

**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 – LueftungsBerater - LüftungsGutachter Kompetenz in Raumluftechnik 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 + LueftungsGutachter.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

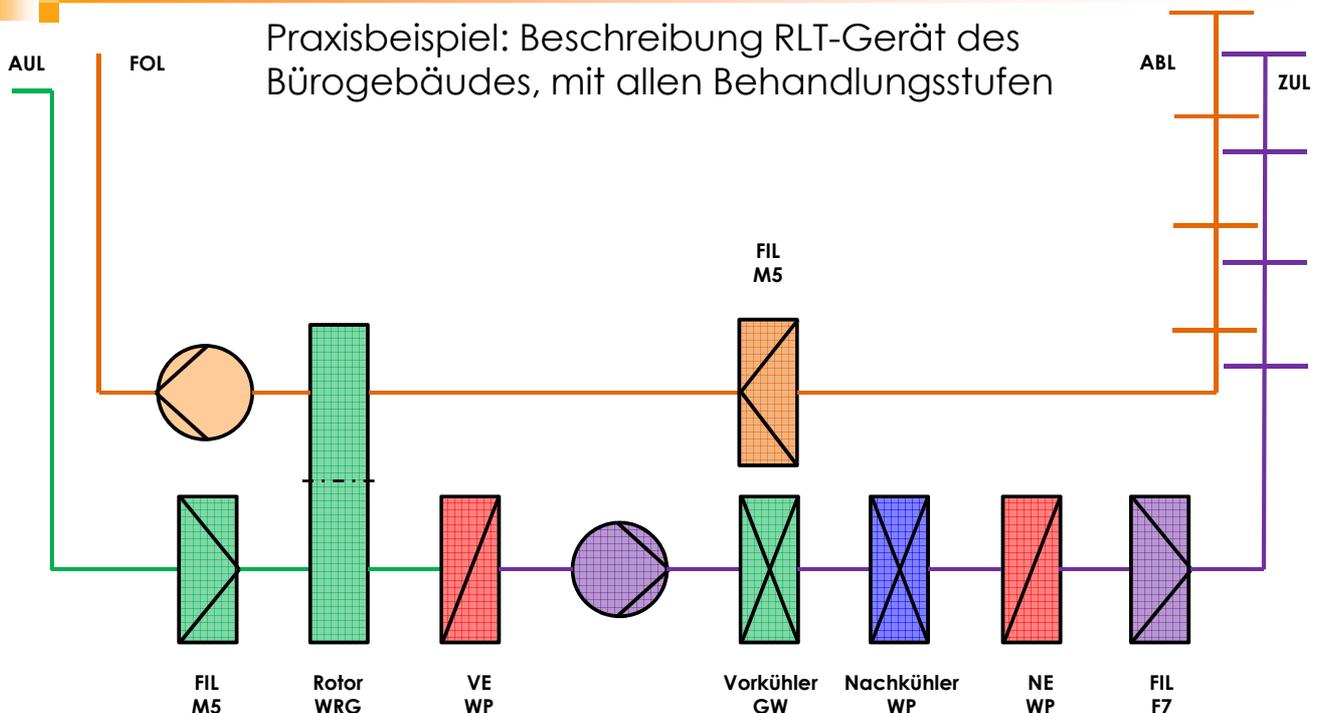
- **Zentrales RLT-Gerät** in Bauart modular mit hoher **Wärmerückgewinnung (WRG)**
- Belüftung aller Büro-, Besprechungs-, Schulungsräume und Lounges/Teeküchen
- Erschließung über 2 Hauptschächte Nord und Süd, AUL und FOL über Dach OG3
- **Entfeuchtung** auf Taupunkttemperatur der Luft nicht höher als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

Praktische Umsetzung

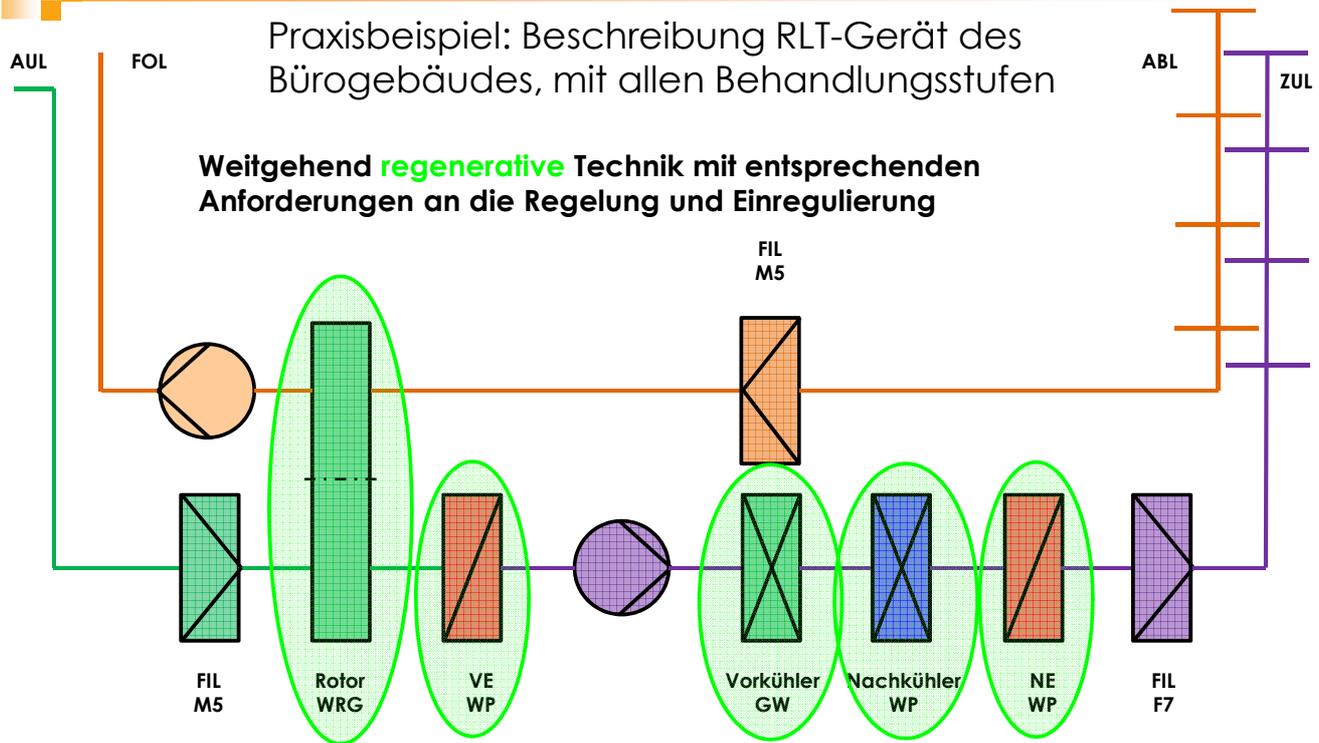
- Auslegung ZUL auf Luftwechsel (sehr sparsame) 1,5 1/h in Büroräumen, 4,0 1/h in Besprechungs- und Schulungsräumen und 2,0 1/h in Teeküchen
- VVS – variabler Volumenstrom-System
- Überströmung Flurluft über schalldämmende ÜLD in die WC-Gruppen



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



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



Weitgehend **regenerative** Technik mit entsprechenden Anforderungen an die Regelung und Einregulierung



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	

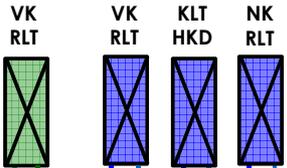
Kälteerzeugung:

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).

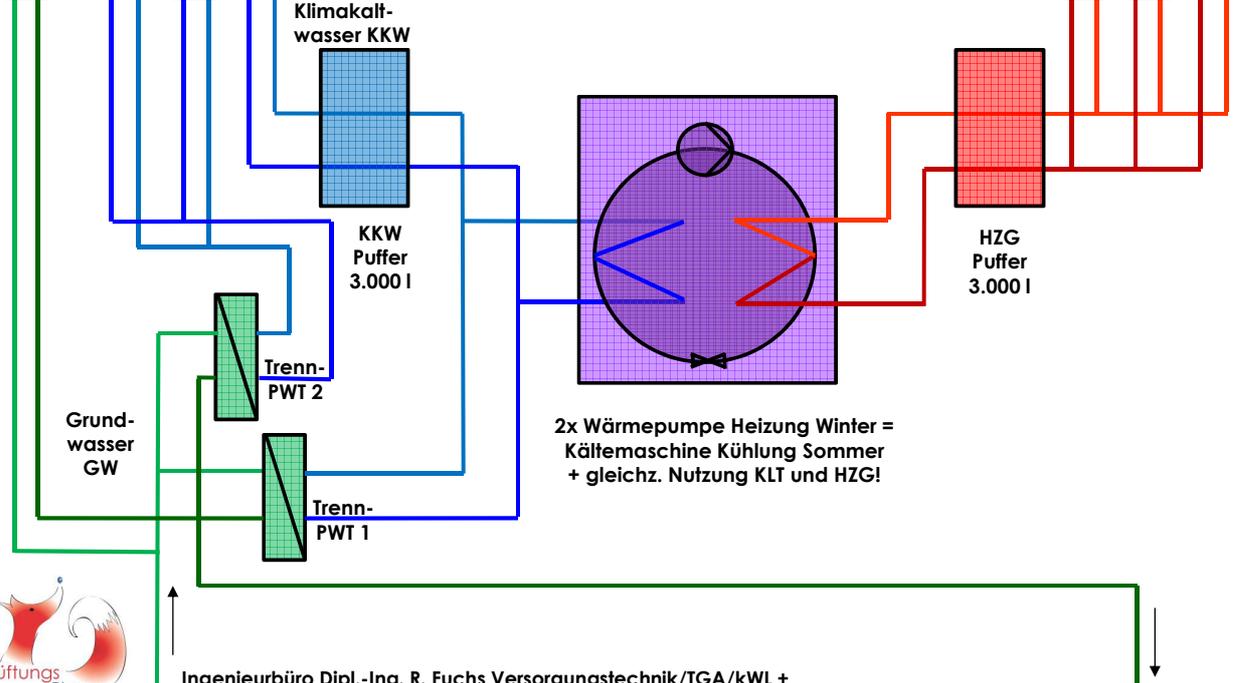
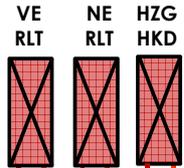


Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

8



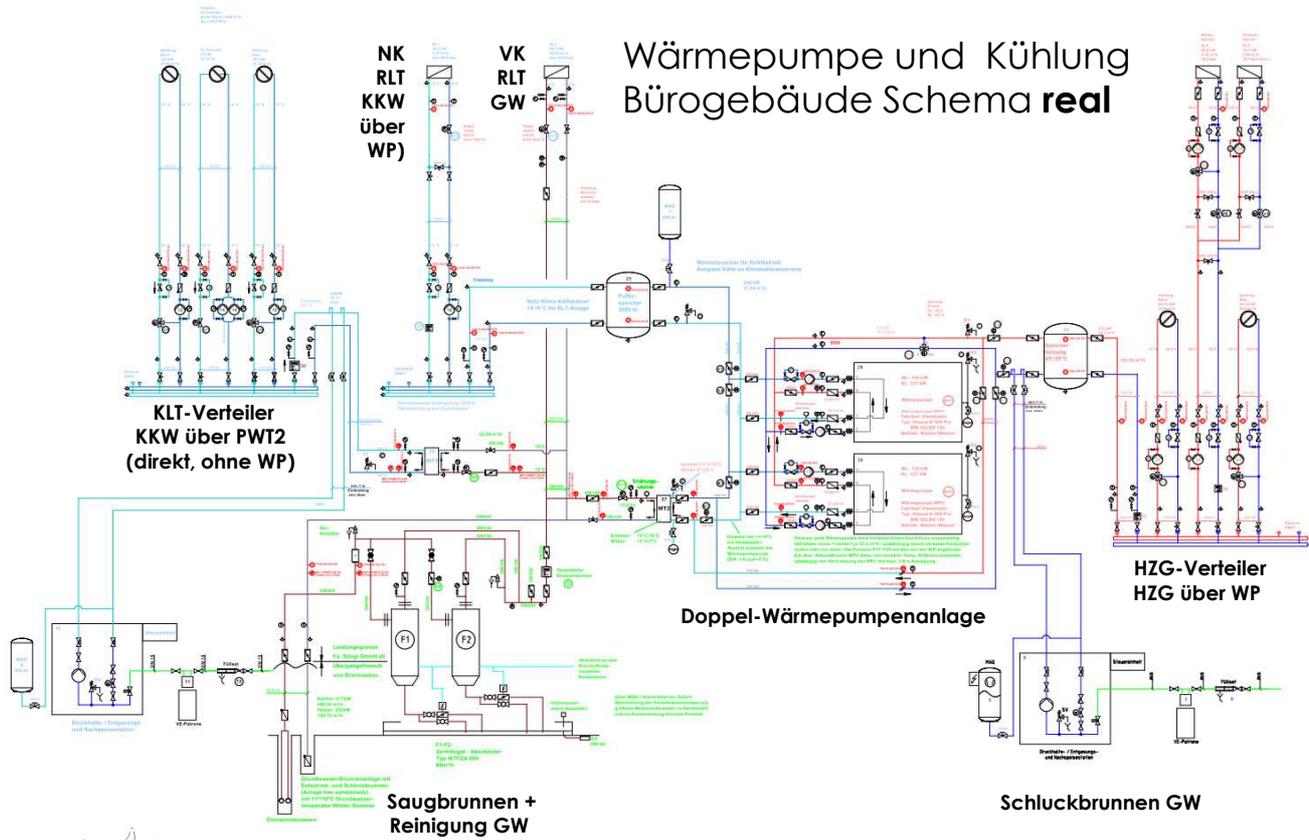
Praxisbeispiel: Beschreibung Wärmepumpe und Kühlung Bürogebäude (Schema stark vereinfacht!)



2x Wärmepumpe Heizung Winter = Kältemaschine Kühlung Sommer + gleichz. Nutzung KLT und HZG!



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



Wärmepumpe und Kühlung Bürogebäude Schema real



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

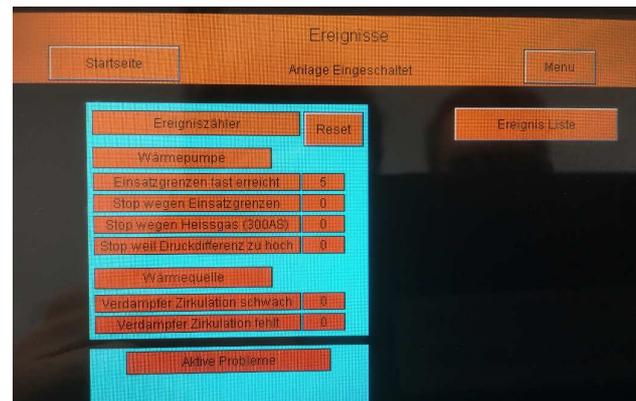
Kältemaschine Betrieb Winter und Sommer – div. Problemfelder und Beseitigung von Mängeln mit Wirkung auf Gebäude/Gewerk RL

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 22:59:06	
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)



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

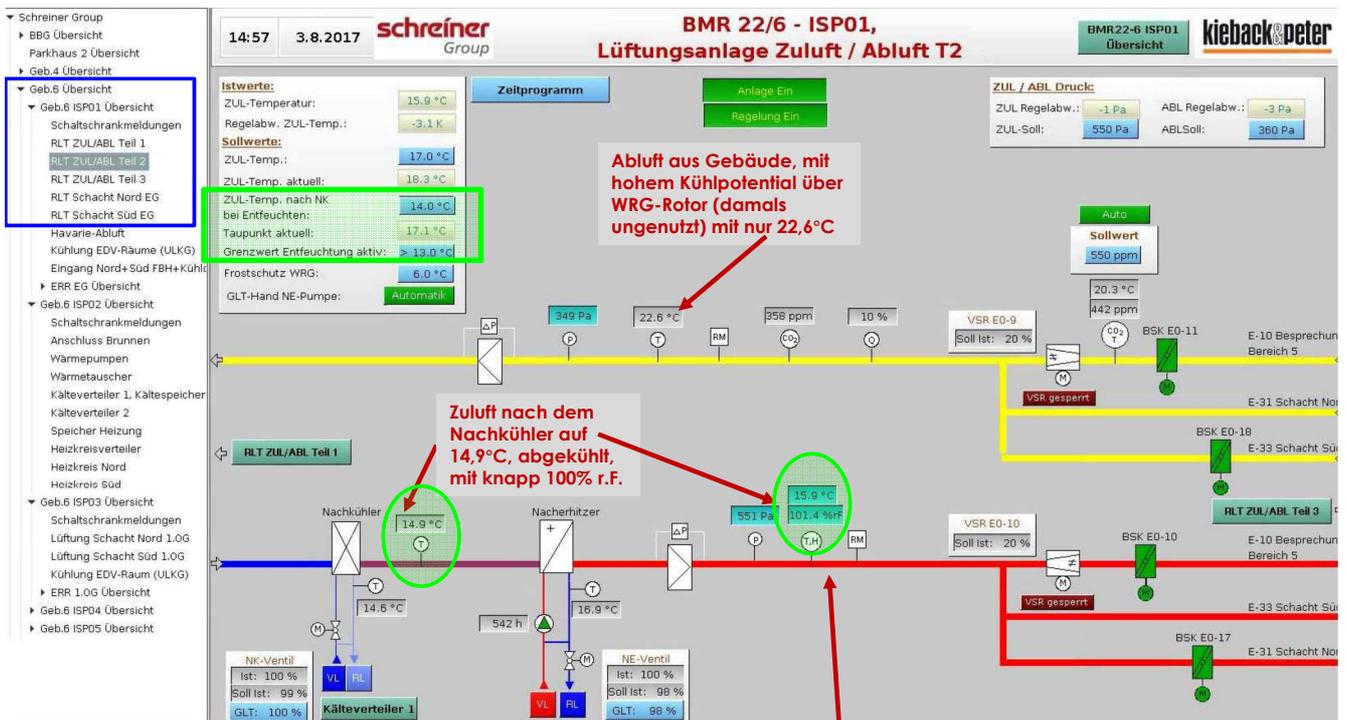
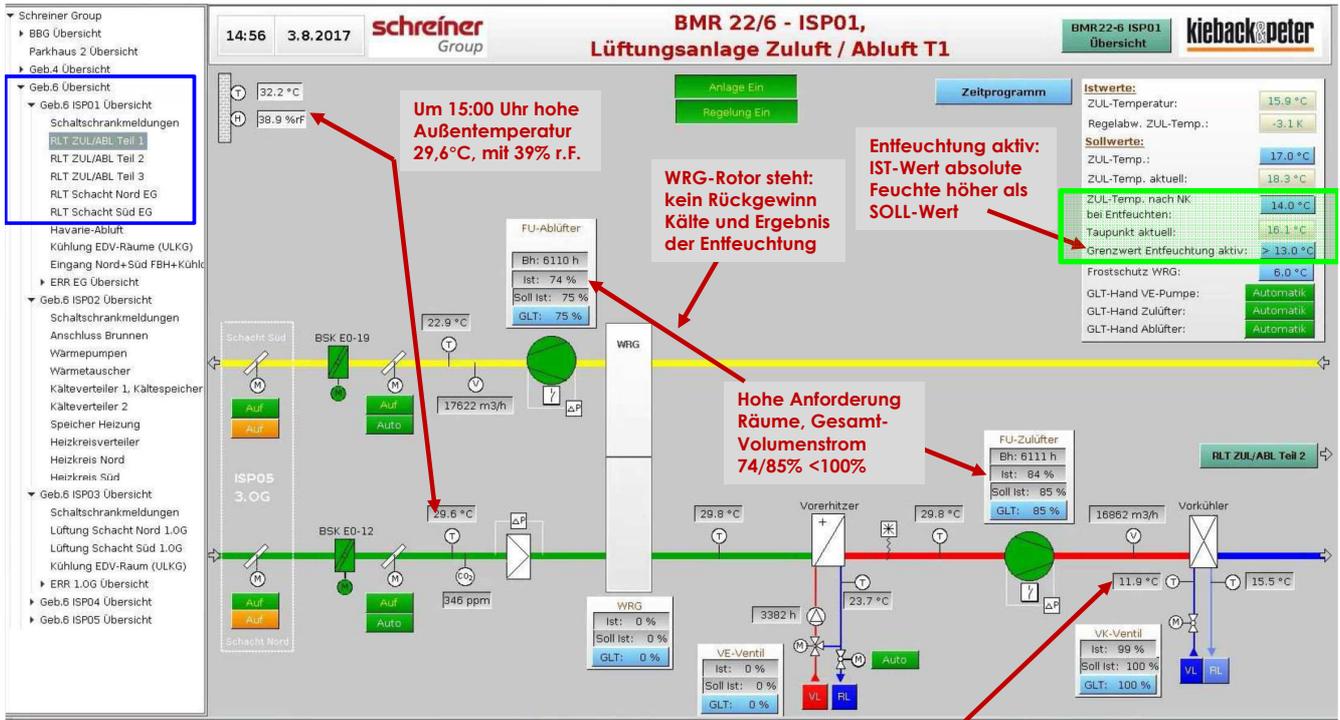
15

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	

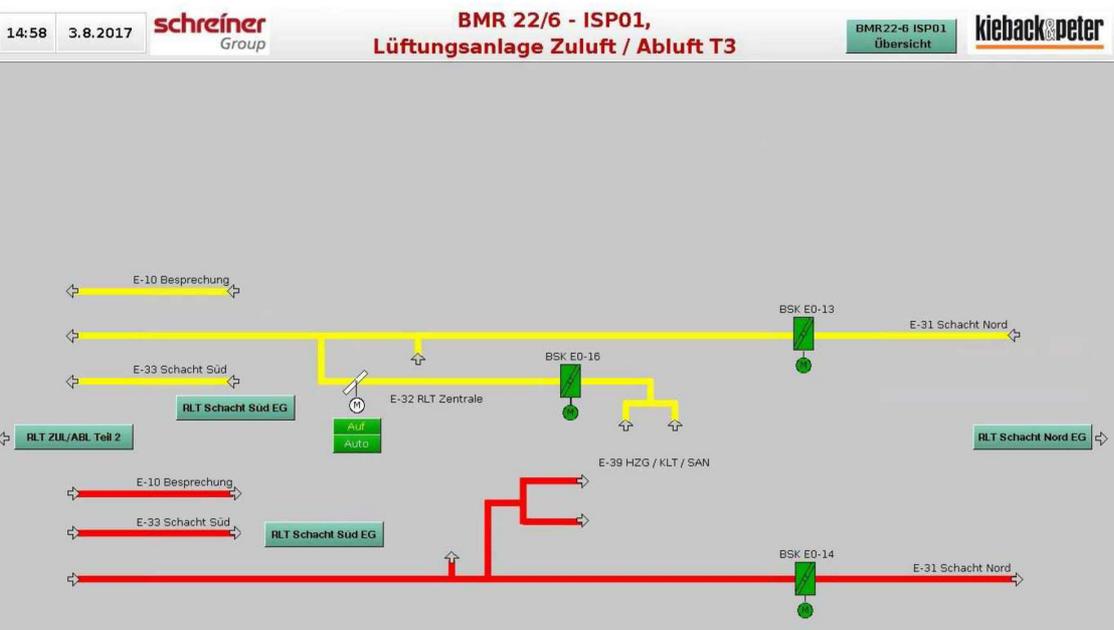


Ingenieurbüro Dipl.-Ing. R. Fuchs Versorgungstechnik/TGA/kWL +
LüftungsBerater - LüftungsPlaner - LüftungsGutachter - LüftungsKompetenz

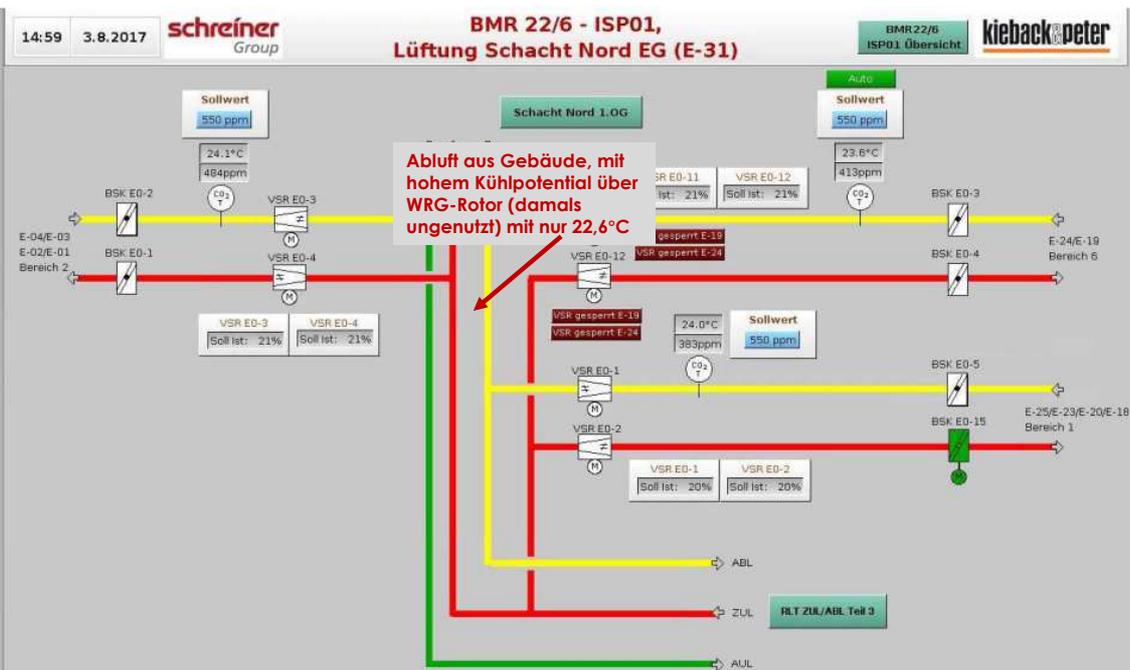
16

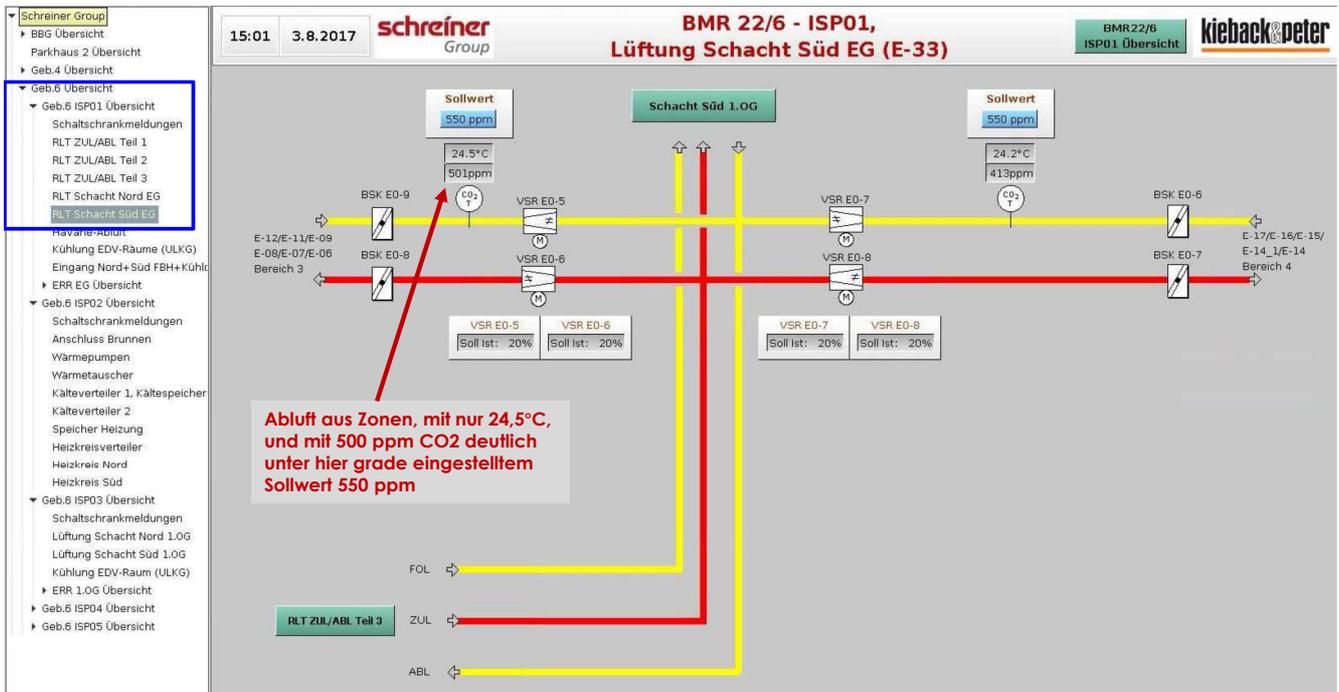


- Schreiner Group
 - BBG Übersicht
 - Parkhaus 2 Übersicht
 - Geb.4 Übersicht
 - Geb.6 Übersicht
 - Geb.6 ISPO1 Übersicht
 - Schaltschrankmeldungen
 - RLT ZUL/ABL Teil 1
 - RLT ZUL/ABL Teil 2
 - RLT ZUL/ABL Teil 3
 - RLT Schacht Nord EG
 - RLT Schacht Süd EG
 - Havarie-Abluft
 - Kühlung EDV-Räume (ULKG)
 - 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 RLТ

Gewerkeübergreifende Mängel:

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

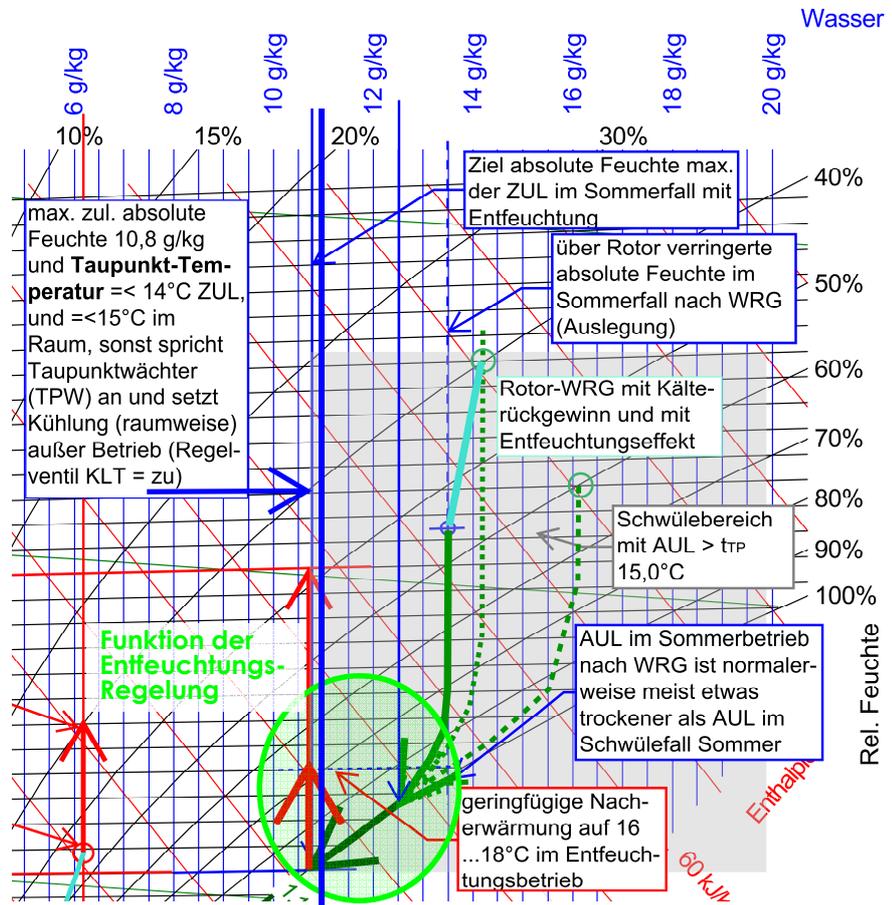
Die Fachbauleitung musste Gewerke-übergreifend koordinieren, wenn die Gewerke allein (im Zeitrahmen) dazu nicht in der Lage sind.

Nachfolgend Bilder h-x-Diagramm zur Erläuterung



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

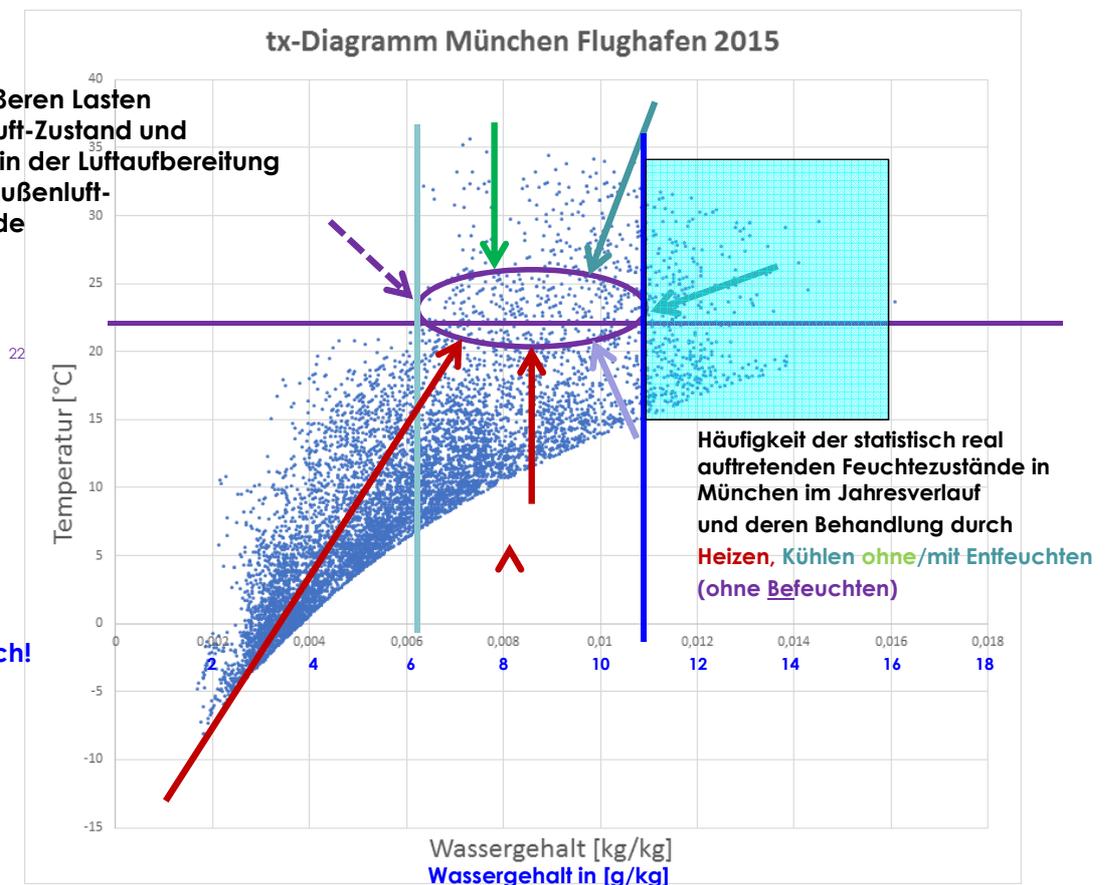
Erläuterung Grundzüge Konditionierung/ Kühlung der Zuluft
 1) direkt regenerativ
 2) regenerativ und
 3) maschinell
 als Vorgänge im h-x-Diagramm



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

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

Feststellung Mängel im Entfeuchtungsbetrieb ist nur beim Probetrieb Sommer möglich!

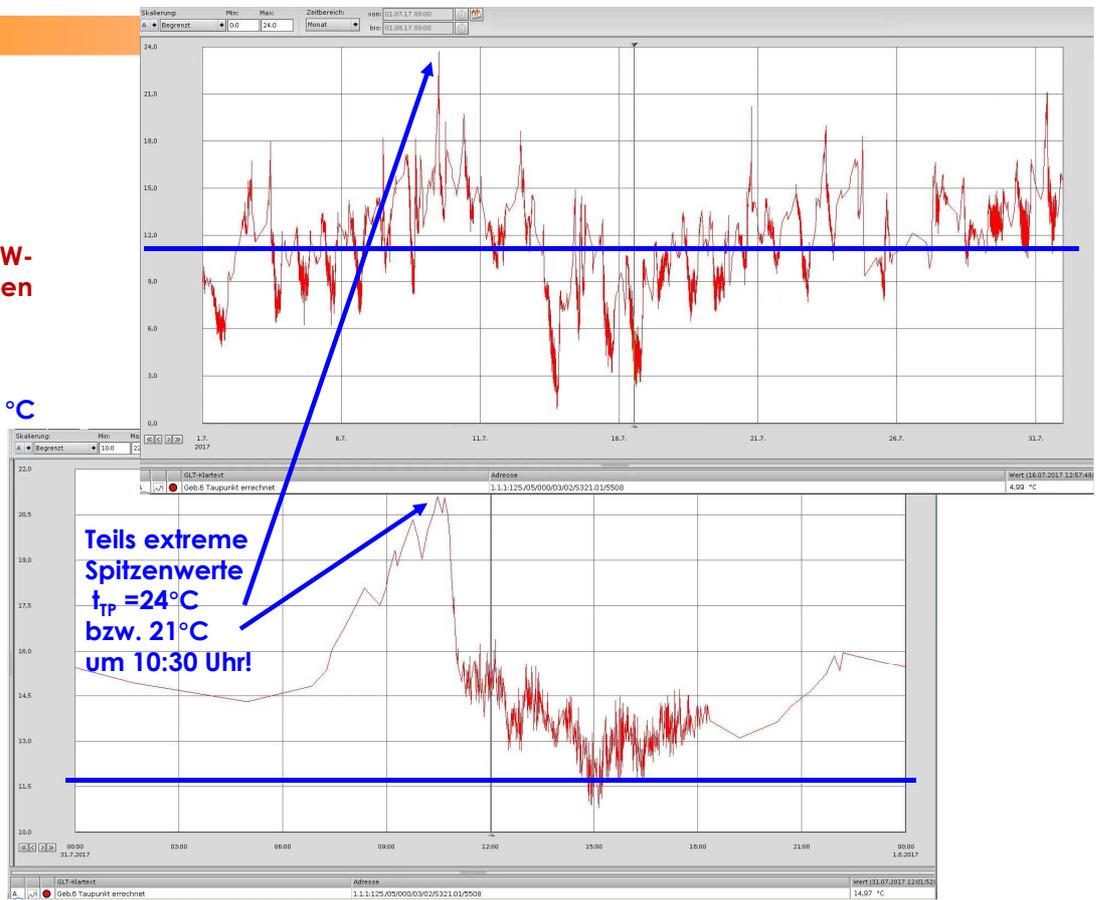


Beobachtung
Verlauf der
errechneten
Taupunkt-
temperatur
Auslöser der TPW-
Fehlermeldungen
???

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

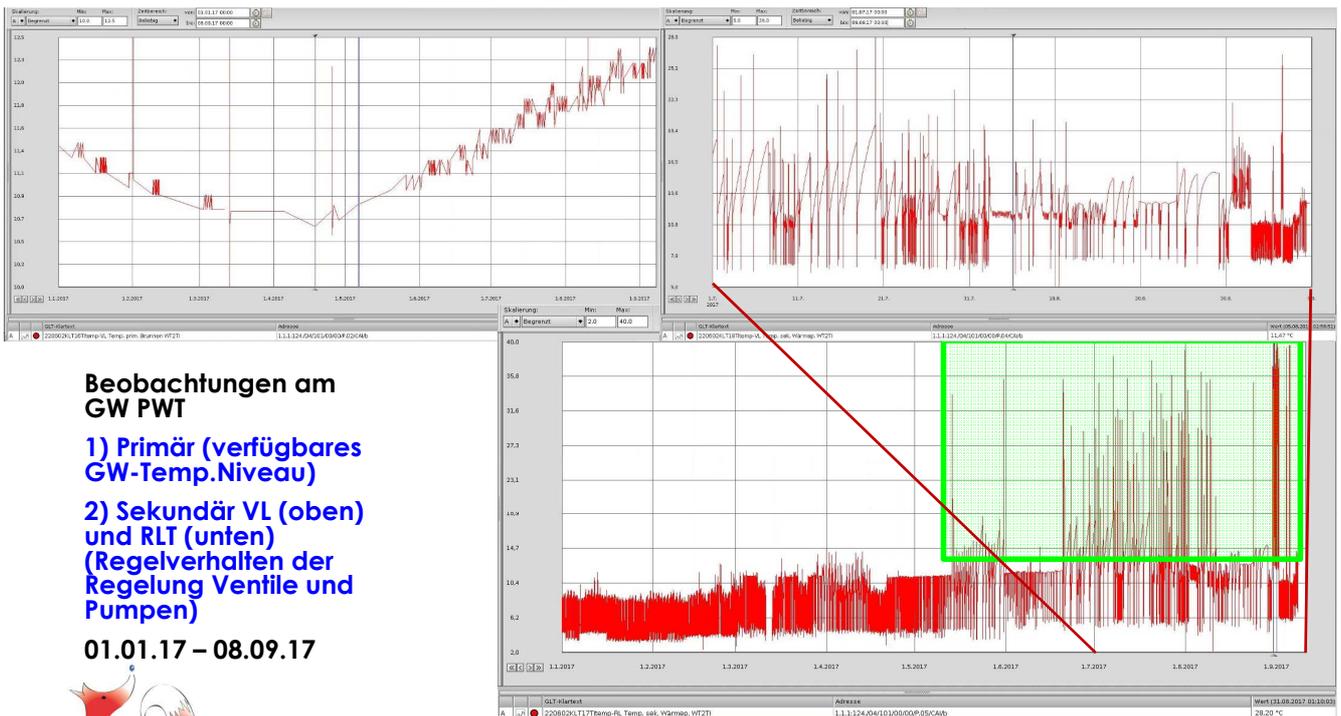
und einen
Tag
Skala $t_{TP} = 10-21^{\circ}\text{C}$

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



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

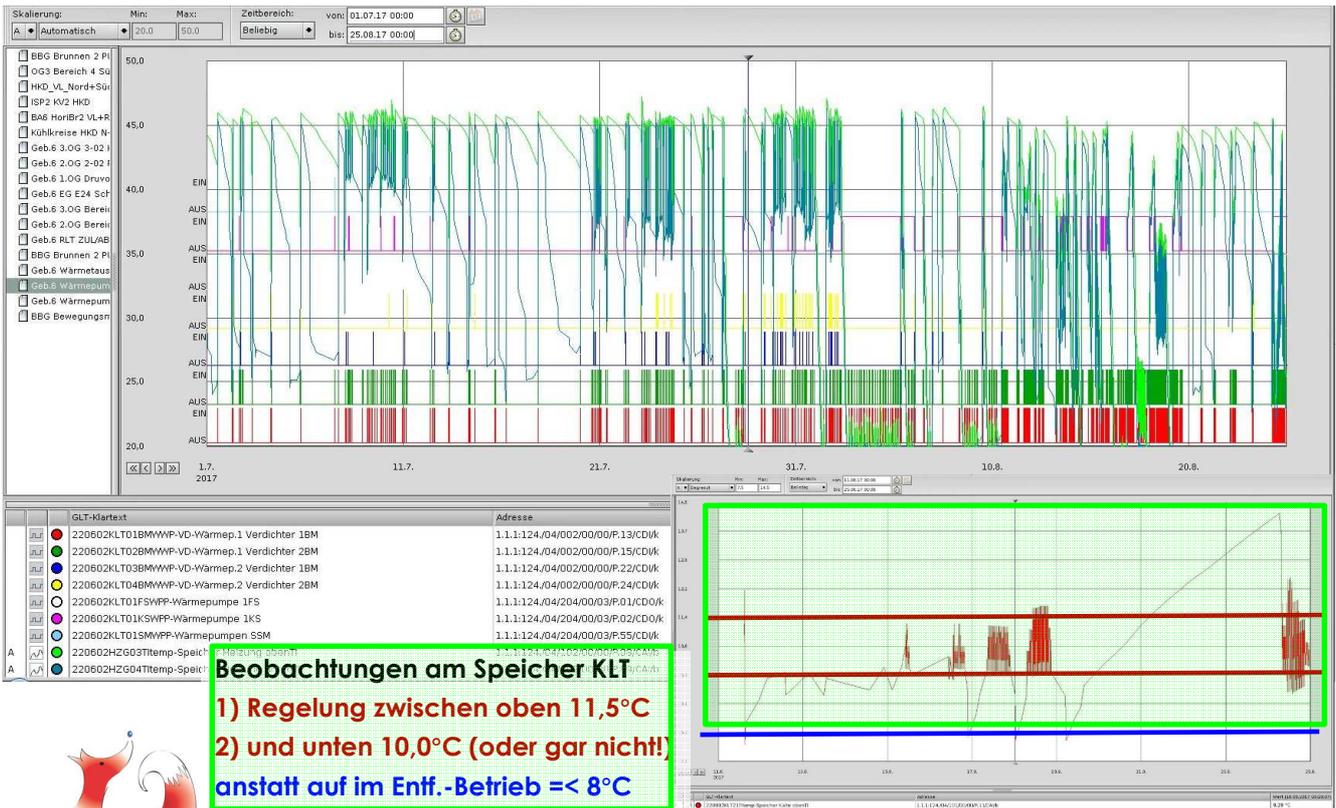
Beispiele Mangelbeseitigung Gewerk RLT und HZG/KLT, während Probebetrieb Sommer aufgrund von Beobachtungen der GLT



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



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:

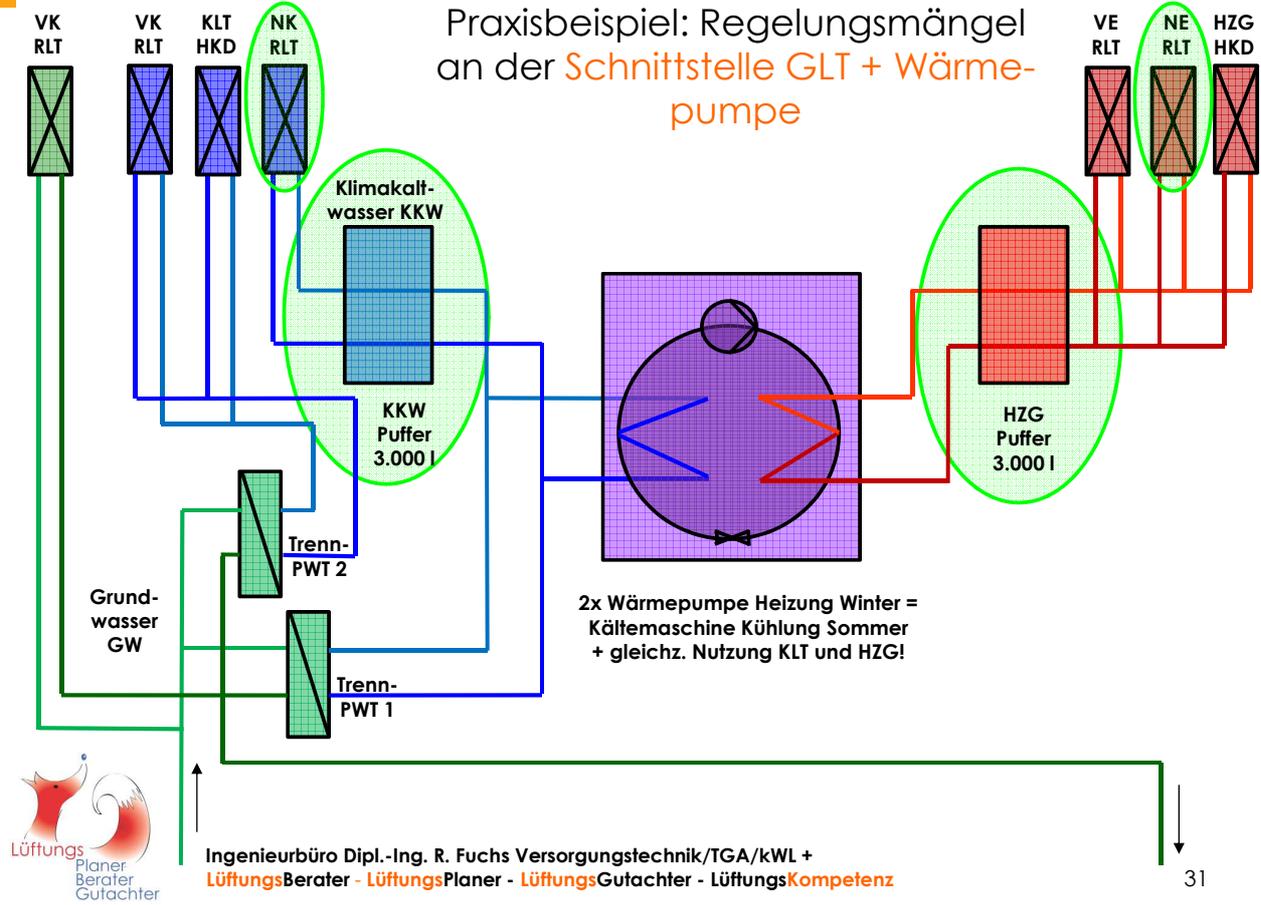
- **Fachgerechte Umsetzung der planerisch vorgegebenen Funktionen** in der Programmierung der MSR
- **Aktive Durchführung Testbetrieb Winter und Sommer** mit Beobachtung der Funktionen und Regelergebnisse anhand der GLT, Anpassung von Parametern, Regeln, Funktionen, sachgerechte Erweiterung der Darstellung



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

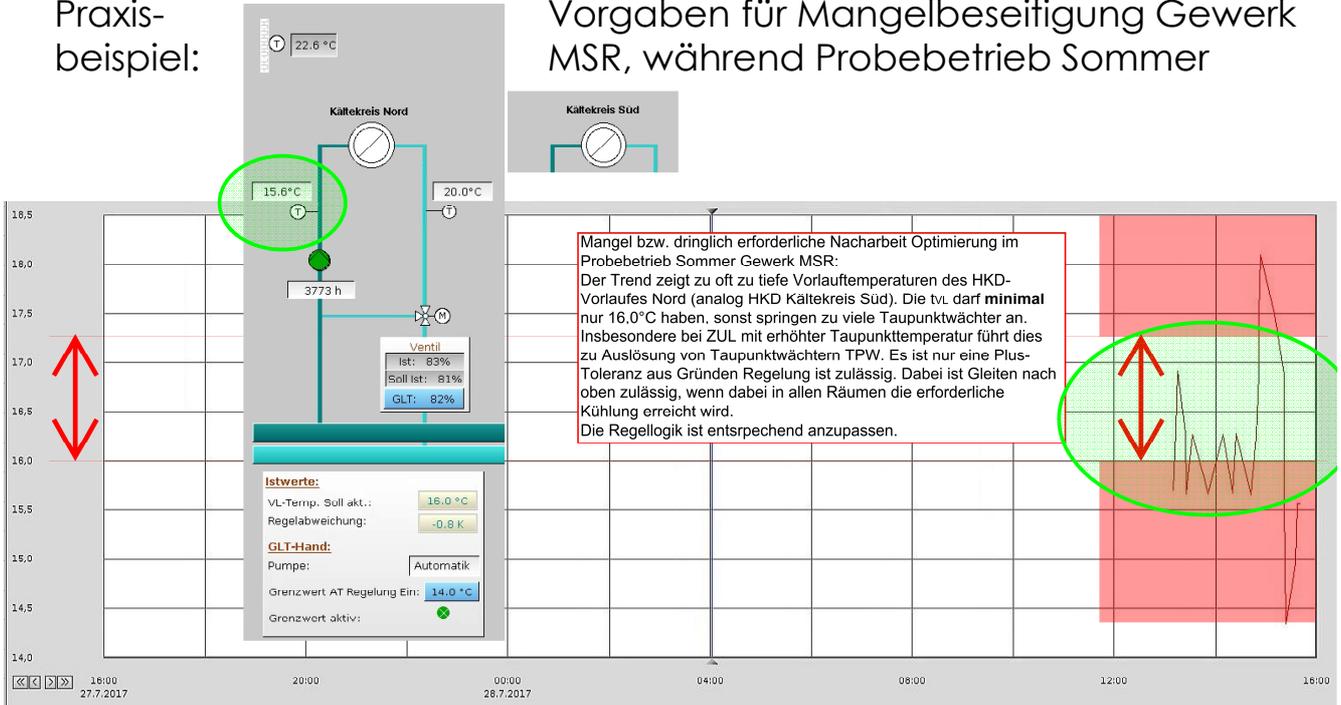
30

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	



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

39

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	



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

40

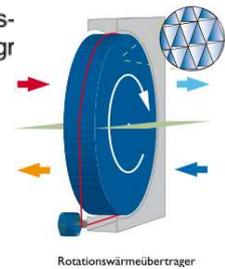
Exkurs: Wärme- **und** Feuchterückgewinnung - der Trick mit der latenten Energie, (nur beim Latent- und Rotations-Wärmetauscher) – hier auch Rückgewinn Zustand entfeuchtete ABL

Bauartbedingt findet neben der Erwärmung der Außenluft auch eine Befeuchtung der Außenluft durch den Rotationswärmeübertrager statt. Zudem ergeben sich durch die Spülluftzone des Rotationswärmeübertragers unterschiedliche Volumenströme auf der Außenluft- und Zuluftseite.

Abweichend von den Vereinbarungen des SVA-A zur Prüfung von Wohnungslüftungsgeräten wurde der in den Anlagen J ermittelte Wärmebereitstellungsgrad folgt ermittelt:

Prüfzeugnis
mit $\eta_{WRG} > 1$
(Formel+
Mess-
methode!)

$$\eta_{WRG}' = (H_{ZU} - H_{AU}^*) / (H_{ZU}^* - H_{AU}^*)$$



Rotationswärmeübertrager

mit: η_{WRG}' Wärmebereitstellungsgrad
 H_{AU}^* Enthalpiestrom der Außenluft, bezogen auf den Zuluftmassenstrom mit $H = f(t_{AU}, x_{AU}, m_{ZU})$
 H_{ZU} Enthalpiestrom der Zuluft, bezogen auf den Zuluftmassenstrom mit $H = f(t_{ZU}, x_{ZU}, m_{ZU})$
 H_{ZU}^* Enthalpiestrom der Zuluft, bezogen auf den Zuluftmassenstrom mit $H = f(t_{AB}, x_{AU}, m_{ZU})$



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

41

Ein Exkurs in das h-x-Diagramm

Hier Vorteil des Rotationswärmetauschers in Klimaanlage mit Kühlung und Entfeuchtung:

- Wärmerückgewinn (Winter) und
- Feuchterückgewinn (Gewinn Behaglichkeit)
- Kälterückgewinn (Sommer und Übergangszeiten),
- einschließlich „Trocken-“ Rückgewinn des energetischen Aufwands für das Trocknen der Luft



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

42

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)

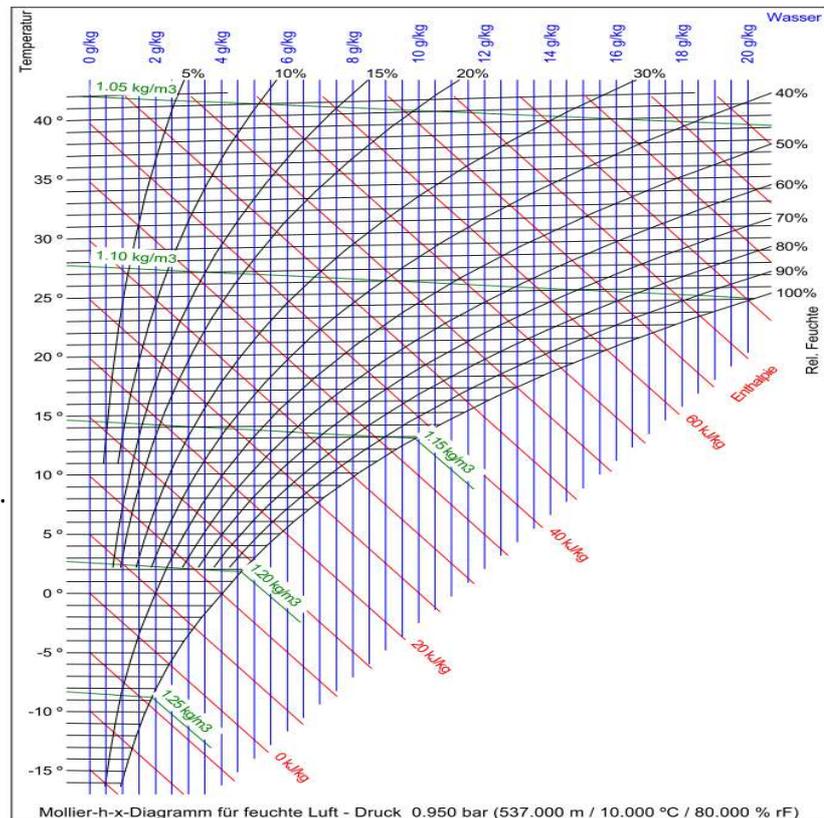
Relative Feuchte
 (gekrümmte Linien, in % d.h.
 des max. aufnehmbaren
 Wassers je nach Tempera-
 tur der Luft)

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

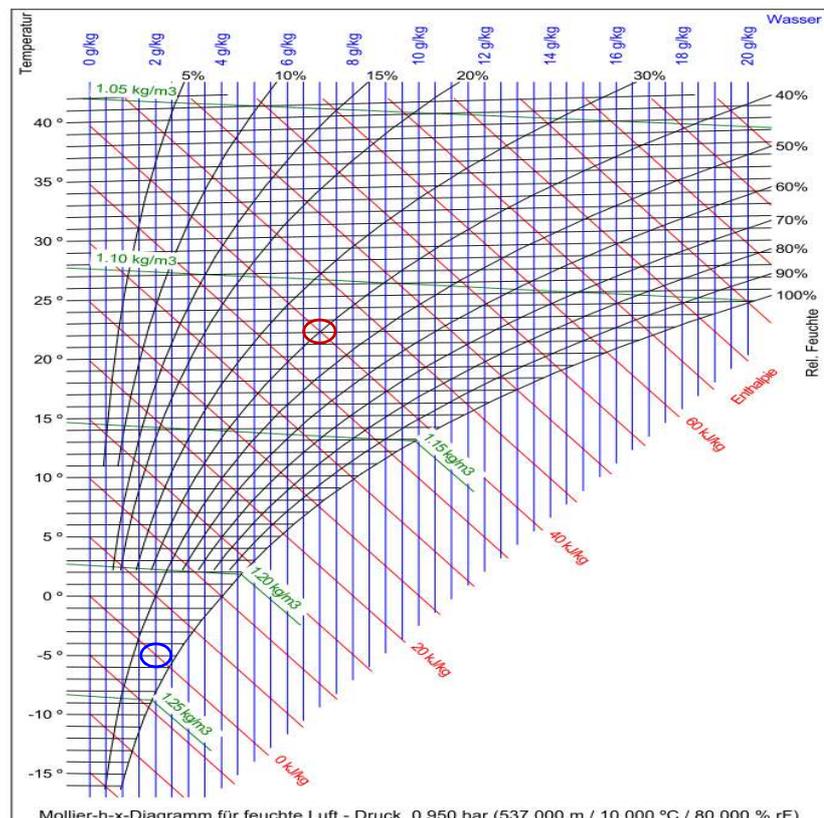
Relative Feuchte: $\Delta = 40\%$
 $40\% \text{ r.F.} / 80\% \text{ r.F.}$

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

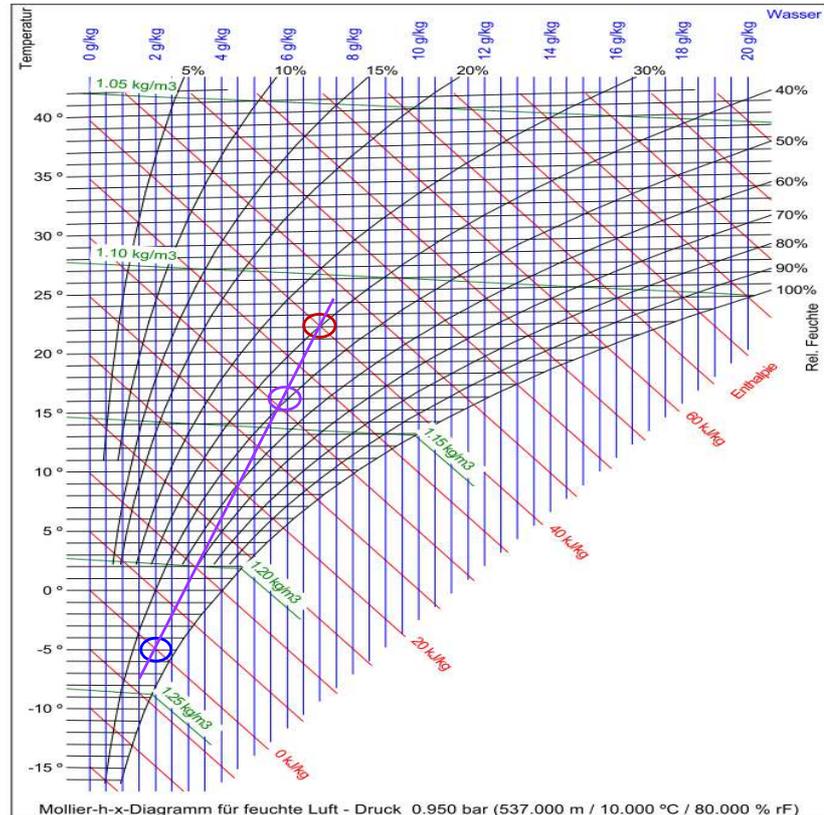
Relative Feuchte: = 60%
(aus Diagramm!)

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

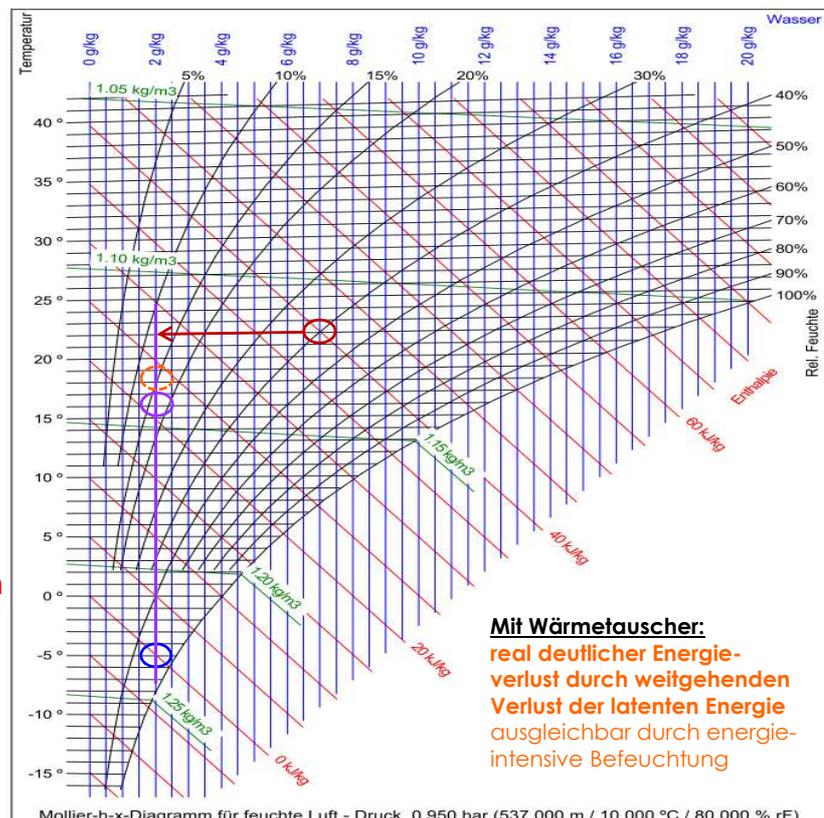
Relative Feuchte: = 18%
(aus Diagramm! Sehr trocken!)

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):

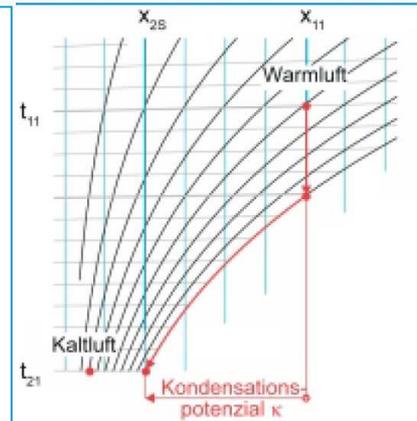
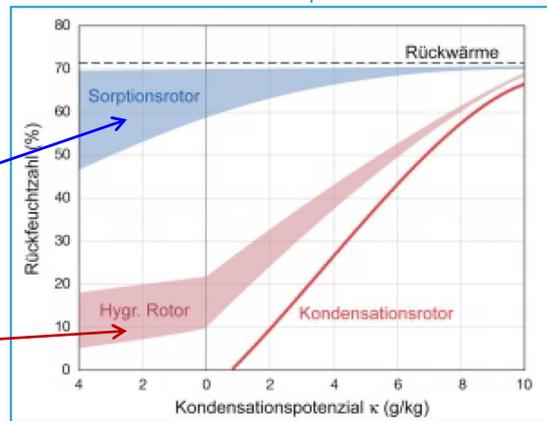
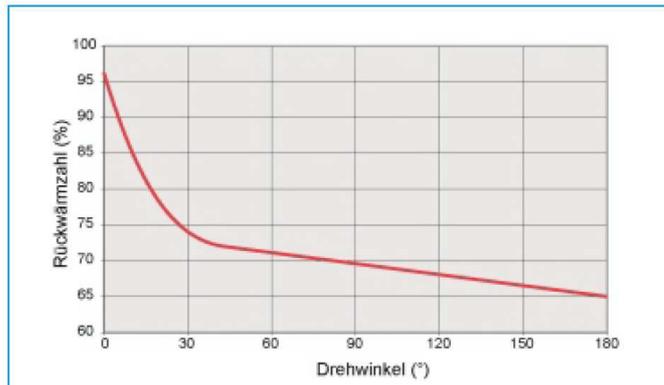
anfangs sehr hohe Rückwärme

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):

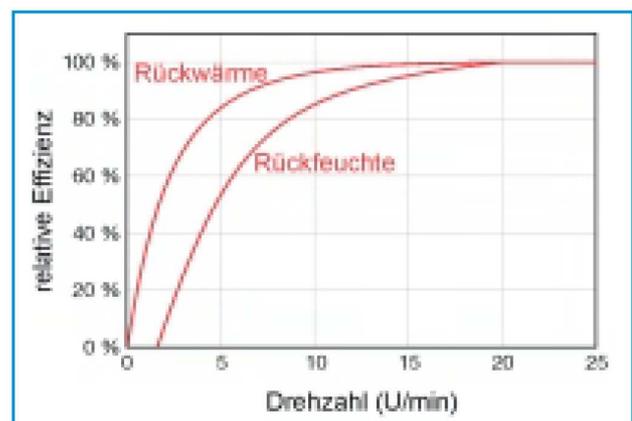
Diagramm Rückwärm- und Rückfeuchtzahl eines Sorptionsrotors in Abhängigkeit von der Drehzahl

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