



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Inhaltsverzeichnis

9	Automatisierungskonzepte	5
9.1	PLT-Räume, Prozessleitwarten, Leitstände, Nebenräume	5
9.1.1	Einleitung	5
9.1.2	Anwendungsbereich	5
9.1.3	Lage der Prozessleitwarte, der Leitstände und der Nebenräume	5
9.1.3.1	Allgemeines	5
9.1.3.2	Prozessleitwarte	7
9.1.3.4	Örtliche Leitstände	8
9.1.3.5	Nebenräume	8
9.1.3.6	Schaltraum	8
9.1.3.7	Prozessrechnerraum	9
9.1.3.8	Nachrichtentechnischer Raum	9
9.1.3.9	Batterieraum	9
9.1.3.10	Schleusen	9
9.1.3.11	Fußboden, Zwischenboden	10
9.1.3.12	Decken und Wände	11
9.1.3.13	Türen	12
9.1.3.14	Fenster	12
9.1.3.15	Beleuchtung	13
9.1.3.16	Brandschutzmaßnahmen	15
9.1.4	Aufstellung von Schaltschränken	15
9.1.4.1	Schrank- und Gestellaufbau	15
9.1.4.2	Aufstellung der Schränke und Gestelle	16
9.1.4.3	Pulte	17
9.1.4.4	Bedienplätze	18
9.1.5	Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen in Messwarten	18
9.1.5.1.	Einleitung	18
9.1.5.2.	Darstellung auf dem Bildschirm	19
9.1.5.3.	Leuchtdichte, Kontrast und Zeichenschärfe	19
9.1.5.4	Zeichengröße, -gestalt und Abstände (VGB 104 §11)	20
9.1.5.5	Bildstabilität und -geometrie	21



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.1.5.6	Flimmerfreiheit.....	21
9.1.5.7	Farbdarstellung	22
9.1.5.8	Störende Reflexionen und Spiegelungen auf dem Bildschirm	22
9.1.5.9	Tastaturgestaltung	23
9.1.5.10	Arbeitsflächen, Arbeitstische	23
9.1.5.11	Arbeitsstühle.....	23
9.1.5.12	Arbeitsplatzumgebung	24
9.1.5.13	Strahlung	24
9.1.5.14	Software-Gestaltung	25
9.1.6	Besonderheiten von Bildschirmarbeitsplätzen in Messwarten	25
9.1.6.1	Spezifische Anforderungen.....	25
9.1.7	NAMUR-Checkliste für Messwarten und Leitstände	26
9.2	Automatisierungspyramide und Begriffe	27
9.2.1	Begriffe.....	27
9.2.2	Informationen aus Systemen der horizontalen und vertikalen Integration	29
9.3	<i>Verdrahtungskonzepte</i>	31
9.3.1	EMV-gerechte Planung und Installation von Produktionsanlagen.....	33
9.3.1.1	Einleitung.....	33
9.3.1.2	Störbeeinflussung durch elektromagnetische Felder /1/	33
9.3.1.3	Abschätzung des erforderlichen Schutzabstandes von Sendefunkgeräten im Betrieb	34
9.3.1.4	Drehzahlveränderbare Antriebe mit	34
9.3.1.5	Netzqualität	35
9.3.1.6	Gesamtverzerrungsfaktor (THDU)	35
9.3.1.7	Abhilfemaßnahmen	35
9.3.1.8	Feldgeräteauswahl.....	35
9.3.1.9	Feldgerätemontage	36
9.3.1.10	Feldgeräteverkabelung	36
9.3.1.11	Installationshinweise für HART	36
9.3.1.12	Topologien der Feldbussysteme	37
9.3.1.13	Kabelanforderungen der Feldbussysteme.....	37
9.3.1.14	Regeln zur sachgemäßen Kabelschirmung	38
9.3.1.15	Erdungssystem.....	38



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.3.1.16	Erdungsanlagen und Gebäudeschirm	39
9.3.1.17	Kabelverlegung	39
9.3.1.18	Schirmung und Massung	41
9.3.1.19	Einseitiger oder beidseitiger Schirmanschluss	42
9.3.1.20	Schirmanbindung	42
9.3.1.21	Filter für Umrichter.....	42
9.3.1.22	Netzdrossel.....	42
9.3.1.23	Ausgangsdrossel	43
9.3.1.24	Ausgangsfilter du/dt	43
9.3.1.25	Ausgangsfilter, Sinusfilter.....	44
9.3.1.26	Ausgangsfilter, du/dt-Funkentstörfilter	44
9.3.1.27	Blitzschutz	44
9.3.1.28	EMV gerechte Auslegung und Installation in Schaltschränken	45
9.3.1.29	Grundsätzliche Maßnahmen zur Schirmbehandlung	45
9.3.1.30	Anschluss der Elektromotoren	48
9.3.1.31	Anschluss mit abgeschirmtem Leistungskabel bei Umrichterspeisung	48
9.3.1.32	Anschluss ohne abgeschirmtes Leistungskabel bei Umrichterspeisung	48
9.3.2	Klassische Verdrahtung	49
9.3.2.1	Messtafeleinbaugeräte (Auswahl).....	52
9.3.3	Leitsystemtechnik konventionell und Remote I/O.....	53
9.3.3.1	Konventionelle Verdrahtung auf ein PLS	54
9.3.3.2	Verdrahtung mittels Remote I/O	55
9.3.4	Feldbustechnik.....	60
9.3.4.1	Namur Anforderung an einen Feldbus.....	61
9.3.4.1.1	Globale Anforderungen an ein Feldbussystem	62
9.3.4.1.2	Spezielle Anforderungen an ein Feldbussystem	64
9.3.4.1.3	Spezielle Anforderungen an Komponenten.....	66
9.3.4.1.4	Werkzeuge	69
9.3.4.2	Profibus	72
9.3.4.2.1	Profibus PA.....	72
9.3.4.2.2	Profibus Variante FMS	72
9.3.4.2.3	Profibus Variante DP.....	74
9.3.4.2.4	Profibus Variante PA.....	76



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.3.4.3	INTERBUS S.....	81
9.3.4.4	Foundation Fieldbus	84
9.4	VPS, SPS, SSPS und PLS.....	95
9.4.1	Verbindungsprogrammierte Steuerungen (VPS).....	95
9.4.2	Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS).....	98
9.4.3	Sicherheitsgerichtete speicherprogrammierbare Steuerungen (SSPS).....	100
9.4.4	Prozessleitsysteme (PLS).....	105



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9 Automatisierungskonzepte

9.1 PLT-Räume, Prozessleitwarten, Leitstände, Nebenräume



9.1.1 Einleitung

Die Merkmale zur konstruktiven Gestaltung von Prozessleitwarten, Leitständen und Nebenräumen sind Gegenstand mehrerer DIN (siehe besonders DIN EN ISO 11064-7) und VDI/VDE-Richtlinien sowie von Verordnungen.

9.1.2 Anwendungsbereich

Diese Planungshilfe gilt für prozessleittechnische Räume. Unter prozessleittechnischen Räumen (kurz Räume genannt) werden neben Prozessleitwarten, die aus Gründen der Vereinfachung in dieser Ausarbeitung nur kurz Warte genannt, alle anderen der Aufnahme von prozessleittechnischen Einrichtungen dienenden Räume, wie z. B. Schalträume, verstanden. Die gleichen Festlegungen und Hinweise gelten weitergehend auch für andere Nebenräume, wie Rechnerräume, Batterieräume, Prozessanalysengeräteräume, nachrichtentechnischen Räume usw.

9.1.3 Lage der Prozessleitwarte, der Leitstände und der Nebenräume

9.1.3.1 Allgemeines

Lage, Größe und bauliche Ausführung der Räume ist zwischen den für die Planung zuständigen Abteilungen und der Prozessleittechnik abzustimmen. Die Lage dieser Räume sollte sich nach sicherheitstechnischen und verkehrstechnischen Gesichtspunkten richten und möglichst auf der anlagenabgewandten Seite, z. B. Kopfbau von Gebäuden, vorgesehen werden.

Die Lage der Schalträume muss so gewählt werden, dass sie bevorzugt in exfreien Zonen angeordnet werden.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Explosionsgefährdete Zonen neben den Warten sind zu meiden, andernfalls sind Trennwände und Decken zum Ex-Bereich ausreichend dicht auszuführen.

Schalträume mit Zugang zu explosionsgefährdeten Betriebsstätten der Zone 1 müssen von diesen durch eine Gasschleuse abgetrennt sein. Das Innere der Schleuse wird dann in Zone 2 eingestuft und erfordert keine zusätzliche technische Belüftung. Bei Schalträumen mit Zugang aus einer Betriebsstätte der Zone 2 ist keine Schleuse erforderlich.

Wenn es sich um Räume mit ständigen Arbeitsplätzen handelt, ist die Arbeitsstättenrichtlinie heranzuziehen.

Unzulässige Erwärmung der Räume von außen (z. B. Sonneneinstrahlung) ist zu vermeiden. Gute Zugänglichkeit für Bedienung, Transport und Brandbekämpfung ist erforderlich.

Die Anordnung dieser Räume in Kellergeschossen ist grundsätzlich auszuschließen. Die Anordnung unter Nassräumen ist nur in Sonderfällen und unter Berücksichtigung besonderer baulicher Maßnahmen zulässig.

Die Räume sind feuerbeständig von den angrenzenden Räumen zu trennen. Kabeldurchführungen sind entsprechend dem Genehmigungsbescheid und den Richtlinien auszuführen. Wasser-, Dampf- und Produktleitungen dürfen nicht durch diese Räume geführt werden. Ausnahmen werden an entsprechenden Stellen erwähnt.

Bei der Lage der prozessleitetechnischen Räume ist zu beachten:

- gesicherte Zugänge und Fluchtwege, auch für die Feuerwehr,
- die verschiedenen Räume, wie Warte, nachrichtentechnische Räume, Schaltraum für elektrotechnische Leistungsverteilung, Prozessrechnerraum usw. sind sinnvoll und nach funktionalen Gesichtspunkten betrachtet zueinander anzuordnen, wenn möglich im Kopfbau der Anlage,
- bei weit ausgedehnten Anlagen kann es sinnvoll sein, ein eigenes freistehendes Wartengebäude zu errichten,

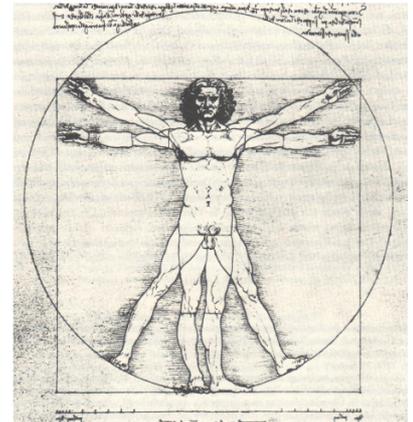


Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

- Lage und Aufbau der prozessleittechnischen Räume müssen einen ausreichenden Schutz gegen äußere Einwirkungen bieten.

Es sind die Erkenntnisse der Anthropometrie zu beachten.

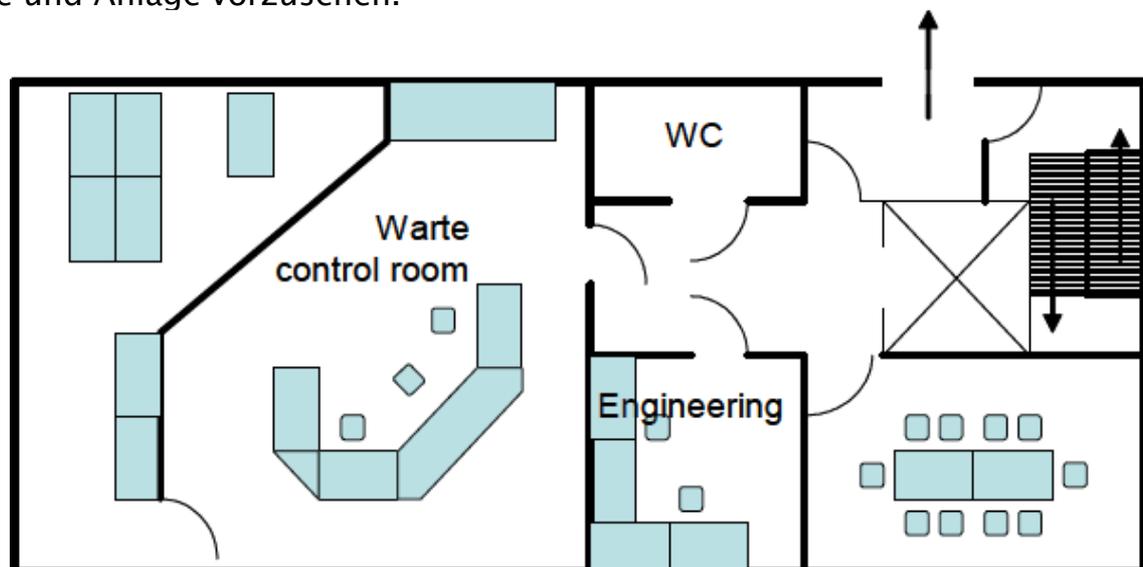
Anthropometrie ist die Lehre der Ermittlung und Anwendung der Maße des menschlichen Körpers. Die Erkenntnisse der Anthropometrie werden im Bereich der Ergonomie von Arbeitsplätzen genutzt.



9.1.3.2 Prozessleitwarte

Bei der Lage der Prozessleitwarte ist zu beachten:

- auf der Höhe der am häufigsten begangenen Anlagenteile anordnen,
- kurze Wege für Installation und Begehung der Anlage,
- wenn möglich ebenerdig,
- auf der am wenigsten gefährdeten Seite des Gebäudes anordnen (z. B. Kopfbau),
- Erweiterungsmöglichkeiten berücksichtigen,
- bei explosionsgefährdeten Bereichen sind Schleusen zur Anlage hin erforderlich,
- günstige Lage zu Verkehrswegen (Treppenhaus, Personenaufzug),
- Hilfseinrichtungen für die Ablage von Schutzkleidung, Schutzhelmen, Handleuchten, Atemschutzgeräten, Feuerlöscher usw. sind auf dem Weg zwischen Warte und Anlage vorzusehen.





Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.1.3.4 *Örtliche Leitstände*

Örtliche Leitstände sind wegen der durch den Betrieb entstehenden und meist nicht vermeidbaren Verschmutzung zu vermeiden. Sind sie jedoch für Vor-Ort-Bedienung unbedingt notwendig, so sind sie an geeigneter Stelle, möglichst in direkter Nähe der zu bedienenden Einrichtungen und Apparaturen anzubringen.

9.1.3.5 *Nebenräume*

Zu den Nebenräumen gehören alle der Aufnahme von prozessleittechnischen Hilfseinrichtungsdienenden Räume, wie Schalträume für Informationsverarbeitung und Leistungsverteilung, Prozessrechnerräume, nachrichtentechnische Räume usw. Die Räume für Prozessanalysengeräte sind an den Schwerpunkten der prozessanalysetechnischen Messorte vorzusehen. An diese Räume werden spezielle Anforderungen gestellt, die in der NAMUR-Empfehlung (für Analysengeräte-Räume) beschrieben sind.

9.1.3.6 *Schaltraum*

Allgemein:

- nicht unter Erdgleiche (Begründung: Gefahr durch Wasser bei Rohrbrüchen und Feuerwehreinsätzen, Gefahr durch schwere Gase),
- außerhalb der Ex-Zone,
- möglichst innerhalb eines Gebäudes an der Außenwand (Kabelzuführung),
- bedarfsweise sind mehrere Schalträume für die elektrische Leistungsverteilung den Anlagenteilen sinnvoll zuzuordnen (dezentrale Schalträume in der Nähe von Verbraucherschwerpunkten),
- günstige Leitungsführung beachten,

- Niederspannungs- und Mittelspannungsschalträume sind vorzugsweise räumlich zu trennen.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Lage zur Warte:

- vorzugsweise den Raum hinter der Instrumententafel der Warte verwenden, z. B. für MSRTechnik,
- unter oder über der Warte anordnen.

Lage zum Betrieb:

- kurze Wege für Installation,
- an der Stelle anordnen, an der eine große Kabelhäufung erwartet wird.

Lage zu anderen Schalträumen:

- in den Geschossen übereinander oder nebeneinander sinnvoll angeordnet.

9.1.3.7 Prozessrechnerraum

Es gelten mindestens die gleichen Anforderungen wie bei Schalträumen.

9.1.3.8 Nachrichtentechnischer Raum

Es gelten die gleichen Anforderungen wie bei Schalträumen.

9.1.3.9 Batterieraum

Bei Verwendung von entsprechenden Batterien und zusätzlichen Maßnahmen kann ein besonderer Batterieraum entfallen.

9.1.3.10 Schleusen

Schleusen müssen als Verbindung zwischen Räumen und der Anlage eingesetzt werden, wenn diese aus Gründen des Explosionsschutzes erforderlich sind.

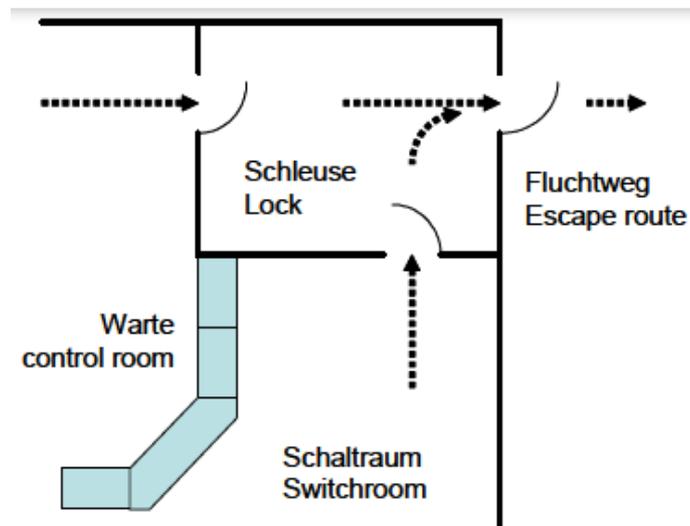
Schleusen oder andere Vorräume können außerdem zum Schutz gegen Lärm, Schmutz oder aus klimatischen Gründen vorgesehen werden. Auch Treppenhäuser können bei geeigneter Anordnung und Ausrüstung als Schleusen dienen.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Es ist zu beachten:

- der Schleusenraum darf keinen Bodenablauf besitzen,
- Türen weit genug voneinander entfernt anordnen, damit sie nicht von einer Person gleichzeitig offen gehalten werden können, dadurch ergibt sich eine Schleusen-
größe von etwa 5 bis 8 m²,
- eine gegenseitige mechanische Verriegelung der Türen ist unzulässig,
- die elektrische Installation ist nach DIN EN 50281-1-2 auszuführen,
- die Überwachung des Schließzustandes der Türen wird empfohlen,
- die Türen von Schleusen müssen feuerhemmend, selbstschließend und mit Dichtungen versehen sein,
- bei Schleusen von druckstoßfesten Räumen sollen die Türen möglichst über Eck angeordnet werden.



9.1.3.11 Fußboden, Zwischenboden

- Die Fußböden in Schalträumen und Prozessleitwarten werden als Doppelböden ausgeführt.
- Fußboden, falls erforderlich, mit leitfähigem Belag versehen, um statische Aufladungen zu vermeiden,
- Oberflächenwiderstand 107 bis 109 Ohm bei 23 °C und 50 % relative Feuchte.
- Standortwiderstand > 50 kOhm.
- Unterboden eben abgerieben oder mit Zementestrich und staubbindendem Anstrich.



Fußböden in Prozessleitwarten, die nicht als Doppelböden ausgeführt werden, sind als Estrich mit leitendem Belag zur Vermeidung elektrostatischer Aufladungen auszuführen.

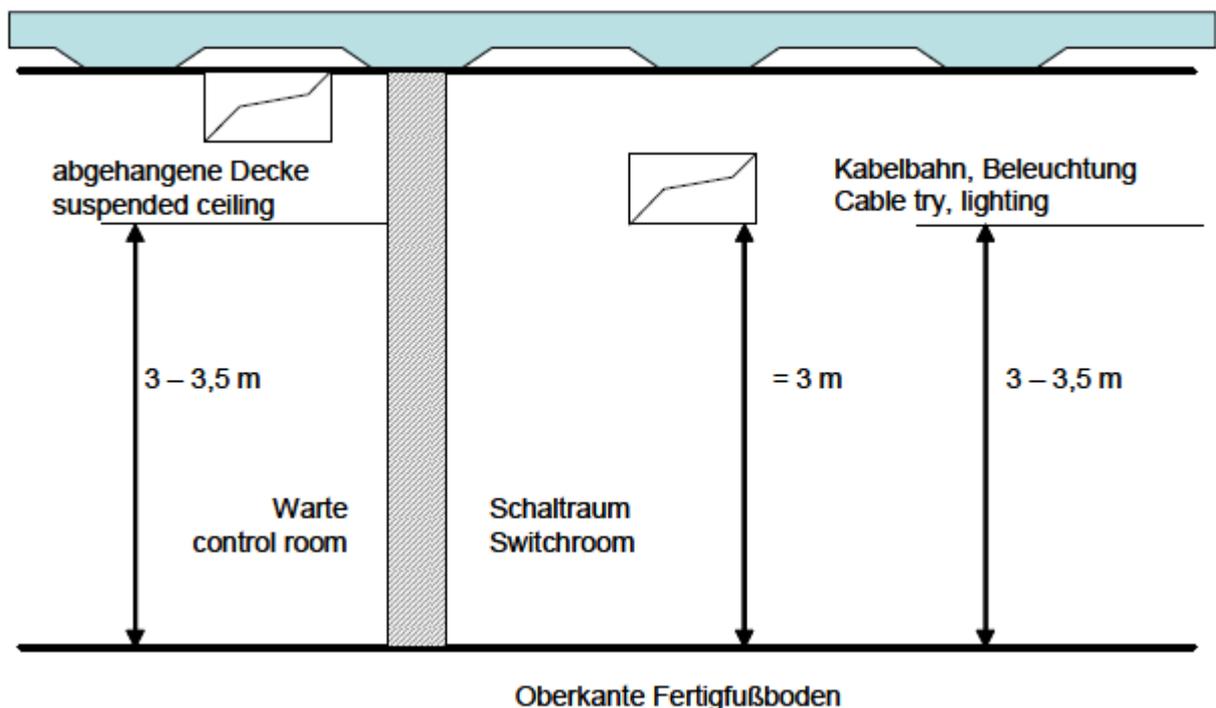
9.1.3.12 Decken und Wände

Allgemein:

Es ist zu beachten:

- Brandschutzanforderungen nach F 90
- besondere Beachtung der Kabeldurchführungen im Hinblick auf Brandschutz

Aussparungen und Durchbrüche in Decken, Wänden und Fußböden für Leitungsführungen sind in entsprechender Anzahl und entsprechend der Aufgabenstellung vorzusehen.





Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.1.3.13 Türen

Alle Türen müssen in Fluchrichtung zu öffnen sein und als feuerhemmende Türen ausgeführt werden.

Für Schalträume sind Fallen-Schlösser vorzusehen, die von innen ohne Schlüssel zu öffnen sind. Der Schlüssel dient nur zur Entsperrung der äußeren Türklinke.

9.1.3.14 Fenster

Die Notwendigkeit von Fenstern in Warten sollte im Einzelfall geprüft werden.

Hierbei müssen die Anforderungen der Sicherheit mit denen der Arbeitsstättenrichtlinien (ASR) abgewogen werden. Bei Abweichungen von den Arbeitsstättenrichtlinien sollen die entsprechenden Stellen gehört werden (z. B. Gewerbeaufsicht, Betriebsrat).

Fenster sind auf der anlagenabgewandten Gebäudeseite anzuordnen und mit Verbundsicherheitsglas auszurüsten.

Prozessrechnerräume und Schalträume für Niederspannung bis 1000 V sind fensterlos auszuführen. Begründete Ausnahmen sind möglich.

Es ist zu beachten:

- die Fenster sollten nur zu öffnen sein, wenn keine schädlichen oder gefährlichen Stoffe eindringen können,
- keine Fenster zu Ex-Bereichen hin einbauen, bei Anlagen mit Explosionsgefahren sind die Fenster nur zu der Anlage abgewandten Seite anzuordnen und als Mehrscheibenverbundglas und mit geeigneter Fangvorrichtung auszuführen,
- Fenster sollten aus Beleuchtungsgründen möglichst zur Nordseite hin angeordnet werden,
- zur Helligkeitssteuerung sind Jalousien an den Fenstern vorzusehen.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.1.3.15 Beleuchtung

Die Beleuchtung in Schalträumen und Prozessleitwarten kann sowohl als Allgemeinbeleuchtung als auch arbeitsplatzorientiert ausgeführt werden. Bei abgehängten Decken sind die Deckenleuchten im Rastermaß auf Unterkonstruktion und Decke abzustimmen.

In der Prozessleitwarte sind die Leuchten so auszuwählen und anzuordnen, dass Reflexionen auf den Tafelgeräten und den Bildschirm-Sichtgeräten vermieden werden. Dabei gelten nach Tabelle 1 folgende Mindestwerte für die Nennbeleuchtungsstärke (E_n), die Begrenzung der Direktblendung und Reflexblendung sowie Farbwiedergabeeigenschaften.

Tab. 1: Mindestwerte für Nennbeleuchtungsstärke, Begrenzung der Direktblendung und Farbwiedergabeeigenschaften

Art des Raumes	Ausführung	Nennbeleuchtungsstärke E_n lux	Güteklasse der Begrenzung der Direktblendung	Stufe der Farbwiedergabeeigenschaften
Räume	Allgemein	300	2	2
Prozessleitwarte	Allgemein	300	1	2
	Bildschirmplatz	300	1	2

Es ist eine Notbeleuchtung vorzusehen. Dabei gelten gemäß DIN 5035 Teil 5 die Anforderungen nach Tabelle 2.

Definition Beleuchtungsstärke:

Die Beleuchtungsstärke auf einer Fläche ist die Flächendichte des einfallenden Lichtstroms. Sie kann im Allgemeinen von Punkt zu Punkt der beleuchteten Fläche verschieden sein. Sei daher $d\Phi_v$ der differentielle („unendlich kleine“) Lichtstrom, der auf die differentielle Fläche dA trifft, dann ist die Lichtstärke E_v auf dem „Punkt“ dA der Quotient aus den beiden differentiellen Größen:^{[1][2]}

$$E_v = \frac{d\Phi_v}{dA}$$



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Tab. 2: Beleuchtungsstärke und Gleichmäßigkeit bei Notbeleuchtung

Art des Raumes	Ausführung	Beleuchtungsstärke	Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke
Rettungswege	Sicherheitsbeleuchtung	> 1 lux 2)	E _{min} 1
Prozessleitwarte	Ersatzbeleuchtung	> 0,1 E _n 1)	----- > ---- E _{max} 40

1) E_n nach Tabelle 1

2) Die Beleuchtungsstärke darf an keiner Stelle unterschritten werden.

Bei Versorgung der Notbeleuchtung aus einem besonders gesicherten Netz ist eine automatische Umschaltverteilung vorzusehen.

Über den Ausgängen ist je eine Rettungszeichenleuchte in Dauerschaltung zu montieren, die in der Notbeleuchtung zu integrieren ist. Je nach Raumgröße sind auch Kleinleuchtstofflampen z. B. 1x18 W oder Kompakt 11 W einsetzbar. An jeder Haupteingangstür ist eine tragbare Handleuchte mit Ladegerät anzubringen, in Ex-Betrieben Handleuchten in Ex-Ausführung.

In den Schalträumen sind die Leuchten mittig in den Gängen mit einem Mindestabstand von 0,2 m über der Schaltschrankoberkante zu montieren. Damit ergibt sich zwischen den Schaltschrankreihen in der Praxis eine Beleuchtungsstärke von ca. 500 bis 1000 Lux. Die Wartung der Leuchten muss gefahrlos und ohne Abschaltung der Anlage erfolgen können.

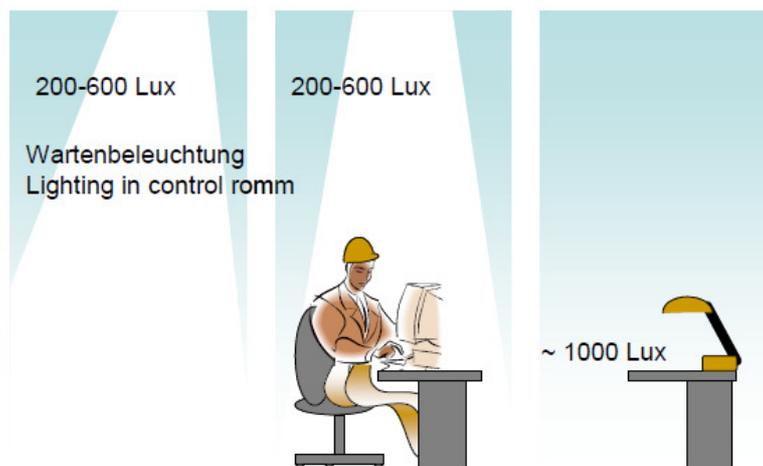


Abb. 4: Wartenbeleuchtung

Fig. 4: Lighting in control rooms



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.1.3.16 Brandschutzmaßnahmen

Vorbeugende Brandschutzmaßnahmen zur Sicherung der Warten und Schalträume sind den jeweiligen betrieblichen Verhältnissen anzupassen und mit der Werkfeuerwehr abzustimmen.

Neben baulichen Maßnahmen sind hierbei auch Feuermeldeanlagen und besonders bei nicht ständig besetzten (und wertvollen) Warten und Schalträumen ggf. Frühwarnrichtungen, wie z. B. Rauchmelder oder RAS (Rauchabzugssysteme) vorzusehen.

Jeder Raum sollte einen Feuerlöscher besitzen. Als Löschmittel wird für die Warte CO₂ vorgeschlagen. (Achtung: Bei Verwendung in engen, schlecht belüfteten Räumen besteht Erstickungsgefahr). Elektrische Verbraucher, deren Funktion im Brandfalle noch möglichst lange erhalten bleiben muss, sind entsprechend auszurüsten und zu installieren, z. B. Leitungen mit Funktionserhalt im Brandfall. Bei der Fremdbelüftung von Schalträumen sind selbsttätige Brandabschlussklappen vorzusehen.

9.1.4 Aufstellung von Schaltschränken

9.1.4.1 Schrank- und Gestellaufbau

Die Schränke und Gestelle sind vorzugsweise in den genormten Abmessungen zu wählen. Dies ist z. B. 400 mm x 800 mm x 2100 mm. Die Rück- und Seitenwände sollten leicht abnehmbar, ein fugenloses Aneinanderreihen der Schränke möglich sein. Wegen der geringeren Türbreite ist eine zweiflügelige oder eine leicht demontierbare Tür aus Gründen einer einfacheren Montage und Wartung im Schrank zu bevorzugen.



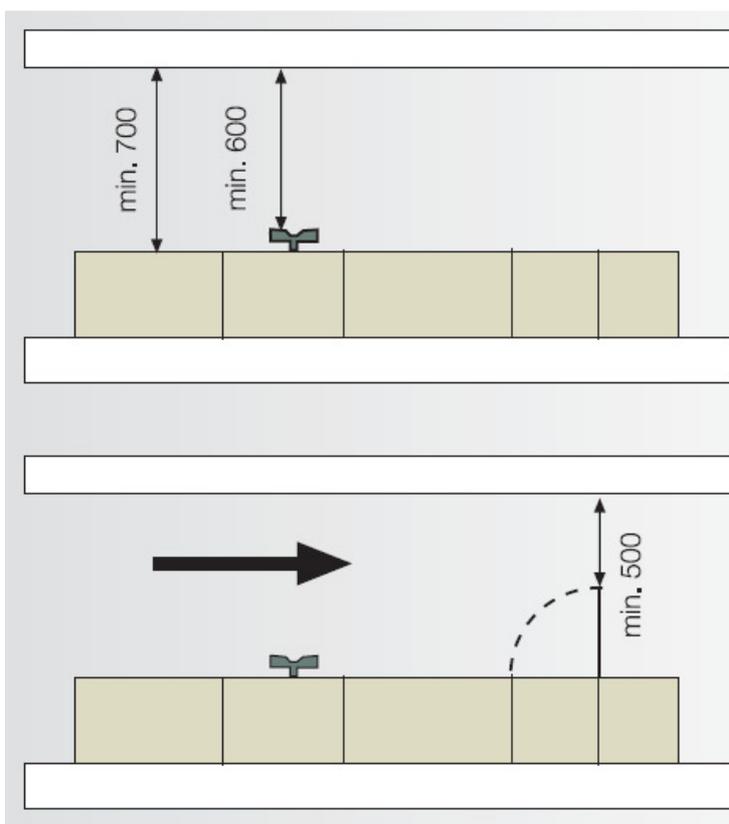
Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.1.4.2 Aufstellung der Schränke und Gestelle

Es ist eine gute beidseitige Zugänglichkeit anzustreben. Die Gangbreite vor und hinter den Schränken und Gestellen sollte 1 m nicht unterschreiten. Darüber hinaus ist zu beachten, dass in der Norm 0,5 m Gangbreite bei geöffneten Türen gefordert ist.

Es ist zulässig, Schränke Rücken an Rücken zu stellen. Es sollte möglich sein, den Schrank nur von der Vorderseite zu bedienen oder zu warten. Dies kann z. B. mit Hilfe von Schwenkrahmen erreicht werden. Bei hohem Wärmeeinfall ist ein Abstand von mehreren Zentimetern zweckmäßig (Kaminwirkung).

Wenn die Länge der Schrankreihe 6 m überschreitet, so sollte der Gang von beiden Seiten zugänglich sein. Ab 20 m ist dies zwingend vorgeschrieben.



Gangbreiten

Die Gangbreite vor Schaltanlagen mit Antrieben, z.B. Schaltern, muss mind. 600 mm betragen.

Fluchtwege

Bei Verteilern, deren Gehäusedeckel oder Türen sich gegen Fluchrichtung öffnen, muss eine Mindestbreite von 500 mm verbleiben.



9.1.4.3 Pulte

Pulte sind Hilfsmittel zur Aufnahme von verschiedenen Bedien- und Kommunikationseinrichtungen, wie Bildschirme, Tastaturen, Drucker, Telefone usw. Sie dienen auch zur Ablage von Dokumentationsunterlagen oder Betriebsanweisungen.

Auf diese unterschiedlichen Aufgaben ist bei der Gestaltung der Pulte und deren Anordnung im Raum insbesondere zu den Fenstern und Türen Rücksicht zu nehmen.

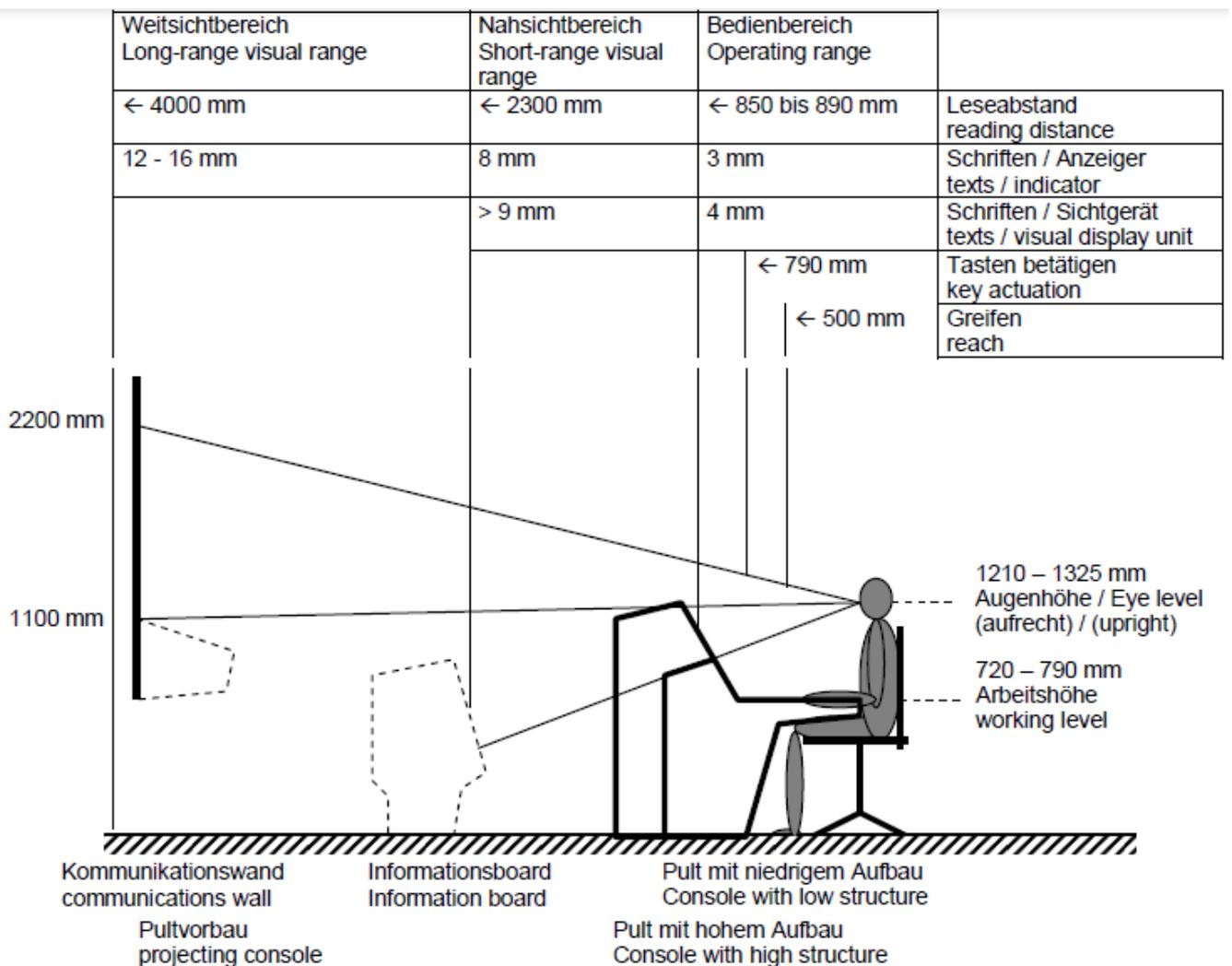


Abb. 7: Optimaler Bedien- und Sehbereich

Fig. 7: Optimum operating and visual range



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Insbesondere ist zu beachten:

- ergonomisch richtige Pultform,
- richtige Pultanordnung im Raum,
- günstige anthropometrische Arbeitsplatzgestaltung,
- wichtige Maße für Bewegungsfreiraum, Beinfreiraum usw.,
- gute Sitzmöbel,
- Funktionalität des Pultes unter Berücksichtigung der optimalen Prozessbedien- und -beobachtungsmöglichkeiten.

9.1.4.4 Bedienplätze

Bedienplätze in Warten dienen der Prozessüberwachung und -steuerung. Sie ermöglichen ein gezieltes Eingreifen in den Prozessablauf. Insbesondere sind zu beachten:

- ergonomisch richtige Anordnung von Sichtgeräten und deren Bedienteil zueinander,
- anthropometrische Aspekte, wie Neigungswinkel der Sehachsen, Gesichtsfeld, Umblickfeld usw.

9.1.5 Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen in Messwarten und Leitständen



9.1.5.1. Einleitung

Im Jahr 1990 wurde die EU-Richtlinie EU 90/270 „Arbeit an Bildschirmgeräten“ erlassen. Sie ist derzeit noch nicht unmittelbar geltendes nationales Recht, jedoch wird an einer entsprechenden Umsetzung gearbeitet. Am weitesten gediehen ist der Entwurf einer Unfallverhütungsvorschrift VBG 104 „Arbeit an Bildschirmgeräten“. Es ist derzeit noch nicht absehbar, wann und in welcher Form entsprechende Regelungen in Kraft gesetzt werden. Die vorliegenden Entwürfe gelten jedoch allgemein für die Arbeit an Bildschirmgeräten.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.1.5.2. Darstellung auf dem Bildschirm

Die Darstellung auf dem Bildschirm muss unabhängig von der Darstellungsart scharf und deutlich, ausreichend groß und mit angemessenem Zeichen- und Zeilenabstand erfolgen. Das Bild muss stabil und frei von Flimmern sein.

9.1.5.3. Leuchtdichte, Kontrast und Zeichenschärfe

(1) Für eine scharfe und deutliche Darstellung von Zeichen oder Grafiken auf ihrem Untergrund muss das Verhältnis zwischen den höheren und niedrigeren Leuchtdichten auf dem ganzen Bildschirm mindestens 3 : 1 betragen. Dies gilt auch für farbige Darstellungen, nicht jedoch für die Darstellung von Bildern *und die Darstellung von nicht aktuell zu bearbeitenden Informationen*.

(2) Zeichen und Flächen, für die die gleiche Leuchtdichte vorgesehen ist, dürfen keine störenden Leuchtdichteunterschiede aufweisen. Dies gilt auch innerhalb von Zeichen.

(3) Leuchtdichten und Kontraste müssen am Bildschirmgerät leicht einstellbar sein und unterschiedlichen Beleuchtungsverhältnissen angepasst werden können.

(4) Leuchtdichten und Kontraste auf dem Bildschirm sind so zu wählen, dass Blendungen und ständige Wechsel von Hell- und Dunkel-Adaptationen, die zu erhöhten Belastungen der Versicherten führen, vermieden werden. Eine gute Zeichenschärfe muss gegeben sein.

DA zu Abs. 4:

Zur Erreichung guter Sehleistungen ist eine mittlere Leuchtdichte auf dem Bildschirm in der Größenordnung von 100 cd/m² empfehlenswert. Mittlere Leuchtdichten auf dem Bildschirm von weniger als 35 cd/m² sind nicht zulässig. Die Beleuchtungsstärke soll mindestens 500 Lux betragen (*Anmerkung NAMUR : Gemäß Arbeitsstättenrichtlinie nur 300 Lux*).

Nachträglich angebrachte Vorsatzfilter bewirken eine Abdunkelung der Anzeige und führen häufig zu einer Verringerung der Zeichenschärfe (siehe auch § 15). Anzustreben ist eine Zeichenschärfe, die auf dem ganzen Bildschirm der Zeichenschärfe von gedruckten Zeichen möglichst nahe kommt.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Definition der Leuchtdichte:

Die **Leuchtdichte** $L_v(\beta, \varphi)$ gibt an, welcher Lichtstrom $d^2\Phi_v(\beta, \varphi)$ von einem gegebenen Punkt der Lichtquelle in die durch den **Polarwinkel** β und den **Azimutwinkel** φ gegebene Richtung pro projiziertem Flächenelement $\cos(\beta)dA$ und pro **Raumwinkelement** $d\Omega$ ausgesendet wird:

$$L_v(\beta, \varphi) = \frac{d^2\Phi_v(\beta, \varphi)}{\cos(\beta)dA \cdot d\Omega}$$

β ist hierbei der Winkel zwischen Ausstrahlrichtung und **Flächennormale**

- **Formelzeichen:** L, L_v
- **SI-Einheit:** Lumen pro Quadratmeter und Steradian, Candela pro Quadratmeter
- **Einheitenzeichen:** $\text{lm} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}, \text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$

Natürliche Lichtquellen		Flächenhelligkeit technischer Strahler		Leuchtdichte von Monitoren	
	Leuchtdichte		Leuchtdichte		Leuchtdichte
Mittlerer klarer Himmel	8000 cd/m ²	Xenonlampe	$5 \cdot 10^9 \text{ cd/m}^2$ ^[2]	Röhrenmonitor Weiß	80...200 cd/m ²
Mittlerer bedeckter Himmel	2000 cd/m ²	Natriumdampflampe	$5 \cdot 10^6 \text{ cd/m}^2$	Röhrenmonitor Schwarz	teilweise < 0,01 cd/m ²
Nachthimmel bei Vollmond	0,1 cd/m ²	weiße LED	$50 \cdot 10^6 \text{ cd/m}^2$	TFT Weiß	150...500 cd/m ²
Sternklarer Nachthimmel	0,001 cd/m ²	Draht einer Halogenlampe	$20 \dots 30 \cdot 10^6 \text{ cd/m}^2$	TFT Schwarz	0,15...0,8 cd/m ²
Bewölkter Nachthimmel	1...100 $\mu\text{cd/m}^2$	Matte 60-W-Glühlampe	$120 \cdot 10^3 \text{ cd/m}^2$	LED-Außenbildschirm	5000 cd/m ²
Sonnenscheibe am Mittag	$1,6 \cdot 10^9 \text{ cd/m}^2$	T8 kaltweiße Fluoreszenzröhre	$11 \cdot 10^3 \text{ cd/m}^2$		
Sonnenscheibe am Horizont	$6 \cdot 10^6 \text{ cd/m}^2$	Elektrolumineszenz-Folie	30...200 cd/m ²		
Oberfläche des Mondes	2500 cd/m ²				

9.1.5.4 Zeichengröße, -gestalt und Abstände (VBG 104 §11)

(1) Bei der Darstellung alphanumerischer Informationen müssen Größe und Gestalt von Zeichen sowie die Abstände von Zeichen und Zeilen eine gute Lesbarkeit ermöglichen.

(2) Von Abs. 1 darf abgewichen werden, wenn die Arbeitsaufgabe eine andere Zeichen- und Zeilengestaltung erforderlich macht.

DA zu § 11: (gekürzt)

Eine gute Lesbarkeit wird erreicht, wenn Zeichengrößen und Zeichenabstände folgender Skizze entsprechen:



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

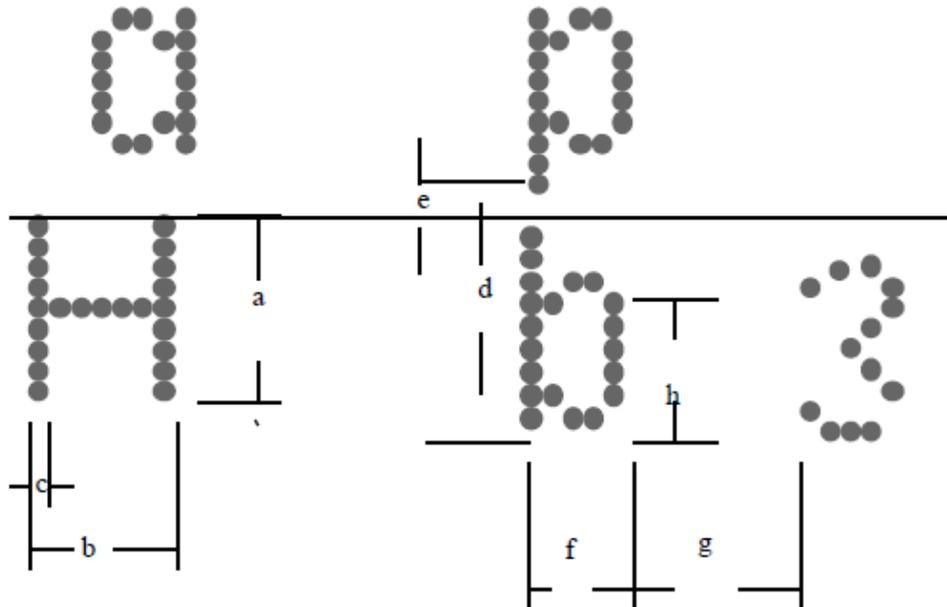


Bild 1 Maße für Schriftzeichen

- a Sehwinkel unter Abstand > 500 mm mindestens 20 Bogenminuten und Höhe $> 2,9$ mm
- b 70 - 90 % von a (außer Buchstabe I) und $a > b > 0,5a$
- c 8 - 17 % von a
- d = a
- e $> 0,1 a$
- f $\geq 0,7 b$ (außer Buchstabe f,i,j,l,t)
- g $> 0,15 b$ oder $0,15f$
- h $0,7 a$

9.1.5.5 Bildstabilität und -geometrie

Störende Veränderungen von Zeichengestalt und Zeichenort, hervorgerufen durch Bildstabilitäts- oder Geometriefehler, sind nicht zulässig.

9.1.5.6 Flimmerfreiheit

Die Darstellung auf dem Bildschirm muss frei von Flimmern sein.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Bei einer Bildschirmgröße von 14", einer mittleren Leuchtdichte der Anzeige von etwa 100cd/m² sowie Leuchtstoffen mittelkurzer Nachleuchtdauer ist eine Bildelementfolgefrequenz von mehr als 85Hz in jeder Auflösung empfehlenswert. Die Bildelementfolgefrequenz darf bei Positivdarstellung aber keinesfalls 73Hz unterschreiten.

9.1.5.7 Farbdarstellung

Für eine scharfe und deutliche Darstellung auf dem Bildschirm sind die Farben von Zeichen oder Grafiken und Bildschirmuntergrund aufeinander abzustimmen; störende Konvergenzfehler sind zu vermeiden.

Farben können das schnelle Auffinden sowie das sichere Identifizieren oder Zuordnen von bestimmten Informationen erleichtern. Insbesondere können Farben für die Codierung von Einzelinformationen sinnvoll sein.

Bei einer Codierung mit mehreren Farben sollten nur wenige Farben verwendet werden, die ausreichend unterscheidbar sind, d.h. deren Farborte weit genug voneinander entfernt liegen. Gesättigte blaue oder rote Farben sollten vermieden werden, weil durch sie höhere Anforderungen an den Scharfeinstellungsmechanismus des Auges gestellt werden. Für Textverarbeitung ist eine unbunte (weiß, grau, schwarz) Positivdarstellung vorzuziehen, weil z.B. der Kontrast besser den Umgebungsbedingungen angepasst werden kann und Farbfehler der Zeichen sowie zusätzliche visuelle Belastungen durch mehrfarbige Darstellung vermieden werden. *Bei der Anlagensteuerung sind jedoch starke Kontraste für Fehler- und Alarmmeldungen zu empfehlen.*

9.1.5.8 Störende Reflexionen und Spiegelungen auf dem Bildschirm

Der Bildschirm muss frei von Reflexionen und Spiegelungen sein, die sich bei der Benutzung störend auswirken können.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.1.5.9 Tastaturgestaltung

- (2) Anordnung und Beschaffenheit der Tasten müssen eine leichte und sichere Benutzung der Tastatur ermöglichen.
- (3) Die Tastaturbeschriftung muss deutlich und gut lesbar sein.

9.1.5.10 Arbeitsflächen, Arbeitstische

(1) Arbeitsflächen und Arbeitstische müssen eine flexible Aufstellung und Zuordnung von Bildschirm, Tastatur, zusätzlichen Arbeitsmitteln und Schriftgut zulassen. Sie müssen ausreichend groß und stabil sein. Ihre Oberfläche muss frei von störenden Reflexionen und Spiegelungen sein (*von Satz 1 und 2 darf bei Messwarten und Leitständen abgewichen werden.*)

(2) Durch die Höhe von Arbeitsflächen und Arbeitstischen sowie deren Gestaltung müssen haltungsbedingte Gesundheitsbeschwerden vermieden und wechselnde, ermüdungsarme Körperhaltungen ermöglicht werden. Ausreichender Beinraum muss vorhanden sein.

9.1.5.11 Arbeitsstühle

(1) Arbeitsstühle müssen bei bestimmungsgemäßem Gebrauch eine ausreichende Standsicherheit sowie Sicherheit gegen das Versagen von Bauteilen gewährleisten.

(2) Die Sitzfläche muss in der Höhe verstellbar sein.

(3) Arbeitsstühle dürfen die Bewegungsfreiheit ihrer Benutzer nicht einschränken und müssen diesen entspannte und ermüdungsfreie Körperhaltungen ermöglichen.

(4) Die Rückenlehne muss neigbar und so gestaltet sein, dass sie den Benutzern eine gute Abstützung in den verschiedenen Sitzhaltungen ermöglicht.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.1.5.12 Arbeitsplatzumgebung

Platzbedarf

Arbeitsplätze sind so zu bemessen und einzurichten, dass ausreichend Platz vorhanden ist, um bei den Tätigkeiten wechselnde Bewegungen zu ermöglichen.

An jedem Arbeitsplatz muss die freie, unverstellte Bewegungsfläche mindestens 1,5 m² betragen. Sie soll an keiner Stelle weniger als 1,00 m tief sein.

Beleuchtung, Reflexionen und Blendung

(1) Die Beleuchtung von Arbeitsplätzen muss so dimensioniert und angeordnet sein, dass für die Versicherten angemessene Lichtverhältnisse zur Erledigung verschiedenartiger Sehaufgaben während der gesamten Arbeitszeit gewährleistet sind. Störende Blendung, Reflexionen und Spiegelungen am Arbeitsplatz müssen vermieden sein, um einer Herabsetzung der Sehleistung und vorzeitiger Ermüdung der Versicherten entgegenzuwirken.

(2) Zur Verringerung des Tageslichteinfalls auf den Arbeitsplatz müssen geeignete, verstellbare Einrichtungen an den Fenstern vorhanden sein.

9.1.5.13 Strahlung

Die von Arbeitsmitteln ausgehende Strahlung (Störstrahlung im Sinne der RöV) ist, mit Ausnahme des sichtbaren Teils des elektromagnetischen Spektrums, am Arbeitsplatz so niedrig zu halten, dass sie für die Sicherheit und die Gesundheit der Versicherten unerheblich ist.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.1.5.14 Software-Gestaltung

Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass bei der Gestaltung von Tätigkeiten mit Bildschirmgeräten sowie bei Entwicklung, Auswahl, Erwerb und wesentlicher Änderung von Software nach Maßgabe der jeweiligen Arbeitsaufgabe die Gestaltungsprinzipien nach dem Stand von Technik, Arbeitsmedizin und den sonstigen gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen angewendet werden, um die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Versicherten am Arbeitsplatz zu gewährleisten.

9.1.6 Besonderheiten von Bildschirmarbeitsplätzen in Messwarten



9.1.6.1 Spezifische Anforderungen

Ein Bildschirmarbeitsplatz muss so gestaltet sein, dass in nicht vorhersehbaren zeitlichen Abständen beliebige Mitarbeiter einer Schicht schnell und zuverlässig sicher überwachen und bedienen können.

Der Bediener muss in kritischen Fällen eine ihm vertraute Konstellation vorfinden, um schnell richtig eingreifen zu können. Dies kann z. B. durch den festen Einbau der Bildschirme und Tastaturen erreicht werden.

Bildschirmdarstellungen und Tastaturen müssen dazu geeignet sein, Fehlbedienungen, auch durch häufig wechselnde Bediener, weitestgehend auszuschließen.

Der Arbeitsplatz muss auf die Anforderungen durch die Arbeitsumgebung abgestimmt sein, wie z. B. Verschmutzungsgefahren.

Das Streben nach Benutzerfreundlichkeit der Software darf zu keinen Funktionsbeeinträchtigungen führen.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.1.7 NAMUR-Checkliste für Messwarten und Leitstände



Die in der NA76 abgebildete Checkliste wurde vom NAMUR ad hoc AK: „Bildschirmarbeitsplätze in Prozessleitwarten“ erarbeitet und ist als Hilfestellung für die nach § 3 der **Bildschirmarbeitsverordnung** geforderte Beurteilung der Arbeitsbedingungen gedacht.

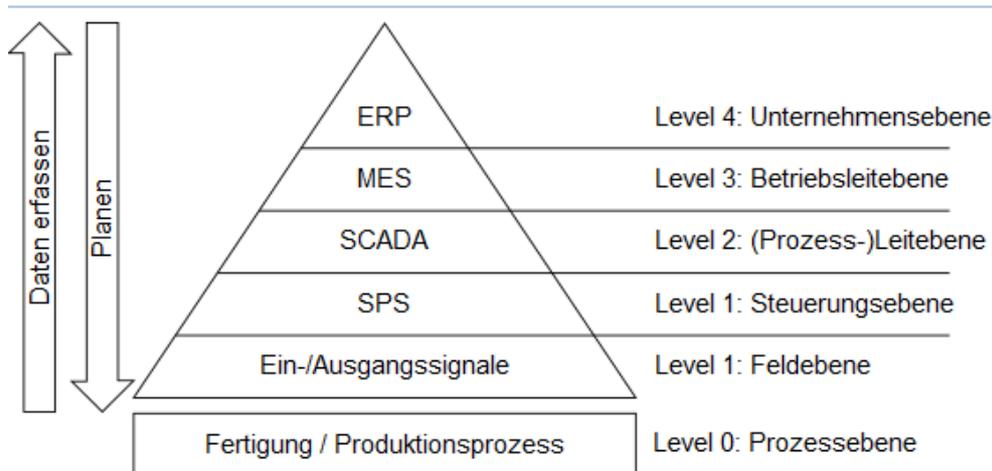
NA 76	NAMUR-Checkliste für Messwarten und Leitstände NAMUR Checklist for Control Rooms and Control Stations	Version: 31.01.2003 - 4		
I. Bildschirmgeräte und Tastatur				
1.	Zeichendarstellung auf Bildschirm	ja	ja*	nein
	- scharf - deutlich - ausreichend groß	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	- Zeichenabstände ausreichend groß	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	Bilddarstellung			
	- stabil	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	- flimmerfrei	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	- ohne Verzerrung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	- Helligkeit der Bildschirmanzeige leicht einstellbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	- Kontrast zwischen Zeichen und Hintergrund leicht einstellbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	11. Arbeitsstuhl			
	- ergonomisch gestaltet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	- standsicher	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	12. Vorlagenhalter (falls erforderlich)			
	- stabil	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	- verstellbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	- Einschränkung unbequemer Kopf- und Augenbewegungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	13. Fußstütze			
	- wenn nötig - vorhanden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
III. Arbeitsumgebung				
	14. ausreichender Raum für wechselnde Arbeitshaltungen			
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.2 Automatisierungspyramide und Begriffe

Die Automatisierungspyramide zeigt die vertikale Integration der Systeme, von der E/A-Ebene bis zur Unternehmensleitebene z.B. SAP-Systeme.



9.2.1 Begriffe

PIMS Process Information Management System Langzeitarchivierungssysteme zur Aufzeichnung von kontinuierlichen und diskontinuierlichen Prozessen. Als Datenquellen dienen Prozessleitsysteme, Analysensysteme, wie auch andere Systeme, die produktionsrelevante Daten liefern. Die Systeme liefern neben den Quelldaten auch verrechnete Größen und Leistungskennzahlen zum Prozess. Alle Daten können in verfahrenstechnischen Grafiken und Berichten dargestellt werden. PIMS-Systeme dienen auch als Datenkonzentrator für übergeordnete Systeme. Die hier gewonnenen Informationen können dem Anlagenbediener wichtige Hinweise zur Prozessführung geben.

MES Manufacturing Execution Systems Manufacturing Execution System. MES umfasst alle Funktionen, die zur Planung, Überwachung und Steuerung von Produktionsprozessen notwendig sind. MES verbinden darüber hinaus Unternehmensleitebene und Prozessebene (vgl. ISA 95, NA 94, NA 110).



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

APCS Advanced Process Control System System, das anhand übergeordneter Regelungen, wie z. B. DMC (Dynamic Matrix Controller), Neuronale Netze usw., die Sollwerte des Prozessleitsystems führen. Funktionen zur Durchsatzoptimierung können ebenfalls enthalten sein.

HMI Human Machine Interface

KPI Key Performance Indicator – Leistungskennzahl

ERPS Enterprise Resource Planning Systems Unternehmenskapazitäts- und -Ressourcenplanungs-System

ERP-Systeme ermitteln auf höchster Ebene Kapazitäts- und Rohstoffbedarf. Der Planungshorizont ist lang bis mittelfristig (vgl. NA 94).

LIMS Labour Information Management System LIMS-Systeme können dem Prozessleitsystem Informationen zu aufgearbeiteten offline Stoffanalysen zur Verfügung stellen.

PAMS Plant Asset Management System Das AMS-System unterstützt die Fehlersuche bei sogenannten intelligenten Sensoren und Aktoren. Idealerweise liefert das AMS eine Aussage über den Gesundheitszustand einer Einrichtung oder eines Anlagenteils.

PU Package Unit PU sind Anlagenteile, die für sich funktionsfähig sind und Lieferungen und Leistungen verschiedener Gewerke aus einer Hand beinhalten. PU werden wiederholt mit der gleichen Funktion ausgeführt und sind oft als Standardgrößen in vorkonfektionierter Ausführung lieferbar. In der Regel sind PU-maschinenorientierte Anlagenteile, die eigenständig betrieben und abgenommen werden können (vgl. NA 63).



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Funktionsplan

Der Funktionsplan ist eine PLT-stellenübergreifende Beschreibung einer Steuerungsaufgabe mit grafischen Symbolen, unabhängig von der Realisierung nach DIN EN 60848

Verriegelungsfunktion

Funktion zur Schaltung eines Aktors (i. allg.) in den sicheren Zustand.

Ablaufsteuerung

Steuerung, die schrittweise abläuft. Der Ablauf erfolgt zwangsläufig, wobei das Weiterschalten von Schritt A zu Schritt B durch Weiterschaltbedingungen (Transitionen) erfolgt. *Transition* Weiterschaltbedingung in einer Ablaufsteuerung.

Signal (im Kontext von Funktionsplandarstellung) Parameter von PLT-Stellen, die u. a. in Verriegelungsfunktionen und Transitionen verarbeitet werden, z. B. "PLT-Stelle T4711.01 Hochalarmindikator"; "PLT-Stelle H4711.02 Zu-Indikator".

9.2.2 Informationen aus Systemen der horizontalen und vertikalen Integration

Die Vernetzung und Vermaschung des Prozessleitsystems mit übergeordneten Systemen in der Unternehmenshierarchie einerseits und andererseits mit gleichrangigen Systemen, haben zu einem zusätzlichen Informations- und Aktionsanfall für den Anlagenbediener geführt. Diese zusätzlichen Informationen müssen dem Operator funktions- und aufgabenorientiert präsentiert werden, damit er seine primären Aufgaben im Bereich der Prozessführung zielgerichtet ausführen kann.

Hierbei kann es je nach Anlagengröße zu sehr unterschiedlichen Lösungen kommen. Bei größeren Anlagen ist der Einsatz von Prozessleitsystemunabhängigen Bedien- und Beobachtungseinheiten sinnvoll. Für kleine Anlagen kann es aus wirtschaftlichen und ergonomischen Gründen durchaus sinnvoll sein, dass alle zusätzlichen Informationen durch Komponenten des Prozessleitsystems präsentiert werden.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Die Grundlage für den Austausch von Daten in der Unternehmenshierarchie sind in der DIN IEC62264 / ISA95 niedergelegt. Dieses Arbeitsblatt beinhaltet deshalb ausschließlich Gesichtspunkte der Mensch-Prozess-Kommunikation.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.3 Verdrahtungskonzepte

Die wichtigste Frage im Rahmen der Erstellung von Automatisierungskonzepten, neben der Wahl der Automatisierungs- oder Prozessleitsysteme, ist: Wie sollen die Feldgeräte (Sensoren, Aktoren) mit den Systemen verschaltet werden?

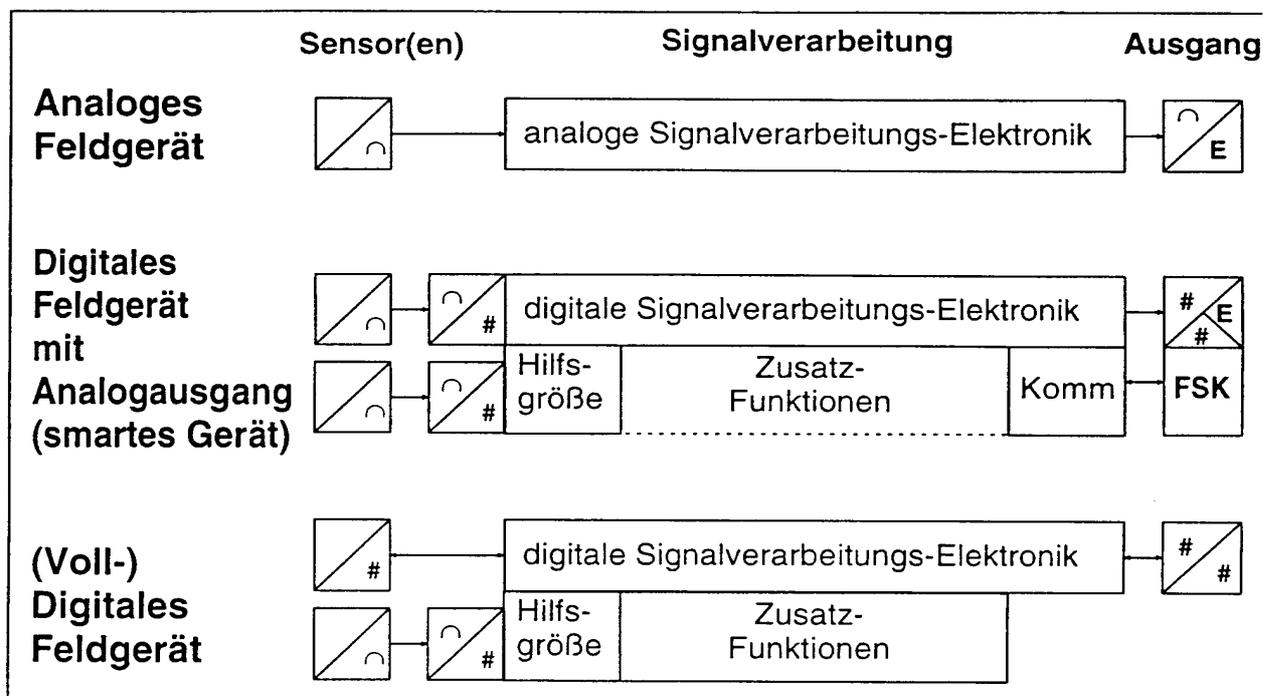
Die folgenden Seiten geben eine Übersicht zur Klärung dieser Frage.

Auszug aus einem Bericht aus „CHEMIE INGENIEUR TECHNIK“ (70) 8/98

Hoch entwickelte Technologien aus dem Bereich der Sensorik und Aktuatorik, sowie der Kommunikationstechnologie, erlauben dem Planer moderne und hochintegrative Automatisierungskonzepte zu konzipieren.

Abbildung 1.

Entwicklung der elektrischen Feldgeräte, dargestellt anhand einer einfachen Blockstruktur des geräteinternen Aufbaus. Analoge Geräte stellen den Stand von „gestern“ dar, digitale mit Analogausgang den heutigen Stand der Technik und die ersten volldigitalen Geräte stehen kurz vor der Einführung; (E = analoges Einheitssignal; # = digitales Signal; FSK = Frequency-Shift-Keying).

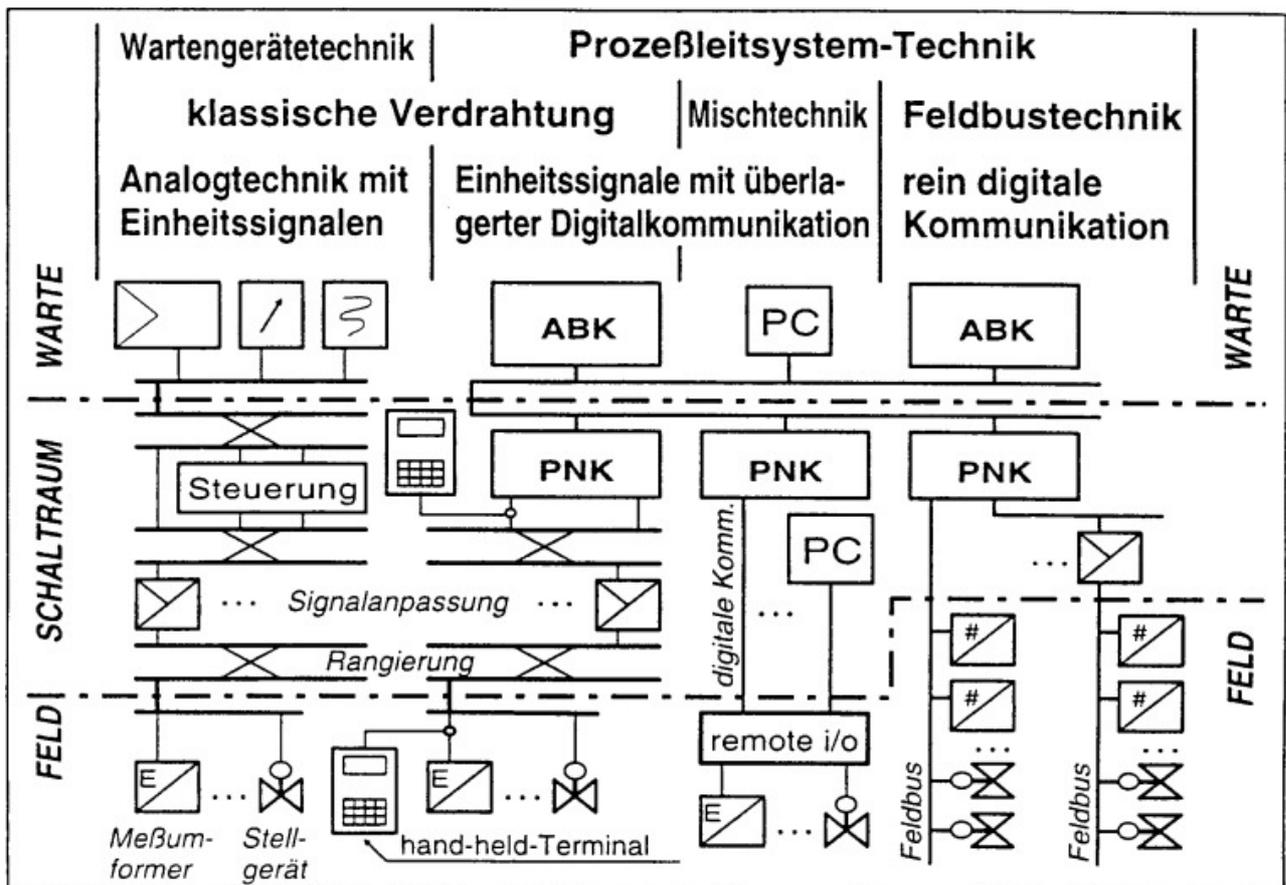




Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Die Grafik zeigt die Entwicklung der Sensorik vom einfachen Messumformer, der Einheitssignale verarbeitet, bis hin zum volldigitalen Sensor, der seine Information binärverschlüsselt überträgt.

Übersicht zu den gängigen Verdrahtungsstrukturen



Übersicht über Verdrahtungsstrukturen in der Prozeßleittechnik; (ABK = Anzeige- und Bedienkomponente; PNK = Prozeßnahe Komponente; PC = Rechner mit entsprechender EDV-Anwendung (Engineeringwerkzeug, Datenbank etc.); E = analoges Einheitssignal; # = digitales Signal).



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.3.1 EMV-gerechte Planung und Installation von Produktionsanlagen



9.3.1.1 Einleitung

Diese grundlegende Empfehlung sorgt für Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) und damit für einen störungsfreien Betrieb aller, in der Chemieanlage eingesetzten elektrischen und elektronischen Betriebsmittel.

Die betrachteten Frequenzbereiche werden eingeteilt in den niederfrequenten Bereich (harmonische und interharmonische der Netzfrequenz) bis 10 kHz und die hochfrequenten Bereiche von 10 kHz bis 30 MHz, in dem die Störaussendung in der Regel leitungsgebunden erfolgt sowie 30 MHz bis 1000 MHz, in dem die Störaussendung in der Regel feldgebunden d.h. über Strahlung erfolgt.

9.3.1.2 Störbeeinflussung durch elektromagnetische Felder /1/

NAMUR NE 21 fordert in Übereinstimmung mit EN 61000-4-3 Prüfungen im Frequenzbereich von 80 bis 1 000 MHz und 1,4 bis 2 GHz mit 10 V/m.

Für Funkdienste, die in diesem Frequenzbereich arbeiten, werden die erforderlichen Schutzabstände mittels der unten angegebenen Gleichung (F.5.1) abgeschätzt. Funkdienste, die in einem höheren Frequenzbereich z. B. Funk-LAN bei 2,4 GHz arbeiten, besitzen im Allgemeinen eine sehr niedrige Leistung (typischerweise unterhalb 100 mW) und treten kaum als Verursacher wesentlicher Probleme auf.

$$d = \frac{k\sqrt{P}}{E}$$

d: Schutzabstand von der Sendeantenne in m.

P: Sendeleistung in W;

k: Konstante

k = 3,9 wenn EIRP eingesetzt wird

k = 1,7 wenn die in die Antenne
eingespeiste Leistung eingesetzt wird

F 5.1

E: Prüf-Feldstärke in V/m (10 V/m)



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.3.1.3 Abschätzung des erforderlichen Schutzabstandes von Sendefunkgeräten im Betrieb

Die Festlegung der übertragenen Leistung von Sendefunkgeräten erfolgt oft in Einheiten der effektiven Strahlungsleistung (englisch: EIRP), bezogen auf einen Halbwellendipol. Daher ermittelt sich die erzeugte Feldstärke unter Fernfeldbedingungen direkt aus der nachfolgenden Dipolgleichung. Reflektierende und absorbierende Gegenstände in der Nähe können das elektromagnetische Feld verstärken oder abschwächen. In der Praxis hält man daher zur Sicherheit mindestens die doppelten Schutzabstände „d“ zur Elektronik ein.

für GSM-Telefone ca. 1,2 m
(D- bzw. E-Netz Handy, EIRP = 2 W)
für DECT-Telefone ca. 0,4 m (EIRP = ¼ W)
für Betriebsfunkgeräte ca. 1,8 m (EIRP = 5 W)

9.3.1.4 Drehzahlveränderbare Antriebe mit

Frequenzumrichterspeisung, insbesondere Spannungszwischenkreisumrichter
Frequenzumrichter zur Speisung von drehzahlveränderbaren Motoren erzeugen nichtsinusförmige Spannungen auf den Zuleitungen zum Motor, die für andere Geräte eine elektromagnetische Störquelle sein können. Darüberhinaus werden die Versorgungsleitungen der Umrichter mit nichtsinusförmigen Strömen belastet.

Für die Komponenten der elektrischen Antriebstechnik ist die Gültigkeit dieser Richtlinie auf Motoren und Umrichter mit Anschlussspannungen von 400 V bis 690 V und Antriebsleistungen bis zu 315 kW an TN-, bzw. IT-Netzen begrenzt. Dies deckt auch die größten, üblicherweise in der Chemieindustrie eingesetzten, Antriebsleistungen ab.

Die EMV-Produktnorm für elektrische Antriebe IEC 61800-3 legt die Anforderungen zu Störaussendung und Störfestigkeit für die handelsüblichen Umrichterantriebssysteme fest.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.3.1.5 Netzqualität

In langjährigen Erfahrungen hat sich gezeigt, dass in Chemieanlagen eine Netzqualität wie im öffentlichen Netz angeboten ausreichend ist.

9.3.1.6 Gesamtverzerrungsfaktor (THDU)

Der Gesamtverzerrungsfaktor der Versorgungsspannung (THDU), gebildet aus allen Oberschwingungen bis zur Ordnungszahl 40, sollte einen Wert von 8 % nicht überschreiten. Werden in einzelnen Netzbereichen sehr viele nichtlineare Verbraucher (z.B. Umrichter, USV- oder Gleichrichteranlagen) betrieben, kann der THDU weiter ansteigen und es kann zu Störungen einzelner Verbraucher kommen. Bei Störungen sollte eine Messung der Netzqualität/ Netzurückwirkungen vor Ort vorgenommen werden.

9.3.1.7 Abhilfemaßnahmen

Einige beispielhafte Abhilfemaßnahmen sind:

- Verwendung höherpulsiger Schaltungen
- Einsatz aktiver oder passiver Filter
- Versorgung durch separaten Transformator, zur Filterwirkung der Nullkomponente
- Verkleinerung der Netzimpedanz
- USV-Anlagen

9.3.1.8 Feldgeräteauswahl

In den Unternehmen der Großindustrie haben sich gemeinsame, technische Fachgruppen unter anderem zur Auswahl von PLT-Geräten (PLT = Prozessleittechnik) gebildet. Die dort nach Marktanalyse und Typprüfung ausgewählten Geräte werden in Standardgerätelisten aufgenommen, um einerseits die Vielfalt an Geräten einzuschränken und andererseits auf „betriebsbewährte Geräte“ zurückgreifen zu können. Die so gelisteten Standardgeräte sind innerhalb einer Prozessanlage mit hoher Wahrscheinlichkeit *störungsfrei*.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.3.1.9 Feldgerätemontage

Für spezielle Bedingungen, die bei der Montage zu beachten sind, geben die Hersteller in ihren Bedien- und Montageunterlagen entsprechende Auskunft. Bei Geräten, die für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen geeignet sind, lassen sich in bestimmten Fällen besondere Einsatzbedingungen aus den Prüfbescheinigungen herauslesen.

Geräte und Geräteteile aus Metall sind in Ex-Bereichen in den örtlichen zusätzlichen Potentialausgleich einzubeziehen. Es ist insbesondere darauf zu achten, dass Dichtungen oder ein isolierender Gehäuseoberflächenschutz bei einem verdrehbaren metallenen Anzeigeteil eines Messwertaufnehmers Ursache dafür sein kann, dass nach Veränderung der Anordnung kein durchgängiger Potentialausgleich mehr gewährleistet ist.

9.3.1.10 Feldgeräteverkabelung

Für Steuer- und Signalleitungen von PLT-Feldgeräten kommen üblicherweise Sammelkabel mit Abschirmung zwischen Feldverteilern und Schaltraum zum Einsatz. Die Abschirmung der Kabel dient als Schutz gegen äußere elektrische oder magnetische Felder. Bei der Installation ist sicherzustellen, dass zwischen jedem Ende des Stromkreises (d.h. zwischen dem explosionsgefährdeten und dem nichtgefährdeten Bereich) ein Potentialausgleich besteht. Erst dann dürfen Kabel- und Leitungsschirme an beiden Enden des Kabels sowie Zwischenstellen an Erde angeschlossen sein.

9.3.1.11 Installationshinweise für HART

HART bedeutet **H**ighway **A**dressable **R**emote **T**ransducer. Für die digitale Feld-Kommunikation zu Diagnose- bzw. Fernwartungszwecken mittels HART-Protokoll wird die FSK-Modulation verwendet. (FSK = Frequency Shift Keying). Die logische Null wird durch ein sinusförmiges Signal mit einer Frequenz von 2,2 kHz und die logische 1 mit einer Frequenz von 1,2 kHz codiert. Die maximale Datenrate beträgt 1200 bit/s.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Für eine störungsarme HART-Kommunikation wird ab einer Leitungslänge von 3 m eine geschirmte Leitung mit paarweise verdrehten Adern verwendet. Für Leitungslängen größer 1500 m muss jedes verdrehte Aderpaar zusätzlich einzeln abgeschirmt und beidseitig geerdet sein. Voraussetzung dabei ist ein ausreichend vermaschtes Erdungssystem der Anlage.

Die maximale Leitungslänge darf 3 000 m nicht überschreiten und hängt sowohl vom verwendeten Kabel als auch von den elektrischen Eigenschaften der angeschlossenen Geräte ab.

9.3.1.12 Topologien der Feldbussysteme

Man unterscheidet zwei unterschiedliche Leitungstopologien (Bustopologie und Baumtopologie). In beiden Topologien ist die Stammleitung an beiden Enden abgeschlossen.

Bustopologie

An eine Stammleitung sind, über der Länge der Stammleitung verteilt, mehrere Stichleitungen angeschlossen.

Baumtopologie

An einem Ende einer Stammleitung sind mehrere Stichleitungen angeschlossen.

9.3.1.13 Kabelanforderungen der Feldbussysteme

Hier geht man von einer synchronen Datenübertragung im Spannungsmodus mit einer Datenrate von 31,25 kbit/s aus. Gefordert ist ein geschirmtes Kabel mit einem einfach verdrehten zweiadrigen Innenleiter und einer Impedanz von 100 Ohm \pm 20 Ohm bei 31,25 kHz.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.3.1.14 Regeln zur sachgemäßen Kabelschirmung

Der Kabelschirm darf nicht als Potentialausgleich oder Schutzleiter verwendet werden.

- Ein Geflechtschirm zeigt gegenüber einem Folienschirm ein besseres Abschirmverhalten. In manchen Anwendungen (z. B. Installationsvorschriften des Herstellers) genügt jedoch der kostengünstigere Folienschirm (Kosten, Nutzen-Optimum). Maßgebend ist in jedem Fall die sachgerechte Verlegung und die flächige Erdung der Abschirmung.
- Leitungsschirme sind mit geeigneten Kabelschellen zu befestigen. Den Schirm von der Masseschiene bis Eintritt Baugruppenträger weiterführen und dort wieder auflegen.
- Der Schirm ist an allen Kabelenden und an möglichst vielen weiteren Punkten (z. B. Kabeldurchgängen und Busabzweigungen) zu erden.
- Für geschirmte, steckbare Leitungen ausschließlich metallische oder metallisierte Steckergehäuse verwenden. Den Schirm nicht über Steckerpins führen, sondern flächig mit dem leitenden Steckergehäuse verbinden.
- EMV-Kabelverschraubungen verwenden oder Leitungsschirme unmittelbar nach dem Eintritt in das Gehäuse flächig auf die Schirmschiene auflegen.

Der Schirmbedeckungsgrad von Buskabeln muss mindestens 90 % über die volle Kabellänge betragen und muss alle elektrische Schaltungen in Steckern, Kopplern und Verbindern bedecken.

9.3.1.15 Erdungssystem

Die Aufgabe des Installateurs besteht in der Schaffung eines stromtragfähigen, niederohmigen Erdungssystems, welches frei von Betriebsströmen sein soll und als Potentialausgleichspfad für leitungsgebundene oder feldinduzierte transiente Störströme dient. Im Sinne der EMV empfiehlt sich deswegen der großflächige und engmaschige Fundamenterder als konsequente Fortführung der in gleicher Weise beschaffenen Tragwerksarmierung.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Generell ist ein vermaschtes Erdungssystem zu realisieren und daher wird kein „ZEP“ (Zentraler Erdungspunkt) in der Anlage benötigt.

9.3.1.16 Erdungsanlagen und Gebäudeschirm

Je nach den Erfordernissen der elektrischen Anlage verwendet man Erdungsanlagen gemeinsam oder einzeln für Schutz- oder Funktionszwecke.

Empfohlene Erder sind Fundamenterder, ersatzweise Staberder oder Tiefenerder, Metallbewehrung und andere in Erdreich eingebettete Konstruktionsteile.

Weitere Empfehlungen sind:

- Keine Mehrfacherdung des PEN-Leiters bei Mehrfacheinspeisung. Vermeidung von TNC-Netzen (PEN-Leiter) wegen der Gefahr durch Ausgleichsströme zum Beispiel über Gebäudeinstallationen und Kabelschirme.
- Bei der Bemessung der Kabelquerschnitte zusätzlich deren Oberschwingungsbelastung berücksichtigen.

Hochleitfähige Verbindung zwischen der Blitzschutzanlage und Gebäude-/ Elektroanlagenerder, sowie zu benachbarten Gebäudeerdern, metallischen Strukturen, Rohrbrücken, Rohrleitungen und Gleisanlagen herstellen. Dabei in Kupfer ausgeführte Schirmgeflechte $\geq 16 \text{ mm}^2$, Erdungsseile $70 \text{ mm}^2 - 300 \text{ mm}^2$ bzw. Bandstahl $\geq 3,5 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$ einsetzen.

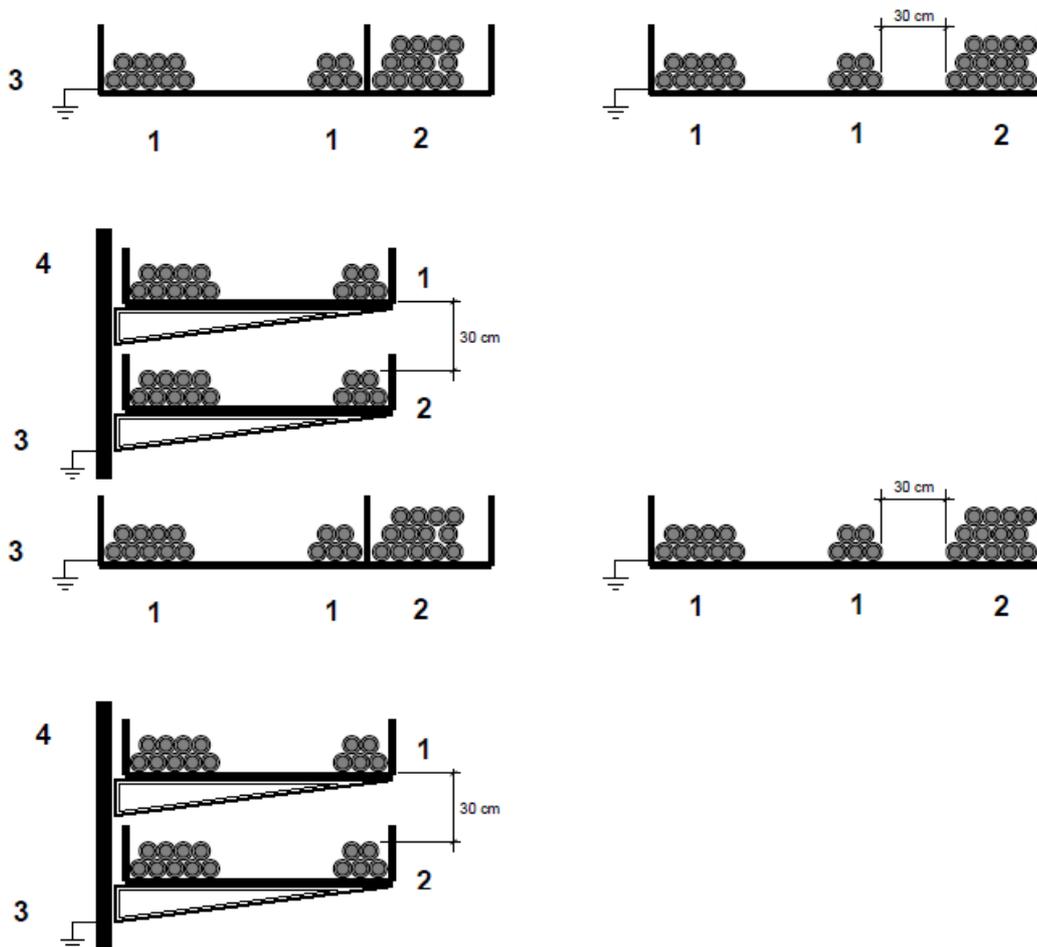
9.3.1.17 Kabelverlegung

Die Verlegung von Kabeln unterschiedlicher Kategorien erfolgt stets getrennt. Der Abstand beträgt hierbei mindestens 30 cm oder es ist eine metallische Trennwand in Kabelkanal/Trasse zu verwenden. HS-Leistungskabel darf man nicht gemeinsam mit Kabeln anderer Kategorien führen.



Zur Verringerung von symmetrischen Überspannungen werden funktional zusammengehörende Aderpaare im selben Kabel geführt. So weit wie möglich sollten Kabel für Hilfsspannungsversorgung von Steuerkabeln getrennt verlegt werden.

Steuerkabel nicht in der unmittelbaren Nähe von Drosselspulen und Einphasen-Transformatoren verlegen



Legende:

- 1 = Signalkabel
- 2 = NS-Leistungskabel
- 3 = Erdanschluss
- 4 = Stahlbau, Potentialausgleich

Bild 9.4: Empfohlene Kabelverlegung der verschiedenen Kategorien

Legend:

- 1 = signal cable
- 2 = low voltage power cable
- 3 = earth connection
- 4 = steel structure, equipotential bonding

Fig. 9.4: Recommended cable laying for different categories

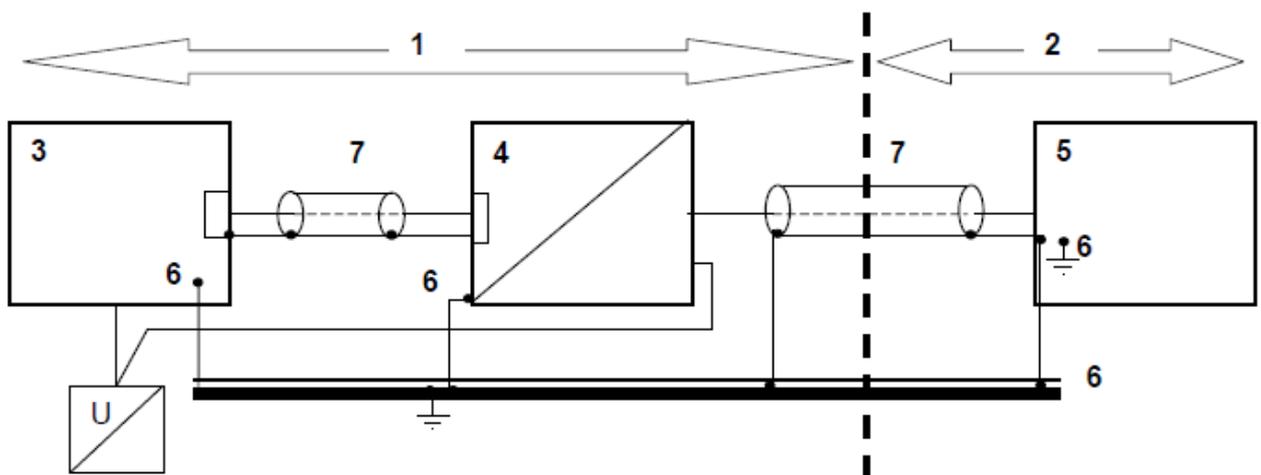


Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.3.1.18 Schirmung und Massung

Bei Auswahl des Montageortes von empfindlicher Mess- und Regelelektronik ist auf möglichst großen Abstand zu elektromagnetischen Störfeldern (Sendefunkgeräte, Leistungselektronik, geschaltete Induktivitäten wie Schütze usw., magnetische Streufelder von Transformatoren) zu achten. Zusätzlich können durch geeignete Schirmungsmaßnahmen (vorzugsweise am Entstehungsort der Störfelder) unerwünschte Einwirkungen von dem gewünschten Nutzsignal entkoppelt werden.

Beim Einsatz von geschirmten Leitungen auf ein Schirmgeflecht mit einer Schirmbedeckungsgrad von mindestens 90% achten.



Legende:

- 1 = sicherer Bereich
- 2 = explosionsgefährdeter (Ex-)Bereich
- 3 = Mess- und Regelelektronik
- 4 = Signalüberträger zugelassen für Ex-Bereiche
- 5 = Steuerung zugelassen für Ex-Bereiche
- 6 = Anschluss zum Potentialausgleich
- 7 = geschirmte Leitung

Bild 10.1: Prinzipskizze.
Durch den beidseitigen Schirmanschluss (beachte Kapitel 14.1) erreicht man eine optimale Störungsdämpfung über weite Frequenzbereiche



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.3.1.19 Einseitiger oder beidseitiger Schirmanschluss

Ein beidseitiger Schirmanschluss erzielt in der Regel eine optimale Dämpfung aller eingekoppelten Störfrequenzen.

Die Verwendung eines einseitigen Schirmanschlusses ist nur dann sinnvoll, wenn ein Potentialunterschied vorhanden ist und keine Potentialausgleichleitung gelegt werden kann.

9.3.1.20 Schirmanbindung

Das geschirmte Kabel wird unterbrechungsfrei abisoliert und großflächig auf die Potentialausgleichsschiene aufgelegt. Beim Einsatz von Sub-D-Steckverbindern wird der Schirm immer an das metallische Steckergehäuse angeschlossen, vorausgesetzt dieses ist optimal mit dem Potentialausgleich verbunden. Andernfalls erfolgt der Schirmanschluss über eine möglichst kurze Leitung (wenige Zentimeter mit mindestens einem Querschnitt von 1,5 mm²) mit dem Potentialausgleich.

9.3.1.21 Filter für Umrichter

Für die Umrichtergeräte im betrachteten Leistungsbereich sind heute folgende passive Filterkomponenten verfügbar.

9.3.1.22 Netzdrossel

Bei betriebsmäßiger Kommutierung der Eingangsstromrichter (Stromablösung in den Phasen entsprechend der Netzfrequenz) ergibt sich physikalisch stets für eine ganz kurze Zeitspanne ein Kurzschluss zweier Phasen und damit ein kurzzeitiger Einbruch der Versorgungsspannung (Kommutierungseinbruch).

Je niederohmiger (oder leistungsstärker) der Netzanschlusspunkt ist, desto größer ist die Kurzschlussleistung bezogen auf die Scheinleistung der angeschlossenen Umrichter und desto steiler und tiefer würden sich die Kommutierungseinbrüche mit entsprechend hohen Kurzschlussströmen ausbilden.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Die Netzdrossel (eine in Serie geschaltete Induktivität) wirkt dagegen strombegrenzend, schützt daher den Umrichter vor Überlastung durch zu hohe Oberschwingungsströme und verringert gleichzeitig die Kommutierungseinbrüche am Netzanschlusspunkt (Netzurückwirkungen).

Als Faustregel wird der Einsatz einer Netzdrossel mit 2 % bezogenem Spannungsabfall (an der Drossel selbst) empfohlen, wenn die folgende Projektierungsformel gilt (F10.1)

$$\frac{NKLA}{GSLU} > 33 \dots 43$$

Legende: NKLA = Netzkurzschlussleistung an der Anschlussstelle
GSLU = Grundscheinleistung der angeschlossenen Umrichter

9.3.1.23 Ausgangsdrossel

Hiermit werden die wegen Kabelresonanzen entstehenden Spannungsspitzen verringert, die insbesondere bei langen Verbindungsleitungen zwischen Umrichtergerät und Elektromotor (ab etwa 100m ...300m) auftreten können, mit dem Ziel, die Wicklungsisolation des Motors zu schonen. Diese Drossel installiert man direkt am Umrichter.

9.3.1.24 Ausgangsfilter du/dt

Das Filter ist für Motoren mit Anschlussspannungen >500 V erforderlich und außerdem generell bei Einsatz eines „älteren“ Motors mit unbekanntem Isolationssystem als drehzahl geregelter Antrieb mit Speisung durch Frequenzumrichter empfehlenswert. Bei Systemen aus Umrichter und Motor, die von demselben Hersteller bezogen werden, kann sich der Einsatz eines derartigen Filters erübrigen, da Isolationssystem und Umrichter aufeinander abgestimmt sind. Hierzu muss der Hersteller befragt werden.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.3.1.25 Ausgangsfilter, Sinusfilter

Statt eines du/dt -Filters kann auch in besonderen Fällen ein Sinusfilter zum Einsatz kommen, welches die vom Umrichter erzeugten Ausgangsspannungspulse zu einer weitgehend sinusförmigen Spannung umwandelt.

Damit erübrigt sich die Verwendung von abgeschirmten Leitungen zwischen Umrichter und Motor.

Die Umwandlung geschieht allerdings nicht verlustlos und es können sich Einschränkungen im Drehzahlstellbereich und in der maximalen Ausgangsspannung ergeben. Außerdem sind Bauvolumen und die Kosten für Sinusfilter besonders zu bewerten.

9.3.1.26 Ausgangsfilter, du/dt -Funkentstörfilter

Ein du/dt -Funkentstörfilter zwischen Frequenzumrichter und Motor reduziert auch die hochfrequenten Anteile der Störspannung und ist bei ungenügender räumlicher Trennung zu Signalleitungen deshalb besonders zu empfehlen.

9.3.1.27 Blitzschutz

Ziel einer Blitzschutzanlage ist die Begrenzung von Überspannungen durch Blitzeinwirkung oder auch durch Schalteinwirkungen zwischen allen Leitern und dem Erdpotential auf einen definierten, ungefährlichen Spannungspegel.

Der äußere Blitzschutz besteht aus den Komponenten: Fangeinrichtung, Ableitungen, Erdungsanlage.

Der innere Blitzschutz besteht aus den Komponenten: Potentialausgleich, Überspannungsableiter, Kabelschirmung, Potentialtrennung bzw. Symmetrierung der Signale.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.3.1.28 EMV gerechte Auslegung und Installation in Schaltschränken

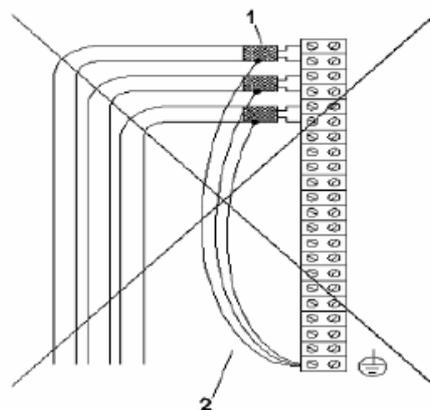
Ähnlich wie bei der Verkabelung achtet man auch bei der Belegung der Schaltschränke auf die räumliche Trennung von Störquellen und Störsenken. Das heißt, sie werden nach Möglichkeit in verschiedenen Schränken untergebracht. Ist dies nicht möglich, z. B. weil bei kleineren Anlagen nicht genügend Geräte vorhanden sind um mehrere Schränke zu füllen, so schafft man zumindest innerhalb des Schrankes eine räumliche Trennung.

Die Hersteller von Leerschränken müssen Hinweise zum sachgerechten Zusammenbau ihrer Komponenten, zur richtigen Bestückung und zur richtigen Einbeziehung eines Schaltschranks in den örtlichen Potentialausgleich liefern.

9.3.1.29 Grundsätzliche Maßnahmen zur Schirmbehandlung

Der fachgerechte Anschluss der Abschirmungen ist genauso wichtig wie die Verwendung von abgeschirmten Kabeln. (Bild 14.1.1)

Der sogenannte "Sauschwanz (pig-tail)" (Bild 14.1.2) macht die ganzen EMV-Maßnahmen zunichte und kann verschlimmernd, zusätzlich noch als Antenne wirken und so mögliche Störeinflüsse verstärken.

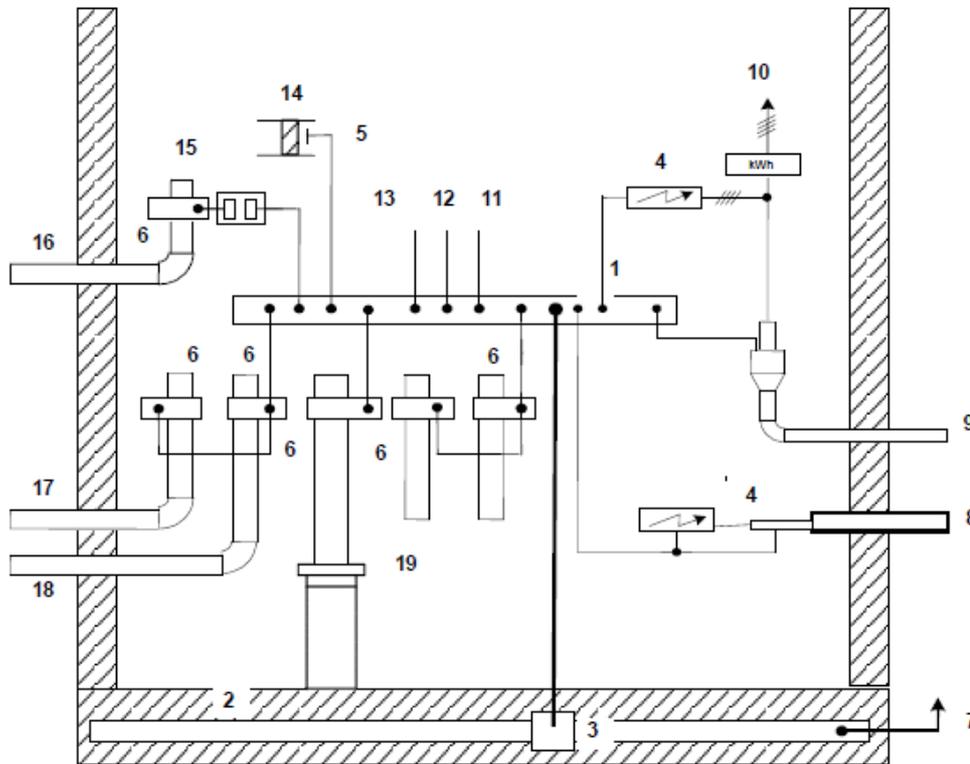


Legende:
1 = Abschirmung
2 = Sauschwanzleitungen oder „Pigtails“

Bild 14.1.2: Schlechte Ausführung einer Schirmauflage mit „Sauschwänzen“



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015



Legende:

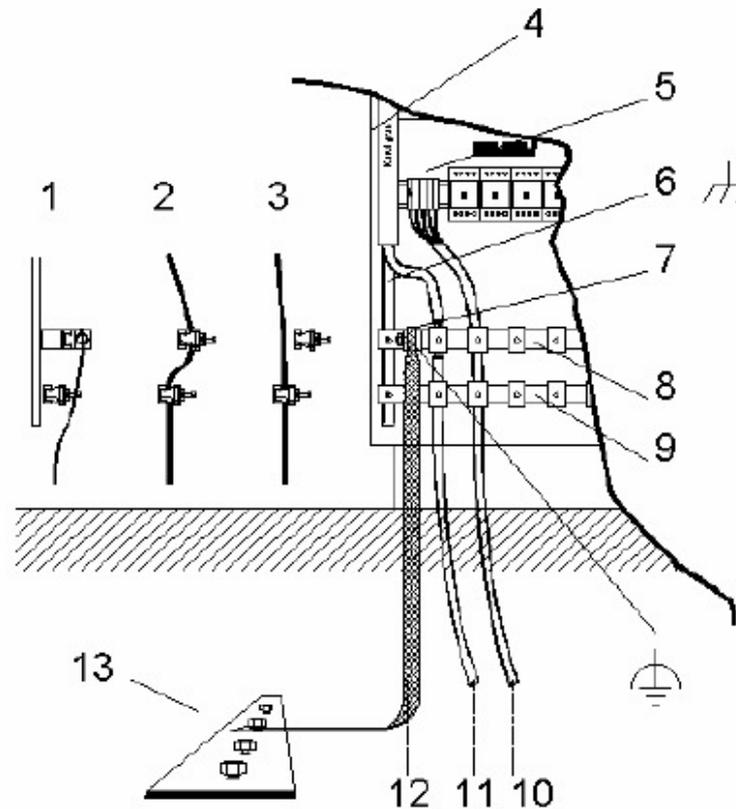
- 1 = Potentialausgleich
- 2 = Abstandhalter (Fundamenterder)
- 3 = Keilverbinder
- 4 = Blitzstrom-Ableiter
- 5 = Anschlussklemme
- 6 = Rohrschellen
- 7 = Anschlussfahne zum äußeren Blitzschutz
- 8 = Trenn-Funkenstrecke (Informationstechn. Netz)
- 9 = Trenn-Funkenstrecke (Energietechnisches Netz)
- 10 = 230/400 V
- 11 = Bad-Potentialausgleich
- 12 = Fernmeldeanlage
- 13 = Antenne
- 14 = Gebäudedurchziehendes Metall (z.B. Aufzugsschiene)
- 15 = Erdverlegte Anlage betriebsmäßig getrennt (zum Beispiel kathodisch geschützte Tankanlage)
- 16 = Tankleitung
- 17 = Gasleitung
- 18 = Wasserleitung
- 19 = Abwasserleitung

Bild 14.1.1: Beispiel für den Hauptpotentialausgleich einer Hausinstallation

Legend:

- 1 = equipotential bonding
- 2 = spacer (foundation grounding electrode)
- 3 = tapered connector
- 4 = lightning conductor
- 5 = connection terminal
- 6 = pipe clamps
- 7 = connection lug to external lightning protection
- 8 = spark separation section (information tech. net)
- 9 = spark separation section (tech. power net)
- 10 = 230/400 V
- 11 = bath equipotential bonding
- 12 = telecommunications system
- 13 = antenna
- 14 = metal components running through the building (e.g. lift rails)
- 15 = operationally-separate buried installation (e.g. cathodic-protected tank installation)
- 16 = tank pipeline
- 17 = gas pipeline
- 18 = water pipeline
- 19 = waste water pipeline

Fig. 14.1.1: Example of main equipotential bonding in a building installation



Legende:

- 1 = Seitenansicht 12
- 2 = Seitenansicht 11
- 3 = Seitenansicht 10
- 4 = Chassis
- 5 = Einspeisung
- 6 = Rost
- 7 = Klemmentyp z. B. TF 440 A30
- 8 = Schirmschiene z. B. C20
- 9 = Zugentlastungsschiene
- 10 = Kabel A
- 11 = Kabel B
- 12 = Kabel C
- 13 = Potentialausgleichsschiene

Bild 14.1.3: Empfohlene Anordnung der Schirm- und Zugentlastungsschiene in einem Schaltschrank



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.3.1.30 Anschluss der Elektromotoren

Elektromotoren werden über Schutzleiter geerdet und zusätzlich direkt in den Potentialausgleich mit eingebunden.

9.3.1.31 Anschluss mit abgeschirmtem Leistungskabel bei Umrichterspeisung

Verwendet man ein abgeschirmtes Kabel zwischen Umrichter und Motor, so legt man den Kabelschirm auch am Motorgehäuse großflächig auf. Der Kabelschirmverlauf muss zwischen Umrichter und Motor lückenlos sein.

9.3.1.32 Anschluss ohne abgeschirmtes Leistungskabel bei Umrichterspeisung

Setzt man kein abgeschirmtes Kabel zwischen Umrichter und Motor ein, so ist der Umrichter mit einem geeigneten Sinusausgangsfiler (Spannungsabfall beachten besonders bei Ex-Motoren) gemäß der Kapitel 9.3.1.25 und 9.3.1.26 auszurüsten.

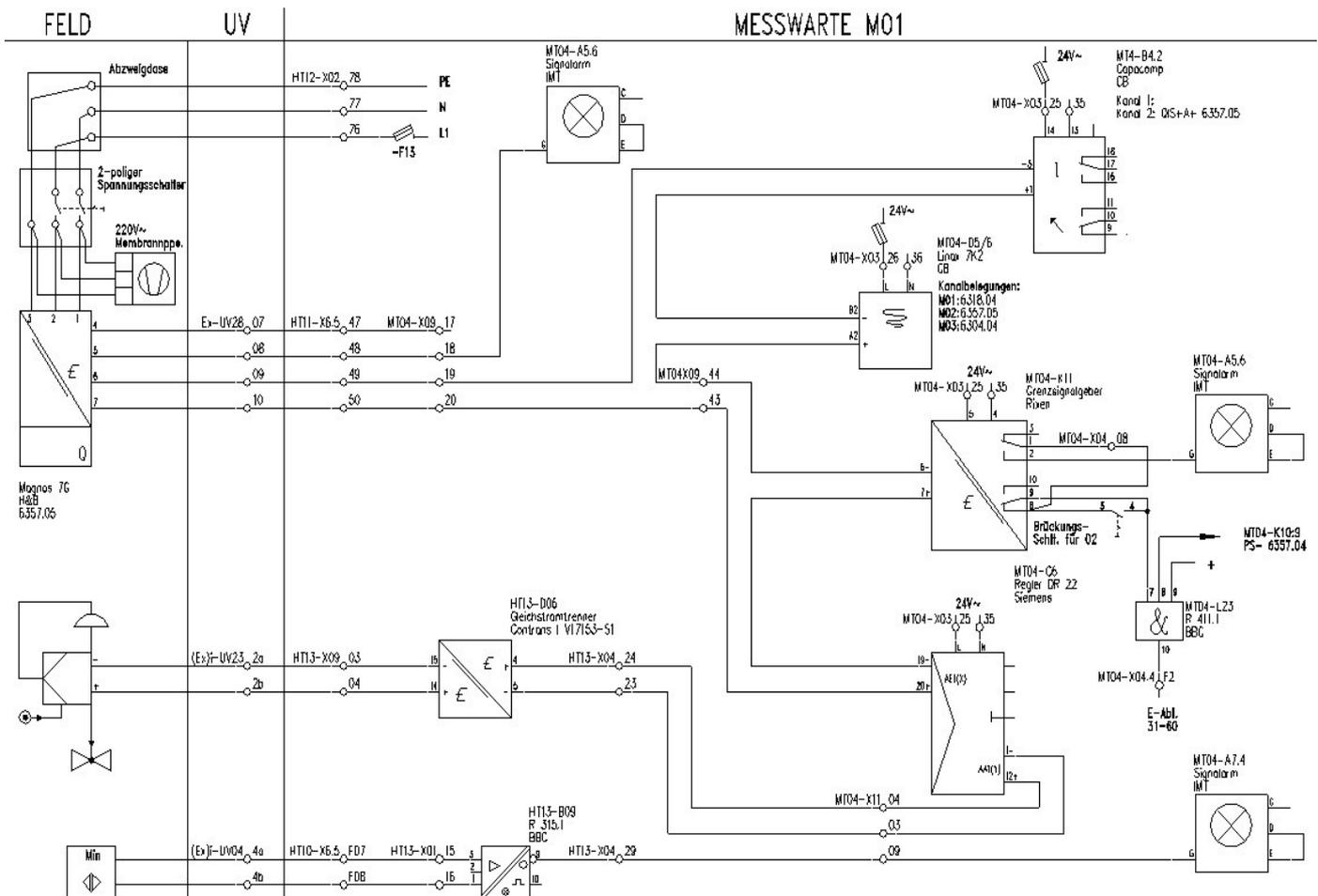
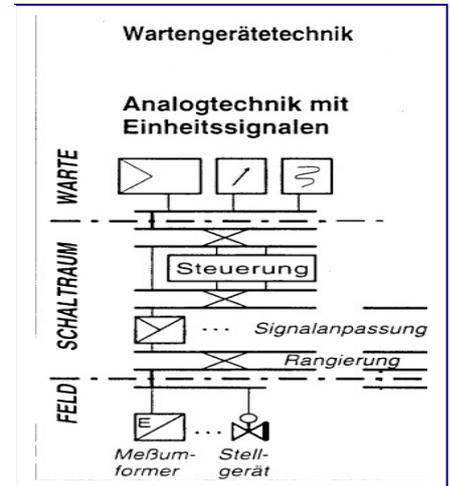


Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.3.2 Klassische Verdrahtung

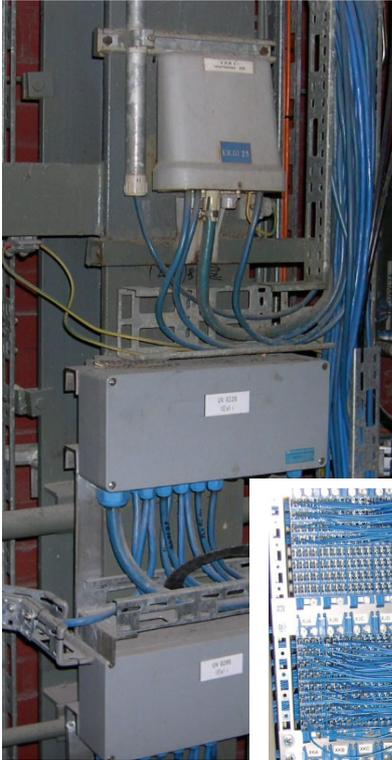
Unter klassischer Verdrahtung versteht man die konventionelle „Eins- zu Eins-Verdrahtung“.

Feldgeräte (Sensoren und Aktoren) werden über Unterverteiler (UV), über Rangierverteiler (RV) auf Interface-Baugruppen verdrahtet und diese wiederum auf Wartengeräte (Messtafleinbaugeräte, siehe nächste Seite) oder SSPS-, SPS- oder PLS-Ein- und Ausgänge verdrahtet.





Unterverteiler



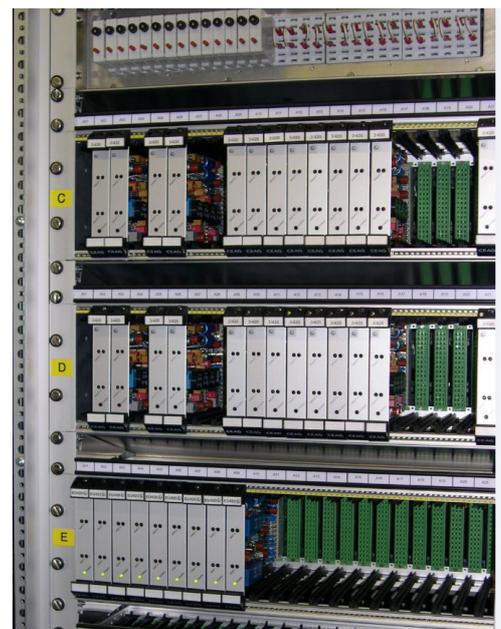
Messumformerspeisegerät (Interfacebaugruppe)



Rangierverteiler



Interfaceebene

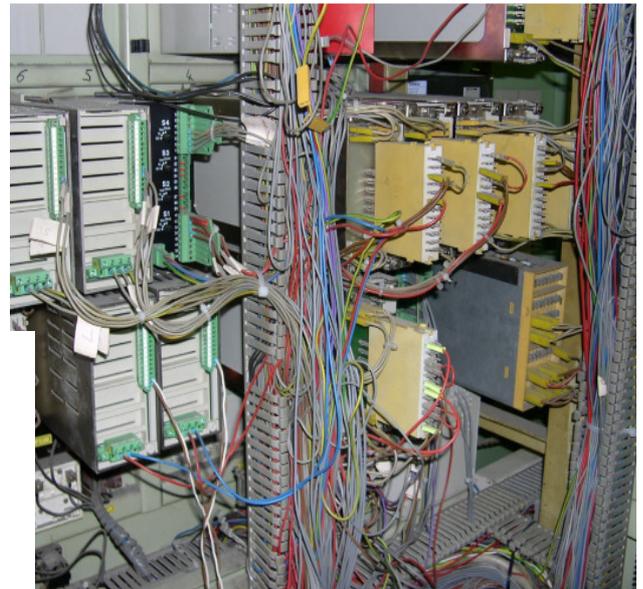




Messtafel in einer Messwanne



Geräteanschlussraum (Rückseite der Messtafel)

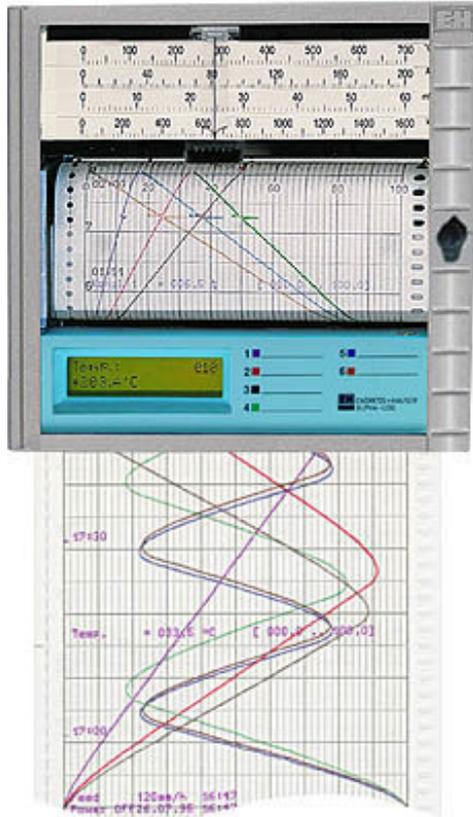


Ein-/ Ausgangsbaugruppen eines PLS





9.3.2.1 Messtafeleinbaugeräte (Auswahl)



Linienschreiber als sogenanntes Hybridgerät. Nicht nur die Analogwerte werden auf dem Papier geschrieben, sondern auch digital aufgezeichnet.

Balkenanzeigen (Analogwerte)



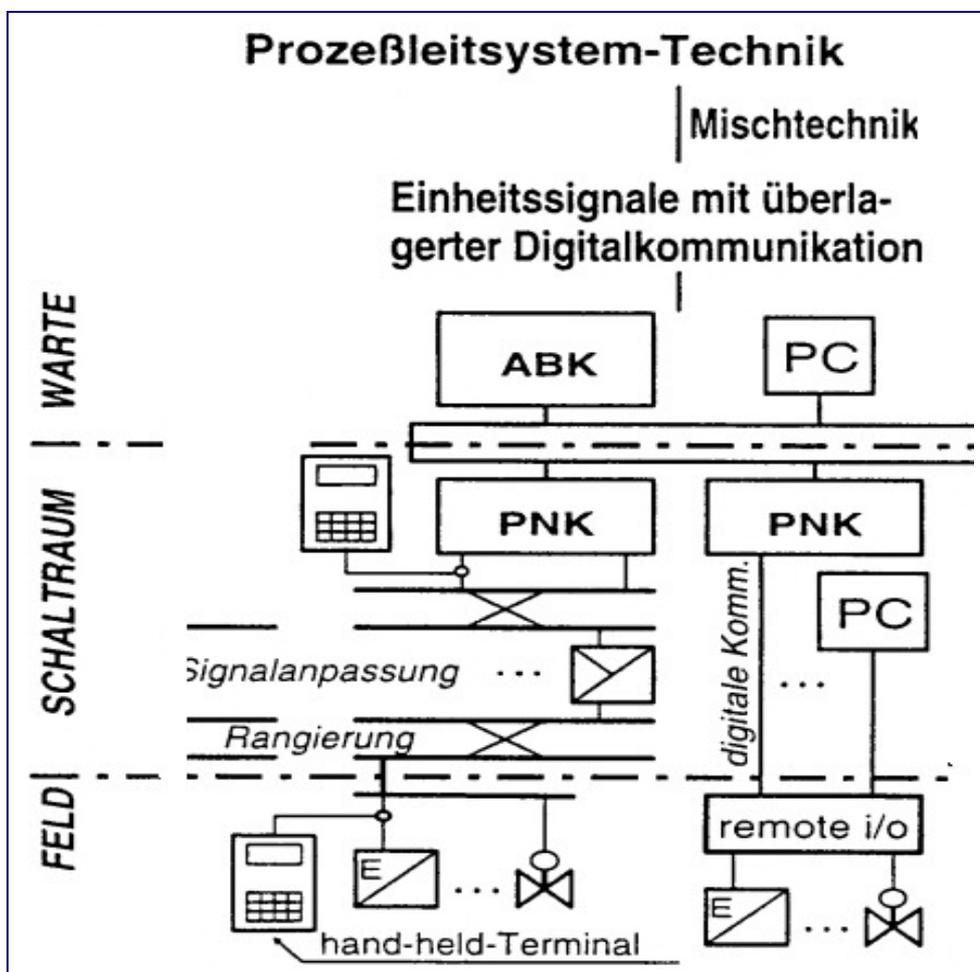
Regler mit Programmfunktionen





9.3.3 Leitsystemtechnik konventionell und Remote I/O

Mit Hilfe von „Remote i/o-Konzepten“ ist heute schon (fast) herstellerunabhängig eine zentrale Struktur aufbaubar. Unter remote i/o versteht man die Auslagerung („remote“) der Ein/Ausgabe-Baugruppen („i/o“) des PLS vom Schaltraum ins Feld, wobei die Kommunikation mit dem PLS über eine digitale Kommunikationseinrichtung (z.B. Datenbus) erfolgt – daher auch die alternative Bezeichnung „intelligenter Verteilerkasten“ (IVK).

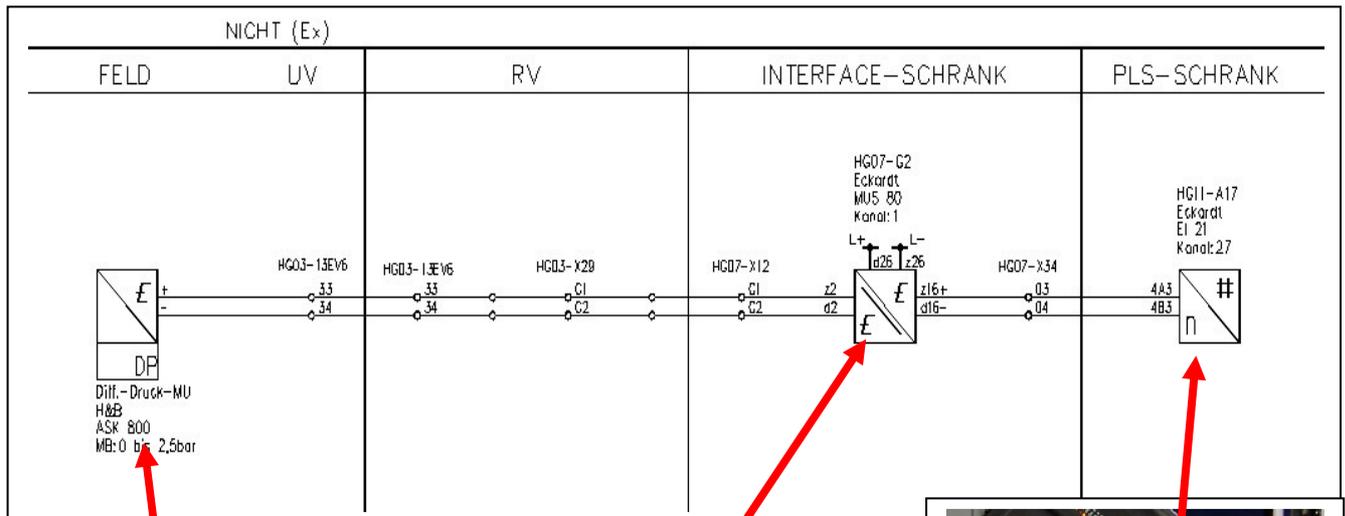




Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.3.3.1 Konventionelle Verdrahtung auf ein PLS

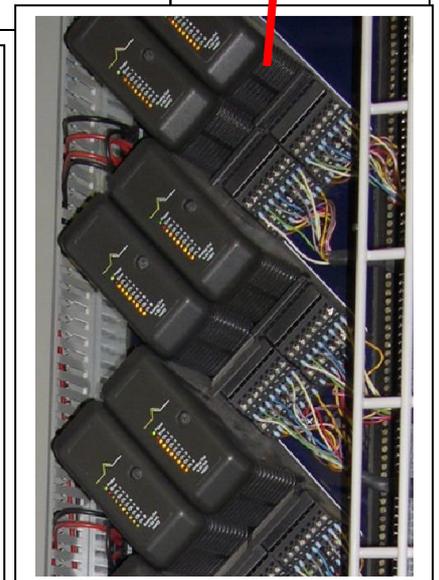
Die hier abgebildete Verdrahtung stellt die klassische bzw. konventionelle Verdrahtung auf ein Prozessleitsystem dar.



Differenzdruckmess-
umformer



Interfacekarte, Messum-
formerspeisegerät



E/A-Baugruppen eines
PLS (Fa. Emerson, DeltaV)



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Diese Form der Verdrahtung ist aufgrund der herzustellenden Einzelverbindungen montage- und kostenintensiv. Es werden bei einem 2-Drahtmessumformer mindestens 2 Adern pro Loop in der Feldverdrahtung benötigt und bei einem 4-Drahtmessumformer sind entsprechend 4 Adern zu berücksichtigen.

Dabei werden die Sensoren und Aktoren über sogenannte Stichleitungen, auf mit z.B. 40 Klemmen bestückte Unterverteiler geführt und von dort aus mit Stammkabeln auf die Rangierverteiler (Übergabeklemmleiste) im PLS-Raum oder dem sogenannten Messwartenanschlussraum geführt und verdrahtet. Der jeweilige Loop wird dann von dort aus, auf die PNK (Prozessnahe Komponenten) des Leitsystems verdrahtet.

Jeder Loop bildet für sich einen durchgehenden Messkreis, der bei auftretenden Fehlern eine einfache Diagnose mit einfachen Messmitteln ermöglicht.

9.3.3.2 Verdrahtung mittels Remote I/O

Bei der zuvor beschriebenen konventionellen Verdrahtung, werden die Signale eins zu eins auf die Ein-/ Ausgangsebenen (Input-/ Output-Ebene) der Systeme (PLS, SPS, SSPS) verdrahtet. Die Peripheriekarten sind in den Systemschränken montiert. Diese Schränke stehen wiederum in den klimatisierten PLS- oder Messwartenanschlussräumen.

Die Grundidee der Remote I/O - Verdrahtung ist, durch die Verlagerung der I/O-Ebene der Automatisierungssysteme ins Feld, den Verdrahtungsaufwand zu minimieren. Die Signale der Sensoren bzw. die Ansteuerung der Aktoren werden nun nicht mehr auf 40 Klemmen beinhaltende Unterverteiler geführt, sondern direkt im Feld auf sogenannte Remote I/O - Kästen geführt. Das sogenannte Stammkabel wird dabei durch ein Systembuskabel ersetzt. Spätestens an dieser Stelle wird die analoge Welt der Einheitssignale verlassen und die Messwerte, Stellgrößen, Signale und Befehle tauchen in die digitale Welt ein.



Rheinische Fachhochschule Köln

University of Applied Sciences

Ingenieurwesen II

AUT, Feldger. u. industrielle Komm.

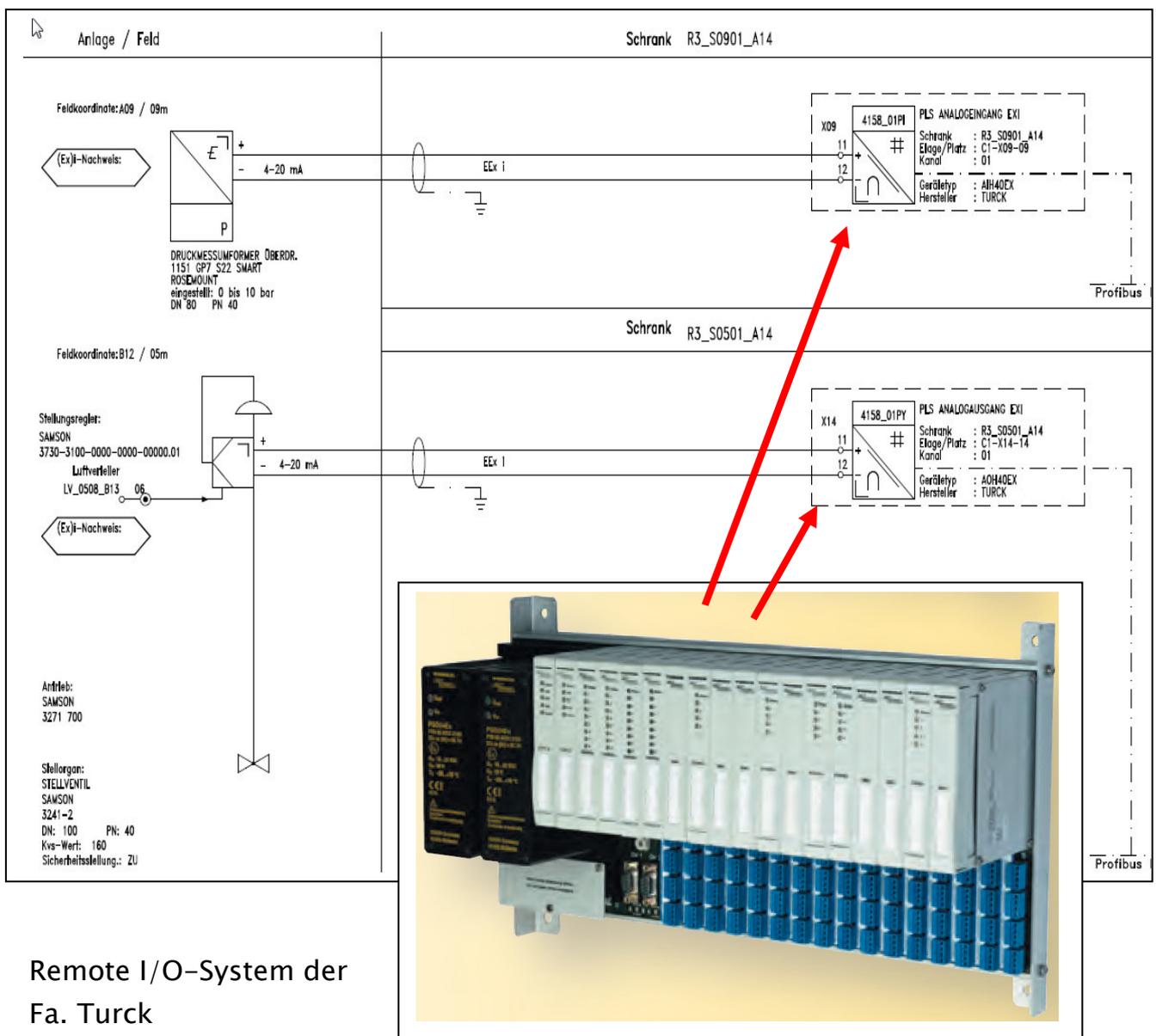
Dipl.-Ing. (FH) M. Trier

Elektrotechnik (BEII)

Automatisierungskonzepte

23. November 2015

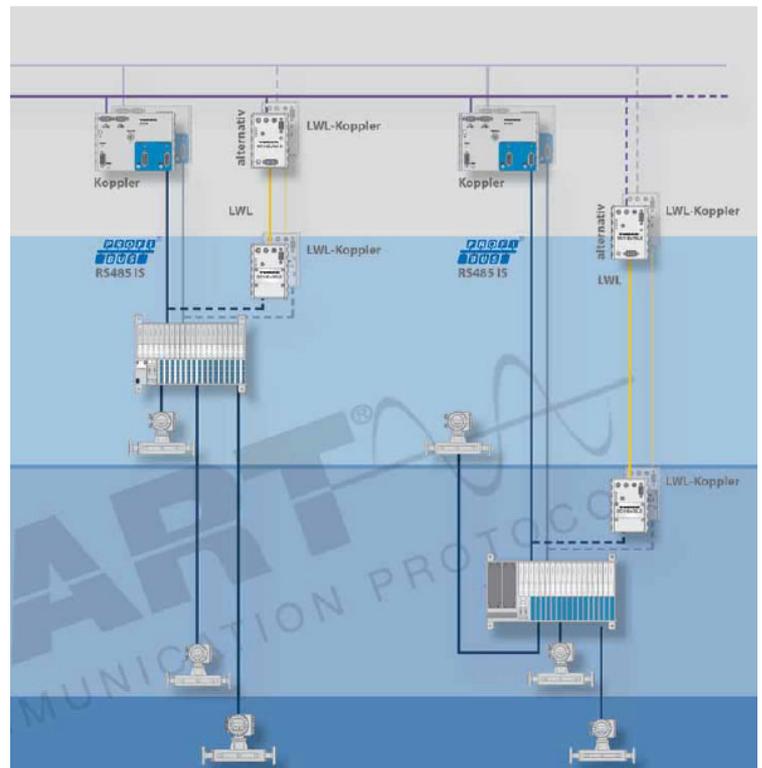
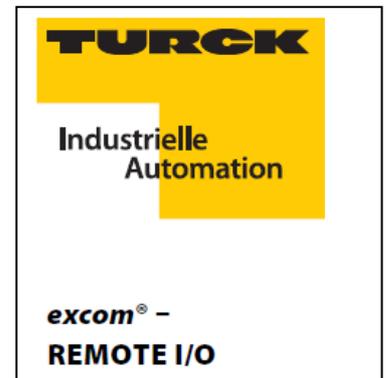
Eine Diagnose von Störungen oder die Suche von Fehlern ist nun nicht mehr mit einfachen Messmitteln wie z.B. einem Vielfachmessgerät oder einem 0/4-20mA-Geber möglich und verlangt nach entsprechenden Software- und/ oder Hardware-Tools und zusätzlicher Qualifikation der mit der Fehlerbehebung betrauten Personen.



Remote I/O-System der
Fa. Turck



Übersicht der System-
Installationen der Fa.
Turck





Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Typische Remote I/O – Baugruppen

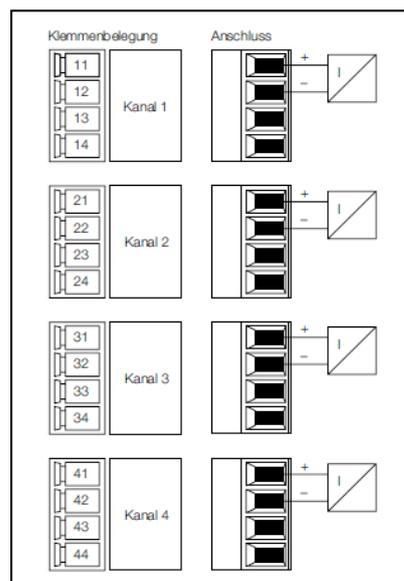
Typ	Ident-Nr.	Signaltyp	Beschreibung	Seite
DM80EX	6884006	DX	8-Kanal Ein-/Ausgangsmodul digital	14
DF20EX	6884061	DF	2-Kanal Frequenzmessmodul	16
DI40EX	6884004	DI	4-Kanal-Eingangsmodul digital	18
DO401EX	6884203	DO	4-Kanal-Ausgangsmodul digital	20
AI401EX	6884204	AI	4-Kanal-Eingangsmodul analog	22
AI41EX	6884020	AI	4-Kanal-Eingangsmodul analog, passiv	24
AI43EX	6884137	AI	4-Kanal-Potentiometermodul	26
AO401EX	6884205	AO	4-Kanal-Ausgangsmodul analog	28
AIH40EX	6884001	AIH	4-Kanal-Eingangsmodul analog, aktiv, HART®	30
AIH41EX	6884005	AIH	4-Kanal-Eingangsmodul analog, passiv, HART®	32
AOH40EX	6884003	AOH	4-Kanal-Ausgangsmodul analog, HART®	34
TI40EX	6884000	TI	4-Kanal-Temperatureingangsmodul	36
TI41EX	6884190	TI	4-Kanal-Temperatureingangsmodul	38
GDP-IS/FW2.2	6884210		PROFIBUS-DP Interface	40
GDP-NI/FW2.2	6884225		PROFIBUS-DP Interface	42
PSD24EX	6881721		24-VDC-Netzteil für Zone 1	44
PPSA230EX	6900293		230-VAC-Umsetzer	46
PPSA115EX	6900294		115-VAC-Umsetzer	48
PSM24-3G	6881722		24-VDC-Netzteil für Zone 2	50
MT-PPS	9100516		Vorschalt-Baugruppenträger für PPSA	52
MT18-R024	9100438		Zone-1-Modulträger für 16 Module	54
MT16-3G	9100681		Zone-2-Modulträger für 16 Module	56
MT24-3G	9100682		Zone-2-Modulträger für 24 Module	58



4-Kanal-Eingangsmodul, analog, aktiv, HART®

Eingangsmodul zum
Anschluss von 2-Leiter
Transmittern

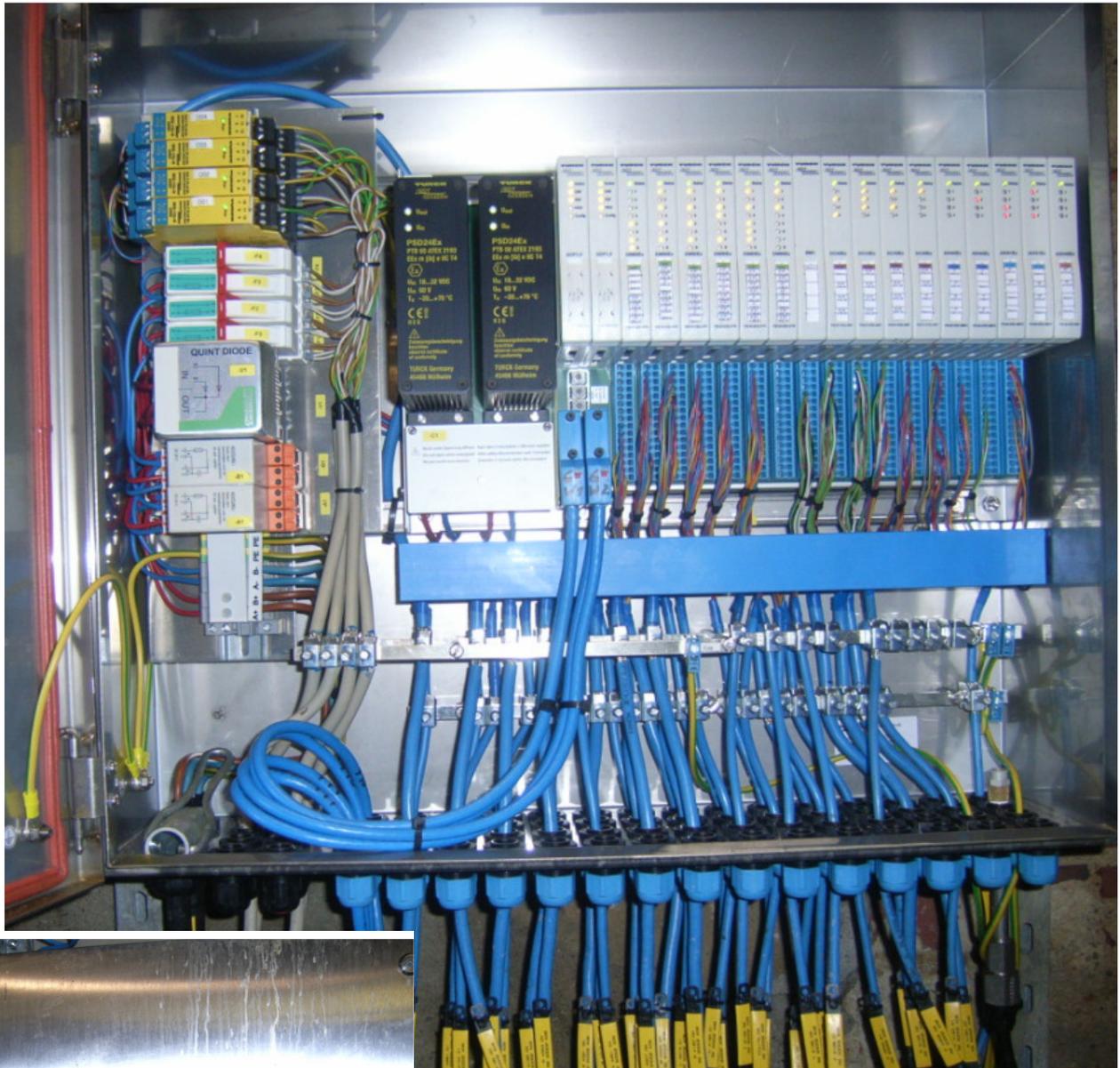
Übertragung von
HART-Daten





Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Remote I/O - Vor-Ort-Kasten



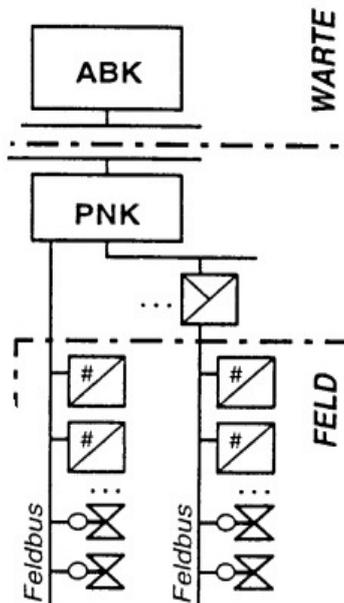


9.3.4 Feldbustechnik

Prozesseleitsystem-Technik

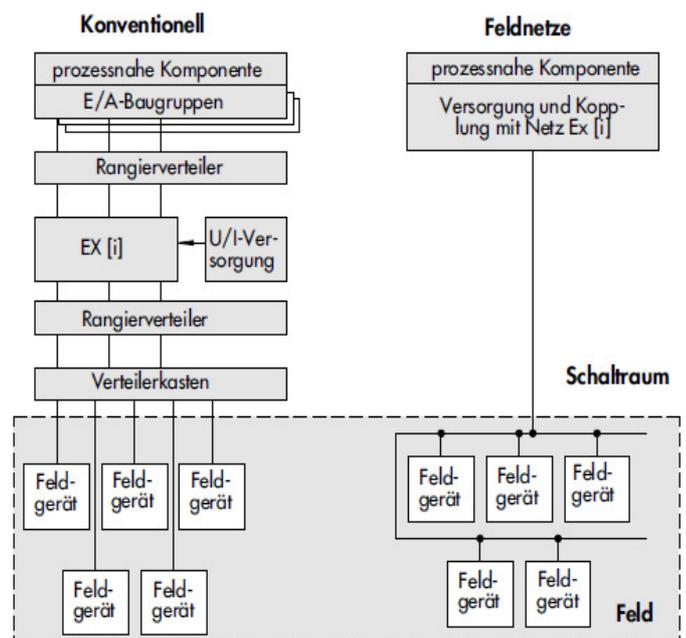
Feldbustechnik

rein digitale Kommunikation



Es ist heute klar ersichtlich, dass die Digitalisierung der Feldgeräte deutliche technische Vorteile bringt. Um diese technischen Vorteile auch wirtschaftlich auf breiter Basis nutzen zu können, sind allerdings Voraussetzungen zu erfüllen. Sie lassen sich durch drei wesentliche Forderungen beschreiben:

- Die digitale Kommunikation im Feld ist die Grundvoraussetzung.
- Die Vereinheitlichung von Anzeige, Bedienung und Grundfunktionsumfang ist das entscheidende Kriterium für die Handhabbarkeit durch die prozessleit-technische Betreuung.
- Offene Schnittstellen, d.h. vor allem auch offene Prozessleitsysteme (nicht proprietäre Software und Hardware), sind ausschlaggebend für die Akzeptanz auch außerhalb des Fachgebietes der Prozessleittechnik.





Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015



9.3.4.1 *NAMUR Anforderung an einen Feldbus*

Unter einem Feldbus werden Hard- und Software eines Kommunikationssystems verstanden, das Information zwischen dezentral angeordneten Sensoren und Aktoren (Feldgeräte) und prozessnahen Komponenten (PNK) eines Prozessleitsystems durchgängig digital austauscht. Sensoren und Aktoren sind dabei in der Regel räumlich deutlich entfernt von den Automatisierungskomponenten angeordnet. Bei verfahrenstechnischen Anlagen befinden sich zum Beispiel die Automatisierungskomponenten in Warten oder Schalträumen. Sensoren sowie Aktoren werden direkt im Feld, d. h. an Apparaten und Maschinen montiert. Die Energieversorgung der Sensoren und Aktoren wird grundsätzlich über das Kommunikationssystem realisiert.

Zur Zeit erfolgt die Kommunikation zwischen der PNK und den Feldgeräten über Einzelverbindungen. Diese Technik mit den standardisierten Strom- und Spannungssignalen (z. B. 4 – 20 mA, NAMUR-Signal für Initiatoren, 24-V-Binärsignal usw.) gelangt in zunehmendem Maß an ihre Grenzen, wenn den steigenden Anforderungen an den Kommunikationsumfang, die Übertragungsgenauigkeit und die Übertragungssicherheit Rechnung getragen werden soll.

So werden vom Feldbus bessere und umfangreichere Kommunikationsmöglichkeiten mit Geräten im Feld erwartet, die es erlauben, neben den eigentlichen Mess- und Stellwerten auch Statussignale für Wartung und Diagnose, Parametrierdaten u. ä. zu übertragen.

Die zunehmend höheren Kommunikationsanforderungen werden durch den Einsatz „intelligenter“ Feldgeräte (Waagen, Analysengeräte, „smart“-Transmitter) erfüllbar, bei denen eine teils konfigurierbare, teils parametrierbare Informationsverarbeitung innerhalb der Geräte qualitativ bessere Messsignale liefert und die nachfolgende Signalverarbeitung in der PNK des Prozessleitsystems (PLS) entlastet.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Anders als beim analogen Einheitssignal (4 – 20 mA) besteht bei digitaler Signalübertragung die Möglichkeit, höher aufgelöste Signale zu übertragen und die Korrektheit übertragener Daten zu überprüfen. Die digitale Übertragung erfolgt grundsätzlich ohne Genauigkeitsverlust.

Wollte man die zusätzlich verfügbaren Statussignale konventionell übertragen, würde der schon heute notwendige immense Verdrahtungsaufwand unrealistische Ausmaße erreichen. Der Übergang zum Feldbus (bzw. zu Feldbussystemen) wird die einzige Möglichkeit sein, diesem Problem zu begegnen. Mit dem Feldbus lässt sich, trotz Übermittlung zusätzlicher Informationen, Status- und Steuerdaten, insgesamt eine Verringerung der Errichtungskosten erzielen.

Um die zu erwartenden o. g. Vorteile in ihrer gesamten Breite für die Verfahrenstechnik nutzen zu können, ist jedoch die Fähigkeit eines Busses, Daten sicher und genau zu übertragen, allein nicht ausreichend. Ein Feldbus, der in der chemischen Industrie wirtschaftlich eingesetzt werden soll, muss daher weiteren Forderungen genügen.

Besonders wichtig ist es, dass ein Feldbus nicht unabhängig von allen anderen Einrichtungen und Geräten der Automatisierungstechnik betrachtet werden kann. Seine Vorteile können nur voll ausgeschöpft werden, wenn das Gesamtsystem der prozessleittechnischen Einrichtungen dies zulässt und unterstützt. Deshalb wird bei den NAMUR Anforderungen an den Feldbus dieses Gesamtsystem betrachtet.

9.3.4.1.1 Globale Anforderungen an ein Feldbussystem

Die nachstehenden globalen Anforderungen sind bei Bedarf in den Anforderungen an die Einzelkomponenten weiter präzisiert:



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Offene und leistungsfähige Kommunikation

Um die Abhängigkeit der Feldbusanwender von einzelnen Herstellern möglichst gering zu halten, müssen für einen von NAMUR akzeptierten Feldbus die Kommunikationsvorschriften für beliebige Hersteller und Anwender offen liegen und sollten als offener Feldbusstandard auf einer internationalen Norm basieren. Dabei muss die Datenübertragung so leistungsfähig sein, dass der erforderliche Informationsfluss im Hinblick auf Übertragungsgeschwindigkeit und Verfügbarkeit gewährleistet wird.

Kommunikation unter den Randbedingungen der chemischen Verfahrenstechnik

Die Kommunikation zwischen Feldgeräten und Prozessleitsystemen muss unter den Randbedingungen der chemischen Verfahrenstechnik gewährleistet sein. Hierzu gehören die Umgebungsbedingungen und die topologischen Gegebenheiten im Feld.

Einsatzfähigkeit im Ex-Bereich

Die Einsatzfähigkeit im Ex-Bereich ist eine zwingende Notwendigkeit und verlangt, dass das Hinzufügen und Entfernen einzelner Feldgeräte ohne Abschaltung des Busses bzw. ohne besondere schriftliche Erlaubnis ausgeführt werden kann, z. B. durch die Schutzart Eigensicherheit.

Handhabung durch Instandhaltungspersonal

Das System muss durch das heute vorhandene Instandhaltungspersonal (d. h. Facharbeiter) handhabbar sein. Inbetriebnahme, Fehlersuche, das Auswechseln von Geräten und eventuell notwendige Konfigurationsarbeiten dürfen keinen zusätzlichen Ingenieuraufwand erforderlich machen. Dazu gehört, dass mit einer Bedienoberfläche die Geräte unterschiedlichster Hersteller bedienbar sind. Dabei dürfen Bedienfunktionen an einem Gerät in keinem Fall zu einer Störung des restlichen Feldbussystems führen.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Robuste und einfache Anschlusstechnik

Die Anschlusstechnik muss robust und einfach zu handhaben sein, möglichst unter Ausnutzung der vorhandenen Kabelinfrastruktur wie abgeschirmte Kabel, Kabeltrassen, Werkzeug, etc. Unerwünscht sind Spezialkabel oder der Einsatz von Spezialwerkzeug (z. B. Koaxialkabel).

9.3.4.1.2 Spezielle Anforderungen an ein Feldbussystem

Kommunikation

Die Zykluszeit für die Übertragung liegt je nach Aufgabe bei Binärwerten zwischen 10 ms und 1 sec. und bei Analogwerten zwischen 100 ms und 2 sec. D. h. es muss möglich sein, zumindest für einen Teil der Binär- bzw. Analogwerte 10 ms bzw. 100 ms zu erreichen. Dabei muss diese Übertragung auch für Regelungen geeignet sein, die heute mit Bausteinen realisiert sind, welche von einer zeitaquidistanten Messwerterfassung ausgehen.

Ereignisse müssen im Rahmen der möglichen Zeitauflösung zeitrichtig wiedergegeben werden. Zur Darstellung von Analogwerten sollten 5 byte zur Verfügung stehen. Azyklischer Kommunikationsbedarf, wie zum Beispiel Parametrierung, Konfiguration von Feldbusgeräten, Meldeschauer, Anschließen von Hand-held-Terminals dürfen die Realzeit Übertragung nicht beeinträchtigen

Umgebungsbedingungen

Zu beachten sind:

- Atmosphäre (z.B. korrosiv, explosibel)
- Umgebungstemperatur
- Luftfeuchte
- Staub
- Schwingungen, Stoß
- EMV (Beachtung der NE 21)



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Topologische Gegebenheiten

Die Struktur chemischer Produktionsanlagen macht eine freizügige Topologie (z. B. Baum, Linie, chicken foot) erforderlich, wobei Leitungslängen von bis zu 1000m erreicht werden. Bei Baumstrukturen beträgt die durchschnittliche StICKKABELlänge ca. 20 m. Wegen des Ausfallverhaltens wird man die Zahl der Busteilnehmer an einem H1-Bus, der von einem Segmentkoppler versorgt wird. Eine Redundanz zur Erhöhung der Verfügbarkeit ist dann nicht erforderlich

Anschlusstechnik

Angebotene Feldbusgeräte müssen über eine genormte physikalische Schnittstelle mit einheitlichem mechanischen Anschluss verfügen. Eine einheitliche und einfache Anschlusstechnik, z. B. der Anschluss mit Klemmverbindung, ist Voraussetzung für das notwendige Neuinstallieren und Auswechseln von Geräten. Als Buskabel wird wegen der einfachen Handhabbarkeit die Zweidrahtleitung (twisted pair) bevorzugt, über die auch, soweit technisch machbar, die Hilfsenergieversorgung der Busteilnehmer erfolgt.

Betriebsbedingungen

Das Auswechseln, Hinzufügen und Entfernen von Busteilnehmern muss im laufenden Betrieb möglich sein. Auch dürfen Störungen einzelner Busteilnehmer (z. B. wegen Kurzschluss oder Leitungsbruch, Softwareabsturz) den übrigen Busbetrieb nicht beeinträchtigen.

Verfügbarkeit

Die MTBF der Kommunikation eines Busses oder Bussegmentes mit angeschlossenen Geräten muss größer 10 Jahre sein. Darüber hinaus ist bei einem Feldbussystem die Redundanz des schnellen -Feldbusses H2 optional erforderlich.

Die Übertragungssicherheit ist durch eine Hamming-Distanz größer gleich 4 zu gewährleisten.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Störungen durch Operating-Funktionen sind auszuschließen. Für Störungen im Feldbussystem ist eine Ausfallstrategie vorzusehen, die ein Parametrieren von Sicherheitswerten zumindest für Stellgeräte erlaubt und ein zentrales Wiederanfahren des Busses ermöglicht.

Feldbusanwendungen in Schutzeinrichtungen

Der Feldbus soll mit seinen angeschlossenen Geräten für Schutzeinrichtungen eingesetzt werden können. Dafür ist eine sicherheitsgerichtete Kommunikation, ein definiertes Ausfallverhalten der Feldbusgeräte, das Einhalten von erforderlichen Reaktionszeiten und die EMV notwendig. Die sicherheitsgerichtete Kommunikation erscheint dadurch realisierbar, dass Störungen der Kommunikation von jedem einzelnen Feldbusteilnehmer erkannt werden können.

9.3.4.1.3 Spezielle Anforderungen an Komponenten

Prozessleitsystem

Prozessleitsysteme sind in der Regel mit dem Feldbus über die prozessnahen Komponenten verbunden.

Diese müssen neben den Feldbusschnittstellen auch die notwendigen Funktionen für die Auswertung zusätzlicher Informationen und die Handhabung von Feldbusteilnehmern zur Verfügung stellen, z. B.

- zur Parametrierung und Konfigurierung
- zur Inbetriebnahme
- zur Fehlerdiagnose
- zur Dokumentation

Entsprechende Software-Bausteine zur Abbildung der Feldgerätefunktionalität in der PNK müssen vorhanden sein.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Feldgeräte

Die speziellen Anforderungen an Feldgeräte, die für die Anschaltung an einen Feldbus geeignet sein sollen, können wie folgt einzeln beschrieben werden:

Konformität

Übereinstimmung der Datenübertragung mit dem entsprechenden Standard bzw. der Norm des jeweils verwendeten Feldbussystems.

Interoperabilität

Fähigkeit eines Gerätes, über ein gemeinsames Kommunikationsmedium zusammen mit anderen Geräten alle vorgesehenen Funktionen zu erfüllen.

Integrationsfähigkeit

Fähigkeit eines Gerätes, sich in eine laufende Anlage einbinden zu lassen.

Austauschbarkeit

Fähigkeit von Geräten, sich gegenseitig (z. B. von anderem Hersteller) unter Beibehaltung vereinbarter Funktionalitäten zu ersetzen. Über die vereinbarten Funktionalitäten (auch Geräteprofil genannt) hinausgehende firmenspezifische Funktionalitäten sind nicht per se austauschbar, sollen aber über die vorhandene Bedienoberfläche bedienbar sein.

Die o. g. vier Fähigkeiten zusammen bedeuten, Geräte verschiedener Hersteller mit vereinbarter gleicher Funktionalität (wie z. B. Druckmessumformer, Stellungsregler,) können ohne Beeinträchtigung der laufenden Kommunikation auf dem Feldbus gegeneinander ausgetauscht werden. In einem Kommunikationsstandard muss folglich auch die Bedeutung der übertragenen Daten, d. h. die Festlegung der durch die Daten übermittelten Information, vereinbart sein. Es müssen also über eine Kommunikationsnorm hinaus weitergehende Vereinbarungen getroffen sein. Andernfalls wäre mit unzumutbarem Konfigurationsaufwand zu rechnen und ein einfacher Austausch von Geräten nicht möglich.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Darüber hinaus gilt für die Software:

Die Empfehlung NE 53 „Software von Feldgeräten und signalverarbeitenden Geräte mit Digitalelektronik“ ist – soweit für die Feldbusanwendung sinnvoll – zu beachten.

Neben der Realisierung der entsprechenden Mess- oder Stellfunktionalität des Feldgerätes soll die Software Daten bereitstellen, die vom Anwender für Errichtung und Betrieb benötigt werden: Diese Daten können im Feldgerät oder in der Ingenieurkonsole vorliegen:

- Informationen zur Identifizierung einer individuellen PLT-Aufgabe (PLT-Stellenbezeichnung, Adressierung)
- Messwerte, Stellwerte (auch für multifunktionale Geräte wie Massedurchflussmesser oder Ventil incl. Antrieb und Stellungsregler)
- Informationen zum konstruktiven Aufbau (Materialien, DN, PN, max. Messbereich etc.)
- Bestelldaten (Fabrikat, Gerätetypbezeichnung, fortlaufende Seriennummer zur Eindeutigen Identifizierung des Gerätes)
- Angaben zu Einsatzbedingungen und Zulassungen (Umgebungsbedingungen, Zulassungen, Zertifikate, Messgenauigkeit etc. s. a. DIN 19259)
- einstellbare Parameter (Dämpfung, Messbereich, KV-Wert, Linearisierung, Nullpunktunterdrückung, Softwareversion etc.)
- Instandhaltungshilfen (Diagnosemeldung, Wartungsaufforderung, Lebenslauf: pro PLT-Stelle oder pro Gerät, Betriebsart, Fehlermeldung etc.)
- Anzeige- und Bedienoberfläche



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.3.4.1.4 Werkzeuge

Es wird erwartet, dass für alle notwendigen Servicemaßnahmen, wie z. B.

- Funktionstest,
- Fehlersuche,
- Geräteaustausch,
- Verändern von Parametern
- Justierung von Stellungsreglern, Endschaltern,

Werkzeuge zur Verfügung stehen, die so gestaltet sind, dass sie von einem Elektro- oder MSR-Fachhandwerker möglichst ohne Zusatzschulung effektiv benutzt werden können.

Hand-held-Terminal

In vielen Einzelfällen erlaubt erst eine aktive und passive Kommunikation mittels eines universellen Hand-held-Terminals eine vernünftige Wartung. Dieses muss an nahezu beliebiger Stelle ohne Buskommunikationsstörung in den Feldbus einschaltbar sein. Alle Grundfunktionen des Feldgerätes sowie ggf. zusätzliche Servicefunktionen müssen über eine (nur abhängig vom Mess- oder Stellprinzip) hersteller-unabhängige, einheitliche Bedienung abrufbar sein. Die Bedienung des Terminals an sich soll ergonomischen Grundsätzen bei Hard- und Software entsprechen.

Die VDI/VDE-Richtlinie 3697 Vor-Ort-Bedienstation in Ex-Ausführung für Automatisierungssystem soll beachtet werden.

Ingenieurkonsole

Unter Ingenieurkonsole wird die Komponente eines Prozessleitsystems verstanden, welche sowohl zur Konfigurierung und Parametrierung des gesamten Prozessleitsystems einschließlich des Feldbussystems dient, als auch spezielle Informationen (z.B. für Fehlerdiagnose) für die Instandhaltung zur Verfügung stellt.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Dabei wird keine eigenständige Einrichtung erwartet, eine Ingenieurkonsole kann in das vorhandene Anzeige- und Bediensystem integriert sein. Die Grundsätze der VDI/VDE 2187 Einheitliche Anzeige- und Bedienoberfläche auf Personalcomputern für digitale Feldgeräte 3 sollen jedoch berücksichtigt werden.

Darüber hinaus müssen weitere notwendige Instandhaltungs-Arbeiten am Feldbus-system unterstützt werden, wie z. B.

- Anzeige aller für die Funktion und Identifikation der Feldgeräte wichtigen Daten
- Bedienung der Feldgeräte
- Simulation von Messwerten
- Parametrierung und Konfigurierung
- Rückdokumentation der Daten

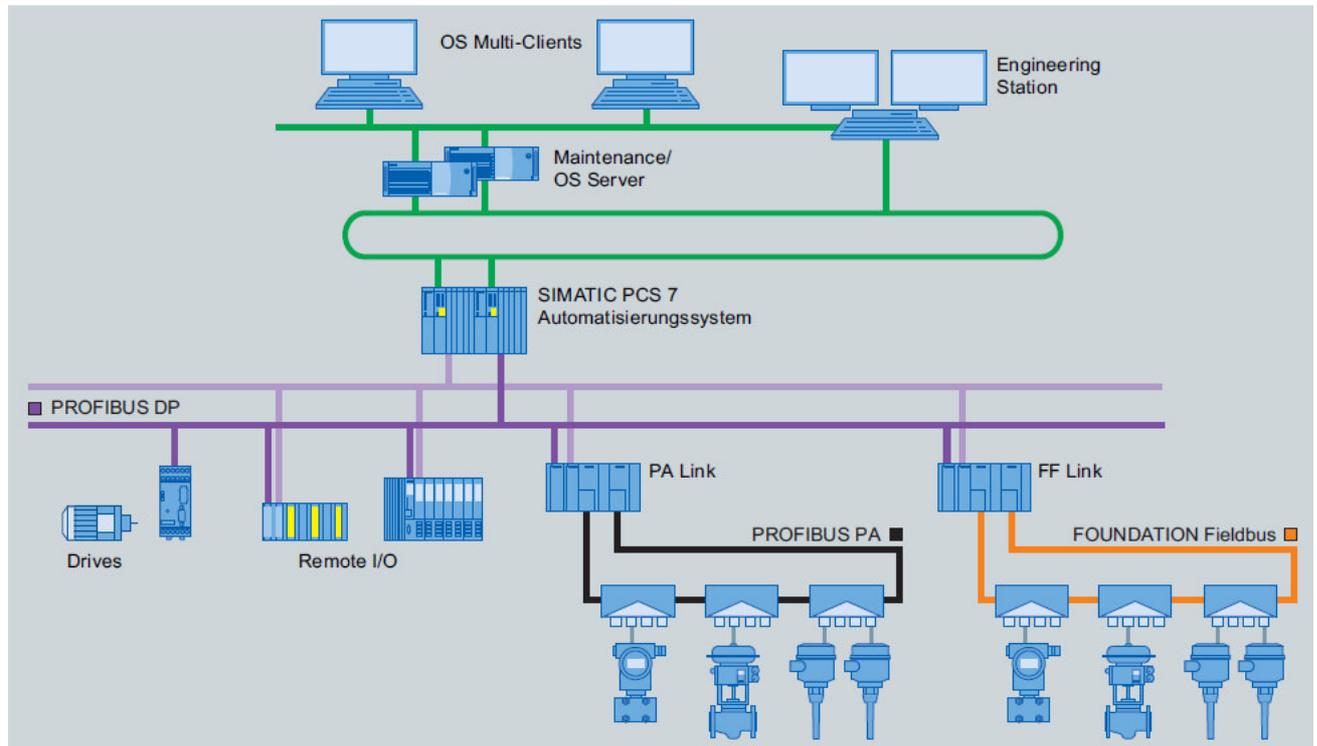
Voraussetzungen für den Einsatz eines Feldbussystems

Zu den genannten Anforderungen ergeben sich zusätzlich noch Voraussetzungen für den industriellen Einsatz:

- Eine Hersteller unabhängige Instanz muss die unter 4.2 genannten Grundanforderungen des Busteilnehmer und ggf. Schnittstellen zertifizieren.
- Es muss eine autorisierte Anlaufstelle für technische Probleme in der Kommunikation des Gesamtsystems geben.
- Ein genügend großes Spektrum an Feldgeräten mit zertifizierter Feldbusschnittstelle muss am Markt verfügbar und in Prozessleitsysteme integrierbar sein



Feldbuslösungen mit Simatic PCS7



Die Auswirkungen der Digitalisierung der Feldgerätetechnik auf das Betreiben von Anlagen ist jedoch nicht nur durch technische Fragestellungen geprägt.

Erfolg oder Misserfolg, d.h. höhere Produktivität des Instandhaltungspersonals, wird letztlich durch die neuen Anforderungen an das Instandhaltungspersonal selbst geprägt. Dies betrifft auch die Berufsbilder der Instandhalter; da sie zunehmend mit Software und immer weniger mit der eigentlichen Gerätetechnik konfrontiert sein werden.

Mit Blick auf die neue Funktionalität, insbesondere für die Instandhaltung, lässt sich zukünftig eine Verschiebung des Qualifikationsprofils der Mitarbeiter prognostizieren und nicht zuletzt auch eine Reduzierung der PLT-Handwerker die unmittelbar vor-Ort in der Produktionsanlage tätig sind.

Die Schnellebigkeit der Software, die im krassen Gegensatz zur Langlebigkeit der Chemieanlagen steht, wird außerdem immer mehr in den Mittelpunkt prozessleit-technischer Überlegungen für die Instandhaltung rücken.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.3.4.2 Profibus

9.3.4.2.1 Profibus PA

(Quelle: Profibus PA-Publikation, Fa. Samson)

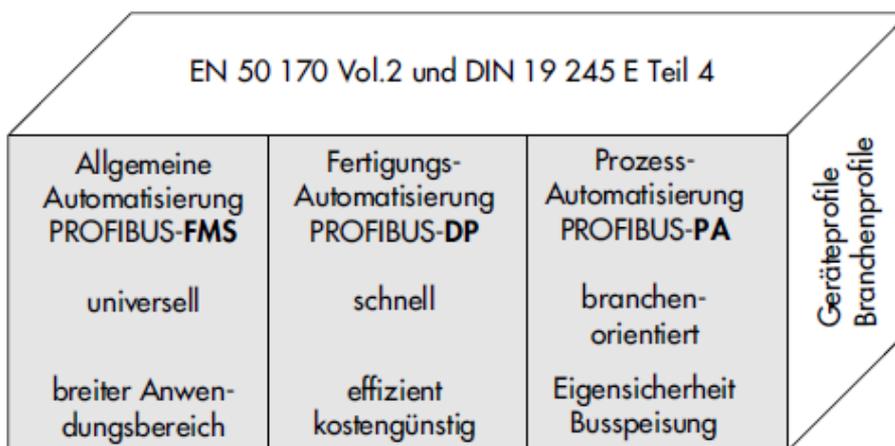


PROFIBUS-PA ist eine von drei zueinander kompatiblen Varianten der PROFIBUS-Familie. PROFIBUS ist ein offenes, herstellernerutrales Bussystem, das in der DIN 19245 genormt ist. Seit März 1996 wurde diese Norm unverändert in die Europäische Norm EN 50 170 Volume 2 übernommen.

Die neuen Spezifikationen des PROFIBUS-PA legte bislang die DIN E 19 245 Teil 4 fest

Für verschiedene Anwendungsbereiche sind damit folgende Varianten spezifiziert

- PROFIBUS-FMS (Fieldbus Message Specification),
- PROFIBUS-DP (Decentralized Periphery) und
- PROFIBUS-PA (Process Automation).



9.3.4.2.2 Profibus Variante FMS

Die Variante FMS bietet einen großen Funktionsumfang und ist deshalb vergleichsweise aufwendig zu implementieren. Mit den leistungsfähigen FMS Services (Fieldbus Message Specification) sind auch anspruchsvolle Kommunikationsaufgaben zu bewältigen.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Diese PROFIBUS-Variante unterstützt sowohl die Kommunikation zwischen Automationssystemen (z.B. speicherprogrammierbare Steuerungen und Automationsstationen) als auch den Datenaustausch mit Feldgeräten. Im Bereich mittlerer Übertragungsgeschwindigkeiten kann FMS deshalb in einem breiten Anwendungsbereich eingesetzt werden.

Eigenschaften

- **Linienstruktur** mit passiver Buskopplung
- **Max. Gesamtausdehnung 4800 m** bei Einsatz von maximal 3 Repeatern, ohne Repeater maximal 1200 m bei einer Datenübertragungsrate von $\leq 93,75$ kbit/s, 600 m bei 187,5 kbit/s, 200 m bei 500 kbit/s
- Maximaler **Teilnehmerabstand** 1200 m
- Maximal **124 Teilnehmer** anschließbar (4 Bussegmente zu je max. 32 Teilnehmer)
- Buszugriff nach **Token-Passing-Verfahren**: Masterweitergabe im logischen Token-Ring mit **unterlagerten Master-Slave-Zugriff** (Polling)
- Datenübertragungsrate **9,6 kbit/s ... 500 Kbit/s**
- Minimale **Reaktionszeit** 1,9 ms..10ms
- **Buszykluszeit** < 100 ms
- Datenübertragung über geschirmte, verdrehte **Zweidrahtleitung** oder **Lichtwellenleiter**; RS 485-Schnittstelle, genormte 9 polige SUB-D Steckerbelegung
- Bitcodierung im **NRZ-Code** (Non Return to Zero)
- Rückwirkungsfreie **An- und Abkoppelbarkeit von Slaves** im laufenden Betrieb (nicht bei LWL aufgrund aktiver Buskopplung)
- **Hilfsenergieversorgung** für die Teilnehmer über zusätzliche Leitungen
- **Offenes System** (DIN 19245, Teil 1 und 2; Euronorm EN 50170)



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.3.4.2.3 Profibus Variante DP

Die **Variante DP** (Decentralized Peripherie) ist die auf hohe Geschwindigkeit ausgelegte PROFIBUS-Lösung. Sie ist speziell für die Kommunikation zwischen Automatisierungssystemen und den dezentralen Peripheriegeräten optimiert und ermöglicht die Übertragung von 1 KByte Ein- und Ausgangsdaten in weniger als 2 ms. Damit können auch sehr zeitkritische Kommunikationsaufgaben gelöst werden.

PROFIBUS-DP verwendet zur Kommunikation ausschließlich einen zyklischen Datenverkehr. Dabei tauscht jedes Feldgerät in einer festgelegten Zykluszeit seine Ein- und Ausgabedaten mit dem Automatisierungsgerät, dem Klasse-1-Master, aus.

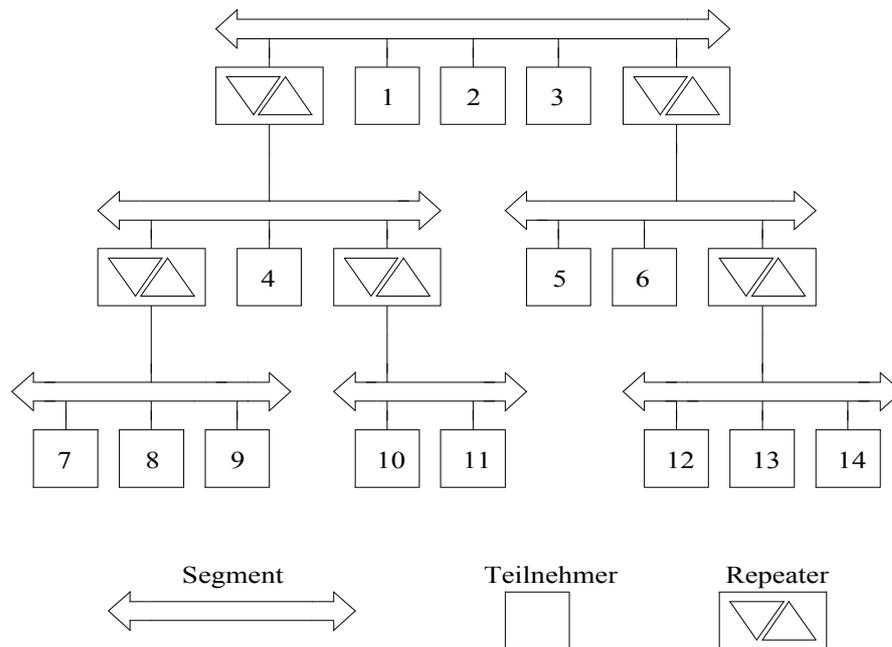
Die folgenden **Eigenschaften** sind für den PROFIBUS-DP in der Norm 50170 festgelegt.

- Die **Buszuteilung** erfolgt beim PROFIBUS-DP nach dem Verfahren 'Token-Passing mit unterlagertem Master-Slave' (Schicht 2).
- Typische **Zykluszeiten** werden mit 5 -10 ms angegeben.
- Maximal **127 Teilnehmer** mit einer Telegrammlänge von **0 - 246 Byte Nutzdaten** können angeschlossen werden.
- Als **Standard-Übertragungsgeschwindigkeiten** sind **9,6 Kbaud / 19,2 Kbaud / 93,75 Kbaud / 187,5 Kbaud / 500 Kbaud / 1,5 Mbaud / 3 Mbaud / 6 Mbaud / 12 Mbaud** definiert.
- Die Buskonfiguration ist modular ausbaubar, wobei die **Peripherie- und Feldgeräte während des Betriebes an- und abkoppelbar** sind.
- Die Datenübertragung erfolgt entweder über **Zweidrahtleitung mit RS-485-Schnittstelle** oder über **Lichtwellenleiter (Schicht 1)**.
- Die **geschirmte und verdrehte Zweidrahtleitung (Twisted Pair)** hat einen Mindestquerschnitt von 0,22 mm², und muss an den Enden mit dem **Wellenwiderstand abgeschlossen** werden.
- Eine flächendeckende Vernetzung erfolgt beim PROFIBUS-DP durch Aufteilung des Bussystems in **Bussegmente**, die wiederum über **Repeater** verbunden werden können.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

- Die **Topologie** der einzelnen Bussegmente ist die **Linienstruktur** (bis 1200 m) mit kurzen Stichleitungen ($< 0,3\text{m}$). Mit Hilfe von Repeatern kann auch eine **Baumstruktur**, wie hier dargestellt, aufgebaut werden.



- Die **maximale Anzahl** der Teilnehmer je **Bussegment bzw. Linie** beträgt **32**. **Mehrere Linien** können untereinander durch Leistungsverstärker (**Repeater**) **verbunden** werden, wobei zu beachten ist, dass jeder **Repeater als Teilnehmer zählt**. Insgesamt sind **maximal 127 Teilnehmer** anschließbar (über alle Bussegmente).
- Übertragungstrecken bei **elektrischen Aufbau bis 12 km**, bei **optischen Aufbau bis 23,8 km** möglich. Die **Streckenlängen** sind wie in hier angegeben von der **Übertragungsrates abhängig** (elektrischer Aufbau).



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Übertragungsrate in Kbaud	9,6	19,2	93,75	187,5	500	1500	3000	6000	12000
Länge pro Segment in m	1200	1200	1200	1000	400	200	100	100	100
max. Länge in m	1200	1200	1200	1000	4000	2000	400	400	400
bei Anzahl Bussegmente:	10	10	10	10	10	10	4	4	4

Beim PROFIBUS-DP bestehen mit Hilfe von **Softwaretools umfangreiche Diagnosemöglichkeiten.**

9.3.4.2.4 Profibus Variante PA

Die dritte PROFIBUS-Variante **PROFIBUS-PA** berücksichtigt die speziellen Anforderungen der Prozessautomatisierung. Die PA-Kommunikation baut auf den Diensten von DPV1 (bietet neben den zyklischen DP-Kommunikationsdiensten auch azyklische Dienste für Alarmmeldungen, Diagnose, Parametrierung und Steuerung der Feldgeräte) auf und wird als Teilsystem eines übergeordneten DP-Kommunikationssystems verwirklicht.

Im Gegensatz zu den Automatisierungsanwendungen in der Fertigungstechnik, welche kurze Zykluszeiten von wenigen Millisekunden fordern, stehen bei der Prozessautomation andere Merkmale im Vordergrund:

- Eigensicherheit des Übertragungsverfahrens,
- Speisung der Feldgeräte über das Buskabel,
- Zuverlässigkeit bei der Datenübertragung und
- Interoperabilität (Standardisierung der Gerätefunktionen).



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

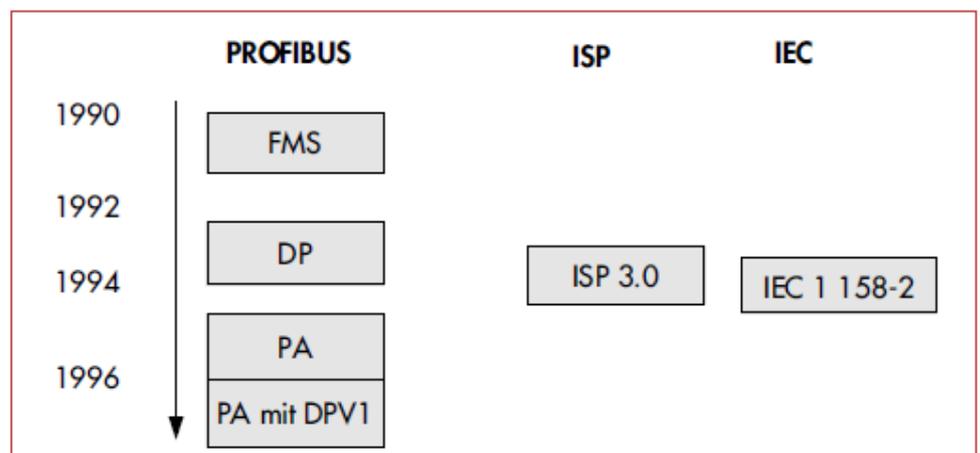
Die Aspekte Eigensicherheit und Busspeisung waren bei der Normung von PROFIBUS zunächst zurückgestellt.

Eigenschaften

- Linien bzw. Baumstruktur (mit **passiver Buskopplung**)
- Maximale Segmentleitungslänge von **1900 m**
- Maximal **32 Teilnehmer** pro Segment
- **Signalübertragung** (0,75 ..1 Vss Sendepiegel) über verdrehte (un-) geschirmte Zweidrahtleitung
- Übertragungstechnik – **Datenrate** 31,25 Kbit/s, bitsynchron, Manchester-Codierung
- Feldgeräte im **laufenden Betrieb** austauschbar
- **Offenes System** als **eigensichere** PROFIBUS-Variante (Euronormentwurf als neuer Teil der EN 50170).

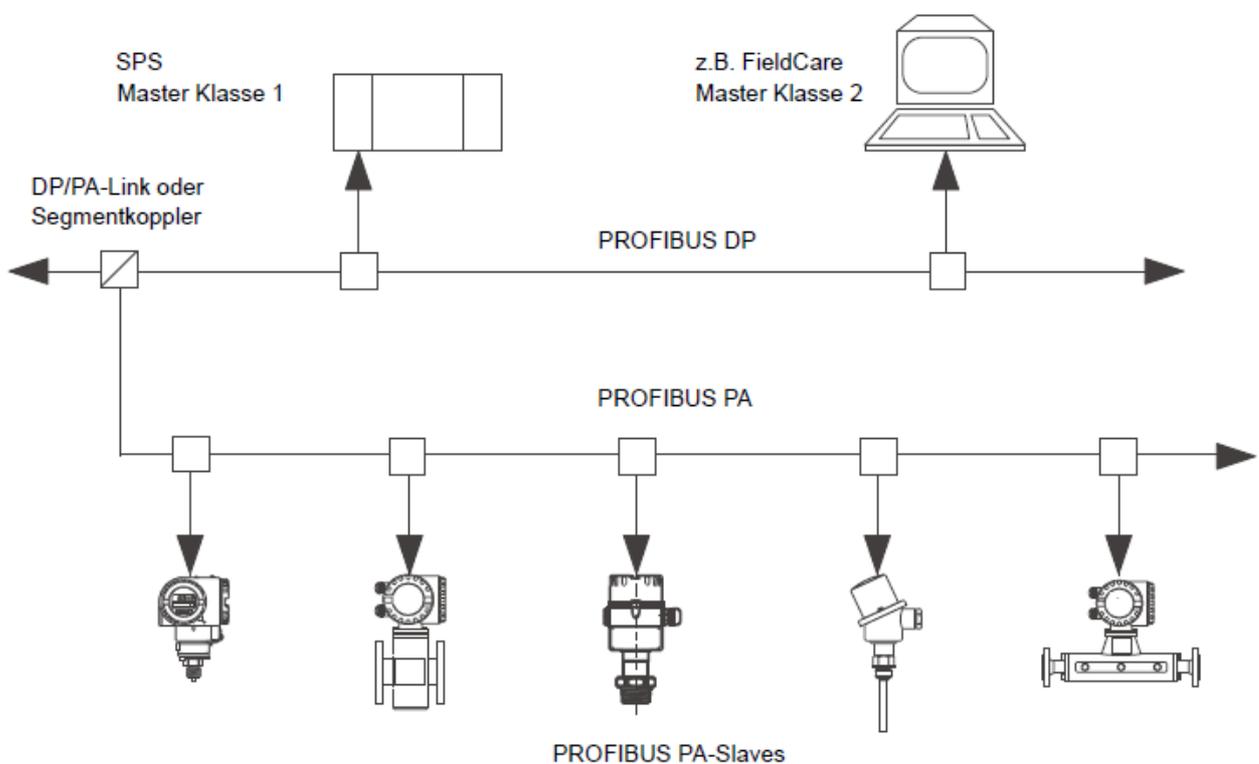
Erst mit der Veröffentlichung des internationalen Standards IEC 1 158-2 im Oktober 1994 wurde eine für diesen Anwendungsbereich geeignete Übertragungstechnik international spezifiziert und später als EN 61 158-2 in das europäische Normenwerk aufgenommen.

Die im März 1995 veröffentlichte PROFIBUS-PA-Spezifikation sieht diese Übertragungstechnik für eigensichere Installationen und busgespeiste Feldgeräte vor.





Der **Segmentkoppler** übernimmt nicht nur die **Energieversorgung** der Busteilnehmer, sondern auch die **Pegelumsetzung** der physikalischen Schicht 1, z.B. von **PROFIBUS-DP mit RS 485** auf **PROFIBUS-PA mit Signalen nach IEC 1158-2** sowie eine **Anpassung der Übertragungsrate** auf 31,25 Kbit/s.



Je nach Anwendung können die Teilnehmer eines PROFIBUS PA-Systems Aktoren, Sensoren oder Segmentkoppler und Links sein. Endress+Hauser bietet PROFIBUS PA-Geräte an, die die wichtigsten Prozessvariablen messen, d. h. Analyse, Druck, Durchfluss, Füllstand, Grenzstand und Temperatur.



Rheinische Fachhochschule Köln

University of Applied Sciences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Norm	IEC 61158
Unterstützung	PROFIBUS-Nutzer-Organisation (PNO)
Physikalische Schicht	IEC 61158-2, Manchester Coding Bus Powered (MBP)
Max. Länge ab Segmentkoppler	1900 m: Standard- und eigensichere Anwendungen der Kategorie ib 1000 m: Eigensicheren Anwendungen der Kategorie ia
Teilnehmer	max. 10 im Ex-Bereich (EEx ia) max. 24 im Ex-Bereich (EEx ib) max. 32 im Nicht-Ex-Bereich
Übertragungsrate	31,25 kBit/s
Buszugriffsmethode	Master-Slave
Protokoll	DP-V1

Ein Segmentkoppler besteht aus einem Signalkoppler und einem Busspeisegerät. Je nach Modell werden eine oder mehrere Übertragungsgeschwindigkeiten auf der PROFIBUS DP-Seite unterstützt. Die Übertragungsrate für PROFIBUS PA ist fest auf 31.25 kBit/s eingestellt.

Ex-Anwendungen

Der Explosionsschutz des Feldbussystems PROFIBUS PA ist in der Zündschutzart Eigensicherheit "Ex i" ausgelegt. Im Gegensatz zu anderen Zündschutzarten bezieht sich die Eigensicherheit nicht auf einzelne Betriebsmittel, sondern auf den gesamten Stromkreis. Alle an den Feldbus PROFIBUS PA angeschlossenen Stromkreise müssen in der Zündschutzart "Eigensicherheit" ausgeführt sein, d.h. alle Geräte und Abschlusswiderstände, die im explosionsgefährdeten Bereich eingesetzt werden, sowie zugehörige elektrische Betriebsmittel müssen für die entsprechende explosionsfähige Atmosphäre zugelassen sein.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

FISCO

Um den Nachweis der Eigensicherheit des Feldbussystems, bestehend aus unterschiedlichen Komponenten verschiedener Hersteller, auf ein vertretbares Maß zu beschränken, wurde von der PTB in Zusammenarbeit mit Herstellern der MSR-Technik das FISCO-Modell entwickelt (Fieldbus Intrinsically Safe **CO**ncept).

Je nach erforderlicher Zündschutzart wird zwischen 3 Typen von Segmentkopplern unterschieden.

Segmentkoppler	Typ A	Typ B	Typ C
Zündschutzart	EEx [ia/ib] IIC	EEx [ib] IIB	Nicht-Ex
Speisespannung	13,5 V	13,5 V	24 V
Max. Leistung	1,8 W	3,9 W	9,1 W
Max. speisender Strom	≤ 110 mA	≤ 280 mA	≤ 400 mA
Anzahl der Feldgeräte	ca. 10	ca. 20	max. 32

Alle drei PROFIBUS-Varianten nutzen ein einheitliches Buszugriffsverfahren. Sie können auch dieselbe Übertragungstechnik verwenden (RS 485) und dann simultan an derselben Busleitung arbeiten. Als Übertragungsmedium kommen entweder geschirmte Zweidrahtleitungen, bei FMS oder DP auch Lichtwellenleiter (LWL) oder die Funkübertragung zum Einsatz.

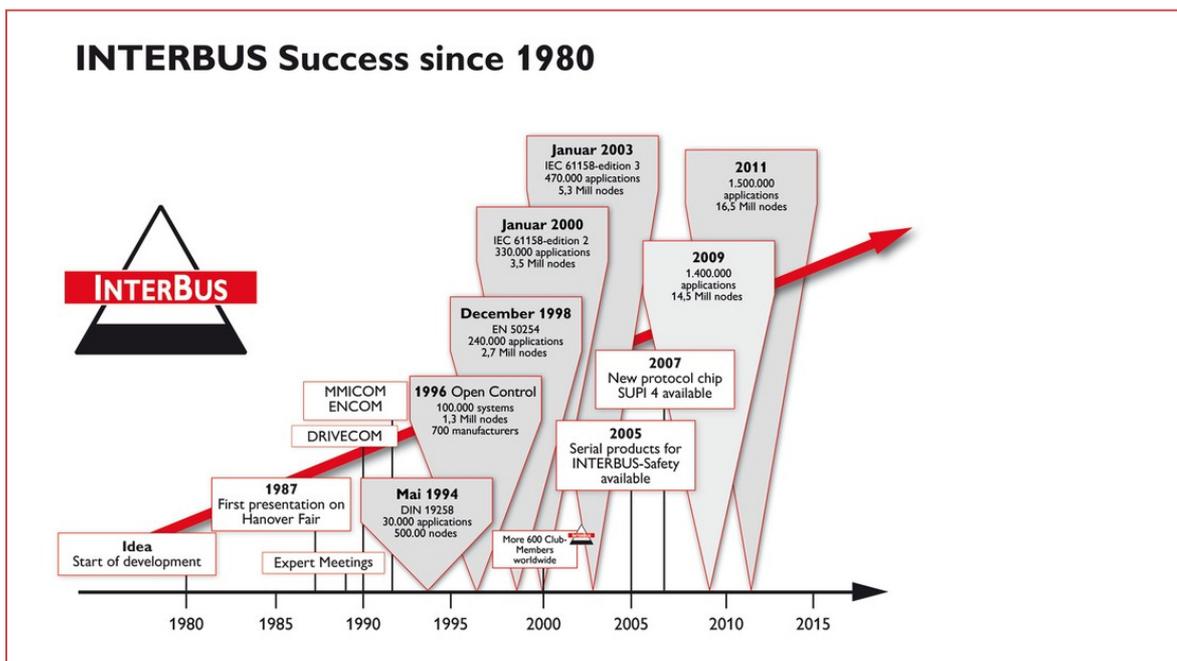


Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.3.4.3 INTERBUS S



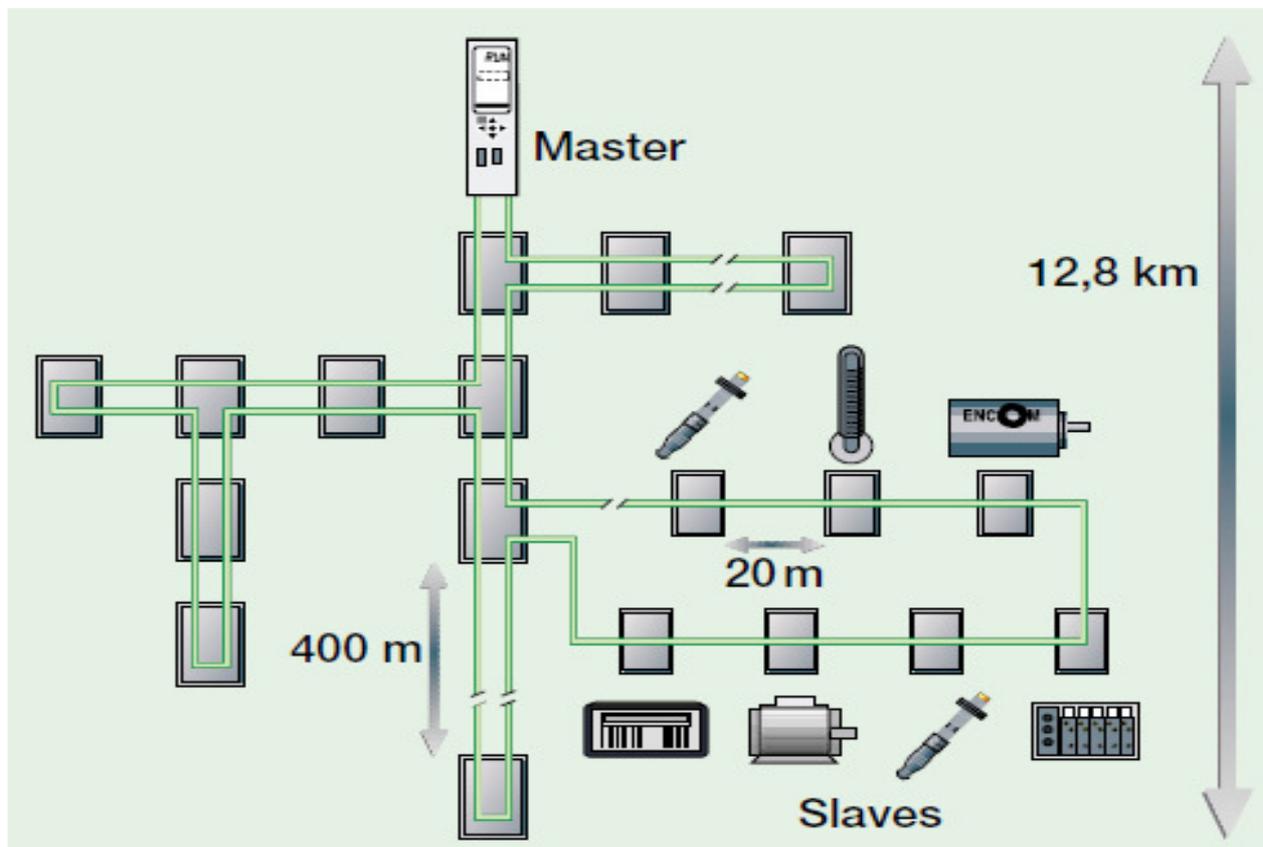
Nicht unerwähnt bleiben sollte in diesem Zusammenhang der Phoenix Contact, der seit mehr als 20 Jahren nach dem Pr Datenverkehrs (Master - Slave) arbeitet und weltweit Kommunikationssystem im Maschinen und Anlagenbau ist (Aussage Phoenix Contact).



Topologisch ist INTERBUS ein Ringsystem, d. h. alle Teilnehmer sind aktiv in einen geschlossenen Übertragungsweg eingebunden. Jeder Teilnehmer regeneriert das ankommende Signal und leitet es weiter. Als Besonderheit gegenüber anderen Ringsystemen werden beim INTERBUS-System sowohl die Datenhinleitung als auch die Rückleitung innerhalb eines Kabels durch sämtliche Teilnehmer geführt. Hierdurch ergibt sich das physikalische Erscheinungsbild einer Linien bzw. Baumstruktur. Von dem Bus-Master geht ein Hauptstrang aus, von dem aus Subsysteme zur Strukturierung des Gesamtsystems gebildet werden können. So lässt sich das Bussystem an jede Anwendung anpassen.



INTERBUS-Topologie



- Topologie: aktiver Ring
- Master-Slave, feste Telegrammlänge, deterministisch
- Ring; jeder Fernbus Teilnehmer ist Repeater
- Übertragungsrate: 500 kBit/s
- max. 4096 E/A-Punkte
- Buslänge: 400m (zwischen zwei Fernbus-Teilnehmern)
Gesamtlänge: 13 km
- typ. Einsatzgebiete: allg. Sensorik / Aktuatorik, Maschinen- und Anlagenbau, Verfahrenstechnik

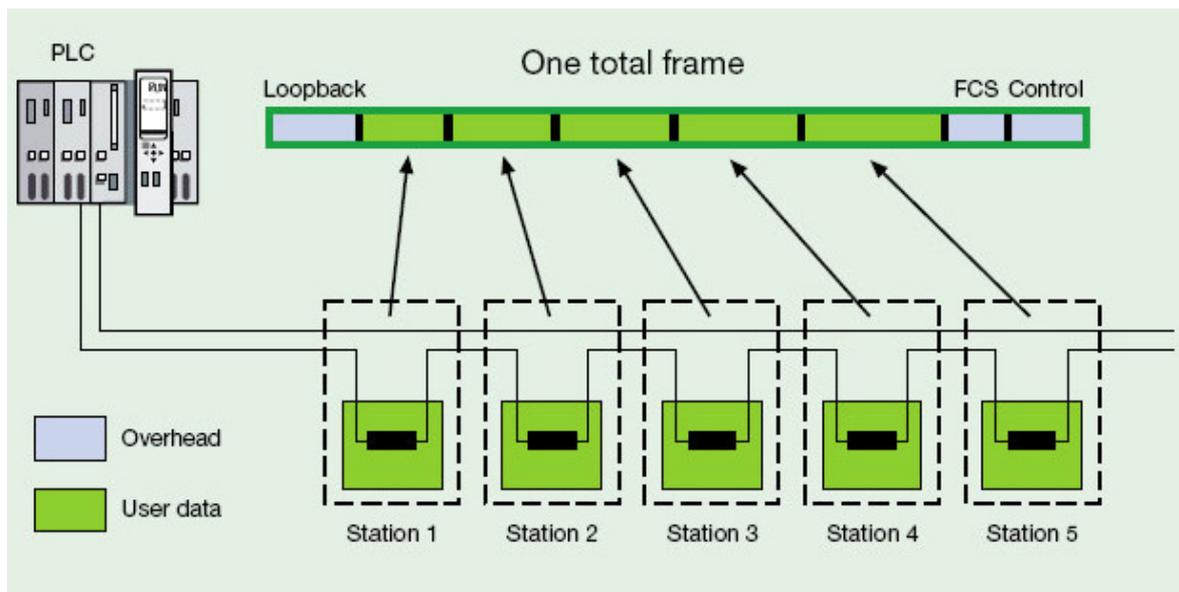


Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Zykluszeit und Zyklusberechnung

Die Zykluszeit, also die Zeit, die benötigt wird, um einmal mit allen angeschalteten Modulen E/A-Daten auszutauschen, ist von der Nutzdatenmenge eines INTERBUS-Systems abhängig. Die Zykluszeit steigt linear nur mit der Anzahl der E/A-Punkte, da diese von der Anzahl der zu übertragenden Informationen abhängt. Für jedes Bit wird eine bestimmte Zeit benötigt. Da der Summenrahmen immer gleich lang ist, ist auch die Zykluszeit immer konstant. Mit INTERBUS ist durch das Summenrahmenverfahren die deterministische Arbeitsweise gegeben, die für schnelle Regelungen unerlässlich ist.

Die Prozessdaten, die an die Peripherie ausgegeben werden sollen, sind entsprechend der physikalischen Reihenfolge der angeschlossenen Ausgabestationen im Ausgabebuffer des Masters hinterlegt. Während der Datenausgabe erfolgt gleichzeitig der Rückfluss von Prozessinformationen als Eingabedaten in den Eingangsbuffer des Masters. Nachdem so der gesamte Summenrahmen ausgegeben und gleichzeitig wieder eingelesen wurde, sind alle Ausgabedaten in den einzelnen Teilnehmern richtig positioniert.





Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.3.4.4 Foundation Fieldbus



(Quelle: Foundation-Fieldbus-Publikation, Fa. Samson)

Aus technischen und wirtschaftspolitischen Gründen formierte :
ISP (.Interoperable Systems Project.) und dem WorldFIP (Flux Information Processus,
bzw. ehemals Factory Instrumentation Protocol) die Organisation Fieldbus
Foundation (FF). Ziel der Arbeiten der FF war und ist es, einen Feldbusstandard zu
definieren, der sich bei den Anwendern und als IEC-Einheitsfeldbus auch für den Ex-
Bereich durchsetzt.

Dasselbe Ziel verfolgt auch die PROFIBUS-Nutzerorganisation PNO mit ihrem Feldbus
PROFIBUS-PA. Während PROFIBUS-PA seinen Ursprung und seinen größten
Anwenderkreis in Europa hat, finden sich FOUNDATION-Fieldbus-Hersteller und -
Anwender besonders im amerikanischen und asiatischen Raum.

Die Fieldbus Foundation nutzte für ihren Bus sowohl einige Elemente der FIP-
Spezifikation als auch genauso wie PROFIBUS-PA. Vorgaben aus der ISP-
Spezifikation. Die beiden konkurrierenden Bussysteme arbeiten daher mit derselben
Busphysik. Auch die Geräteschnittstelle zur Anwendung . realisiert durch
Funktionsblöcke hat viele Gemeinsamkeiten. Diese Parallelen erklären sich aus der
gleichen Zielsetzung, die beide Systeme verfolgen.

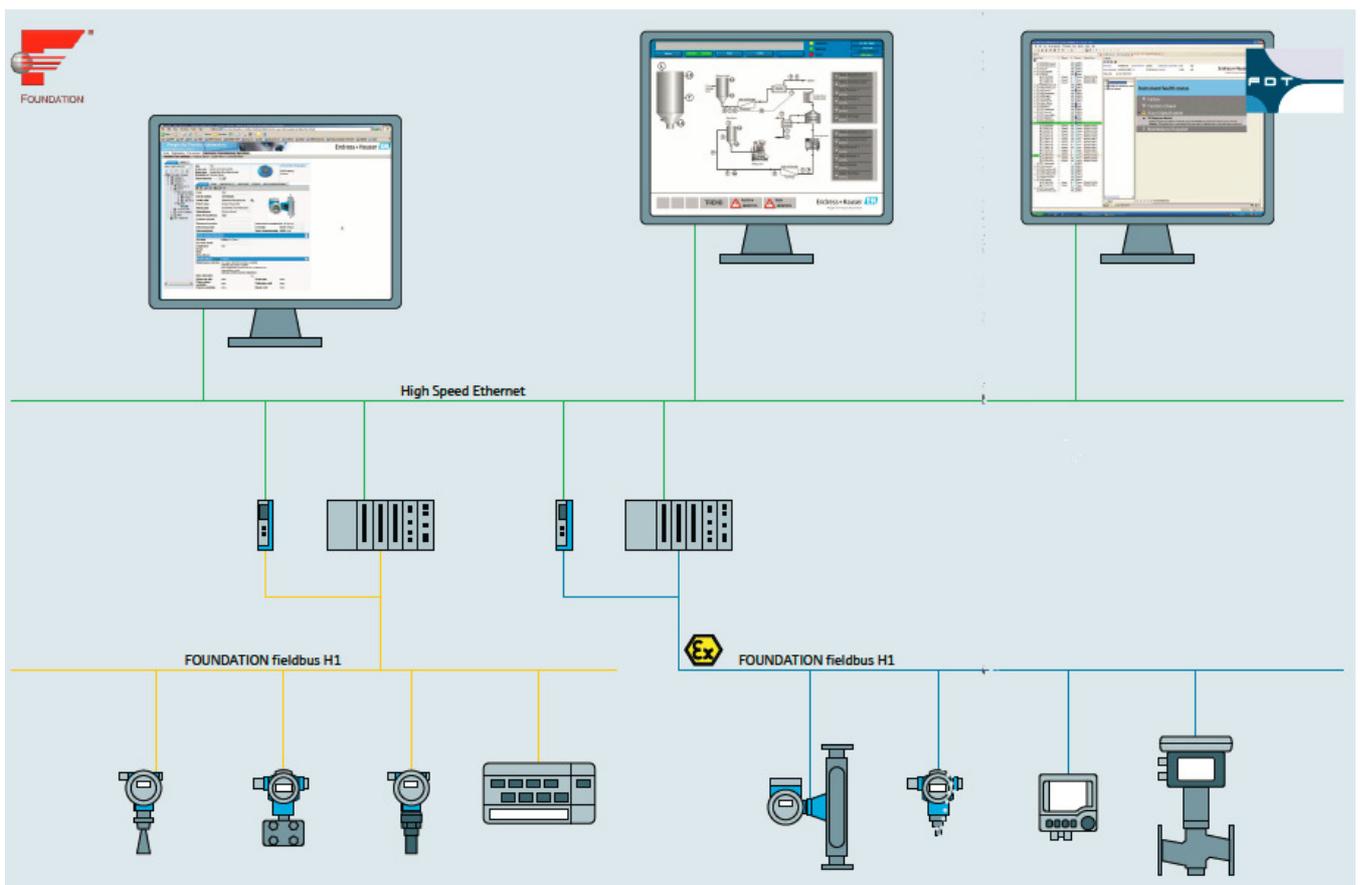
Der FOUNDATION Fieldbus ist ein digitaler Feldbus die Echtzeit-Kommunikation,
speziell auf die Anforderungen der Prozessautomatisierung ausgerichtet. Er ersetzt
die konventionellen analogen 4..20mA- und binären Ein/Aus-Signale und
ermöglicht die Einbindung von Geräten wie Messumformer, Analysegeräte,
Stellungsregler für Regelventile oder Auf/Zu-Ventile in verteilte Steuerungssysteme
(Distributed Control System, DCS), speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS),
Remote IO-Systeme (Remote Terminal Unit, RTU) und weitere
Automatisierungssysteme.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Im Gegensatz zu anderen Architekturen, wurde der FOUNDATION Fieldbus von Anfang an für Control in the Field (CIF)-Strategien über die gesamte Anlage hinweg entworfen.

Typisches Foundation Fieldbus Netzwerk



Der FOUNDATION Fieldbus bietet ein vergleichsweise umfangreiches Leistungsspektrum:

- Eigensicherheit für den Einsatz im Ex-Bereich,
- Busspeisung der Feldgeräte,
- Topologie: Linie oder Baum,
- Multi-Master-fähige Kommunikation,
- deterministisches (vorhersagbares) zeitliches Verhalten,



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

- verteilte Datenübertragung (DDT: Distributed Data Transfer),
- standardisiertes Blockmodell für vereinheitlichte Geräteschnittstellen (.Interoperability, Interchangeability.) sowie
- flexible Erweiterungsmöglichkeit auf Basis von Gerätebeschreibungen.

Die verteilte Datenübertragung macht es möglich, dass man einzelnen Feldgeräten Automationsaufgaben überträgt. Solche Geräte sind dann nicht mehr nur Sensor oder Aktor, sondern bieten zusätzliche Funktionen.

Vordefinierte Funktionsblöcke

Für die Beschreibung der Funktion(en) eines Gerätes und die Festlegung eines einheitlichen Zugriffs auf die Daten nutzt der FOUNDATION Fieldbus vordefinierte Funktionsblöcke. Die in einem Gerät implementierten Funktionsblöcke geben darüber Auskunft, welche Aufgaben ein Gerät übernehmen kann. Typisch für Messaufnehmer sind zum Beispiel

Messaufnehmer

- .Analog Input. (Analogeingang) oder
- .Discrete Input. (Digitaleingang).

Stellventile verfügen normalerweise über die Funktionsblöcke

Stellventile

- .Analog Output. (Analogausgang) oder
- .Discrete Output. (Digitalausgang).

Regelaufgaben

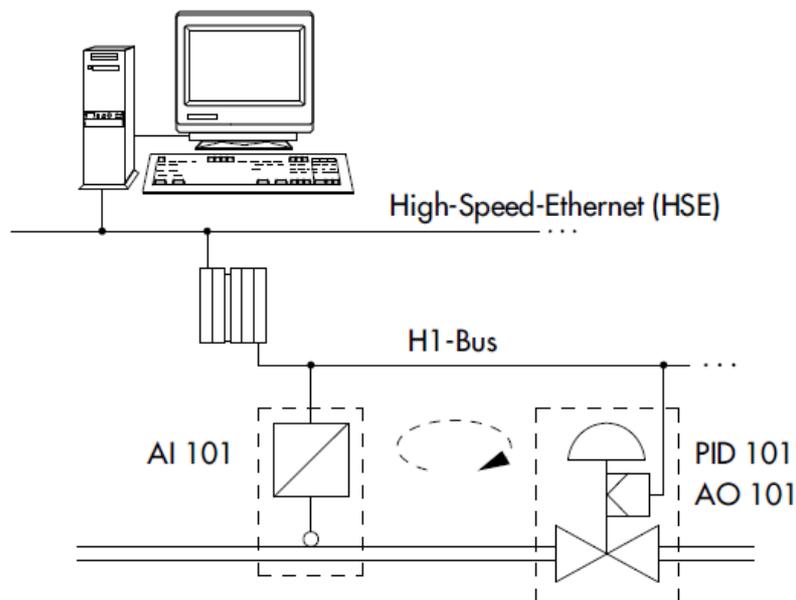
Für Regelaufgaben existieren die Blöcke

- .Proportional/Derivative. (PD-Regler) oder
- .Proportional/Integral/Derivative. (PID-Regler).



Verfügt ein Gerät über einen solchen Funktionsblock, kann dieses Gerät eine Prozessgröße selbsttätig regeln.

Diese Verlagerung von Automationsaufgaben . von der Automationsebene hinunter ins Feld . führt zu einer flexiblen, dezentralen Prozessbearbeitung. Damit lässt sich die zentrale Prozessregelstation wesentlich entlasten und kann bei kleineren Anlagen auch ganz ersetzt werden. So kann als kleinste Einheit ein kompletter Regelkreis instrumentiert werden, der nur aus einem Messaufnehmer und einem Stellgerät mit integriertem Prozessregler besteht, die über den FOUNDATION Fieldbus in Verbindung stehen.

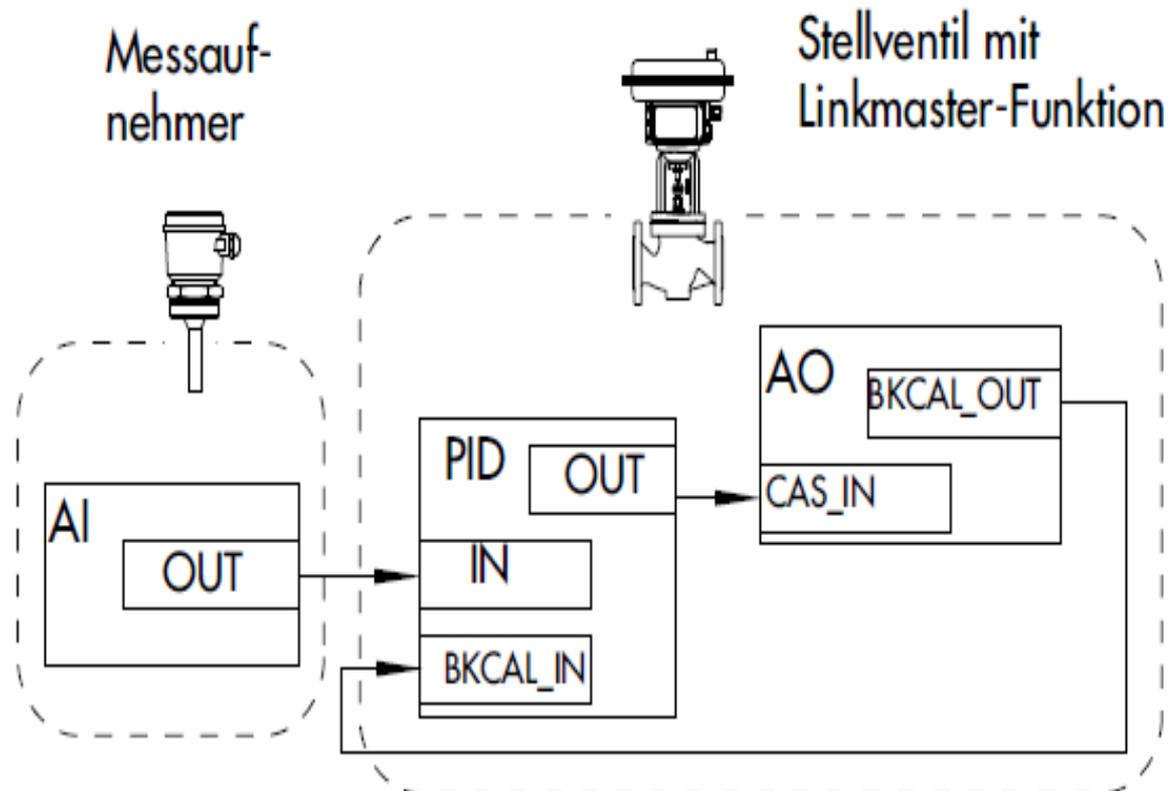


Die erweiterte Funktionalität der Feldbusgeräte erfordert eine leistungsfähige Geräte-Hardware sowie eine umfangreiche Software-Implementierung mit entsprechend aufwendigen Geräteschnittstellen.

Das folgende Bild zeigt ein Beispiel einer Kaskadenregelung, in der der Ausgangswert eines Messaufnehmers auf einen PID-Funktionsblock geschaltet wird.



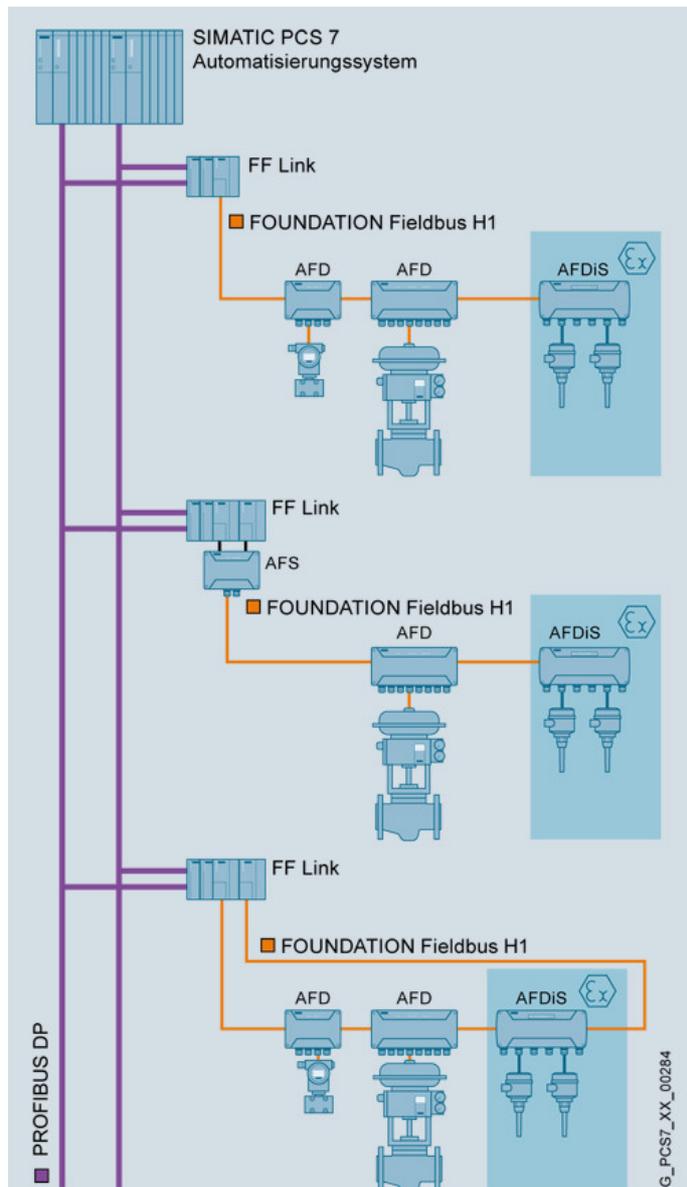
Dieser Block kann beispielsweise im Stellungsregler eines Stellventils implementiert sein. Der Ausgang des Reglers wirkt vor Ort auf den Analogausgang des Stellgliedes, so dass hierfür keine Daten über den Feldbus übertragen werden müssen.





Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Aufbauvarianten des FOUNDATION Fieldbus H1



Am FF Link für den Netzübergang zwischen dem PROFIBUS DP und dem FOUNDATION Fieldbus H1 ist ein FF-Feldbussegment betreibbar, das wie nachfolgend beschrieben konfiguriert werden kann.

Linienarchitektur mit Einzelkoppler

Die FF-Feldgeräte lassen sich über aktive Feldverteiler AFD4 und AFD8 (Zulassung für Ex-Zone 2/22) sowie AFDiS (Zulassung für Ex-Zone 1/21) in ein Liniensegment einbinden. Der Anschluss an diese Feldverteiler erfolgt über kurzschlussfeste Stichleitungen.



In einem Liniensegment können alternativ bis zu 8 Feldverteiler des Typs AFD4/AFD8, bis zu 5 Feldverteiler des Typs AFDiS oder bis zu 5 Feldverteiler der Typen AFDiS und AFD4/AFD8 gemischt betrieben werden. Der letzte Feldverteiler an dem vom FF Link entfernten Ende der Linie aktiviert automatisch seinen Busabschlusswiderstand. Das Liniensegment ist über den FF Link an einen einzelnen oder redundanten PROFIBUS DP anschließbar.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Linienarchitektur mit Kopplerredundanz

Der aktive Feldverteiler AFS (Active Field Splitter) wird mit einem redundanten Kopplerpaar (2 FDC 157) im FF Link verbunden. Er verschaltet das an ihn angeschlossene Liniensegment jeweils mit dem aktiven Koppler. Ein Koppler kann ohne Unterbrechung des laufenden Betriebs ausgetauscht werden.

Die Einbindung der FF-Feldgeräte in das Liniensegment erfolgt wie unter "Linienarchitektur mit Einzelkoppler" beschrieben. Auch die Limits bezüglich der Anzahl der Feldverteiler sind identisch (bis zu 8 AFD4/AFD8, bis zu 5 AFDiS oder bis zu 5 AFDiS und AFD4/AFD8 im Mix).

Das Liniensegment am AFS ist über den FF Link an einen einzelnen oder redundanten PROFIBUS DP anschließbar.

Ringarchitektur mit Koppler- und Medienredundanz

Mit einem FOUNDATION Fieldbus H1-Ringsegment, das mit einem redundanten Kopplerpaar (2 FDC 157) im FF Link gebildet wird, lässt sich die höchste Verfügbarkeit erreichen.

Die FF-Feldgeräte werden über die kurzschlussfesten Stichleitungen der aktiven Feldverteiler AFD oder AFDiS in das Ringsegment integriert. Die Anzahl der Feldverteiler ist wie bei den Linienarchitekturen limitiert (bis zu 8 AFD4/AFD8, bis zu 5 AFDiS oder bis zu 5 AFDiS und AFD4/AFD8 im Mix).

Die Buserminierung erfolgt automatisch und wird bei Änderungen oder Störungen am Bus sofort angepasst. Eine Erweiterung am Feldbus oder der Austausch eines Kopplers ist im laufenden Betrieb möglich.

Das Ringsegment ist über den FF Link an einen einzelnen oder redundanten PROFIBUS DP anschließbar



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Eigenschaften des FOUNDATION Fieldbus H1

Der FOUNDATION Fieldbus H1 basiert ebenso wie der PROFIBUS PA auf der Norm IEC 61158-2. Mit der Übertragungstechnik MBP (Manchester Coded; Bus Powered) werden digitale Datenübertragung und Energieversorgung der Busteilnehmer auf einer geschirmten Zweidrahtleitung kombiniert. Die Übertragungsgeschwindigkeit beträgt dabei konstant 31,25 kbit/s.

An einem Feldbussegment sind bis zu 32 Busteilnehmer (1Koppler+ Feldgeräte) betreibbar (typisch sind 8 bis 12 Geräte). Die Feldgeräte werden über aktive Feldverteiler AFD4 und AFD8 (Zulassung für Ex-Zone 2/22) sowie AFDiS (Zulassung für Ex-Zone 1/21) in das Feldbussegment integriert. Über aktive Feldverteiler AFDiS angeschlossene eigensichere FF-Geräte sind in explosionsgefährdeten Bereichen gemäß Ex-Zone 1/21 oder 0/20 installierbar.

Die Gesamtlänge des Feldbussegmentes ist auf 1900m begrenzt. Kommen AFD4/AFD8 zum Einsatz, ist bei der Berechnung der Gesamtlänge des Bussegmentes auch die Länge der Stichleitungen für den Geräteanschluss sowie die Qualität des verwendeten Kabels zu berücksichtigen. Stichleitungen am AFDiS sind für die Gesamtlänge des Bussegmentes nicht relevant.

Die Stichleitungen können folgende Maximallängen haben:

- Bis zu 120 m gemäß IEC 61158-2
- Bis zu 60 m gemäß IEC 60079-27 (FISCO)

Bei den aktiven Feldverteilern AFD4/AFD8 sind die Maximalwerte abhängig von der Anzahl aller Stichleitungen des Bussegmentes ggf. reduziert. Beim aktiven Feldverteiler AFDiS wird diese Reduzierung durch die integrierte Repeaterfunktion aufgehoben.



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Der FOUNDATION Fieldbus H1 kombiniert zyklische und azyklische Kommunikation. Zeitkritische Aufgaben wie die Prozessdatenübertragung erfolgen zyklisch, nach einem exakten Bearbeitungszeitplan. Zeitlich unkritische Informationen wie Wartungs-/Diagnosedaten, Konfigurations- oder Parametrierdaten werden hingegen azyklisch übertragen.

Gerätemanagement mit EDD

Die Feldgerätedaten sind nach dem Blockmodell auf folgende Blocktypen verteilt:

- Geräteblock (gerätespezifische Informationen)
- Funktionsblock (implementierte Funktionen)
- Übertragungsblock (Funktionen zur Beeinflussung von Ein-/Ausgangsgrößen eines Funktionsblocks)

Die Fieldbus Foundation stellt vordefinierte Gerätebeschreibungen (Standard-DD -> Device Descriptions) für die Grundfunktionen spezifischer Feldgerätetypen zur Verfügung. Die Grundfunktionen der Geräte (z.B. Analogeingang, Digitalausgang etc.) werden mit verschiedenen Standardfunktions- und Übertragungsblöcken realisiert.

Control in the Field

Funktions- und Übertragungsblöcke können auch zu Regelkreisen verschaltet werden. Mit geeigneten Feldgeräten arbeitet eine solche Regelungsapplikation unabhängig vom Controller (Automatisierungssystem) des Leitsystems.

Charakteristische Merkmale auf einen Blick

- Busspeisung der Feldgeräte
- Topologie: Linie, Baum, Ring
- Einbindung eigensicherer Feldgeräte in explosionsgefährdeten Bereichen mit Barrieren
- Deterministisches Zeitverhalten



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

- Interoperability durch standardisierte Busschnittstelle und Geräteintegration mit standardisierten Gerätebeschreibungen
- "Control in the Field"-Unterstützung

Technische Daten

FOUNDATION Fieldbus H1

Datenübertragung	MBP
Übertragungsrate	31,25 kbit/s
Kabel	2 Draht geschirmt
Topologie	Linie, Baum, Ring
FF-Geräte pro Segment/FF Link	31
Aktive Feldverteiler pro Segment/FF Link	
AFD4/AFD8	8
AFDiS oder Kombinationen von AFDiS mit AFD4/AFD8	5
Max. Stromaufnahme aller FF-Feldgeräte in Summe	1 A
Kabellänge pro Segment	1900 m

Bussegmente mit AFD4/AFD8

Max. Stichleitungslänge in Relation zur Gesamtanzahl der Stichleitungen

Anzahl Stichleitungen (1 Gerät pro Stichleitung)

1 bis 12 Stichleitungen	120 m
13 bis 14 Stichleitungen	90 m
15 bis 18 Stichleitungen	60 m
19 bis 24 Stichleitungen	30 m



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

25 bis 31 Stichleitungen

1 m

Bussegmente mit AFDiS

Max. Stichleitungslänge unabhängig von Gesamtanzahl der Stichleitungen

Anzahl Stichleitungen (1 Gerät pro Stichleitung)

1 bis 31 Stichleitungen

- Nicht eigensicher 120 m
- Eigensicher gemäß FISCO 60 m

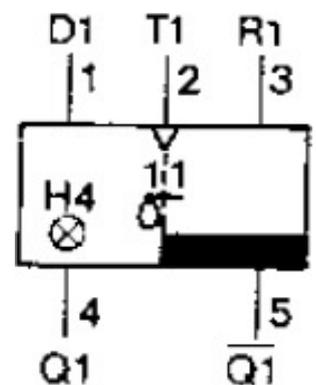
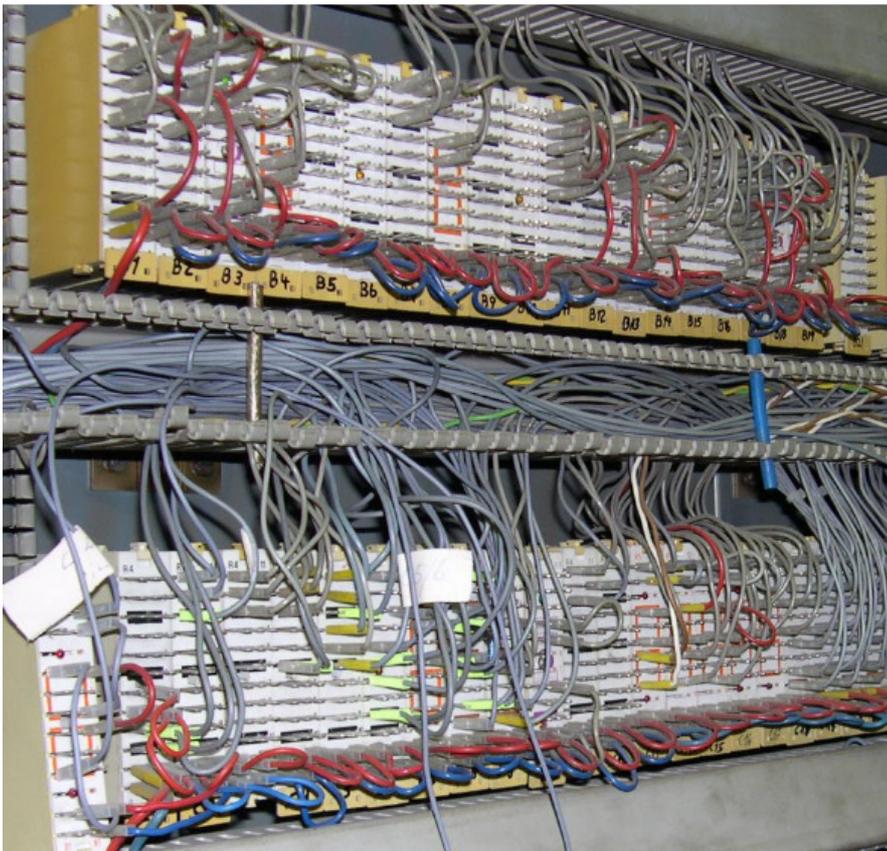


9.4 VPS, SPS, SSPS und PLS

9.4.1 Verbindungsprogrammierte Steuerungen (VPS)

In den Ursprüngen der Steuerungstechnik, wurden Steuerungen immer wieder individuell mittels einer komplexen Verschaltung von Hilfsrelais und Schützen realisiert. Beispielsweise Logikfunktionen wie UND oder ODER, wurden in Einzelverdrahtung realisiert.

Um die Realisierung von logischen Funktionen und Verknüpfungen zu vereinfachen, wurden Logikbausteine (z.B. BBC Sigmatronic) entwickelt, die dann mittels Einzeladerverdrahtung miteinander verknüpft werden konnten. So ließen sich auch komplexere Steuerungen relativ einfach und unkompliziert realisieren.





Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

BBC Speicherglied



BBC Wechselstromschalter

Beschreibung:

Der Speicher R 421.2 besteht aus einer statisch arbeitenden bistabilen Kippstufe und vorgeschalteten Verknüpfungsfunktionen. Auf der Setzseite sind die Ausgänge Q und Q1 herausgeführt.

Bei gesetztem Speicher führen die Ausgänge 1-Signal und es leuchtet die eingebaute Leuchtdiode (LED). Bei gelöschtem Speicher führen die Ausgänge 0-Signal.

Zum Setzen muß an den Eingängen A oder B und gleichzeitig an C oder D sowie an E 1-Signal anliegen. Zum Löschen muß an E 0-Signal oder an F oder G 1-Signal gelegt werden.

Sind Setz- und Löschbedingung gleichzeitig erfüllt, so geht der Speicher in den gelöschten Zustand (dominierend löschend). Ohne Eingangssignale geht der Speicher beim Einschalten der Speisespannung in den gelöschten Zustand (Vorzugslage).

Mit einem 1-Signal an Eingang H kann der gesetzte Ausgang Q1 ausgeblendet werden, Ausgang Q führt hierbei 1-Signal.

Die Ausgänge Q und Q1 können **ohne** Freilaufdioden induktive Last schalten.

Zur Unterdrückung von Störungen arbeitet der Speicher mit einer Verzögerung.

Bestell-Nr. für Baustein:	GH R421 0002 R1
Bestell-Nr. für Klebefolie:	GH R700 1901 R59
Bestell-Nr. für Applikation:	D NG 3200 80 D
Kennfarbe:	schwarz
Mechanischer Aufbau:	Einfachbreite
Gewicht:	ca. 130 g

Technische Daten:	
Stromaufnahme, Speicher gelöscht	6 mA
Speicher gesetzt	18 mA
Eingangslast	1 Last
Ausgangsbelaubarkeit, an Q bzw. Q1	je 100 Lasten
Setzverzögerung t_E	typ. 8 ms
Löschverzögerung t_A	typ. 2,5 ms



Rheinische Fachhochschule Köln

University of Applied Sciences

Ingenieurwesen II

AUT, Feldger. u. industrielle Komm.

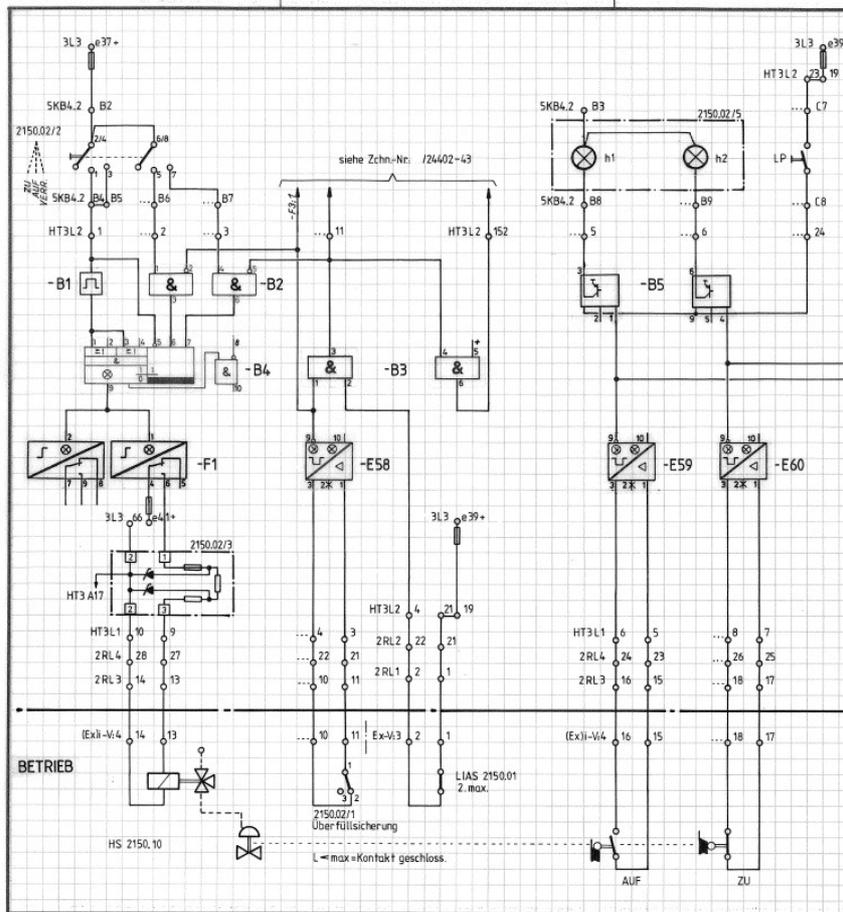
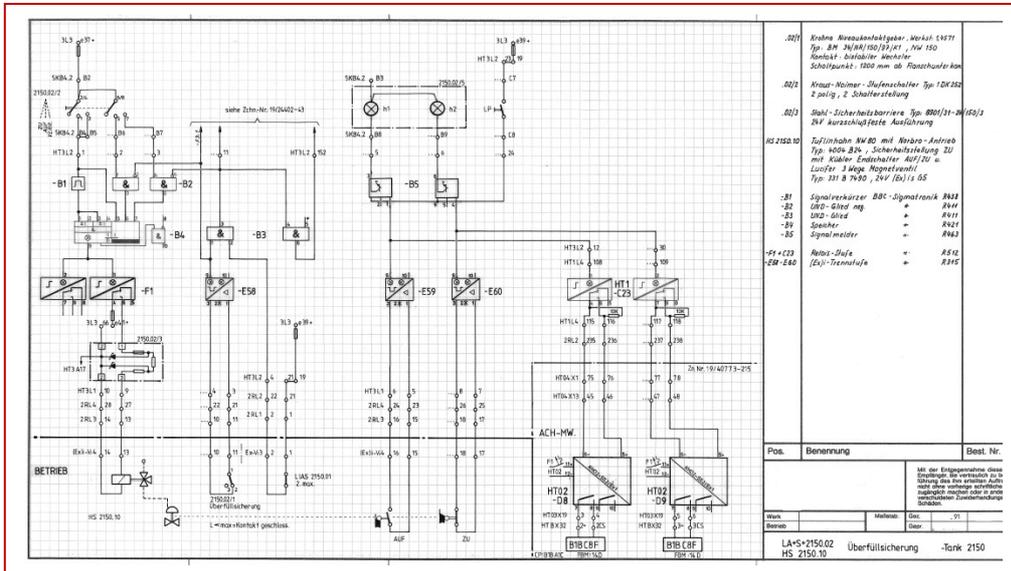
Dipl.-Ing. (FH) M. Trier

Elektrotechnik (BEII)

Automatisierungskonzepte

23. November 2015

Beispiel eines Verriegelungsplanes



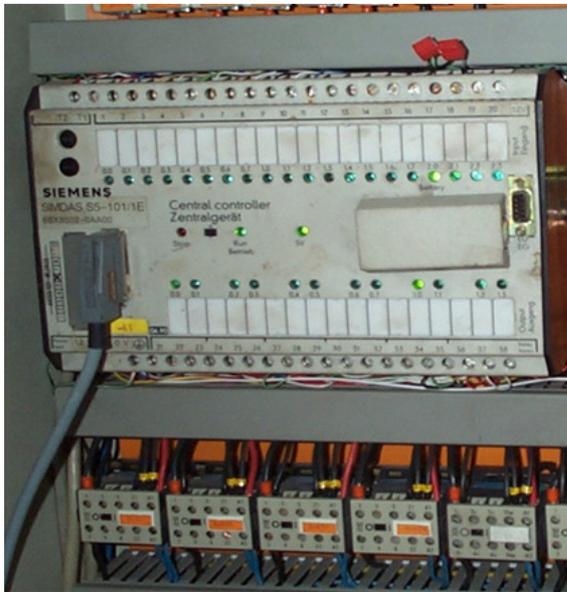
.02/1	Krahe Niveauekontaktgeber, Werkst. 14571 Typ: BM 34/NR/150/97/K1, NW 150 Kontakt: bistabiler Wechsler Schaltpunkt: 1200 mm ab Flanschunterkorn	
.02/2	Kraus-Naimer - Stufenschalter Typ: 1DK252 2 polig, 2. Schaltstellung	
.02/3	Stahl-Sicherheitsbarriere Typ: 8801/31-24/150/3 24V kurzschlußfeste Ausführung	
HS 2150.10	Tuflinhahn NW 80 mit Norbro-Antrieb Typ: 4004 B24, Sicherheitsstellung ZU mit Kübler Endschalter AUF/ZU u. Lucifer 3 Wege Magnetventil Typ: 331 B 7490, 24V (Ex)is G5	
-B1	Signalverkürzer BBC - Sigmatronik R433	
-B2	UND-Glied neg.	* R411
-B3	UND-Glied	* R411
-B4	Speicher	* R421
-B5	Signalmelder	* R463
-F1 + C23	Relais-Stufe	* R512
-E58 - E60	(Ex)-Trennstufe	* R315
Pos.	Benennung	Best. Nr.
<p>Mit der Entgegennahme der Empfänger, die vertraulich zu führen das ihm erteilten A nicht ohne vorherige schriftlich zugänglich machen oder in e verschiedenen Zuwendungen Schäden.</p>		
Werk	WESSELLING	Maßstab: Gez. 17.7.91
Betrieb	MMA-Trkg.	Gepr.
LA+S+2150.02		Überfüllsicherung
HS 2150.10		-Tank 2150



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.4.2 Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)

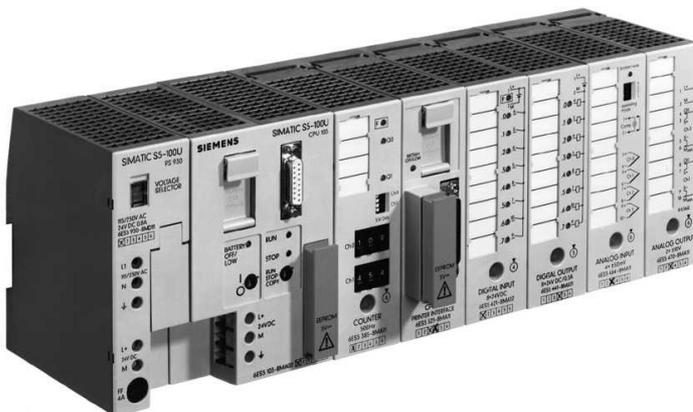
Eine **Speicherprogrammierbare Steuerung** (SPS, engl. *Programmable Logic Controller, PLC*) ist ein Zusammenschluss von Baugruppen (Stromversorgung, CPU, I/O-Karten, Kommunikationsbaugruppen etc.), die zur Steuerung und/oder Regelung einer Maschine oder Anlage eingesetzt werden. Nach der Ära der VPS-Systeme zogen diese Systeme in die Welt der Automatisierungstechnik ein und veränderten den Blick für die Möglichkeiten Automatisierungsaufgabenstellungen zu lösen.



Siemens Simatic S5 101U



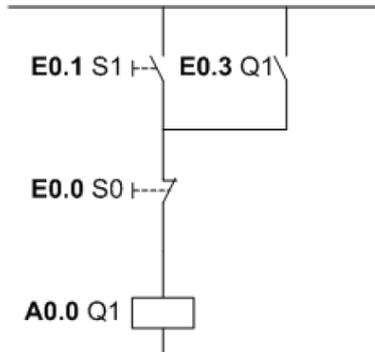
S5-115U



S5-100U



Beispiel einer Programmierung in KOP, FUP und AWL

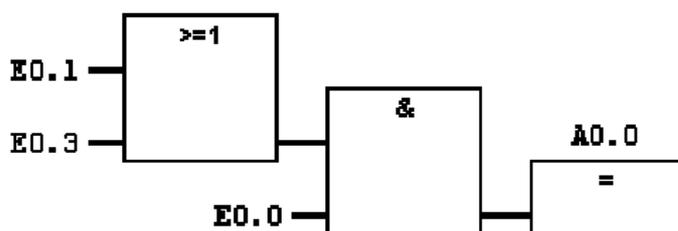
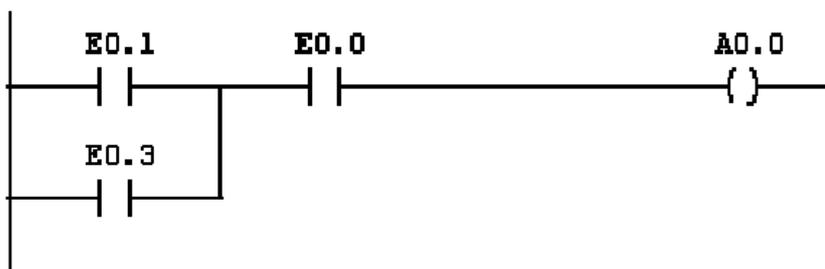


In dem hier links abgebildeten Beispiel, geht es um das vorrangige Ausschalten eines Antriebes.

In der Welt der Siemens S5/ S7 SPS´en ist eine programmtechnische Umsetzung in drei Programmiersprachen möglich.

Die Kontaktplanprogrammierung ist dabei am ehesten der Verdrahtung von Relais-/ Schützsteuerung nachempfunden.

Kontaktplan (KOP)



```

U(
O   E   0.1      //Ein-Taster S1
O   E   0.3      //Schützkontakt Q1
)
U   E   0.0      //Aus-Taster S0
=   A   0.0      //Schütz Q1

```



Siemens Simatic S7-400U

9.4.3 Sicherheitsgerichtete speicherprogrammierbare Steuerungen (SSPS)



Hima HiMax

Hima HiQuad

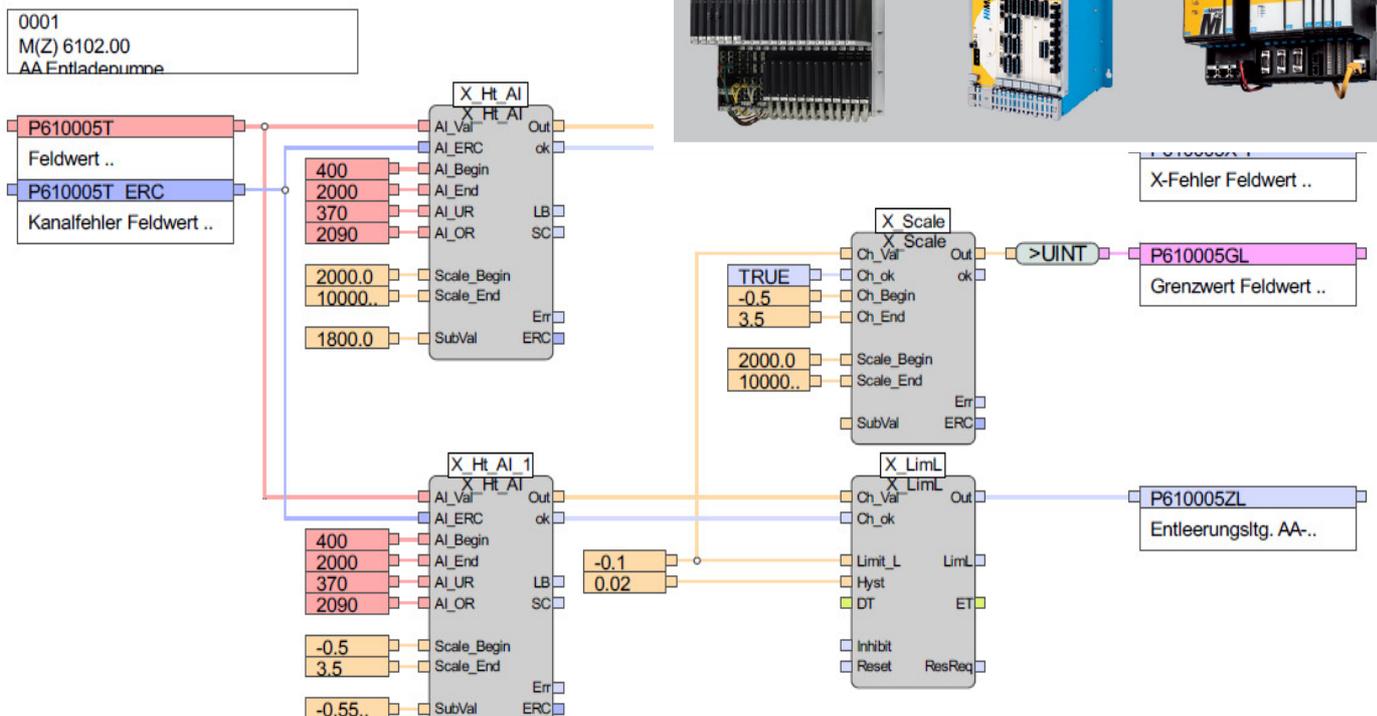


Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Sicherheitsgerichtete speicherprogrammierbare Steuerungen sind aufgrund ihrer Systemarchitektur (zum Teil bis zu 4 Prozessoren, die sich gegenseitig überwachen) und der speziellen Betriebssysteme, für die Einsatzfälle konzipiert, bei denen die Gewährleistung der Anlagensicherheit im Vordergrund steht. Ständige Plausibilitätsschecks der I/O-Signale, Zentraleinheiten mit mehreren Prozessoren, in denen die Anwenderprogramme parallel ablaufen, um im Störfall von einer CPU auf die andere umschalten zu können, sind Merkmale die eine SSPS von einer SPS unterscheiden.

Alle sicherheitsgerichteten SPS-Ausführungen haben zum Ziel, im Zweifel die Anlage möglichst schnell in einen sicheren Zustand zu versetzen. Dieses Ziel steht zwangsläufig in Konflikt mit dem Wunsch nach einer Erhöhung der Verfügbarkeit der Anlage (= Zuverlässigkeit).

SILworX-Programmierung der Fa. Hima





Rheinische Fachhochschule Köln

University of Applied Sciences

Ingenieurwesen II

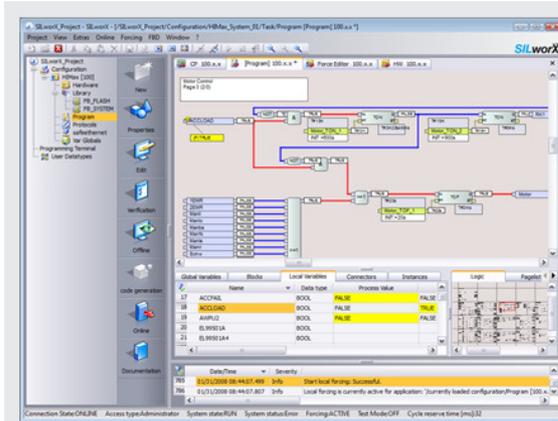
AUT, Feldger. u. industrielle Komm.

Dipl.-Ing. (FH) M. Trier

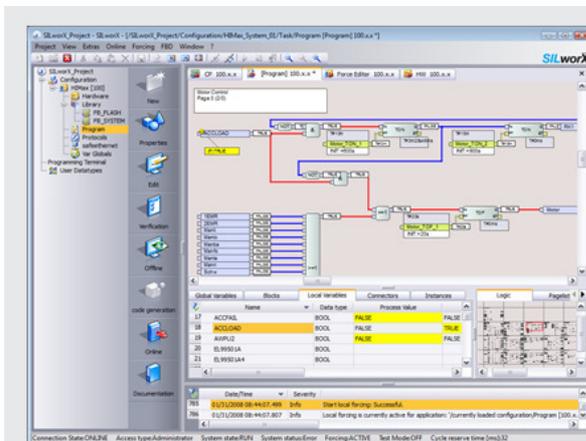
Elektrotechnik (BEII)

Automatisierungskonzepte

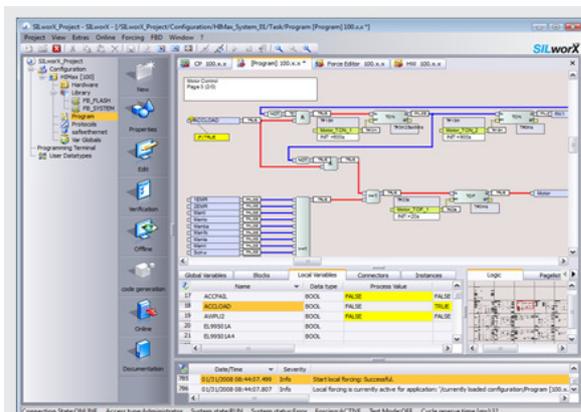
23. November 2015



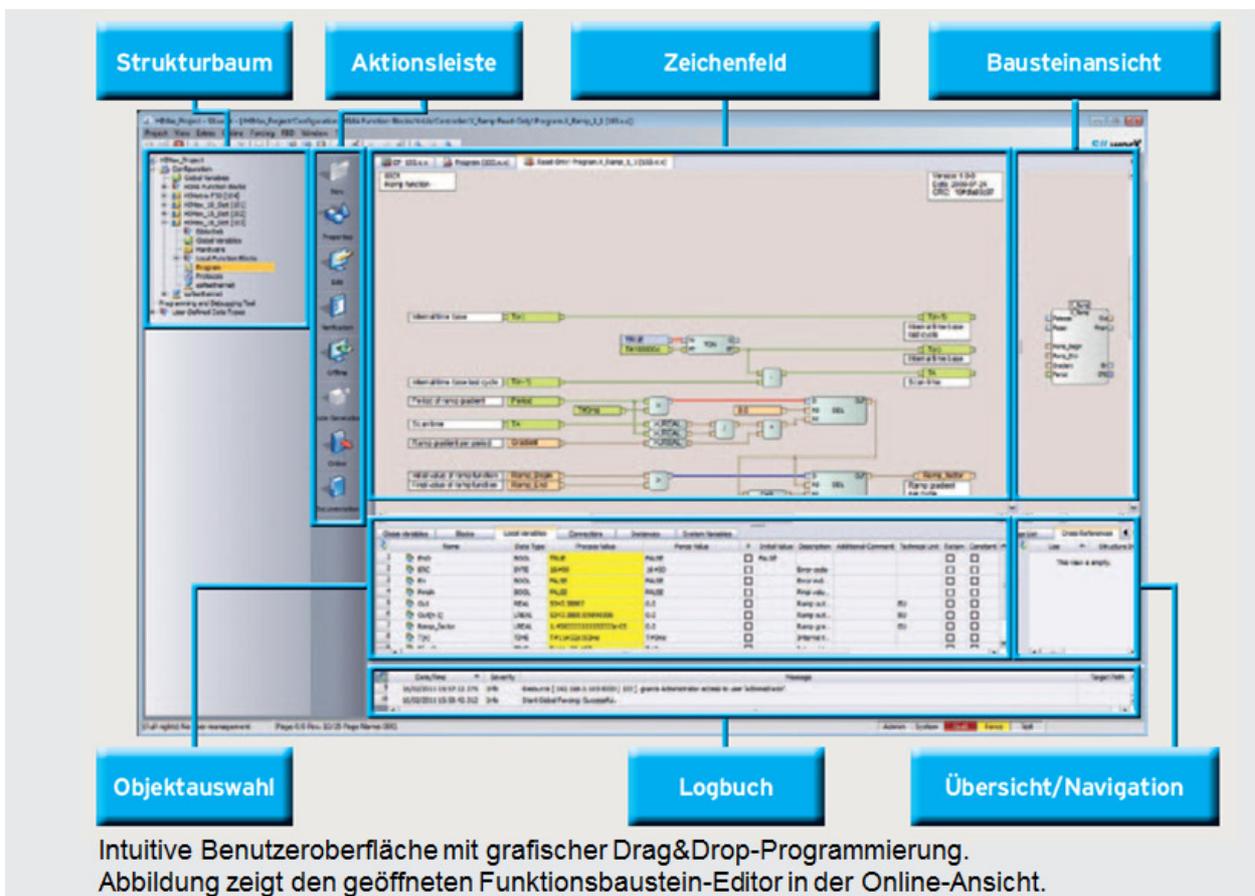
- Ein Engineeringtool für HIMax[®]- und HIMatrix[®]-Systeme
- Integriertes Konfigurations-, Programmier- und Diagnose-Tool
- Hilft Anwenderfehler zu vermeiden
- Beschleunigt Engineering und Inbetriebnahme
- Intuitive Benutzeroberfläche mit vollgrafischer Programmierung (Drag&Drop)
- Programm-Validierung mit Offline-Simulation, Online-Test und Code-Vergleich
- IEC 61131-3-konform
- Eine Lizenz – alle Funktionen



- Alle IEC 61131-Funktionen und Variablen-Typen für sicherheitsgerichtete Programmierung
- Flexible Programmierung mit Funktionsbausteinsprache (FBS) und Ablaufsprache (AS)
- Programmiersprache Strukturierter Text (ST) für die Programmierung von Berechnungen
- C-Code Funktionsbaustein-Option für das Verwenden von vorgetestetem C-Code
- Zertifizierte Funktionsbausteine
- Applikationsbaustein-Bibliothek (gemäß IEC 61511)

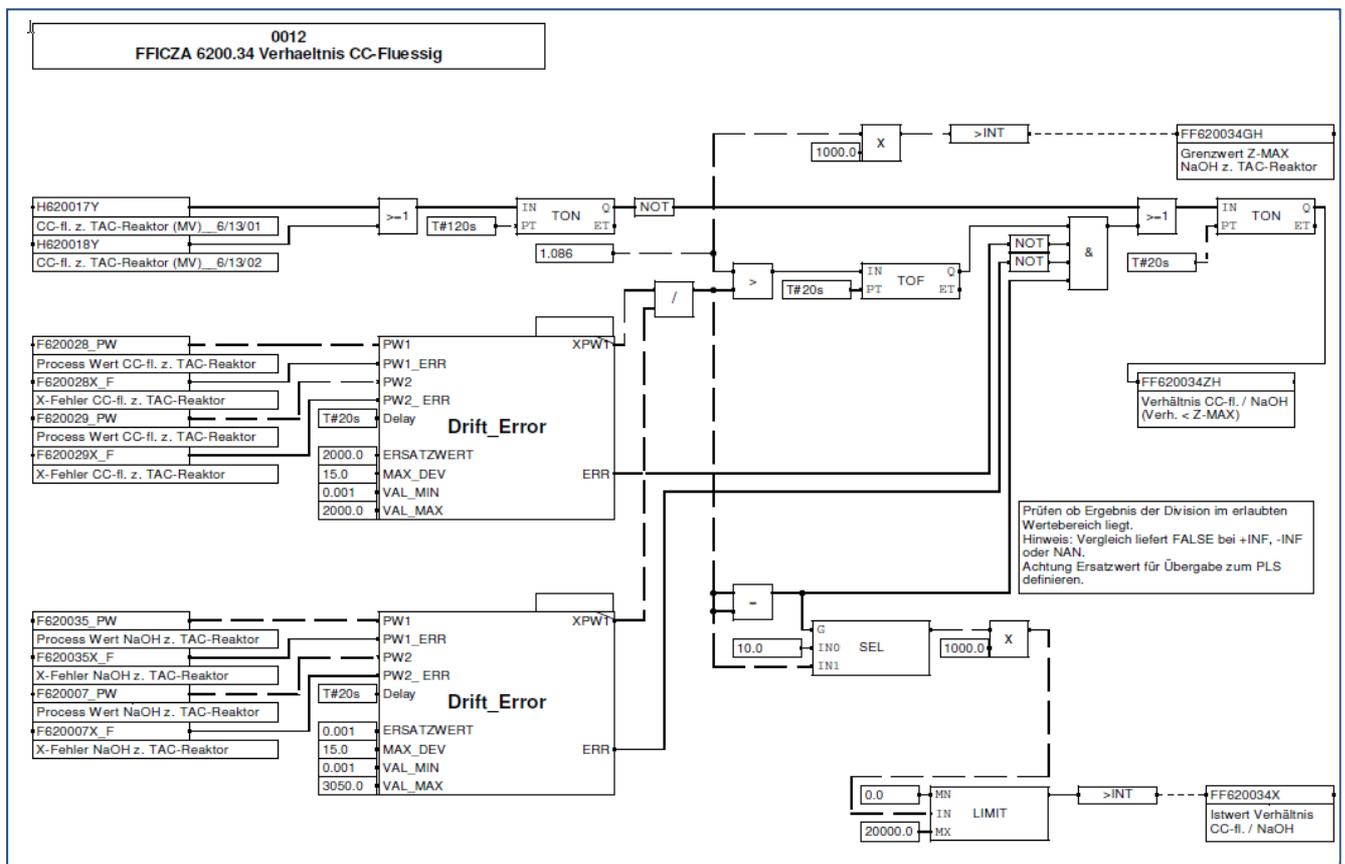
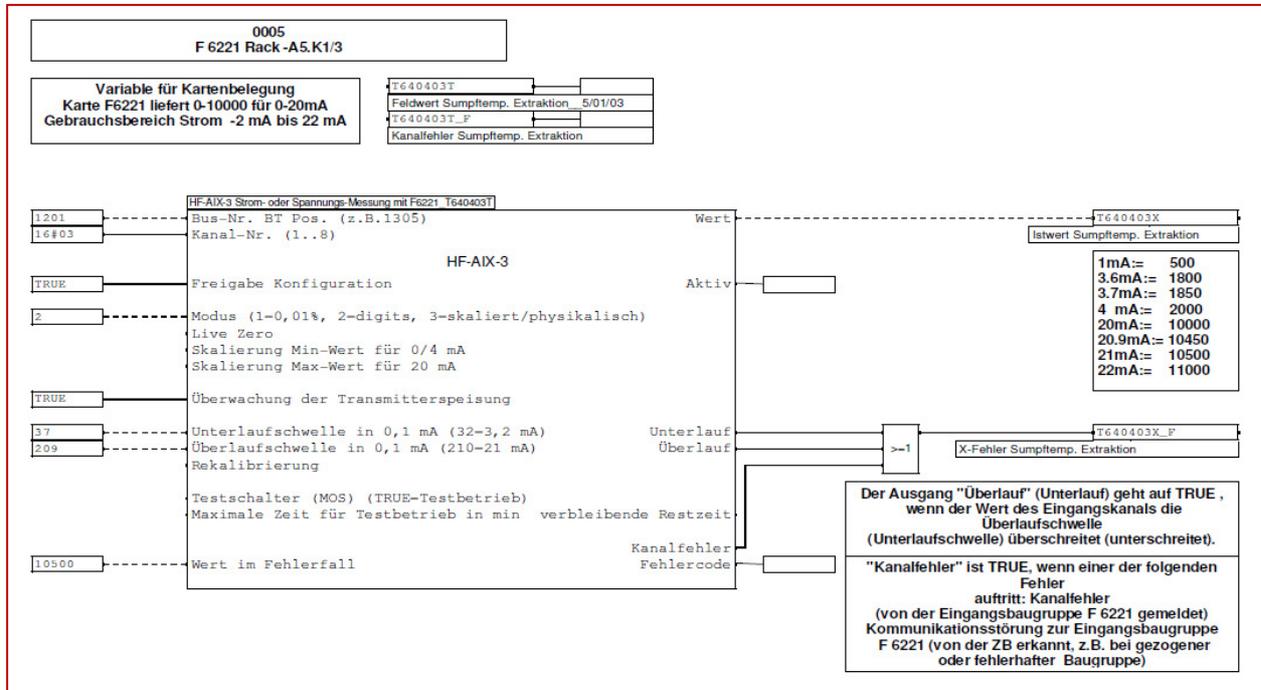


- Unterstützt Reload für Hardware-, Kommunikations- und Logikänderungen
- Sicherer Vergleich für Hardware und Logikänderungen mit Detail-Ansicht und „Gehe zu“
- Sichere doppelte Code-Generierung mit Code-Vergleich
- Kennwortschutz für Projekt und Steuerungszugriff
- Unterstützt Multitasking für bis zu 32 unabhängige Programme
- Hardware-Import/-Export per XML
- Kompatibel mit Microsoft Windows XP und Win 7





ELOP II-Programmierung der Fa. Hima





Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

9.4.4 Prozessleitsysteme (PLS)

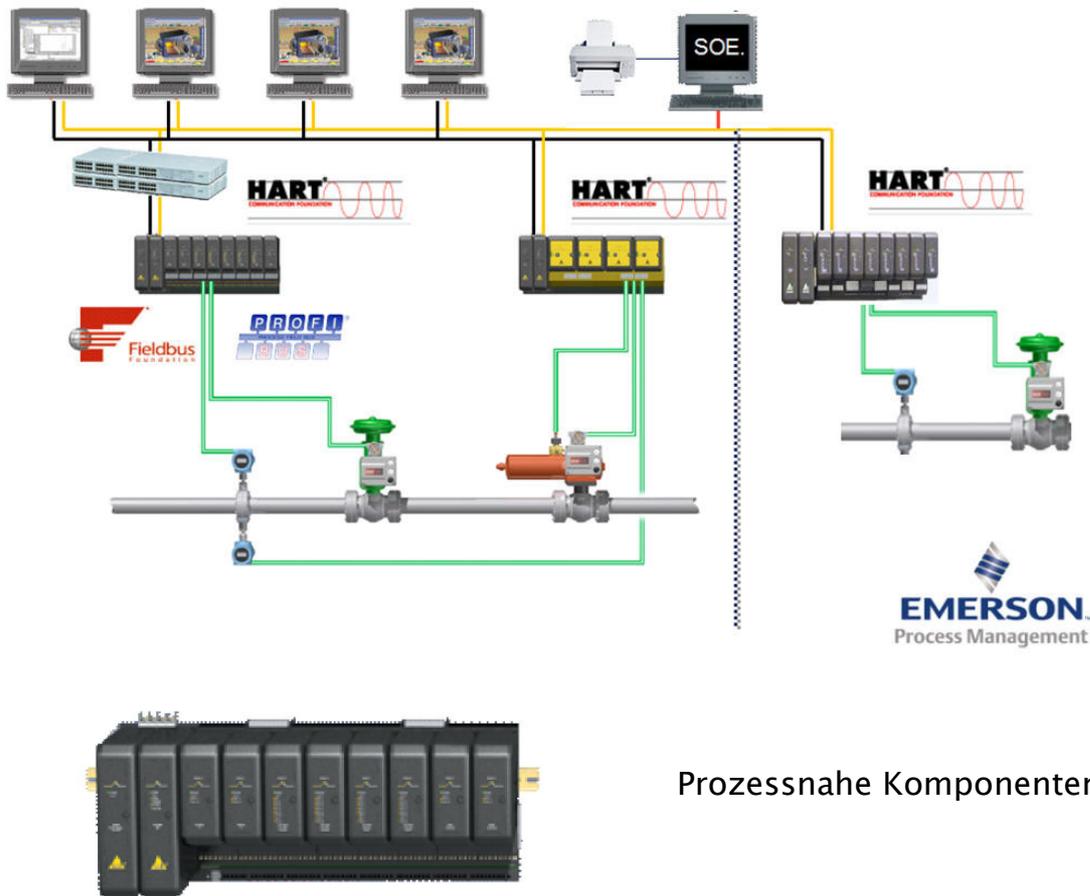
Ein **Prozessleitsystem** (engl. *process control system, PCS*) dient zum Führen einer verfahrenstechnischen Anlage, zum Beispiel einer Raffinerie. Es besteht typischerweise aus sogenannten prozessnahe Komponenten (*PNK*) und *Bedien- und Beobachtungsstationen (BUB)*.

Prozessleitsysteme werden meist für größere Anlagen eingesetzt und bestehen meist aus einem Paket, das folgende Mechanismen beinhaltet:

- PNK zur Steuerung von Aktoren und Aufnahme der Messwerte
- Alarmsystem
- Anlagenvisualisierung
- Kurvenaufzeichnung von analogen Messwerten
- Benutzerverwaltung
- Möglichkeiten des Engineerings.

Die Grundanforderungen an ein Prozessleitsystem sind:

- Sehr hohe betriebliche und sicherheitstechnische Verfügbarkeit
- Standardsoftware
- Standardhardware
- Vertikale Integration
- Gut geeignet für alle Anlagentypen
- Lebensdauererwartung
- Skalierbarkeit
- Wartungsfreundlich

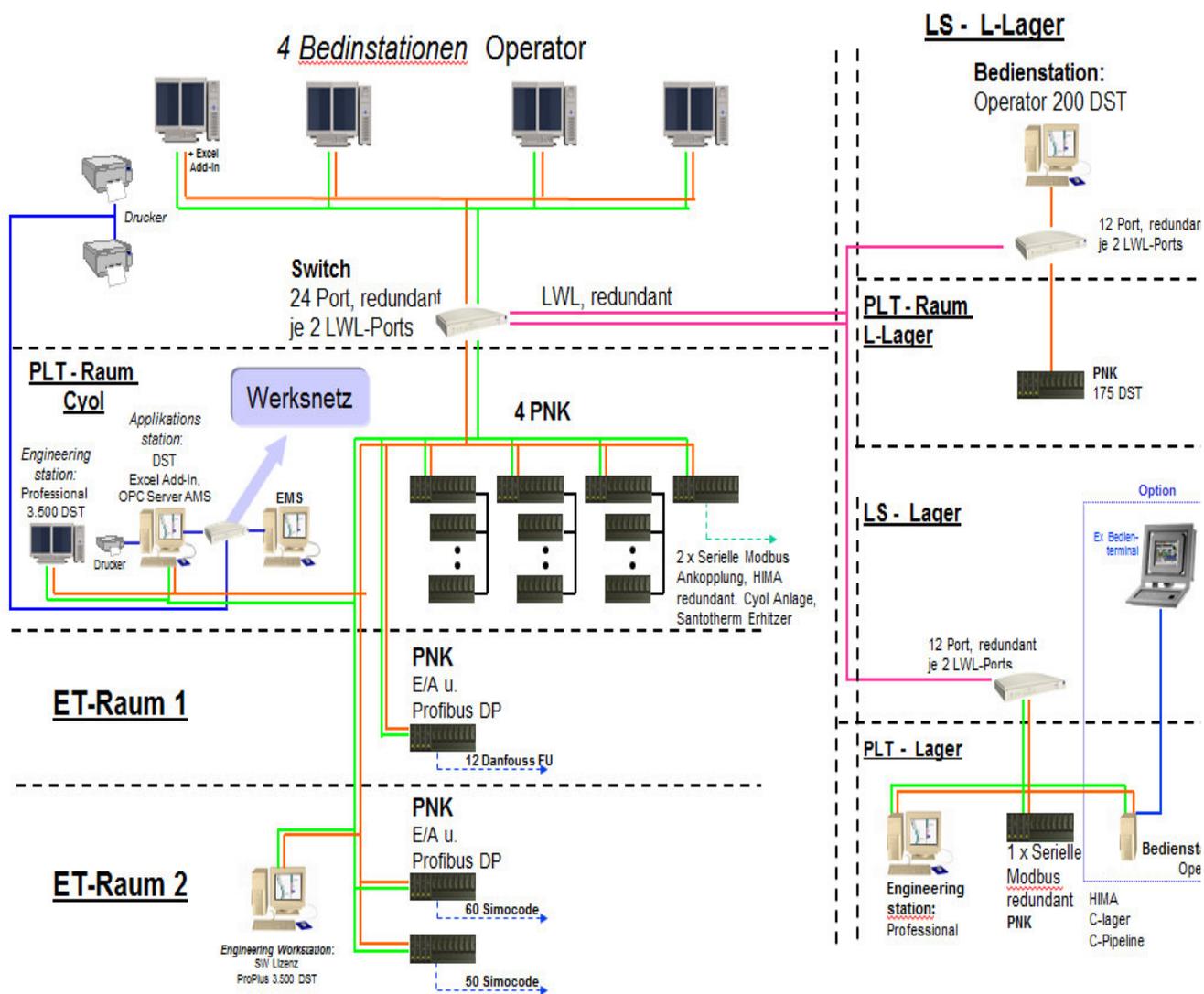


Prozessnahe Komponenten (PNK)



Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Beispiel einer PLS-Konfiguration





Rheinische Fachhochschule Köln

University of Applied Sciences

Ingenieurwesen II
Elektrotechnik (BEII)

AUT, Feldger. u. industrielle Komm.
Automatisierungskonzepte

Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
23. November 2015

Prozessbedienbilder

Faceplate: LOOP_OLD

LOOP_OLD
PID control loop

0.0 0.0

100.0 % no units
100.0

AUTO
MAN
Mode...
AUTO
AUTO

Ack Param
LO_ALM

Unic: EQUIP1

Faceplate: PID_LOOP_3

PID_LOOP_3
PID control loop

Limits	Priority	Enab	Supp
Hi Hi Lim	CRITICAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hi Lim	WARNING	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dev Hi Lim	ADVISORY	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dev Lo Lim	ADVISORY	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lo Lim	WARNING	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lo Lo Lim	CRITICAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Out Hi Lim	CRITICAL	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Out Lo Lim	CRITICAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ARW Hi Lim			
ARW Lo Lim			
SP Hi Lim			
SP Lo Lim			
Alm Hysteresis	0.5 %		

Simulate

Sim Enable

Sim Value 0.0 %

Field Value 0.0 %

Tuning

Gain 0.50

Reset 10.0 s

Rate 0.0 s

PV Filter TC 0.0 s

SP Filter TC 0.0 s

SP Rate DN 0.0 EU/s

SP Rate UP 0.0 EU/s

Structure

Deadband 0.0

Alarms

Hi Hi

Hi

Dev Hi

Dev Lo

Lo

Lo Lo

PV Bad

Priority Adj 0

Diagnostics

MERROR MSTATUS BLOCK_ERR

Error Clear Error

IO Input Error

Function Block Bad Active

PI action on error, D action on PV





Rheinische Fachhochschule Köln

University of Applied Sciences

Ingenieurwesen II	AUT, Feldger. u. industrielle Komm.	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Elektrotechnik (BEII)	Automatisierungskonzepte	23. November 2015

Symbole am oberen Rand des Bildschirms



Verwaltung des Systems und der Bilder



Symbole am unteren Rand des Bildschirms



Alarmhandling und Systemüberwachung

Trenddarstellung

