

Funktionsbeschreibung zum Projekt Zukunftslabor

Auftraggeber: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV)
vertreten durch den Hauptgeschäftsführer
Glinkastraße 40
10117 Berlin

Projekt: DGUV Stankt Augustin
Alte Heerstr. 111
53757 Sankt Augustin

Fachplaner TGA: Ingenieurbüro Becker und Henze Büren GmbH & Co.KG
Werkstraße 26a
33142 Büren



Stand: LP 5 vom 14.09.2026

Inhalt

1	Allgemeine Beschreibung der Anlage.....	4
2	Anlagenübersicht und Systemgrenzen.....	4
2.1	Anlagengliederung nach Kostengruppen (KG)	4
2.2	Systemgrenzen und Schnittstellen	5
3	Funktionsbeschreibung Gesamtanlage	6
3.1	Funktionsprinzip Wärmeversorgung.....	6
3.2	Funktionsprinzip Raumluftechnik	6
3.3	Funktionsprinzip Gebäudeautomation	7
4	Beschreibung der Hauptkomponenten.....	8
4.1	Wärmepumpe und Primärwärmequelle	8
4.2	Sekundäranlage – Heiz-/Kühlsegel	9
4.3	Wärmespeicher und Puffersystem.....	9
4.4	Wärmetauscher (Redundanzanlage).....	10
4.5	Rohrsystem und Isolierung.....	10
4.6	Sicherheits- und Funktionskomponenten	10
4.6.1	Umwälzpumpen	10
4.6.2	Regelventile.....	11
4.6.3	Druckausdehnungsgefäß (MAG)	11
4.6.4	Öl- und Glykol-Protektor	11
4.6.5	Nachspeisesystem (Fillset)	11
5	Regelungs- und Steuerungskonzept.....	12
5.1	Regelstruktur.....	12
5.2	Regelkreise	12
5.2.1	Regelkreis 1: Wärmepumpenanlage	12
5.2.2	Regelkreis 2: Nachtauskühlung (freie Außenkühlphase).....	14
5.3	Automatisierungshardware.....	15
5.3.1	Automationsstation (DDC-Controller).....	15
5.3.2	Schaltschrank (ISP-Feld)	15
5.4	Feldgeräte und Sensoren	15
5.5	Datenanbindung und Kommunikation.....	16
	• Datenleitung: CAT 8.1, S-FTP, 1 m Patchkabel (EFB VKPATCH8101Y).....	16
6	Betriebsweisen	17
6.1	Normalbetrieb (Standardbetrieb)	17

6.1.1	Heizbetrieb (Oktober–März)	17
6.1.2	Kühlbetrieb (Mai–September, Sommermonate)	17
6.1.3	Übergangsbetrieb (April, Mai, September, Oktober).....	18
6.2	Teillastbetrieb.....	18
6.3	Störfall und Redundanzschaltung.....	19
6.3.1	Szenario: Wärmepumpe außer Betrieb.....	19
6.3.2	Szenario: Nachtauskühlung blockiert.....	19
6.3.3	Szenario: Stromversorgung unterbrochen.....	20
6.4	Übergänge und Schaltlogik.....	20
6.4.1	Umschaltung Heiz- auf Kühlbetrieb.....	20
6.4.2	Aktivierung Nachtauskühlung	20
7	Schnittstellen zu anderen Gewerken	21
7.1	Schnittstelle Elektro (KG 440, 441–446).....	21
7.2	Schnittstelle Lüftung (KG 430 – interne Abhängigkeit)	21
7.3	Schnittstelle Wärmeversorgung Bestand (KG 420).....	21
7.4	Schnittstelle IT / Datenübertragung (KG 440, 457, 485)	22
7.5	Schnittstelle Brandmelder und Sicherheit (KG 450, 456)...	Fehler! Textmarke nicht definiert.
8	Sicherheits- und Überwachungseinrichtungen	22
8.1	Temperaturüberwachung	22
8.2	Wannenüberwachung (Öl- und Glykol-Protektor)	22
8.3	Betriebszustand-Meldungen	22
9	Besondere Betriebszustände.....	23
9.1	Sommerliche Abschaltperiode (Juli/August)	23

1 Allgemeine Beschreibung der Anlage

Das Projekt „Zukunftslabor“ umfasst energetische und funktionelle Sanierung eines bestehenden Labors in Gebäudeteil 5 der DGUV-Liegenschaft Sankt Augustin (Alte Herrenstraße 111, 53757 Sankt Augustin). Die Maßnahme ist Teil eines Gesamtprojekts bestehend aus Schadstoffsanierung, Energetischer Sanierung, Architektur- sowie Laborplanung und wird unter Generalfachplanung der beteiligten Ingenieurbüros durchgeführt.

Das neue Zukunftslabor ist konzipiert als modernes Versuchslabor mit erweiterten Funktionen zur Prüfung und Erprobung von Arbeitssicherheitsmaßnahmen und Arbeitsschutzverfahren. Die raumluftechnische und thermische Auslegung folgt dabei den Anforderungen der Arbeitsschutzrichtlinien ASR A 3.5 und ASR A 3.6 sowie der DGUV-Information 213-850 „Sicheres Arbeiten im Labor“.

Die Kompatibilität zur Bestands GLT als Pflicht vorgeben: Bestands GLT - Sauter Vision Center 9.1.0.1980 Patch 2. Der AN hat dies umzusetzen.

Gebäudebeschreibung:

- **Geografischer Standort:** Sankt Augustin, Nordrhein-Westfalen, Deutschland
- **Raumbezeichnung:** Zukunftslabor im Bauteil 5
- **Ebenen:** Erdgeschoss mit Mezzaninebene, Kellergeschoss als Medienzentrale
- **Baukonstruktion:** Bestand mit Umnutzung, Einfügung einer neuen Stahlkonstruktions-Zwischendecke (Mezzanin)
- **Grundfläche:** Laborbereich ca. 204m² × Gesamthöhe mit Mezzanin
- **Dachform:** Sheddachelemente mit teilweiser Neuverglasung und Verdunkelungsanlage (100% Verdunkelung erforderlich)
- **Besonderheit:** Die Laborhalle dient dem Betreiben von Laborfunktionen (keine Produktionsprozesse), daher ist die Auslegung konservativ erfolgt; Freikühlung wird bewusst nicht vorgesehen

2 Anlagenübersicht und Systemgrenzen

2.1 Anlagengliederung nach Kostengruppen (KG)

Die thermische und raumluftechnische Auslegung umfasst folgende wesentliche Kostengruppen:

- **KG 420 – Wärmeversorgungsanlagen:** Reversible Luft-Wasser-Wärmepumpe mit Heiz-/Kühlseglern, Pufferspeicher, Umwälzpumpen, Regelventile und Anbindung Bestandswärmeversorgung
- **KG 430 – Raumluftechnische Anlagen:** Nachtauskühlung mit motorischen Jalousieklappen und Ventilatoren, Abluft für Ladeschrank

- **KG 480/481/482 – Gebäude- und Anlagenautomation:** Regelung, Steuerung, Feldgeräte, Schaltschrank, Datenübertragung über BACnet/IP

2.2 Systemgrenzen und Schnittstellen

Thermische Systemgrenze:

- Primärseite der Wärmepumpe: Außenluftanwärmung (Luft-Wasser-Wärmepumpe)
- Sekundärseite: Heiz-/Kühlsegel im Laborraum sowie Anschluss zur Bestandswärmeversorgung (mittels Wärmetauscher)
- Wärmequelle/senke: Außenluft im Naturzustand; keine Aktivierung von Energielagern oder Freikühlung

Raumlufttechnische Systemgrenze:

- Außenluftentnahme: Nachtauskühlung über drei vorhandene Dachöffnungen mit motorischen Jalousieklappen und neuen Ventilatoren
- Fortluft/Abluft: Abluft des Labors über separate Abluftanlage (ION ULTRA-90 für Ladeschrank), Nachtabenkung über Dachluke-Ventilatoren
- Raumluftkonditionierung: Hauptsächlich durch Heiz-/Kühlsegel gesteuert; freie Außenkühlmöglichkeit in den Übergangszeiten (Frühjahr, Herbst)

Automationstechnische Systemgrenze:

- Zentrale Steuerung über BACnet/IP-Gebäudeleittechnik (GLT)
- Schnittstelle zum Bestand im Raum U5.21 (Netzwerkschrank mit Reserven)
- Feldgeräte (Temperaturfühler, Differenzdruckwächter, Motorventile, Klappenantriebe) im Labor und auf dem Dach
- **Lieferumfang Gewerk GA:** Die 24-V-Motoren mit 0–10-V-Regelsignal sowie die zugehörigen Feldgeräte werden im Rahmen dieser Funktionsbeschreibung durch das Gewerk GA geliefert und in Betrieb genommen
- Standschrank (Automationsstation, DDC-Controller, Schalteinheiten) in Untergeschoss unter dem Zukunftslabor

Schnittstelle zum Bestand:

- Bestandswärmeversorgung wird mittels Wärmetauscher eingebunden (Redundanzfunktion)
- Umschaltung Wärmepumpe ↔ Bestandsanlage über GLT erfolgt gesteuert
- Aufnahme Torkontakt der Toranlage & Übergabe an Einbruchmeldeanlage
- Manuelle Ansteuerung der Dachfenster (Auf/Zu)

3 Funktionsbeschreibung Gesamtanlage

3.1 Funktionsprinzip Wärmeversorgung

Die neue Wärmeversorgung des Zukunftslabors erfolgt durch eine **reversible Luft-Wasser-Wärmepumpe** (Monoblock-Bauweise), die in allen Betriebszuständen zwischen Heiz- und Kühlmodus umschaltbar ausgeführt ist. Die Anlage ist dabei als **Primäranlage konzipiert**, die Bestandswärmeversorgung fungiert als **redundante Sicherungsfunktion**.

Betriebsmodi der Wärmepumpe:

1. **Heizbetrieb:** Winterfall und Übergangszeitraum (Oktober bis März)
 - Wärmepumpe erzeugt Heizwasser für Heiz-/Kühlsegel
 - Zieltemperatur: Mind. 20 °C im Winterfall (-10 °C Außentemperatur)
 - Auslegungsheizlast: 18,5 kW (Auslegung nach berechneter Heizlast)
2. **Kühlbetrieb:** Sommerbetrieb und frühe Übergangsphasen (Mai bis September)
 - Wärmepumpe kühlt Wasser **taupunktfrei** zur Raumkühlung über Segel
 - Maximale Kühllast verfügbar: 22,19 kW (Nennkühleistung der WP gemäß Herstellerdaten DAIKIN EWYE030CZN-A1)
 - **Eingebrachte Kühllast am Segel:** Ca. 6,5 kW (reduziert, da Segel zur Deckung der Heizlast ausgelegt)
3. **Umschaltmodus (Hybrid):** Freie Außenkühlphase
 - Wärmepumpe wird abgeschaltet oder in Standby versetzt
 - Freie Außenluft wird mechanisch über Nachtauskühlung eingebracht
 - Übergangszeitraum mit günstigen Außenbedingungen (z. B. Frühjahr, Herbst)

3.2 Funktionsprinzip Raumluftechnik

Die Raumluftechnik des Zukunftslabors erfüllt zwei primäre Aufgaben:

1. **Schutz der Mitarbeiter vor Übertemperatur** (ASR A 3.5 / A 3.6 Einhaltung)
2. **Energieoptimale Nutzung von freier Außenluft** in den Übergangszeitraum (Nachtauskühlung)

Konzept der Nachtauskühlung:

- **Drei Dachöffnungen (Dachluken)** mit **motorischen Jalousieklappen** werden genutzt
 - Zwei EC-Ventilatoren bringen **kühle Nachtluft** in den Laborraum (Zuluft ZU)
 - Ein EC-Ventilator und die Dachluken-Öffnungen dienen der **Entlüftung** des Raumes (Abluft FO)

- Alle drei Ventilatoren werden mit **230 V** versorgt und erhalten zusätzlich ein **0–10-V-Regelsignal** zur stufenlosen Drehzahlregelung
- **Regen- und Windsensor** (Wetterstation) schließt die Fenster automatisch bei Regenerkennung
- **Ladeschrank-Abluft:** Separate Abluftanlage (ION ULTRA-90, Modell IO90.195.120.065.WDAC) mit eigenständigem Abluftventilator

Raumklimavorgaben (Auslegungsbedingungen):

Parameter	Sommerfall	Winterfall	Anmerkung
Außentemperatur	36 °C	–10 °C	Normaußentemperatur
rel. Feuchte	40 %	N/A	Sommerfall
Raumtemperatur max.	26 °C	–	ASR A 3.5 / A 3.6 Anforderung
Raumtemperatur min.	–	20 °C	Mindestanforderung Winterfall
rel. Feuchte (max.)	55 %	–	ASR A 3.5 / A 3.6 Anforderung bis 32 °C (dann gleitend)

3.3 Funktionsprinzip Gebäudeautomation

Die Gebäudeautomation (KG 480) ist konzipiert als **dezentrale, aber zentral steuerbare Regelanlage** mit BACnet/IP als Kommunikationsprotokoll.

Hauptfunktionen der GLT:

1. **Temperaturregelung zwischen Wärmepumpe und Heiz-/Kühlseglern**
 - Sollwertregelung je nach Raumtemperatur (Raumtemperaturfühler EGT332F103)
 - Umschaltung Heiz-/Kühlmodus automatisch basierend auf gemessenem Bedarf. Abhängigkeit von einer dauerhaft anliegenden Außentemperatur (min. 24h > 20°C) und Innentemperatur.
2. **Regelung der Nachtauskühlung**
 - Automatische Freigabe der Außenluftzufuhr beim Unterschreiten bestimmter Raumtemperaturen
 - Automatische Sperrung bei Regen (Regen- und Regensensor), Temperaturanforderung nicht erfüllt oder manuelles Sperrsignal
3. **Umschaltung primäre/redundante Wärmequelle**
 - Normalfall: Wärmepumpe
 - Störfall: Wärmetauscher mit Bestandsanlage
4. **Datenmonitoring und Betriebsmeldungen**

- Erfassung relevanter Betriebszustände (Betriebsmeldung WP, Störfallmeldung WP, Ölüberwachung, Begleitheizung)
- Visualisierung auf Panel-PC (15"-Bedienoberfläche, WIN11 IoT)
- Ebenso sollen die Toröffnung über Torkontaktschalter mit Aufgenommen werden und nach Betriebsschaltung an die Einbruchmeldeanlage übergeben werden

4 Beschreibung der Hauptkomponenten

4.1 Wärmepumpe und Primärwärmequelle

Komponente: Reversible Luft-Wasser-Wärmepumpe (Monoblock)

Merkmal	Spezifikation
Hersteller	DAIKIN
Typ	EWYE030CZN-A1
Bauart	Luft-Wasser, reversibel, Außenaufstellung
Kältemittel	R-454C (GWP = 145,5)
Nennheizleistung	30,02 kW
Nennkühlleistung	22,19 kW
Auslegungsheizlast (Dimensionierung)	18,5 kW
Abmessungen (H × B × T)	1.878 × 1.752 × 802 mm
Anschluss	DN 50
Aufstellort	Dachaufstellung (Technikzentrale)
Aufständerung	Big-Foot-System, max. Einzellast 500 kg pro Feld
Wärmeübertrager Luftseite	Aluminiumlamellen mit Vereisungsschutz
Wärmeübertrager Wasserseite	Plattenwärmeübertrager

Funktionsprinzip der Wärmepumpe:

Die Wärmepumpe nutzt das Verdichter-Kältemittel-Kreisprozess-Prinzip:

- **Heizbetrieb:** Außenluft wird entzogen (ggf. bei niedrigen Temperaturen mit Abtauregelung), das Kältemittel verdampft, wird durch einen elektrischen Verdichter verdichtet, und gibt Wärme an den Wasserlauf ab
- **Kühlbetrieb (reversibel):** Prozess wird umgekehrt; Kühlwasser wird an der Verdampferseite gekühlt
- **Steuerung des Betriebsmodus:** Vierwege-Magnetventil schaltet den Kältemittelkreislauf um

Kältemittel R-454C – Besonderheiten:

- **GWP (Global Warming Potential) = 145,5**
- **Einstufung:** A2L-Kältemittel (brennbar, Sicherheit beachten)
- **Druckklasse:** Höher als R-410A; Anlagensicherheit nach PED gewährleistet

4.2 Sekundäranlage – Heiz-/Kühlsegel

Komponente: Deckenstrahlplatten und Heiz-/Kühlsegel

Merkmal	Spezifikation
Funktion	Wärmeabgabe (Heizen) oder -aufnahme (Kühlen)
Bautypen	– Deckenstrahlplatten (Bestand, teilweise Austausch) – Heiz-/Kühlsegel (neu) in Randbereichen und oberhalb der Mezzaninebene
Oberflächenfinish	Akustisch wirksame Oberfläche (Stoff oder Schaumstoff)
Beleuchtungsintegration	Teilweise integrierte Leuchten in den Segeln
Auslegungsheizleistung	18,5 kW
Auslegungskühlleistung (am Segel)	6,5 kW (reduzierte Auslegung; Gesamt-Kühllast 12,5 kW)
Wasserseite	Kunststoffrohre oder Kupferrohre im Sandwich-Aufbau
Anschluss Vorlauf/Rücklauf	Über DN-Rohrleitungssystem (siehe Strangschema)

Besonderheit der Auslegung: Die Segel wurden bewusst zur **Deckung der Heizlast (18,5 kW) ausgelegt**. Dies bedeutet, dass die Kühlleistung am Segel **unterhalb der Wärmepumpen-Maximalleistung** liegt. Der Grund: Die Nachtkühlung und weitere Maßnahmen (siehe Kap. 3.2) decken einen Großteil des Kühlbedarfs ab.

4.3 Wärmespeicher und Puffersystem

Komponente: Pufferspeicher

Merkmal	Spezifikation
Funktion	Thermische Trägheit, Ausgleich Wärmepumpen-Takten
Volumen	800 L (Erweiterung von Bestand)
Aufstellort	auf dem Dach
Befestigung	Auf Fundamenten mit Vibrationsentkopplung
Isolation	Nach GEG Anforderungen
Anschluss	DN 50 (Vollast-Dimension)

Funktionsprinzip des Pufferspeichers:

- **Heizmodus:** Der Pufferspeicher wird von der Wärmepumpe geladen und gibt Wärme an die Heiz-/Kühlsegel ab; reduziert Verdichter-Taktwechsel
- **Kühlmodus:** Der Pufferspeicher wird Taupunktfrei beladen. Und wird durch die Pumpe P1 entladen. (konkudent zu Heizmodus, Schichtung wird ignoriert)
- **Redundanzbetrieb:** Im Störfall Wärmepumpe wird der Puffer über die Umschaltventile umfahren.

4.4 Wärmetauscher (Redundanzanlage)

Komponente: Plattenwärmetauscher Bestandsanlage

Merkmal	Spezifikation
Leistung	20 kW (gemäß Strangschema)
Bauart	Plattenwärmetauscher, Edelstahl (korrosionsbeständig)
Primärseite	Bestandswärmeversorgung (Betriebsmittel unbekannt –
Sekundärseite	Neue Wärmepumpenanlage (Vorlauf/Rücklauf)
Integrationspunkt	Über Dreiwege-Umschaltventil mit motorischem Antrieb (siehe Kap. 4.7)

Funktionsprinzip:

- Im Normalbetrieb ist der Wärmetauscher durch das Umschaltventil von der Bestandsanlage abgetrennt
- Im Störfall Wärmepumpe oder Manualschaltung erfolgt die Umleitung auf die Bestandsanlage
- Dies ermöglicht **Redundanzfunktion** und erhöht die Betriebssicherheit

4.5 Rohrsystem und Isolierung

Materialität und Ausführung:

Parameter	Spezifikation
Rohrmaterial	Edelstahl (rostfrei, Trinkwasserqualität nach EN 1.4571 oder ähnlich)
Rohrdimension	Nach Strangschema DN 12, DN 15, DN 20, DN 25, DN 32, DN 40, DN 50
Fittings	Pressfittings (für Edelstahl), V-Anschlüsse an Flansch-Komponenten
Isolierdicke	Nach GEG Anforderungen
Isolation Material	Mineralwolle oder Polyurethan-Hartschaum
Außenschutz Außenbereich	Blechmantel aus Aluminium oder Stahlblech (UV- und Witterungsschutz)
Befestigung	Rohrschellen mit Isolation, federnde Entkopplung zur Schwingungsdämpfung

4.6 Sicherheits- und Funktionskomponenten

4.6.1 Umwälzpumpen

Parameter	Spezifikation
Anzahl	2 Pumpen (P1 und P2 – siehe Strangschema)
P1 - Heiz-/Kühlsegelpumpe	– Nenngroße: DN 40 – Max. Förderhöhe: 1,05 m – Max. Förderstrom: 3,08 m³/h – Auslegung: Sekundärkreis (Laborseite)
P2 - Wärmepumpenpumpe	– Nenngroße: DN 40 – Max. Förderhöhe: 2,7 m – Max. Förderstrom: 3,08 m³/h – Auslegung: Primärkreis (WP-Seite)
Pumpentyp	Nassläufer-Umwälzpumpen (energieeffizient, EC-Motor optional)
Betrieb	dP konst.
Spannungsversorgung	Aus dem MSR-Schrank

4.6.2 Regelventile

Dreiwege-Mischventil:

- DN 25, PN 16, Kv-Wert = 10 m³/h
- Funktion: Temperaturmischung zwischen Vorlauf (von WP) und Rücklauf (von Segeln)
- Antrieb: Motorisches Ventil (M-Antrieb, 24 V AC)

Dreiwege-Umschaltventil:

- DN 25, PN 16, Kv-Wert = 10 m³/h
- Funktion: Umschaltung Wärmepumpe ↔ Bestandsanlage (über Wärmetauscher)
- Antrieb: Motorisches Ventil (M-Antrieb, 24 V AC)

Absperr- und Rückschlagventile:

- DN-Werte gemäß Strangschema
- Funktion: Systemtrennung bei Wartung, Verhinderung von Rückfluss

Spannungsversorgung: Die Spannungsversorgung sämtlicher Ventilantriebe erfolgt aus dem MSR-Schrank.

4.6.3 Druckausdehnungsgefäß (MAG)

Parameter	Spezifikation
Hersteller	Reflex
Typ	N 50 (Membran-Ausdehnungsgefäß)
Volumen	50 L
Anschluss	DN 20
Vordruck	Nach Berechnung (typisch 1,5–2,0 bar)
Max. Betriebsdruck	Je nach Systemauslegung (typisch 3,0 bar)

Funktion: Aufnahme von Ausdehnungsvolumen des Betriebsmittels bei Temperaturänderung, Druckstabilisierung

4.6.4 Öl- und Glykol-Protektor

Parameter	Spezifikation
Funktion	Schutz vor Austritt von Öl ins Regenwasser
Betriebsmittel Sekundärseite (Laborseite)	Wasser gem. VDI 2035

4.6.5 Nachspeisesystem (Fillset)

Parameter	Spezifikation
Hersteller	Reflex
Typ	Fillset (manuelle Nachspeisung mit Harzpatronen)
Anschluss	DN 20

5 Regelungs- und Steuerungskonzept

5.1 Regelstruktur

Die Regelung des Zukunftslabors folgt einem **dezentralisierten, aber zentral überwachten Konzept** basierend auf BACnet/IP:

5.2 Regelkreise

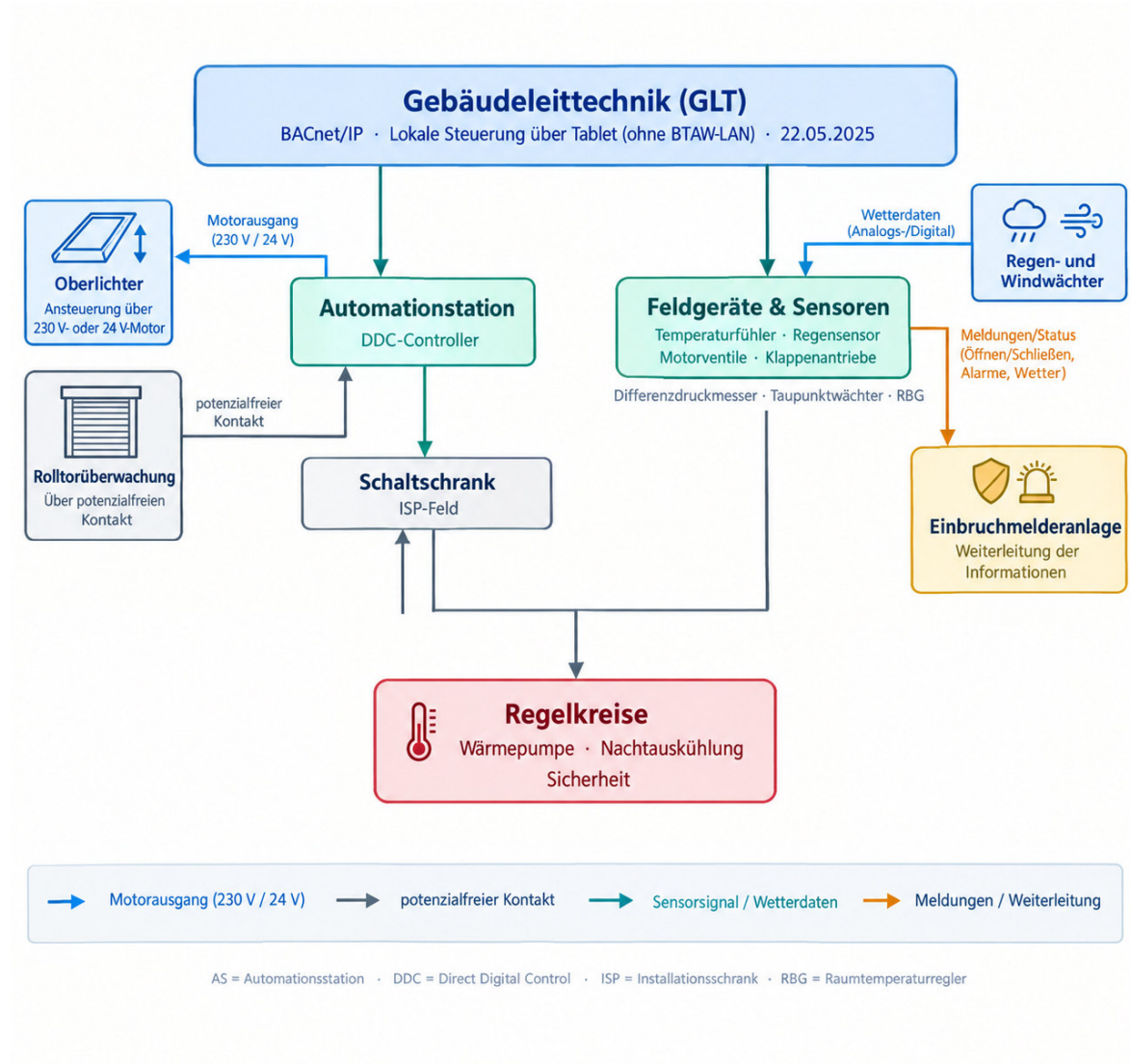


Abbildung: Struktur der Gebäudeautomation – GLT, Automationsstation, Feldgeräte und Regelkreise

5.2.1 Regelkreis 1: Wärmepumpenanlage

Eingangssignale (analog/digital):

- Raumtemperatur (Raumtemperaturfühler EGT332F103, Ni 1000)
- Außentemperatur (EGT301F103)
- Vorlauftemperatur aus Wärmepumpe (Stabtemperaturfühler L100 mm)
- Betriebsmeldung der Wärmepumpe (über BACnet IP)

- Störmeldung der Wärmepumpe (über BACnet IP)
- Störmeldung Ölüberwachung (über BACnet IP)
- Störmeldung Begleitheizung (über BACnet IP)

Ausgangssignale (0–10 V Proportional oder digitale Schaltausgänge):

- Sollwertvorgabe an Wärmepumpe (zwei analoge Kanäle für Heiz-/Kühlsollwerte)
- Freigabe/Blockade Wärmepumpe (digitales Freigabesignal)
- Umschaltung Heiz-/Kühlmodus (potentialfreier Kontakt oder Schaltausgang)

Regelstrategie:

1. Normalbetrieb Heizbetrieb (Oktober–März):

- **Sollwert Raumtemperatur:** 21 °C
- **Regelabweichung:** Ist-Temperatur < Sollwert → Freigabe WP, Sollwert für Vorlauftemperatur erhöhen
- **Vorlauf-Sollwert:** typisch 35–45 °C (witterungsgeführt je nach Außentemperatur)
- **Regelkonstante P:** Proportional, mit Integral-Anteil zur Reduktion der Restabweichung

2. Normalbetrieb Kühlbetrieb (Mai–September):

- **Sollwert Raumtemperatur:** 26 °C max. (nach ASR A 3.6)
- **Regelabweichung:** Ist-Temperatur > Sollwert → Freigabe WP im Kühlmodus, Sollwert für Rücklauftemperatur senken
- **Rücklauf-Sollwert:** typisch 15–18 °C (abhängig von Außentemperatur und Kühllast)
- **Schalthysterese:** ±1 °C zur Vermeidung von Taktwechseln

3. Freigabe/Blockade Wärmepumpe:

- WP läuft nur bei Bedarf (Raumtemperatur weicht ab)
- WP bleibt blockiert, wenn:
 - Außentemperatur < –15 °C (Frostschutz-Sperrsignal) –
 - Begleitheizung wirkt (Betriebsmittel wird geheizt)
 - Manuelle Sperrung durch Bedienfeld

4. Umschaltung Wärmepumpe ↔ Bestandsanlage:

- **Automatische Umschaltung** auf Bestandsanlage (über Wärmetauscher) im Störfall
- **Manuelle Umschaltung** über Steuerung möglich
- **Hierarchie:** Primär WP, nur bei Ausfall Bestandsanlage

5.2.2 Regelkreis 2: Nachtauskühlung (freie Außenkühlphase)

Eingangssignale:

- Raumtemperatur
- Außentemperatur
- Außenluftfeuchte (optional, für Taupunkt)
- Regensensor (digitales Messingal: Regen ja/nein)

Ausgangssignale:

- Freigabe Zuluft-Ventilatoren (M011, M012 – motorische Schaltglieder)
- 0–10-V-Regelsignal zur Drehzahlregelung der EC-Ventilatoren (analoger Ausgang)
- Steuerung Jalousieklappen (motorische Klappenantriebe an Dachluken Y401–Y406)
- Freigabe Abluft-Ventilator (M021)

Regelstrategie:

1. Bedingungen für Aktivierung Nachtauskühlung:

- Raumtemperatur > Sollwert (z. B. 23 °C) ODER Bedarf erkannt
- Außentemperatur < Raumtemperatur (mind. 2–3 °C Differenz)
- Außenluft keine Feuchtigkeit (optional Taupunkt-Check, z. B. $\tau_a < 14$ °C)
- Kein Regen erkannt (Regensensor)

2. Betriebsmodus:

- **Startphase:** Jalousieklappen Y401–Y406 fahren auf (motorische Öffnung, Endlagen prüfen)
- **Nach Endlagenprüfung:** Zuluft-Ventilatoren M011, M012 aktivieren (kühle Nachtluft wird gepresst)
- **Entlüftung:** Abluft-Ventilator M021 und Dachluken-Ventilatoren laufen
- **Laufzeit:** 30 Min. bis 2 Stunden (abhängig von Abkühlgrad)

3. Beendigung:

- Raumtemperatur fällt unter Sollwert (Sollwert + 2,5 K Hysterese)

- Regen erkannt → sofortiges Fahren der Jalousieklappen zu
- Außentemperatur steigt über Raumtemperatur
- Morgenzeit (zeitgesteuerte Abschaltung ca. 06:00 Uhr)
- Manuelle Abschaltung

4. Sicherheitslogik:

- **Regen:** Wetterstation erkennt Regen → sofort Fenster zu (Regelpriorität 1)

5.3 Automatisierungshardware

5.3.1 Automationsstation (DDC-Controller)

Parameter	Spezifikation
Protokoll	BACnet/IP
Prozessor	32-Bit Prozessor, Real-Time System
Eingänge (digital)	16 DI (Digital Input)
Ausgänge (digital)	6 DO (Digital Output, Relais)
Eingänge (analog)	8 UI/CI (0–10 V oder 4–20 mA)
Ausgänge (analog)	8 AO (0–10 V)
Speicher	EEPROM (Programm und Datensicherung)
Kommunikation	Ethernet-Port für BACnet/IP

5.3.2 Schaltschrank (ISP-Feld)

Aufbau:

Komponent	Anzahl	Funktion
Wandschrank 1200 × 1000 × 300 mm	1	Gehäuse
Stromeinspeisung (bis 35 A)	1	400 V / 3-phasen Anschluss mit Hauptschalter
Überspannungsschutz	1	Typ 1 + 2 Kombination bis 250 A
Sammelschienensystem	1	3-polig bis 250 A
Schaltschrankbeleuchtung	1	Steckdose und Beleuchtung
Lüfter / Filter / Thermostat	1	Kühlung und Zu-/Abluft
Hutschienennetzteil (24 V DC)	2	Stromversorgung Feldgeräte
Steuerspannungstrafo (230 V → 24 V AC)	1	Steuerleitung
Motorbaugruppe (bis 1 kW @ 230 V)	3	Steuerung EC-Ventilatoren / Klappenantriebe
Leuchtdrucktaster	1	Bedienfeld mit Sammelstörung
BMA-Sicherheitsschaltung	1	Brandmelder-Anbindung
Datenpunkte Verdrahtung	32 Einheiten	Einbau und Verdrahtung

Standort: Untergeschoss unterhalb des Zukunftslabors

5.4 Feldgeräte und Sensoren

Gerätetyp	Typ	Anzahl	Funktion
Temperaturfühler (Außenluft)	EGT301F103	1	Wetterstation auf Dach

Gerätetyp	Typ	Anzahl	Funktion
Temperatur-Stabfühler L100mm	EGT346F103	4	Vor- & Rücklauftemperatur
Temperatur-Stabfühler L400mm	EGT347F103	3	Pufferspeicher
Kabeltemperaturfühler	EGT353F101	2	Flexible Messung (Rohrleitungen)
Taupunktwächter	EGH102F001	1	Umformer 24 V → 0–10 V, für Nachtauskühlung (Feuchte-Check)
Raumtemperaturfühler	EGT332F103	1	Mit Potentiometer (manuell regulierbar)
3-Wege-Gewöhnungsventile	BUN025F300	2	DN 25, PN 16, Kv = 10 m ³ /h; Mischung/Umschaltung
Ventilantriebe (motorisch)	AVM115SF132	2	24 V, 8 mm Hub, 60–120 s Anfahrtszeit, 500 N Kraft
Regensensor	RS	1	Wetterstation zur Regen-Detektion
Türkontakt	PF	1	Potenzialfreier Kontakt der Torsteuerung
Fensterantrieb (motorisch)	k.A.	3	230 V oder 24V Fenstermotor Auf/Zu

5.5 Datenanbindung und Kommunikation

Protokoll: BACnet/IP (offener Standard, ISO/IEC 14882)

Schnittstelle zum Bestand:

- **Ort:** Raum U5.21 (Netzwerkschrank mit Reserven)
- **Datenleitung:** CAT 8.1, S-FTP, 1 m Patchkabel (EFB VKPATCH8101Y)
- **Schnittstelle ab Patchfeld**
- **Aktive Komponenten / DGUV-seitige Anbindung:** Durch DGUV-IT realisiert
- **5G-Versorgung:** vorgesehen

Sichtbare Datenpunkte (22.05.2025 Abstimmung):

- **Alle Datenpunkte** sind als „sichtbare“ Datenpunkte im Netz offenzulegen (keine versteckten Variablen)
- Dies ermöglicht externe Monitoring und Validierungsmöglichkeiten

Bedienung vor Ort:

- **Panel-PC mit 15"-Touchscreen** (bspw. Spectra PCP15ZW11F240)
- **Betriebssystem:** Windows 11 IoT 2024
- **RAM:** 8 GB
- **Storage:** 128 GB SSD
- **Lokales Netzwerk:** Eigenes Netz, ohne Bluetooth / W-LAN

6 Betriebsweisen

6.1 Normalbetrieb (Standardbetrieb)

6.1.1 Heizbetrieb (Oktober–März)

Charakteristika:

- **Szenario:** Außentemperatur typisch -10 °C (Auslegungsfall) bis $+15\text{ °C}$
- **Raumsollwert:** Minimum 20 °C
- **Regelcharakteristik:** Wärmepumpe erzeugt Heizwasser (Vorlauf $35\text{--}50\text{ °C}$ je nach Witterung)
- **Betriebsdauer:** Dauerlauf bei Heizlastbedarf

Ablauf:

1. Raumtemperatur sinkt unter Sollwert
2. Raumtemperaturfühler sendet Signal an DDC-Controller
3. Controller aktiviert Wärmepumpe mit Heizmodus-Sollwert
4. Umwälzpumpe P2 startet, zirkuliert Heizwasser
5. Heiz-/Kühlsegel erwärmen sich, geben Wärme an den Raum ab
6. Nach Erreichung des Sollwerts ($+1\text{ °C}$ Hysterese) drosselt die WP oder schaltet in Standby
7. Pufferspeicher stabilisiert die Wassertemperatur und reduziert Verdichter-Taktwechsel

6.1.2 Kühlbetrieb (Mai–September, Sommermonate)

Charakteristika:

- **Szenario:** Außentemperatur typisch $+30\text{--}36\text{ °C}$ (Auslegungsfall)
- **Raumsollwert:** Maximum 26 °C (ASR A 3.6 konform), Feuchte max. 55 %
- **Regelcharakteristik:** Wärmepumpe reversibel betrieben, erzeugt Kühlwasser (Rücklauf $15\text{--}18\text{ °C}$)
- **Betriebsdauer:** Dauerlauf bei Kühllastbedarf

Ablauf:

1. Raumtemperatur steigt über Sollwert (typisch 23 °C Schwelle)
2. Raumtemperaturfühler sendet Signal an DDC-Controller
3. Controller aktiviert Wärmepumpe im Kühlmodus
4. **Parallel:** Wurde bereits Nachtauskühlung versucht? Falls nein, externe Kühlquellen vorab testen

5. Vierwege-Magnetventil in der WP schaltet um (Kältemittelkreislauf reversiert)
6. Umwälzpumpe P1 startet, Kühlwasser zirkuliert durch Heiz-/Kühlsegel
7. Segel nehmen Wärme auf und kühlen den Raum ab
8. Nach Erreichung des Sollwerts wird die WP gedrosselt oder in Standby versetzt

Besonderheit: Nur 6,5 kW verfügbare Kühlleistung am Segel (statt maximale 22,19 kW WP) – daher ist die **Nachtauskühlung als ergänzende Maßnahme essentiell**, um die Gesamtkühllast von 12,5 kW zu decken.

6.1.3 Übergangsbetrieb (April, Mai, September, Oktober)

Charakteristika:

- **Szenario:** Außentemperatur typisch +10–20 °C
- **Raumsollwert:** 20–26 °C je nach Raumnutzung
- **Regelcharakteristik:** Wechsel zwischen Heiz- und Kühlmodus abhängig von Tagesdynamik
- **Besonderheit:** Freie Außenkühlphase optimal nutzbar (Nachtauskühlung bei günstigen Bedingungen)

Ablauf:

1. Morgens (ca. 06:00 Uhr): Raumtemperatur durch Nachtauskühlung gekühlt, ggf. unter Sollwert
2. Tagesgang: Solargewinne und Innenlast erhöhen Raumtemperatur
3. Mittags: Raumtemperatur steigt, leichte Kühllast erforderlich
4. Abends (ab ca. 20:00 Uhr): Außentemperatur fällt, Bedingungen für Nachtauskühlung günstig
5. Nachts: Nachtauskühlung wird aktiviert, reduziert Kühllast für nächsten Tag

6.2 Teillastbetrieb

Charakteristika:

- **Szenario:** Raumtemperatur liegt dicht am Sollwert, nur geringe Regelabweichung
- **Regelcharakteristik:** Wärmepumpe läuft mit reduzierter Leistung oder intermittierend
- **Energieeffizienz:** Optimale Bedingungen für Wärmepumpeneffizienz (gute COP-Werte)

Maßnahmen:

1. **Proportionale Regelung:** Stellsignal an Wärmepumpe wird gedrosselt (nicht 0–100%, sondern z. B. 40%)
2. **Taktwechsel:** WP startet/stoppt häufiger, ohne in Volllast zu gehen (Schalthysterese ± 1 °C)

3. **Pufferspeicher-Nutzung:** Kleine Temperaturdifferenzen werden durch Pufferspeicher ausgeglichen, statt WP zu starten

6.3 Störfall und Redundanzschaltung

6.3.1 Szenario: Wärmepumpe außer Betrieb

Ursachen:

- Verdichter-Ausfall
- Kältemittel-Leck
- Betriebszustand Error (Sicherheitsschaltung ausgelöst)
- Stromausfall (wenn Notstromversorgung nicht aktiviert)

Automatische Reaktion:

1. Wärmepumpe sendet Störmeldung (potentialfreier Kontakt an DDC-Controller)
2. DDC-Controller erkennt Stöorzustand (Fehlerlog-Eintrag)
3. **Sofortmaßnahme:** Umschaltung Dreiwege-Ventil auf Bestandswärmeanlage (über 20 kW Wärmetauscher)
4. Bestandsanlage wird freigegeben
5. Bestandspumpe / -regelung übernimmt
6. **Betriebsbereitschaft** wird aufrechterhalten, aber mit reduzierter Leistung und ggf. höherer Betriebstemperatur

Manuelle Schaltung:

- Bedienfeld an Panel-PC ermöglicht manuelle Umschaltung zur Bestandsanlage
- Priorisiertes Herausfahren der Wärmepumpen-Antriebe bei manueller Übersteuerung

6.3.2 Szenario: Nachtauskühlung blockiert

Ursachen:

- Regen erkannt → Regensensor sperrt
- Außentemperatur nicht günstig (wärmer als Raum)

Automatische Reaktion:

1. Nachtauskühlung wird deaktiviert
2. Regelkreis fällt zurück auf Wärmepumpe als Kühlmedium
3. Falls Kühllast > 6,5 kW (Segelleistung)

6.3.3 Szenario: Stromversorgung unterbrochen

Szenario A: Notstromversorgung (USV) vorhanden

1. Controller stoppt nicht-kritische Verbraucher (z. B. Ventilatoren der Nachtauskühlung)
2. Kritische Lasten bleiben aktiv (z. B. Wärmepumpe, wenn vorhanden)
3. Nach Stromrückkehr: Normale Betriebsaufnahme mit Hochfahrtsicherung

Szenario B: Kein Notstrom

1. Alle Verbraucher fallen aus
2. Bestandsanlage (falls vorhanden) fällt ebenfalls aus
3. **Laborraum ist ohne Heizung/Kühlung** – Raumtemperatur gleicht sich der Außentemperatur an
4. Nach Stromrückkehr: Kontrollierte Wiederaufnahme des Normalbetriebs (Wärmepumpen-Hochfahrtsicherung, Datenbank-Konsistenz Check)

6.4 Übergänge und Schaltlogik

6.4.1 Umschaltung Heiz- auf Kühlbetrieb

Kriterium: Raumtemperatur > Kühl-Sollwert (z. B. 23 °C)

Ablauf:

1. Raumtemperatur überschreitet 23 °C
2. DDC-Controller sendet Umschaltbefehl an Vierwege-Magnetventil der WP
3. Magnetventil wechselt Kältemittelkreislauf um (von Verdampfer zu Verflüssiger)
4. Vorlauftemperatur sinkt (da nun Kühlung statt Heizung)
5. Umwälzpumpe P1 (Laborseite) startet
6. Temperaturmischventil wird gesteuert, um Kühlwasser mit gewünschter Temperatur zu den Segeln zu schicken

6.4.2 Aktivierung Nachtauskühlung

Kriterium: Außentemp. < Raumtemp. (–2 °C Differenz), kein Regen, Raumtemp. > 23 °C

Ablauf:

1. Alle Bedingungen erfüllt
2. DDC-Controller aktiviert Zuluft-Ventilatoren (M011, M012) und Klappenantriebe (Y401–Y406)
3. Jalousieklappen fahren auf
4. Kühle Nachtluft strömt in den Laborraum

5. Wärmepumpe läuft parallel weiter (oder wird in Standby versetzt, je nach Raumtemperatur)
6. Nach Erreichung Sollwert oder Ende Nachzeitraum (ca. 06:00 Uhr) werden Ventilatoren gestoppt und Jalousieklappen geschlossen

7 Schnittstellen zu anderen Gewerken

7.1 Schnittstelle Elektro (KG 440, 441–446)

Gewerk	Schnittstelle	Leistung / Details
Stromversorgung	400 V / 3-phasen Anschluss im Schaltschrank (ISP-Feld)	Wärmepumpe: ca. 8–12 kW kontinuierlich; Spitze während Verdichter-Hochfahrt bis 15 kW, Versorgung aus der ELT-UV
Umwälzpumpen	230 V / 1-phasen oder 3-phasen, abhängig von Pumpentyp	P1: typisch 0,2–0,5 kW; P2: typisch 0,2–0,5 kW, Versorgung aus dem MSR-Schrank
Ventilatoren (Nachtauskühlung)	Drei EC-Ventilatoren, je 0,7 kW @ 230 V, zzgl. 0–10-V-Regelsignal	Zuluft M011, M012; Abluft M021; Versorgung aus dem MSR-Schrank
Motorventile / Klappenantriebe	24 V AC, Stellantriebe (AVM115SF132 etc.)	Typisch 50–100 W pro Antrieb; Versorgung aus dem MSR-Schrank
Begleitheizung (auf Dach)	Elektrisch betriebene Heizpatrone	Leistung: 15W/m
Schaltschrank / Stromverteilung	35 A Hauptschalter, Sammelschienensystem 250 A	Absicherung gemäß VDE 0100
Blitzschutz-Erweiterung	Blitzschutzanlage wird im Bereich der neuen WP-Anlage erweitert	Ableitung und Erdung zur Außenanlage notwendig
Erdung / Potentialausgleich	Hauptschienen in Laborbereich; Ausgleichsleiter zu metallischen Komponenten (Mezzanin, Kabelkanäle, Laborarbeitspätze, Digestoren)	Widerstände < 0,1 Ohm gefordert

7.2 Schnittstelle Lüftung (KG 430 – interne Abhängigkeit)

Komponente	Abhängigkeit	Bemerkung
Nachtauskühlung (Ventilatoren)	Elektrisch angesteuert durch MSR-Schaltschrank	Steuerung potentialfrei möglich, aber Sauter-Steuerung bevorzugt
Regensensor / Wetterstation	Externe Installation auf Dach	Kabel in MSR-Schaltschrank, digitales Signal an DDC
Abluft Ladeschrank (ION ULTRA-90)	Separate Abluftanlage, elektrisch unabhängig	Regelung autonom
Filterreinigung / Wartung	Ggf. Betriebsstundenzähler in GLT erforderlich	Wartungsplan für Filter sollte mit GLT gekoppelt sein

7.3 Schnittstelle Wärmeversorgung Bestand (KG 420)

Parameter	Schnittstelle
Bestandsanlage	Schnittstelle ist der Plattenwärmetauscher
Wärmetauscher	20 kW Plattenwärmetauscher als Koppellement

Parameter	Schnittstelle
Umschaltung	Motorisches Dreiwege-Umschaltventil; kann manuell oder automatisch umgeschaltet werden
Redundanzfunktion	Im Störfall Wärmepumpe wird Bestandsanlage freigegeben
Absperr	Absperr- und Rückschlagventile zur Systemtrennung bei Wartung

7.4 Schnittstelle IT / Datenübertragung (KG 440, 457, 485)

Parameter	Spezifikation
Netzwerkanbindung	Raum U5.21, Netzwerkschrank mit Reserven
Protokoll	BACnet/IP (offener Standard)
Datenleitung	CAT 8.1, S-FTP; Verlegung nach bestehenden Trassen (bereits in KG 444 geplant)
Schnittstelle zum Bestand	Ab Patchfeld; aktive Komponenten und Integration durch DGUV-IT
5G-Versorgung	vorgesehen
Sichtbare Datenpunkte	Alle Datenpunkte sind als offene, sichtbare Punkte im BACnet-Netz zu konfigurieren
Sicherheitsaspekt	Lokalem Tablet ohne Bluetooth/W-LAN Steuerung (isoliertes Netz)

8 Sicherheits- und Überwachungseinrichtungen

8.1 Temperaturüberwachung

Komponente: Thermostat / Temperaturregler

- **Raumthermostat:** EGT332F103 mit Potentiometer → lokale Sollwertanpassung
- **Außen-Thermostat:** EGT301F103 → witterungsgeführte Vorlaufregelung
- **Vorlauf-Schutz:** Stabfühler L100 mm überwacht Vorlauftemperatur; Blockade WP falls zu heiß (Schutz vor Übertemperatur)

Alarm-Logik:

- Falls Vorlauftemperatur > 60 °C (Stellgröße) → Wärmepumpe blockiert
- Falls Außentemperatur < -15 °C (Frostschutz) → WP blockiert, Begleitheizung aktiviert
- Falls Raumtemperatur > 30 °C kontinuierlich → Alarmierung, Betreiber informieren

8.2 Wannenüberwachung (Öl- und Glykol-Protektor)

Prinzip:

Die sekundäre Seite (Laborseite) wird **nicht** mit Glykol betrieben. Stattdessen wird eine **Begleitheizung** als Frostschutz vorgesehen.

8.3 Betriebszustand-Meldungen

Von der Wärmepumpe empfangen:

Meldung	Typ	Funktion
Betriebsmeldung WP	Potentialfrei Kontakt	WP läuft = Kontakt geschlossen

Meldung	Typ	Funktion
Störmeldung WP	Potentialfrei Kontakt	WP Error = Kontakt geöffnet → sofort Umschaltung auf Bestandsanlage
Störfallmeldung Glykolüberwachung	Potentialfrei Kontakt	Glykol verschmutzt/verloren → Warnung, ggf. Blockade
Störfallmeldung Begleitheizung	Potentialfrei Kontakt	Heizpatrone defekt → Warnung, prüfe Frostschutz

Von der GLT-Anlage erfasst:

Meldung	Priorität	Aktion
Raumtemperatur > 30 °C (kontinuierlich)	Hoch	Alarm an Bedienfeld; Betreiber wird benachrichtigt
Raumtemperatur < 15 °C	Hoch	Warnung; Heizbetrieb mit max. Leistung aktivieren
Außentemperatur < -15 °C	Mittel	WP kann blockiert sein; Bestandsanlage überprüfen

9 Besondere Betriebszustände

9.1 Sommerliche Abschaltperiode (Juli/August)

Szenario: Außentemperatur durchgehend > 28 °C (kein Nachtkühlung möglich)

Maßnahmen:

- Wärmepumpe läuft kontinuierlich im Kühlmodus
- Nur 6,5 kW Kühlleistung verfügbar – mögliche Raumtemperatur-Überschreitung bis 28 °C