



## **Baustandards**

in Gebäuden der Landeshauptstadt München  
Qualitätsvorgaben Haustechnik -  
Gebäudeautomation  
QVH-GA (HLS-MSR)

Stand: 06/2024

**Die Bezeichnung H7 und H8 gilt in allen Dokumenten auch für die Mitarbeiter\*innen der Technischen Gebäudeausrüstung in den Abteilungen H1 und H2.**

### **Vorbemerkungen:**

Im Folgenden sind die Qualitätsvorgaben der Landeshauptstadt München (LHM) an die Gebäudeautomation (GA) beschrieben. Sie betreffen Planung, Ausführung, Dokumentation, Organisation, Sicherheit und Technik. Das Dokument richtet sich an alle Projektbeteiligten, insbesondere an Fachplaner, Projektsteuerer und ausführende Firmen.

Die Qualitätsvorgaben unterliegen laufender Fortschreibung und betreffen Planung und Bauausführung gleichermaßen.

Deren Befolgung entbinden Planer, ausführende Firmen und weitere Projektbeteiligte nicht von ihren in Verträgen festgelegten Pflichten, sowie der Einhaltung und Beachtung gesetzlicher Vorgaben und der anerkannten Regeln der Technik.

Die QVH-GA referenziert auf die AMEV-Gebäudeautomation 08 / 2023.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort .....</b>	<b>6</b>
<b>1. Allgemeines .....</b>	<b>15.....</b>
1.1 Geltungsbereich .....	15..... 7
1.2 Zielsetzung .....	15..... 7
1.3 Aufgaben der Gebäudeautomation .....	16..... 7
1.4 BIM in der Gebäudeautomation .....	17..... 7
1.5 Ausblick .....	18..... 7
<b>2. Strukturen .....</b>	<b>21.....</b>
2.1 Struktur gemäß alter DIN ENISO 15484-2 (2004) .....	21.....
2.2 Struktur gemäß VDI 3814 Blatt 1 .....	22.....
2.3 Struktur der Gebäudeautomation in der IT .....	25.....
2.4 Struktur der Gebäudeautomation bei der Landeshauptstadt München.....	8
2.4.1 Standardisierung der Steuerungs- und MBE-Ebene .....	8
2.4.2 Monitoring.....	9
2.4.3 Ausfallsicherheit .....	9
2.4.4 Bussysteme (Kommunikation) .....	9
2.4.5 Schnittstelle zum Prozeß .....	9
2.4.6 Feldgeräte .....	10
<b>3. GA-Systembausteine.....</b>	<b>27</b>
3.1 Management und Bedieneinrichtung (MBE).....	28..... 12
3.2 Automatisierungsschwerpunkt (ASP).....	28.....
3.3 Automationseinrichtung (AE) .....	29..... 13
3.3.1 Vorgaben für das Offene Standardsystem .....	13
3.3.2 Vorgaben bei Einsatz eines proprietären Systems.....	14
3.3.3 Verhalten der Automatisierung bei Spannungsausfall.....	14
3.3.4 Anforderungen an autarke Steuerungen (Ausnahmefall) .....	14
3.4 Anlagenautomation (AA).....	30.....
3.5 Raumautomation (RA) .....	30.....
3.6 Bedien- und Anzeigeeinrichtung (BAE).....	30.....
3.7 Datenschnittstelleneinheiten (DSE) Gateway, Koppler .....	30.....
3.8 Lokale Vorrangbedieneinheit (LVB) .....	30..... 15
3.8.1 Technik, Ausführung.....	15
3.8.2 Inhalte.....	15
3.8.3 Watchdog .....	15
3.9 Feldgeräte .....	31..... 15
3.9.1 Kommunikation zur Feldebene .....	15
3.9.2 Allgemeine technische Anforderungen an die Feldgeräte .....	16
3.9.3 Pumpen .....	16
3.9.4 Ventile .....	16
3.9.5 Temperaturfühler .....	16
3.9.6 Durchflußmessung.....	16
3.9.7 Druckmessungen.....	16
3.9.8 Energiezählung (Wärme).....	16

3.9.9	Energiezählung (Strom) .....	17
3.9.10	Zähler für Wasser .....	17
3.9.11	Liefergrenzen für Zähler.....	17
3.10	Gebäudeautomationsfunktionen (BA-Funktionen) .....	32
<b>4.</b>	<b>Netzwerke (der Gebäudeautomation) .....</b>	<b>33</b>
4.1	Aufbau .....	34
4.2	Verkabelung .....	36
4.3	Protokollbeispiele .....	38
4.4	Bereiche der Nutzung für gemeinsame Daten aus dem GA-Netz .....	40
4.5	Kommunikation .....	41
4.6	Netzwerkplanung .....	42
<b>5.</b>	<b>Protokolle, Dienste und Schnittstellen in der Gebäudeautomation .....</b>	<b>44</b>
5.1	BACnet .....	44
5.2	BACnet/SC .....	44
5.3	BACnet MS/TP .....	45
5.4	KNX .....	45
5.5	LonWorks .....	45
5.6	FND .....	46
5.7	AMEV-GA-Plattform.....	46
5.8	OPC und OPC-UA .....	46
5.9	Web-Services .....	47
5.10	Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) .....	47
5.11	Modbus RTU und Modbus TCP .....	47
5.12	CAN .....	48
5.13	PROFIBUS .....	48
5.14	M-Bus .....	48
5.15	Single Pair Ethernet (SPE) .....	48
5.16	Digital Addressable Lighting Interface (DALI).....	48
5.17	Standard Motor Interface (SMI).....	49
5.18	OMS (Wireless M-Bus) .....	49
5.19	EnOcean .....	49
5.20	ZigBee .....	49
5.21	Z-Wave.....	49
5.22	Long Range (LoRa) .....	50
5.23	Matter .....	50
5.24	Connectivity Standards Alliance.....	50
5.25	Open Connectivity Foundation (OCF) .....	51
<b>6.</b>	<b>Konzeption der Gebäudeautomation .....</b>	<b>52</b>
6.1	Grundlagen.....	52
6.2	Bedarfsplanung / -ermittlung.....	54
6.2.1	Betreiberkonzept .....	55
6.2.2	GA-Lastenheft .....	56
6.3	Wirtschaftlichkeit.....	59
6.4	Energieeinsparung.....	60
6.5	Elektroinstallation und GA-Schaltschränke .....	62
6.5.1	Gesetzliche Vorgaben, Unfallverhütung.....	21

6.5.2	Elektroinstallation.....	21
6.5.3	Anordnung von Schaltschränken .....	22
6.5.4	sonstige Anforderungen.....	22
6.5.5	Planung, Dokumentation.....	22
6.5.6	Kabel .....	22
6.5.7	USV-Anlage.....	23
6.5.8	Prüfung der MSR-Anlage.....	23
6.5.9	Räume für GA-Schaltschränke .....	23
6.6	Gewerkeübergreifende Systemintegration .....	62..... 23
6.6.1	Neubauten .....	64..... 23
6.6.2	Bestandsbauten.....	64..... 23
6.6.3	Variante A: Inselbetrieb als Teil eines Migrationskonzeptes.....	65.....
6.6.4	Variante B: Priorisierung GA-Management als Teil eines Migrationskonzeptes .....	65.....
6.6.5	Variante C: Dezentrale Interimslösung.....	66.....
6.7	Reaktionszeiten .....	66.....
6.8	Informationssicherheit und Datenschutz in der Gebäudeautomation .....	67.....
6.8.1	IT- und OT-Sicherheitskonzept .....	67.....
6.8.2	Datenschutz.....	69.....
<b>7.</b>	<b>Planung, Ausschreibung und Ausführung .....</b>	<b>71</b>
7.1	Auswahlkriterien und Anforderungen bei der GA-Fachplanung.....	71
7.2	Umsetzen der Nutzer- und Betreiberanforderungen.....	73.....
7.3	Kostenplanung.....	73..... 24
7.4	Ausschreibung, Vergabe und Ausführung.....	76..... 24
7.4.1	Allgemeine Hinweise .....	24
7.4.2	Terminplanung.....	24
7.5	Überprüfung der Leistungen sowie Vorbereitung und Durchführung der Abnahme .....	80..... 25
7.5.1	Testanforderungen .....	25
7.5.2	Probetrieb .....	25
7.5.3	Zeit und Ressourcen für Tests .....	25
<b>8.</b>	<b>Übergabe und Übernahme von GA-Systemen.....</b>	<b>82</b>
8.1	Inbetriebnahmemanagement .....	82
8.2	Bestandsunterlagen.....	83..... 26
8.3	Monitoring in der TGA.....	84..... 26
8.3.1	Verbrauchszählung: Endenergie.....	26
8.3.2	Verbrauchszählung: elektrische Energie.....	26
8.3.3	Wärmeerzeugung und allgemeine Größen .....	26
8.3.4	Messungen am Verteiler .....	27
8.3.5	Lüftungsanlage .....	27
8.3.6	Pufferspeicher .....	27
8.3.7	Frischwasserstation .....	27
8.3.8	elektrische Durchlauferhitzer .....	27
8.3.9	Hebeanlage .....	27
8.3.10	Fettabscheider.....	27
8.3.11	Wasserzähler.....	28

<b>9.</b>	<b>Betrieb</b> .....	87
9.1	Betreiberorganisation.....	87
9.1.1	Eigenbetreiben .....	87
9.1.2	Fremdbetreiben .....	88
9.2	Betriebspersonal.....	88
9.3	Betreiberverantwortung .....	89
9.4	Instandhaltung und laufende Prüfung der Anlagen .....	90
9.5	IT-/OT-Sicherheit im Betrieb .....	91
9.6	GA zur Unterstützung des Energiemanagements .....	93..... 29
<b>10.</b>	<b>Anhang</b> .....	95
	Anlage 1 – Beispiele zur Visualisierung einzelner Anlagen .....	96
	Anlage 2 – Beispiele vollständiger Anlagenbilder auf einer MBE .....	97
	Anlage 3 – Raumautomation .....	101
	Anlage 4 – Energieeffizienzklassen GA (Gebäudeautomationsgrade) .....	105
	Anlage 5 – Anlagenkennzeichnungsschlüssel (AKS) .....	108
	Anlage 6 – GA-Funktionen.....	111
	Anlage 7 – GA-Kommunikationsprotokolle im OSI-Modell .....	112
	Anlage 8 – Checkliste für das Lastenheft.....	113
	Anlage 9 – Planungsunterlagen für die Gebäudeautomation .....	119
	Anlage 10 – Unterlagen für Montage und Betrieb der GA .....	121
	Anlage 11 – GA-Abnahme (Checkliste) .....	124
	Anlage 12 – Leistungsbild Gebäudeautomation.....	130
	Anlage 13 – Zustandsanalyse der Gebäudeautomation (ZAGA).....	149
	Anlage 14 – Auswahl wichtiger Vorschriften und Regelwerke.....	156
	<b>Anhang</b>	
	<b>Ergänzende Anlagen der Landeshauptstadt München</b> .....	30

## **1. Allgemeines**

### **1.1 Geltungsbereich**

Der Anwendungsbereich erstreckt sich bei den Gebäuden der Landeshauptstadt München auf alle:

- Neu-, Um- und Erweiterungsbauten;
- Sanierungen, Modernisierungen und Erneuerungen;
- Instandhaltungsmaßnahmen.

### **1.2 Zielsetzung**

Der Klimaschutz erfordert eine zunehmend komplexe Anlagentechnik, die zu automatisieren und zu monitoren ist. Die Landeshauptstadt München hat einen sehr großen Anlagenpark zu betreiben.

Dies stellt eine besondere Herausforderung an die Gebäudeautomation dar. Ziel kann daher nur sein, die Gebäudeautomation zu standardisieren und systemoffen aufzubauen. Proprietäre (firmenspezifische) Strukturen und Elemente sind zu vermeiden.

### **1.3 Aufgaben der Gebäudeautomation**

Die Gebäudeautomation ist für die Regelung und Steuerung der haustechnischen Anlagen zuständig. Weiterhin ermöglicht sie die Bedienung und Beobachtung des Anlagenprozesses, einschließlich der Alarmverwaltung. Ebenso stellt sie Werkzeuge für das Monitoring der Prozeßdaten, als auch der für das Energiemonitoring zur Verfügung.

### **1.4 BIM in der Gebäudeautomation**

### **1.5 Ausblick**

## **2. Strukturen**

### **2.1 Struktur gemäß alter DIN ENISO 15484-2 (2004)**

### **2.2 Struktur gemäß VDI 3814 Blatt 1**

### **2.3 Struktur der Gebäudeautomation in der IT**

## **2.4 Struktur der Gebäudeautomation bei der Landeshauptstadt München**

Aufgrund der großen Anzahl der Gebäude und Liegenschaften ist die Standardisierung der Gebäudeautomation (GA) erforderlich. Dies betrifft alle Bereiche (Feldgeräte, Steuerung, Leitsystem und Monitoring). Somit ist ein wirtschaftlicher und energieeffizienter Betrieb der Anlagen bei sinnvollem Personal- und Ressourcenaufwand möglich.

Dem Aufbau (Struktur) der Gebäudeautomation bei der LHM liegen daher folgende Überlegungen zugrunde:

### **2.4.1 Standardisierung der Steuerungs- und MBE-Ebene**

Die haustechnischen Anlagen sind trotz all ihrer Verschiedenheiten durch einen großen Wiederholungsfaktor gekennzeichnet, da Teilanlagen (Heizkreise, Lüftungsanlagen usw.) in einem Gebäude, bzw. über die Gesamtheit der Gebäude / Liegenschaften in ihren Funktionen identisch sind. Trotz inzwischen gestiegener Anforderungen ist die Komplexität der Anlagen überschaubar. Viele Themen der Automatisierung, wie sie in anderen Branchen vorkommen, wie z.B. hochgradig zeitkritische Prozesse, usw. sind selten oder gar nicht vorhanden.

Daraus leiten sich folgende Grundsätze für die Automatisierung ab:

- Transparenter und einheitlicher Aufbau

Die Automatisierung soll über alle Anlagen hinweg einheitlich und strukturiert aufgebaut sein. Dies betrifft insbesondere auch die softwaretechnischen Applikationen (für die Steuerungs- und Leitsystemebene). Programmstrukturen sollen transparent sein und sind offenzulegen (u.a. wichtig für Tests, nachträgliche Erweiterungen / Änderungen).

- Klassenbibliothek

Der große Wiederholungsfaktor in den Anlagen macht die Bildung einer standardisierten Klassenbibliothek für Automatisierung und Monitoring sinnvoll. Eine Klassenbibliothek hat u.a. folgende Vorteile:

- einheitliche Programmstrukturen für Automatisierung, Leittechnik und Monitoring
- Reduzierung der Fehlerrate durch Verwendung getesteter und in der Praxis bewährter Programmodule
- Vereinfachung von Erstellung, Test, Inbetriebnahme und Wartung
- Sicherung der Qualität

Voraussetzung für eine Klassenbibliothek ist der Einsatz eines einheitlichen und standardisierten Automatisierungs-Produktes über den gesamten Anlagenpark.

- Automatisierungsfunktionen

Sämtliche Automatisierungsfunktionen sind grundsätzlich im Automatisierungsgerät abzubilden. Das Zusammenspiel der einzelnen Programm-Module ist damit leichter zu programmieren, zu testen und nachzuvollziehen.

- Vermeidung autarker Systeme

Autarke Steuerungen (z.B. für Fernwärme, Lüftung, Volumenstromregler, Kaskadenschaltungen, Einzelraumregelung, sog. „Energieventile“ usw.) führen zur Zersplitterung der Automatisierung in zahlreiche Subsysteme, die aufwändig einzubinden und teuer zu warten sind. Autarke Systeme sind daher grundsätzlich zu vermeiden. Ausnahmen sind frühzeitig (Vorplanung) mit BAU-H72-GA abzustimmen und zu dokumentieren.



Die o.g. Punkten lassen sich durch ein einheitliches System, das über alle Anlagen standardisiert ist, erfüllen. Ein Standardsystem bedingt jedoch eine Produktvorgabe, die an restriktive vergaberechtliche Voraussetzungen gebunden ist. Abgesehen davon führt es zur Abhängigkeit von einem einzigen Hersteller mit schwerwiegenden Nachteilen, wie z.B. Lizenzkosten, teurem Support usw.

Der Einsatz eines offenen Standardsystems (auf Open-Source-Basis) vermeidet diese Nachteile und ermöglicht trotzdem jedem Bieter, am Wettbewerb teilzunehmen. Das bei der LHM einzusetzende Standardsystem ist unter Pkt. 3.3.1 näher beschrieben und grundsätzlich zu verwenden. Der Einsatz eines proprietären Systems ist in Absprache mit dem Sachgebiet H72-GA zu klären.

#### **2.4.2 Monitoring**

Die Monitoringsfunktionen sollen über den gesamten Anlagenpark hinweg identisch sein, allein schon, um die Vergleichbarkeit der Anlagen untereinander zu ermöglichen (Benchmarking). Zudem ist es nötig, aus dem Monitoring heraus Schaltfunktionen ausführen zu können, um z.B. Energieflüsse zu steuern. Schaltfunktionen sind nur über das Leitsystem möglich. Daher ist die Verknüpfung von Monitoringsfunktionen mit dem Leitsystem erforderlich (hierzu Punkte 6.4 und 9.6). Sinnvollerweise sind die Monitoringsfunktionen im Leitsystem integriert, bzw. aus diesem heraus aufrufbar.

#### **2.4.3 Ausfallsicherheit**

Bei Ausfall des Automatisierungssystems ist durch die Lokale Vorrangbedienung eine Rückfallebene vorhanden. Diese sollte in der Regel ausreichend sein. Es ist zudem möglich, die automatisierungstechnische Applikation auf einer Ersatz-Hardware zu halten und bei Ausfall in das Produktivsystem einzubringen (organisatorische Redundanz). Darüberhinausgehende Redundanzen, wie z.B. Hot-Stand-By-Systeme, redundante Kommunikationssysteme usw. sind nicht erforderlich.

#### **2.4.4 Bussysteme (Kommunikation)**

Das Bussystem soll einfach und leicht zu konfigurieren sein. Da die Steuerungsfunktionen und Regelkreise im Automatisierungsgerät abgebildet sind, kann auf autarke Systeme (siehe Punkte 2.4.1 und 2.4.6) i.d.R. verzichtet werden. Somit können komplexe Bussysteme, die aufwändig zu implementieren, zu testen, zu warten usw. sind, entfallen.

#### **2.4.5 Schnittstelle zum Prozess**

- Die Anbindung der Aktoren und Sensoren an die Automatisierungstechnik (Eingangs- / Ausgangssignale, sog. Feldebene) erfolgt grundsätzlich über die Einheitssignale (DIN IEC 60381), bzw. über Widerstandsmessungen (z.B. PT 1000). Dies ermöglicht die einheitliche, transparente, unkomplizierte und leicht testbare Prozeßankopplung.
- Die Signale werden jedoch nicht direkt auf eine DDC / SPS aufgelegt, sondern über ein Feldbussystem mit dem Automatisierungsgerät verbunden. Dadurch erreicht man die Entkopplung der Automatisierungsebene vom Prozeßanschluß. Der Geräte austausch wird einfacher, die Anlagenverfügbarkeit wird erhöht und man wird unabhängiger von hochgradig proprietären Produkten. Dies wirkt sich vorteilhaft auf Kosten, Schulungs- und Personalaufwand aus.
- Das technischen Anforderungen an das Feldbussystem sind unter Pkt. 3.9.1 näher beschrieben.

### 2.4.6 Feldgeräte

Feldgeräte sollen ihre eigentlichen Kernaufgabe wie das Messen, bzw. das Umsetzen von Stellsignalen (Motordrehzahl, Ventilstellungen) erfüllen. Funktionen darüberhinaus müssen (und sollen sie) nicht übernehmen.

Als Verbundgeräte oder multifunktionale Feldgeräte werden im Folgenden solche Feldgeräte bezeichnet, die mehrere Sensoren und / oder Aktoren in einem Gerät besitzen und in diesem Konstrukt weitergehende Auswertungen und / oder Regelaufgaben erfüllen (z.B. sog. „intelligente“ Ventile, „Energieventile“, Verbundwärmehzähler, usw.). Solche Geräte kommen grundsätzlich nicht zum Einsatz. Die entsprechenden Funktionalitäten sind vielmehr in der Automatisierungsebene abzubilden. In gewisser Weise entsprechen die multifunktionalen Feldgeräte autarken Systemen (siehe Pkt. 2.4.1), bzw. ist die Grenze zu diesen fließend

Dies bedeutet im Einzelnen:

- Sämtliche Steuerungen und Regelkreise laufen im Automatisierungsgerät. Ausgenommen hiervon sind selbstverständlich die internen Regelkreise eines Gerätes, z.B. die interne Motorsteuerung eines Pumpenmotors.
- Meßgeräte sollen ihre ureigene Aufgabe, nämlich der Erfassung elementarer Prozeßgrößen, wie z.B. Temperatur, Druck, Volumen- oder Massenstromstrom, usw., erfüllen. Die Bildung abgeleiteter Größen für weitergehende Auswertungen, z.B. Energie (eigentlich Leistung) findet sinnvollerweise in der Automatisierungsebene statt. Ausnahme hiervon sind abrechnungsrelevante Zähler.

Es ergeben sich folgende Vorteile:

- Einfacher Ersatz und Austausch der Sensorik  
Bei Ausfall eines Sensorelementes (z.B. Temperaturfühler) muß nicht das ganze Gerät (z.B. Energieventil, Wärmehzähler) getauscht werden oder durch den Hersteller (teuer) repariert werden, sondern nur das tatsächlich beschädigte Teil ist zu ersetzen.
- Kein Erfordernis von Spezialwissen  
Beim Ersatz / Austausch von Verbundgeräten sind häufig Konfigurationen am Gerät oder den Schnittstellen erforderlich. Dies erfordert in der Regel Spezialkenntnisse, entsprechende Programmierwerkzeuge sowie entsprechenden Kostenaufwand.
- Vermeidung von immer wiederkehrenden Updates  
Im Vergleich zu einfachen Sensoren und Aktoren benötigen multifunktionale Feldgeräte (aufgrund der eingebauten Meß-, Steuerungs- und Regelungsfunktionen) ein gewisses Maß an Softwareupdates. Dies kann Änderungen an Parametern oder Einstellungen nach sich ziehen. Es besteht die latente Gefahr, daß man Schnittstellen anpassen muß oder Daten nicht mehr richtig ankommen. Aufwändige Fehlersuche kann die Folge sein.
- Lebensdauer und Energieverbrauch  
Verbundgeräte, bzw. multifunktionale Feldgeräte erfordern zusätzliche Rechnerleistung, speicherintensive Datenbanken und insgesamt höheren Stromverbrauch.  
Auch ist aufgrund der komplexeren Technik (mit einem hohen Softwareanteil) von einer höheren Ausfallrate auszugehen. Bei Ausfall bieten Hersteller gerne Nachfolgeprodukte an (mit propagierten verbesserten Eigenschaften). Dies fördert die Tendenz, bestehende Geräte früher als nötig zu entsorgen, was die Kosten im Betrieb erhöht. Zudem kostet die Herstellung eines Neugerätes ebenfalls Energie, was die Energiebilanz im Sinne des Klimaschutzes ungünstig beeinflusst.

- Vermeidung von Mehrfachmessungen

Ein Meßwert, z.B. eine Temperatur, wird tendenziell mehrfach gemessen, wie dies beim Einsatz von Verbundgeräten geschieht.

Beispiel Energieventil und Wärmezähler:

- Energieventil: Messung von Durchfluß und Temperaturen
- Wärmezähler: nochmalige Messung von Durchfluß und Temperaturen
- Automatisierungsgerät / Leitsystem: i.d.R. nochmalige Messung der Temperaturen

- Vorteile für die IT-Sicherheit

Verbundgeräte, bzw. multifunktionale Feldgeräte laufen mit Internet-fähigen Protokollen. Hersteller haben ein Interesse daran, zu sehen, wie ihr Gerät im Praxisbetrieb läuft und dringen auf Fernzugriff über das Internet. Für die IT-Sicherheit erhöht dies den Aufwand zur Herstellung und Erhaltung des nötigen Sicherheitsniveaus, bzw. es besteht eine potentielle Bedrohungslücke. Allein der Verzicht auf derartige Technologien ist bereits ein Gewinn für die IT-Sicherheit.

### 3. GA-Systembausteine

Der grundsätzliche Aufbau (Topologie) für die bei der LHM verwendeten GA-Struktur leitet sich aus den unter Kap 2 erläuterten Grundsätzen ab. In der Einführungsphase des offenen Standard-Systems (siehe Pkt. 3.3.1) können proprietäre Systeme noch zugelassen werden. Daher besteht für diesen Fall ebenfalls eine Muster-Topologie. Somit bestehen derzeit zwei Muster-Topologien:

- **A2-GA** – Muster-Topologie für das offene Standardsystem und
- **A3-GA** – Muster-Topologie ein proprietäres System

Beiden Muster-Topologien liegt das Feldbusklemmenkonzept (siehe Pkt. 3.9.1) zugrunde.

#### 3.1 Management und Bedieneinrichtung (MBE)

Die Gebäudeleittechnik (Gebäude-Leit-Technik = GLT) entspricht weitgehend der Management- und Bedieneinrichtung (MBE) vor Ort in der Liegenschaft. Daher wird im Folgenden auch der Begriff Gebäudeleittechnik (GLT) synonym für die MBE verwendet.

- Zentrale Rechner für die Gebäudeleittechnik vor Ort

Die Gebäudeleittechnik ist auf einem eigenen Rechner (Prozessserver in Form eines Industrie-PCs) aufzusetzen. Dieser (lokale) Prozessserver hält das Datenmodell der Anlage (vor Ort) und stellt die Schnittstelle zur Steuerungsebene dar. Die Zugriffe auf die GLT-Oberfläche erfolgen über das Remote Desktop Protokoll (RDP). Damit können die Client-Rechner ohne gesonderte Software auskommen. Es ist der gleichzeitige Zugriff von 20 Remote-Systemen zu ermöglichen.

- Umsetzung bei Einsatz des offenen Standardsystems

Im Falle des offenen Standardsystems (siehe Pkt. 3.3.1) enthält der Prozessserver neben der Leitsystemfunktion auch die Steuerungsapplikation.

- Umsetzung bei Einsatz eines proprietären Systems

Im Falle eines proprietären Systems (siehe Pkt. 3.3.2) hingegen ist die Steuerungsapplikation auf einem oder mehreren SPS-, bzw. DDC-Systemen implementiert.

- Benutzeroberfläche

Für die Gestaltung der Benutzeroberflächen des Leitsystems gelten die Empfehlungen der VDI-Richtlinie 3814, Blatt 2.3, Ausgabe September 2019, als verbindliche Vorgabe. Die detaillierte Ausgestaltung dieser Punkte ist im Muster-LV unter den Vorbemerkungen zur Position Leitsystem zu finden. Die Planungen sind darauf abzustellen.

Im Falle aus Sicht des Planers oder Auftragnehmers, bzw. des Bieters, widersprüchlicher oder unklarer Aussagen ist die Klärung mit dem Auftraggeber herbeizuführen und nach dessen Maßgabe zu verfahren, bzw. im Falle der Bearbeitung des Leistungsverzeichnisses, dessen Vorgabe zu berücksichtigen und der Preiskalkulation zugrunde zu legen.

- Redundantes Leitsystem

Bei großen Anlagen kann u.U. der Aufbau eines redundanten Leitsystems in Betracht gezogen werden. Dies ist mit dem Auftraggeber, BAU-H72-GA, abzuklären.

- Datenpunkte

Auf die Gebäudeleittechnik sind alle physikalischen Datenpunkte aufzuschalten, ebenso virtuelle Datenpunkte (z.B. Sollwerte, Zeitschaltprogramme). Jeder Datenpunkt ist anzuzeigen und muss in Diagrammen darstellbar sein.

Von der Aufschaltung irrelevanter, nicht aussagekräftiger Datenpunkte wie z.B. Hauptschalter AUS, Energiezählung des MSR-Schaltschranks usw. auf die ZLT ist abzusehen.

- Lokalisierung der Anlagenüberwachung

Für die Anlagenüberwachung soll an zentraler Stelle (z.B. Amtsmeisterzimmer) ein Leitsystem (in Form eines Clients mit RDP-Zugriff auf den Prozessserver) aufgebaut werden. Bei kleinen Anlagen (z.B. Kita oder nur eine ASP) kann dieser Client entfallen. Hierzu ist eine Abstimmung mit H7 erforderlich.

- Aktualität von Betriebssystem und Grundsoftware

Die Leitsystemapplikation ist mit den jeweils aktuellen Ständen des Betriebssystems, bzw. der Grundsoftware zu erstellen.

- Datenexport

Ein Datenexport über das CSV-Format muss möglich sein.

- Drucker

Auf den Einbau eines Druckers ist zu verzichten.

- Fernzugriff für den Auftragnehmer

Dem Auftragnehmer kann ein Fernzugriff (zulässig RDP, jeweils aktuelle Version) via GAKnoten auf das Leitsystem ermöglicht werden. Der Fernzugriff ist mit der Abteilung H9 des Baureferates abzuklären.

- Touchpanel

In jedem Automationsschwerpunkt (ASP) ist ein Client in Form eines, mind. 17-Zoll-Touchpanels (farbig) einzubauen; abhängig von Anlagengröße und anzuzeigendem Inhalt auch größer (Abstimmung hat im Planungsablauf mit H7 stattzufinden). Diese greifen auf den Prozessserver (siehe Pkt. 3.1) zu.

### 3.2 Automationsschwerpunkt (ASP)

### 3.3 Automationseinrichtung (AE)

Für die Realisierung der Automatisierungseinrichtungen bestehen zwei Optionen, die nachfolgend beschreiben sind. Im ersten Fall (Pkt. 3.3.1) enthält die Automatisierung auch die MBE.

#### 3.3.1 Vorgaben für das Offene Standardsystem

Als Offenes Standardsystem kommt das Open-Source Automatisierungs- und Leitsystem ProviewR zum Einsatz.

Dieses wurde ursprünglich für den industriellen Einsatz entwickelt und ist ein ausgereiftes, integriertes, skalierbares, objektorientiertes Automatisierungssystem, das seit Jahrzehnten in der Praxis bewährt ist. ProviewR ist unter der GNU/GPL lizenziert und läuft auf einem Linux-Standardsystem. Steuerung und Leitsystem sind in einer Applikation realisiert. Es entfällt die üblicherweise getrennte Programmierung des Steuerungs- und Leitsystems.

ProviewR ist grundsätzlich in jedem Projekt einzusetzen. Das Zulassen eines proprietären Systems ist frühzeitig (mit der Vorplanung) zu begründen und mit BAU-H72-GA abzuklären und zu dokumentieren. Auch in den fortgeschrittenen Planungsphasen, bzw. bei Umbauten / Erweiterungen im Bestand ist diese Abstimmung jeweils vorzunehmen.

Bei Einsatz von ProviewR ist die Klassenbibliothek **CVolGA** (**C**ustomer **V**olume **G**ebäude**A**utomation) zu verwenden.

Diese kann unter

<http://www.proview.se/v3/index.php/com-kunena-forum-tools/extern-modules>

bzw.

<http://www.proview.se/extern/cvolga.tgz>

bezogen werden.

Für die Erstellung der Applikation sind deren Elemente zu verwenden und – wo notwendig – zu konsolidieren. Alle nicht in dieser Bibliothek enthaltenen Elemente sind als zusätzliche Klassen in der Bibliothek anzulegen. Erweiterungen oder Änderungen an der Klassenbibliothek sind stets mit dem Auftraggeber abzustimmen. Sämtlich geschriebener Code ist zu dokumentieren und geht in das Eigentum der Landeshauptstadt München über.

Die ProviewR-Applikation ist auf einem Industrie-PC umzusetzen. Dieser fungiert als Prozessserver und enthält zusätzlich eine Open-Source-Datenbank (z.B. My-SQL) für das Monitoring.

Aus Redundanzgründen ist die Applikation zusätzlich auf einen hutschienentauglichen leistungsgerechten, industrietauglichen Einplatinen-Rechner aufzubringen (ggf. unter Verzicht auf die Datenbank), der bei Systemausfall in das Netzwerk eingebracht werden kann (Lagerung neben IPC, incl. Netzteil).

Der ProviewR-Controller ist mit einem RDP-Server (Xrdp) ausgestattet, der so eingerichtet ist, dass jeder RDP-Client automatisch und nur mit der ProviewR-Bedienoberfläche verbunden wird. Für die Aufzeichnung der Prozessinformationen (Historische Werte und Meldungen) wird die MySQL / MariaSQL-Datenbank verwendet. Die Zeitsynchronisation mit dem technischen Netzwerk erfolgt über NTP. Der ProviewR-Prozessserver ist mit dem Betriebssystem Debian (stable) ausgestattet

### **3.3.2 Vorgaben bei Einsatz eines proprietären Systems**

Im proprietären Fall ist das Automatisierungsgerät in Form einer SPS / DDC aufzubauen.

- Die Steuerungs- bzw. Regelungsaufgabe ist gemäß VDI 3814 darzustellen. Diese sind mit dem Auftraggeber in der Planungsphase durchzusprechen und nach dessen Maßgabe entsprechend anzupassen.
- Die Quellen der (Anwendungs-)Programmierung sind dem Auftraggeber in editierbarer Form, bzw. im Originalformat zu übergeben (einschließlich der entsprechenden Zugangscodes).
- Das Steuerungssystem dient ausschließlich der Software zur Regelung und Steuerung des Anlagenprozesses, sowie der erforderlichen Kommunikation mit der Leitsystemebene. Es enthält keine eigene Visualisierung
- Für die Automationsstation ist eine Leistungsreserve (Prozessoren-Leistung, Speicherplatz, Systembusleistung usw.) von mindestens 20% vorzuhalten.
- Die Automationsstation muß autark – auch bei Ausfall der Gebäudeleittechnik – laufen.
- Das Steuerungsprogramm ist stets auf einer Speicherkarte (z.B. Flash-Speicher) zu lokalisieren. Diese Speicherkarte muss bei Austausch der Steuerung neu gesteckt werden können. Eine zweite Speicherkarte mit identischem Inhalt ist im Schaltschrank in einer dafür geeigneten Halterung vorzuhalten.

### **3.3.3 Verhalten der Automatisierung bei Spannungsausfall**

Das Steuerungsprogramm und die hinterlegten Parameter müssen bei Spannungsausfall vollständig erhalten bleiben. Das System muss bei Spannungswiederkehr selbsttätig wieder hochlaufen und in den Automatikbetrieb übergehen.

### **3.3.4 Anforderungen an autarke Steuerungen (Ausnahmefall)**

Sofern autarke Steuerungen unumgänglich sind, sind deren Parameter, wie z.B. Soll-, Istwerte, Ein- und Ausschaltzeiten, Fahrweisen, Betriebsstunden, usw. über Busprotokolle (Modbus) auszulesen und im Gebäude-Leitsystem darzustellen. Die Inhalte sind mit dem Auftraggeber abzustimmen.

## **3.4 Anlagenautomation (AA)**

## **3.5 Raumautomation (RA)**

## **3.6 Bedien- und Anzeigeeinrichtung (BAE)**

## **3.7 Datenschnittstelleneinheiten (DSE) Gateway, Koppler**



### 3.8 Lokale Vorrangbedieneinheit (LVB)

#### 3.8.1 Technik, Ausführung

- In die Schaltschranktüre ist eine Lokale Vorrangbedienung (LVB) gemäß DIN EN 16484-2 einzubauen. Die LVB muss von außen, d.h. ohne Öffnen des Schaltschranks, bedienbar sein.
- Die LVB muss unabhängig von der Steuerung (DDC, SPS) funktionieren, bzw. bei dessen Ausfall die manuelle Steuerung ermöglichen.
- Die LVB ist in 19-Zoll-Bauweise oder gleichwertig auszuführen.
- Die Größe der Schalter und Knöpfe ist so auszuführen, dass sie für das Wartungs- und Servicepersonal leicht bedienbar sind. Die Anzeige erfolgt über LED-Lampen in Rot, Gelb und Grün.
- Die LVB ist in Analogie zur Feldbusklemme ebenfalls über das Protokoll Modbus TCP/IP in die Automatisierung einzubinden. Hierzu sind ggf. RTU-TCP/IP-Umsetzer notwendig.

#### 3.8.2 Inhalte

- Die LVB bezieht sich im Wesentlichen auf die Gewerke Heizung, Lüftung, Sanitär.
- Bei den übrigen Gewerken sollen die Störmeldungen (ggf. auch Betriebsmeldungen), wie z.B. Störung Lüftung Küche, Störung Kältemaschine, Störung Hebeanlage, usw. per LED angezeigt werden.
- Die Inhalte für die LVB sind in den Planungsphasen mit dem Auftraggeber abzustimmen.

#### 3.8.3 Watchdog

Die LVB muss über eine Watchdog-Funktionalität verfügen. Bei Ausfall der Automatisierung geht die Anlage in einen definierten Zustand über. Dieser Zustand ist durch den Planer projektspezifisch festzulegen und mit dem Auftraggeber abzustimmen.

### 3.9 Feldgeräte

Wie bereits unter Pkt. 2.4.6 erläutert, sollen Feldgeräte ihre Kernaufgabe erfüllen. Darüberhinausgehende Funktionen sind nicht notwendig.

#### 3.9.1 Kommunikation zur Feldebene

Die Kommunikation mit der Feldebene geschieht über die Busklemme (auch Feldbusklemme genannt). Diese besteht aus Einsteckkarten (Eingangs-Ausgangs-Karten, EA-Karten) sowie einer Kommunikationseinheit (Feldbuskoppler, Buskoppler) für den Anschluss an die Automati- onsebene. Für die Busklemme findet auch der Begriff RIO (engl. Remote Input / Output = RIO) Verwendung.

- Der Feldbuskoppler wickelt ausschließlich den Datenverkehr ab und besitzt keinerlei Steuerungsfunktionalität oder eigene Prozessanschlüsse.
- Für die Kopplung der Feldebene ist immer die Busklemme in Verbindung mit Modbus TCP/IP einzusetzen. Dies gilt insbesondere auch bei Einsatz eines proprietären Systems.
- Die EA-Karten sind unabhängig von der Signalart – beliebig aneinanderreihbar.
- Zur Anbindung zusätzlicher EA-Karten muss das interne Bussystem der Busklemme um mindestens fünf Meter über entsprechende Verlängerungsbaugruppen erweiterbar sein. Somit ist eine Erweiterung der EA-Karten ohne zusätzlichen Kommunikations-Controller möglich.

### **3.9.2 Allgemeine technische Anforderungen an die Feldgeräte**

- Feldgeräte sind mit einer Kabelverschraubung, mindestens in IP 54, zu versehen.
- Die MSR-Firma hat die genaue Gerätebezeichnung in den Stromlaufplan einzutragen.
- Der elektrische und steuerungstechnische Anschluss der Feldgeräte: Grundsätzlich Signalleitungen mit JH(St)H nx2x0,8 (0,8mm Durchmesser)

### **3.9.3 Pumpen**

Die Spannungsversorgung erfolgt über 230/400V AC; Stellsignal: 0-10V DC oder 4-20 mA; Störung 0/24V Digital, ggf. Betriebsmeldung, diese ebenfalls in 0/24V Digital.

### **3.9.4 Ventile**

Spannungsversorgung der Ventilantriebe erfolgt über 24V AC/DC; Stellsignal 0-10V DV oder 4-20 mA, Störung 0/24V Digital. Die Ventilantriebe müssen entsprechend ausgestattet sein. Dies ist im Heizungs-LV sicherzustellen.

Ventilantriebe müssen über eine einrastbare Handstellmöglichkeit verfügen.

### **3.9.5 Temperaturfühler**

Für Temperaturmessungen sind Widerstandsthermometer in PT1000, Klasse A gemäß DIN EN 60751 zu verwenden.

Bei Einsatz der Temperaturfühler zur Bildung der Wärmeleistung (Wärmezählung) sind paarweis abgegliche PT500-Fühler einzusetzen. Diese Fühler müssen der Klasse AA (DIN EN 60751) entsprechen.

Der Anschluss der Fühler erfolgt in 2-Leitertechnik.

### **3.9.6 Durchflussmessung**

Durchflussmessgeräte dienen dem Anlagenmonitoring (z.B. hydraulische Zustände in einem Heizkreis). Durch Verknüpfung mit Temperaturen lassen sich damit zusätzlich Wärmemengen bilden und für das Energiemonitoring nutzen.

Zudem können sie in Regelungskreise eingebunden sein.

Versorgungsspannung: 24V AC/DC. Ausgabesignal: 0,0V (oder mit versetztem Nullpunkt: 0,5V; 1,0V; 2,0V) bis 10V oder 4-20 mA.

Bei Durchflussmessern ist darauf zu achten, die entsprechenden Mindestabstände für Einlauf- und Auslaufstrecken zu beachten. Hierauf ist in Planung und Bauüberwachung zu achten.

### **3.9.7 Druckmessungen**

Druckmessungen dienen ebenfalls dem Anlagenmonitoring (z.B. hydraulische Verhältnisse in den Heizkreisen). Probleme oder Fehler in der Anlage können sich u.a. an den Druckverhältnissen zeigen.

### **3.9.8 Energiezählung (Wärme)**

Für die Energiezählung werden - sofern nicht abrechnungsrelevant - Durchflussmessungen und abgegliche PT500-Fühler verwendet. Die Bildung der Leistungs- und Energiewerte erfolgt im Automatisierungsgerät. Dies ermöglicht die einheitliche Berechnung (z.B. Verdichtung der Werte, Vergleichbarkeit) über alle Anlagen hinweg, sowie die Mehrfachnutzung der Messtechnik und damit Vereinfachung und Verringerung der eingebauten Geräte auf ein sinnvolles Maß.

Auf Einsatz von Wärmemengenzählern kann daher verzichtet werden. Ausnahme: abrechnungsrelevante Zähler und primärseitiger Fernwärmezähler.

Zähler mit einer Datenschnittstelle (M-Bus / Modbus) sind mit einer dauerhaften 230V AC Stromversorgung auszustatten.



### **3.9.9 Energiezählung (Strom)**

Elektrische Verbrauchswerte (elektrische Leistung von z.B. Ventilatoren) lassen sich ebenfalls über die Busklemme aufschalten. Hierfür gibt es entsprechende Leistungsmesskarten.

### **3.9.10 Zähler für Wasser**

Für Zähler (Wasser) sind vorzugsweise Impulszähler einzubauen. Auf der E/A-Ebene sind entsprechend Impulszählkarten zu verwenden (keine normalen Digitaleingangskarten, da ansonsten Impulse verlorengehen).

Für Wasserzähler können auch Ultraschall-Durchflussmesser verwendet werden.

### **3.9.11 Liefergrenzen für Zähler**

Die Zähler sind durch das GA-Gewerk zu liefern. Einbau durch das Heizungsgewerk, Inbetriebnahme durch das GA-Gewerk.

## **3.10 Gebäudeautomationsfunktionen (GA-Funktionen)**

## **4. Netzwerke (der Gebäudeautomation)**

### **4.1 Aufbau**

Das technische Netzwerk im Bereich der HLK ist als ein in sich eigenständiges Netzwerk zu planen und als solches durch die MSR-Firma zu errichten.

### **4.2 Verkabelung**

Hinsichtlich der Verkabelung wird auf Pkt. 6.5.6 verwiesen

### **4.3**

### **4.4 Protokollbeispiele**

### **4.5 Bereiche der Nutzung für gemeinsame Daten aus dem GA-Netz**

### **4.6 Kommunikation**

### **4.7 Netzwerkplanung**

## 5. Protokolle, Dienste und Schnittstellen in der Gebäudeautomation

Hinsichtlich der Protokolle, Dienste und Schnittstellen ist ein hoher Grad an Standardisierung anzustreben, um – angesichts der vielen Anlagen bei der LHM – eine wirtschaftliche Betriebsführung zu ermöglichen.

Daraus leiten sich folgende Überlegungen ab:

- Komplexe Bustechnologien setzen umfangreiches Expertenwissen voraus. In Planung, Bauüberwachung, Inbetriebnahme und im Technischen Betrieb wären erhebliche (externe oder interne) Personalressourcen vorzuhalten.
- Die Anzahl der einzusetzenden Protokolle ist auf ein Minimum zu beschränken, da für jedes einzelne Protokoll gesonderte Expertise erforderlich ist.
- Durch die Verortung der Regel- und Steuerungsfunktionen in der Automatisierungsebene sind komplexe Schnittstellen nicht erforderlich. Daher ist ein einfaches Bussystem ausreichend, da mit dem Feld lediglich Messwerte und Stellsignale auszutauschen sind.

Somit gelten folgende Vorgaben für das Bussystem:

- Die Kommunikation des Automatisierungsgerätes mit der Busklemme erfolgt immer über Modbus TCP/IP.
- Bei Einsatz eines proprietären Systems ist für die Kommunikation zwischen Automatisierungsebene und Gebäudeleittechnik (MBE) auch das BACnet-Protokoll zulässig.
- Zur Aufschaltung von Zählern / autarken Steuerungen sind Impulszählkarten, das M-Bus-System und der Modbus zugelassen.
- Zur Ansteuerung von Brandschutzklappen ist die Direktverkabelung vorzusehen. Mit Hilfe des Feldbusklemmenkonzeptes können die Kabelwege trotzdem kurz gehalten werden. Der Einsatz eines Bussystems ist nur nach Genehmigung des Auftraggebers (Abstimmung mit H72-GA erforderlich) zulässig.

Aufgrund obiger Überlegungen werden einige der folgenden Bussysteme kommentiert.

### 5.1 BACnet

### 5.2 BACnet/SC

### 5.3 BACnet MS/TP

### 5.4 KNX

Zur möglichen Ankopplung des KNX auf die H7-Gebäudeautomation kann man KNX / Modbus-Konverter einsetzen.

### 5.5 LonWorks

### 5.6 FND

Ein möglicher Einsatz für dieses Protokoll besteht in der Aufschaltung auf die ZLT.

### 5.7 AMEV-GA-Plattform

### 5.8 OPC und OPC-UA

### 5.9 Web-Services

### 5.10 Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)

### **5.11 Modbus RTU und Modbus TCP/IP**

Dieses robuste, einfach gehaltene und weit verbreitete Protokoll ist zur Ankopplung der E/A-Ebene zwingend zu verwenden. Die Feldbuskoppler laufen über Modbus TCP/IP.

In den Fällen der Ankoppelung autarker Steuerungen (diese sind nach Möglichkeit ohnehin zu vermeiden), sind diese stets über den Modbus anzukoppeln.

### **5.12 CAN**

### **5.13 PROFIBUS**

### **5.14 M-Bus**

Dieses Protokoll kann man zur Anschaltung von Fernwärmezählern der SWM verwenden, falls ein Impulszähler nicht eingesetzt werden soll. Über M-Bus / Modbus Koppelbausteine wird die Verbindung mit der Automationsstation aufgebaut.

### **5.15 Single Pair Ethernet (SPE)**

### **5.16 Digital Lightning Interface (DALI)**

### **5.17 Standard Motor Interface (SMI)**

### **5.18 OMS (Wireless M-Bus)**

### **5.19 EnOcean**

### **5.20 ZigBee**

### **5.21 Z-Wave**

### **5.22 Long Range (LoRa)**

### **5.23 Matter**

### **5.24 Connectivity Standards Alliance**

### **5.25 Open Connectivity Foundation (OCF)**

Weitere Anforderungen an das Netzwerk:

- Im gesamten System ist eine einheitliche Systemzeit zu implementieren, die der gesetzlichen (amtlichen) Zeit entspricht. Dies geschieht z.B. über DCF77, bzw. über einen stadteigenen NTP-Netzwerkserver, der diese Zeit zur Verfügung stellt.
- Es wird je ASP nur ein Switch verbaut. Dieser verbindet die Steuerung, die Management- und Bedieneinrichtungen (MBE), die Kommunikation nach außerhalb des Schaltschranks, sowie die netzwerkfähigen Feldbussysteme (z.B. Frischwasserstation), usw.
- Eine Kaskadierung der Switches ist soweit als möglich zu vermeiden.
- Es sind gemanagte Switches einzusetzen, die u.a. Ferndiagnose ermöglichen. Auf eine ausreichende Zahl an Reserve-Ports ist zu achten. Die Möglichkeit zur Nachrüstung von Glasfasermodulen muss bei entsprechenden Gegebenheiten möglich sein. Insbesondere müssen Portbelegungen überwachbar sein, um ggf. nicht autorisierte Netzwerkteilnehmer zu erkennen (IT-Sicherheit).
- Es ist eine einheitliche Netzwerkstruktur mit einer immer wiederkehrenden IP-Nummern-Struktur anzustreben. Die IP-Adressierung des GA-Knotens erfolgt durch die Abteilung H8 des Baureferates.

## 6. Konzeption der Gebäudeautomation

### 6.1 Grundlagen

### 6.2 Bedarfsplanung / -ermittlung

#### 6.2.1 Betreiberkonzept

#### 6.2.2 GA-Lastenheft

### 6.3 Wirtschaftlichkeit

Gemäß AMEV 2023, Kap. 6.3, vorletzter Absatz sind bei der Kostenplanung ...

*„...nicht allein die Investitionskosten, sondern auch die in der Summe wesentlich höheren Betriebskosten der technischen Anlagen und Lebenszykluskosten der Gebäude bereits in einer frühen Planungsphase zu berücksichtigen“* (Hervorhebung durch Verfasser).

In den Planungsphasen und insbesondere im Ausschreibungsverfahren sollten die Betriebskosten bedacht werden. GA-Kosten sollten nicht zu niedrig eingestellt werden. Eine Orientierung für Kostenkennwerte findet sich in Tabelle 2 der AMEV 2023 (Kap. 7.3 Kostenplanung).

### 6.4 Energieeinsparung

In der Gebäudeautomation laufen die Daten über den Anlagenprozeß zusammen. Alle relevanten Zustände (Heizbetrieb, Sommerbetrieb, Trinkwassererwärmung, Art der Wärmequelle: Wärmepumpe und / oder Fernwärme) sowie Ereignisse (Störungen, Alarmer, Wartung) werden aufgezeichnet. Raumbelegungen und Raumkonditionen (Temperatur, CO<sub>2</sub> - Konzentration, Anwesenheit, Luftfeuchte usw.) werden erfaßt. Energieflüsse, bzw. deren Parameter (Durchflüsse, Temperaturen) lassen sich steuern. Die korrekte Funktionsweise der Anlage ist überwachbar. Automatisierte oder manuelle Schaltungen können von hier vorgenommen werden. Die Gebäudeautomation verfügt naturgemäß über alle Daten des gesamten Anlagenprozesses und nicht nur über eine Teilmenge, wie z.B. einzig und allein die Energiewerte.

Die AMEV 2023 unterstützt diesen Gedanken und stellt hierzu fest (in Abs. 2):

*„GA-Systeme eignen sich hervorragend dazu, den Liegenschaftsbetrieb gebäude- und anlagenübergreifend auch in energetischer Hinsicht zu optimieren. Zeit- und ereignisabhängige Schaltprogramme (z.B. nutzungsabhängige Licht-, Lüftungs- und Heizungssteuerung) ermöglichen Optimierungen mit erheblichen energetischen Auswirkungen“* (Hervorhebungen durch Verfasser).

### 6.5 Elektroinstallationen und GA-Schaltschränke

#### 6.5.1 Gesetzliche Vorgaben, Unfallverhütung

Die Zugänglichkeit zu den elektrischen Betriebsmitteln ist stets zu gewährleisten. Das Einbringen von Schaltschränken in z.B. schlecht zugängliche Zwischendecken, Brandschutzklappen hinter RLT-Kanälen usw. ist nicht zugelassen. Siehe u.a. folgende Vorschriften:

- VDE 0105-100, Pos. 6.3.1.4
- VDE0113-1, Pos 11.2.1 und 11.4
- DGUV 203-072.
- AMEV-Gebäudeautomation 2019, Pos. 2.4

#### 6.5.2 Elektroinstallation

- Der Überspannungsschutz der GA-Anlagen muss der VDE 0100 entsprechen
- Elektrische Leitungen, die vom Außenbereich ins Gebäude eingeführt werden, sind mit einem Überspannungsschutz unmittelbar am Gebäudeeintritt zu versehen.
- Der Potentialausgleich ist immer herzustellen (VDE-Vorschrift).

### 6.5.3 Anordnung von Schaltschränken

Schaltschränke sind grundsätzlich in geschlossenen Räumen anzuordnen und müssen ausreichend Platz für das Bedien- und Servicepersonal gemäß Arbeitsstättenverordnung bieten.

Im Ausnahmefall der Freifeldaufstellung müssen sie ausreichend witterungsgeschützt sein. Dies gilt ebenso für die Aufstellflächen für das elektrische Personal (insb. Blendungs-, Niederschlagsschutz). Die Abstimmung mit BAU-H72-GA hierzu ist stets erforderlich.

### 6.5.4 sonstige Anforderungen

- Die im Schaltschrank verbauten Bedieneinheiten (Zugriff auf den Prozessserver gemäß Pkt. 3.3.1) sind mit einer Höhe der Oberkante von 170 cm vom Boden weg zu montieren.
- Die Kabeleinführung in den Schaltschrank hat stets von unten zu erfolgen. Im Ausnahmefall ist eine Genehmigung durch BAU-H72-GA erforderlich.
- Jeder Schaltschrank (nicht jedes einzelne Feld) ist mit einer Netztrenneinrichtung (Hauptschalter) zu versehen, mit der alle elektrischen Betriebsmittel von der Versorgung getrennt werden können. Schaltschrankbeleuchtung und Schaltschrankwartungssteckdose sind von der Trenneinrichtung auszunehmen. Siehe VDE 0113, Pos.5.3.
- Die Schaltschranktür muss auch bei „Hauptschalter Ein“ geöffnet werden können.

### 6.5.5 Planung, Dokumentation

- In der Vorplanung sind Ort und Lage der Schaltschränke mit der Architektur / Bauseite abzustimmen und festzulegen. Es müssen die notwendigen Anforderungen erfüllt sein, wie z.B. ausreichende Platzverhältnisse, Kabeleinführung von unten möglich, usw.
- In der Entwurfsplanung ist die Anzahl der Felder und deren Abmessungen zu dimensionieren.
- Es ist eine Platzreserve von 20% für ggf. spätere Einbauten vorzuhalten.
- Stromlaufpläne sind vollständig auf Datenträger im Ursprungsformat (z.B. EPLAN, AutoCAD) und als PDF-Datei zu übergeben, sowie im Schaltschrank (Papier) zu hinterlegen.

### 6.5.6 Kabel

#### • Verkabelung, Erstellen von Kabellisten

Der GA-Planer hat die Kabelliste zu erstellen und diese mit dem Elektro- bzw. Trassenplaner abzustimmen. Dieser Vorgang ist in der Entwurfsplanung abzuschließen.

Insbesondere wird hier auf die vertragliche Verpflichtung gemäß Leistungsheft (Anlage 2 zum Ingenieurvertrag, Punkte 4.3.3.2 und 4.3.4.2) verwiesen.

Die Verkabelung der MSR erfolgt i.d.R. durch das Elektrogewerk.

#### • Befestigung von Kabeln

Kabel sind so zu befestigen, dass sie mechanische Beanspruchungen aufnehmen können. Verlegekonstruktionen sind bis kurz vor das Feldgerät zu führen. Insbesondere wird auf die VDE 0298-300 hingewiesen.

#### • Bezeichnungsschilder

Am Kabel sind Bezeichnungsschilder zu befestigen und mit folgenden Angaben zu versehen:

- Ortsangabe des entsprechenden Schaltfeldes
- Klartextbeschreibung (z.B. Vorlaufstemperatur – Heizkreis Ost)
- Die Betriebsmittelkennzeichnung auf dem Feldgerät muss mit der Betriebsmittelkennzeichnung im Stromlaufplan identisch sein (z.B. ASP 01 – Feld 1 – 25B1).

### **6.5.7 USV-Anlage**

Zur Überbrückung kurzzeitiger Spannungsausfälle ist für den Controller (IPC) eine kleine Hut-schienen-USV einzubauen. Ansonsten wird keine weitere USV-Anlage benötigt.

### **6.5.8 Prüfung der MSR-Anlage**

Die gesamte MSR-Anlage ist nach der VDE 0100 Teil 600 zu prüfen und zu dokumentieren. Eine Abnahme der MSR-Anlage kann ohne diese Prüfung nicht erfolgen. Das Prüfprotokoll muss dem Muster des Zentralverbandes des Elektrohandwerks (ZVEH) entsprechen. Es ist die Errichterbestätigung nach DGUV zu erbringen.

### **6.5.9 Räume für GA-Schaltschränke**

Die Abstimmung der GA-Räume ist in der Vorplanung mit dem Architekten und dem Elektroplaner vorzunehmen. Die Verortung der Schaltschränke für GA und Elektro in gemeinsamen Räumen ist anzustreben.

## **6.6 Gewerkeübergreifende Systemintegration**

### **6.6.1 Neubauten**

Das offene Standardsystem ProviewR beinhaltet die Leitsystem-Funktion (MBE) und die Automatisierungs-Funktion in ein und derselben Grundsoftware. Mit Hilfe der Klassenbibliothek (CVolGA) lassen sich damit effizient und zügig Automatisierungs- und MBE-Applikationen erstellen.

Der Einsatz der standardisierten Open-Source-Lösung ist stets auf Vorrang zu prüfen. Sollte diese Lösung aus Sicht des Planers nicht in Frage kommen, so ist dies mit Bau-H72-GA abzuklären und zu dokumentieren.

### **6.6.2 Bestandsbauten**

Im Bestand ist die Systemintegration mit Hilfe des Offenen Standardsystems (nach Pkt.3.3.1) in Verbindung mit dem Busklemmen-Konzept auf einfachem Wege umsetzbar. Die Anbindung der Busklemme geschieht über Modbus TCP/IP.

- Einige Steuerungen fußen bereits auf einem System, das leicht auf die Busklemme umrüstbar ist. Bei diesen ist lediglich der Steuerungskopf gegen einen Feldbuskoppler auszutauschen.
- Im Falle hochgradig proprietärer Systeme ist es notwendig, die proprietäre Steuerung herauszunehmen und stattdessen eine Feldbusklemme zu setzen. Der Schaltschrank kann bestehen bleiben. Der Aufwand ist im Verhältnis zur Schaffung von Gateways und ggf. komplexer Schnittstellen und deren Tests in den meisten Fällen die einfachere und vor allem zukunfts-trächtige Variante. Im Rahmen umgesetzter Projekte im Bestand hat sich diese Vorgehensweise als gut bewährt.

Die in der AMEV nachfolgend beschriebenen Konzepte Inselkonzept (6.6.3), Priorisierung GA-Management (6.6.4) und dezentrale Interimslösung (6.6.5) sind im Sinne der oben dargestellten Vorgehensweise auf eine andere Weise gelöst und daher nicht Eins zu Eins übertragbar. Somit findet für diese keine weitere Betrachtung statt.

### **6.6.3 Variante A: Inselbetrieb als Teil eines Migrationskonzeptes**

### **6.6.4 Variante B: Priorisierung GA-Management als Teil eines Migrationskonzeptes**

### **6.6.5 Variante C: Dezentrale Interimslösung**

## **6.7 Reaktionszeiten**

## **6.8 Informationssicherheit und Datenschutz in der Gebäudeautomation**

### **6.8.1 IT- und OT-Sicherheitskonzept**

### **6.8.2 Datenschutz**

## 7. Planung, Ausschreibung und Ausführung

In allen Planungsphasen ist BAU-H72-GA stets einzubeziehen.

Die Planungsdokumente (Anhang 10) sind durch den GA-Planer zu erstellen.

### 7.1 Auswahlkriterien und Anforderungen bei der GA-Fachplanung

### 7.2 Umsetzen der Nutzer und Betreiberanforderungen

### 7.3 Kostenplanung

Die Kostenkennwerte in der AMEV 2023, Tabelle 2 (Seite 75) sind wichtige Orientierungswerte für die Kostenplanung. Es ist darauf zu achten, in Projekten realistische Kosten einzustellen, die Sorgfalt in Planung und Ausführung ermöglicht.

Aufgrund der zunehmend umfänglichen Anlagentechnik, u.a. zur Erreichung der Klimaschutzziele, und den damit gestiegenen Anforderungen an das Monitoring ist mit zusätzlicher Sensorik und Aktorik zu rechnen. Komplexere Steuerungsabläufe, Testszenarien, sowie das Monitoring mit gestiegenen Anforderungen an Visualisierung, Speicherung und Archivierung von Daten erhöhen die Kosten ebenfalls.

### 7.4 Ausschreibung, Vergabe und Ausführung

#### 7.4.1 Allgemeine Hinweise

- Die Gebäudeautomation ist immer als eigenes Gewerk auszuschreiben (AMEV 7.4, Abs.1)
- Die Ausschreibung erfolgt nach Vorliegen der vollständigen Ausführungsplanung (AMEV 7.4, Absätze 2 und 3).
- Es besteht kein Grund, die Gebäudeautomation verfrüht z.B. mit dem Heizungs- oder Sanitär-gewerk auszuschreiben. In den Planungsphasen stimmt der GA-Planer alle nötigen Schnittstellen mit den anderen Gewerken ab. Aufgrund der Einheitssignale ist die Schnittstelle zur Feldebene (Aktoren und Sensoren) definiert und nicht von einem Regelfabrikat abhängig.
- Die Erstellung der Kabelliste ist keine Begründung für eine vorgezogene GA-Ausschreibung. Die Kabelliste ist bereits in der Entwurfsplanung erstellt und abgestimmt. Es ist nicht Aufgabe der MSR-Firma, die Kabelliste für den GA-Planer zu erstellen und abzustimmen. Die Erstellung der Kabelliste im Rahmen der Werks- und Montageplanung hingegen ist Aufgabe der MSR-Firma.
- Die Gebäudeautomation ist nicht in den 60%-Beschluss aufzunehmen.
- In der Terminplanung ist ausreichend Zeit für das Testgeschehen einzuplanen (siehe Pkt. 7.4.2). Abgesehen davon können z.B. Simulationstests unabhängig, also parallel zur Montage / Installation der Gebäudeautomation stattfinden. Die Programmierungen und deren Tests können somit frühzeitig stattfinden.

#### 7.4.2 Terminplanung

Es wird empfohlen, folgende Termine in der Ausschreibung als Vertragstermine aufzunehmen:

- Erstellen der Werks- und Montageplanung, insbesondere:
  - Erstellen der Kabellisten (Zeitpunkt)
  - Erstellen der Schaltschrankplanung (Zeitpunkt)
  - Werks- und Montageplanung gesamt (Zeitpunkt)
- Übergabe der fertigen und durch die Firma bereits intern geprüften Applikation (Programmierung der Steuerungs- und der Leittechnikapplikation) (Zeitpunkt)
- Lieferung, Aufstellung und Anschluß der Schaltschränke (Beginn und Ende)
- Inbetriebnahmezeitraum (Beginn und Ende)



## 7.5 Überprüfung der Leistungen sowie Vorbereitung und Durchführung der Abnahme

### 7.5.1 Testanforderungen

Wie allgemein in der Automatisierungstechnik erforderlich, ist die Gebäudeautomation ebenfalls intensiv zu testen. Nur so lassen sich die nötigen Funktionen für einen wirtschaftlichen und energieoptimierten Betrieb der haustechnischen Anlagen sicherstellen. Im Blick auf den Klimaschutz gewinnt dieses Thema zudem eine besondere Bedeutung.

Letztendlich wird der Nutzen einer aufwändigen, teuren Anlagentechnik durch die Gebäudeautomation maßgeblich beeinflusst. Denn in dieser liegt die Intelligenz, die Anlagen korrekt und energieeffizient zu steuern. Ist diese nachlässig programmiert und schlecht getestet, besteht die Gefahr, große finanzielle Investitionen in die Anlagentechnik im Nachhinein zu entwerten. Auf das Thema Programmierung und Test ist künftig vermehrt ein Augenmerk zu legen.

Im Rahmen dieser QVH ist das Thema Test nicht in Gänze zu fassen. Als gut anwendbare Grundlage für den automatisierungstechnischen Bereich kann das Stufenmodell dienen. Die Teststufen sind im Folgenden in Bezug auf die Gebäudeautomation kurz beschrieben:

- Komponententest

Beim Komponententest werden abgrenzbare Einzelteile der Software wie z.B. Module, oder Objekte (Klassen) getestet. Im Falle von ProviewR liegen in der Klassenbibliothek (CVoIGA) fertige Komponenten (Klassen) vor, die bereits getestet sind.

- Integrationstest

Bei diesem wird die Zusammenarbeit voneinander abhängiger Komponenten getestet. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf den Schnittstellen der beteiligten Komponenten

ProviewR-Klassen für die Gebäudeautomation (CVoIGA) umfassen Teilanlagen, wie z.B. Lüftungsanlagen, Wärmepumpen usw., die ihrerseits wiederum aus unterlagerten Klassen, wie z.B. Ventile oder Pumpen bestehen.

- Systemtest

Das System ist gegen die gesamten Anforderungen zu testen. Für gewöhnlich findet der Test in einer geeigneten Testumgebung statt. Die Testumgebung soll die HLK-Anlage simulieren (Simulationssystem).

Der Systemtest (Simulationstest) ist eine wichtige Testart. Es können bereits im Vorfeld Fehlprogrammierungen gefunden werden, die z.B. verdeckte Ursache für Anlagenprobleme sind (unerklärliche Energieverbräuche, Hydraulikprobleme, zu hohe Rücklauftemperaturen usw.). Hierzu sind allerdings noch Testbedingungen und Testumfeld zu schaffen.

Der Simulationstest ist zudem witterungsunabhängig.

- Endkundentest

Der erfolgreiche Abschluss dieser Teststufe ist Voraussetzung für die rechtswirksame Übernahme der Automatisierungsapplikation. Er erfolgt im Rahmen des Probebetriebs.

### 7.5.2 Probebetrieb

Dem Probebetrieb geht idealerweise ein erfolgreicher Simulationstest voraus. Der Probebetrieb erfolgt im Rahmen des Endkundentests (siehe Punkt vor).

### 7.5.3 Zeit und Ressourcen für Tests

Für die Tests sind entsprechende Ressourcen für Zeit, Personal und Testsysteme einzustellen. Dies soll bereits in einer frühen Projektphase erfolgen. In die Terminplanung sollen Zeitfenster für das Testen unbedingt aufgenommen werden.

## 8. Übergabe und Übernahme von GA-Systemen

### 8.1 Inbetriebnahme-Management

### 8.2 Bestandsunterlagen

- Stromlaufpläne sind vollständig auf Datenträger im Ursprungsformat (z.B. EPLAN, AutoCAD) und als PDF-Datei zu übergeben, sowie im Schaltschrank (Papier) zu hinterlegen.
- Ebenso sind die weiteren Unterlagen gemäß VOB, Teil C, DIN 18386, Pos. 3.5 zu liefern.

### 8.3 Monitoring in der GA

Energie- Verbrauchs- und Leistungswerte sind im Leitsystem darzustellen. Neben den aktuell gemessenen Leistungswerten sind die Planungswerte anzuzeigen (Feststellung von Abweichungen als Hinweis auf mögliches Fehlverhalten der Anlage).

Energie- Verbrauchs- und Leistungswerte sind auf Stundenwerte zu mitteln. Der aktuelle Stundenwert ist im Leitsystem anzuzeigen. Die weiteren Stundenwerte sind in ein Ringspeichersystem (Länge ein Jahr) zu schreiben und müssen im Leitsystem in einem frei konfigurierbaren Liniendiagramm darstellbar sein. Weitere Verdichtungen auf Tages-, Wochen-, Monats- und Jahreswerte sind mit dem Auftraggeber abzustimmen und nach dessen Maßgabe umzusetzen.

Die Jahresarbeitszahl (JAZ) von Wärmepumpen ist zu errechnen und darzustellen.

Die Monitoringswerte müssen im CSV-Format exportierbar sein.

Ein Zählkonzept auf Basis folgender Liste ist zu erstellen und mit H72-GA und dem Energiemanagement H9 des Baureferates abzustimmen. Innerhalb einer Liegenschaft sind Unterzählungen für einzelne Gebäude, Gebäudeteile, oder Bereiche mit erhöhtem Verbrauch (z.B. Schwimmhalle), unterschiedlicher Nutzung (z.B. Kindergarten, Turnhalle, Hausmeisterwohnung) vorzusehen.

Folgende Messgrößen sind für das Monitoring zu erfassen:

#### 8.3.1 Verbrauchszählung: Endenergie

(Energie vor dem Wärmeerzeuger, bzw. Primärkreis Fernwärme)

- Fernwärme
- Gas
- weitere Energieträger (z.B. Hackschnitzel)

#### 8.3.2 Verbrauchszählung: elektrische Energie

- elektrische Energie für Wärmepumpen
- elektrische Energie für Heizschwert
- elektrische Energie für Durchlauferhitzer
- elektrische Energie für Warmwasserbereiter (Boiler)
- elektrische Energie für sonstiges elektrische Verbraucher (Beleuchtung, Geräte usw.)

#### 8.3.3 Wärmeherzeugung und allgemeine Größen

- Außentemperatur
- Verbrauchszählung (nach dem Wärmeherzeuger)
- Durchfluss am Abgangs- / Hauptkreis
- Temperatur der Vor- und Rückläufe
- Betriebsmeldung von Kesseln, Wärmepumpen usw.
- Störmeldungen von Kesseln, Wärmepumpen, Wärmetauschern, oder deren Sicherheitseinrichtungen usw.
- Laufzeit- und/oder Stillstandszeiten

#### **8.3.4 Messungen am Verteiler**

- Temperatur (Vorlauf / Rücklauf) je Abgang
- Druck (Vorlauf / Rücklauf) je Abgang
- Durchfluss je Abgang
- Betriebsmeldung von Pumpen, Ventilen usw.
- Störmeldungen von Pumpen, Ventilen usw.
- Laufzeit- und/oder Stillstandszeiten
- Differenzdruck zwischen Vor- und Rücklauf → hydraulische Ruhelage zwischen Vor- und Rücklauf → u.a. Regelungsgröße für die Zubringerpumpen.

#### **8.3.5 Lüftungsanlage**

- Volumenstrom (Zuluft, Abluft, Fortluft, Außenluft)
- Drücke
- Differenzdruck (Filter)
- Temperaturen (Außenluft, Fortluft, Zuluft und Abluft)
- elektrische Energie / Leistung der Antriebe
- Betriebsmeldung von Ventilatoren, Filtern usw.
- Störmeldungen von Pumpen, Filtern, Vereisungsschutz usw.
- Laufzeit- und/oder Stillstandszeiten

#### **8.3.6 Pufferspeicher**

- Temperaturen im Speicher (mindestens: Unten, Mitte, Oben)
- eingangsseitige Temperaturen, sofern nicht bereits über Verteilerabgang gemessen
- eingangsseitiger Durchfluss, sofern nicht über Verteilerabgang bereits gemessen
- ausgangsseitige Temperaturen, sofern nicht über Frischwasserstation erhältlich
- ausgangsseitiger Durchfluss, sofern nicht über Frischwasserstation erhältlich

#### **8.3.7 Frischwasserstationen**

- Durchfluss (heizungsseitig)
- Vorlaufs- / Rücklauftemperatur (heizungsseitig)
- Durchfluss (Trinkwasser warm)
- Zutritts- und Austrittstemperatur des Trinkwassers
- Betriebsmeldung
- Störmeldungen
- Nutzungszeiten

#### **8.3.8 elektrische Durchlauferhitzer**

In ausgewählten Objekten zur Feststellung von Gleichzeitigkeiten der elektrischen Leistungen

- Elektrische Energie
- Durchfluss (Trinkwasser warm)
- Zutritts- und Austrittstemperatur des Trinkwassers

#### **8.3.9 Hebeanlage**

- Betriebsmeldung (je Hebeanlage)
- Störmeldung (je Hebeanlage)

#### **8.3.10 Fettabscheider**

- Füllstand
- Betriebsmeldung (je Fettabscheider)
- Störmeldung (je Fettabscheider)

### **8.3.11 Wasserzähler**

- Hauptwasserzähler
- Unterwasserzähler (Gebäude oder größere Gebäudeteile)

## **9. Betrieb**

### **9.1 Betreiberorganisation**

#### **9.1.1 Eigenbetreiben**

#### **9.1.2 Fremdbetreiben**

### **9.2 Betriebspersonal**

### **9.3 Betreiberverantwortung**

### **9.4 Instandhaltung und laufende Prüfung der Anlagen**

### **9.5 IT-/OT-Sicherheit im Betrieb**

### **9.6 GA zur Unterstützung der Energiemanagements**

Die AMEV 2023 weist auf die enge Verbindung zwischen dem Energiemanagement und der Gebäudeautomatisierung hin:

*„GA-Systeme unterstützen die Aufgaben des Energiemanagements, bzw. können diese komplett wahrnehmen.“*

Weiter heißt es:

*„Hierzu zählen Erfassung und Bereitstellung von Verbrauchsdaten (...), die energieeffiziente Regelung und Steuerung von Anlagen (Lastmanagement, gleitendes Schalten, Nachtkühlbetrieb, energieeffiziente Regelung etc.) ...“*

Das unter Kap 3 beschriebene offene Standardsystem ist für diese Aufgabe hervorragend geeignet, da es eine integrierte Datenbank besitzt und über eingebettete Programmiersprachen, bzw. Werkzeuge (z.B. Python, matplotlib, Javaplot usw.) verfügt, die z.B. die Darstellung von Verbrauchsdaten und Monitoringsberichten usw. ermöglichen.

## 10. Anhang

- Anlage 1 – Beispiele zur Visualisierung einzelner Anlagen (gemäß AMEV)
- Anlage 2 – Beispiele vollständiger Anlagenbilder auf einer MBE (gemäß AMEV)
- Anlage 3 – Raumautomation (gemäß AMEV)
- Anlage 4 – Energieeffizienzklassen GA (Gebäudeautomationsgrade) (gemäß AMEV)
- Anlage 5 – Anlagenkennzeichnungsschlüssel (AKS) (gemäß AMEV)
- Anlage 6 – GA-Funktionen (gemäß AMEV)
- Anlage 7 –GA-Kommunikationsprotokolle im OSI-Modell (gemäß AMEV)
- Anlage 8 – Checkliste für das Lastenheft (gemäß AMEV)
- Anlage 9 – Planungsunterlagen für die Gebäudeautomation (gemäß AMEV)
- Anlage 10 – Unterlagen für Montage und Betrieb der Gebäudeautomation (gemäß AMEV)
- Anlage 11 – GA-Abnahme (Checkliste) (gemäß AMEV)
- Anlage 12 – Leistungsbild Gebäudeautomation (gemäß AMEV)
- Anlage 13 – Zustandsanalyse der Gebäudeautomation (ZAGA) (gemäß AMEV)
- Anlage 14 – Auswahl wichtiger Vorschriften und Regelwerke (gemäß AMEV)

### Anhang

#### Ergänzende Anlagen der Landeshauptstadt München

##### Hinweise für Intranet-Anwender:

*Es ist der vollständige Pfad zu dem jeweiligen Dokument innerhalb der Digitalen Hochbaubibliothek (Dibib) bzw. im jeweiligen Laufwerk angegeben.*

##### Hinweise für Externe:

*Bitte rufen Sie die jeweils aktuellen Dokumente über die angegebenen Bezugsquellen ab. Nicht extern abrufbare Anlagen erhalten Sie über H7.*

#### **A1-GA – Planungsdokumente**

[..\..\..\H7-Allgemein\21\\_QVH\\_Qualitätsvorgaben-Haustechnik\06\\_Gebäudeautomation\Planungsvorgaben\Planungsdokumente\\_Gesamt.pdf](..\..\..\H7-Allgemein\21_QVH_Qualitätsvorgaben-Haustechnik\06_Gebäudeautomation\Planungsvorgaben\Planungsdokumente_Gesamt.pdf)

#### **A2-GA – Muster-Topologie - offenes Standard-System**

[..\..\..\H-DA-Digitale\\_Hochbaubibliothek\C\\_Standards\\_und\\_Technik\\_Hochbau\CH04\\_Technische\\_Gebäudeausrüstung\\_H7\\_H8\\_H9\02\\_Planungsgrundlagen\\_Haustechnik\Gebäudeautomation\\_QVH\\_GA\A2\\_GA\\_Muster\\_Topologie\\_offenes\\_Standard-System.pdf](..\..\..\H-DA-Digitale_Hochbaubibliothek\C_Standards_und_Technik_Hochbau\CH04_Technische_Gebäudeausrüstung_H7_H8_H9\02_Planungsgrundlagen_Haustechnik\Gebäudeautomation_QVH_GA\A2_GA_Muster_Topologie_offenes_Standard-System.pdf)

#### **A3-GA – Muster-Topologie - proprietäres System**

[..\..\..\H-DA-Digitale\\_Hochbaubibliothek\C\\_Standards\\_und\\_Technik\\_Hochbau\CH04\\_Technische\\_Gebäudeausrüstung\\_H7\\_H8\\_H9\02\\_Planungsgrundlagen\\_Haustechnik\Gebäudeautomation\\_QVH\\_GA\A3\\_GA\\_Muster\\_Topologie\\_proprietäres\\_System.pdf](..\..\..\H-DA-Digitale_Hochbaubibliothek\C_Standards_und_Technik_Hochbau\CH04_Technische_Gebäudeausrüstung_H7_H8_H9\02_Planungsgrundlagen_Haustechnik\Gebäudeautomation_QVH_GA\A3_GA_Muster_Topologie_proprietäres_System.pdf)