



**Hochschule Magdeburg-Stendal**  
**Fachbereich Ingenieurwissenschaften und Industriedesign (IWID)**  
**Institut für Elektrotechnik**

# **Bachelorarbeit**

**zur Erlangung des Grades eines "Bachelor of Engineering"**  
**im Studiengang Mechatronische Systemtechnik**

**Thema: Entwicklung und Umsetzung eines Automatisierungskonzeptes unter Berücksichtigung einer optimalen Bedienoberfläche für die haustechnischen Anlagen im "Herrenkrughotel Magdeburg"**

**Eingereicht von:** **Stefan Deicke**

**Angefertigt für:** Nowus Automatisierungstechnik GmbH, Magdeburg

**Matrikel:** E 2008

**Ausgabetermin:** 30. September 2014

**Abgabetermin:** 08. Dezember 2014

**Schulischer Betreuer:** Herr Prof. Dr.-Ing. Yongjiang Ding

**Betrieblicher Betreuer:** Herr Dipl.-Ing. Herbert Schimschar

## **Eidesstattliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit eigenständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Diese Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Magdeburg, den 08.12.2014

---

Stefan Deicke

# Inhaltsverzeichnis

I. Tabellenverzeichnis.....	6
II. Abkürzungsverzeichnis.....	7
III. Abbildungsverzeichnis.....	8
1. Einführung.....	10
1.1. Motivation .....	10
1.2. Aufgabenstellung.....	10
1.3. Gliederung .....	11
2. Grundlagen.....	12
2.1. Lüftungsanlage .....	12
2.2. Aufbau Lüftungsanlagen .....	14
2.2.1. Luftfilter .....	14
2.2.2. Mischluftklappensysteme.....	14
2.2.3. Wärmerückgewinnungssysteme .....	15
2.2.4. Erhitzerregister .....	15
2.2.5. Kühlregister.....	16
2.2.6. Nacherhitzer.....	16
2.2.7. Befeuchter.....	16
2.3. Regelungs- und Steuerungskonzepte.....	16
2.3.1. PID-Reglung.....	17
2.3.2. Zwei-Punkt-Regelung .....	17
2.3.3. Bedarfsgerechte Anforderung .....	18
2.3.4. Kennlinien .....	18
2.4. Sicherheit.....	18
2.4.1. Frostschutz .....	19
2.4.2. Brandschutz.....	20
3. Vorstellen der Anlage.....	22
3.1. Fitness.....	22
3.2. Schönheitsfarm .....	24
3.3. Empfang.....	24
3.4. Umkleide .....	25

3.5. Küche .....	26
3.6. Batterieraum .....	26
4. Auswahl einer geeigneten DDC.....	27
4.1. Hardware- Auswahl .....	27
4.2. Software-Auswahl .....	30
4.3. Vergleich.....	32
4.4. Begründung der Auswahl des DDC-Systems.....	32
5. Steuerungskonzept der Lüftungsanlagen .....	33
5.1. Schaltschrankaufbau .....	33
5.2. Bus-System .....	39
5.2.1. SAIA SBus.....	39
5.2.2. Modbus TCP .....	40
5.3. Spezielle Analyse RLT Fitness .....	41
5.3.1. Sommer-/Winterbetrieb.....	41
5.3.2. Anforderung.....	41
5.3.3. Freigabe der Anlage .....	42
5.3.4. Freigabe der Klappen und Ventilatoren .....	43
5.3.5. Temperaturregelung.....	43
5.4. Sonderfunktionen des Lüftungsschaltschranks .....	45
5.4.1. Kühlzellenüberwachung.....	45
5.4.2. Niveauüberwachung der Hebeanlage „Schwimmbadtechnik“ .....	46
5.4.3. Alarmierung des technischen Personals bei schwerwiegenden Störungen	46
6. Visualisierung und Bedienung durch den Betreiber .....	48
6.1. Bedienkonzept.....	48
6.2. Umsetzung des Konzepts .....	48
6.2.1. Backgroundmenü.....	48
6.2.2. Systemuhr .....	50
6.2.3. Alarmliste .....	51
6.2.4. Messagewindow .....	53
6.2.5. Startbild.....	54
6.2.6. Anlagenschemen.....	54

6.2.7. Anlagenstatus.....	59
6.2.8. Zeitschaltprogramme.....	60
6.2.9. Sollwerte .....	61
6.2.10. Handebenen .....	62
6.2.11. Trendaufzeichnung.....	64
7. Inbetriebnahme.....	66
7.1. Durchführung .....	66
7.2. Fehlersuche .....	68
7.3. Kontrolle der Temperaturregelung.....	69
8. Zusammenfassung/Ausblick .....	74
IV. Quellenverzeichnis.....	76
V. Anhang .....	77
Anlage A: Firmenprofil „Nowus Automatisierungstechnik GmbH“ .....	77
Anlage B: Firmenprofil „Wuttke Lüftungs- und Klimatechnik GmbH“ .....	78
Anlage C: Kurzbeschreibung „Herrenkrughotel Magdeburg“ .....	79

## I. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Widerstände von Luftfiltern und deren mittlere Betriebszeiten.....	14
Tabelle 2: Hardwareanforderungen an die DCC.....	27
Tabelle 3: Art der benötigten analogen Kanäle .....	28
Tabelle 4: Überblick der benötigten Schnittstellen .....	28
Tabelle 5: Die zur Auswahl stehenden DDC-Steuerungen .....	28
Tabelle 6: Auflistung der DDC-Komponenten mit Preisen .....	29
Tabelle 7: Gesamtkostenvergleich der DDC-Systeme, Preise in Euro .....	30
Tabelle 8: Vergleich des Programmieraufwands der vorgestellten Systeme .....	31
Tabelle 9: Übersicht der Gesamtkosten und des Programmieraufwands der DDC- Systeme .....	32
Tabelle 10 Kennzeichnung der Aderfarben .....	33
Tabelle 11: einstellbare Zeitschaltprogramme der Anlage "Fitness" .....	42
Tabelle 12: Sequenzen der Temperaturregelung .....	45
Tabelle 13: Bedeutung der Farbsignalisierung der Kühlzellen-LED.....	46
Tabelle 14: Erforderliches Benutzerlevel für Sollwertänderungen .....	49
Tabelle 15: Anlagenkürzel für Alarmtexte .....	53
Tabelle 16: Farbzuordnung der Trendwerte für die Temperaturen.....	64
Tabelle 17: Farbzuordnung der Stellsignale für die Trendaufzeichnung.....	71

## II. Abkürzungsverzeichnis

HMI	Human-Maschine-Interface
WRG	Wärmerückgewinnung
GLT	Gebäudeleittechnik
FL	Lüftung zum Feuchteschutz
NL	Nennlüftung
IL	Intensivlüftung
RL	Reduzierte Lüftung
MSR-Technik	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik
ISP	Installationsschwerpunkt
FU	Frequenzumformer
AC	Wechselspannung
DC	Gleichspannung
DDC	Direct Digital Control
EMSR	Elektrisches Messen, Steuern und Regeln
GA	Gebäudeautomatisierung

### III. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lüftungsarten nach DIN 1946-6 [1] .....	13
Abbildung 2: Zusammenhang der Öffnung von Außenluft- und Umluftklappe für eine stetige Ansteuerung .....	15
Abbildung 3: invertierter Zwei-Punkt-Regler [8] .....	17
Abbildung 4: direkter Zwei-Punkt-Regler [8] .....	17
Abbildung 5: Kennlinie Minimale Rücklauftemperatur .....	20
Abbildung 6: Anlagenschema Lüftungsgerät im Bereich Fitness .....	22
Abbildung 7: Anlagenschema Lüftungsgerät im Bereich Schönheitsfarm .....	24
Abbildung 8: Anlagenschema Lüftungsgerät im Bereich Empfang .....	24
Abbildung 9: Anlagenschema Lüftungsgerät im Bereich Umkleide .....	25
Abbildung 10: Anlagenschema Lüftungsgerät im Bereich Küche .....	26
Abbildung 11: Anlagenschema Lüftungsgerät im Bereich Batterieraumablüfter .....	26
Abbildung 12: linke Hälfte des MSR-Schaltschranks der Lüftungszentrale .....	34
Abbildung 13: rechte Hälfte des MSR-Schaltschranks der Lüftungszentrale .....	35
Abbildung 14: Aufteilung der Frequenzumformer im Schaltschrank .....	36
Abbildung 15: Aufbau des DDC-Systems .....	38
Abbildung 16: Aufbau SBus-Verbindung aller Schaltschränke .....	39
Abbildung 17: Aufbau des Modbus TCP- Bussystems .....	40
Abbildung 18: Regelkreis der Temperaturregelung durch den Erhitzer [4] .....	44
Abbildung 19: Backgroundmenü .....	48
Abbildung 20: Systemuhr .....	50
Abbildung 21: Alarmliste .....	51
Abbildung 22: Messagewindow .....	53
Abbildung 23: Startbild .....	54
Abbildung 24: Anlagenschema Blatt 1 .....	54
Abbildung 25: Anlagenschema Blatt 2 .....	56
Abbildung 26: Kennlinie der minimalen Rücklauftemperatur .....	57
Abbildung 27: Anlagenschema Blatt 3 .....	57
Abbildung 28: Anlagenstatus .....	59
Abbildung 29: Zeitschaltprogramme .....	60
Abbildung 30: Sollwerte .....	61
Abbildung 31: Erhitzerregister .....	62
Abbildung 32: Erhitzerregister mit aktivierter Handebene. Das Stellsignal wurde mittels der Handebene geändert .....	63
Abbildung 33: Erhitzerregister mit Handeingriff auf Freigabe .....	64
Abbildung 34: Trenddarstellung .....	65

Abbildung 35: Trendaufzeichnung für Reaktion der Anlage bei Sollwertsprung .....	70
Abbildung 36: Trendaufzeichnung der Stellsignale nach dem Sollwertsprung.....	71
Abbildung 37: Trendaufzeichnung für negativen Sollwertsprung.....	72
Abbildung 38: Trendaufzeichnung der Temperaturen mit erhöhtem Sollwertsprung	72
Abbildung 39: Trendaufzeichnung der Stellsignale mit erhöhtem Sollwertsprung .....	73
Abbildung 40: Firmenlogo der Firma "Nowus" [9] .....	77
Abbildung 41: Firmenlogo der Firma "Wuttke" [10] .....	78
Abbildung 42: Hotellogo des "Herrenkrughotels Magdeburg" [5].....	79
Abbildung 43: Biergarten des Hotels .....	79
Abbildung 44: Luftaufnahme des Hochwassers 2013 im Bereich um das Hotel.....	80

# 1. Einführung

## 1.1. Motivation

Vergleicht man Lüftungssystem aus der Vergangenheit mit heutigen so fallen wesentliche Unterschiede auf. Früher war eine aktive Belüftung nicht in dem Maße notwendig. Undichte Türen und Fenster sorgten für einen ständigen Luftaustausch. Dieser Umstand ist mit der Güte der heutigen Produkte nicht mehr gegeben. Um die Luftqualität in Gebäuden zu verbessern bzw. auf einem guten Niveau zu halten, ist eine Belüftung erforderlich. Störfaktoren sind dabei allgegenwärtig. Der Mensch selbst, Emissionen aus Wänden und Mobiliar, Abwärme von Computern und anderen technischen Geräten sind nur einige Einflussgrößen, die der Behaglichkeit schaden (Vgl. [2])

Mit der Verknüpfung von Lüftungsanlagen und Automatisierungstechnik ist es möglich, den Prozess hinsichtlich ökologischen und ökonomischen Gesichtspunkte zu optimieren und gleichzeitig den Komfort im Umgang mit der Anlage für den Betreiber zu verbessern. Zusätzlich lassen sich Störfälle schneller erkennen und DDC-Systeme, also Automatisierungssysteme mit speicherprogrammierbarer Steuerung, sind eigenständig in der Lage angemessen auf Fehler zu reagieren.

## 1.2. Aufgabenstellung

Im Zuge der Hochwasserrenovierungsarbeiten am „Herrenkrughotel Magdeburg“ wurde die Automation der Raumluftechnik ausgeschrieben. Dazu soll anhand von Planungsunterlagen der Firma „Wuttke Lüftungs- und Klimatechnik GmbH“, die als Auftraggeber der Firma „Nowus“ fungieren, ein Schaltschrank erstellt werden, der die EMSR-Technik beinhaltet. Dafür ist eine Automation über ein geeignetes DDC-System zu implementieren. Die Steuerung und Regelung unterliegen dabei wirtschaftlicher und ökologischer Effizienz.

Der Anlagenbetreiber soll durch eine Gebäudeleittechnik in Form eines abgesetzten PCs einen Eingriff auf die Lüftungsanlage haben. Dazu muss eine dem Kunden angepasste Visualisierung erstellt werden. Diese hat die Aufgabe, Anlagenwerte anzuzeigen und Zugriff auf Sollwerte zuzulassen.

Meine Aufgabe als Angestellter der Firma „Nowus“ ist die Programmierung des Funktionsplans und das Erstellen der Visualisierung für das Automatisierungssystem. Dieses ist durch mich anhand stichhaltiger Gründe auszuwählen. Die anschließende Inbetriebnahme obliegt ebenfalls meinem Aufgabenfeld.

Die Firmenprofile der genannten Unternehmen sind dem Anhang beigelegt, sowie eine Beschreibung des „Herrenkrughotels Magdeburg“.

### **1.3. Gliederung**

Im Folgenden wird die Funktion und Arbeitsweise einer Lüftungsanlage erklärt, um einen allgemeinen Überblick des Themengebietes darzulegen. Im nächsten Schritt werden im Speziellen das Konzept und die Umsetzung der Automation im Objekt „Herrenkrughotel Magdeburg“ dargestellt mit Blick auf wirtschaftliche, ökologische und sicherheitsrelevante Faktoren. Die Anlage für den Bereich „Fitness“ wird im Detail erklärt und dient aufgrund ihres Umfangs als Referenz für die übrigen Lüftungsgeräte. Die vorliegende Arbeit schließt mit einer Analyse der Inbetriebnahme ab. So wird schrittweise die Projektführung dargelegt.

## 2. Grundlagen

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit den allgemeinen Aufgaben und Bestandteilen einer Lüftungsanlage, welche durch die eingebaute Steuerung beeinflusst wird.

### 2.1. Lüftungsanlage

Durch den Einsatz einer Lüftungsanlage soll Frischluft in die angeschlossenen Bereiche gefördert bzw. verbrauchte Luft abtransportiert werden.

Die DIN 1946-6 teilt Lüftungsanlage in zwei übergeordnete Gruppen ein, wie Abbildung 1 zeigt. In der „Freien Lüftung“ werden lediglich physikalische Effekte genutzt, um einen Luftstrom zwischen den Bereichen zu bilden. Eine intensive Belüftung (IL) ist damit nicht zu realisieren. Die „Ventilatorgestützte Lüftung“ bietet dagegen vom einfachen Feuchteschutz (FL) bis zur Intensivbefeuchtung alle Lüftungsarten. Allerdings sind aufgrund des höheren Aufwands bei der Anschaffung und Wartung die Kosten höher.

Desweiteren wird zwischen „Zuluft-, Abluft- und kombinierten Systemen“ unterschieden. Im Zusammenschluss von beiden Anlagentypen resultiert ein Zu-/Abluftsystem, welches es durch Wärmerückgewinnungskomponenten ermöglicht, die Beschaffenheit der Abluft (Temperatur bzw. Feuchte) für die Behandlung der Zuluft nutzen zu können. Somit arbeiten kombinierte Zu- und Abluftanlagen wirtschaftlicher und ökologischer.

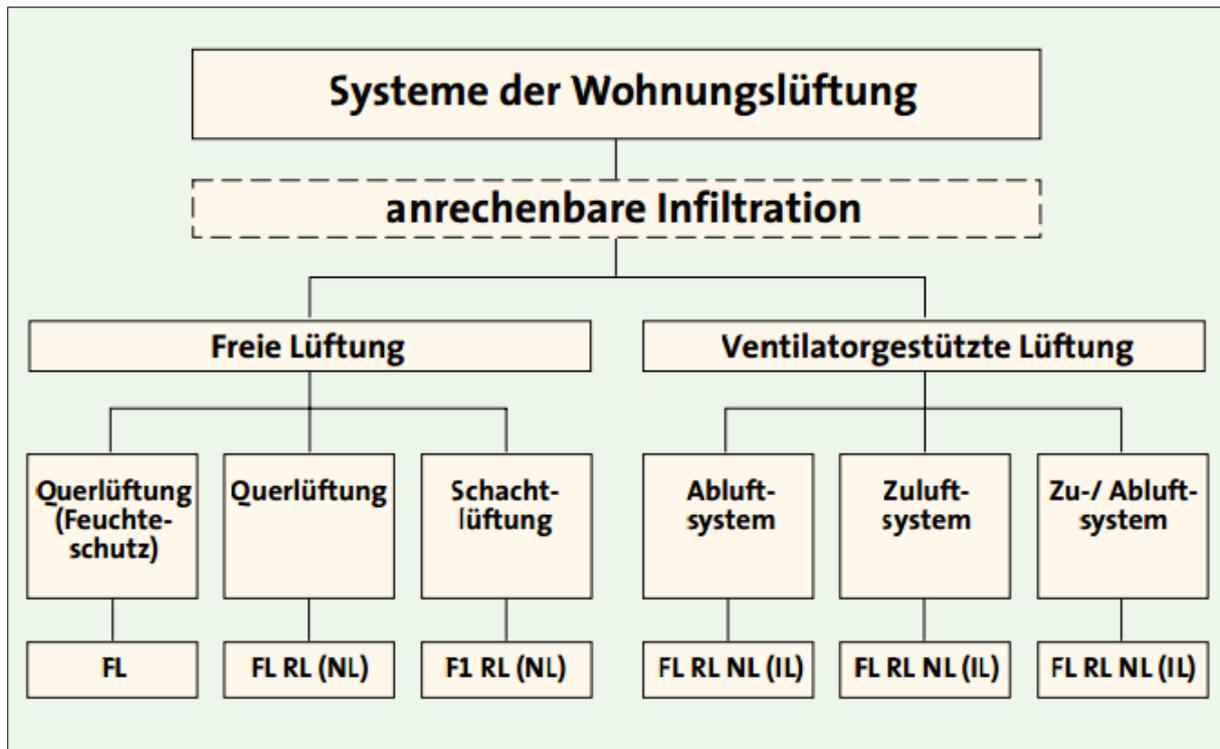


Abbildung 1: Lüftungsarten nach DIN 1946-6 [1]

Die zugeführte Luft kann durch verschiedene technische Bauelemente behandelt werden. Es kann Einfluss auf die Temperatur und Feuchtigkeit genommen werden als auch auf die Belastung durch mitgeführte Schmutzpartikel. Folgende Bestandteile erlauben einen Eingriff auf diese Faktoren:

- Luftfilter
- Mischluftklappensysteme
- Wärmerückgewinnungssystem
- Erhitzerregister
- Kühlregister
- Befeuchter
- Nacherhitzer

Bei kühlende oder befeuchtende Komponenten handelte es sich um eine Teilklimaanlage.

## 2.2. Aufbau Lüftungsanlagen

Durch den Einsatz diverse raumluftechnische Komponenten lässt sich die Qualität der Luft bzw. die Zuverlässigkeit der Anlage beeinflussen.

### 2.2.1. Luftfilter

Bei Luftfiltern wird die Luft in der Regel durch Fasern geführt, welche undurchlässig für Schwebstoffe sind bzw. die in der Luft geführten Teilchen abscheiden. In gesonderten Fällen werden Aktivkohlefilter genutzt, um insbesondere Prozessabgase aus der Abluft lösen zu können. Somit wird die Luftqualität verbessert und die hinter dem Filter befindlichen Anlagenteile geschützt.

Typischerweise findet für die MSR-Technik eine Filterüberwachung statt. Dazu wird eine Druckdose eingebaut, welche die Druckdifferenz vor und hinter dem Filter auswertet. Je mehr Partikel der Filter aufnimmt, desto größer wird das Druckgefälle. Der durch die Inbetriebnahme einzustellende Schwellwert der Druckdose ist abhängig vom Endwiderstand. Die Routine der Wartung ist abhängig von der Betriebszeit der Anlage und der Beschaffenheit der zu filternden Luft. Eine grobe Einordnung zeigt Tabelle 1.

Filterklasse	Filterwiderstand Anfangswert [Pa]	Filterwiderstand Endwert [Pa]	Betriebszeit [Monate]	Bemerkung
Grobstaubfilter	30-50	200-300	3-6	
Feinstaubfilter	50-150	300-500	6-9	Mit vorgeschaltetem Grobstaubfilter
Schwebstofffilter	150-200	1000-1500	12-36	Mit vorschaltetem Grob- und Feinstaubfilter

Tabelle 1: Widerstände von Luftfiltern und deren mittlere Betriebszeiten

### 2.2.2. Mischluftklappensysteme

Für den Heizbetrieb der Anlage kann die Wärme der Abluft bzw. im Kühlbetrieb die Restkälte genutzt werden, indem sie direkt der Zuluft beigemischt wird. Dazu ist der Zu- und Abluftkanal über eine Umluftklappe verbunden. Die Ansteuerung der Umluftklappe ist gekoppelt an die der Außen- und Fortluftklappe (siehe Abbildung 2). Ihre Fahrtrichtungen sind gegenläufig gerichtet. Ist die Umluftklappe geöffnet, so ist die Außenluftklappe geschlossen. In den meisten Fällen wird die Außenluftklappe durch eine Mindestöffnung limitiert, um zu gewährleisten, dass Frischluft in den angeschlossenen Bereich nachströmen kann.

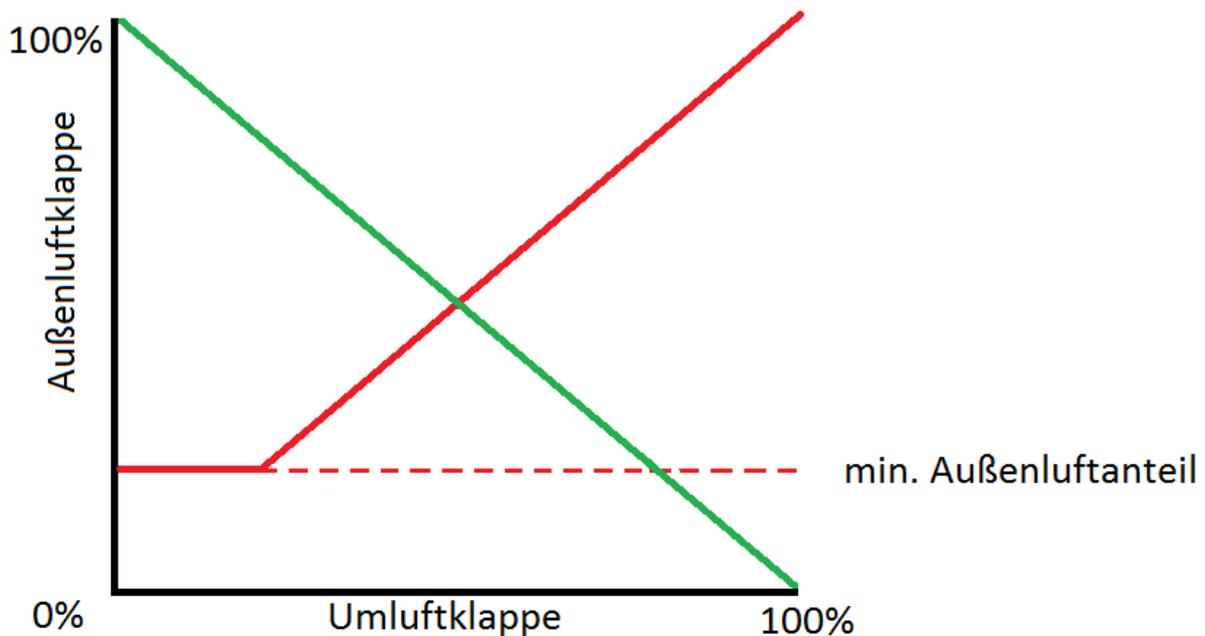


Abbildung 2: Zusammenhang der Öffnung von Außenluft- und Umluftklappe für eine stetige Ansteuerung

### 2.2.3. Wärmerückgewinnungssysteme

Bei der Wärmerückgewinnung wird ebenfalls die Abwärme bzw. die Restkälte der Abluft für die Behandlung der Zuluft genutzt, jedoch wird die Luft nicht gemischt. Verschiedene Systeme ermöglichen den Wärmeaustausch zwischen Zu- und Abluft:

- Plattenwärmetauscher
- Kreuzstromwärmetauscher
- Rotationswärmetauscher
- Kreislaufverbundsysteme

### 2.2.4. Erhitzerregister

Das Erhitzerregister dient der Erwärmung der Zuluft. Dazu wird über ein Rohrleitungssystem Warmwasser zu einer Heizfläche gefördert, welche an seiner Oberfläche die Wärme an die Zuluft abgibt. Da dieses System wasserführend ist, muss es in der Regel durch die MSR-Technik gegen Frost geschützt werden. Ein solcher Schutz ist nicht erforderlich, wenn das Heizwasser mit Glycol angereichert wird. In diesem Fall ist beim Heizverteiler auf eine Medientrennung zu achten und das Glycol-Wasser-Gemisch muss über einen Wärmetauscher separat angeschlossen werden.

### **2.2.5. Kühlregister**

Kälte kann für zwei unterschiedliche Aufgaben genutzt werden. In erster Linie dient das Kühlregister der Kühlung. Dabei kann durch indirekte und direkte Luftkühlung Kälte erzeugt werden.

Durch das Abkühlen des Luftstroms nimmt die relative Feuchte zu. Sobald die Lufttemperatur einen gewissen Wert unterschreitet (den Taupunkt), sprich beim weiteren Kühlen von Luft mit 100% relativer Luftfeuchte, setzt sich Wasser ab. Dieser Effekt kann durch das Kühlregister zum Entfeuchten genutzt werden. Allerdings muss anschließend die Luft durch einen Nacherhitzer wieder angehoben werden.

### **2.2.6. Nacherhitzer**

Der Nacherhitzer dient der Folgebehandlung des Luftstroms, der durch Kühlung entfeuchtet wurde.

Sollte ein Lüftungsgerät mehrere Bereiche mit unterschiedlichen Temperaturanforderungen belüften, werden Nacherhitzer eingesetzt, um die separaten Zonen einzeln angepasst erwärmen zu können.

### **2.2.7. Befeuchter**

Mit Hilfe von Luftbefeuchtern kann die Feuchte der Luft angehoben werden. Verschiedene Arten der Befeuchtung kommen dabei zur Anwendung:

- Dampfbefeuchtung
- Aerosolzerstäubung
- Verdunstungsbefeuchtung
- Hybridbefeuchtung

Die Funktionsweise aller Befeuchter näher zu erklären, würde den Rahmen dieser Arbeit überschreiten und wird daher hier nicht weiter ausgeführt.

## **2.3. Regelungs- und Steuerungskonzepte**

Bei dem Betrieb der Lüftungsanlage ist die Wahl und Parametrierung geeigneter Verfahren hinsichtlich Wirtschaftlichkeit und ökologischem Einfluss von großer Bedeutung. Unnötig arbeitende Erhitzerregister verbrauchen Energie und somit Geld. Ein ständiges Ein- und Ausschalten von Pumpen führt zu einem schnelleren Verschleiß.

Verschiedene Algorithmen bzw. Verfahren sind möglich, um die Regelung und Steuerung zu optimieren.

### 2.3.1. PID-Reglung

Bei dieser Regelung handelt es sich um eine stetige Regelung eines Stellsignals, z.B. für Dreiwegeventile. Der Proportional-, Integral- und Differentialanteil definiert das Regelverhalten. Diese Bestandteile können durch verschiedene Verfahren und/oder durch empirische Werte zzgl. der Analyse durch die Inbetriebnahme ermittelt werden. Eine falsche Parametrierung kann zu schwingenden Systemzuständen führen.

### 2.3.2. Zwei-Punkt-Regelung

Die Zwei-Punkt-Regelung wird für digitale Ansteuerungen von technischen Komponenten genutzt, wie z.B. die Freigabe von Umwälzpumpen. Man unterscheidet zwischen invertierter und direkter Zwei-Punkt-Regelung.

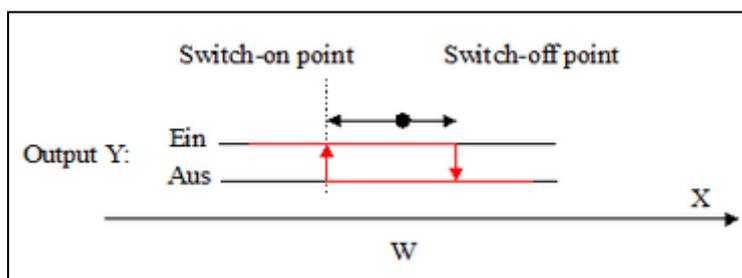


Abbildung 3: invertierter Zwei-Punkt-Regler [8]

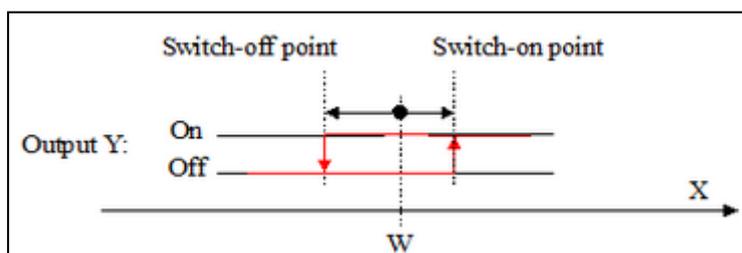


Abbildung 4: direkter Zwei-Punkt-Regler [8]

Abhängig vom Eingangssignal ( $X$ ), welcher in der Regel ein Temperaturwert ist, wird der Ausgang ( $Y$ ) beim Überschreiten eines Grenzwertes ( $W$ ) eingeschaltet bzw. ausgeschaltet. Der invertierte Regler wird z.B. für Erhitzerpumpen ohne Regelventil genutzt. So wird die Pumpe eingeschaltet, wenn die Temperatur einen Schwellwert unterschreitet (siehe Abbildung 3 Switch-on point). Daraufhin wird steigt die Temperatur wieder bis zu einem weiterem Schwellwert (Switch-off point) bei dem die Pumpe ausgeschaltet wird.

Der direkte Zwei-Punkt-Regler findet unter anderem bei der Kälterege lung Anwendung.

### **2.3.3. Bedarfsgerechte Anforderung**

#### **Zeitschaltuhren**

Lüftungsanlagen, die nicht rund um die Uhr mit voller Leistung fahren sollen, können über Zeitsignale angefordert werden. So lässt sich in Phasen geringer Nutzung die Anlage drosseln bzw. komplett ausschalten. Auch Sollwerte für Raum- bzw. Zulufttemperaturen kann man so zeitabhängig absenken.

#### **Luftqualität**

Lüftungsanlagen, die nur der Frischluftversorgung dienen sollen und keinerlei Temperatureinfluss bieten, lassen sich durch Luftqualitätsfühler effizienter betreiben. So wird die Anlage erst freigegeben, sobald z.B. der Kohlenstoffdioxidgehalt der Luft ein gewisses Niveau überschritten hat. Solange die Luftqualität in den angeschlossenen Bereichen den Betrieb der Anlage nicht erfordert, wird diese nicht eingeschaltet oder kann mit einer geringeren Leistung arbeiten.

#### **Bewegungsmelder**

Für Abluftanlagen im sanitären Bereich, z.B. WC-Lüftungen, kann die Anforderung der Lüftung durch den Schaltkontakt eines Bewegungsmelders realisiert werden. Somit wird der Lüfter nur im Bedarfsfall angesteuert.

### **2.3.4. Kennlinien**

Flexibel ermittelte Sollwerte, die auf äußere Einflüsse reagieren, führen zu geringeren Kosten des Betriebes einer Anlage. Im Speziellen wird hierbei eine Kennlinie für die minimale Rücklauf tempera tur im Erhitzerregister gebildet. Diese nimmt Bezug auf die derzeitige Außentemperatur. Bei steigender Außentemperatur wird der Sollwert reduziert.

## **2.4. Sicherheit**

Diverse technische Elemente helfen den Betrieb einer Lüftungsanlage sicher zu gestalten.

### **2.4.1. Frostschutz**

Da Erhitzerregister und Kühlregister wasserführend sind, muss gewährleistet werden, dass es bei niedrigen Außentemperaturen nicht zu Frostschäden kommt.

Verschiedene Verfahren sind möglich.

#### **Frostschutzwächter**

Beim Frostschutzwächter handelt es sich um einen Schaltkontakt, der über einer Umgebungstemperatur von ca. 5°C schließt. Unter dieser Grenze ist der Kontakt geöffnet. Somit wird Frostgefahr signalisiert.

Beim Öffnen des Frostschutzwächters müssen die Außen- und Fortluftklappen schließen, die Ventilatoren sich ausschalten, das Erhitzervertil vollständig auffahren und die Erhitzerpumpe eingeschaltet werden. Damit wird gewährleistet, dass der Register sich erwärmt und somit keine kalte Luft in die Anlage gefördert wird. Der Alarm des Frostschutzes ist quittierpflichtig, das heißt, dass die Anlage nicht automatisch wieder in Normalbetrieb zurückkehren kann, wenn die Umgebungstemperatur um den Frostschutzwächter wieder über den eingestellten Wert liegt. Der Betreiber der Anlage muss die Verriegelung manuell am Schaltschrank oder über eine GLT wieder zurücksetzen.

#### **Vorspülen**

Beim Einschalten der Anlage wird die Rücklauftemperatur am Erhitzerregister kontrolliert. Liegt diese unter einem einstellbaren Wert, wird das Vorspülen aktiviert. Dabei bleiben die Außen- und Fortluftklappe geschlossen, die Ventilatoren ausgeschaltet. Das Erhitzervertil fährt vollständig auf und die Erhitzerpumpe wird eingeschaltet. Der Erhitzerregister wird solange geladen, bis die Rücklauftemperatur einen weiteren Grenzwert überschreitet. Danach geht die Anlage wieder in Normalbetrieb.

#### **Minimale Rücklauftemperatur**

Als zusätzliche Absicherung kann beim Einsatz einer DDC über die Software eine Frostschutzfunktion eingesetzt werden. Dabei wird anhand einer Kennlinie ein minimaler Sollwert für die Rücklauftemperatur in Abhängigkeit der Außentemperatur gebildet. Dieser Sollwert fließt in die normale Temperaturregelung mit ein und verhindert ein Einfrieren der wasserführenden Teile, sollte der Frostschutzwächter defekt sein.

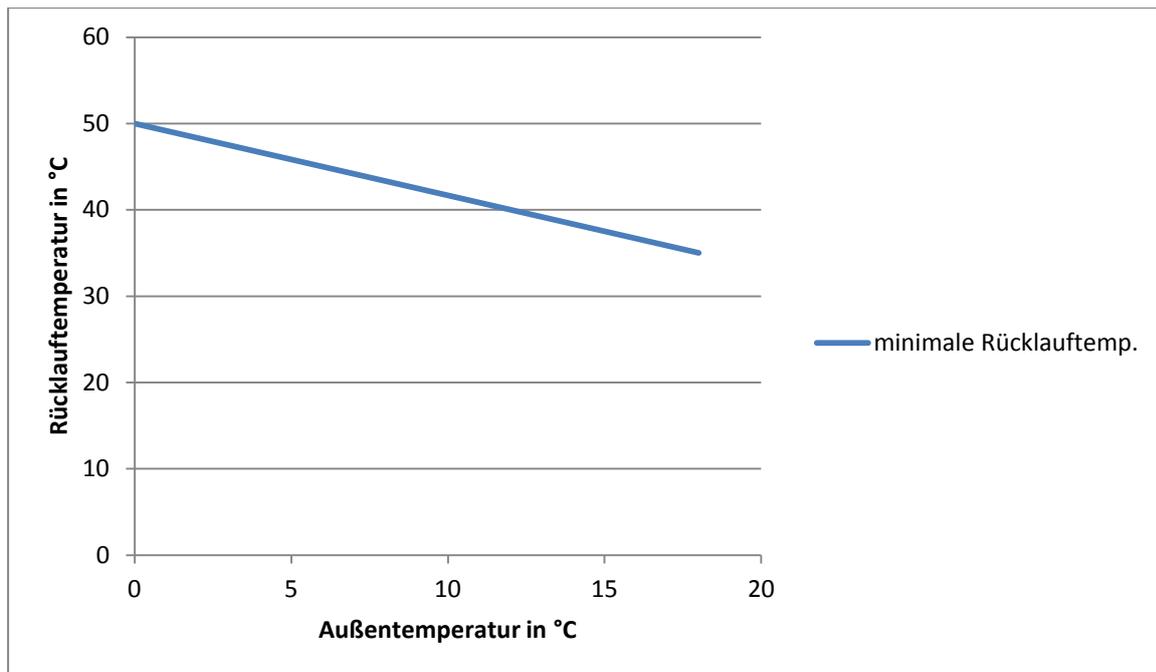


Abbildung 5: Kennlinie Minimale Rücklauftemperatur

### Vereisungsschutz bei WRG-Systemen

Mechanische Wärmerückgewinnungssysteme sind nicht wasserführend, dennoch kann durch gefrierendes Kondensat eine Frostgefahr bestehen. Bei Temperaturregelungen über eine stetige Regelung wie PI-Regler wird nach Einschalten der Anlage nicht sofort das Erhitzerregister angefordert. Um schnellstmöglich Wärme in die Anlage zu fördern, wird bei einer Fortlufttemperatur von 0°C das Stellsignal der Wärmerückgewinnung aus der ersten Sequenz direkt an das Erhitzervertil übergeben.

#### 2.4.2. Brandschutz

Lüftungsanlagen können durch ihren Betrieb Brände verursachen oder beschleunigen. Zusätzlich besteht im Verbreiten von giftigen Abgasen oder Rauch eine Gefahr. Dieses gilt es zu verhindern.

Generell gilt, dass im Störfall die Lüfter auszuschalten sind.

#### Brandschutzklappen

Brandschutzklappen dienen dem Absperren von Brandabschnitten im Störfall. Man unterscheidet zwischen konventionellen und motorischen Brandschutzklappen.

Bei konventionellen Brandschutzklappen löst bei einer Umgebungstemperatur von ca. 72°C ein Schmelzlot aus, welches die federgespannte Brandschutzklappe zufallen lässt und somit z.B. den Lüftungskanal schließt. Um die Position einer Brandschutzklappe zu erfassen und damit auch feststellen zu können, ob ein Brandalarm vorliegt, werden diese mit Endlagenschaltern versehen. Deren Schaltkontakte sind mit der Lüftungsanlage verbunden und schalten im Störfall das entsprechende Lüftungsgerät aus.

Motorische Brandschutzklappen besitzen einen eigenen Stellantrieb, welcher die Klappe auffährt. Im Gegensatz zu konventionellen Brandschutzklappen sind sie durch eigene Sensoren in der Lage auch bei kaltem Rauch selbstständig auszulösen. Zusätzlich lässt das Melden eines Brandalarms alle motorischen Brandschutzklappen schließen (Vgl. [3]).

### **Rauchmelder**

Hierbei handelt es sich um elektronische Geräte, die Rauchgas erkennen und damit einen Schaltkontakt auslösen. Dieser verriegelt beim Schalten die Freigabe der Lüftungsanlage, sodass diese nicht betrieben werden kann.

### **Brandmeldeanlage**

In größeren Objekten, die umfassende Brandmeldetechnik beinhalten, werden alle Alarmerie bzgl. Rauch und Feuer zentral verarbeitet. Diese Brandmeldestation kann dann genutzt werden, um auf die Lüftungsanlage aufgeschaltet zu werden. Im Störfall können so die Ventilatoren abgeschaltet werden.

### 3. Vorstellen der Anlage

Dieses Kapitel umfasst den Aufbau der einzelnen Lüftungsanlagen. Es soll im Detail dargestellt werden, welche Komponenten der Raumluftechnik zum Einsatz kommen.

Das Objekt „Herrenkrughotel Magdeburg“ umfasst mehrere Anlagen, die folgenden Bereichen zugeordnet sind:

- Fitness
- Schönheitsfarm
- Empfang
- Umkleide
- Küche
- Batterieraum

Zusätzlich befinden sich im Kellerbereich zwei Entfeuchtungsanlagen, welche autark arbeiten, jedoch eine Freigabeansteuerung über den Schaltschrank Lüftungsschaltschrank erhalten.

Die räumlichen Gegebenheiten haben einen rein zentralen Aufbau der EMSR-Anlage nicht zugelassen. Somit wurden für die Bereiche Küche und Umkleide zwei abgesetzte Schaltschränke angefertigt.

#### 3.1. Fitness

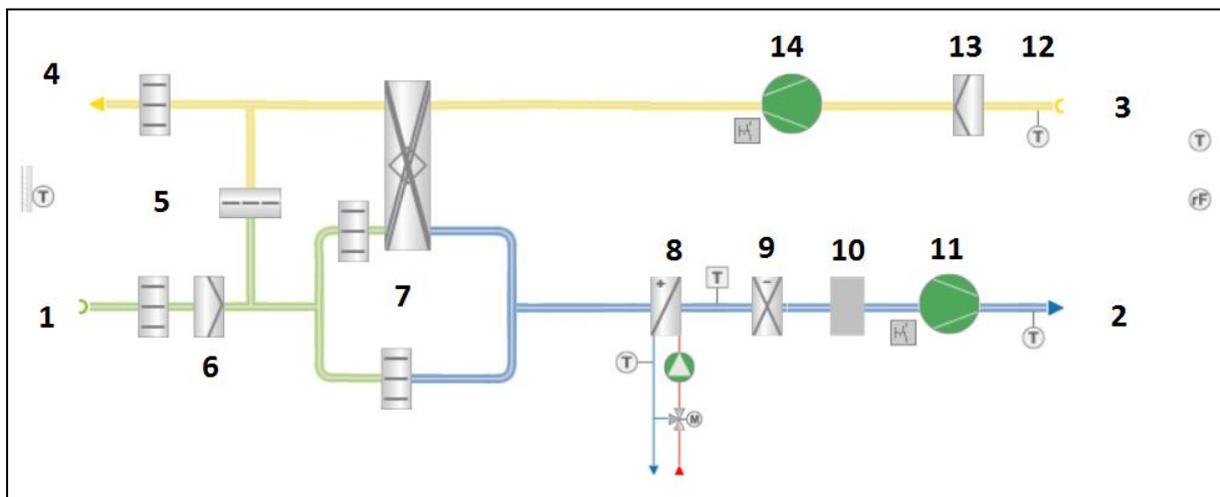


Abbildung 6: Anlagenschema Lüftungsgerät im Bereich Fitness

In diesem Anlagenschema ist der Aufbau der Lüftungsanlage abgebildet.

Grundlegend bezeichnet man von außen einströmende Luft als Außenluft (1), in den zu lüftenden Bereich als Zuluft (2), aus den zu lüftenden Bereich als Abluft (3) und an die Umgebung wieder abgegebene Luft als Fortluft (4).

Dargestellt von links nach rechts in der Fort - und Außenluft um fasst diese Anlage folgende Komponenten:

- das Mischluftklappensystem (5)
- den Außenluftfilter (6)
- den Plattenwärmetauscher mit Bypass (7)
- den Erhitzerregister mit Rücklaufthermofühler, Pumpe, Dreiwegeventil und Temperaturwächter (8)
- die Kältemaschine als autarkes System (9)
- das Entfeuchtungsgerät (10)
- den Zuluftventilator mit Reparaturschalter und den Zuluftthermofühler (11).

Der Außen- und Raumthermofühler sowie der Raumfeuchtefühler werden separat an den Seiten der angeschlossenen Bereiche angezeigt.

In der Abluft befindet sich von rechts nach links der:

- Abluftthermofühler (12)
- der Abluftfilter (13)
- der Abluftventilator mit Reparaturschalter (14).

Das Anlagenschema der Lüftung „Fitness“ ist das Komplexeste im Objekt. Bei den anderen RLT-Geräten wurden weniger Komponenten verbaut.

### 3.2. Schönheitsfarm

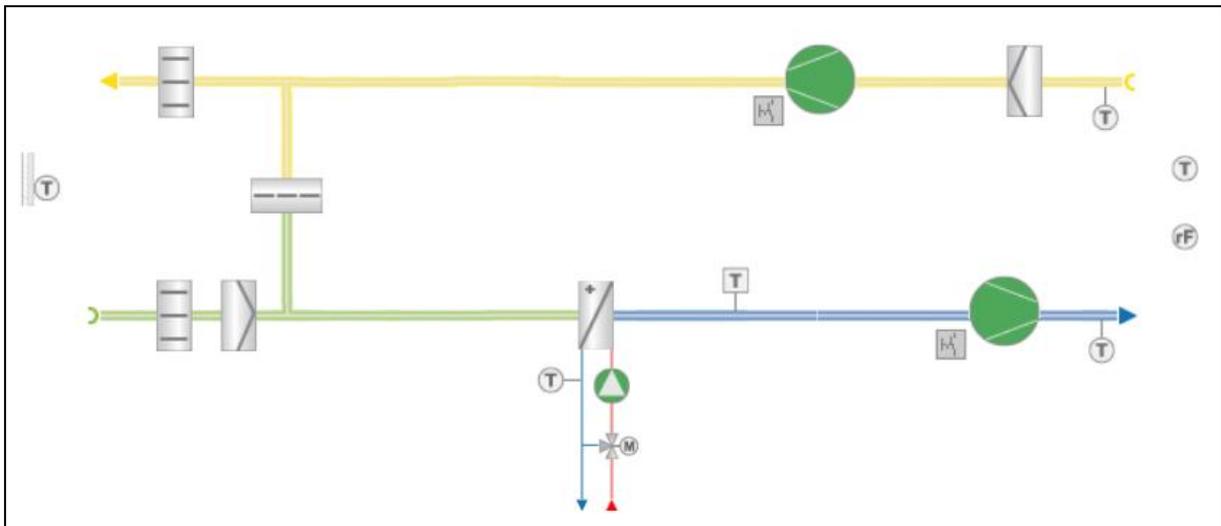


Abbildung 7: Anlagenschema Lüftungsgerät im Bereich Schönheitsfarm

Die Anlage umfasst ein Mischluftklappensystem mit Außenluftfilter, einen Erhitzer mit Frostschutzwächter, Zu- und Ablüfter jeweils mit Reparaturschalter und einen Abluftfilter. Die Ventilatoren werden durch Frequenzumformer betrieben.

### 3.3. Empfang

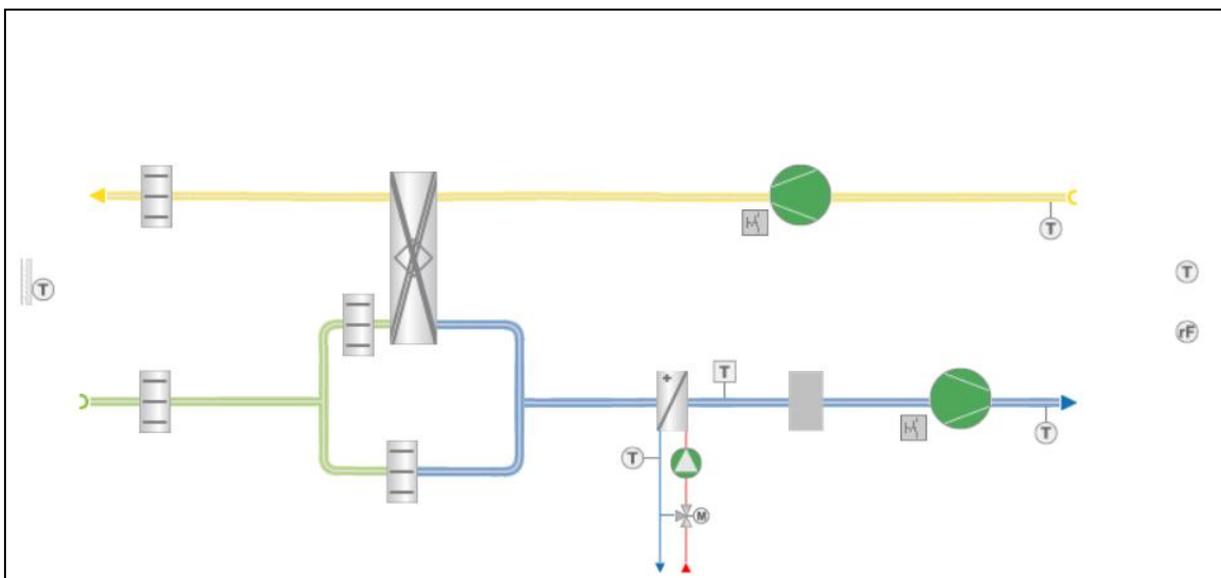


Abbildung 8: Anlagenschema Lüftungsgerät im Bereich Empfang

Die Empfangslüftung beinhaltet die Außen- und Fortluftklappe, die Wärmerückgewinnung mit Bypasssystem, den Erhitzer mit Frostschutz, die Kältemaschine sowie Zu-

und Ablüfter jeweils mit Reparaturschalter. Die Ventilatoren werden durch Frequenzumformer betrieben.

### 3.4. Umkleide

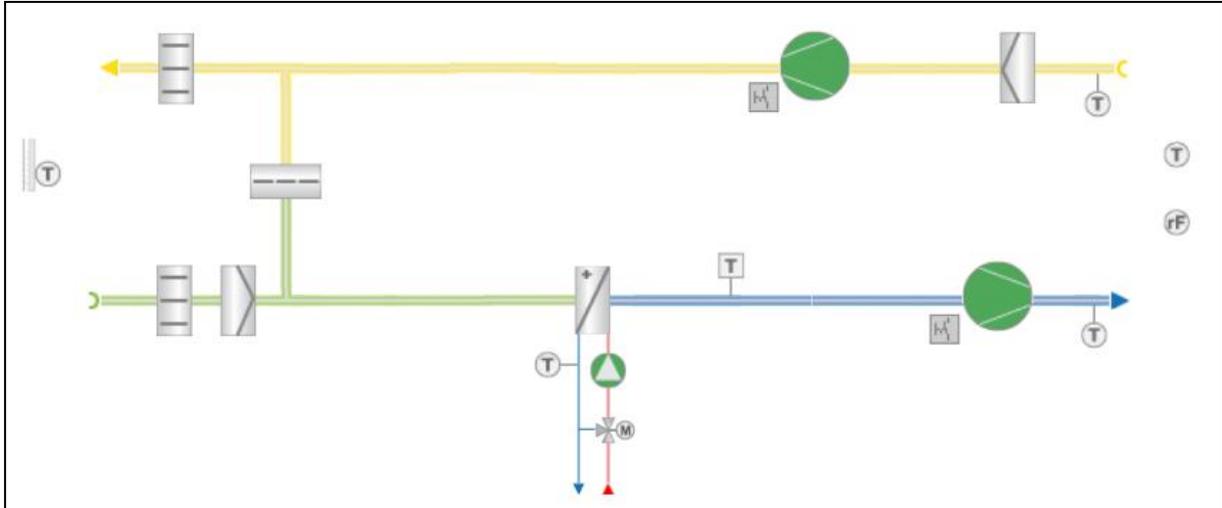


Abbildung 9: Anlagenschema Lüftungsgerät im Bereich Umkleide

Diese Anlage entspricht dem Aufbau der Lüftung „Schönheitsfarm“.

Die Datenpunkte der Umkleide werden in einem separaten, abgesetzten Schaltschrank gebündelt. Die Automation erfolgt jedoch durch die DDC der Lüftungszentrale.

### 3.5. Küche

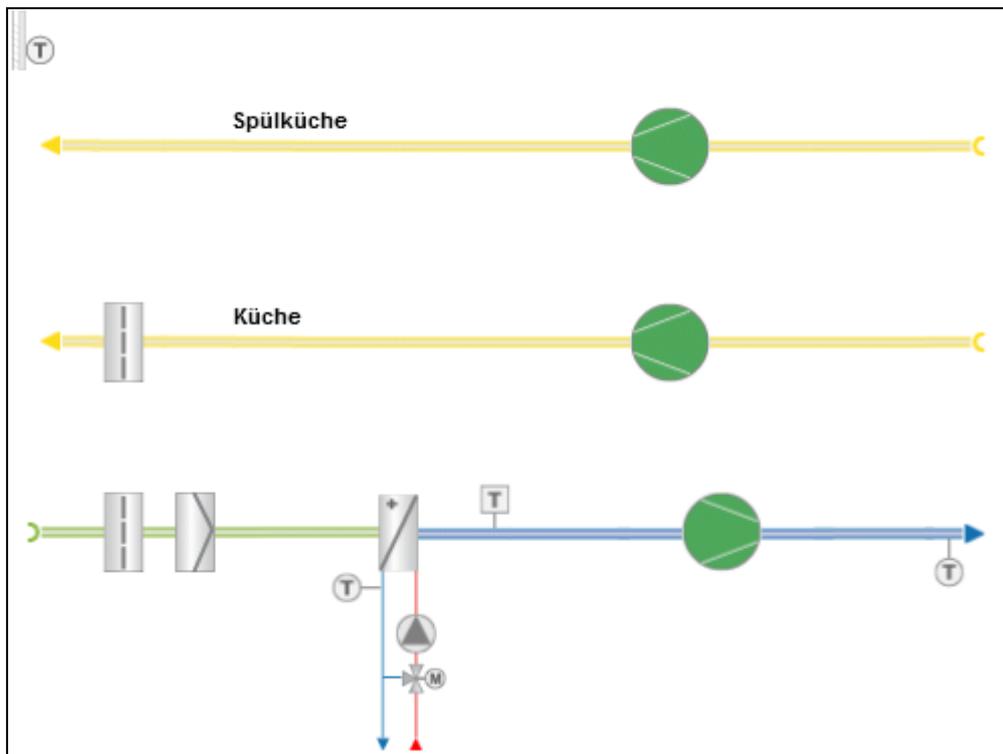


Abbildung 10: Anlagenschema Lüftungsgerät im Bereich Küche

Der Zuluftventilatoren wird in zwei Stufen über einen Stufentransformator betrieben.

### 3.6. Batterieraum

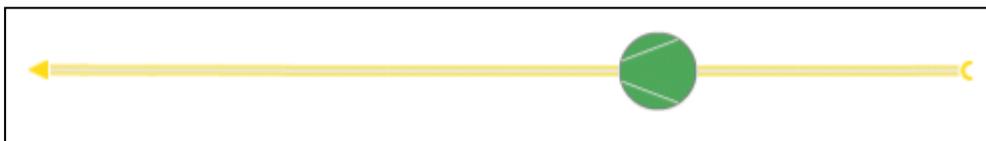


Abbildung 11: Anlagenschema Lüftungsgerät im Bereich Batterieraumablüfter

Im Batterieraum wurde ein Ablüfter mit fester Drehzahl verbaut. Da kein Eingriff auf die Lufttemperatur erforderlich ist, befinden sich keine Fühler in den Lüftungskanälen.

## 4. Auswahl einer geeigneten DDC

In diesem Kapitel werden die Kosten einzelner Steuerungssysteme aufgeschlüsselt. Auf Grundlage der Ergebnisse soll eine Entscheidung getroffen werden, welches DDC-System eingesetzt werden soll.

Eine DDC (Direct Digital Control) ist im Grunde eine SPS. Sie kann mit einem Programm beschrieben werden, welches die Steuerung und Regelung durch einen Mikroprozessor der Geräte übernimmt.

Generell stellen die Steuerungskomponenten mit bis zu 30% einen Großteil der Kosten seitens der Hardware dar. Dem entsprechend besteht ein enormes Einsparpotential beim Schaltschrankbau.

Die Auswahl der einzusetzenden Steuerung ist hierbei frei zu entscheiden. Eine Vorgabe durch den Betreiber oder durch die Firma „Wuttke“ gibt es nicht.

### 4.1. Hardware- Auswahl

Um eine Kalkulation zu ermöglichen, biete es sich an, vorab die benötigten Datenpunkte und Schnittstellen zu angeschlossenen Systemen der Anlage zu ermitteln. Die Angaben zu den Funktionen des Schaltschranks sind im Kapitel 5.1 beschrieben. Eine Untersuchung hinsichtlich langfristiger Kosten durch Wartung und Instandhaltung wurde nicht vorgenommen, da keine verlässlichen Angaben eingeholt werden konnten.

Tabelle 2, Tabelle 3 und Tabelle 4 fassen die Anforderungen zusammen.

Hardwareanforderungen			
Kriterium	Lüftungszentrale	Umkleide	Küche
Anzahl der Analoge Eingänge	21	3	3
Anzahl der Analoge Ausgänge	14	3	1
Anzahl der Digitale Eingänge	77	16	8
Anzahl der Digitale Ausgänge	16	3	6

Tabelle 2: Hardwareanforderungen an die DCC

Typ	Art
analogen Eingänge	0...10V PT1000
analogen Ausgänge	0...10V

Tabelle 3: Art der benötigten analogen Kanäle

Schnittstelle	Lüftungszentrale	Umkleide	Küche
1	Ethernetanbindung für Display, GLT-Rechner, Heizungssteuerungen	Anbindung an Lüftungszentrale	Anbindung an Lüftungszentrale
2	Anbindung an abgesetzte Schaltschränke (Umkleide und Küche)	keine	keine

Tabelle 4: Überblick der benötigten Schnittstellen

Hier wird deutlich, dass digitale Eingänge den Hauptteil an zu verarbeitenden Signalen ausmachen. Dies hängt in erster Linie mit der Überwachung des Anlagenstatus zusammen, da die meisten Geräte auf Betrieb und Störung geprüft werden.

Zunächst sollen geeignete Produkte der Firma WAGO, SIEMENS und SAIA verglichen werden. Diese wurden für den Vergleich ausgewählt, da sie den Umfang an Datenpunkten laut Herstellerangaben bewältigen können. Die Datenblätter sind dem Anhang beigelegt.

	WAGO	SIEMENS	SAIA	EAP
Gerätebezeichnung	750-880	S7-300	PCD3.M5340	-
Feldbusmodul	-	-	-	FBAH 8XI.8DI.6AO-U.7DO-R

Tabelle 5: Die zur Auswahl stehenden DDC-Steuerungen

Die abgesetzten Schaltschränke sind mit Feldbusmodulen der Firma EAP electric bestückt. Diese verfügen über eine RS485-Schnittstelle. Somit muss die ausgewählte Steuerung fähig sein, auf Grundlage dieses Kommunikationsweges die Daten aus den Modulen zu lesen und zu schreiben.

Tabelle 6 vergleicht die einzelnen Positionen der Systemkomponenten, die für den Betrieb der Automationssteuerung notwendig sind. Die ermittelten Stückpreise entsprechen den aktuellen Listenpreisen aus den firmenspezifischen Katalogen. Die Rabatte der Firma „Nowus“ wurden dabei nicht beachtet.

## Auswahl einer geeigneten DDC

Hersteller	Typ	Bezeichnung	Stückzahl	Einzelstückpreis in Euro	Gesamtpreis in Euro
WAGO	4 AI PT1000	750-460/000-003	5	189,70	948,50
	4 AI 0..10V	750-468	1	172,70	172,70
	4 AA	750-559	4	121,40	485,60
	16 DI	750-1406	5	67,32	336,60
	16 DA	750-1504	1	76,50	76,50
	Endklemme	750-600	1	9,65	9,65
	Display	762-1057	1	612,00	612,00
	RS485-Schnittstelle	750-653	1	200,80	200,80
	SD Speicherkarte	758-879/000-001	1	58,14	58,14
	SPS	750-880	1	382,50	382,50
SAIA	8 AI	PCD3.W340	3	376,00	1128,00
	4 AA	PCD3.W400	4	275,00	1100,00
	16 DI	PCD3.E165	5	197,00	985,00
	16 DA	PCD3.A465	1	223,00	223,00
	Display	PCD7.D457VTCF	1	709,00	709,00
	Steckplatzerweiterung	PCD3.C100	1	125,00	125,00
	Steckplatzerweiterung	PCD3.C200	2	213,00	426,00
	SD Speicherkarte	PCD7.R-SD1024	1	95,00	95,00
	SPS	PCD3.M5340	1	1945,00	1945,00
SIEMENS	8 AI	SM 331	3	684,00	2052,00
	2 AI	SM 331	2	179,00	358,00
	8 AA	SM 332	2	891,00	1782,00
	32 DI	SM 321	2	300,00	600,00
	16 DI	SM 321	1	149,00	149,00
	16 DA	SM 322	1	207,00	207,00
	Frontstecker 20-polig		2	34,50	69,00
	Frontstecker 40-polig		9	21,80	196,20
	Display	HMI TP700	1	990,00	990,00
	RS485-Schnittstelle	SIPLUS S7-1500	1	817,00	817,00
	SD Speicherkarte	SIMATEC Memory Card	1	51,00	51,00
SPS	SIMATEC S7 314	1	551,00	551,00	

Tabelle 6: Auflistung der DDC-Komponenten mit Preisen

Aus Tabelle 6 ergibt sich folgende Kostenaufstellung.

Hersteller	WAGO	SAIA	SIEMENS
DDC	382,50	1945,00	551,00
Analoge Eingänge	1121,20	1128,00	2410,00
Analoge Ausgänge	485,60	1100,00	1782,00
Digitale Eingänge	336,60	985,00	749,00
Digitale Ausgänge	76,50	223,00	207,00
Display	612,00	709,00	990,00
Schnittstellen	200,80	-	817,00
Sonstige Komponenten	67,79	646,00	316,20
Summe	3282,99	6736,00	7822,20

Tabelle 7: Gesamtkostenvergleich der DDC-Systeme, Preise in Euro

Das System von der Firma „WAGO“ ist mit Abstand am günstigsten. In fast allen Punkten unterbieten WAGO-Produkte die Preise der Konkurrenz.

Die „SAIA“-Steuerung, deren Gesamtpreis mehr als das Doppelte entspricht, zeichnet sich schon in der Basisversion durch ein umfangreiches Schnittstellenangebot aus.

„SIEMENS“ bietet die teuerste Variante an. Dabei entstehen die unterschiedlichen Kosten durch zusätzliche Module, wie die RS485-Schnittstelle oder der speziellen Modulkarte für PT1000-Fühler, welche weitaus kostenintensiver ist.

#### 4.2. Software-Auswahl

Die drei Hersteller bieten zum Erstellen des Steuerungsprogramms und der Visualisierung eigene Software an. Für WAGO-Systeme ist hier „CoDeSys“ mit einem integrierten Visualisierungsprogramm zu nennen. SAIA bietet die Programmierumgebung „PG5 Suite“ samt „WebEditor“ an. Für SIEMENS wird an dieser Stelle „Step7“ mit „WinCC“ aufgeführt.

Alle Programmierumgebungen sind in der Lage die Programmiersprachen nach Norm IEC 61131-3 zu verarbeiten.

Allerdings bestehen Unterschiede in den bereitgestellten Bibliotheken. So wird deutlich, dass SAIA spezielle im Bereich der Raumluft- und Heizungstechnik ein umfassendes Angebot an vorbereiteten Bausteinen besitzt, die die Bearbeitung von Regelungs- und Steuerungsaufgaben deutlich erleichtert. Zusätzlich sind im „WebEditor“ gleichsam alle Bestandteile einer Lüftungsanlage als Symbole abgelegt. Nur die wenigsten Anlagenteile müssen separat durch den Programmierer angefertigt werden.

Dieser Vorteil ist in den Systemen der anderen Hersteller nicht in diesem Umfang gegeben. So bemüht sich WAGO zwar ebenfalls um eine „Bibliothek für die Gebäudeautomatisierung“, jedoch ergab die Rücksprache mit den „Nowus“-Programmierern, dass diese noch Schwächen hat. In Bezug auf die Visualisierungsprogrammierung bietet weder WAGO noch SIEMENS standardmäßig raumluftechnische Symbole an.

Der abzuschätzende Arbeitsaufwand wird in Tabelle 8 gezeigt. Hierbei kommen dem SAIA-System ebenfalls die zahlreichen Referenzprojekte der Firma „Nowus“ zugute.

	WAGO	SAIA	SIEMENS
Software	CoDeSys	PG5 Suite	Step7
Einarbeitungszeit	<u>Gering</u> , da die Standardprogrammiersprachen verfügbar sind	<u>Gering</u> , da die Standardprogrammiersprachen verfügbar sind	<u>Gering</u> , da die Standardprogrammiersprachen verfügbar sind
Erstellen des Funktionsplans	<u>Mittel</u> , da eine Basisbibliothek für die GA angeboten wird	<u>Gering</u> , da eine umfangreiche Bibliothek für die GA angeboten wird	<u>Hoch</u> , da keine grundlegende Bibliothek für die GA vorhanden ist
Erstellen der Visualisierung	<u>Mittel</u> , da Abbildungen selbst erstellt werden müssen bzw. auf vorhanden Makros aus Referenzprojekten zurückgegriffen werden muss	<u>Gering</u> , da ein umfangreiches Angebot an vorgefertigten Symbolen vorhanden ist	<u>Mittel</u> , da Abbildungen selbst erstellt werden müssen bzw. auf vorhanden Makros aus Referenzprojekten zurückgegriffen werden muss
Gesamt	Mittel	Gering	Mittel

Tabelle 8: Vergleich des Programmieraufwands der vorgestellten Systeme

Es ist deutlich zu erkennen, dass durch den Einsatz einer SAIA-Steuerung der Arbeitsaufwand am geringsten ist. Die enorme Bandbreite an vorbereiteten Bausteinen zuzüglich der Referenzprojekte und erarbeiteten Makros stellt einen großen Vorteil in der Programmierung dar. Im Vergleich zu WAGO und SIEMENS bieten diese ein zügiges Erarbeiten des Funktionsplans und der Visualisierung. Daher besteht hier ein großes Einsparpotential. Dieses lässt sich allerdings schwer beziffern.

### 4.3. Vergleich

Aus Tabelle 7 und Tabelle 8 ergibt sich folgende Bilanz.

Kostenpunkt	WAGO	SAIA	SIEMENS
Hardware	3282,99 €	6736,00 €	7822,20 €
Software	Durchschnittlicher Aufwand	Geringer Aufwand	Durchschnittlicher Aufwand

Tabelle 9: Übersicht der Gesamtkosten und des Programmieraufwands der DDC-Systeme

Wie schon in Kapitel 4.1 ist das System der Firma „WAGO“ am preiswertesten. Die höheren Kosten durch den Programmieraufwand würden ebenfalls keine Veränderung in der Platzierung bewirken.

Das teuerste Angebot bleibt weiterhin die „SIEMENS“-Steuerung. Sowohl Hardware als auch Software stellen die größten Kostenpunkte im Vergleich dar.

### 4.4. Begründung der Auswahl des DDC-Systems

Die Entscheidung für das günstigste System wäre auf den ersten Blick nachvollziehbar. Allerdings bestehen große Diskrepanzen bei einer weiterführenden Analyse.

Bezieht man Erfahrungen bei Projektarbeiten der Firma „Nowus“ mit „WAGO“-Steuerungen ein, fällt auf, dass diese stets Probleme hinsichtlich der Rechenleistung hatten. Sowohl DDC als auch Touchdisplay weisen lange Prozessabwicklungen auf, die mit teils unzumutbaren Wartezeiten verbunden sind. Erschwerend ergänzt sich, dass diese Kritikpunkte schon bei kleineren Projekten auftraten. Desweiteren hängt der Bibliotheksstand für die Programmierumgebung „CoDeSys“ teils den realen Protokollstandards hinterher, z.B. für den E-Mailversand. Somit wurde das günstige „WAGO“-System für den Einsatz im „Herrenkrughotel Magdeburg“ ausgeschlossen.

Die Auswahl fiel auf die PCD3.M5340 der Firma „SAIA“. Überzeugend waren der enorme Komfort bei der Programmierung, die umfangreiche Sammlung von Referenzprojekten, die guten Erfahrungen und der preisliche Vorteil im Vergleich zur „SIEMENS“-Steuerung.

## 5. Steuerungskonzept der Lüftungsanlagen

Dieses Kapitel beschreibt, wie die Komponenten im durch die Firma „Nowus“ erstellten Schaltschrank der Automation der Lüftungsanlagen dienen.

### 5.1. Schaltschrankaufbau

Durch die Firma „Nowus“ wurden zwei Schaltschränke erbaut. Der erste umfasst die MSR-Technik der Bereiche Empfang, Schönheitsfarm, Fitness und Batterieraum und befindet sich in der Lüftungszentrale im Keller des Objektes. Die verbauten Komponenten der Sonderfunktionen sollen seitens der Hardware in diesem Kapitel nicht weiter beschrieben werden, sind jedoch zusätzlich vorhanden.

Funktion	Aderfarbe
Phase L1	Schwarz
Phase L2	Schwarz
Phase L3	Schwarz
Neutralleiter	Hellblau
Schutzleiter PE	Grün-gelb
Steuerspannung <65V AC	Braun
Gleichspannung	Dunkelblau
Mess-/Stellsignale	Grau
Fühlerleitung	Weiß
Busleitung	Violett
Fremdspannung	Orange

Tabelle 10 Kennzeichnung der Aderfarben

Tabelle 10 zeigt, durch welche Farben die eingesetzten Adern im Schaltschrank in ihrer Funktion gekennzeichnet werden.

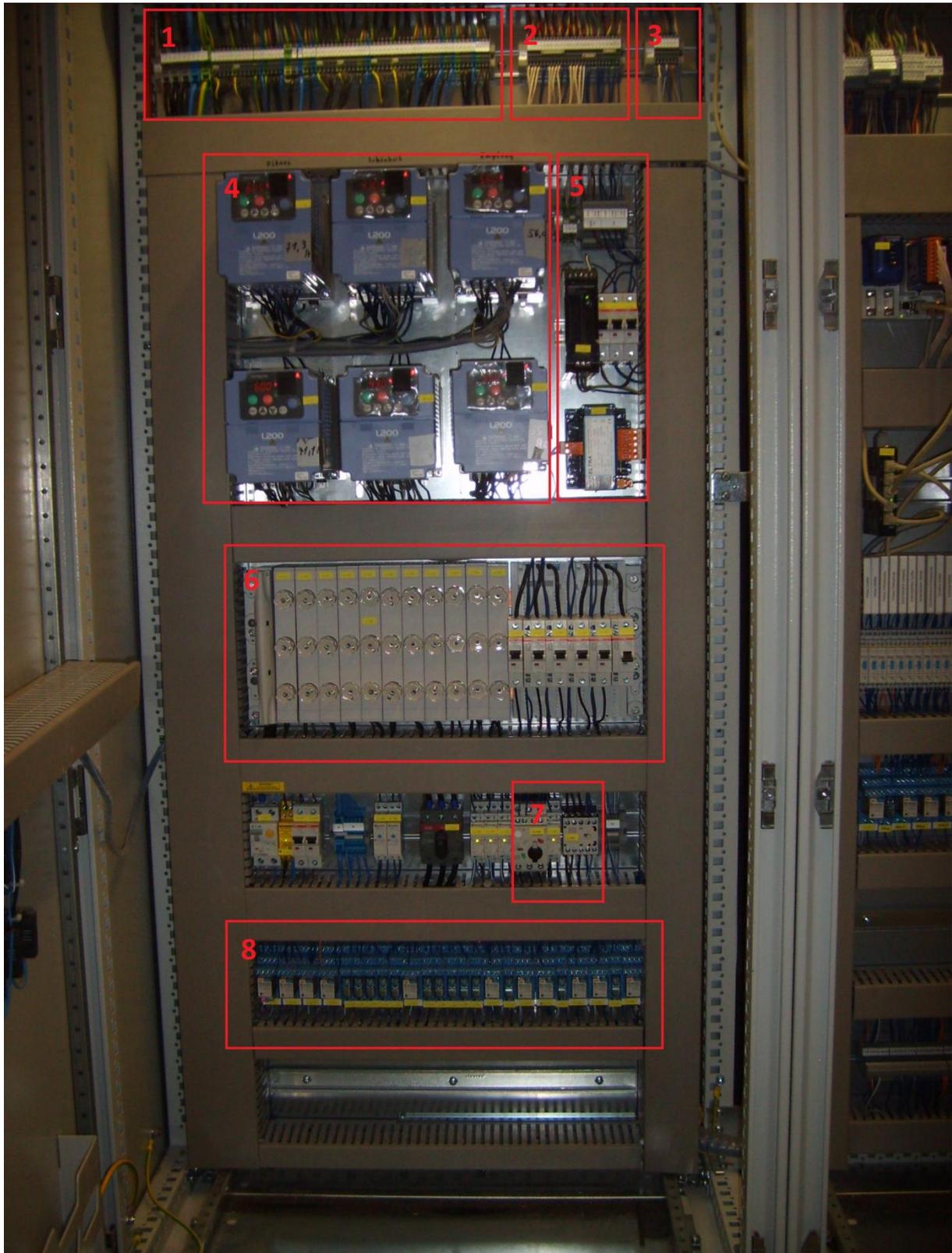


Abbildung 12: linke Hälfte des MSR-Schaltschrankes der Lüftungszentrale

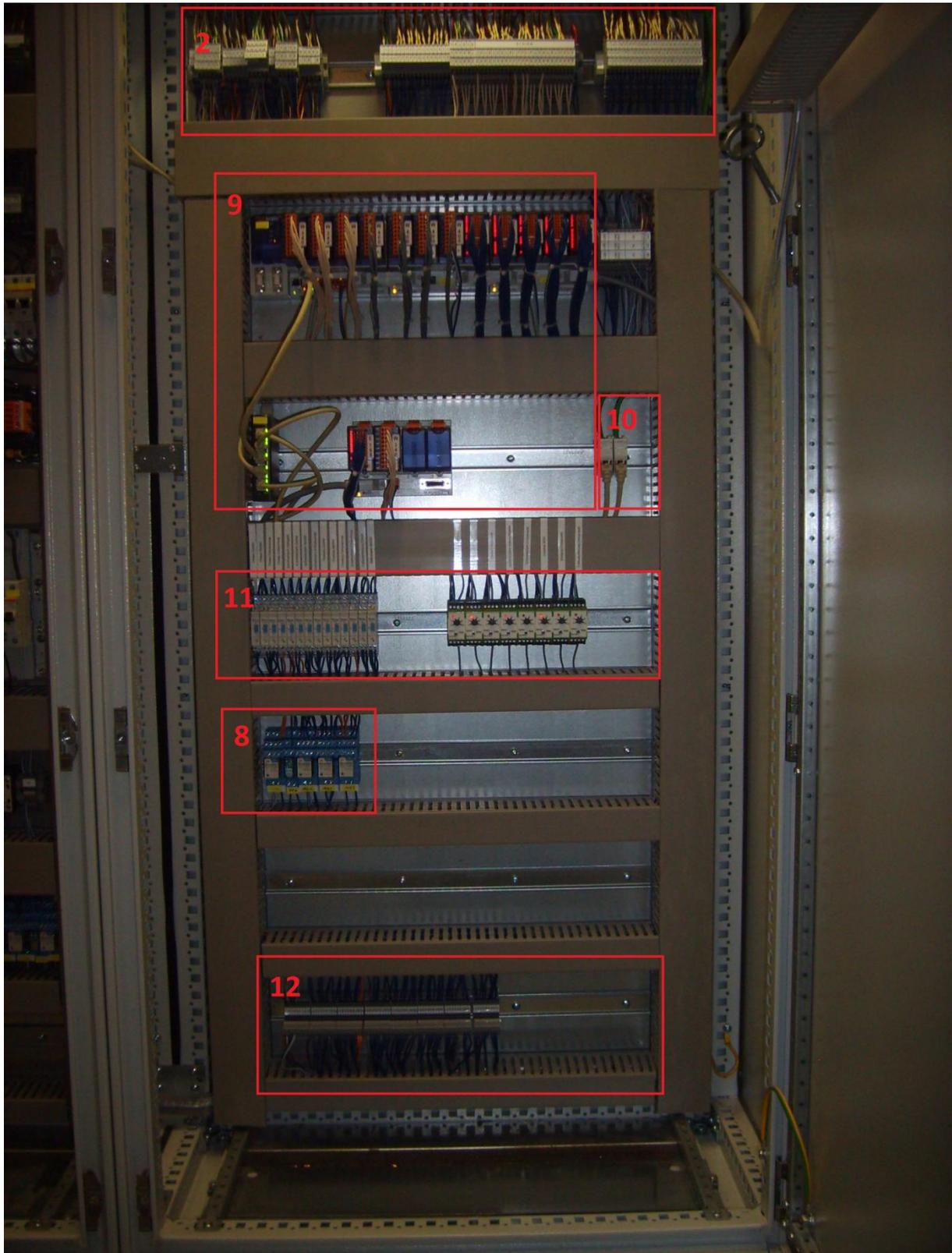


Abbildung 13: rechte Hälfte des MSR-Schaltschrankes der Lüftungszentrale

Abbildung 12 und Abbildung 13 zeigen den Schaltschrank. Im Folgenden werden die Bestandteile mit ihrem Verwendungszweck aufgeführt.

## 1 - Klemmreihe X1 – Leistungsabgänge

Alle Geräteanschlüsse über 230V und deren PE-Anschluss werden auf der Klemmreihe X1 zusammengeführt.

## 2 - Klemmreihe – Feldgeräte

Die Signale und Spannungsabgänge der Feldgeräte, wie z.B. Ventil- und Klappenantriebe, Endlagenschalter oder Raumfeuchtefühler, betragen in der Regel unter 230V. Sie werden separat auf der Klemmreihe X2 angeschlossen.

## 3 - Klemmreihe XU – Abgänge für Schaltschrank „Umkleide“

Im Schaltschrank der Umkleide befindet sich kein Netzteil. Daher wird die Steuerungsspannung von der Lüftungszentrale über diese Klemmreihe übertragen. Desweiteren befindet sich hier der Anschluss der SBus-Leitung.

## 4 - Frequenzumformer

In diesem Block wurden die Frequenzumformer eingebaut. Abbildung 14 zeigt deren Aufteilung.



Abbildung 14: Aufteilung der Frequenzumformer im Schaltschrank

## 5 - Elemente der Steuerspannung

Für den Betrieb verschiedener Elemente muss die Versorgungsspannung modifiziert werden. Ventile- und Klappenantriebe benötigen 24V Wechselspannung. Dazu wird Phase L1 abgegriffen und die Spannung über einen Transformator auf 24V AC herab transformiert. Die DDC wird mit 24V Gleichspannung betrieben. Diese wird durch das

Netzteil zur Verfügung gestellt. Dabei wird eine Unterteilung zwischen 24V DC für Feldgeräte und 24V DC für DDC-Elemente getroffen.

Alle Spannungen werden über einen Sicherungsautomaten auf eine extra Klemmreihe, dem Spannungsverteiler, geführt. Von dort können sie für den Betrieb der Bauelemente abgegriffen werden.

### 6 - Sicherungen

Für die elektrischen Bauteile wurden als Schutz Schmelzsicherungen und Sicherungsautomaten vorgesehen.

Schmelzsicherungen finden bei Geräten mit Schutz vor unbedachten Wiedereinschalten Anwendung. Dies schließt vor allem die Frequenzumformer ein.

Die FI-Schutzschalter werden für Netzteile und Erhitzerpumpen eingesetzt.

### 7 - Leistungselemente für den Ablüfter Batterieraum

Der Batterieraumablüfter wird mit fester Drehzahl durch einen Schütz ein- bzw. ausgeschaltet. Der Motorschutzschalter schaltet beim Überschreiten des eingestellten Motorstroms die Spannungsversorgung des Gerätes ab.

### 8 - Relaisreihe

Hier befindet sich die erste Reihe der Relais. Diese besitzen keine übliche Hand-Not-Bedienenebene.

### 9 - DDC-System und Switch

Dieser Block umfasst die gesamte SAIA-Steuerungstechnik und den Ethernet-Switch. Die CPU befindet sich links außen. Daran angereiht folgen alle Ein- und Ausgangskarten für analoge und digitale Signale. Der Switch vernetzt die DDC, das Display in der Schaltschranktür, den GLT-Rechner und die beiden angeschlossenen Heizungsschränke, auf die hier nicht weiter eingegangen werden soll.

Abbildung 15 zeigt den Aufbau des Kartensystems der DDC.

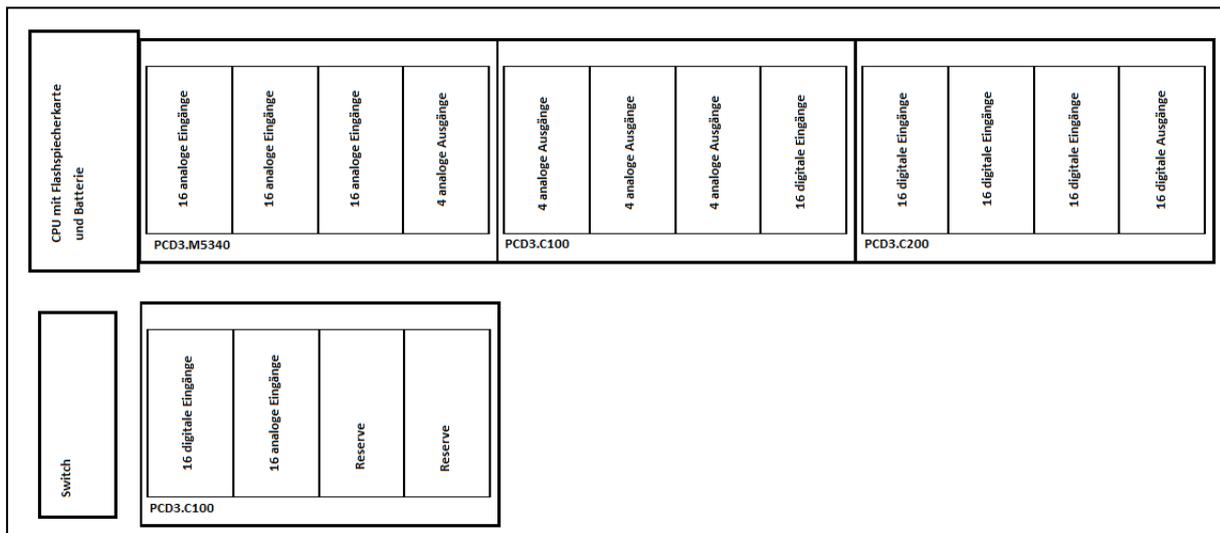


Abbildung 15: Aufbau des DDC-Systems

#### 10 - Anschlussklemme für Ethernetschnittstelle

Hier werden die Ethernetkabel der Heizungsschaltschränke auf die interne Verdrahtung im Schaltschrank der Lüftungszentrale geführt.

#### 11 - Relaisreihe mit Hand-Not-Bedienebene

Diese Relaisreihe verfügt über eingebaute Schalter bzw. Potentiometer, die im Falle einer Störung der DDC den Eingriff in die Anlage manuell erlauben. Links befinden sich Relais für digitale Ansteuerungen. Rechts sind die Relais für Stellsignale platziert.

#### 12 - Klemmreihe für schaltschrankinterne Übergabe

In dieser Klemmreihe werden Spannungen bzw. Signale aus der ersten Schaltschrankhälfte aufgenommen und zu den entsprechenden Elementen in der zweiten Hälfte geführt.

## 5.2. Bus-System

Die Verbindung der einzelnen Schaltschränke erfolgt über zwei verschiedene Bussysteme, die im folgenden erläutert werden.

### 5.2.1. SAIA SBus

Die Daten der abgesetzten Schaltschränke „Umkleide“ und „Küche“ werden durch jeweils ein Feldbusmodul der Firma „EAP electric“ gesammelt. Dieses Modul verfügt über eine RS485 Schnittstelle und ist mit der DDC der Lüftungszentrale durch ein zweiadriges Kabel verbunden.

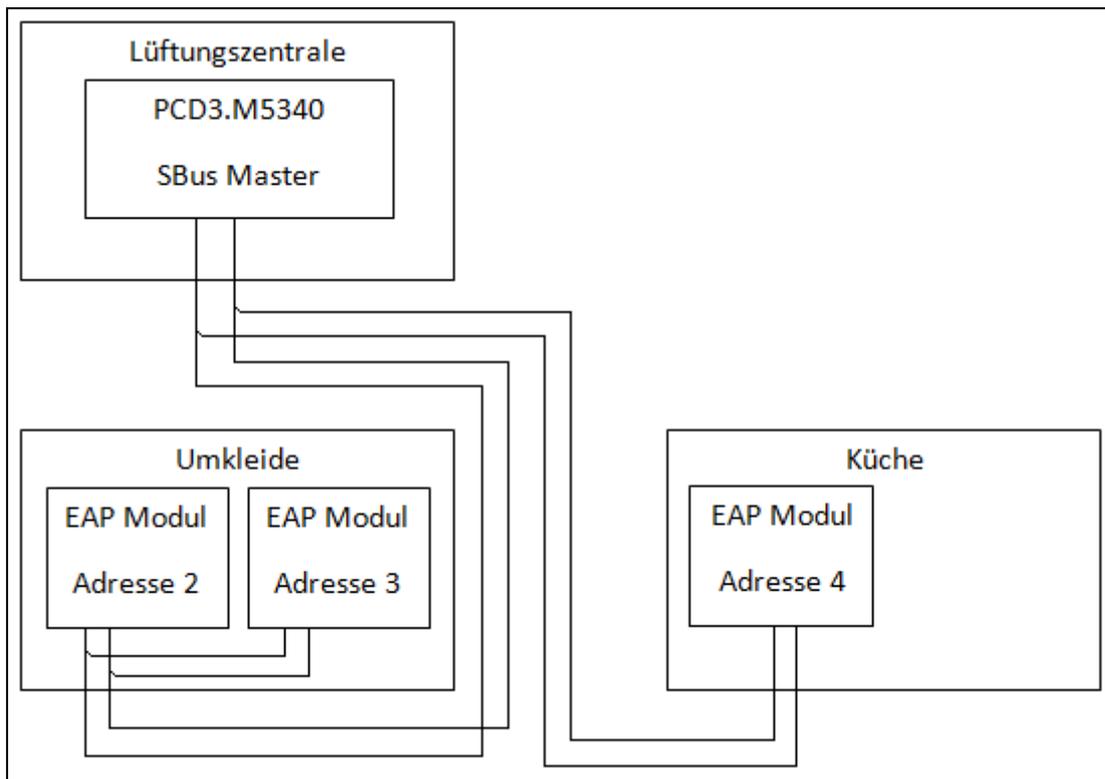


Abbildung 16: Aufbau SBus-Verbindung aller Schaltschränke

Als Kommunikationsprotokoll dient der SAIA-SBus, welcher stark an das offene Protokoll des Modbus RTU angelehnt ist. Dabei handelt es sich um eine Master-Slave-Verbindung. Der Master fragt dabei zyklisch die entsprechenden Register (hier Datenpunkte, wie Temperaturen oder Meldungen) der einzelnen Slaves (hier EAP-Module Adresse 2 bis 4) an, worauf die Stationen erst antworten dürfen. Ein Slave sendet niemals eigenständig in den Kommunikationskanal.

### 5.2.2. Modbus TCP

Die Lüftungszentrale dient als Knotenpunkt im kompletten GLT-Netzwerk des Objektes. Dort werden ebenfalls Daten aus der Heizungszentrale und der Heizungsunterzentrale erfasst.

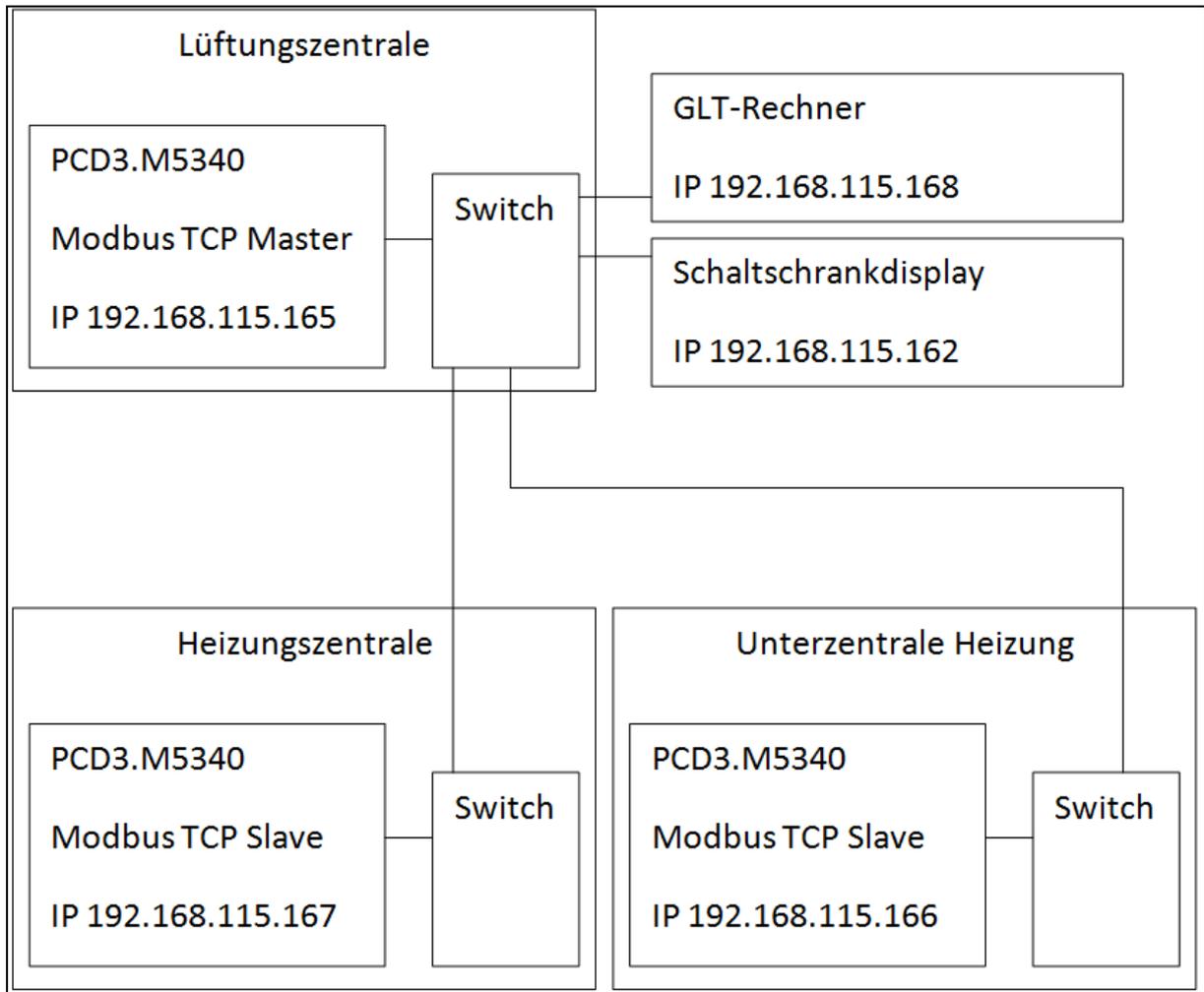


Abbildung 17: Aufbau des Modbus TCP- Bussystems

Die Verbindung erfolgt durch ein Ethernet-Netzwerk, in dem jede DDC-Station eine eigene IP-Adresse besitzt.

Das Modbus TCP Protokoll nutzt dies, um ebenfalls eine Master-Slave-Kommunikation ähnlich des Modbus RTU aufzubauen.

### **5.3. Spezielle Analyse RLT Fitness**

Im folgenden Kapitel soll detailliert die Steuerung der RLT-Anlage Fitness beschrieben werden.

#### **5.3.1. Sommer-/Winterbetrieb**

Für den ökonomischen Betrieb einer Lüftungsanlage werden bestimmte Anlagenteile in Abhängigkeit der Außentemperatur freigegeben. Dazu werden zwei Betriebsarten gebildet, die Einfluss auf heizende bzw. kühlende Elemente nehmen.

Bei einer Außentemperatur über 18°C befindet sich die Anlage im Sommerbetrieb. Es erfolgt die Freigabe der autark arbeitenden Kältemaschine. Der Plattenwärmetauscher kann ggfs. zur Kälterückgewinnung genutzt werden. Die Erhitzerpumpe kann im Automatikbetrieb nicht freigegeben werden.

Unter 18°C wird der Winterbetrieb aktiviert. Der Sequenzbaustein (siehe Kapitel 5.3.5) bildet ausschließlich Stellsignale der Heizelemente (Wärmerückgewinnung und Erhitzerregister).

Sollte die Außentemperatur unter 5°C fallen, wird der Frostschutzbetrieb ausgelöst. Dieser entspricht dem Winterbetrieb mit dem Unterschied, dass die Erhitzerpumpe ständig angefordert wird. Auch hier sollen die wasserführenden Elemente vor Frostschäden geschützt werden.

#### **5.3.2. Anforderung**

Die Anlage ist als Dauerläufer konzipiert, das heißt es liegt innerhalb des Automatikbetriebs im störungsfreien Zustand permanent die Anforderung an.

Durch den eingebauten Anlagenschalter kann über die GLT direkt Einfluss auf die Betriebsart genommen werden. Dabei wird zwischen Handbetrieb, Automatikbetrieb und Aus unterschieden.

Der Handbetrieb setzt fordert die Anlage in der Grundlast bzw. im Normalbetrieb an. Sicherheitsrelevante Meldungen führen dennoch zu einem Abschalten der Anlage.

Bei Aus wird der Anlage die Freigabe entzogen. Alle Anlagenteile ruhen.

Im Automatikbetrieb wechselt ein einstellbares Zeitschaltprogramm zwischen den Betriebsarten Normalbetrieb und abgesenker Betrieb. Der Normalbetrieb umfasst

die Nutzungszeit des angeschlossenen Bereiches. Die erforderliche Luftmenge wurde durch die Firma „Wuttke“ zuvor berechnet und durch die Inbetriebnahme anhand des Stellsignals der Lüfter eingestellt. Im Absenkbetrieb, also außerhalb der Nutzungszeit, soll dieses Stellsignal reduziert werden. In Absprache mit dem technischen Personal des Herrenkrughotels wurde dafür ein separates Stellsignal festgelegt. Beide sind über die GLT einstellbar. Tabelle 11 zeigt, wie die Einstellungen für die Zeitschaltprogramme der Lüftungsanlage vorgenommen wurden.

Zeitschaltprogramm	Wochentag	Beginn Normalbetrieb Ende Absenkbetrieb	Ende Normalbetrieb Beginn Absenkbetrieb
1	Mo-Fr	07:00	00:00
	Samstag	07:00	00:00
	Sonntag	07:00	00:00
2	Mo-Fr	ungenutzt	ungenutzt
	Samstag	ungenutzt	ungenutzt
	Sonntag	ungenutzt	ungenutzt
3	Mo-Fr	ungenutzt	ungenutzt
	Samstag	ungenutzt	ungenutzt
	Sonntag	ungenutzt	ungenutzt
4	Mo-Fr	ungenutzt	ungenutzt
	Samstag	ungenutzt	ungenutzt
	Sonntag	ungenutzt	ungenutzt

Tabelle 11: einstellbare Zeitschaltprogramme der Anlage "Fitness"

Es können vier Umschaltungen pro Tag durch die verschiedenen Zeitschaltprogramme realisiert werden. Hier hat der Betreiber dazu entschieden, nur eines zu nutzen.

### 5.3.3. Freigabe der Anlage

Nachdem die Anlage angefordert wurde, wird der Anlagenstatus überprüft. Dies umfasst mehrere Schwerpunkte.

Zuerst wird die Rücklauftemperatur des Erhitzerregisters im Winterbetrieb überprüft. Liegt diese unter 30°C besteht das Risiko bei sehr geringen Außentemperaturen, dass wasserführende Anlagenteile gefrieren. Daher wird ein Vorspülvorgang ausgelöst. Innerhalb dieses Prozesses werden die Außen- und Fortluftklappe geschlossen. Die Ventilatoren werden nicht freigegeben. Das Erhitzerventil wird vollständig aufgefahren und die Erhitzerpumpe angefordert. So soll das Register geladen werden, bis die Rücklauftemperatur einen Wert von 45°C überschreitet. Erst dann ist der Vorspülvorgang abgeschlossen.

Anschließend wird der Anlagenstatus überprüft. Dazu werden die Meldungen der Brandschutzklappen, der Brandmeldeanlage, die Störmeldungen der Lüfter und die Notwendigkeit des Vorspülens ausgewertet. Ist die Anlage in einem störungsfreien Zustand wird sie freigegeben.

### **5.3.4. Freigabe der Klappen und Ventilatoren**

Mit der Anlagenfreigabe werden die Ventilatoren freigegeben. Da diese Anlage über ein Mischluftklappensystem verfügt, ist eine Zeitverzögerung zwischen Außenluftklappe und Lüfter nicht erforderlich. Die Luft kann innerhalb der Klappenfahrzeiten im Umluftbetrieb zirkulieren.

Mit der Freigabe der Ventilatoren findet die Laufüberwachung statt. Durch die Freigabe wird ein Zeitelement ausgelöst. Durch den Betrieb der Lüfter muss sich an der dafür eingebauten Druckdose eine Druckdifferenz vor und hinter dem Lüfter aufbauen, welche diese schaltet und ein Signal an die DDC sendet. Dadurch soll überprüft werden, ob die Verbindung von den Frequenzumformern zu den Lüftern ohne Fehler ist. Findet kein Schaltvorgang statt, wird eine Alarmmeldung gebildet und die Anlage ausgeschaltet.

### **5.3.5. Temperaturregelung**

Die Betriebsmeldung des Zulüfters gibt die Temperaturregelung frei. Abbildung 18 zeigt das Regelschema für den Erhitzer. Die Zuluft wird am Heizregister vorbei in die angeschlossenen Räumlichkeiten geführt. Dieser Abschnitt wird als Regelstrecke bezeichnet. Zur Regeleinrichtung gehören der Zulufttemperaturfühler, der Regler, der Ventiltrieb des Erhitzerregisters, der die Warmwasserzufuhr einstellt. Der Regler vergleicht stets Ist- und Sollwert, ermittelt deren Abweichung und legt daraus das Stellsignal fest. Für die Temperaturregelung wird ein PI-Regler genutzt, dessen Ausgabewert in verschiedene Sequenzen unterteilt wird (siehe Tabelle 12). Das durch den Sequenzbaustein gebildete Stellsignal wird vom Regler an den Ventiltrieb übergeben. Bei Wärmebedarf wird das Ventil solange aufgefahren, bis sich Soll- und Istwert auf einem identischen Niveau befinden. Anschließend verharrt die Ventilposition bei gleichen Umgebungsverhältnissen und hält die Zulufttemperatur auf den eingestellten Wert konstant. Störgrößen, die den Istwert beeinflussen, können dennoch zu Veränderungen des Stellsignals führen.

Dazu zählen:

- Außentemperatur, die sich ändert
- Temperatur des Erhitzermediums
- Änderungen in der Luftmenge

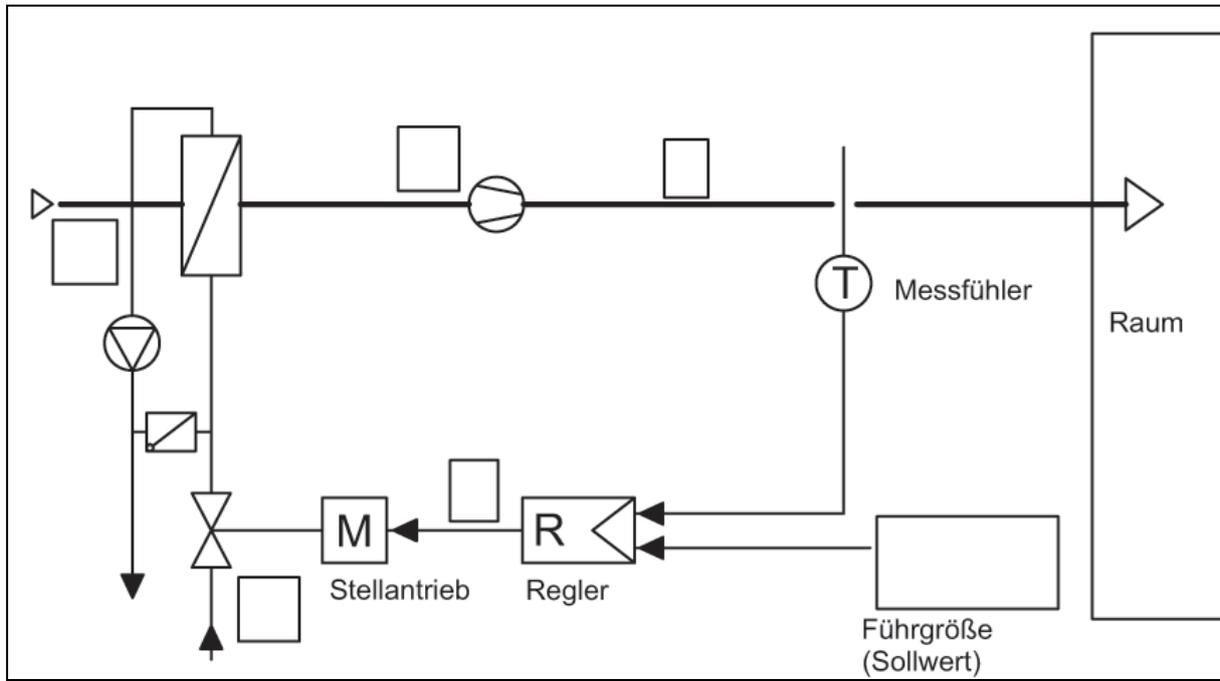


Abbildung 18: Regelkreis der Temperaturregelung durch den Erhitzer [4]

Der Regelkreise für Wärmerückgewinnung ist dem des Erhitzerregisters ähnlich. Der Messwertgeber und der Regler sind identisch. Der WRG wird ein eigenes Stellsignal zugeordnet, welches dem Klappenantrieb des Plattenwärmetauschers übergeben wird.

Die Ansteuerung der Kältemaschine variiert hinsichtlich der wärmeerzeugenden Komponenten für diese Anlage. Da diese keine Beschaltung durch ein stetiges Signal unterstützt, sondern nur über Ein/Aus freigegeben werden kann, findet die Anforderung über einen Zwei-Punkt-Regler statt. Sobald das Stellsignal aus dem Sequenzbaustein für die Kühlsequenz der Kältemaschine über 5% beträgt, wird diese freigegeben. Unter 3% wird die Freigabe wieder entzogen.

Durch das Splitten des Stellsignals in verschiedene Bereiche soll sichergestellt werden, dass das Erhitzer- bzw. Kältereister erst tätig werden, sobald die Wärmerückgewinnung nicht genügend Wärme- bzw. Kälte in die Zuluft führen kann. Somit werden die Systeme mit Energiebedarf nur dann angefordert, wenn es notwendig ist.

Betrieb	Sequenz	Anlagenteil	Stellsignalbereich des PI-Reglers [%]	Errechnetes Signale für Anlagenteil [%]
Heizen	Erste Heizsequenz	WRG	0 bis 40	0-100
	Zweite Heizsequenz	Erhitzerregister	40 bis 100	0-100
Kühlen	Erste Kühlsequenz	WRG	-40 bis 0	0-100
	Zweite Kühlsequenz	Kältereister	-100 bis -40	0-100

Tabelle 12: Sequenzen der Temperaturregelung

Das Mischluftklappensystem wird analog angesteuert und agiert stets parallel zu den Sequenzen. In erster Linie regelt es den Außenluftanteil, mit dem die Anlage versorgt werden kann. Dazu wird im Heizbetrieb die Außentemperatur mit der Ablufttemperatur verglichen.

Die erste Sequenz der Temperaturregelung umfasst die Wärmerückgewinnung. Das gebildete Stellsignal wird dem Klappenantrieb übergeben und regelt so den Anteil an Zuluft, der über die WRG geführt wird.

In zweiter Sequenz wird das Erhitzerregister angesteuert. Das durch den Sequenzbaustein gebildete Stellsignal wird an das Regelventil übergeben. Die Ansteuerung der Pumpe erfolgt anforderungsorientiert über einen Zweipunktregler, der bei einem Stellsignal über 5% schaltet. Fällt der Wert unter 3% ab, wird die Freigabe wieder entzogen. Zusätzlich lässt sich eine Nachlaufzeit einstellen, welche in der Regel 10 Minuten beträgt. So lässt sich ein motorschadendes kontinuierliches Takten der Pumpe bei Werten um den Einschaltpunkt verhindern. Im Sommerbetrieb ist ein Heizen nicht erforderlich und die Pumpe bleibt ausgeschaltet.

## 5.4. Sonderfunktionen des Lüftungsschaltschranks

Wie bereits angedeutet, sind im Schaltschrank über die Lüftungsautomation hinaus weitere Funktionen implementiert. Diese werden im folgenden Kapitel beschrieben.

### 5.4.1. Kühlzellenüberwachung

Die Kühl- und Tiefkühlzellen im „Herrenkrughotel Magdeburg“ sind mit Temperaturfühlern ausgestattet. Um einen Ausfall einer Zelle zu signalisieren, wird nach Überschreiten eines fest eingestellten Grenzwertes eine Warnung generiert. Sobald diese Warnung für 30 Minuten anliegt, entsteht daraus ein Alarm, welcher in der Alarmlist erscheint.

Die Istwerte der Kühlzellentemperaturen werden auf einer gesonderten Seite in der Visualisierung dargestellt. Der Zustand wird für jede Zelle durch die Färbung eines LED veranschaulicht. Tabelle 13 beschreibt die Bedeutung der Farben.

Farbe	Status	Bedeutung
Grün	Fehlerfrei	Zellentemperatur unter Grenzwert
Gelb	Warnung	Zellentemperatur hat vor kurzem Grenzwert überschritten
Rot	Alarm	Kühlzellenausfall

Tabelle 13: Bedeutung der Farbsignalisierung der Kühlzellen-LED

#### 5.4.2. Niveauüberwachung der Hebeanlage „Schwimmbadtechnik“

Der Bereich „Schwimmbadtechnik“ ist der tiefste Punkt des „Herrenkrughotels Magdeburg“. Die Gefahr besteht, dass durch starken Niederschlag oder bei einem Leck der Schwimmbadtechnik dieser Bereich überflutet wird.

Deshalb wurde dort eine Niveauüberwachung montiert. Sobald diese auslöst, sendet das im Schaltschrank eingebaute Relais eine Meldung an die Steuerung. Dieser Alarm ist quittierpflichtig und wird in der Visualisierung im Vordergrund abgebildet, damit die Störung vom technischen Personal sofort gesehen wird.

#### 5.4.3. Alarmierung des technischen Personals bei schwerwiegenden Störungen

Das technische Personal ist nicht rund um die Uhr am GLT-Rechner, um Störungen rechtzeitig zu erkennen. Alarmer mit hoher Priorität sollen jedoch schnellstmöglich signalisiert werden. Dazu zählen:

- Alarm durch Niveauüberwachung der „Schwimmbadtechnik“
- Alarm durch Niveauüberwachung der „Unterzentrale Heizung“
- Tiefkühlzellenausfall

In der Planungsphase wurde nicht eindeutig definiert, in welcher Form die Alarmaufschaltung erfolgen soll. Mehrere Methoden standen zur Auswahl.

Die Montage einer Hupe bzw. Alarmsirene vor Ort wurde schnell durch den Elektriker der Firma „Wuttke“ und den Betreiber der Anlage ausgeschlagen, da das Verlegen von zusätzlichen Kabelleitungen in den Zielbereich die dort abgeschlossenen Malerarbeiten beschädigen würde.

Die Firma SAIA ermöglicht durch zusätzliche Komponenten einen SMS-Nachrichtendienst. Dieser würde es ermöglichen direkt den Haustechnikern im Störfall eine SMS auf ihr Handy zu senden. Allerdings ist die Methode mit hohen Kosten verbunden, da zusätzliche Module nötig sind. Desweiteren sind der Firma „Nowus“ aus vergangenen Projekten Probleme mit Lizenzrechten und Bibliotheksständen bekannt.

Die Alternative setzt einen anderen Ansatz an. Es wird im Störfall eine E-Mail an die Rezeption und an das dahinterliegende Büro gesendet. Dafür wird der objektinterne Mailserver genutzt. Folglich besteht keine Abhängigkeit vom Internet. Die E-Mail wird an ein E-Mail-Konto gesendet, welches durch die Open Source Software „Mozilla Thunderbird“ entgegengenommen wird. Bei eingehender Nachricht wird ein fünfminütiger Alarmton abgespielt. Somit wird das Empfangspersonal über die Störung in Kenntnis gesetzt. Diese können daraufhin das technische Personal verständigen.

Alle Optionen wurden dem technischen Leiter vorgetragen. Nach einer gemeinsamen Beratung einschließlich Firma „Wuttke“ und dem Leiter der IT-Firma des „Herrenkrughotels Magdeburg“ fiel die Entscheidung auf die Alarmierung via E-Mailversand.

Die implementierte Methode hat verschiedene Vorteile:

- Es werden bestehende Funktionen des Schaltschranks genutzt, sodass keine neuen Module angefordert werden mussten.
- Die Rezeption ist rund um die Uhr besetzt, sodass der Alarm stets wahrgenommen werden kann.
- Es sind keine Lizenzen oder laufenden Kosten mit dem Betrieb verbunden, da der E-Mail-Dienst und die Software kostenlos sind. Ein SMS-Versand dagegen würde für die Nutzung Kosten generieren.
- Die Verarbeitung findet im Intranet des „Herrenkrughotels Magdeburg“ statt. Eine Abhängigkeit von Drittanbietern ist ausgeschlossen.

Als Nachteil darf nicht unerwähnt bleiben, dass das Personal vor Ort am Empfang entsprechend eingewiesen werden muss. Das beinhaltet das Verhalten beim Alarm sowie das Sorge tragen, dass die Software nicht geschlossen wird.

## 6. Visualisierung und Bedienung durch den Betreiber

Im folgenden Kapitel soll erklärt werden wie der Nutzer durch das HMI-System Eingriff auf die Anlagen erhält.

### 6.1. Bedienkonzept

Dem Betreiber soll durch eine Gebäudeleittechnik der Zugriff auf die Anlage ermöglicht werden. Dazu befindet sich im Büro der Haustechniker ein PC mit Ethernetanbindung an die DDCs und am Lüftungsschaltschrank ein Display. Von diesen Komponenten ist es möglich Sollwerte, Kennlinien und Zeitschaltprogramme zu verändern und direkte Handeingriffe auf Anlagenteile wie Pumpen und Ventilatoren vorzunehmen. Eine Passwortfunktion beschränkt die Zugriffsberechtigung auf autorisierte Personen.

Nachfolgend erfolgen eine Auflistung der Displaybilder für die Anlage „Fitness“ und eine Beschreibung der angezeigten Parameter.

### 6.2. Umsetzung des Konzepts

Die folgenden Screenshots der Visualisierung zeigen, in welcher Form die Bedienung durch den Betreiber erfolgt.

#### 6.2.1. Backgroundmenü

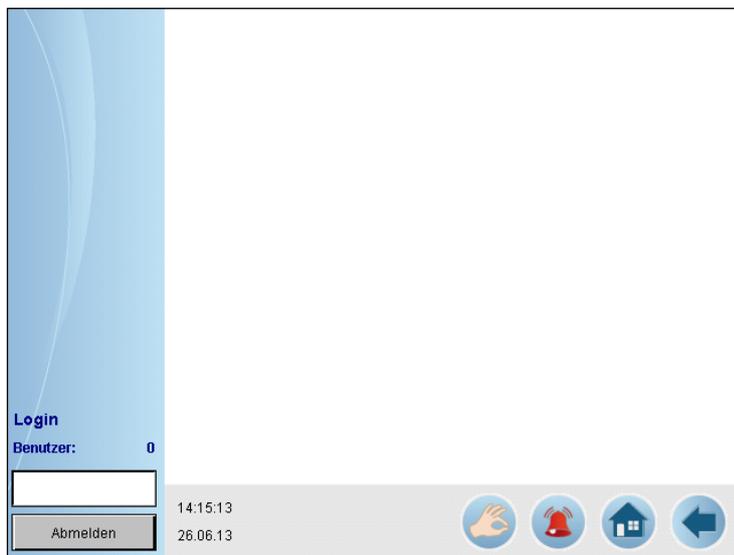


Abbildung 19: Backgroundmenü

Das Backgroundmenü setzt sich aus mehreren Bereichen zusammen:

Das Login-Feld (unten links) dient der Eingabe des Passwortes. Neben „Benutzer“ wird das derzeit angemeldete Benutzerlevel angezeigt. Es stehen fünf Ebenen zur Verfügung:

- Benutzer Level 0 – kein Passwort erforderlich
  - Nur Anlagenbetrachtung möglich
- Benutzer Level 1 – für kleinste Eingriffmöglichkeiten
  - Änderung der Zeitschaltprogramme
  - Änderung Sollwerte
- Benutzer Level 2 – für Haustechniker
  - Änderung der Zeitschaltprogramme
  - Änderung der Sollwerte
  - Zugriff auf Handebenen
- Benutzer Level 3 – ausschließlich für Servicepersonal
  - Änderung der Zeitschaltprogramme
  - Zugriff auf Handebenen
  - Änderung aller Sollwerte ggf. mit Einschränkungen
- Benutzer Level 4 – ausschließlich für Mitarbeiter der Firma „Nowus“
  - Änderung der Zeitschaltprogramm
  - Zugriff auf Handebenen
  - Änderung aller Sollwerte einschließlich Regelparameter

Anlage	Parameter	Mindest-Benutzer-Level
Fitness	Zeitschaltprogramme	1
	Zugriff auf Handebenen	2
	Zulufttemperatursollwert	1
	Sollwert minimale Rücklauftemperatur	2
	Sollwerte für Wärmerückgewinnung	3
	Sollwerte für Erhitzer	2
	Sollwerte für Mischluftklappensystem	3
	Luftmengen Zu-/Ablüfter	3
	Wärmetest Vorspülvorgang	3
	Frostbereich	2
	Wintergrenze	2
Trendaufzeichnung	Messwerte Speichern als csv-Datei	3

Tabelle 14: Erforderliches Benutzerlevel für Sollwertänderungen

Rechts neben dem Login-Feld wird die Systemzeit dargestellt. Durch Klicken gelangt man zur Einstellungsseite.

Die Buttons der sich im Dialogfenster unten rechts befindliche Menüleiste wird im Folgenden erklärt.



Dieser Button schaltet den Handmodus zur manuellen Bedienung der Anlage frei. Die entsprechenden Anzeigeelemente werden sichtbar. Weitere Erklärungen enthält Kapitel 5. Der Zugriff auf die Handebenen ist ab dem Benutzerlevel 2 möglich.



Ist die Glocke weiß, liegt keine Störung vor. Durch die rote Glocke wird angezeigt, dass eine Störung in der Anlage anliegt. Durch Klicken auf das Symbol wird die Alarmliste geöffnet.



Der Button dient zum Öffnen der Startseite.



Durch Klicken gelangt man auf die zuletzt aufgerufene Seite.

## 6.2.2. Systemuhr

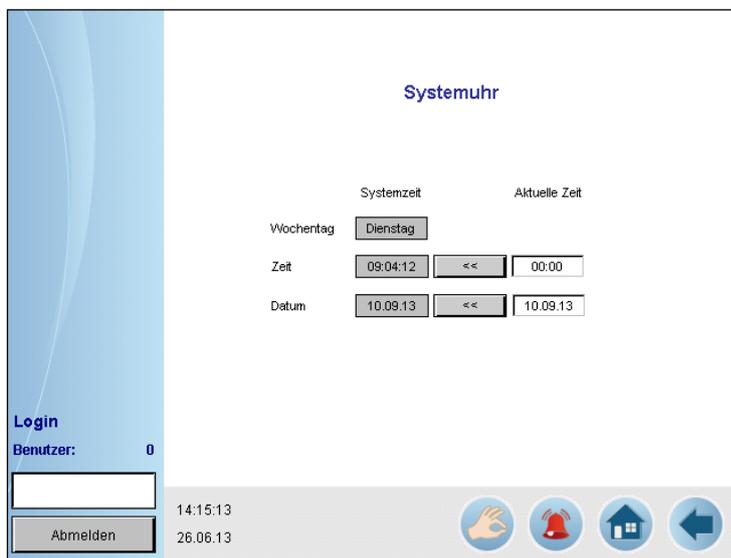


Abbildung 20: Systemuhr

In diesem Dialogfenster wird die Systemzeit angezeigt. Hier hat der Bediener die Möglichkeit die interne Uhr der Steuerung einzustellen. Die Einstellung der richtigen Uhrzeit ist für die richtige Funktion sämtlicher Zeitschaltprogramme in der Anlage

notwendig. Die Einstellung der Zeit erfolgt durch das Zeiteingabefeld der Spalte „aktuelle Zeit“ in der dargestellt Art und Weise: „00:00“. Die Übernahme tritt durch Betätigen des Buttons „<<“ links neben dem Eingabefeld ein. Die Änderung des Datums erfolgt auf dieselbe Art durch das Eingabefeld „<<“ der Zeile „Datum“.

### 6.2.3. Alarmliste

Online Alarm History

TID	Alarmtext	Zeit Ein	Zeit Aus	ACK	
50	L01:ERH:Frost Wasser	10.09.2013 07:52:30	--	NAK	zurück
74	L01:WRG:RMH	10.09.2013 07:50:42	--	NAK	
73	L01:KR:RMH Ventil	10.09.2013 07:50:42	--	NAK	
72	L01:ERH:RMH Ventil	10.09.2013 07:50:42	--	NAK	
71	L01:ERH:RMH Pumpe	10.09.2013 07:50:42	--	NAK	
70	L01:RMH 01BK4OFO20	10.09.2013 07:50:42	--	NAK	
69	L01:RMH 01BK4OAU19	10.09.2013 07:50:42	--	NAK	
68	L01:RMH 01BK4OAB02	10.09.2013 07:50:42	--	NAK	
67	L01:RMH 01BK4OZU01	10.09.2013 07:50:42	--	NAK	
66	L01:RMH Fortluftklappe	10.09.2013 07:50:42	--	NAK	
65	L01:RMH Außenluftklappe	10.09.2013 07:50:42	--	NAK	
64	L01:RMH Ablüfter	10.09.2013 07:50:42	--	NAK	
63	L01:RMH Zulüfter	10.09.2013 07:50:42	--	NAK	
62	L01:RMH Stell Ablüfter	10.09.2013 07:50:42	--	NAK	
61	L01:RMH Stell Zulüfter	10.09.2013 07:50:42	--	NAK	
55	L01:WRG:Störung	10.09.2013 07:50:42	--	NAK	vor

Einträge :



Abbildung 21: Alarmliste

In diesem Dialogfenster wird die Alarmliste angezeigt. Die Alarmliste beinhaltet einen Überblick aller Alarmtypen.

Erklärung des Tabellenkopfs:

- ID                      Spezifische alarmtypische Identifizierung
- Alarmtext              Alarmtypischer Beschreibungstext
- Zeit Ein                Zeitpunkt des Auftretens des Alarmsignals
- Zeit Aus                Zeitpunkt des Verschwindens des Alarmsignals  
'--' ...Alarm noch aktiv

ACK                      Zeigt, ob Alarmsignal quittiert (ACK...acknowledge) oder nicht quittiert (NCK...not acknowledge) wurde

Erklärung der Buttons:

Quit. ausg. Alarme	Quittiert alle ausgewählten Alarmsignale
Quit. ausg. Alarmtypen	Quittiert alle Alarmsignale des ausgewählten Alarmtyps
Quit. Alarmliste	Quittiert die gesamte Alarmliste
Lösche ausg. Alarme	Löscht alle ausgewählten Alarmsignale
Lösche ausg. Alarmtypen	Löscht alle Alarmsignale des ausgewählten Alarmtyps
Lösche Alarmliste	Löscht die gesamte Alarmliste
Einfachauswahl/ Mehrfachauswahl	Umschaltung zwischen einzelner und mehrfacher Auswahl
Einträge	Anzahl der eingegangenen Alarmsignale

Die Quittierungs-Buttons stehen ab dem Benutzerlevel zwei und die Löschbuttons ab dem Benutzerlevel drei zur Verfügung.

Farbkennzeichnung der Alarmsignale

Weiß	Kein Status
Rot	Aufgetretenes, nicht quittiertes Alarmsignal
Rosa	Aufgetretenes, quittiertes Alarmsignal
Dunkelblau	Gegangenes, nicht quittiertes Alarmsignal
Hellblau	Gegangenes, quittiertes Alarmsignal

In der Alarmliste werden alle Alarme jeder Teilanlage aufgeführt. Um die Fehlermeldung der Anlage zuordnen zu können, wurde jedem Alarmtext das Anlagenkürzel zugewiesen. Tabelle 15 zeigt die Zuordnung der Kürzel zu den Anlagen.

Anlage	Kürzel
Fitness	FIT
Empfang	EMP
Schönheitsfarm (ehemals Frisör)	FRI
Umkleide	UMK
Küche	KÜ
Batterieraum	BR
Fußbodenheizung	FBH

Tabelle 15: Anlagenkürzel für Alarmtexte

#### 6.2.4. Messagewindow



Abbildung 22: Messagewindow

In besonderen Fällen kann die Kommunikation zwischen dem Touchpanel und der Prozesssteuerung unterbrochen oder gestört sein. Sollte dies eintreten, so wird in das entsprechende Bild der Visualisierung links oben eine Warnung (Ausrufezeichen) eingeblendet. In diesem Fall sollte man die Warnmeldung anklicken. Danach öffnet sich dieses Mitteilungsfenster. Hier wird das entsprechende Problem beschrieben. In der Regel kann man dann mit „ok“ das Fenster wieder schließen und damit ist auch die Warnmeldung wieder verschwunden.

Bei einer Fehleingabe von Sollwerten wird das Fenster automatisch aufgerufen. In diesem wird die Fehleingabe bekannt gegeben: „value out of bounds“. Zusätzlich wird der mögliche Eingabebereich aufgezeigt.

## 6.2.5. Startbild



Abbildung 23: Startbild

Dieses Dialogfenster zeigt das Startbild. Der Zugriff auf die Anlage ist auch ohne Benutzerlevel möglich. Ein Eingriff in die Anlage ist jedoch nicht möglich.

Die Buttons unter „RLT Herrenkrug“ stehen auf jeder Dialogseite zur Verfügung, um von dort in die einzelnen Untermenüs springen zu können.

## 6.2.6. Anlagenschemen

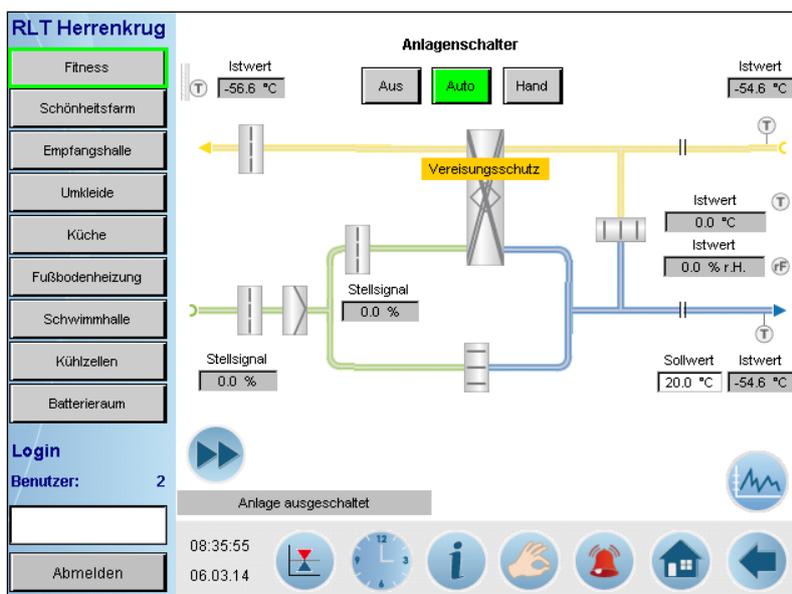


Abbildung 24: Anlagenschema Blatt 1

Durch den grünen Rahmen um den Button „Fitness“ wird dargestellt, welcher Anlagenteil geöffnet ist.

Hier wird das Anlagenschema aufgeführt.

Aufgrund der zu geringen Auflösung des Displays, können nicht alle Anlagenteile dargestellt werden. Fehlende Anlagenteile werden durch Doppelstriche gekennzeichnet (z.B. zwischen dem Außentemperaturfühler und dem Wärmerückgewinnungssystem). In der folgenden Seite, über dem Pfeilbutton „>>“ unten links über der Uhr, werden die fehlenden Anlagenteile dargestellt.

Unter dem Textfeld „Istwert“ wird jeweils der Messwert des jeweiligen Fühlers angezeigt. Sollwertfelder sind mit der Textüberschrift „Sollwert“ deklariert. Durch den Nutzer zugängliche Sollwertfelder werden mit weißem statt grauem Hintergrund gekennzeichnet.

Unter dem Textfeld „Stellsignal“ werden die Anforderungen durch das Programm an den Aktor dargestellt. Hier wird auch die Anforderung durch die Handebene des Displays dargestellt. Das eingestellte Signal der Handebene von der Schaltschranktür wird nicht dargestellt. Sollte eine Handbedienfunktion (Display oder Schaltschrank) aktiv sein, wird dies durch eine offene Hand dargestellt. Am Kühlventil ist solch eine

Hand zu sehen:  .

Zwischen den Kanälen wird über ein farbliches Textfenster der Anlagenstatus dargestellt:

⇒ Anlage ausgeschaltet

- Es liegt keine Freigabe für die Anlage vor. Die Anlage ist entweder ausgeschaltet oder eine Störung verhindert die Freigabe.

⇒ Freigabe Anlage

- Die Anforderung an die Lüftungsanlage liegt vor.

Über der Wärmerückgewinnung erscheinen Textfenster, die den Status des Plattenwärmetauschers zeigen:

⇒ Vereisungsschutz

- Ist die Fortlufttemperatur zu gering, kann dies zur Vereisung des Wärmerückgewinnungssystems führen. Die Heizsequenz wird auf das Heizregister verschoben.

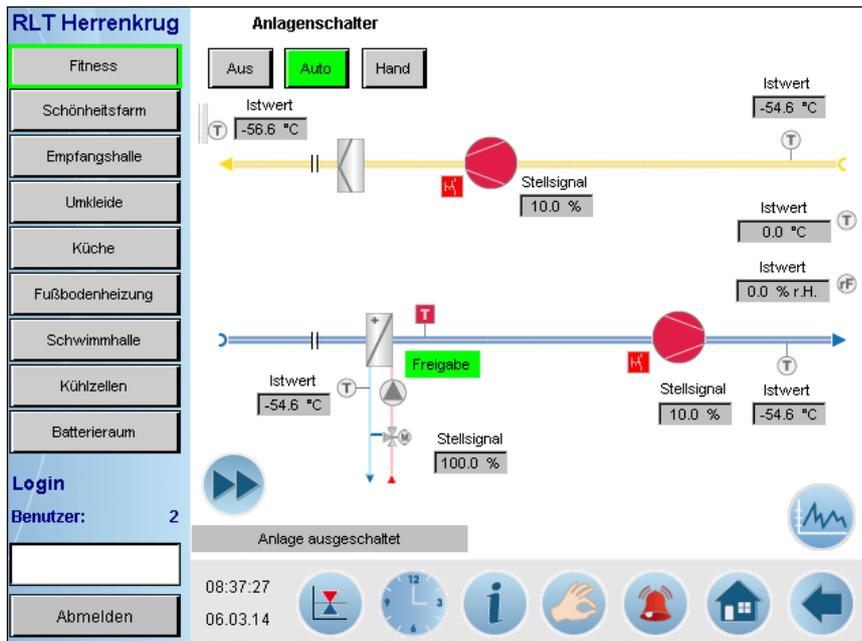


Abbildung 25: Anlagenschema Blatt 2

Der zweite Teil des Anlagenschemas umfasst in der Zuluft das Erhitzerregister mit Erhitzerpumpe, Erhitzerventil und Temperaturwächter, sowie der Rücklauftemperatur, der Zuluftventilator mit Reparaturschalter und der Zulufttemperaturfühler. Abluftseitig werden der Ablufttemperaturfühler, der Abluftventilator mit Reparaturschalter und der Abluftfilter dargestellt.

Störmeldungen der Anlagenteile (Lüfter, Filter, Pumpe, Reparaturschalter, Frostwächter) werden durch einen roten Farbumschlag visualisiert. Betriebsmeldungen stellen sich durch einen grünen Farbumschlag des jeweiligen Gerätes dar. Sobald ein Anlagenteil freigegeben ist, erscheint ein grünes Kästchen mit der Inschrift „Freigabe“.

Durch den Anlagenschalter kann das Lüftungsgerät an- bzw. ausgeschaltet werden. Im Automatikbetrieb erfolgt die Anforderung der Anlage durch ein Zeitschaltprogramm. Er kann genutzt werden, um die Anlage abzuschalten. Für die Bedienung wird mindestens Benutzerlevel 2 benötigt.

Für die Rücklauftemperatur des Heizregister und der Zulufttemperatur kann der Sollwert mit dem entsprechenden Benutzerlevel angepasst werden.

Durch Klicken auf das Heizregister öffnet sich dessen Kennlinie. Ein erneutes Klicken schließt das Fenster wieder.

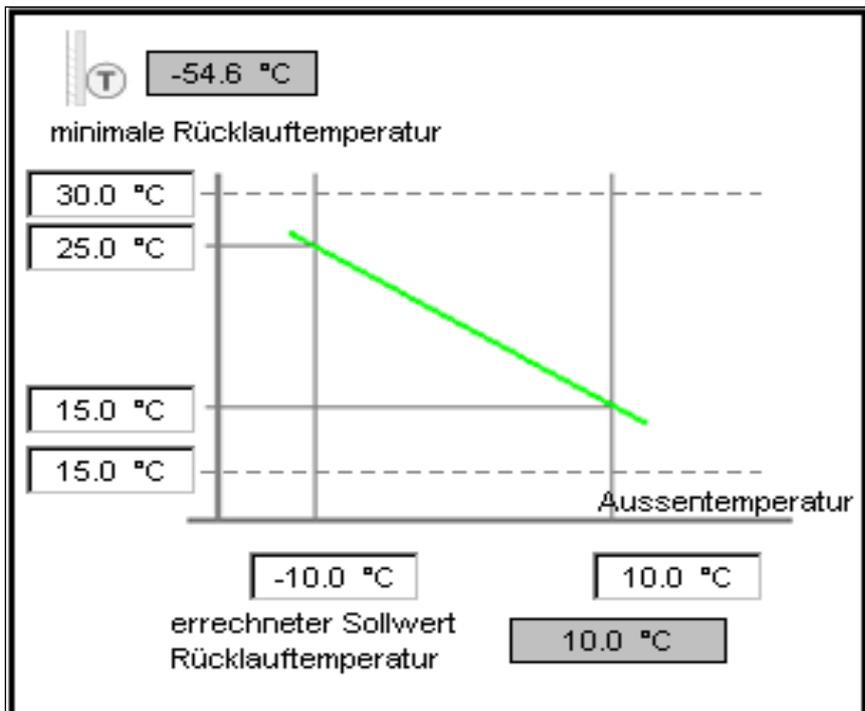


Abbildung 26: Kennlinie der minimalen Rücklauftemperatur

Hier können entsprechend des Benutzerlevels Einstellungen vorgenommen werden.

Das Screenshot zeigt die Benutzeroberfläche 'Entfeuchtung' für 'RLT Herrenkrug'. Die Seite ist in mehrere Bereiche unterteilt:
 

- Links:** Eine Liste von Räumen (Fitness, Schönheitsfarm, Empfangshalle, Umkleide, Küche, Fußbodenheizung, Schwimmhalle, Kühlzellen, Batterieraum) und eine Login-Funktion mit dem Benutzer '2'.
- Oben Mitte:** Ein Temperaturanzeiger mit dem Wert '-56.6 °C'.
- Mitte:** Ein 'Anlagenschalter' mit den Optionen 'Auto' (aktiviert) und 'Hand'.
- Rechts:** Zwei weitere Anzeiger für 'Istwert' (0.0 °C) und 'Istwert' (0.0 % r.H.).
- Unten:** Ein Zeit- und Datumanzeiger (08:38:27, 06.03.14) und eine Reihe von Navigations-Icons (Uhr, Hand, Alarm, Haus, Zurück).

Abbildung 27: Anlagenschema Blatt 3

In der oberen Abbildung ist die Entfeuchtung als autarkes System aufgeführt.

⇒ Freigabe

- Es liegt eine Anforderung an.

⇒ Störung

- Das Gerät befindet sich im Stöorzustand.

Durch den Anlagenschalter kann das Entfeuchtungsgerät an- bzw. ausgeschaltet werden. Im Automatikbetrieb erfolgt die Anforderung der Anlage durch ein Zeitschaltprogramm. Er kann genutzt werden, um die Anlage abzuschalten. Für die Bedienung wird mindestens Benutzerlevel 2 benötigt.

Neben den bereits im Kapitel 6.2.1 beschriebenen Hintergrundbuttons sind drei zusätzliche Buttons aufgeführt:



Dieser Button führt zum Dialogfenster der Statusanzeige.



Sollen die Zeitschaltprogramme angepasst werden, kann über diesen Button das Dialogfenster für die Zeitschaltprogramme geöffnet werden.



Der Button dient zum Öffnen der Sollwertseite.



Über diesen Menüpunkt gelangt man zur Trendaufzeichnung der jeweiligen Anlage.

## 6.2.7. Anlagenstatus

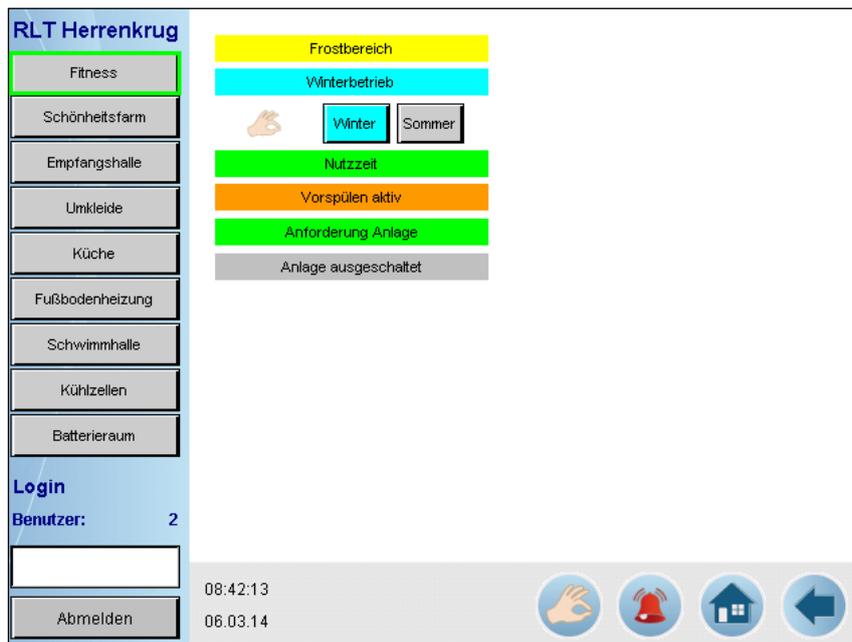


Abbildung 28: Anlagenstatus

Über dieses Dialogfenster kann der Anforderungsstatus an die Anlage abgefragt werden. Besteht ein Anforderungssignal wird dies statt dem grauen durch einen grünen Hintergrund gekennzeichnet. Handelt es sich dabei um ein Sondersignal, wie die Sommer-/Winterbetrieb, erhalten diese Signale eine besondere Kennzeichnung durch eine andere Farbe (gelb, blau oder orange).

In der Statusabfrage sind folgende Signale aufgeführt:

- Außerhalb Frostgefahr / Frostbereich: Die Außentemperatur befindet sich oberhalb eines eingestellten Grenzwertes. / Die Außentemperatur befindet sich unterhalb eines eingestellten Sollwerts. Die Anlage wird im Frostschutzmodus verfahren, um das Einfrieren der Geräte zu verhindern.
- Sommerbetrieb / Winterbetrieb: Zeigt den aktuellen Arbeitsmodus der Lüftungsanlage. Unterhalb des Textzuges ist die Handbedienebene dargestellt, die über den „Hand“-Button im unteren Bildbereich ein- bzw. ausgeblendet werden kann.
- Außerhalb Nutzzeit / Nutzzeit: Zeigt, ob eines der Zeitschaltprogramme aktiv oder inaktiv ist.
- Vorspülen inaktiv / Vorspülen aktiv: Die Anlage befindet sich nicht im Vorspülvorgang / Die Anlage befindet sich im Vorspülvorgang. Alle Klappen werden

geschlossen. Die Lüfter werden abgeschaltet. Die Erhitzerpumpe wird freigegeben und das Erhitzerventil maximal geöffnet bis die Rücklauftemperatur den eingestellten Grenzwert überschreitet.

- Keine Anforderung Anlage / Anforderung Anlage: Es besteht keine oder eine Anforderung an die Lüftungsanlage.
- Anlage ausgeschaltet / Freigabe Anlage: Bei bestehender Anforderung an die Anlage, wird diese bei störungsfreiem Betrieb freigegeben.

### 6.2.8. Zeitschaltprogramme

Für die Wochentage können in diesem Dialogfenster die Ein- und Ausschaltzeiten eingegeben werden. Ist die Ein- und Ausschaltzeit gleich dann wird der Zeitbefehl für die Anlage nicht ausgegeben und die Lüftung in Minimalbetrieb gesetzt.

Welches Zeitschaltprogramm aktiv ist, wird über eine grüne LED neben den Überschriften der Zeitschaltprogramme dargestellt.

RLT Herrenkrug		<input checked="" type="radio"/> Lüftung Programm 1	<input type="radio"/> Lüftung Programm 2	
Fitness	Montag	07:00 - 00:00 Uhr	Montag	12:00 - 12:00 Uhr
Schönheitsfarm	Dienstag	07:00 - 00:00 Uhr	Dienstag	12:00 - 12:00 Uhr
Empfangshalle	Mittwoch	07:00 - 00:00 Uhr	Mittwoch	12:00 - 12:00 Uhr
Umkleide	Donnerstag	07:00 - 00:00 Uhr	Donnerstag	12:00 - 12:00 Uhr
Küche	Freitag	07:00 - 00:00 Uhr	Freitag	12:00 - 12:00 Uhr
Fußbodenheizung	Samstag	07:00 - 00:00 Uhr	Samstag	12:00 - 12:00 Uhr
Schwimmhalle	Sonntag	07:00 - 00:00 Uhr	Sonntag	12:00 - 12:00 Uhr
Kühlzellen				
Batterieraum				

**Login**  
Benutzer: 2

08:44:11  
06.03.14

Abbildung 29: Zeitschaltprogramme

## 6.2.9. Sollwerte

<b>Zulüfter</b>		<b>Ablüfter</b>	
Luftmenge	<input type="text" value="60.0 %"/>	Luftmenge	<input type="text" value="30.0 %"/>
maximale Luftmenge	<input type="text" value="100.0 %"/>	maximale Luftmenge	<input type="text" value="75.0 %"/>
<b>Sommer-/Winterwerte</b>		<b>Mischluftklappensystem</b>	
Frostbereich	<input type="text" value="5.0 °C"/>	minimaler Außenluftanteil	<input type="text" value="30.0 %"/>
Wintergrenze	<input type="text" value="18.0 °C"/>	Temperaturdifferenz	<input type="text" value="1.0 K"/>
<b>Wärmetest Vorspülvorgang</b>		<b>Wärmerückgewinnung</b>	
Rücklauftemperatur warm	<input type="text" value="45.0 °C"/>	Temperaturdifferenz	<input type="text" value="-2.0 K"/>
Rücklauftemperatur kalt	<input type="text" value="30.0 °C"/>		

Abbildung 30: Sollwerte

In diesem Dialogfenster können die Sollwerte verändert werden. Für den jeweiligen Benutzer werden die freigegebenen Eingabefelder weiß angezeigt.

Beschreibung der Parameter:

### *Sommer-/Winterwerte*

- Frostbereich
  - Grenzwert der Außentemperatur zur Überwachung des Vorspülvorgangs
  - Einschaltgrenze der Erhitzerpumpe als Frostschutzsicherung
- Wintergrenze
  - Außentemperaturgrenze zur Umschaltung zwischen Heiz- und Kühlfunktion der Anlage

### *Zulüfter/ Ablüfter*

- Maximale Luftmenge
  - Maximale Luftmenge des jeweiligen Lüfters
- Luftmenge
  - aktuelle eingestellter Sollwert

### Wärmerückgewinnung

- Temperaturdifferenz
  - Differenzwert zwischen Außentemperatur und Ablufttemperatur, der überschritten werden muss, um den Betrieb der Wärmerückgewinnung zu initialisieren

### Wärmetest Vorspülvorgang

- Rücklauftemperatur warm
  - Grenzwert der Rücklauftemperatur zum Beenden des Vorspülvorgangs
- Rücklauftemperatur kalt
  - Grenzwert der Rücklauftemperatur zum Auslösen des Vorspülvorgangs

### Mischluftklappensystem

- minimaler Außenluftanteil
  - Mindeststellsignal für Außenluftklappe
- Temperaturdifferenz
  - Differenzwert zwischen Außentemperatur und Ablufttemperatur, der überschritten werden muss, um die Regelung durch das Mischluftklappensystem zu initialisieren

## 6.2.10. Handebenen

Anhand des Erhitzers soll erklärt werden, wie die Anlage manuell bedient werden kann. Um Zugriff auf die Handebene zu erhalten, ist mindestens das Benutzerlevel 2 erforderlich.

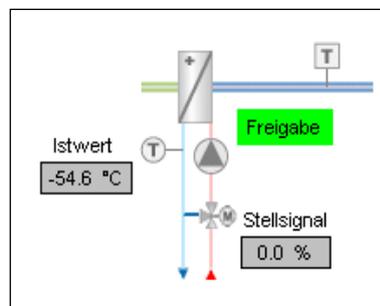


Abbildung 31: Erhitzerregister

Durch Betätigen des „Hand“-Button in der unteren Menüzeile werden die Zugriffselemente für die Handbedienung sichtbar (siehe Kapitel 6.2.1). Die Darstellung des manuellen Eingriffs an einem Anlagenteil wird durch eine offene Hand symbolisiert:



Das Gerät wird durch den Handbetrieb gesteuert.

Das eigentliche Freischalten der Handbedienung erfolgt durch das Betätigen der Hand, die einen Kreis formt:



Ein Klick aktiviert bzw. deaktiviert den Handbetrieb.

Die Handebene für den gewählten Anlagenteil wird sichtbar.

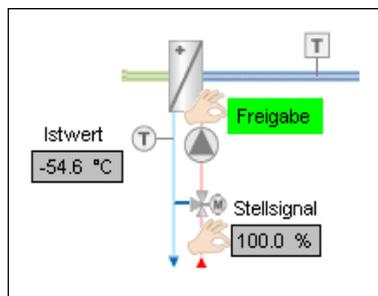


Abbildung 32: Erhitzerregister mit aktivierter Handebene. Das Stellsignal wurde mittels der Handebene geändert

Wird das Hand-Symbol der Pumpe bedient, erscheint ein „EIN“- bzw. „AUS“-Button mit denen die Freigabe der Pumpe manuell gesteuert werden kann. Für den gewünschten Modus der Pumpe muss der jeweilige Button betätigt werden. Durch einen Farbumschlag wird der eingestellte Modus visualisiert. Dabei färbt sich bei manueller Freigabe der Pumpe der „EIN“-Button grün. Der „AUS“-Button färbt sich rot, wenn die Freigabe per Hand verweigert wird.

Am Stellsignal wird, nachdem der Hand-Button des Ventils betätigt wurde, ein Eingabefeld sichtbar. Über das Eingabefeld kann eine bestimmte Ventilposition gefahren werden.

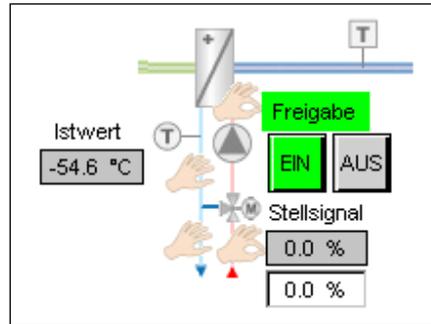


Abbildung 33: Erhitzerregister mit Handeingriff auf Freigabe

Die Handbedienung der Brandschutzklappen über das Display ist gruppenweise zusammengefasst.

### 6.2.11. Trendaufzeichnung

Zur Überwachung der Anlage werden Mess- und Steuerwerte mitgeschrieben und gespeichert. Innerhalb eines Diagramms werden bis zu fünf Kurven gleichzeitig dargestellt. Diese Kurven sind durch unterschiedliche Farben gekennzeichnet (siehe Tabelle 16). Eine Beschreibung der Bedeutung dieser Farben wird durch ein Klicken auf den „Legenden“-Button in der linken unteren Ecke geöffnet. Am Rand des Diagramms bezogen auf die entsprechende Farbe kann die Skala der Kurve abgelesen werden. Durch die „scroll“-Buttons wird die Zeitlinie verschoben, sodass man vergangene Messdaten abrufen kann. Über „Zoom in“ bzw. „Zoom out“ wird der betrachtete Zeitraum verkleinert bzw. vergrößert.

Anzeigewert	Farbe	Skalierung
Istwert Außentemperatur	Schwarz	-50°C bis 50°C
Istwert Zulufttemperatur	Rot	0°C bis 50°C
Istwert Ablufttemperatur	Grün	0°C bis 50°C
Istwert Rücklauftemperatur	Blau	0°C bis 50°C
Sollwert Zulufttemperatur	Gelb	0°C bis 50°C

Tabelle 16: Farbzuordnung der Trendwerte für die Temperaturen

Bei Anlagen mit mehr als fünf aufzuzeichnenden Werten werden diese auf zwei Diagramme aufgeteilt, wobei das erste stets Fühlerwerte und das zweite die Stellsignale beinhaltet. Durch den Doppelpfeilbutton in der rechten unteren Ecke kann zwischen den Diagrammen gewechselt werden.

Ab Benutzerlevel 3 ist es möglich über „Save Logs to file“ die gespeicherten Daten auf dem PC in einem gewünschten Verzeichnis als csv-Datei zu hinterlegen.

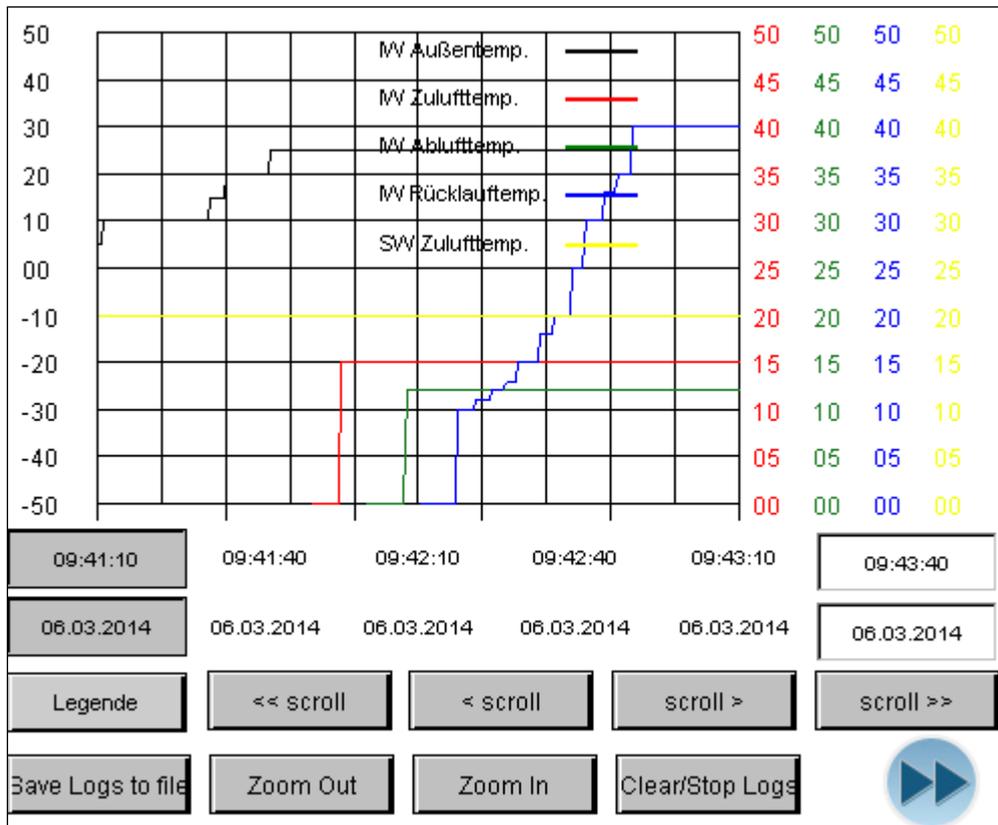


Abbildung 34: Trenddarstellung

## 7. Inbetriebnahme

Im folgenden Kapitel soll die Bedeutung und die Durchführung der Inbetriebnahme im Herrenkrughotel Magdeburg erklärt werden.

Die Inbetriebnahme ist die erstmalige Indienststellung der Anlage, in der diese den Zweck ihrer Konstruktion im vollen Umfang erfüllt. Dabei befinden sich alle Anlagenteile –und funktionen im Automatikbetrieb.

Um dies gewährleisten zu können, müssen eine Reihe von Arbeitsschritten erfolgen.

### 7.1. Durchführung

Die Firma „Nowus Automatisierungstechnik GmbH“ hat im Laufe ihrer Projekte einen Leitfaden zur Inbetriebnahme einer Anlage entworfen, mit deren Hilfe auch das Objekt „Herrenkrughotel Magdeburg“ in Dienst gestellt wurde.

#### 1. Kontrolle aller Klemmstellen auf festen Sitz

Durch den Transport können sich Anschlüsse lösen. Um auszuschließen, dass im Besonderen Leistungsanschlüsse von Sicherungen nachwievor fest verbunden sind, sollten diese vor dem Einschalten des Schaltschranks kontrolliert werden.

#### 2. Sichtprüfung der Anlagenteile

Ein Vergleich der Feldgeräte, wie Lüfter, Pumpen, Ventile, etc., mit den im Schaltplan vermerkten Betriebsmitteln ist erforderlich. Dabei werden die technischen Daten erfasst (Spannungs- und Stromversorgung, Leistungsaufnahme, Gerätebezeichnung). Dazu ist eine Besichtigung der Anlage erforderlich.

#### 3. Kontrolle der anlagenseitigen Verdrahtung

Um festzustellen, ob alle Betriebsmittel ordnungsgemäß angeschlossen sind, muss eine Kontrolle erfolgen.

Dazu wird bei Leistungsabgängen der Widerstand zwischen Phase und Schutzleiter gemessen. Liegt dieser im Megaohmbereich, ist ein Abnehmer angeschlossen.

Der Kontakt von Frostschutzwächter, Reparaturschalter, Brandschutzklappen, Rauchmelder, Brandmeldeanlagen, Not-Aus-Schalter und ähnliches muss geschlossen sein, damit die entsprechenden Anlagenteile freigegeben werden können. Dieses sollte ebenfalls vorab kontrolliert werden.

Der Anschluss von Temperaturfühlern kann ebenfalls im Vorhinein überprüft werden. Da in der Regel ausschließlich PT1000-Fühler eingesetzt werden, kann der Widerstand zwischen den beiden Klemmpunkten gemessen werden. Ein plausibler Wert liegt zwischen 1000 Ohm und 1080 Ohm.

#### 4. Einschalten der Anlage

Vor dem Einschalten der Anlage müssen alle Schutzeinrichtungen (Sicherungen und Motorschutzschalter) entfernt bzw. ausgeschaltet werden. Die einzelnen Anlagenteile sollen erst nach und nach in Betrieb genommen werden.

Alle Schaltschränkelemente, die vor dem Hauptschalter sitzen, können nun kontrolliert werden. Dazu gehören in der Regel Steckdosen und die Schaltschranklampe.

Bei der Kontrolle der Versorgungsspannung ist darauf zu achten, dass ein rechtes Drehfeld anliegt.

#### 5. Einschalten der Steuerspannung

Die Relaiskontakte im Schaltschrank werden größtenteils mit 24V Gleichspannung betrieben. Daher muss geprüft werden, ob das eingebaute Netzteil auch nach dem Transport noch dies gewährleistet.

#### 6. Hardwareinbetriebnahme nach Schaltplan

Den Schaltplanseiten folgend werden alle Betriebsmittel in Betrieb genommen. Dabei werden die Ströme von Pumpen und Ventilatoren gemessen und die Drehrichtung der 400V-Antriebe geprüft. Aus den Messwerten wird später das Strommessprotokoll erstellt.

#### 7. Programm laden

Nach dem erfolgreichen Hardwaretest kann die Software auf die Steuerung überspielt werden.

#### 8. Datenpunkttest

Mit Hilfe der Software wird jeder einzelne Datenpunkt (alle digitalen Ein- und Ausgänge sowie alle analogen Ein- und Ausgänge) kontrolliert.

## 9. Kontrolle von Programmfunktionen

Funktionen, die nicht hardwareseitig implementiert wurden, müssen anhand der Software geprüft werden, z.B. das Schließen der Außen- und Fortluftklappen im Brandfall.

Es erfolgt die Kontrolle der Regelfunktionen. Sollten Regelkreise sehr träge oder schwingend arbeiten, müssen die Regelparameter angepasst werden.

## 10. Einweisung der Anlagenbetreiber

Sobald die Anlage vollständig im Automatikbetrieb arbeitet, kann das technische Personal in die HMI eingewiesen werden. Dazu muss anschließend ein Protokoll erstellt werden.

### 7.2. Fehlersuche

Um Fehlfunktionen in Hard- und Software zu diagnostizieren, müssen die Anlagenfunktionen überprüft werden. Dazu dient der Datenpunkttest während der Inbetriebnahme.

Alle Signale und Meldungen werden nacheinander untersucht und bei korrektem Verhalten abgehakt. Zu den Meldungen (digitale Eingänge) gehören alle:

- Endlagenschalter der Klappen bzw. Brandschutzklappen
- Druckdosen (Laufüberwachung, Filterwächter)
- Frostschutzwächter
- Betriebs- und Störmeldungen der Ventilatoren bzw. FUs
- Reparaturschalter

Bei eingehenden Signalen (analogen Eingängen) muss deren Zuordnung und Plausibilität geprüft werden. Dazu gehören alle:

- Widerstandsmessungen (Temperaturfühler)
- 0...10V-Signale (Sollwertgeber, kombinierte Raumfeuchte-/Raumtemperturfühler)

Ausgehende Signale bzw. Schaltungen (analoge bzw. digitale Ausgänge) müssen zu passenden Reaktionen am Feldgerät führen. Zu den analogen Signalen gehören alle:

- 0...10V-Signale (Stellsignale)

Die digitalen Ausgänge umfassen alle:

- Freigaben (als potenzialfreier Kontakt oder als 24V-Signal)
- Ansteuerungen von Lampen (Sammelstörmeldelampe am Schaltschrank)

Der am häufigsten auftretende Fehler seitens der Hardware ist ein falsches Schaltverhalten von sicherheitsrelevanten Meldungen, wie Brandschutzklappen. Diese sollen im störungsfreien Betrieb geschaltet seinen, sprich ein Signal an die DDC melden. Erst im Fehlerfall soll der Kontakt öffnen und damit den Signalweg unterbrechen. So wird ausgeschlossen, dass ein Kabelbruch das Melden einer Störung verhindert.

### **7.3. Kontrolle der Temperaturregelung**

Im Zuge der Inbetriebnahme werden die Regelkreise untersucht. Da es sich in diesem Fall um eine konstante Zulufttemperaturregelung handelt, waren keine Vorbetrachtungen nötig. Durch die Firma „Nowus“ wurden Standardeinstellungen für PI-Regler entwickelt, welche als Startparameter dienen.

Zu Beginn der Kontrolle muss sich die Anlage in einem stabilen Zustand befinden, sprich Sollwert und Istwert der Zulufttemperatur sind über eine gewisse Zeit annähernd gleich. Anschließend kann der Sollwert angehoben werden. Die Reaktion des Regelkreises dient als Qualitätskriterium.

Für den Fitnessbereich wurde dieser Vorgang durch das SAIA-Trending-System erfasst. Abbildung 35 zeigt die Sprungantwort des Regelkreises.

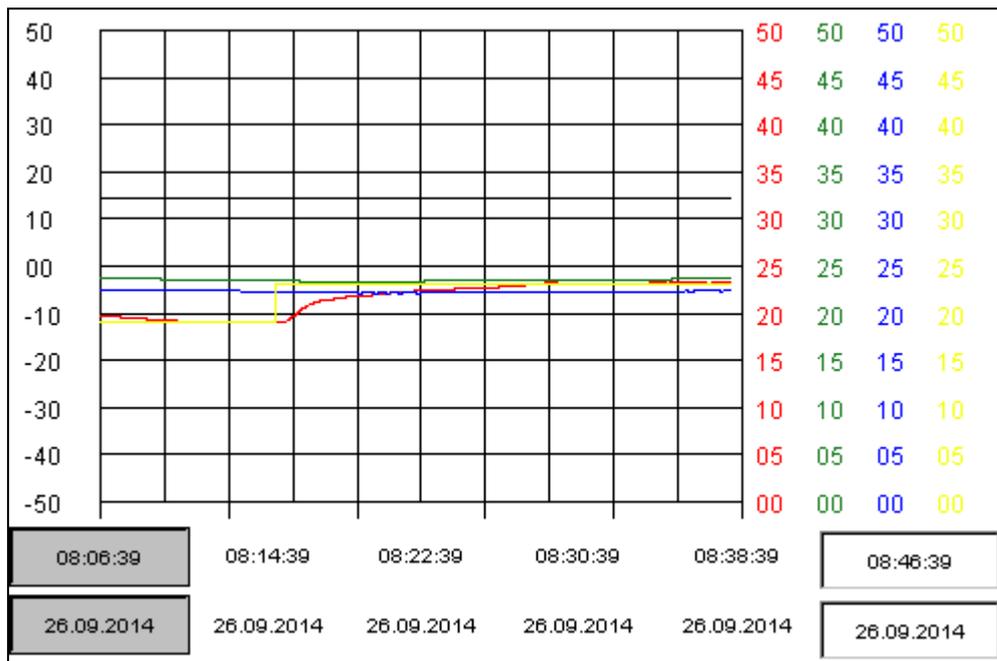


Abbildung 35: Trendaufzeichnung für Reaktion der Anlage bei Sollwertsprung

Die Beschreibung der dargestellten Mess- und Sollwerte wurde bereits in Kapitel 6.2.11 behandelt.

Bei einer Außentemperatur von 14°C wurde der Sollwert der Zulufttemperatur um 5K (von 19°C auf 24°C) angehoben. Nach ca. 15 Minuten beträgt die Regeldifferenz annähernd null. Im weiteren Verlauf ist kein Über- bzw. Unterschwingen festzustellen.

Die Rücklufttemperatur der Erhitzerstrecke bleibt währenddessen jedoch nahezu unverändert. Wie Abbildung 36 zeigt, wird das Heizregister nicht angefordert. Ausschließlich das Mischluftklappensystem arbeitet, indem es die Wärme der Abluft nutzt. Der Anteil der Außenluft sinkt, sodass die Anlage erhöht in den Umluftbetrieb schaltet. Die Wärmerückgewinnung und das Erhiterventil bleiben unangefordert.

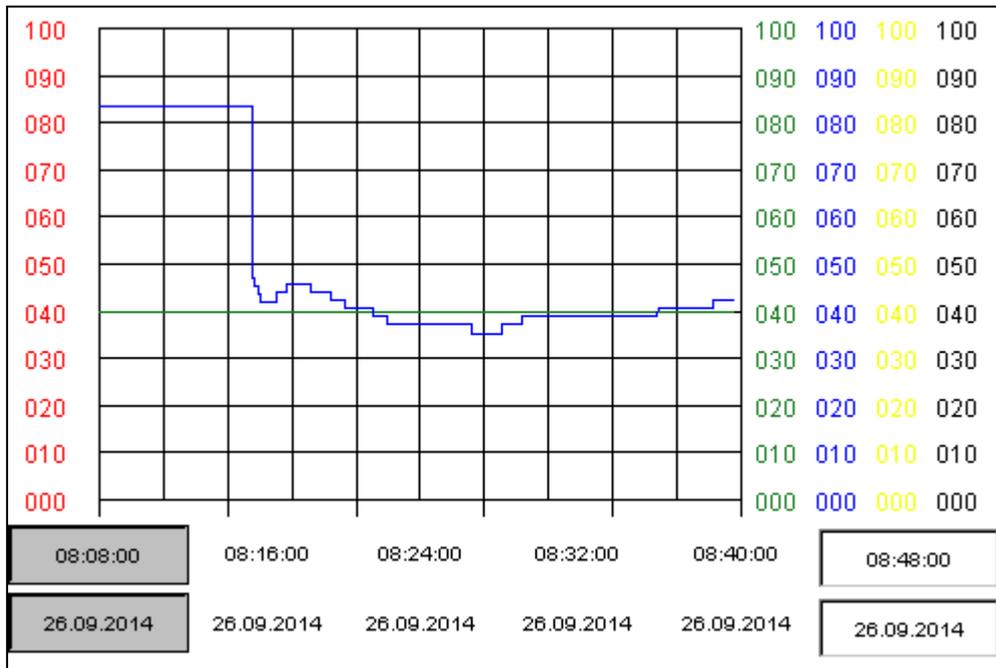


Abbildung 36: Trendaufzeichnung der Stellsignale nach dem Sollwertsprung

Anzeigewert	Farbe	Skalierung
Stellsignal Erhitzerventil	Schwarz	0 bis 100%
Stellsignal Zulüfter	Rot	0 bis 100%
Stellsignal Ablüfter	Grün	0 bis 100%
Stellsignal Außenluftklappe	Blau	0 bis 100%
Stellsignal WRG	Gelb	0 bis 100%

Tabelle 17: Farbzunordnung der Stellsignale für die Trendaufzeichnung

Beim Absenken des Sollwertes reagiert die Anlage ähnlich. Abbildung zeigt, dass ca. 10 Minuten nach dem Sprung sich Ist- und Sollwert auf das gleiche Niveau angenähert haben.

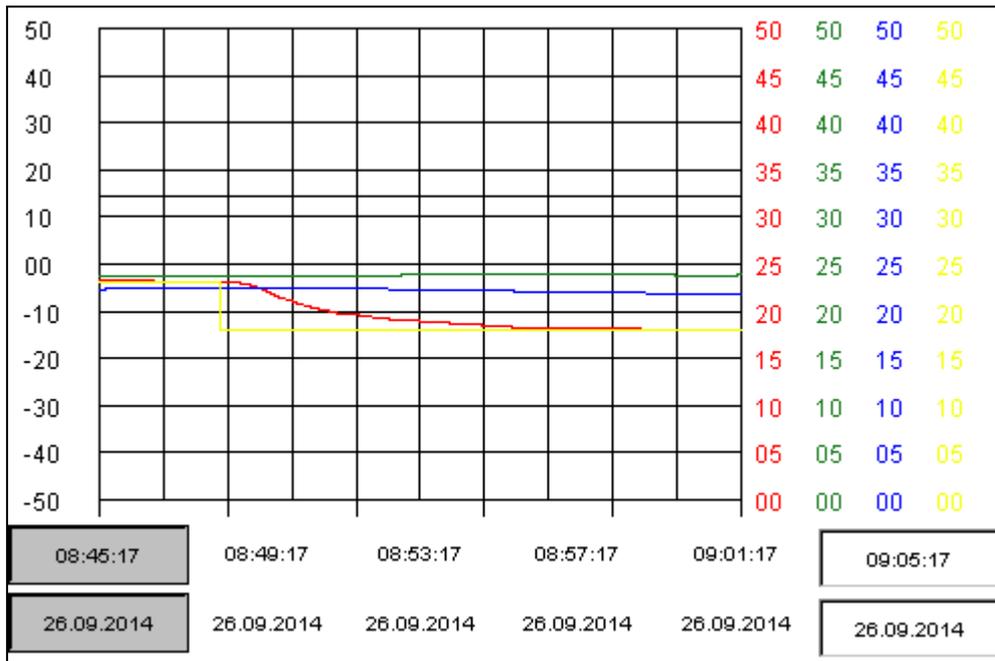


Abbildung 37: Trendaufzeichnung für negativen Sollwertsprung

Um zu prüfen, dass die Wärmerückgewinnung und das Erhitzervertil korrekt angefordert werden, wurde die Anlage in einem bestimmten Zeitraum mit der relativ kühlen Zulufttemperatur von 18°C behandelt. Anschließend wurde der Sollwert wieder auf verhältnismäßig hohe 25°C gesteigert.

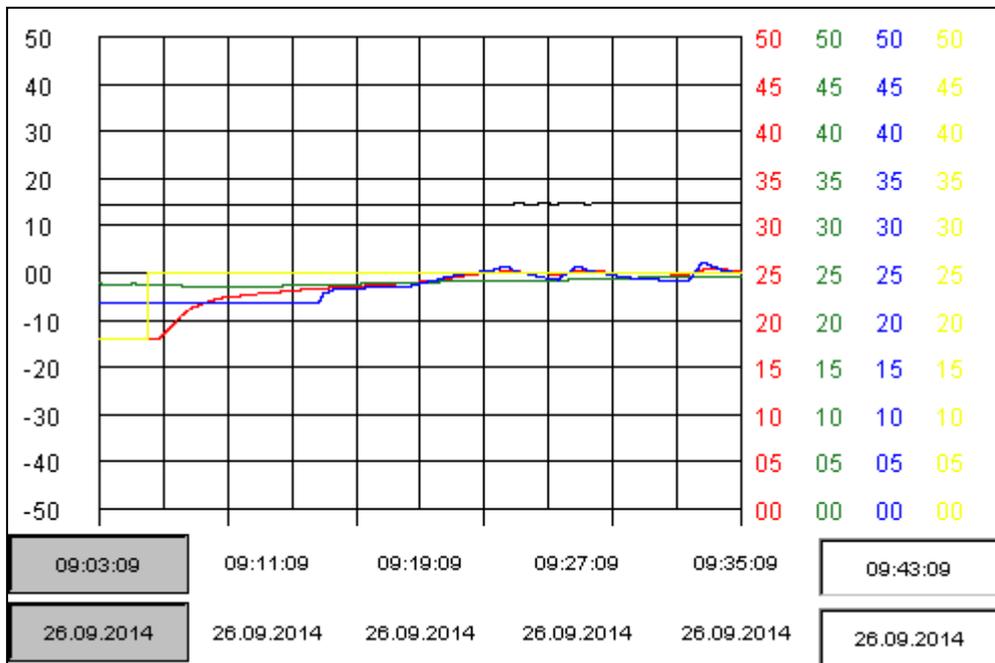


Abbildung 38: Trendaufzeichnung der Temperaturen mit erhöhtem Sollwertsprung

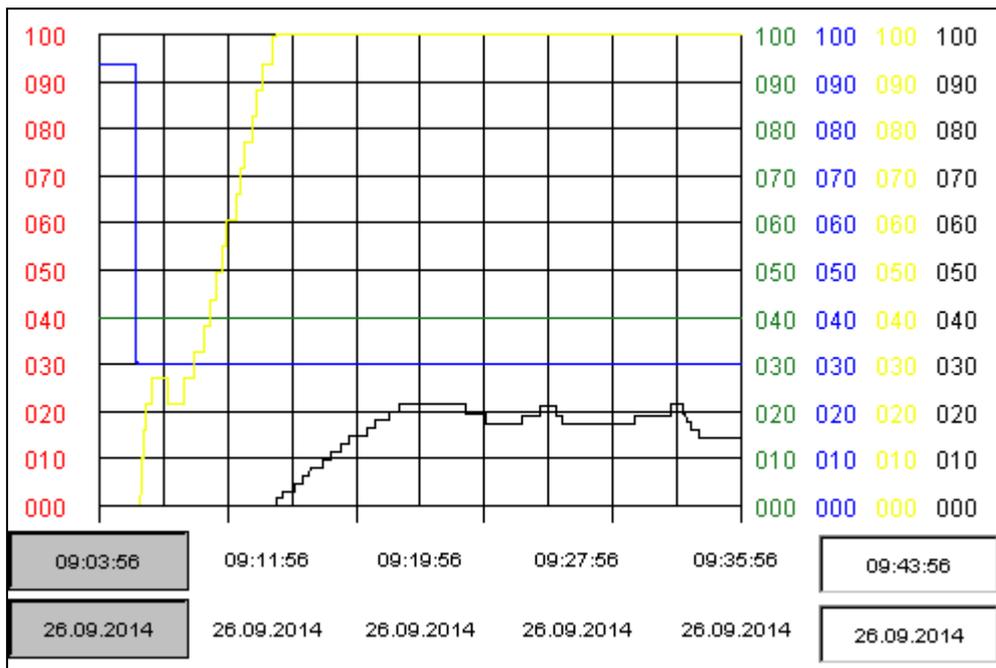


Abbildung 39: Trendaufzeichnung der Stellsignale mit erhöhtem Sollwertsprung

Die Ergebnisse lassen sich aus Abbildung 38 und Abbildung 39 erkennen. Die Anlage schaltet sofort in den Umluftbetrieb, behält allerdings einen festen Außenluftanteil von 30% bei. Anschließend wird zunehmend Luft über die WRG geführt. Nachdem die WRG zu 100% angefordert wurde, öffnet sich das Erhitzervertil bis nach ca. 20 Minuten der Sollwert erreicht ist und gehalten wird.

Als Fazit ist zu bemerken, dass die Anlage angemessen auf eine Sollwertänderung reagiert. Im Idealfall reicht die Abluft des angeschlossenen Bereichs sogar aus, die Zulufttemperatur auf den eingestellten Sollwert zu erwärmen. In diesem Fall muss keine zusätzliche Wärme aufgebracht werden, sprich die Anlage arbeitet höchst ökonomisch und ökologisch. Energieverluste durch ein Übersteuern wurden nicht festgestellt.

## 8. Zusammenfassung/Ausblick

Die Automation von Anlagen in der Gebäudetechnik wird auch in Zukunft eine große Rolle spielen. Die Vorteile seitens Wirtschaftlichkeit, Energieeinsparung, Komfort und Sicherheit stellen ein enormes Potential gegen über konservativen Lösungen dar.

Zunehmend werden Anlagen von intelligenten Systemen gesteuert und reine Relais-schaltungen ablösen. Generell steht in der Gebäudeleittechnik die Verknüpfung sämtlicher Anlagen im Fokus. Durch ein sinnvolles Zusammenspiel von Lüftung-, Heizung- und Klimatechnik können Objekte hinsichtlich wirtschaftlicher und ökologischer Aspekte optimal sich ergänzen. Durch ein Bündeln der Anlagen können zentrale Visualisierungskonzepte erstellt werden, wodurch es dem Betreiber einfacher möglich ist, von einem Punkt aus, die Anlage zu verwalten.

Ein weiterer großer Stichpunkt hinsichtlich der Bedienung stellt die Remote Control, sprich das Bedienen aus der Ferne, dar. Dazu werden vermehrt Komponenten entwickelt, mit speziellen Schnittstellen zum Internet bzw. GLT-Systeme können via internetfähige Mobiltelefone oder Tablett abgerufen werden. Beispielsweise werden bereits jetzt Frequenzumformer, welche in der Regel vor Ort parametrieren werden, angeboten mit eigener Webvisualisierung und Ethernetschnittstelle, welche aus der Ferne abgerufen und konfiguriert werden können.

DDC-Hersteller haben diesen Trend erkannt und entwickeln jährlich neue leistungsfähigere Steuerungen, die diesen Aufgaben gewachsen sind.

Auf der diesjährige „Internationale Funkausstellung“ zeigten zahlreiche Firmen Konzepte für die „Smarthome“-Technik, durch die der Bewohner bequem den vollen Zugriff auf seine Geräte daheim über ein Smartphone oder Tablett als Fernbedienung hat. Die Aussteller versprechen sich von der 24-stündigen ortunabhängigen Kontrolle Energieoptimierung und steigenden Wohnkomfort.

Der „Smarthome“-Technik liegt die Idee des „Internets der Dinge“ zugrunde. Zukünftig entsteht eine Verknüpfung von virtueller und realer Ebene. Geräte werden mit Mikrocontrollern und Sensorik versehen, die deren Gebrauch erleichtern und zusätzliche Funktionen implementieren. Dabei sollen die technischen Komponenten selbstständig ihren eigenen Status erkennen, speichern und in Kontakt zum Menschen treten. Das klassische Beispiel für den Anwendungsfall ist die Jacke, die den Puls des Trägers misst, an das Smartphone sendet und dort als Langzeitabbildung speichert.

Dabei ist die Zielstellung gleichermaßen darauf gelegt, dass die Technik mögliches unauffällig arbeitet (Vgl. [7])

Bezogen auf eine Lüftungsanlage wäre es vorstellbar, dass der verschmutzte Filter eine Nachricht an die Firma mit Wartungsauftrag samt Filter-spezifischen Daten wie Filterklasse und Abmaße sendet. Der Wartungstechniker kann dann bereits vor Abfahrt zum Objekt die nötigen Vorbereitungen für den Wechsel ergreifen.

Durch die Vernetzung einzelner Komponenten ergeben sich noch weitere Vorteile. Bei Defekten z.B. an Frequenzumformern können diese direkt nach etwaigen Nachfolgemodellen suchen und diese mitteilen bzw. die Störmeldung kann detailliert dargestellt werden, anstatt als Sammelstörmeldung gebündelt der Steuerung übergeben zu werden.

Ebenso können bereits vorhandene Internetdienste des Alltags miteinbezogen werden. Anlagen werden eigene Twitter-Konten zugewiesen, denen der Betreiber und die Wartungsfirma folgen. Über den Kurznachrichtendienst kann dann die Anlage sämtliche Meldungen senden und zeitgleich können die Abonnenten dieses Kontos via Smartphone oder Tablett stets den Anlagenstatus abrufen bzw. die Anlage steuern.

Als Konsequenz reduziert sich der Arbeitsaufwand bei Wartungsarbeiten und Fehleranalysen. Der Einsatz von bereits vorhandener populärer Software vereinfacht ebenso die Handhabung und mindert Einarbeitungszeiten. Diese Ersparnisse senken somit die Kosten für den Betrieb einer Anlage und erhöhen den Komfort.

Allerdings bestehen auch Risiken. Der Anbindung aller Gerätschaften an das Internet und die Datenübertragung der Komponenten via Funk bieten einen Zugriff von außen. Die Gefahr eines Cyberangriffs ist trotz Sicherheitsmaßnahmen immer gegeben. Sicherheitsmaßnahmen für den Schutz vor Hackern sind wiederum mit Kosten verbunden.

#### IV. Quellenverzeichnis

- [1] Dipl.-Ing. Norbert Nadler: Lüftungskomponenten nach DIN 1946-6, Mitteilungen aus der C.A.T.S.-Academy, (Mai 2011)
- [2] Dipl.-Ing. Clemens Schickel: Wie viel Frischluft braucht der Mensch? Neue Vorgaben zu Klima-/Lüftungsanlagen in europäischen Normen, BHKS-Almanach (2007)
- [3] Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV): Lüftungsanlagen im Brandschutzkonzept, VdS 2298 (Juni 2002)
- [4] Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (AMEV) Berlin 2008: Bedienen von Raumluftechnischen Anlagen in öffentlichen Gebäuden
- [5] Historisches Herrenkrug Parkhotel an der Elbe (05.11.2014): URL: <http://www.herrenkrug.de/>
- [6] Academic: Herrenkrugpark (05.11.2014): URL: <http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/609949>
- [7] Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik: Das Internet der Dinge wird die Welt verändern... (18.10.2014)
- [8] SAIA Burgess Controls AG: PG 5 Suite Hilfe (14.11.2014)
- [9] Nowus Automatisierungstechnik GmbH (18.11.2014): URL: <http://www.nowus.eu/index.html>
- [10] Wuttke Lüftungs- und Klimatechnik GmbH (18.11.2014): URL: <http://www.wuttke-klimatechnik.de/>

## V. Anhang

### Anlage A: Firmenprofil „Nowus Automatisierungstechnik GmbH“



Abbildung 40: Firmenlogo der Firma "Nowus" [9]

Die Firma „Nowus“ ist ein mittelständiges Unternehmen mit Sitz in Magdeburg. Ihr Leistungsspektrum umfasst:

- Die Projektierung, Herstellung, Inbetriebnahme und Wartung elektronischer Steuerungen im besonderen Fabrikate der Hersteller Siemens, Saia und Wago
- Schaltschrankfertigung, -erweiterung und –umbau
- Neuinstallation, Nachrüstung und Umbau von EMSR-Anlagen
- Inbetriebnahme, Diagnose und Wartung von EMSR-Anlagen
- Automatisierungslösungen für:
  - Heizungs-, Lüftungs-, Klima- und Kälteanlagen
  - Kühlwasseranlagen
  - Reinigungsanlagen
  - Filteranlagen
  - Sonderanlagen (Vgl. [9])

## Anlage B: Firmenprofil „Wuttke Lüftungs- und Klimatechnik GmbH“



Abbildung 41: Firmenlogo der Firma "Wuttke" [10]

Die Firma „Wuttke“ mit Sitz in Magdeburg ist eins der marktführenden Unternehmen in Sachsen-Anhalt im Bereich der Lüftungs- und Klimatechnik. Ihr Tätigkeitsfeld umfasst:

- Planung und Montage von Lüftungs-, Klima- und Kältetechnik als Gesamtanlagen oder Bauteilen
- Wartung und Servicearbeiten für Lüftungs-, Klima- und Kälteanlagen (Vgl. [10])

## Anlage C: Kurzbeschreibung „Herrenkrughotel Magdeburg“



Abbildung 42: Hotellogo des "Herrenkrughotels Magdeburg" [5]

Das „Herrenkrughotel Magdeburg“ befindet sich nahe des Stadtzentrums direkt am Elberadweg und der Pferderennbahn. Es wird von der Herrenkrug-Parkanlage umschlossen.

Adresse: Herrenkrug 3, 39114 Magdeburg

Seit dem 1. September 1994 wird das Objekt in dieser Form als Hotel betrieben.

Zu den Angeboten zählen nicht nur Übernachtungen sondern ebenfalls Seminar- und Tagungsräume, Wellness- und Spaprogramme sowie ein gastronomischer Bereich.



Abbildung 43: Biergarten des Hotels

2002 erlitt der Bereich um das Hotel schwere Hochwasserschäden. Die daraufhin verbauten Schutzmaßnahmen halfen jedoch nicht gegen ein erneutes Überfluten des Objektes durch das Jahrhunderthochwasser vom Jahr 2013 (Vgl. [5]).



**Abbildung 44: Luftaufnahme des Hochwassers 2013 im Bereich um das Hotel**

Die Lüftungstechnik ist im Keller untergebracht und wurde durch das eindringende Wasser total zerstört. Die Firma „Wuttke“, die bereits den Neuaufbau nach dem Hochwasser 2002 vollzog, wurde daher für den Wiederaufbau der RLT-Anlagen beauftragt.