

1.9.4 Regelungssystem und Kenngrößen

1.9.4.1 Grundlagen

Der in sich geschlossene Wirkungsablauf eines Reglers findet in einem geschlossenen Kreis, dem Regelkreis, statt. Bei der Regelung wird die Regelgröße (Istwert) fortlaufend erfasst und mit der Führungsgröße (Sollwert) verglichen. Wenn eine Regeldifferenz (Regeldifferenz = Sollwert - Istwert) auftritt, beeinflusst der Regler die Regelstrecke, um den Istwert dem Sollwert anzugleichen. Auch wenn die Regeldifferenz null ist, wird durch Störgrößen die Regelgröße immer wieder verändert und der Regler muss nachregeln. Sollte das Nachregeln keinen Erfolg haben und eine Gleichheit von Ist- und Sollwert ist nicht erreichbar, ist eine bleibende Regelabweichung des Reglers vorhanden (umgangssprachlich spricht man vom „Schwingen des Regelkreises“, wenn die Regelgröße immer um den Sollwert „schwingt“). Die Regelstrecke und damit auch die Messstelle der physikalischen Größe sowie die Regeleinrichtung, die aus Regler und Stellglied besteht, sind die wichtigsten Bestandteile des Regelkreises.

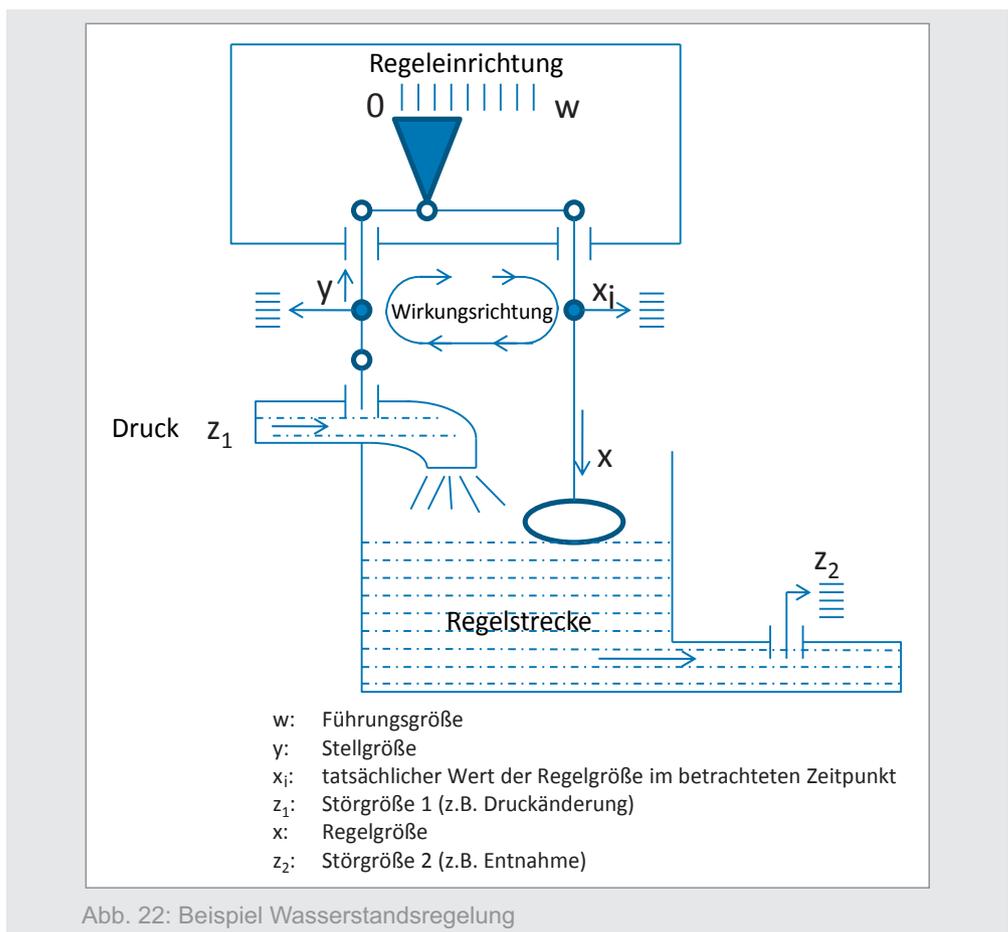


Abb. 22: Beispiel Wasserstandsregelung

Vertiefung/ Beispiele

An dieser Stelle wird der Regelkreis am Beispiel einer Wasserstandsregelung (Abbildung 22) erläutert. Bei diesem Beispiel sind die Regelstrecke der Wasserbehälter und die Regelgröße der Füllstand des Wassers. Wenn sich die Istwerte (Momentanwerte) der Regelgröße (Füllstand) und Stellgröße (Schieberstellung) und die Störgrößen (Wasserdruckänderungen im Zulauf des Behälters und Änderung der Abflussmenge) nicht verändern, befindet sich der Regelkreis im Beharrungszustand. Der Regler muss keine Änderungen durch den Einfluss von Störgrößen ausgleichen. Sollte jedoch eine Störgröße wirksam werden, z. B. der Druckabfall des Wassers in der Zuleitung bewirkt, dass die zufließende Wassermenge kleiner als die abfließende Wassermenge ist, sinkt der Füllstand des Wassers im Behälter. Durch den sinkenden Füllstand öffnet der Schwimmer über einen Hebel das Stellglied (Eingangsventil), um die zufließende Wassermenge zu erhöhen. Der Füllstand steigt wieder und die Regeleinrichtung der Wasserstandsregelung verringert den Zufluss, bis die zu- und abfließenden Wassermengen im Gleichgewicht sind und der Sollwert des Wasserstandes erreicht ist.

1.9.4.2 Kenngrößen

Die nachfolgend beschriebenen Kenngrößen einer Regelung auf der Grundlage der DIN IEC 60050-351 sind in Abbildung 23 dargestellt.

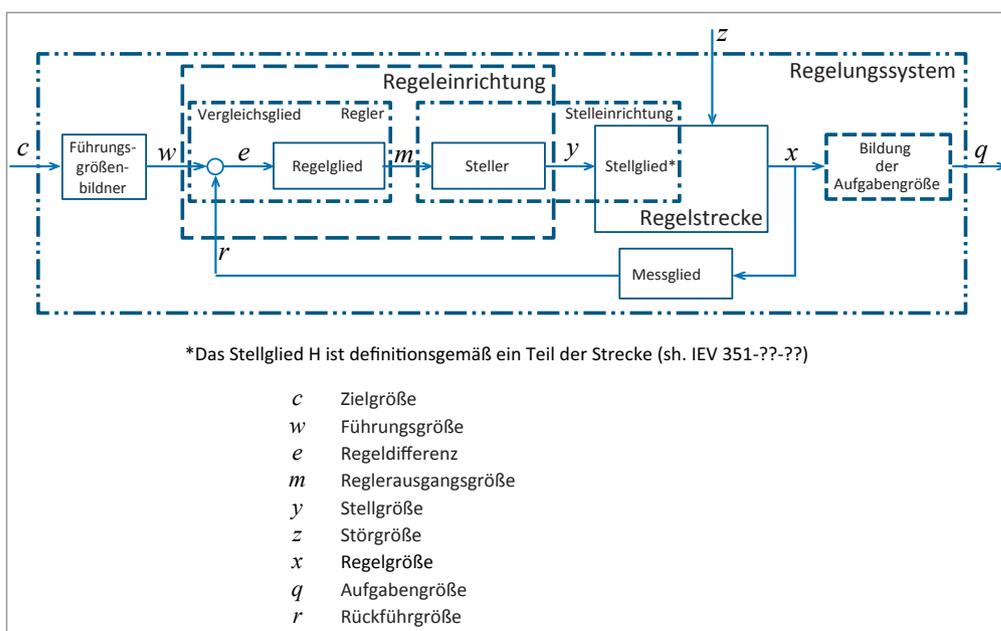


Abb. 23: Wirkungsplan eines elementaren Regelungssystems mit typischen Elementen nach DIN IEC 60050- 351

1.9.4.2.1 Führunggröße w

Die Führunggröße w wird aus der Zielgröße abgeleitet und legt den Sollwert der Regelgröße als Eingangsgröße eines Vergleichsgliedes einer Regeleinrichtung fest (siehe Abbildung 23). Sie wird der Regeleinrichtung von außen zugeführt aber von der Regelung nicht beeinflusst.

1.9.4.2.2 Führungsbereich w_h

Der Führungsbereich w_h ist der Wertebereich, in dem sich die Führunggröße w verändern kann.

1.9.4.2.3 Regeleinrichtung

Die Regeleinrichtung ist die Funktionseinheit, die an ihrem Ausgang aus der Führungs- und der Rückführgröße die Stellgröße bildet (siehe Abbildung 23).

1.9.4.2.4 Regelkreis

In einem Regelkreis sind alle Übertragungsglieder im geschlossenen Wirkungsablauf einer Regelung angeordnet.

1.9.4.2.5 Regelstrecke

Die Regelstrecke, auch oft nur Strecke genannt, ist die Funktionseinheit, die in Abhängigkeit von der Regelungsaufgabe beeinflusst wird.

1.9.4.2.6 Regelgröße x

Auf die Regelgröße x , die die Ausgangsgröße der Regelstrecke ist, wirken eine oder mehrere Stellgrößen. Die Regelgröße x bezeichnet die Größe, die geregelt werden soll. So können Regelgrößen die Temperatur, der Druck, der Wasserstand, die Drehzahl usw. sein.

1.9.4.2.7 Regelbereich X_h

Der Wertebereich, in dem sich die Regelgröße unter vorgegebenen Bedingungen des Betriebes verändern kann, wird als Regelbereich des Reglers bezeichnet und ist mit dem Messbereich des Reglers bzw. des Messfühlers gleichzusetzen.

1.9.4.2.8 Istwert

Der Wert einer veränderbaren Größe zu einem gegebenen Zeitpunkt wird als Istwert bezeichnet.

1.9.4.2.9 Sollwert x_s

Der Wert einer variablen Regelgröße, der zu einem gegebenen Zeitpunkt und unter festgelegten Bedingungen gewünscht wird, wird als Sollwert x_s bezeichnet. Ist der Wert der Regelgröße auf einen festen Wert eingestellt, wird die Regelung als Festwertregelung bezeichnet.

1.9.4.2.10 Regeldifferenz e

Die Regeldifferenz ist die Differenz zwischen Führungsgröße und Rückführgröße (siehe Abbildung 23). Sie wird mit $e = w - r$ berechnet.

1.9.4.2.11 Rückführgröße r

Als Rückführgröße bezeichnet man die variable Größe, die zum Vergleichsglied zurückgeführt wird und die Regelgröße abbildet.

1.9.4.2.12 Stellgröße y

Die Ausgangsgröße der Regeleinrichtung ist die Stellgröße y . Sie ist auch eine Eingangsgröße der Regelstrecke.

1.9.4.2.13 Stellbereich

Als Stellbereich bezeichnet man den Wertebereich, in welchem sich die Stellgröße verändern kann. Die größtmögliche Änderung des Reglerausgangssignals, der größte Ventilhub usw. wird als y_n bezeichnet.

1.9.4.2.14 Stellglied im Regelkreis

Die am Eingang der Regelstrecke angeordnete Funktionseinheit, die durch die Stellgröße y beeinflusst wird und den Massenstrom oder Energiefluss ändert, wird als Stellglied im Regelkreis bezeichnet (siehe Abbildung 23).

1.9.4.2.15 Störgröße z

Die unerwünschte, vom Prozess unabhängige und meist unvorhersehbare Eingangsgröße, die von außen auf das System wirkt, wird als Störgröße z bezeichnet (siehe Abbildung 23). Siehe hierzu auch Störbereich.

1.9.4.2.16 Störbereich Z_n

Als Störbereich wird der Wertebereich bezeichnet, in dem sich die Störgröße verändern darf, ohne dass sich die Veränderung der Störgröße auf das Funktionieren des Regelungssystems auswirkt. Alle technischen Anlagen können nur für bestimmte Bereiche von Störgrößen ausgelegt werden. Daher wird ein Störbereich Z_n festgelegt. In diesem Bereich darf sich die Störgröße verändern, ohne dass bei der Regelgröße Abweichungen über die vereinbarten Toleranzen auftreten.

1.9.5 Regelstrecken

1.9.5.1 Grundlagen

Regelstrecken stellen den zu beeinflussenden Bereich einer Anlage dar. Es wird zwischen Regelstrecken mit Ausgleich und ohne Ausgleich unterschieden unterschieden. Um einen Prozess optimal regeln zu können, sind Kenntnisse über die Regelstrecke eine wichtige Voraussetzung. Die

Frage, wie ein Regler bei Abweichungen der Regelgröße vom Sollwert (Regeldifferenz e) reagieren soll (schnell, langsam, stark, schwach) hängt von den regelungstechnischen Eigenschaften der Regelstrecke ab. Daher betrachtet man das statische und dynamische/zeitabhängige Verhalten der einzelnen Glieder des Regelkreises. Die Kennwerte der Regelstrecken müssen betrachtet werden, um Regelstrecke und Regeleinrichtung richtig aufeinander abstimmen zu können. Die Einstellungen am Regler sind die Grundlage für die Abstimmung zwischen Regelstrecke und Regeleinrichtung. Die am Regler einzustellenden Werte werden aus dem Beharrungsverhalten und dem Zeitverhalten der Regelstrecke ermittelt.

1.9.5.2 Statisches Verhalten von Regelstrecken

Die statische Kennlinie eines Regelstreckenteils erhält man, wenn man für den Zusammenhang zwischen Ein- und Ausgangsgröße mehrere Zwischenwerte im Beharrungszustand aufnimmt. Die statische Kennlinie beschreibt das statische Verhalten des jeweiligen Teils (Gliedes) der Regelstrecke. Betrachtet man die statische Kennlinie von Wärmetauschern so ist die Kennlinie nicht linear und stark gekrümmt. Die Wärmemenge bei unterschiedlichen Betriebspunkten für die Durchflussmenge ist nicht stetig, sondern unterschiedlich. Zu Beginn der Änderung der Durchflussmenge erfolgt eine große Änderung der Wärmemenge, am Ende der Kennlinie erfolgt nur noch eine geringe Änderung der Wärmemenge. Damit eine lineare Regelung erfolgen kann, sind die Kennlinien der jeweiligen Glieder zu betrachten.

In Abbildung 24 ist eine Ventilkennlinie bei konstantem Druckabfall über dem Ventil zu sehen. Man unterscheidet zwischen den beiden am häufigsten verwendeten Grundformen der Ventilkennlinien linear und gleichprozentig. Es sind auch davon abweichende Formen möglich.

Vertiefung/ Beispiele

Ist zwischen Wärmetauscher und einem Ventil ein linearer Zusammenhang gewünscht, so ist für das an den Wärmeübertrager angeschlossene Ventil eine dem Wärmetauscher entgegengesetzte Kennlinienkrümmung auszuwählen. Die für das Ventil zu wählende Kennlinie muss invers zur Kennlinie des Wärmetauschers sein. Für den in der Abbildung 24 betrachteten Fall ist eine gleichprozentige Kennlinie auszuwählen. Aus beiden Kennlinien (Wärmetauscher und Ventil) erhält man eine nahezu lineare resultierende Kennlinie. Damit wird ein betriebspunktunabhängiges stabiles Verhalten des Regelkreises erreicht.

Die abgeleitete Größe für die Kennzeichnung von Regelstrecken im Beharrungszustand ist der sogenannte Übertragungsbeiwert oder Verstärkungsfaktor K .

$$K = \frac{dx}{dy}$$

- K : Verstärkungsfaktor
- dx : Ausgangsgrößenänderung
- dy : Eingangsgrößenänderung

K ist also die Änderung der Ausgangsgröße durch die Änderung der Eingangsgröße.

Vertiefung/ Beispiele

Beispiel zum Verstärkungsfaktor K :

Wenn der Stellbereich Y_h einem Ventilhub von 5 mm entspricht und die zugehörige Temperaturänderung $X_h = 20$ K beträgt, so ist der Verstärkungsfaktor $K = 20 \text{ K}/5 \text{ mm} = 4 \text{ K/mm}$.

Durch den Verstärkungsfaktor wird der proportionale Zusammenhang zwischen der Ein- und Ausgangsgröße des Regelkreises beschrieben. Dieses Verhalten wird als proportionales Verhalten, also P-Verhalten bezeichnet. Der Verstärkungsfaktor K bezeichnet den Winkel des Steigungsdreieckes einer Tangente an der Kennlinie. Dieser Wert ist nur bei linearen Kennlinien konstant. Es ist zu beachten, dass eine sehr stark nicht lineare Regelstrecke mit einem Regler mit fest eingestellten Reglerparametern nur sehr schwer zu regeln ist.

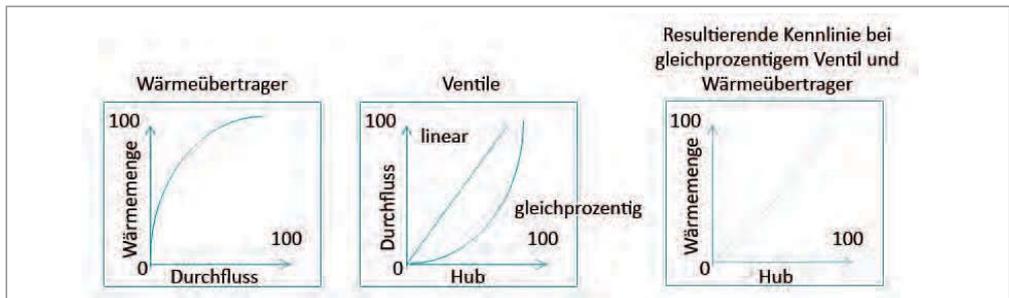


Abb. 24: Resultierende Kennlinie aus statischer Kennlinie des Wärmeübertragers und eines Ventils (gleichprozentig)

1.9.5.3 Dynamisches Verhalten von Regelstrecken

1.9.5.3.1 Grundlagen

Bei einem dynamischen Verhalten von Regelstrecken wird der Zusammenhang zwischen dem zeitlichen Verlauf der Ausgangsgröße und dem zeitlichen Verlauf der den Vorgang auslösenden Eingangsgröße der Regelstrecke betrachtet.

Um Regelstrecken zu klassifizieren wird üblicherweise die Übergangsfunktion der Regelstrecke (Sprungantwort) ermittelt. Diese Übergangsfunktion wird bei einem offenen Wirkungskreis des

Reglers gemessen. Der Regler (die Regeleinrichtung) ist also nicht in Betrieb. Vom Beharrungszustand, also einem stationären Zustand, der Regelgröße x_0 wird zu einem beliebigen Zeitpunkt t_0 die Stellgröße y sprungförmig um dy von Hand verstellt. Die Regelgröße x ändert sich. Wenn es sich um eine Regelstrecke „mit Ausgleich“ handelt, wird die Regelgröße x in einem neuen Beharrungszustand enden (Abbildung 25).

Es gibt auch andere Möglichkeiten, das dynamische Verhalten von Regelkreisen zu beschreiben. So kann die Eingangsgröße mit einer Rampe mit konstanter Anstiegsgeschwindigkeit, einer Impuls-/Rechteckfunktion oder entsprechend eines Dirac-Impulses (Delta-Impuls genannt) verstellt werden. Auch kann ein sinusförmiges Eingangssignal verwendet werden, um eine Antwortfunktion zu erzeugen. Bei einem sinusförmigen Eingangssignal wird die Ausgangsgröße Schwingungen ausführen, die gegenüber dem Eingangssignal in Amplitude und Phase verändert sind. Es gibt weiterhin die Möglichkeit hoch- und niederfrequenten Rauschen als Eingangsgröße zu verwenden.

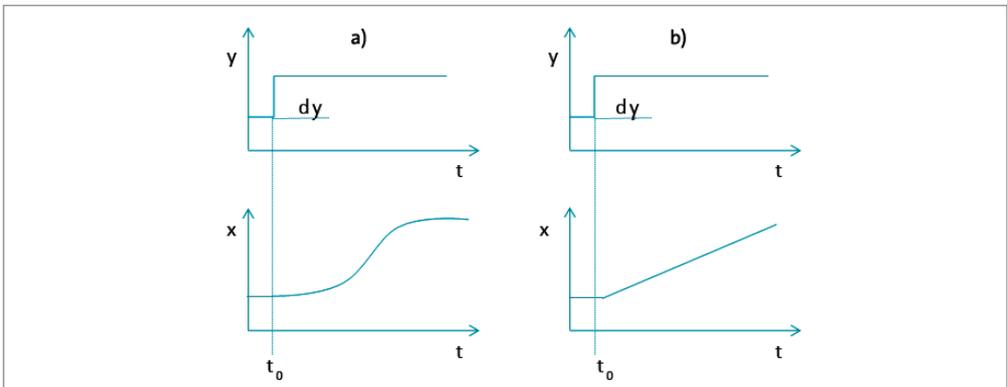


Abb. 25: Regelstrecken a) mit Ausgleich und b) ohne Ausgleich

1.9.5.3.2 Regelstrecken mit Ausgleich

1.9.5.3.2.1 Grundlagen

Bei Regelstrecken mit Ausgleich nimmt die Regelgröße x nach Änderung der Eingangsgröße wieder einen Beharrungszustand ein. Bei dieser Form der Regelstrecken gleicht sich die Stoff- bzw. Energiebilanz der Strecken wieder aus. Zu jedem Wert der Eingangsgröße (Stellgröße y) gehört ein bestimmter Wert der Ausgangsgröße (Regelgröße x). So besteht ein gleicher Zusammenhang der Regelgröße x zu den Störgrößen z als Eingangsgrößen.

Vertiefung/ Beispiele

Beispiel zum Verstärkungsfaktor K :

Wenn der Stellbereich Y_h einem Ventilhub von 5 mm entspricht und die zugehörige Temperaturänderung $X_h = 20 \text{ K}$ beträgt, so ist der Verstärkungsfaktor $K = 20 \text{ K} / 5 \text{ mm} = 4 \text{ K/mm}$.

1.9.5.3.2 Regelstrecken mit proportionalem Verhalten/P-Strecke

Bei einer Regelstrecke, bei der die Werte der Regelgröße x und der Stellgröße y fast durchgängig proportional sind, ist von einer P-Strecke die Rede. In der Praxis findet man real nie verzögerungsfreie P-Strecken. In den meisten Fällen ist eine vernachlässigbare kleine Verzögerung vorhanden.

In einer P-Strecke, die eine verzögerungslose Regelstrecke darstellt, unterscheiden sich Aus- und Eingangsgrößen nur um den konstanten Verstärkungsfaktor K .

Es gilt für P-Strecken $x(t) = K * y(t)$.

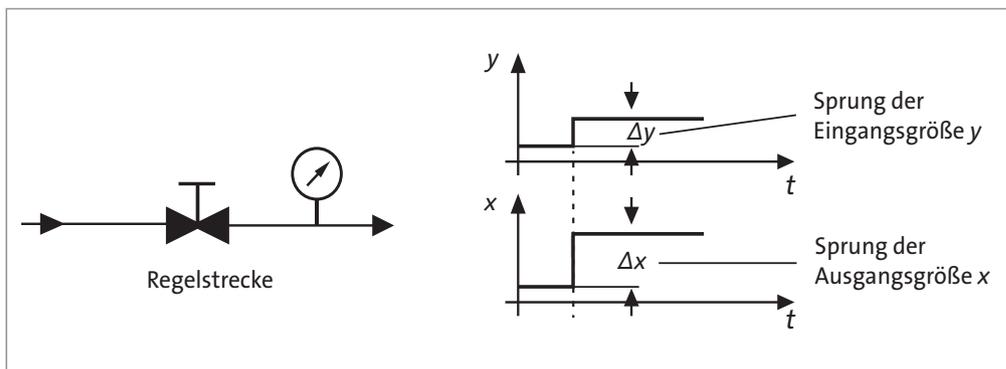


Abb. 26: Sprungantwort einer Durchfluss-Regelstrecke

Vertiefung/ Beispiele

Ein Beispiel für eine P-Strecke ist eine Durchflussmenge hinter einem Ventil, die sich bei Öffnung des Ventils nahezu unverzögert ändert (siehe Abb. 26).

1.9.5.3.3 Verzögerungsglied erster Ordnung (P-T₁-Regelstrecken)

In der Praxis wirken bei Regelstrecken mehrere Verzögerungen. Dann enthält die Strecke ein Speicherglied (Zeitglied), das P-T₁-Glied. Dabei ist die Anzahl der wirksamen Verzögerungsglieder zu betrachten. Das P-T₁-Glied wird durch den Verstärkungsfaktor K und die Zeitkonstante T vollständig beschrieben. Wenn sich die Regelgröße x bei immer gleicher Geschwindigkeit über den ganzen Regelbereich ändern würde, ist die gemessene Zeit, in der die Änderung stattgefunden hat, die Zeitkonstante T . Um die Zeitkonstante T zu ermitteln, kann die Tangentenabschnittsmethode verwendet werden. Beim Zeitpunkt t_0 wird die Tangente an die Übergangsfunktion gelegt. Dann ist der Tangentenabschnitt an der neuen Beharrungslinie gleich der Zeitkonstanten (siehe hierzu auch Abbildung 27).

3.5.2.9 Leistungsphase 9 – Objektbetreuung

Nach der Abnahme der Bauleistung beginnt auch, wenn mit dem Bauherrn vertraglich vereinbart, die Leistungsphase 9 Objektbetreuung, in der folgende Leistungen nach HOAI zu erbringen sind:

- das fachliche Bewerten von Mängeln, welche innerhalb der Verjährungsfristen der Gewährleistungsansprüche (längstens jedoch bis zum Ablauf von fünf Jahren seit Abnahme der Leistungen) auftreten einschließlich notwendiger Begehungen,
- eine Objektbegehung zur Mängelfeststellung für den Bauherrn vor Ablauf der Verjährungsfristen der Gewährleistungsansprüche gegenüber den ausführenden Unternehmen,
- das Mitwirken bei der Freigabe von Sicherheitsleistungen.

3.5.2.10 Besondere Leistungen nach HOAI

Leistungen, die nicht Bestandteil der Grundleistungen im Leistungsbild der HOAI sind, können als besondere Leistung vertraglich zwischen Bauherrn und Fachplaner vereinbart werden.

3.6 Bestandteile der Planung der GA gemäß DIN EN ISO 16484 – 1

Die DIN EN ISO 16484 – 1 spezifiziert für die Planungsphase folgende Punkte:

- Bestimmung der speziellen Projektanforderungen,
- Projektplanung und die Organisation,
- technische Spezifikation des Systems,
- Auftrag an den Bauausführenden der GA.

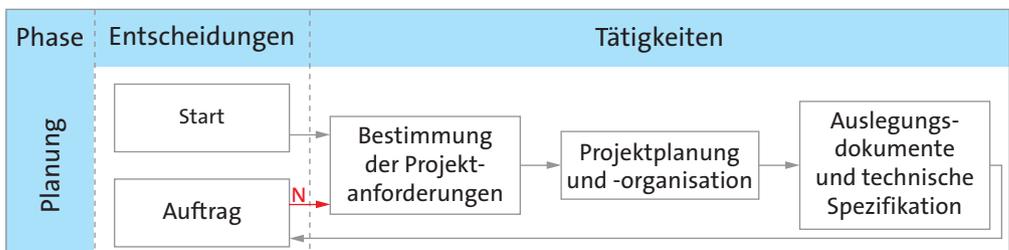


Abb. 520: Prozess und Ablauf der Planung eines GA-Projektes gemäß DIN EN ISO 16484

3.6.1 Bestimmung der Projektanforderungen

Die Projektanforderungen nach DIN EN ISO 16484 beinhalten die allgemeine Grundlagenermittlung, die integrationsbezogenen Anforderungen, die physikalischen Anforderungen, die nutzungsbezogenen Anforderungen, die Systemanforderungen und die örtlichen und kundenbezogenen

Anforderungen. Dabei sollten die Anforderungen an die Energieeffizienz beachtet werden. Nach Erstellung muss die Beschreibung der Projektanforderungen vom Kunden abschließend genehmigt werden. Weitere detaillierte Hinweise sind DIN EN ISO 16484 – 1 zu entnehmen.

3.6.2 Projektplanung und -organisation

In DIN EN ISO 16484 – 1 wird der Werdegang zu einer eindeutigen Management- und Berichtsstruktur für alle Beteiligten beschrieben. Der Prozess muss nach DIN EN ISO 16484 die Projektplanung, die Projektorganisation, die Festlegung der Verantwortlichkeiten, die Einzelheiten zu bestimmten Einschränkungen und das Änderungsmanagement umfassen. Weitere detaillierte Hinweise sind DIN EN ISO 16484 – 1 zu entnehmen. Die jeweiligen Anforderungen der HOAI sind zu beachten.

3.6.3 Auslegungsdokumente und technische Spezifikationen

Gemäß DIN EN ISO 16484 – 1 muss die technische Spezifikation alle relevanten Dokumente umfassen, um die Inhalte der Projektanforderungen, der Projektplanung und -organisation zu erfüllen. Dabei sollte bei der erforderlichen detaillierten technischen Bearbeitung auf die GA-Funktionsliste entsprechend DIN EN ISO 16484 – 3 bzw. VDI 3814 Blatt 1 sowie auf die Raumautomationsfunktionsliste gemäß VDI 3813 zurückgegriffen werden.

3.7 Ausschreibung und Vergabe

Die Prozessphasen einer Gebäudeplanung wurden vom GAEB in den Regelungen für Informationen im Bauvertrag zusammengestellt wie folgt dargestellt: (siehe Abbildung 521). Abschluss der Planung in der Technischen Gebäudeausrüstung ist die **Ausschreibung**.

3.7.1 Rechtliche Stellung der VOB

Eine Reihe von Gesetzen, Vorschriften und Normen regeln den gesamten Bauprozess, die Vergabeverfahren, die Bauausführung, aber insbesondere das gegenseitige Vertragsverhältnis zwischen **Auftraggeber** und **Auftragnehmer**.

Der Prozess der baulichen Ausschreibung und der Bauvertrag wird seit 1926 in der kontinuierlich angepassten Vergabe und Vertragsordnung für Bauleistungen VOB (im Rang einer DIN-Norm), geregelt. Die VOB ist eine Ergänzung des BGB für Bauleistungen. Die VOB/A beschreibt die Vergabeprozedur, die VOB/B regelt die nichttechnischen Bedingungen und die VOB/C die technischen Vertragsbedingungen. Für Gebäudeautomation gibt es in VOB/C DIN 18386 als „Allgemeine Technische Vertragsbedingung“ mit Festlegung der GA-Funktionen nach DIN EN ISO 16484-3 bzw. VDI „3814-Standard“ und VDI 3813 festgelegte Abrechnungseinheiten.

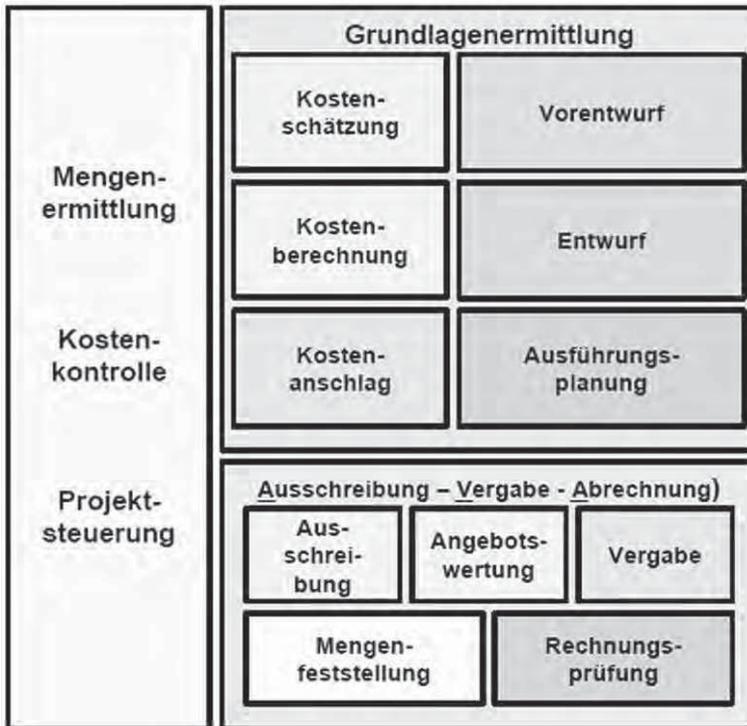


Abb. 521: Prozessphasen bei Planung und Ausschreibung (GAEB)

Vertiefung/ Beispiele

Die VOB regelt die Vertragsbedingungen nicht nur für Bauvorhaben der öffentlichen Hand, sondern für alle Bauvorhaben – aber nur dann, wenn der ursprünglich vereinbarte „Vertrag“ vor dem Richter landet – daher macht es Sinn, gleich uneingeschränkt die VOB zu vereinbaren – denn eine Einschränkung würde in diesem Falle auch nicht wirken.

Natürlich ist es jedem freigestellt, individuelle Ausschreibungs- und Vertragsformen sowie Formulierungen mit dem Auftraggeber zu vereinbaren. Es sei jedoch an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass im Streitfall (für den Richter ein Zeichen dafür, dass kein guter Vertrag geschlossen wurde) jedes Gericht in Europa sich auf die einschlägigen, gültigen Normen und sonstige allgemein anerkannte technische Regeln beziehen und in deren Sinne urteilen wird. Teile der VOB sind im Rahmen der EU-Baukoordinierungsrichtlinie EU-weit harmonisiert worden. Daher lohnt sich die eingehende Beschäftigung mit der VOB.

3.7.2 Eine kurze Einführung in die VOB

3.7.2.1 Vergabeunterlagen

In der VOB sind neben Verfahrensvorgaben und allgemeinen Ausführungsbestimmungen die Bestandteile der Vergabeunterlagen und die Regeln für die Beschreibung der Leistung bei Ausschreibungen formuliert:

- VOB Teil A, DIN 1960 § 7 „Leistungsbeschreibung“ enthält Anforderungen an die unterschiedlichen Leistungsbeschreibungen (z. B. Leistungsverzeichnis, Leistungsprogramm),
- VOB Teil B, DIN 1961 enthält die „Allgemeinen Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen“,
- VOB Teil C, DIN 18 299 enthält die „Allgemeinen Technischen Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Regelungen für Bauarbeiten jeder Art“,
- VOB Teil C, DIN 18 386 „Gebäudeautomation“ enthält die speziellen Ergänzungen zur DIN 18299 für das Gewerk Gebäudeautomation.

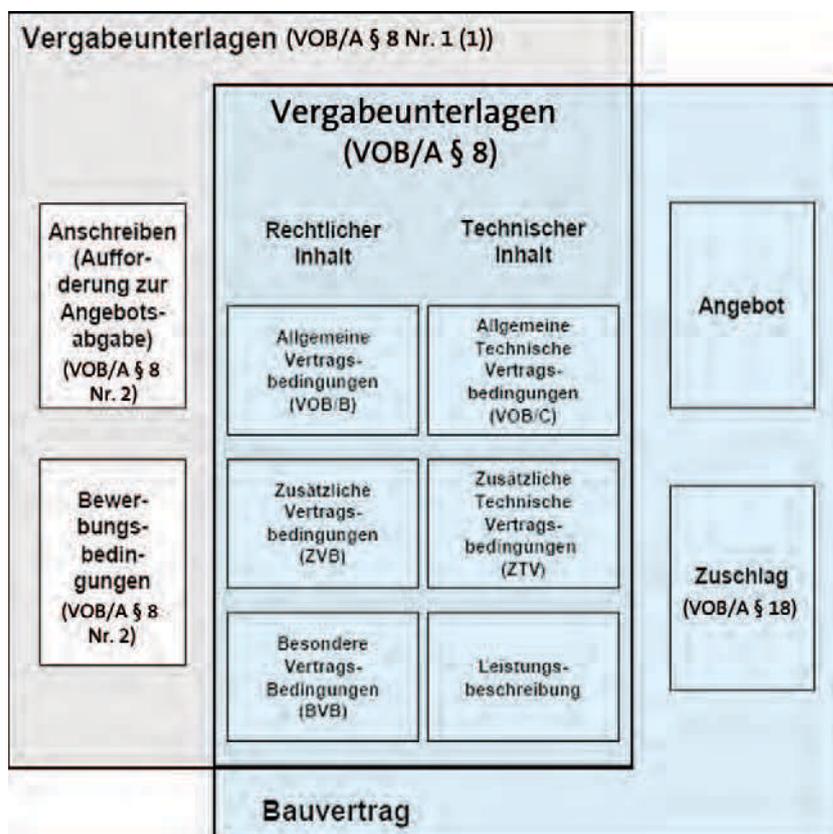


Abb. 522: Vergabeunterlagen gemäß VOB

3.7.2.2 VOB/A

Der Teil A umfasst „Allgemeine Bestimmungen für die Vergabe von Bauleistungen“, DIN 1960.

- Teil A der VOB wird nicht Vertragsbestandteil.
- Teil A der VOB richtet sich vorwiegend an die öffentlichen Auftraggeber.
- Aus den Regelungen ergibt sich seit dem Jahr 2000 ein klagbarer Rechtsanspruch für den Anbieter/Bewerber, wenn z. B. das Leistungsverzeichnis nicht den Anforderungen der VOB entspricht.

Besonderheiten für die Gebäudeautomation in Bezug auf die VOB: Es ist eindeutig: VOB/C DIN 18386 verlangt Abrechnungseinheiten „Funktionen“ nach DIN EN ISO 16484 – 3 zur Trennung von Hardware und Funktionen. Die Inhalte DIN EN ISO 16484 – 3 in Bezug auf die GA-Funktionen finden sich in VDI 3814 wieder (da sich die Funktionen DIN EN ISO 16484 aus der VDI 3814 abgeleitet haben). Als Konsequenz sollte die GA-Ausschreibung aller Bauvorhaben VOB-konform erfolgen, um Klagen sich benachteiligt fühlender Bieter abzuwenden, denn die Folge wäre meist ein erheblicher Terminverzug.

Leistungsbeschreibung gemäß VOB/A § 7

Der § 7 der VOB Teil A schreibt u. a. die Art und inhaltliche Form eines Leistungsverzeichnisses für eine Ausschreibung vor:

- Abs. (1) 1: „Die Leistung ist eindeutig und so erschöpfend zu beschreiben, dass alle Bewerber die Beschreibung im gleichen Sinne verstehen müssen und ihre Preise sicher und ohne umfangreiche Vorarbeiten berechnen können.“
- Abs. (1) 2: „Um eine einwandfreie Preisermittlung zu ermöglichen, sind alle sie beeinflussenden Umstände festzustellen und in den Vergabeunterlagen anzugeben.“
- Abs. (1) 3: „Dem Auftragnehmer darf kein ungewöhnliches Wagnis aufgebürdet werden für Umstände und Ereignisse, auf die er keinen Einfluss hat und deren Einwirkung auf die Preise und Fristen er nicht im Voraus schätzen kann.“
- Abs. (2): „Bei der Beschreibung der Leistung sind die verkehrsüblichen Bezeichnungen zu beachten.“ (Anmerkung: das sind die genormten Bezeichnungen bzw. die des STLB-Bau).
- Abs. (8): „Soweit es nicht durch den Auftragsgegenstand gerechtfertigt ist, darf in technischen Spezifikationen nicht auf eine bestimmte Produktion oder Herkunft oder ein besonderes Verfahren verwiesen werden, wenn dadurch bestimmte Unternehmen oder bestimmte Produkte begünstigt oder ausgeschlossen werden. Solche Verweise sind jedoch ausnahmsweise zulässig, wenn der Auftragsgegenstand nicht hinreichend genau und allgemein verständlich beschrieben werden kann; dann solche Verweise sind mit dem Zusatz „oder gleichwertig“ zu versehen.“ (Anmerkung: bestimmte Produktion entspricht fabrikatsgebundene Produktion).

VOB/A § 16, Nr. 3 – Prüfung und Wertung der Angebote

Der § 16 der VOB Teil A beschreibt die Behandlung der Angebote nach dem Eröffnungstermin.

- Abs. (3): „Die übrigen Angebote sind rechnerisch, technisch und wirtschaftlich zu prüfen.“
- Abs. (4) 1: „Entspricht der Gesamtbetrag einer Ordnungszahl (Position) nicht dem Ergebnis der Multiplikation von Mengenansatz und Einheitspreis, so ist der Einheitspreis maßgebend.“

3.7.2.3 VOB/B

Der Teil B der VOB (DIN 1961) regelt als „Allgemeine Vertragsbedingungen für die Ausführung von Bauleistungen“ die Beziehungen der Beteiligten nach Vertragsabschluss bis zur endgültigen Erfüllung der Vertragspflichten von Auftraggeber und Auftragnehmer. Mit der Vereinbarung von VOB/B werden auch die ATV (Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen) des Teils C der VOB zum Vertragsbestandteil – auch für alle Subunternehmer (§ 1 Nr. 1 VOB/B). Die VOB/B ist grundsätzlich so abgefasst, dass ausgewogene Rechte und Pflichten aller Beteiligten gegeben sind.

Vertiefung/ Beispiele

Wenn in einem „VOB-Projekt“ ein Hauptauftragnehmer mit seinen Subunternehmern andere (meist ungünstigere) Konditionen vereinbart, sind diese im Streitfall ungültig – der Richter entscheidet grundsätzlich nach VOB.

3.7.2.4 VOB/C

Der Teil C der VOB enthält mit ATV DIN 18299 „Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen jeder Art“ die für alle Arten von Bauleistungen geltenden Vertragsbedingungen. Mit den ATV DIN 18300 „Erdarbeiten“ und folgende werden diese für 63 verschiedene Gewerke weitergeführt. Für das Gewerk Gebäudeautomation gilt DIN 18386 als ATV. Dort sind auch die spezifischen für GA gültigen Normen festgelegt. Diese VOB/C wird automatisch durch die Vereinbarung von VOB/B Vertragsbestandteil.

Vertiefung/ Beispiele

Seit 1993 ist die Gebäudeautomation ein eigenständiges Gewerk. Grundlage ist DIN 276 (Baukostennorm, Kostengruppe 480) und die ATV DIN 18386 Gebäudeautomation. Daher sollen die GA-Leistungen auch so bezeichnet werden und nicht nur „MSR-Technik“ oder „Gebäudeleittechnik“, denn dafür gibt es nach Ablösung der veralteten VDI 3814-Richtlinien (2005) keine anerkannten Regeln mehr. Die Definition in DIN EN ISO 16484 – 2, 3.31, gibt ausdrücklich vor, dass mit der Norm konforme Systeme „GA-Systeme“ genannt werden sollen. Mit Einführung von DIN EN ISO 16484 muss die ATV DIN 18386 noch an die neuen Normbegriffe angepasst werden, nicht im sachlichen Inhalt, der ist durch den VDI 3814-Standard schon gegeben. Mit der Überarbeitung der ATV DIN 18386 in den Jahren 2014 und 2015 wurden die neuen Normen und die normativen Begriffe in die ATV überführt.

3.7.3 Ausschreibungs- und Vergabeverfahren

Wird heute ein Bauvorhaben in Angriff genommen, so müssen sich die am Bau Beteiligten anspruchsvollen und komplexen technischen Anforderungen stellen. Für die erstrebte sichere Abwicklung müssen sie die Grundzüge des Bauvertragsrechts beherrschen. Ohne einen sicheren Umgang insbesondere mit der VOB/B – auch durch den Bieter – wird der Projekterfolg zum Zufallsergebnis – und damit meist zu teuer.

Der Bauherr hat die Möglichkeit, den Prozess der Ausschreibung auf verschiedene Arten durchzuführen:

- öffentliche Ausschreibung,
- beschränkte Ausschreibung nach öffentlichem Teilnahmewettbewerb,
- beschränkte Ausschreibung ohne öffentlichen Teilnahmewettbewerb und
- freihändige Vergabe.

Am häufigsten wird das öffentliche oder beschränkte Verfahren gewählt (siehe Abbildung 523). Je genauer der Bauherr mit der Ausschreibung seine Wünsche formuliert, desto besser kann er Angebote vergleichen und dem Bieter den Auftrag erteilen, der seinen Vorstellungen von Preis, Fachkompetenz und Termintreue am ehestens entspricht.

Die Ziele eines Bauherrn sind klar. Er will mit seiner Ausschreibung:

- eine Grundlage für vergleichbare Angebote schaffen,
- den Kostenrahmen abstecken und festschreiben,
- den geplanten Leistungsumfang festschreiben,
- eine eindeutige Abrechnungsbasis schaffen,
- eindeutige Vertragsverhältnisse zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer schaffen.

Das „Blankett“ eines Leistungsverzeichnisses ist im Gesamtprozess Ausschreibung-Vergabe-Abrechnung der „Wunschzettel“ des Bauherrn, auf dem er die kommerziellen und technischen Vorgaben für sein Bauvorhaben formuliert. Jedoch Achtung: Der einzige, der dieses Dokument rechtsverbindlich unterschreibt, ist der Anbieter – und daher ist es formuliert wie ein Angebot und nicht wie ein Lastenheft.

Juristisch ist es wohl ein Unterschied, ob ein Anbieter unterschreibt: „der Datenpunkt ist grün“ oder „der Datenpunkt muss grün sein“. Letzteres kann im Zweifelsfalle nur als „Bestätigung einer Meinung“ ausgelegt werden nach dem Motto: Der Meinung bin ich zwar auch, aber ich liefere rot, weil das für mich günstiger ist (es heißt im LV ja nicht, dass er grün ist nach dem Einbau, soweit ein kleiner Seitenhieb auf manche LV-Formulierungen).

Seit den sechziger Jahren gibt es in Deutschland das Standardleistungsbuch (StLB) als neutrale Textvorlage für Ausschreibungen, das heute zum hochkomfortablen, webbasierten STL-Bau – dynamische Baudaten mutiert ist. Für den Leistungsbereich „Gebäudeautomation“ (LB 070)

| Vergabeverfahren | | | | |
|---|--|--|--|--|
| unterhalb des EU-Schwellenwerts | | oberhalb des EU-Schwellenwerts | | Form |
| Art | Aufforderung zur Beteiligung | Art | Aufforderung zur Beteiligung | |
| Öffentliche Ausschreibung | unbeschränkte Zahl von Bietern | Offenes Verfahren | unbeschränkte Zahl von Bewerbern / Bietern | vorgeschriebenes (förmliches) Verfahren |
| Beschränkte Ausschreibung nach öffentlichem Teilnahmewettbewerb | unbeschränkte Zahl von Bewerbern, beschränkte Zahl von Bietern | Nichtoffenes Verfahren | unbeschränkte Zahl von Bewerbern, beschränkte Zahl von Bietern | |
| Beschränkte Ausschreibung ohne öffentlichen Teilnahmewettbewerb | beschränkte Zahl von Bietern | | | |
| | | Verhandlungsverfahren mit Vergabebekanntmachung | unbeschränkte Zahl von Bewerbern, beschränkte Zahl von Bietern | |
| | | Verhandlungsverfahren ohne Vergabebekanntmachung | beschränkte Zahl von Bietern | |
| Freihändige Vergabe | beschränkte Zahl von Bietern | | | kein vorgeschriebenes (förmliches) Verfahren |

Abb. 523: Vergabeverfahren gemäß VOB/A

wurden und werden neue Formulierungen erstellt, konform zur DIN EN ISO 16484. In diesem Dokument wird neben den Lieferungen auch die Unternehmerleistung beschrieben. Die Einführung der GA-Funktionen nach VDI 3814-Standard als Bauleistung war eines der herausragenden Ergebnisse dieses Arbeitskreises.

Zum Gesamtverständnis der VOB und des STLB-Bau muss gesagt werden, dass die Teilleistungen (Positionen) grundsätzlich als eine fertig eingebaute Leistung zu verstehen sind. Sonderfälle werden wie folgt angegeben, z. B. „nur Liefern“ oder „nur Einbauen“. Regelleistung ist der eingebaute Zustand, es ist implizit, dass dafür geliefert werden muss. Ein Sonderfall ist das elektrische Anschließen von Geräten. Hierfür kann es eigenständige Positionen geben.

3.7.4 Ausschreibung

3.7.4.1 Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis (LV)

Üblicherweise erstellen Fachplaner das Leistungsverzeichnis. Dieses Buch kann und will keine Vorgaben für die Erstellung eines Leistungsverzeichnisses und den Ausschreibungsprozess machen. Die hier getroffenen Aussagen geben nur die Ergebnisse von langen und tief gehenden Diskussionen mit den Führungskräften der GA-Branche wieder – in ausgeglichen besetzten Arbeitskreisen (VDI-TGA, GAEB, VDMA-AMG, VOB, CEN, ISO).

Die Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis ist die gebräuchlichste Art, eine Leistung auszuschreiben. Sie entspricht den bekannten Regeln:

- Die Leistung soll durch eine allgemeine Darstellung der Bauaufgabe (Baubeschreibung) und ein in Teilleistungen gegliedertes Leistungsverzeichnis beschrieben werden.
- Erforderlichenfalls ist die Leistung auch zeichnerisch darzustellen oder anders zu erklären, z. B. in Tabellenform wie die GA-FL (GA-Funktionsliste nach VDI 3814).
- Im Leistungsverzeichnis ist die Leistung derart aufzugliedern, dass unter einer Ordnungszahl (LV-Position) nur solche Leistungen aufgenommen werden, die nach ihrer technischen Beschaffenheit und für die Preisbildung als in sich gleichartig anzusehen sind.
- Ungleiche Leistungen sollen unter einer Ordnungszahl nur zusammengefasst werden, wenn eine Teilleistung gegenüber einer anderen für die Bildung eines Durchschnittspreises ohne nennenswerten Einfluss ist.

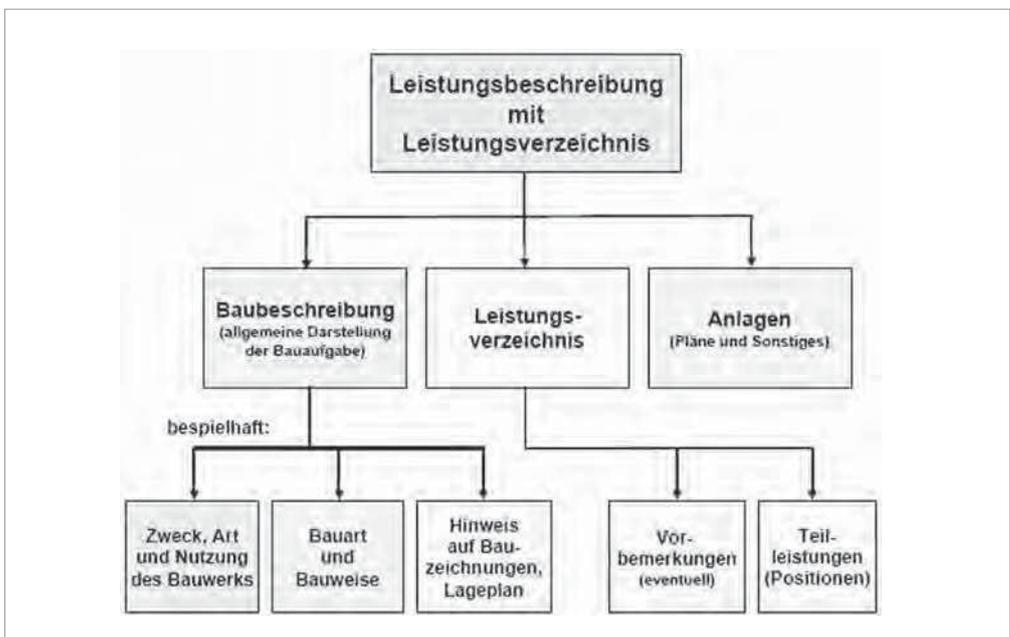


Abb. 524: Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis (GAEB)

3.7.4.2 Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm („Funktionale Ausschreibung“)

Die Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis nach § 7 Abs. 9 bis 12 der VOB/DIN 1960 ist die Regel. Ausnahmsweise können Leistungen mit Leistungsprogramm beschrieben werden. Für die Gebäudeautomation hat dies eine besondere Bedeutung.

Bei der Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm nach VOB/A § 7 Abs. 13 werden von den Bietern Planungsleistungen (Entwurfs- und/oder Ausführungsunterlagen) und die Ausarbeitung wesentlicher Teile der Angebotsunterlagen gefordert. Ziel dieser Beschreibungsart ist es, die wirtschaftlich, technisch, funktionell und gestalterisch beste Lösung der Bauaufgabe zu finden.

Eine Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm ist zweckmäßig, wenn es wegen der Verschiedenartigkeit von Systemen den Bietern freigestellt sein muss, die Gesamtleistung so aufzugliedern und anzubieten, wie es ihrem System entspricht, oder wenn mehrere technische Lösungen möglich sind, die nicht im Einzelnen neutral beschrieben werden können und der Auftraggeber seine Entscheidung unter dem Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit und Funktionsgerechtigkeit erst aufgrund der Angebote treffen kann.

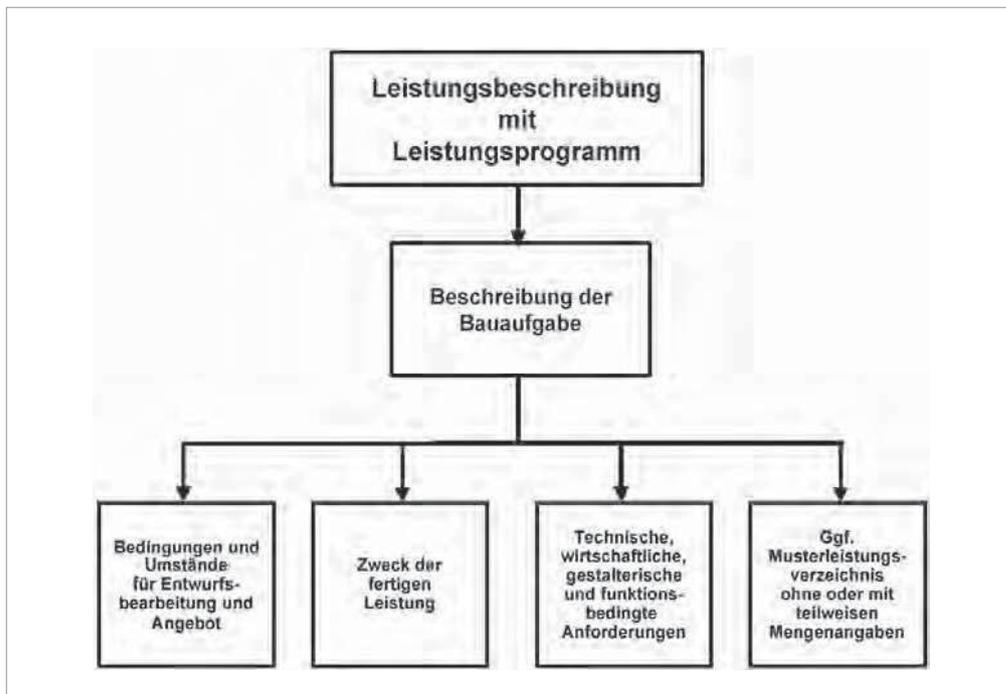


Abb. 525: Leistungsbeschreibung mit Leistungsprogramm (GAEB)

Vertiefung/ Beispiele

Für die Teilbereiche Automationshardware und Netzwerke der Gebäudeautomation ist nur durch einen „funktionalen Teil“ in einer Ausschreibung mit Leistungsverzeichnis ein wirksamer Wettbewerb gewährleistet. Mit „funktional“ sind hier jedoch nicht die GA-Funktionen VDI 3813- und 3814-Standard gemeint, sondern die Lösungen für den Zuschnitt der Ein-Ausgabebaugruppen und die LAN-Technologie.

3.7.5 Leistungsverzeichnis (LV)

Das Leistungsverzeichnis kann in unterschiedlichen Textfassungen erstellt werden:

- Langtext-Leistungsverzeichnis (Urschrift)

Das Langtext-Leistungsverzeichnis muss die Teilleistungen eindeutig und erschöpfend beschreiben.

- Kurztext-Leistungsverzeichnis

Das Kurztext-Leistungsverzeichnis dient ausschließlich der Kurzansprache von Teilleistungen, damit z. B. für die Rechnungslegung die Positionen untereinander unterschieden werden können.

Vertiefung/ Beispiele

Für die Ausführung der Bauleistung gilt ausschließlich das Langtext- Leistungsverzeichnis!

3.7.5.1 Gliederung des Leistungsverzeichnisses

Die Gliederung kann sowohl system- als auch objekttopologisch erfolgen. Systemtopologisch entspricht sie den funktionalen Ebenen eines Gebäudeautomationssystems (Bedienen/Management, Automation, Feld), objekttopologisch entspricht sie der Gliederung des Bauvorhabens.

Eine generelle Empfehlung für die Gliederung eines LV kann nicht gegeben werden. Die objekttopologische Gliederung bietet mehr Übersichtlichkeit als die systemtopologische Gliederung. Wegen der Vielzahl der unterschiedlichen Lieferungen und Leistungen empfiehlt sich eine Gliederung des Gesamtsystems in Titel und Untertitel.

Vertiefung/ Beispiele

Der Teil 0 der VOB/C DIN 18386 gibt Hinweise zur Aufstellung des LV, insbesondere in Bezug auf die Abrechnungseinheiten.

3.7.5.2 Aufteilung in Fachlose

Insbesondere für die GA ist die VOB/A § 5 zu beachten. Wird die Gesamtleistung nach Fachgebieten (z. B. Gewerken) aufgeteilt, handelt es sich um Fachlose; diese können z. B. mehrere

Die Symbole und Bezeichnungen für die Sensoren und Aktoren bzw. Stellgeräte entsprechen den Vorgaben der VDI 3814 Blatt 1. In der GA-Funktionsliste werden die Regelstrategien und wichtige Hinweise zur Steuerung für die jeweiligen Anlagen dargestellt.

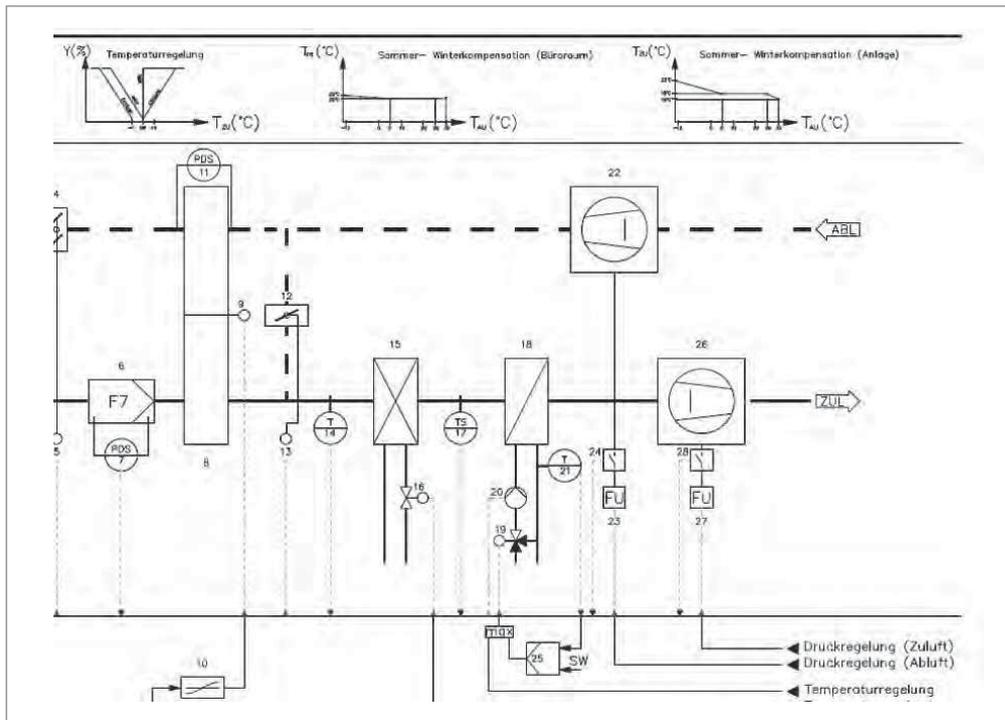


Abb. 565: Auszug aus einem Automationsschema nach VDI 3814 Blatt 1

3.9.13 Planung des Netzwerkes der Gebäudeautomation

Wenn alle Automationseinrichtungen und Schnittstellen, auch mit Ihren zu kommunizierenden Datenmengen, dimensioniert sind, kann abschließend die Netzwerkstruktur geplant werden. Dazu müssen zur Dimensionierung des gesamten Netzwerkes auch Art und Aufbau der jeweiligen Netzwerksegmente geplant werden.

3.9.13.1 Architektur des Netzwerkes

Bei der Planung ist die „Netzwerk Architektur“ festzulegen, d. h. die Struktur aus Netzwerksegmenten und Teilnetzen, die zusammen ein GA-Netzwerk bilden. Die einfachste Konfiguration ist ein LAN (Local Area Network), das aus einem einzigen physikalischen Segment besteht und an dem alle Einrichtungen direkt angeschlossen sind. Für jedes LAN ist eine maximale Länge spezifiziert. Daher müssen einzelne physikalische Segmente über Repeater und/oder Bridges verknüpft werden. Falls mehrere Netzwerke zusammengeschaltet werden, kommen Router

ins Spiel. Wichtig dabei ist, dass nicht ein langsames Netzwerk benutzt wird, um schnellere Netzwerke zusammenzuschalten. Die Arten von Netzwerken und Kommunikationsverbindungen sind im Kapitel 1.13 dieses Buches beschrieben.

3.9.13.2 Verfügbarkeit

Mit dem Bauherrn muss die der Nutzung des Gebäudes entsprechende Verfügbarkeit des Netzwerkes (siehe hierzu die Varianten der Verfügbarkeit von Netzwerken und Automationseinrichtungen in Kapitel 3.8.5.5) und daraus folgend für alle Netzwerkkomponenten abgestimmt und die Realisierung der Verfügbarkeit in den jeweiligen Netzwerksegmenten bzw. im gesamten Netzwerk geplant werden.

3.9.13.3 Reaktionszeiten

Die Reaktionszeiten für Einblendungen oder Schaltaktionen und Rückmeldungen sind als Systemmerkmal in Abstimmung mit dem Bauherrn pro Projekt festzulegen.

Vertiefung/ Beispiele

Die Reaktionszeit ist die Zeitspanne von der Beginn des Eingabevorganges bis zu dem Zeitpunkt, an dem ein Auftrag (ohne Rückmeldung) ausgeführt wurde oder eine geforderte Rückmeldung über die Ausführung beim jeweils anfordernden Gerät eingeht. Bei der Reaktionszeit eines Systems wird zwischen den Einzelzeiten Eingabezeit, Bearbeitungszeit, Übertragungszeit und Ausführungszeit unterschieden. Diese führen in ihrer Summierung zur Reaktionszeit. Dabei ist die Eingabezeit die Zeitspanne von der internen oder externen Initiierung eines Eingabevorganges bis zum Bereitstellen der Daten im Prozessor. Die Bearbeitungszeit ist die Zeitspanne, welche eine Instanz zur Bearbeitung eines initiierten Auftrages benötigt. Die Übertragungszeit ist die Zeitspanne der Signalübertragung. Die Übertragungszeit besteht aus Aufbereitungszeit im Sender, Transportzeit und Aufbereitungszeit im Empfänger. Im Weiteren ist die Ausführungszeit die Zeitspanne, die eine Instanz zur Ausführung eines initiierten Auftrages benötigt (z. B. die Schaltzeit im Prozess).

3.9.13.4 IP-Subnetze

Wenn IP-Netze geplant werden, sind folgende Dinge mit dem Bauherrn und allen beteiligten Gewerken abzustimmen:

- Konfiguration jedes Routers so, dass das Netzwerkadressierungs-Schema eingehalten wird,
- Einsatz von konfigurierbaren und lernenden Routern, um eine manuelle Rekonfiguration bei Netzwerkänderungen zu vermeiden,
- jeder Router ist so konfiguriert, dass alle Netzwerk-Schicht-Fehlermeldungen zu spezifizierten Bedienstationen gesendet werden,

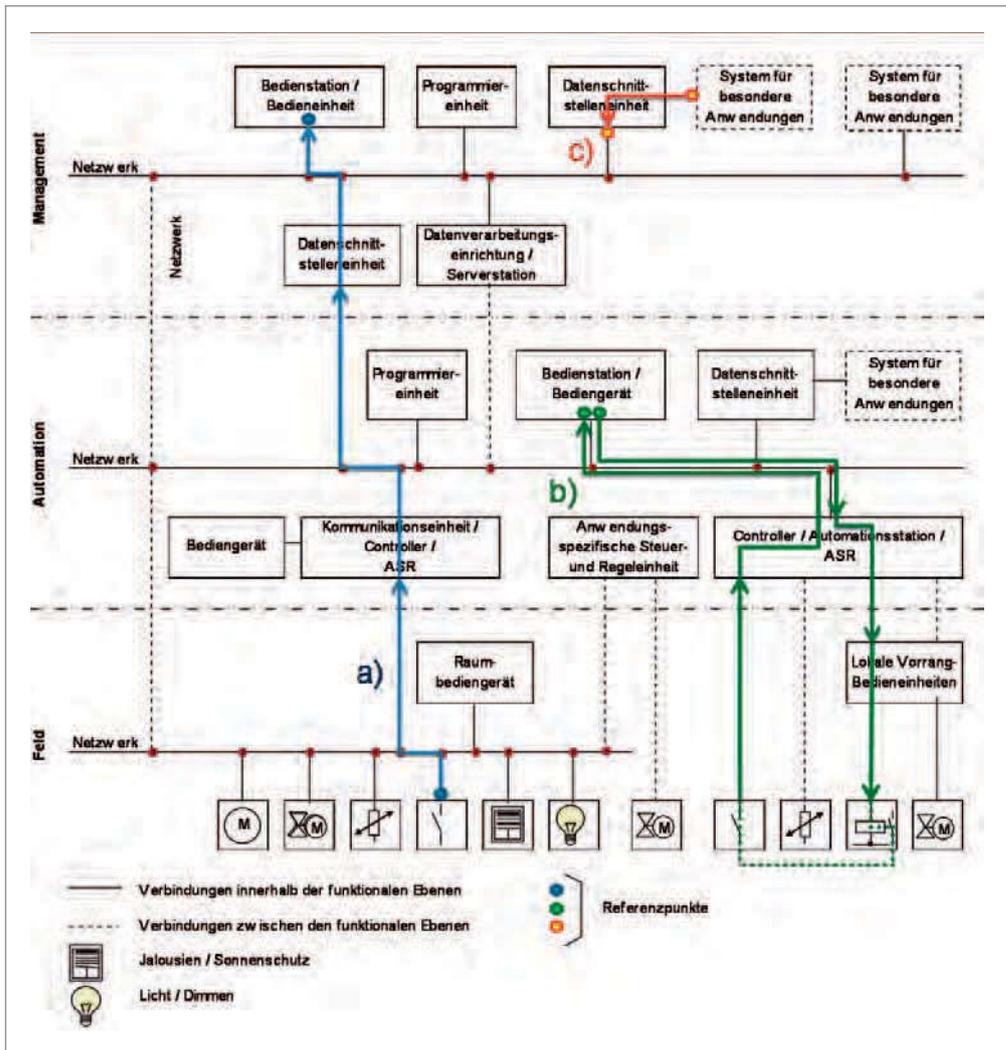


Abb. 566: Darstellung von Reaktionszeiten innerhalb des GA-Netzwerkes gemäß VDI 3814 Blatt 5

- jeder Router ist zu Beginn mit Routing konfiguriert,
- jeder Router ist in der Lage, Meldungen an jedem Port und in jeder für das vorgesehene LAN gültigen Länge, weiterzuleiten.

Bei der Verwendung von BACnet sind für die Verbindung von IP-Subnetzen „BACnet Broadcast Management Device“ (BBMD) erforderlich, weil die meisten IP-Router Broadcast-Meldungen nicht weiterleiten. Wenn vorhandene BACnet-Devices ohne IP über ein IP-Netzwerk vernetzt werden, sind „BACnet Tunneling Router“ (BTR) vorzugeben.

3.9.13.5 Protokollanalysatoren

In heterogenen Projekten ist aus rechtlichen Gründen, insbesondere wegen der Zuordnung der Schadensanteile im Fehlerfall, dringend geboten, einen Protokollanalysator mit Speicherfähigkeit fest zu installieren. Auch dieser Analysator muss gesondert als Position beschrieben und mit Kosten bewertet werden.

3.9.13.6 EMV für das GA-Netzwerk

Auch das Netzwerk muss in das EMV-Konzept des Gebäudes integriert werden. Dabei sind ggf. Überspannungseinrichtungen koordiniert mit dem Gewerk Elektrotechnik zu planen und die durch den Elektroplaner vorgegebenen Trennungsabstände zum Blitzschutz einzuhalten. Des Weiteren sind alle Anforderungen an die EMV gemäß VDE 0100 – 444 mit dem Elektroplaner abzustimmen und zu koordinieren.

3.9.13.7 Struktur des Netzwerkes

Bei der Planung werden Standardbeschreibungen für das Systemnetzwerk, die Anforderungen grundsätzlicher Art, Erweiterungsanforderungen und Reserven festgelegt. Sind die gewünschten Standards (z. B. BACnet oder LON) bekannt, kann das Netzwerk vollständig geplant werden.

Vertiefung/ Beispiele

Wenn vom Bauherrn auch proprietäre Systeme gewünscht werden, wird nicht immer die Stückzahl für Repeater, Hubs und Spleißboxen usw., auch nicht Typ und Aderzahl von Netzwerk-Kabeln bzw. die Topologie des Netzwerks vorgegeben. So kann der Bauherr einem Anbieter auf einem Beiblatt durch Darstellung einer schematischen Netzwerkstruktur mit Entfernungsangabe zwischen den Einrichtungen die Möglichkeit geben, das spezielle Netzwerk des Anbieters zu kalkulieren (der „funktionale“ Anteil in einer GA-Ausschreibung mit Leistungsverzeichnis). In diesem Fall kann die prinzipielle (geplante) Struktur (Topologie) von Teilnetzen mit einer schematischen Darstellung vorgegeben werden (GAEB Beiblatt 070-01 siehe www.gaebe.de). Die herstellerepezifische Struktur mit allen Komponenten wird dann in einer Darstellung des Bieters dem Angebot beigefügt.

Um dann die herstellerepezifische LAN-Lösung für die Anforderungen des jeweiligen Projekts beurteilen zu können, sind folgende Angaben erforderlich:

- der Bieter muss auf einem Beiblatt zum LV Angaben zu seinen Netzwerkkomponenten (je Netzwerk) geben (vergleiche Automationshardware). Diese Angaben dienen für Mehrungen und Minderungen sowie zur Beurteilung des Angebots. (GAEB Beiblatt 070-11_Netzwerkkomponenten_Bieterang.xls unter www.gaebe.de),
- sind bestehende GA-Netzwerke zu verbinden, sind die Anforderungen in der Planung und später im Leistungsverzeichnis ausreichend zu beschreiben.

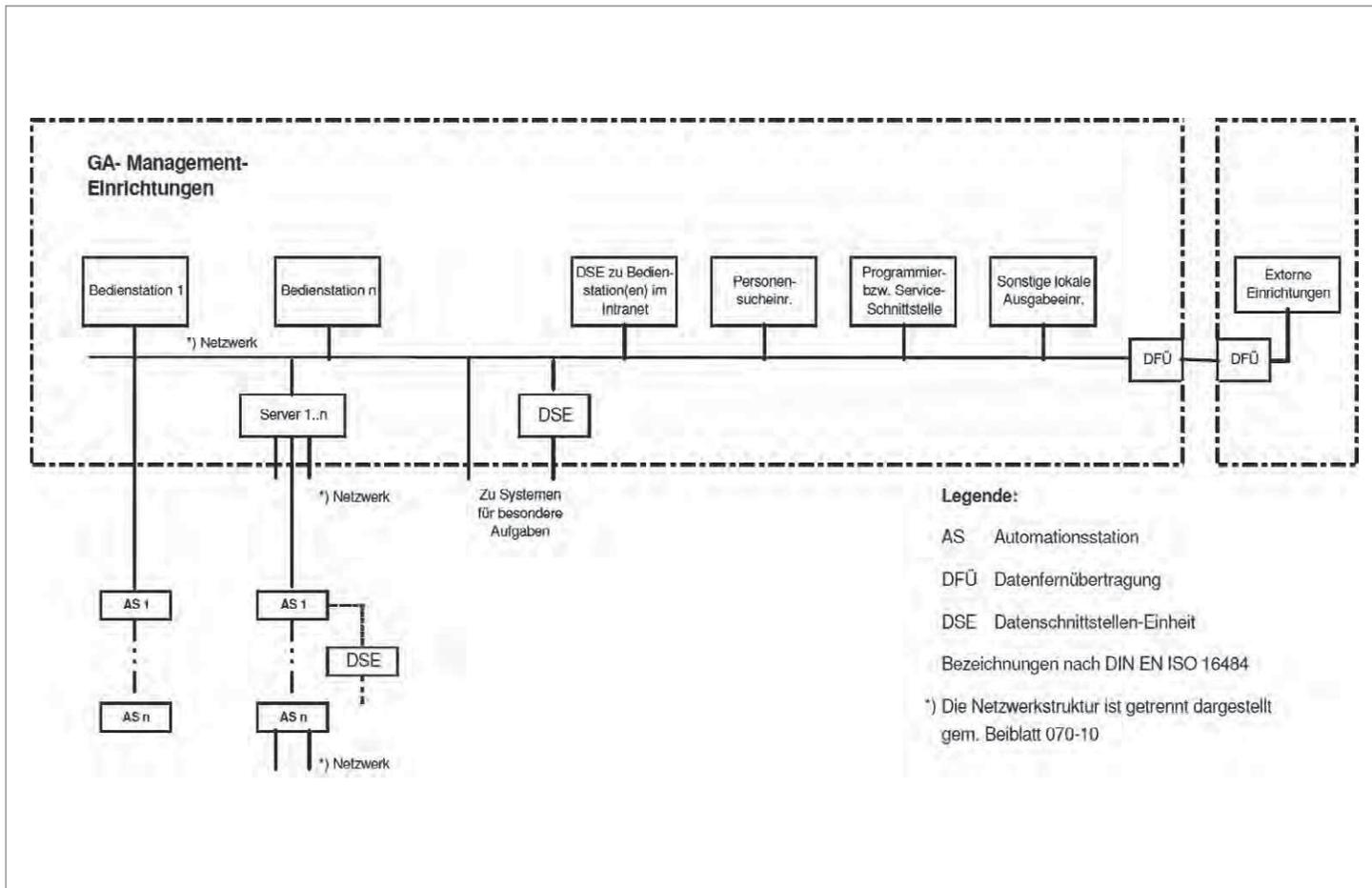


Abb. 567: (Beispiel) prinzipielle Struktur für ein Management-Netzwerk (LV-Beiblatt, GAEB STLB-Bau) „Auszug aus STLB-Bau – Dynamische BauDaten 2010-10 © 2010 by DIN Deutsches Institut für Normung e. V.“

Wenn jedoch alle Netzwerksegmente mit Technologien planbar sind (z. B. Ethernet für Automations- und Managementnetzwerk, LON für Raumautomation mit vorgegebener Transceiver-Technologie, hardwareseitige Anbindung der Feldgeräte an die Automationseinrichtung, aber busfähige Einzelraumregler), dann kann mit den einzelnen Netzwerksegmenten, den gegebenen Datenmengen, den vorgegebenen Reaktionszeiten, den Anforderungen an die Verfügbarkeit der Netzwerksegmente und der Gebäudestruktur (Verlegewege und Trassen) das Netzwerk in seiner Gesamtstruktur geplant werden. Dabei sind eventuelle Längenrestriktionen von Netzwerksegmenten der einzelnen Technologien zu beachten.

3.9.13.8 Erstellen des Netzwerkschemas

Nach der Dimensionierung aller Netzwerkteilnehmer, dem Erstellen des Netzwerkplanes und der Dimensionierung der einzelnen Netzwerksegmente kann das vollständige Netzwerkschema erstellt werden. Dabei sollten alle Bussegmente und Teilnehmer eindeutig bezeichnet (Netzwerknummer/Segmentnummer/Teilnehmernummer) werden, die Leitungslängen eingetragen und die Gebäudestruktur sichtbar sein.

3.9.14 Erstellen der elektrischen Leistungsbilanz

Um den elektrischen Leistungsbedarf für jeden Informationsschwerpunkt zu ermitteln, ist eine Aufstellung der einzelnen Verbraucher mit ihren Leistungsdaten erforderlich. Durch die Zuordnung der Leistungen der TGA zu den zu versorgenden energetischen Verteilern wird vorgegeben (z.B. durch die GA-Funktionsliste), welcher Verbraucher (Aggregat, Gerät) vom jeweiligen Informationsschwerpunkt (Schaltschrank der Gebäudeautomation) versorgt wird. Die elektrischen Daten zu den einzelnen Geräten sind bei den jeweiligen Gewerken abzufragen. Die Verbraucher werden in einer Tabelle je Informationsschwerpunkt mit Ihren notwendigen Daten (Wirkleistung, $\cos\varphi$, Spannung) aufgelistet. Die Gesamtleistung aller Verbraucher, dabei sind auch die von den Geräten im Schaltschrank aufgenommenen Leistungen zu berücksichtigen, ergibt sich aus der Summe aller zu einem Informationsschwerpunkt gehörenden Leistungen der jeweiligen Verbraucher. In der Praxis erhält man die Wirkleistung P oder die Scheinleistung S der Geräte bzw. Verbraucher.

Für die Koordination mit dem Gewerk Elektrotechnik muss eine elektrische Leistungsbilanz erstellt werden. Je Informationsschwerpunkt werden mit den jeweiligen Gewerken die Verbraucher mit ihren Leistungswerten sowie mit der Art Ihrer Spannungsversorgung in einer Liste eingetragen.

Für die jeweiligen Verbraucher ist die Erfassung der folgenden Daten erforderlich:

- Art der notwendigen elektrischen Einspeisung AV oder SV des jeweiligen Verbrauchers,
- Verbraucherkennzeichnung,
- Standort (ISP),
- Nennspannung,

3.9.15 Koordination mit dem Gewerk Elektrotechnik

Nach dem Erstellen der Leistungsbilanz kann mit dem Gewerk Elektrotechnik die Koordination der Anschlussleistung durchgeführt werden.

Dazu sind folgende Abstimmungen zwingend erforderlich:

- Übergabe der erforderlichen Leistungen an das Gewerk Elektrotechnik,
- Abstimmung der Schaltschrankstandorte und der Übergabepunkte für die elektrische Einspeisung,
- Abstimmung der Netzform am Übergabepunkt der Einspeisung für das Gewerk Gebäudeautomation,
- Abstimmung der der Art der Versorgung (AV/SV) der Schaltschränke der Versorgungstechnik,
- Anforderungen für die Gebäudeautomation in Bezug auf den Funktionserhalt,
- Klärung, welches Gewerk legt die Einspeisung für die Schaltschränke der Gebäudeautomation auf (wo sind die Kosten dafür zu berücksichtigen),
- Festlegen und Koordination der notwendigen Sicherung im vorgelagerten Netz,
- Übergabe der Daten aus dem vorgelagerten Netz der Elektrotechnik an den Planer der Gebäudeautomation, dazu zählen:
 - Netzform,
 - Notwendige Maßnahmen der EMV,
 - notwendige Maßnahmen Überspannungsschutz,
 - Widerstand des vorgelagerten Netzes,

| Abfrageformular für vorgelagertes elektrisches Netz | |
|--|---------|
| Projektbezeichnung | Muster |
| Projektnummer | 1 |
| Projektbearbeiter | JBA |
| ISP-Nr. | 1 |
| Standort/ Raum | Heizung |
| Netzart (AV/ SV/ EV) | AV |
| Netzform | |
| geplante EMV-Maßnahmen | |
| geplante Anschlussleistung in kVA | |
| geplante Absicherung: Charakteristik und Nennstrom (z.B. B) 100 A) | |
| geplante Zuleitung: Adersahl und Querschnitt auf Ausblinder/ Leitungen | |

Abb. 569: Auszug aus einem Abfrageformular für das vorgelagerte elektrische Netz

- noch für die Gebäudeautomation zur Verfügung stehender Spannungsfall ΔU ,
- zu planende Kurzschlussstromfestigkeit der Anlage aus den Anforderungen des vorgelagerten Netzes,
- zu berücksichtigende Anforderungen in Hinblick auf die Selektivität der Sicherungen des vorgelagerten Netzes.

Die Koordination mit dem Gewerk Elektrotechnik kann mit einer Abfrageliste durchgeführt werden.

3.9.16 Erstellen der Trassen- und Installationsplanung

Um im Weiteren die Dimensionierung der Kabel- und Leitungsanlagen für die an die Informationsschwerpunkte angeschlossenen Verbraucher sowie die Kabel und Leitungen des Netzwerkes der Gebäudeautomation durchzuführen, werden folgende Planungsschritte durchlaufen:

- Festlegen der Schaltschrankstandorte in Abstimmung mit den anderen Gewerken und unter Berücksichtigung von baurechtlichen Anforderungen,
- Einzeichnen der Schaltschrankstandorte in die Grundrisse des Gebäudes,
- Markieren der Aufstellungsstandorte und Zielpunkte für Feldgeräte und Verbraucheranschlüsse in den Grundrissen,
- Bei Fassadeninstallationen (innen im Gebäude, in der Fassade oder durch die Fassade) den Trennungsabstand erfragen und ggf. die notwendigen Trennungsabstände oder gesonderte, in Abstimmung mit dem Planer der Blitzschutz- und Überspannungsschutzanlage, notwendige Maßnahmen berücksichtigen,
- Übergabepunkte mit anderen Gewerken (z. B. Motoren beim Sonnenschutz) koordinieren und festlegen,
- Maßnahmen der EMV berücksichtigen (z. B. Abstände zu Geräten mit Störaussendung berücksichtigen, rechtwinklige Trassenführung),
- Maßnahmen und Anforderungen aus der Risikoanalyse des Blitzschutzes berücksichtigen (Erdung um die Trasse – mit Deckel usw.),
- Verlegeort berücksichtigen (Verlegesystem für Außenverlegung, müssen Kabel durch gesonderte Maßnahmen vor z. B. UV-Licht geschützt werden)
- Häufung der Verlegung auf Trassen prüfen bzw. Minderungsfaktoren für Leitungsanlage prüfen und Dimensionierung und Art der Verlegesysteme festlegen,
- Höhenbezüge berücksichtigen und Verlegewege an Geräten und zu Feldgeräten mit anderen Gewerken koordinieren,
- Wege und Höhenkoordinaten für die Trassen mit den anderen Gewerken und in Bezug auf Verlegungen mit Funktionserhalt (mit eigenem und mit Fremdgewerken) koordinieren,
- Ggf. Schnitte erstellen, um Leitungen mit Funktionserhalt bzw. die Trassen und Verlegewege mit den Installationen der anderen Gewerke ordnungsgemäß zu koordinieren,
- Fluchtwege und brandlastfreie Anforderungen berücksichtigen und gesondert markieren (dort sind brandschutztechnische Maßnahmen erforderlich),

- Ggf. Koordination mit anderen Gerken zur Nutzung der Trassen dieser Gewerke,
- Trassen mit Anforderung an Funktionserhalt in die Grundrisse einzeichnen,
- Trassen ohne gesonderten Funktionserhalt in die Grundrisse einzeichnen,
- notwendige Durchbrüche einzeichnen und mit Statiker bzw. Hochbau koordinieren.

Erst nach dem Erstellen der Trassen- und Installationsplanung ist eine Dimensionierung der Kabelanlage der Gebäudeautomation möglich.

3.9.17 Elektrische Betriebsmittelkoordination der Feldgeräte

Wenn die Schaltschrankstandorte festgelegt und die Koordination mit dem vorgelagerten elektrischen Netz durchgeführt wurden, muss die Koordination der elektrischen Betriebsmittel der Gebäudeautomation erfolgen. Hierzu zählen:

- Zum Feldgerät passende Spannungsebene (400 V, 230 V, 24 V) und richtige Stromart (Gleich-, Wechselstrom) verwenden,
- Geräte entsprechend der vorgelagerten Sicherung in Bezug auf zugelassenen Betriebsstrom koordinieren (Gerät mit z. B. zugelassenen Nennstrom von 6 A darf nicht mit einer Sicherung mit einem Nennstrom von 10 A verwendet werden),
- Passende Auslösecharakteristik der Sicherung zu Feldgerät verwenden,
- Geeignete Kurzschlussfestigkeit der Geräte nachweisen und mit vorgelagertem Netz sowie der Kurzschlussberechnung der Gebäudeautomation koordinieren,
- Eventuelle Überspannungsschutzmaßnahmen am Feldgerät berücksichtigen,
- Bei Schaltung von elektrischer Leistung durch das Feldgerät geeignete Kontakte (Gebrauchskategorie, maximal zulässig schaltbare Leistung/Stromstärke usw.) beachten,
- Bei Sicherungen im Feldgerät auf Selektivität zum Schaltschrank der Gebäudeautomation (wenn darüber versorgt) achten,
- Schutzklasse des Feldgerätes mit Schutzmaßnahmen koordinieren,
- Schutzart entsprechend der Umgebung und dem Schutz vor Berührung/Fremdkörper mit geeignetem IP-Code auswählen und mit der Nutzung abstimmen,
- Bei Kopplungen an andere Gewerke alle vorgenannten Punkte beachten und bei Fremdspannungen im Schaltschrank oder im Feldgerät diese eindeutig nach VDE kennzeichnen.

Die Feldgeräte müssen mit der elektrischen Anlage der Gebäudeautomation und damit mit der elektrischen Anlage des gesamten Gebäudes koordiniert werden.

3.9.18 Kabeldimensionierung und Kabellisten

Die vom Gewerk Elektrotechnik abgefragten Daten werden im weiteren Planungsverlauf für die Dimensionierung der Anlagen der Gebäudeautomation verwendet. So fügen sich die elektrischen Anlagen der Gebäudeautomation vollständig in das elektrische Netz des Gebäudes ein.

3.9.18.1 Zulässiger Spannungsfall auf elektrischen Kabeln und Leitungen

3.9.18.1.1 Grundlagen

In DIN VDE 0100 Teil 520 ist ein Spannungsfall zwischen dem Anfang der Verbraucheranlage und dem zu versorgenden Betriebsmittel von maximal 4 % der Nennspannung des Netzes zulässig. So muss durch das Gewerk Elektrotechnik der für die Anlagen der Gebäudeautomation noch zulässige **Spannungsfall** genannt werden.

$$\Delta U_{\text{gesamt}} = \Delta U_{\text{Elektrotechnik}} + \Delta U_{\text{Gebäudeautomation}}$$

Für die Gebäudeautomation muss noch ein vertretbarer **Spannungsfall** zur Verfügung stehen, so dass die Kabel und Leitungen ab Schaltschrank der Gebäudeautomation nicht größer dimensioniert werden müssen und damit bei der Vielzahl der zu versorgenden Verbraucher hohe Kosten durch die Installation entstehen.

Die üblicherweise verwendeten Kabel und Leitungen können bis zu einer Temperatur von 70 °C betrieben werden, üblicherweise empfiehlt sich eine Berechnung für normale Betriebsbedingungen bei 50 °C Leitertemperatur. Daher wird bei den weiteren Berechnungen eine Leitertemperatur von 50 °C zu Grunde gelegt.

$$R_{50} = 1,12 * R_{20}$$

R_{50} : Leiterwiderstand bei 50 °C

R_{20} : Leiterwiderstand bei 20 °C

3.9.18.1.2 Spannungsfall bei Gleichstrom

Bei Gleichstrom errechnet sich der **Spannungsfall** wie folgt:

$$\Delta U = R_{50} * I,$$

$$u = 100 * \frac{\Delta U}{U_n}.$$

ΔU : **Spannungsfall** in V

u : **Spannungsfall** in %

U_n : **Nennspannung** in V

I : **Stromstärke** in A

Für die Ermittlung des Leiterwiderstandes gilt folgende Formel (siehe Kapitel 1.21.1.10 in diesem Buch):

$$R = \frac{\rho * l}{A} = \frac{l}{\gamma * A}.$$