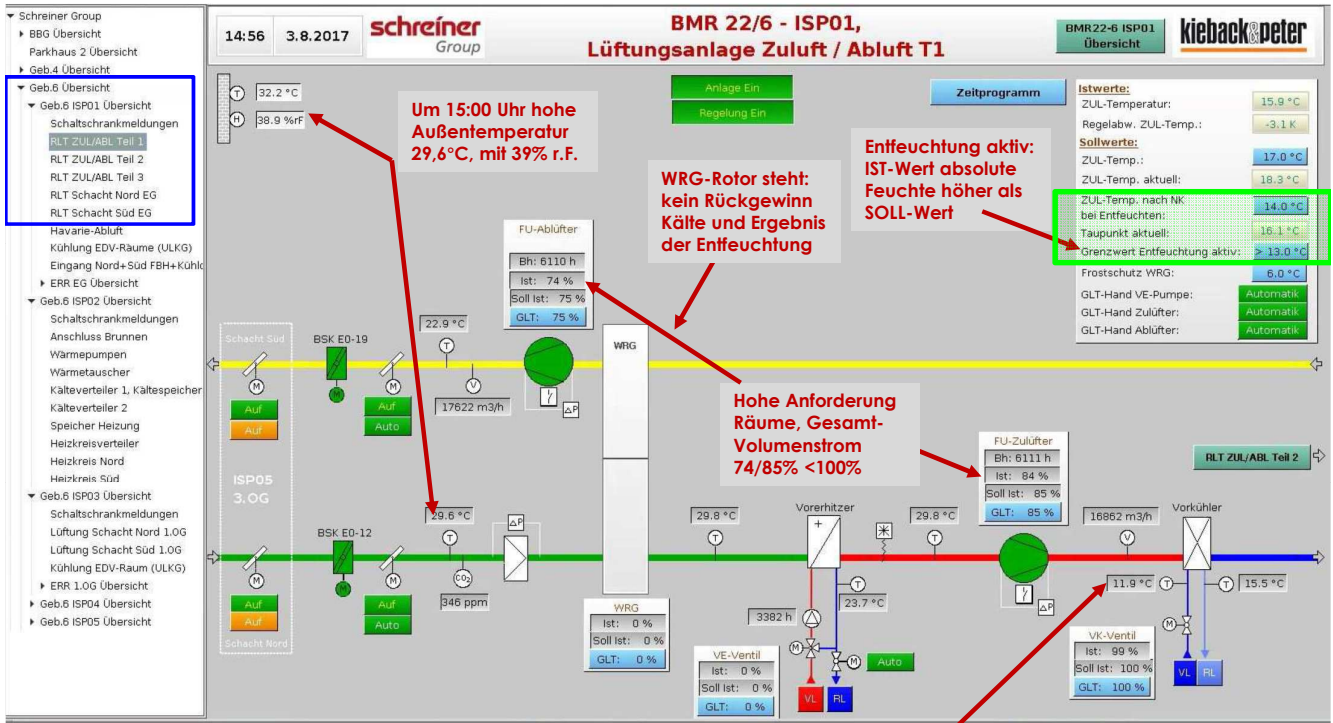
▲ Störung ▲ Meldung ▲ Systemfehler ■ kommand ■ gehend
 dynamisch nicht aktiv

Auswahl Bestätigen 49 / 265 aktualisieren

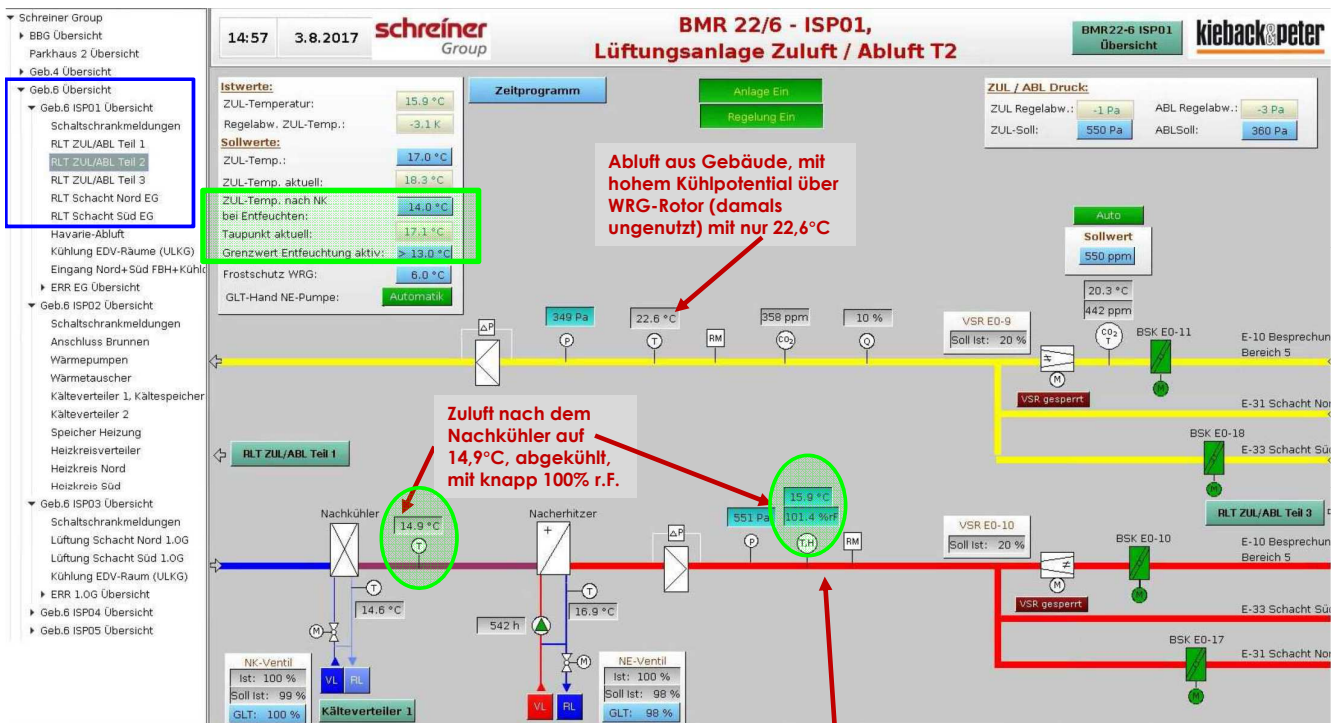


Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

16

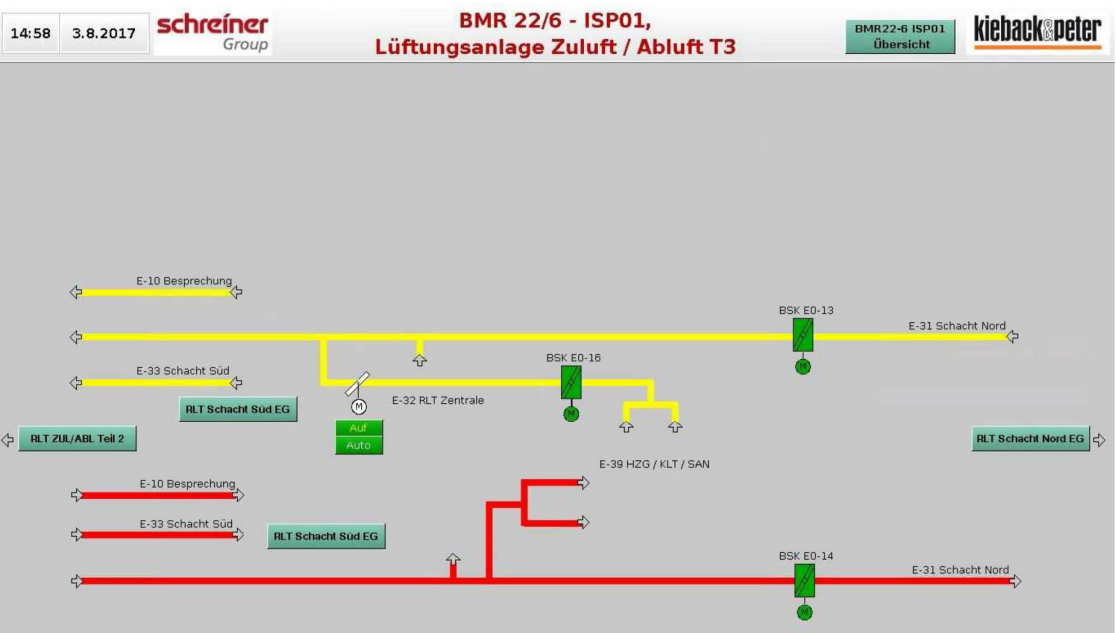


Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
 LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

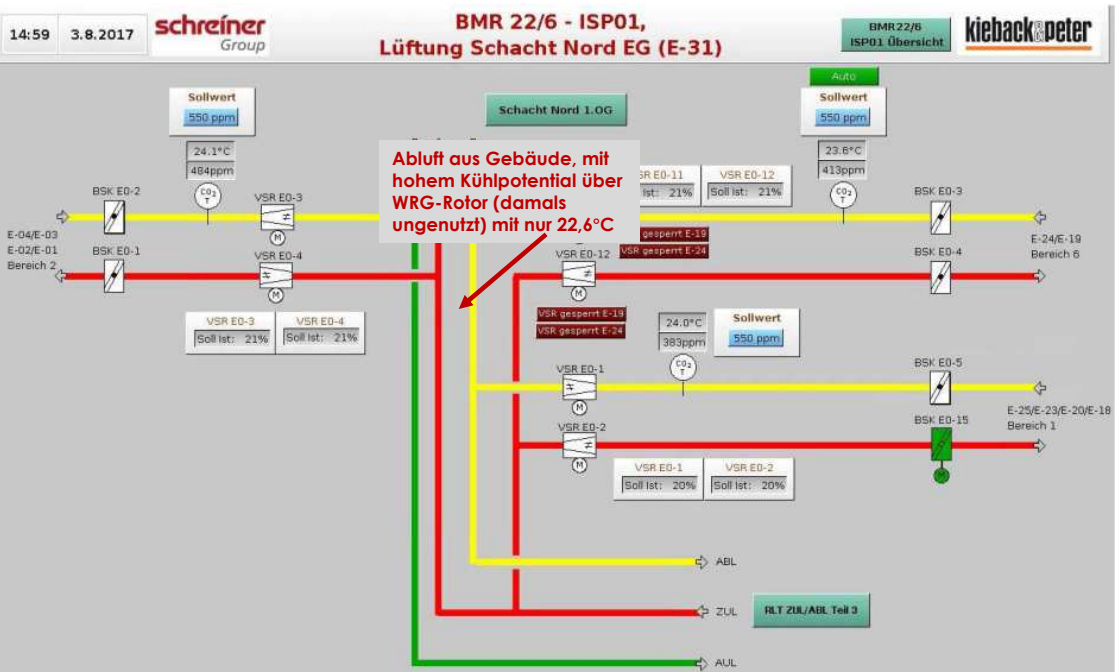


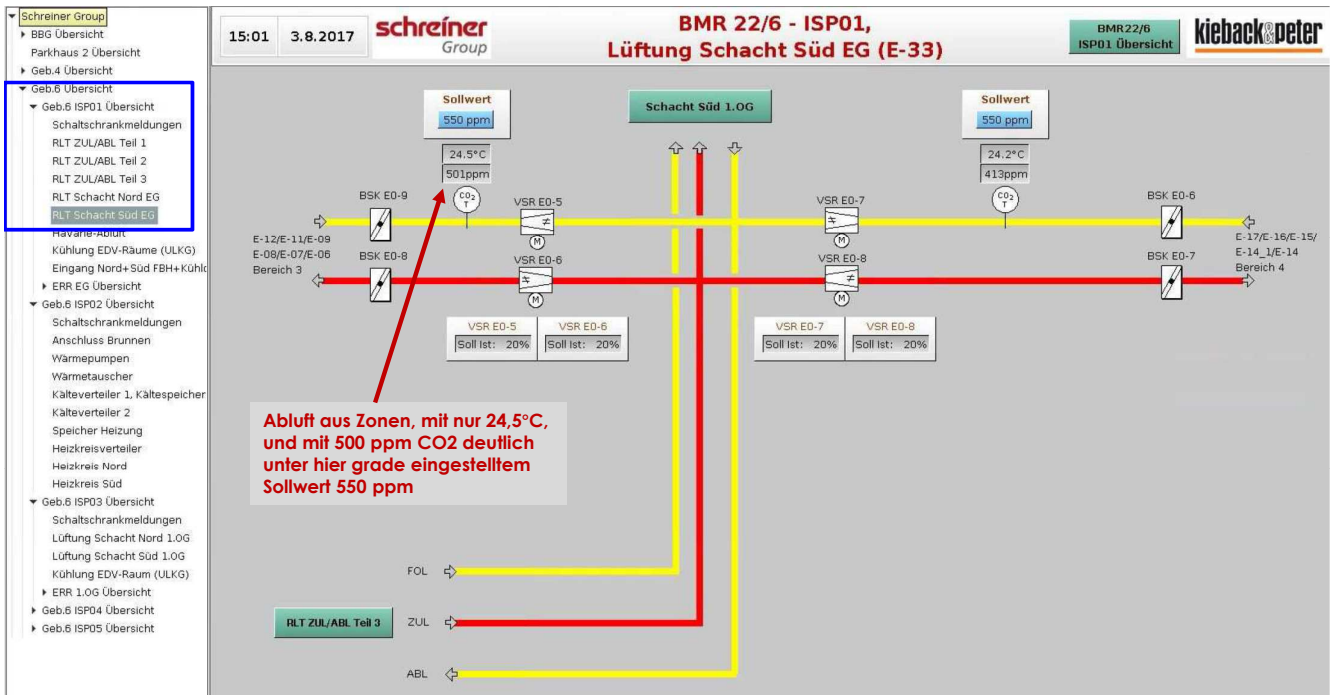
Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
 LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

- Schreiner Group
 - BBG Übersicht
 - Parkhaus 2 Übersicht
 - Geb.4 Übersicht
 - Geb.6 Übersicht
 - Geb.6 ISPO1 Übersicht
 - Schaltschrankmeldungen
 - RLT ZUL/ABL Teil 1
 - RLT ZUL/ABL Teil 2
 - RLT ZUL/ABL Teil 3
 - RLT Schacht Nord EG
 - RLT Schacht Süd EG
 - Havarie-Abluft
 - Kühlung EDV-Räume (ULKG)
 - Eingang Nord+Süd FBH+Kühlung
 - ERR EG Übersicht
 - Geb.6 ISPO2 Übersicht
 - Schaltschrankmeldungen
 - Anschluss Brunnen
 - Wärmepumpen
 - Wärmetauscher
 - Kälteverteiler 1, Kältespeicher
 - Kälteverteiler 2
 - Speicher Heizung
 - Heizkreisverteiler
 - Heizkreis Nord
 - Heizkreis Süd
 - Geb.6 ISPO3 Übersicht
 - Schaltschrankmeldungen
 - Lüftung Schacht Nord 1.OG
 - Lüftung Schacht Süd 1.OG
 - Kühlung EDV-Raum (ULKG)
 - ERR 1.OG Übersicht
 - Geb.6 ISPO4 Übersicht
 - Geb.6 ISPO5 Übersicht



- Schreiner Group
 - BBG Übersicht
 - Parkhaus 2 Übersicht
 - Geb.4 Übersicht
 - Geb.6 Übersicht
 - Geb.6 ISPO1 Übersicht
 - Schaltschrankmeldungen
 - RLT ZUL/ABL Teil 1
 - RLT ZUL/ABL Teil 2
 - RLT ZUL/ABL Teil 3
 - RLT Schacht Nord EG
 - RLT Schacht Süd EG
 - Havarie-Abluft
 - Kühlung EDV-Räume (ULKG)
 - Eingang Nord+Süd FBH+Kühlung
 - ERR EG Übersicht
 - Geb.6 ISPO2 Übersicht
 - Schaltschrankmeldungen
 - Anschluss Brunnen
 - Wärmepumpen
 - Wärmetauscher
 - Kälteverteiler 1, Kältespeicher
 - Kälteverteiler 2
 - Speicher Heizung
 - Heizkreisverteiler
 - Heizkreis Nord
 - Heizkreis Süd
 - Geb.6 ISPO3 Übersicht
 - Schaltschrankmeldungen
 - Lüftung Schacht Nord 1.OG
 - Lüftung Schacht Süd 1.OG
 - Kühlung EDV-Raum (ULKG)
 - ERR 1.OG Übersicht
 - Geb.6 ISPO4 Übersicht
 - Geb.6 ISPO5 Übersicht





MSR-Probebetrieb Sommer – div. Problemfelder und Beseitigung von Regelungsmängeln mit Wirkung auf Gewerk RLT

Gewerkeübergreifende Mängel:

die Funktion der Kühldecke setzt die Einhaltung der max. Taupunkttemperatur der Luft voraus und damit eine 100% funktionierende Kälte-, Heiz- und Regelungstechnik.

Die Fachbauleitung musste Gewerke-übergreifend koordinieren, wenn die Gewerke allein (im Zeitrahmen) dazu nicht in der Lage sind.

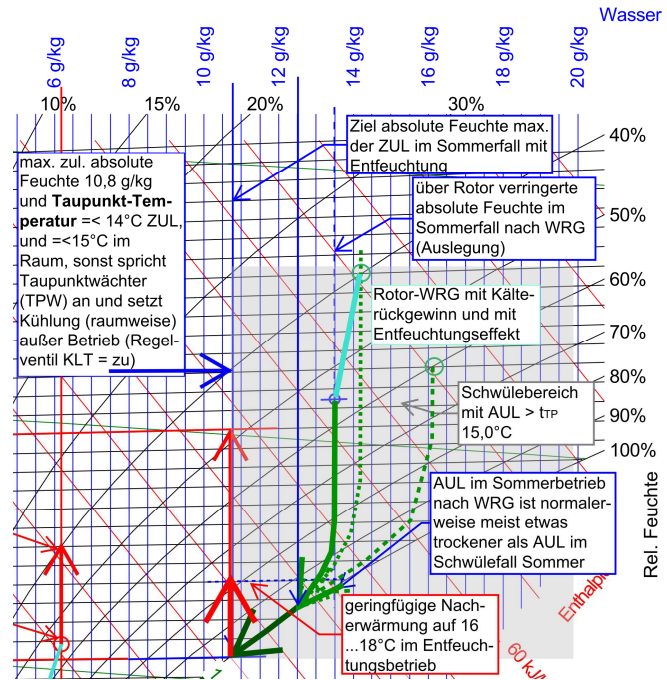
Nachfolgend Bilder h-x-Diagramm zur Erläuterung



MSR-Probebetrieb Sommer – div. Problemfelder und Beseitigung von Regelungsmängeln mit Wirkung auf Gewerk RL

Vorgehensweise Taupunktwärter-Meldungen

- Ergänzung Visualisierung GLT-Anlagenbilder um relevante Informationen zum Zustand absolute Feuchte der Außenluft und der Zuluft
- Verschärfung der Parameter der Taupunktregelung
- Überprüfung und Sicherstellung der Technischen Funktion und Leistungswerte der Nachkühlung und Nachheizung
- Anhebung der Vorlauftemperatur der HKD, solange Übertragung der Kühl-Leistung gewährleistet ist



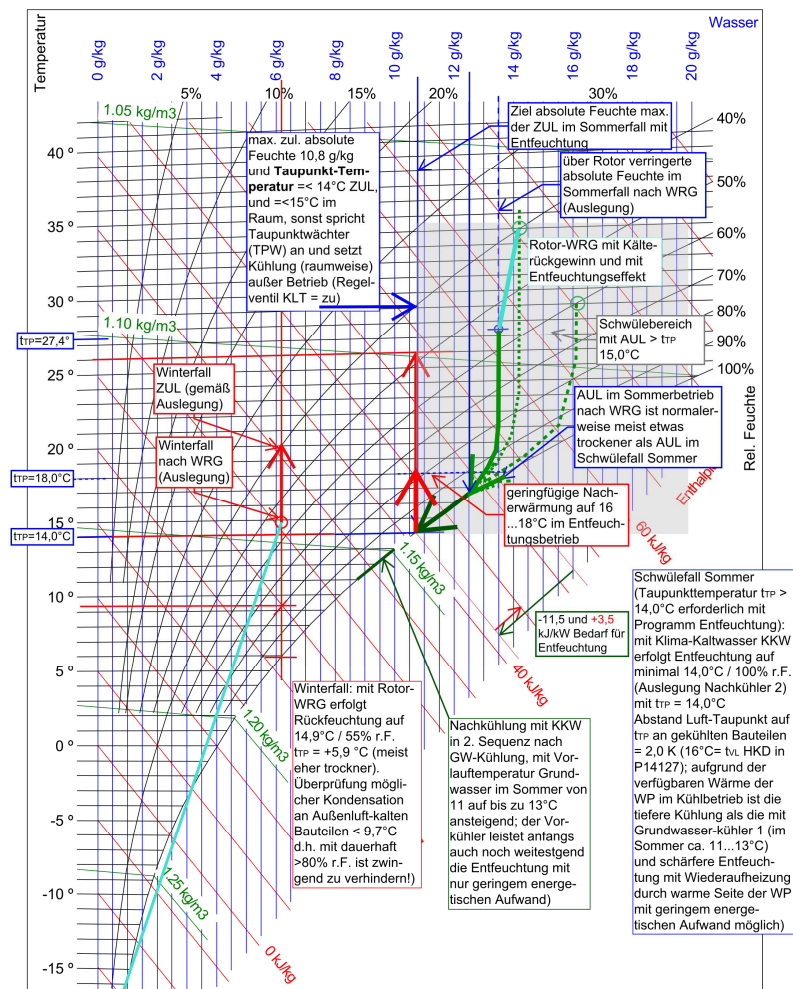
Erläuterung anhand Ausschnitt Bild h-x-Diagramm



Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

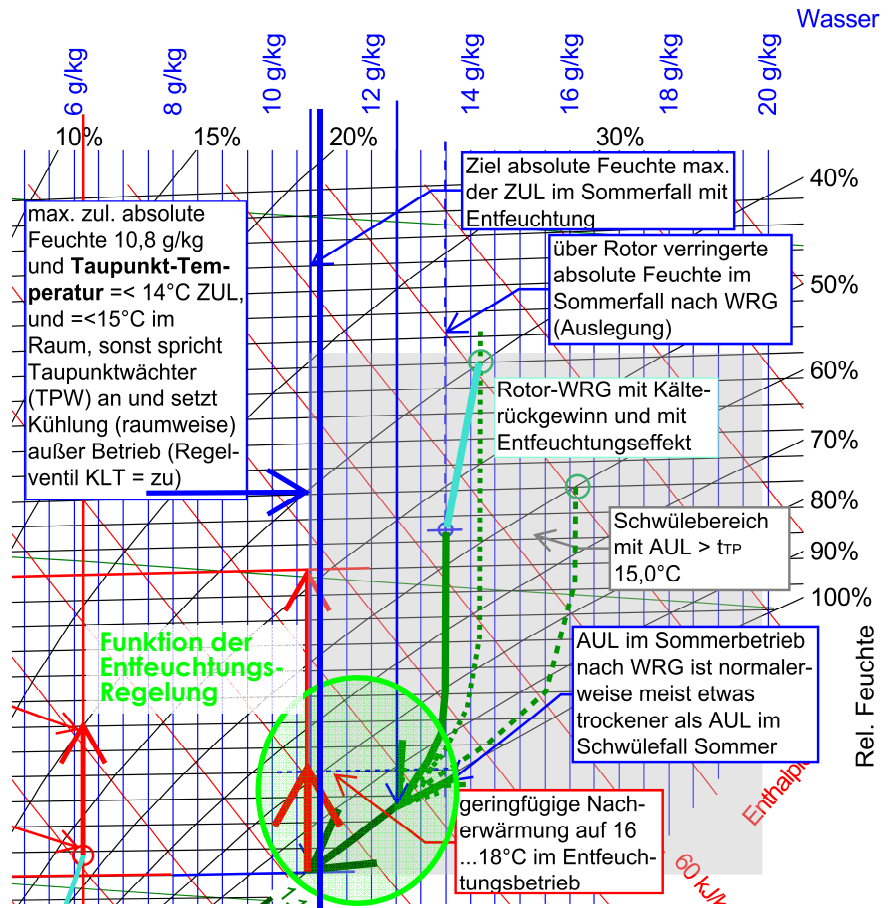
Regelungs- und Anlagentechnische Anforderung: **Begrenzung der Taupunkttemperatur der Zuluft auf $x < 11 \text{ g/kg}$**

Erläuterung Grundzüge Konditionierung/ Kühlung der Zuluft
1) **direkt regenerativ**
2) **regenerativ und**
3) **maschinell**
als Vorgänge im h-x-Diagramm



Regelungs- und Anlagentechnischen Anforderung:
Begrenzung der Taupunkttemperatur der Zuluft auf $x < 11 \text{ g/kg}$

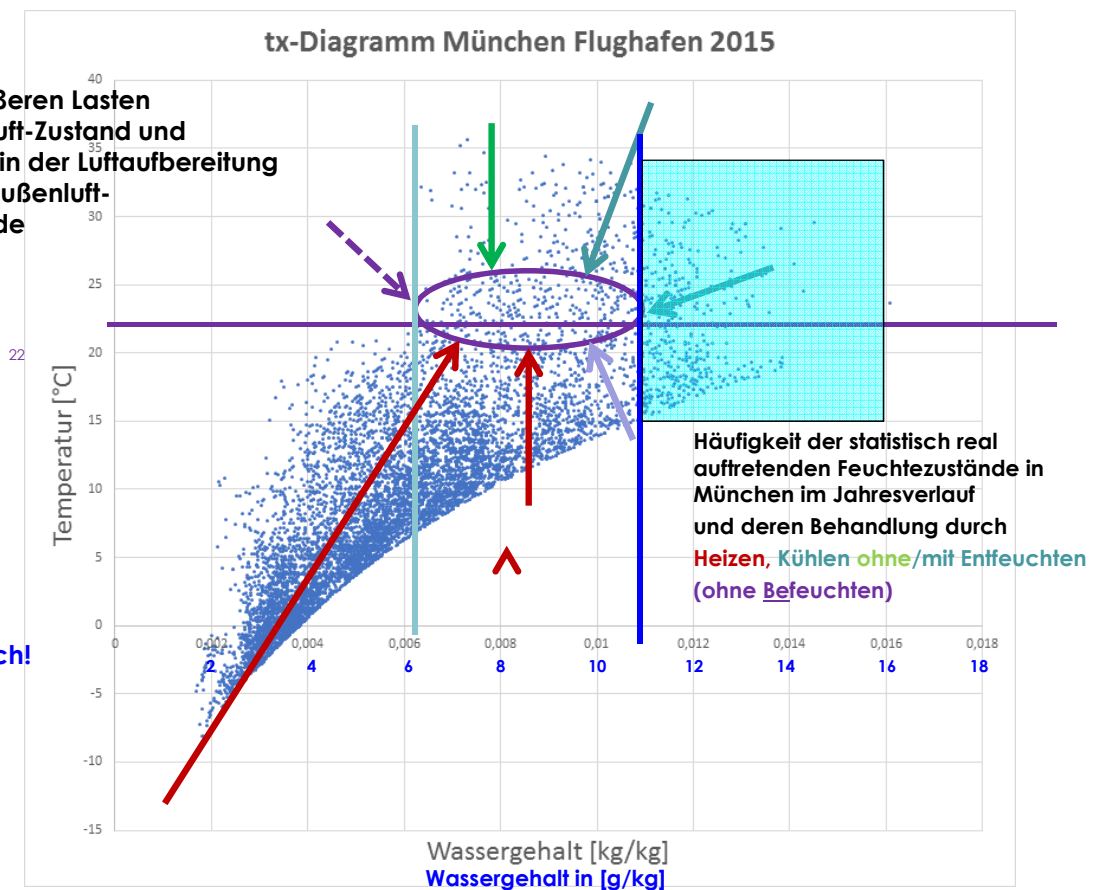
Erläuterung Grundzüge Konditionierung/ Kühlung der Zuluft
 1) direkt regenerativ
 2) regenerativ und
 3) maschinell
 als Vorgänge im h-x-Diagramm



Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
 LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

Einfluss von äußeren Lasten auf den Raumluf-Zustand und Energieeinsatz in der Lüftaufbereitung aufgrund der Außenluft-Feuchtezustände

Feststellung Mängel im Entfeuchtungsbetrieb ist nur beim Probetrieb Sommer möglich!

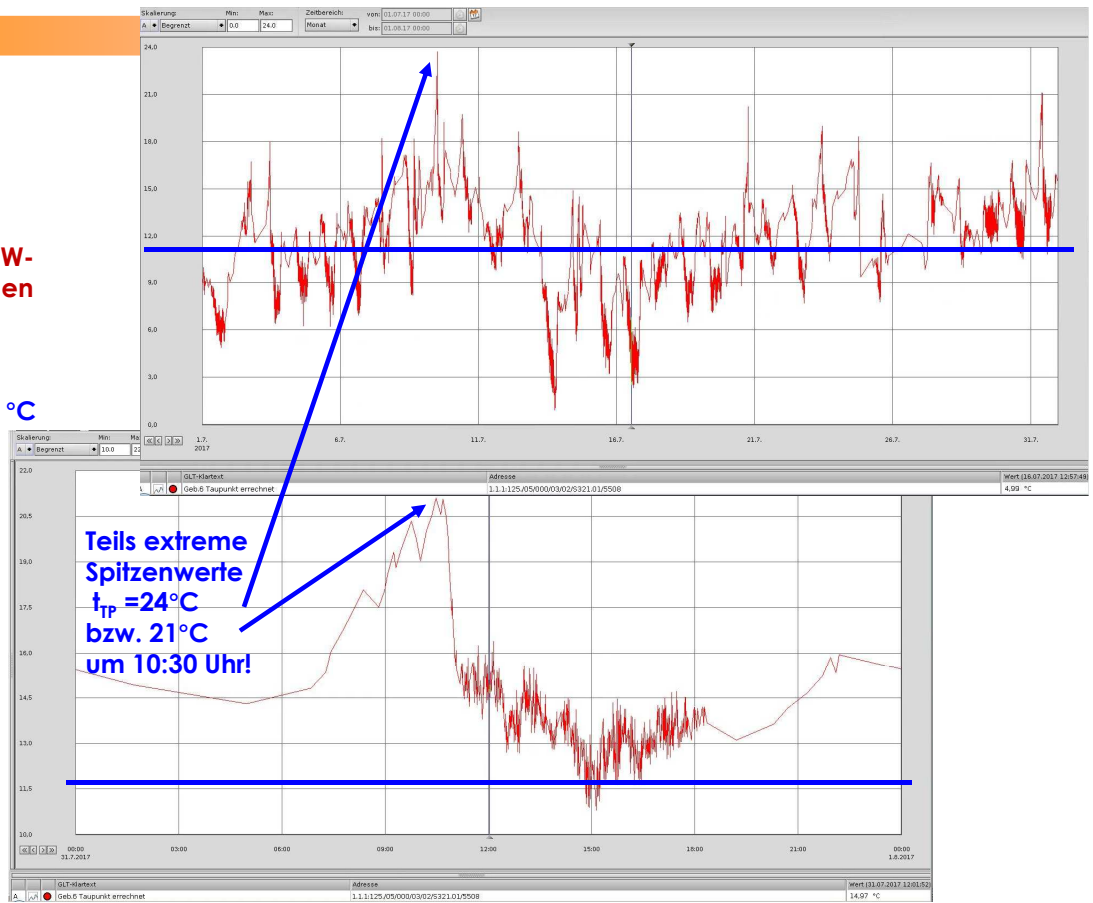


Beobachtung
Verlauf der
errechneten
Taupunkt-
temperatur
Auslöser der TPW-
Fehlermeldungen
???

über 1 Monat
Skala $t_{TP} = 0-24^\circ\text{C}$

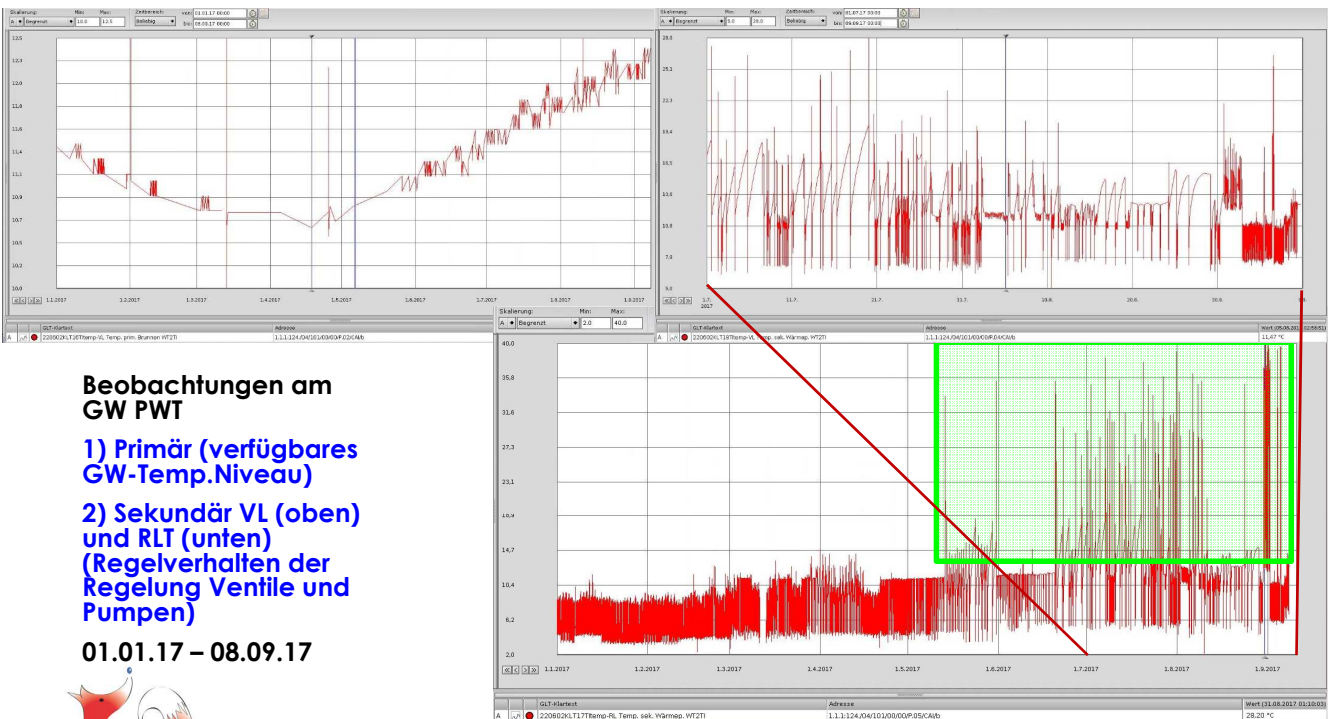
und einen
Tag
Skala $t_{TP} = 10-21^\circ\text{C}$

Linie bei
 $t_{TP} = 10,8^\circ\text{C}$



Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

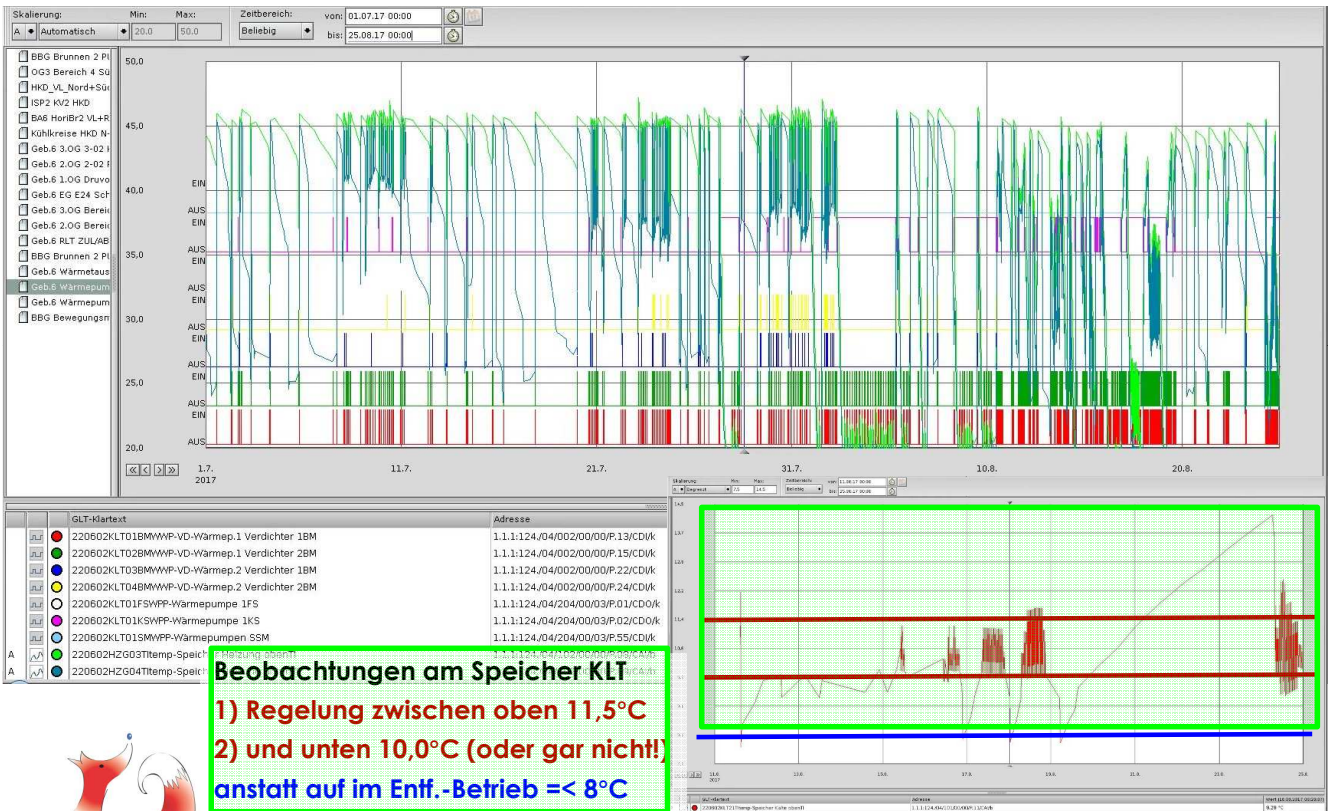
Beispiele Mangelbeseitigung Gewerk RLT und HZG/KLT, während Probebetrieb Sommer aufgrund von Beobachtungen der GLT



Beobachtungen am
GW PWT
1) Primär (verfügbares
GW-Temp.Niveau)
2) Sekundär VL (oben)
und RLT (unten)
(Regelverhalten der
Regelung Ventile und
Pumpen)
01.01.17 – 08.09.17



Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz



Beobachtungen am Speicher KLT

- 1) Regelung zwischen oben 11,5°C
- 2) und unten 10,0°C (oder gar nicht!) anstatt auf im Entf.-Betrieb =< 8°C



Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

29



Praxisbeispiel: Mangelbeseitigung Gewerk RLT, während Probebetrieb Sommer unter Beteiligung HZG-, KLT und MSR-Technik

Voraussetzungen Medien:

Verfügbar zum Einsatzzeitpunkt und in der richtigen Temperatur

- **KLT musste** hier im Entfeuchtungsfall auf **mind. +8°C gekühlt** sein und im Pufferspeicher KLT zur Verfügung stehen
 - tatsächlich wurde die Kühlung schon bei 10°C abgebrochen, aufgrund nicht kalibrierter Sensoren. Die Entfeuchtung war ungenügend.
- **HZG musste** hier im Entfeuchtungsfall auf **mind. +45°C über Wärmepumpe geheizt** sein und im Pufferspeicher HZG zur Verfügung stehen
 - tatsächlich wurde die Abwärme der Kälteerzeugung in einem zu breiten Temperaturband ans Grundwasser abgegeben, obwohl für Nachheizung benötigt.

Voraussetzung Programmierung MSR:

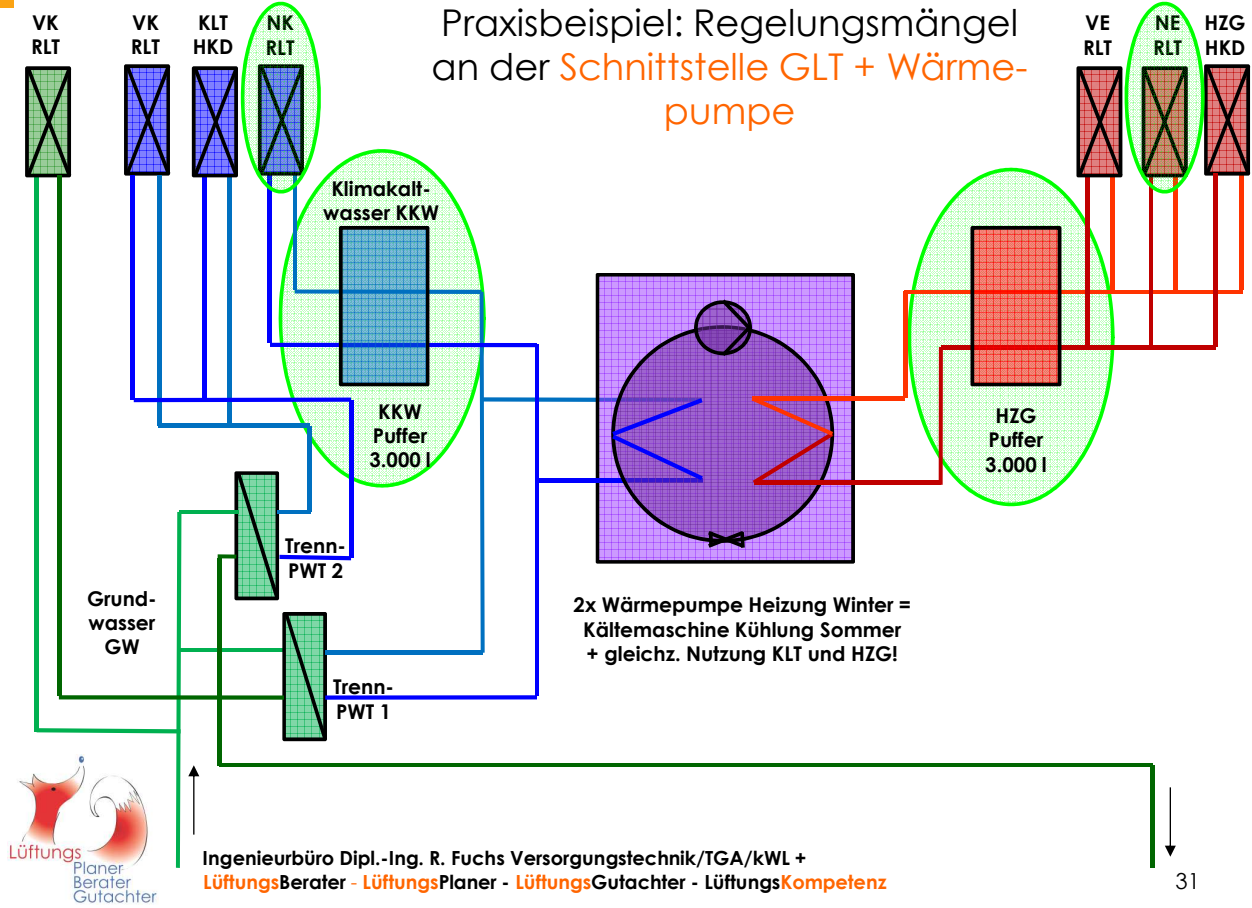
- **Fachgerechte Umsetzung der planerisch vorgegebenen Funktionen** in der Programmierung der MSR
- **Aktive Durchführung Testbetrieb Winter und Sommer** mit Beobachtung der Funktionen und Regelergebnisse anhand der GLT, Anpassung von Parametern, Regeln, Funktionen, sachgerechte Erweiterung der Darstellung



Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

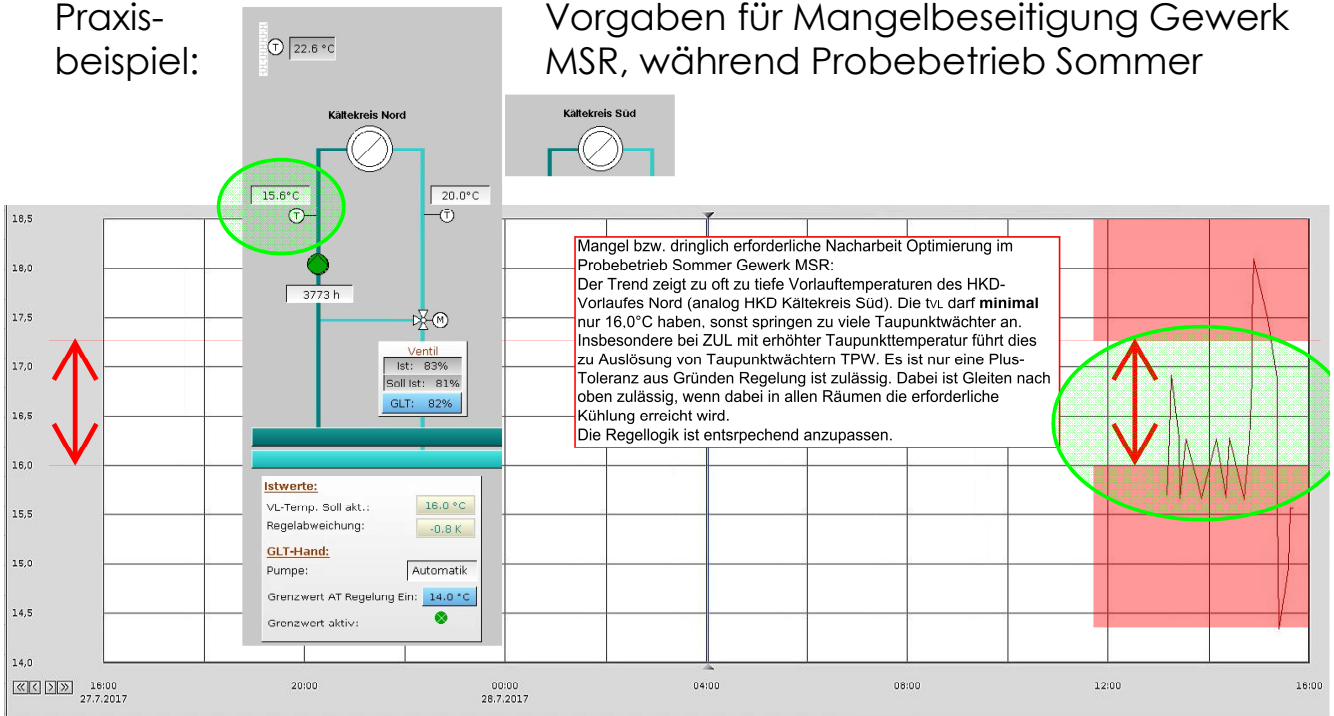
30

Praxisbeispiel: Regelungsmängel an der Schnittstelle GLT + Wärmepumpe



Praxisbeispiel:

Vorgaben für Mangelbeseitigung Gewerk MSR, während Probebetrieb Sommer



Danke
für die Aufmerksamkeit bis jetzt!

Es folgen noch
Bonus Folien

Beschreibung energetische Vorteile
der gewählten Anlagentechnik
Daten der Anlagen-Technik
RLT
HZG
KLT



Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

33

Beschreibung HZG + Kühlung Neubau Bürogebäude BMR 22-6

Gewerk Heizung und Kälte:
Raumheizung mittels Heizkühldecke als statische Heizfläche

Die Beheizung mit HKD als Flächenheiz- und die Kühlung mittels Flächen-Kühlsystem ist **besonders energiesparend:**

- **Heizfall: die sehr niedrige Vorlauftemperatur der HKD entlastet die Wärmepumpe**, die dadurch nur sehr geringen Temperatur"hub" erbringen muss
- **Kühlfall: die große Fläche erlaubt die Verwendung von Grundwasser über Wärmetauscher eingekoppelt, ohne die Erfordernis einer maschinellen Kühlung.** Ein Wärmetauscher mit Sekundärpumpe und der Betrieb des Grundwasserbrunnens verbraucht erheblich weniger Energie als eine Kompressionskältemaschine.
- **die Raumtemperaturen können im Winter kühler sein und**
- **im Sommer wärmer, weil der hohe Strahlungsanteil die sog. operative Temperatur günstig beeinflusst.** Die Behaglichkeitstemperatur wird mit geringerer Luft-Temperatur (im Heizfall) und höherer Lufttemperatur (im Kühlfall) gleichwertig erreicht, als wenn alle Energie über konvektive Systeme in den Raum eingebracht wird.



Projekt: P14127 | Revision: R00 | Bearbeiter: HW | Datum: 27.10.2016
Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

34

Energieeinsparung Neubau Bürogebäude BMR 22-6

Gewerk Heizung und Kälte:

Raumheizung mittels Heizkühldecke als statische Heizfläche

Die Beheizung der Büroräume und Flure erfolgt mittels **Heizkühldecke (HKD)** als statische Heiz- und Kühlfläche; diese ersetzt sowohl die Heizkörper und als auch Klimakühler, z.B. in Ausführung als Umluftkühlgerät. Der Betrieb einer HKD wirkt aufgrund der großen wirksamen Fläche

- thermisch besonders angenehm für den Menschen
- völlig zugfrei (fast keine Kühl- und Heizkonvektion, sondern) im Wesentlichen Übertragung der Heiz- und Kühl-Energie über Strahlung

Auslegungsmerkmale Heizkühldecke:

- Metallkühldecke in Feldern oder
- Gipskartondecke (siehe Bild)
 - jeweils mit akustisch wirksamer Lochung
- Medien im sog. Vierleitersystem: Vorlauf und Rücklauf Heizmedium und VL und RL Kühlung
- Einzelraumregelung mit Thermometer und Einstellmöglichkeit + und - je Raum
- hydraulische Regelung über 6-Wege-Ventile je Raum(zone) - damit ist keine Fehlfunktionen mit Vermischung Heiz- und Kühlmedium möglich
- sehr schnelle Regelbarkeit bei Metallkühldecke



Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

35

Energieeinsparung Neubau Bürogebäude BMR 22-6

Gewerk RLT:

Reduzierung der Auslegungsvolumenströme durch die Maßnahmen

- aufgrund System **Leitfähige Luft®** erfolgt **Reduzierung Luftwechsel** auf einen 1,5-fachen Luft-Wechsel (Büros), 4,0 1/h (Besprechungsräume) und 2,5 (Teeküchen)
- **Überströmung** der Flur-Zuluft mittels schalldämmtem Überströmdurchlass in **WC-Bereiche**

Reduzierung der Betriebskosten

- aufgrund der **variablen Volumenstromregelung (VVS-System)** der Büro-Zonen, Teeküchen und Besprechungsräume und
- der **bedarfsgesteuerten Lüftung** anhand von **CO₂, Feuchte und Anwesenheit** kann die
- **Gleichzeitigkeit der Lüftung** herabgesetzt werden auf nur **80% der rechnerischen Summe**.
- mit **Reduzierung der Volumenströme** kann auch die **Drehzahl der zentralen Ventilatoren Zuluft und Abluft reduziert** werden (Regelung auf konstanten Vordruck, mit Schiebung je nach Tages- und Wochenzeit) – idealerweise allerdings nach dem dynamisch sich einstellenden Schlechtpunkt, je nach Nutzung und Belastung der Räume/Raumzonen und damit der Luftverteilung

Hierdurch wird ein besonders sparsamer Betrieb der RLT-Anlage gewährleistet.



Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

36

Highlight Leiffähige Luft® Neubau Bürogebäude BMR 22-6

Gewerk RLT:

Ionisierung der Zuluft mittels Leiffähige Luft®

Die Zuluft der Büroräume und Flure wird **(endständig) im Zuluftdurchlass mit positiven und negativ geladenen Ionen** versehen, um die **in der Natur vorkommenden Verhältnisse auch im Inneren von Gebäuden wieder herzustellen**. Beim Durchgang durch Filter und metallische Kanäle verliert nämlich die gefilterte, erwärmte und gekühlte Zuluft diese natürliche Eigenschaft.

Auslegungsmerkmale Leiffähige Luft® :

- Ionen = Luft-Kleinionen mit $k = 6 - 1,5 \text{ cm}^2/\text{Vs}$
- Die Ionendichte in ca. 20 cm Abstand beträgt in etwa $2 - 4 \times 10^5$ mit negativer Ladung und ca. $2 - 4 \times 10^4$ mit positiver Ladung
- Die Ionen sind langlebig und haben eine Lebensdauer von 20-40 Minuten
- Es wird absolut kein Ozon oder Stickoxyd erzeugt (wie durch andere Systeme)
- Die Aktoren im Zuluftstrom bestehen aus GMP-gerechten Materialien
- Leiffähige Luft® ist geruchfrei, bakteriell und hygienisch unbedenklich
- Die VDI-Norm 6022 Blatt 1 + 3, DIN 1946-6 - Teil 2, VDI 3803 und die ÖNORM H6021 sind erfüllt
- Kein Elektrosmog (Messwerte < Detektionsgrenze von 0.006 V/m)
- Der Stromverbrauch beträgt nur ca. 8 W pro Stockwerk, bzw. Nutzungszone

Durch die Verwendung System Leiffähige Luft® konnte der Luftwechsel auf einen 1,5-fachen Luft-Wechsel reduziert werden (in Büros ist sonst mind. LW hygienisch = 2,0 und höher üblich).



Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

37

Planungs-Kennzahlen Neubau Bürogebäude BMR 22-6

RLT-Installation - Kennziffern:

Auslegungs-Luftleistung RLT-Anlage	21.000 m³/h	(Gleichzeitigkeit Bedarfssteuerung)
Max. tatsächliche Luftleistung RLT-Anl.	26.000 m³/h	(bei Drehzahl bis 59 Hz FU)
Auslegungs-Luftwechsel Büroräume	1,5 1/h	(Besprecher 4 1/h, Teeküchen 2,5 1/h)
Zentralgerät RLT (L/B/H)	12.746 / 2.588 / 2.808 mm	(Abluft-Teil oben L 7.719 mm)
Luftkanal	2.260 m²	(61% < 500 mm, 16% < 1.000 mm)
Wickelfalzrohr DN 80 - DN 315	1.135 lfm	(53% bis DN 125, 44% bis DN 160)
Formstücke Rohr DN 80 - DN 315	1.440 Stück	(Bögen, Reduz., Enddeckel, usw.)
Flexrohr	500 lfm	
Dämmung von Luftleitungen	1.740 m²	(AUL, FOL und ZUL gedämmt)
Kanalschalldämpfer	399 Stück	(nach jedem Volumenstromregler)
Volumenstromregler, variabel	64 Stück	
Volumenstrombegrenzer, einstellbar	270 Stück	
Brandschutzklappen eckig + rund	75 Stück	
Brandschutzellerventile	18 Stück	
Drallauslässe und Lüftungsventile	57 Stück	
Profil- und Formstahlkonstruktionen	2.150 kg	
S-Leit-Auslässe, mit Aktoren u. Bussystem	148 Stück	(Zusatzkosten incl. Auslässe +13,5%)



Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

38

Planungs-Kennzahlen Neubau Bürogebäude BMR 22-6

HZG-Installation - Kennziffern:

Normheizleistung HZG-Anlage statisch o. RLT Wärmen)	91 kW	(Flächenheizung, ohne innere Wärmen)
Auslegungs-Leistg. HZG-Anlage dynamisch	93 kW	(nur Lüftungsanlage ohne NE)
Installierte Wärmepumpe 2 x 153 kW =	306 kW	(+66 % Redundanz Leistung)
COP (Verhältnis abgegeben/aufgewendet), ca.	4,2	(Leistungsziffer ε)
Elektrische Leistungsaufnahme Heizen	31 kW	(GW Ein: W13 / W45 Pufferspeicher)
Abmessungen Wärmep. (L/B/H)	1.343 / 911 / 1.650 mm	(2 Stück, jeweils)
Pumpen im Heizsystem	7 Stk	(mit Pumpleistung 105 m ³ /h gesamt)
Rohrleitungen Heizsystem	3.170 lfm	(11% in Zentrale, Rest in Verteilung)
Dämmung von Heizleitungen	364 lfm	(nur Zentrale + Schächte)
Rohrabschottungen an Heizleitungen	58 Stück	(an Brandabschnitten)
Regel-Armaturen und Absperrungen	655 Stück	(davon 540 Absperrkugelhähne HKD)
Thermometer und Manometer	34 Stück	
Schmutzfänger und Rückschlagventile	4+21 Stück	
Strömungswächter und Kompensatoren	3+8 Stück	
Pufferspeicher	3.000 l	
Wärmetauscher (Systemtrennung WP) +5°C)	240 kW	(Winter: GW +11 → +7°C / WP +8 → +5°C)
Profil- und Formstahlkonstruktionen	850 kg	



Planungs-Kennzahlen Neubau Bürogebäude BMR 22-6

KLT-Installation - Kennziffern:

Kühlleistung HKD-Anlage statisch, ohne RLT	230 kW	(Flächenkühlung Heizkühldecke, Vor- kühler RLT und Kühlung Fancoils erfolgt über WT direkt aus dem Grundwasser, nicht maschinell!)
Auslegungs-Leistg. KLT RLT-Anlage dynamisch	45 kW	(nur für Nachkühler Lüftungsanlage)
Installierte Wärmepumpe 2 x 150 kW =	300 kW	sehr hohe Redundanz Leistung)
COP (Verhältnis abgegeben/aufgewendet)	6,6	(Leistungsziffer ε)
Elektrische Leistungsaufnahme	25 kW	(GW Ein: W13 / W45 Pufferspeicher)
Pumpen im Kühlsystem, mit GW-Kühlung	6 Stk	(mit Pumpleistung 91 m ³ /h gesamt)
Rohrleitungen Kühlsystem	3.025 lfm	(20% in Zentrale, Rest in Verteilung)
Dämmung von Kühlleitungen	304 lfm	(nur Zentrale + Schächte)
Rohrabschottungen an Kälteleitungen	64 Stück	(an Brandabschnitten)
Regel-Armaturen und Absperrungen	105 Stück	(ohne Absperrkugelhähne HKD)
Thermometer und Manometer	56 Stück	
Schmutzfänger und Rückschlagventile	8+6 Stück	
Pufferspeicher	3.000 l	
Wärmetauscher (Systemtrennung WP)	300 kW	(Sommer: GW Erwärmung +13 → 18°C)
Profil- und Formstahlkonstruktionen	1.200 kg	



Ein Exkurs in das h-x-Diagramm:

Darstellung der Zusammenhänge:

Temperatur (Skala links),
absoluter Wassergehalt
 (Skala oben, in g/kg
 d.h. g Wasser/kg Luft)

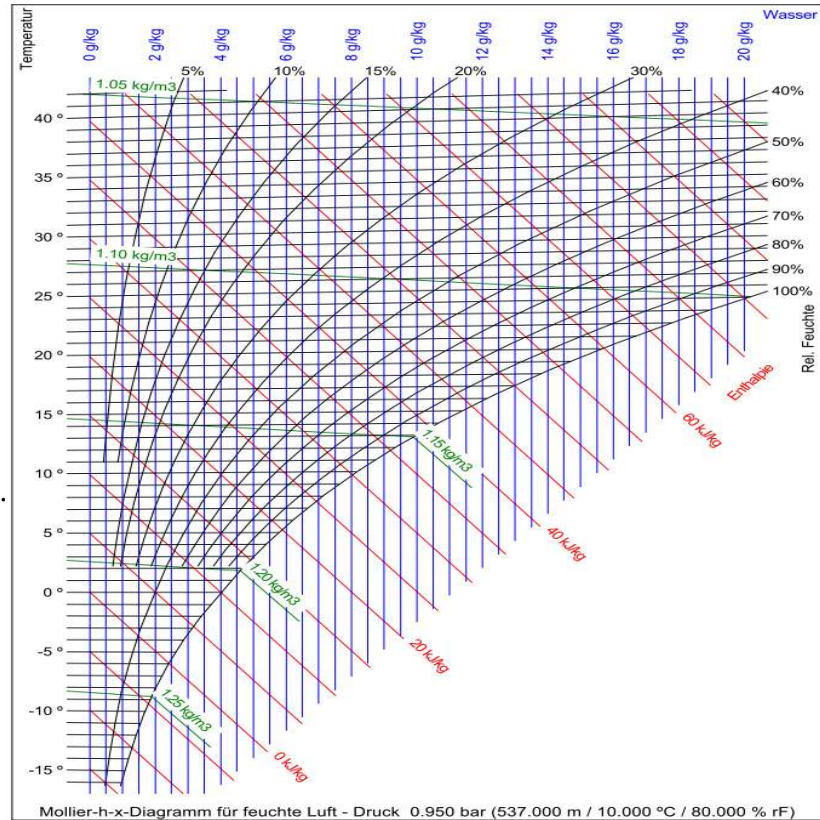
Relative Feuchte
 (gekrümmte Linien, in % d.h.
 des max. aufnehmbaren
 Wassers je nach Tempera-
 tur der Luft)

Energiegehalt (abhängig
 von der Feuchte, kJ/kg)



Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
 LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

43



Ein Exkurs in das h-x-Diagramm:

Beispiel Differenz Raumluf-
 und Außenluftzustand
 im **Winter**:

Temperatur: $\Delta = 27 \text{ K}$
 $22^\circ\text{C} / -5^\circ\text{C}$,

Absoluter Wassergehalt:
 $\Delta = 5 \text{ g/kg}$
 $7,0 \text{ g/kg} / \sim 2 \text{ g/kg}$

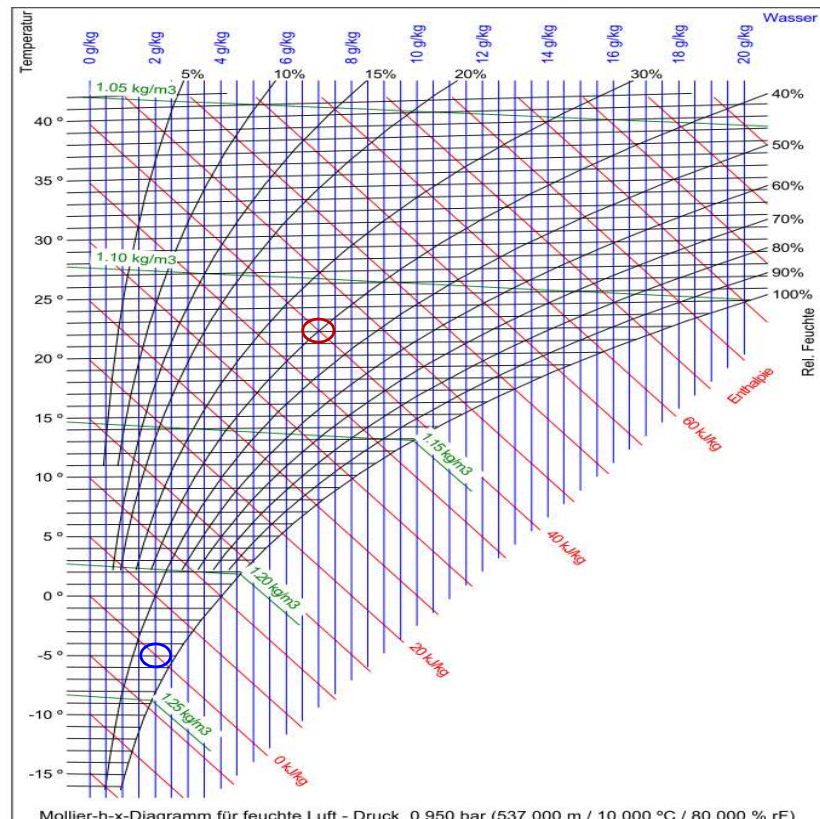
Relative Feuchte: $\Delta = 40\%$
 $40\% \text{ r.F.} / 80\% \text{ r.F.}$

Energiegehalt:
 $\Delta = 40 \text{ kJ/kg}$
 $40 \text{ kJ/kg} / 0,0 \text{ kJ/kg}$



Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
 LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

44



Ein Exkurs in das h-x-Diagramm:

Beispiel Wärmerückgewinnung mit **Rotor** in „Mitte“ zwischen Raumluf- und Außenluftzustand im **Winter** (ideal):

Mischtemperatur: = $27\text{ K} \times 0,80 = 21,6\text{ K} + (-5^\circ\text{C}) = 16,6^\circ\text{C}$

Absoluter Wassergehalt:
= $5\text{ g/kg} \times 0,8 = 4\text{ g/kg} + 2\text{ g/kg} = 6\text{ g/kg}$

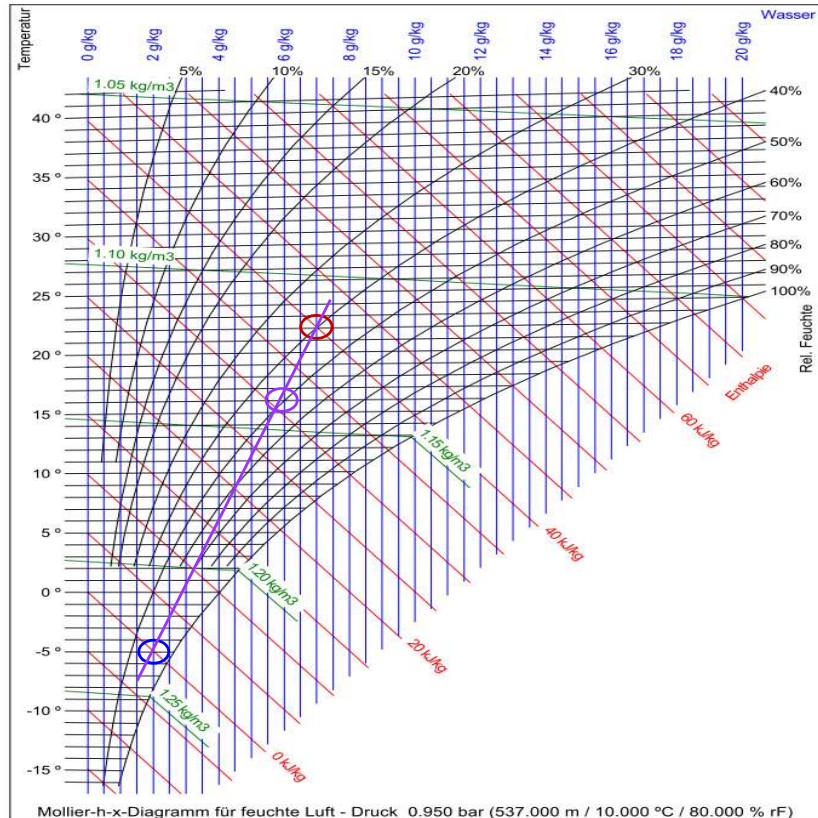
Relative Feuchte: = 60%
(aus Diagramm!)

Energiegehalt:
= $40\text{ kJ/kg} \times 0,8 = 32 + 0\text{ kJ/kg}$
= 32 kJ/kg



Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

45



Ein Exkurs in das h-x-Diagramm:

Beispiel Wärmerückgewinnung mit **PWT** mit „trocken“ erwärmtem Außenluftzustand im **Winter** (ideal):

Mischtemperatur: = $27\text{ K} \times 0,80 = 21,6\text{ K} + (-5^\circ\text{C}) = 16,6^\circ\text{C}$

Absoluter Wassergehalt:
= unverändert! 2 g/kg

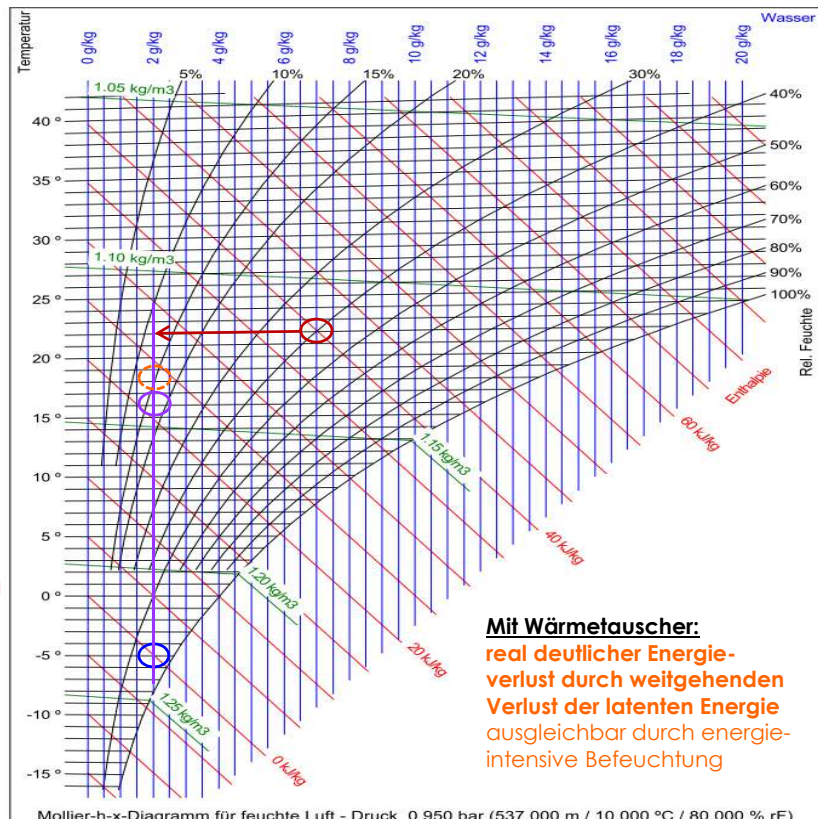
Relative Feuchte: = 18%
(aus Diagramm! Sehr trocken!)

Energiegehalt: real deutlich vermindert!
(aus Diagramm) = 21,5 kJ/kg
ohne latente Energie, real etwas verbessert um Beitrag aus latenter Energie



Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

46



Mit Wärmetauscher:
real deutlicher Energieverlust durch weitgehenden Verlust der latenten Energie ausgleichbar durch energieintensive Befeuchtung

Rotationswärmeübertrager (I):

Rückwärmzahl, abhängig vom Drehwinkel (bei 0° tritt der max. erwärmte Teil in den kalten Außenluftstrom ein):

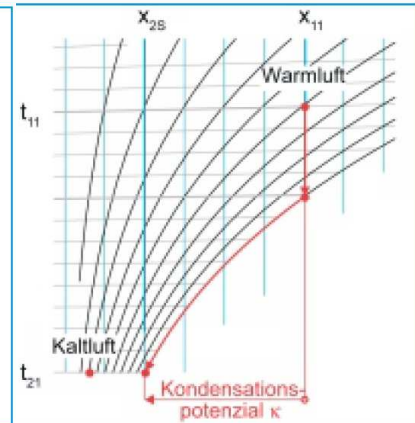
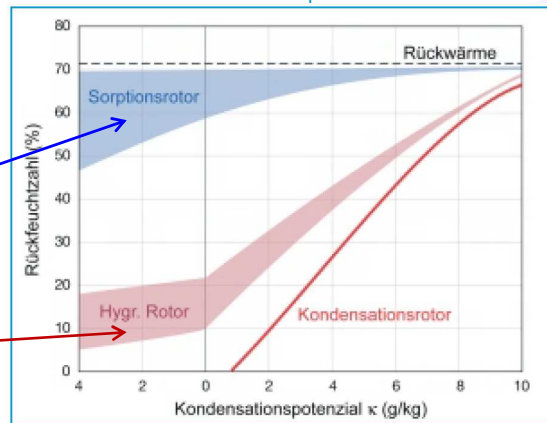
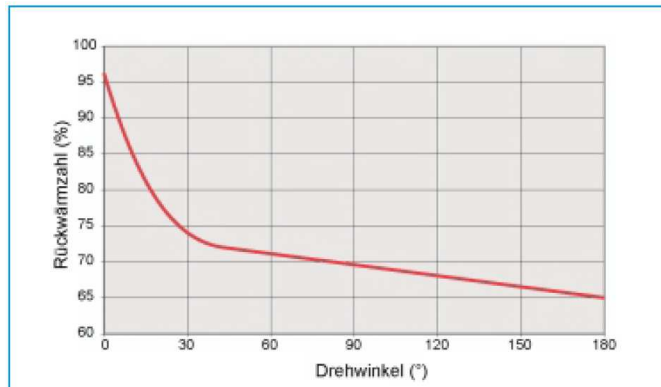
anfangs sehr hohe Rückwärme

Typen von Rotoren:

- Kondensationsrotor (für Anlagen ohne Feuchteregelung und mechanische Kühlung)

- Sorptionsrotor (mit sehr hoher Feuchte-Übertragung)

- Enthalpiorotor (hygroskopischer Rotor) für Anl. mit Kühlung



Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

47

Rotationswärmeübertrager (II):

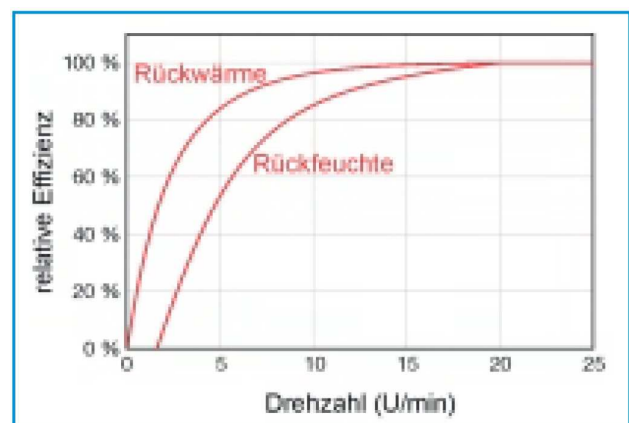
Diagramm Rückwärm- und Rückfeuchtzahl eines Sorptionsrotors in Abhängigkeit von der Drehzahl

Vorteile Rotations-WRG:

- Sehr **geringe Frostgefahr**, somit
- **Kein Vorheizen** erforderlich
- **Feuchterückgewinn** (für bessere Behaglichkeit, dabei aber
- Kondensation nur unterhalb der Kondensationstemperatur (bei Enthalpietauscher dagegen immer)

Nachteile:

- Gegenseitige Kontamination der Luftströme, Stoff- und Geruchsübertragung → bessere Abluftfiltration vorsehen
- Mitrotation (4 - 6%) → Spülzone herstellerseitig vorsehen
- Leckage → geeignete Druckverhältnisse berücksichtigen (bei kWL Hersteller)



Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

48