



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### Inhaltsverzeichnis

14	Automatisierungskonzepte .....	5
14.1	PLT-Räume, Prozessleitwarten, Leitstände, Nebenräume .....	5
14.1.1	Einleitung .....	5
14.1.2	Anwendungsbereich.....	5
14.1.3	Lage der Prozessleitwarte, der Leitstände und der Nebenräume.....	5
14.1.3.1	Allgemeines .....	5
14.1.3.2	Prozessleitwarte.....	7
14.1.3.4	Örtliche Leitstände .....	8
14.1.3.5	Nebenräume .....	8
14.1.3.6	Schaltraum.....	8
14.1.3.7	Prozessrechnerraum.....	9
14.1.3.8	Nachrichtentechnischer Raum .....	9
14.1.3.9	Batterieraum .....	9
14.1.3.10	Schleusen.....	9
14.1.3.11	Fußboden, Zwischenboden .....	10
14.1.3.12	Decken und Wände.....	11
14.1.3.13	Türen.....	12
14.1.3.14	Fenster .....	12
14.1.3.15	Beleuchtung.....	13
14.1.3.16	Brandschutzmaßnahmen .....	15
14.1.4	Aufstellung von Schaltschränken.....	15
14.1.4.1	Schrank- und Gestellaufbau.....	15
14.1.4.2	Aufstellung der Schränke und Gestelle.....	16
14.1.4.3	Pulte .....	17
14.1.4.4	Bedienplätze .....	18
14.1.5	Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen in Messwarten .....	18
14.1.5.1.	Einleitung .....	18
14.1.5.2.	Darstellung auf dem Bildschirm.....	19
14.1.5.3.	Leuchtdichte, Kontrast und Zeichenschärfe .....	19
14.1.5.4	Zeichengröße, -gestalt und Abstände (VBG 104 §11).....	20
14.1.5.5	Bildstabilität und -geometrie.....	21



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

14.1.5.6	Flimmerfreiheit .....	21
14.1.5.7	Farbdarstellung .....	22
14.1.5.8	Störende Reflexionen und Spiegelungen auf dem Bildschirm .....	22
14.1.5.9	Tastaturgestaltung .....	23
14.1.5.10	Arbeitsflächen, Arbeitstische .....	23
14.1.5.11	Arbeitsstühle .....	23
14.1.5.12	Arbeitsplatzumgebung .....	24
14.1.5.13	Strahlung .....	24
14.1.5.14	Software-Gestaltung .....	25
14.1.6	Besonderheiten von Bildschirmarbeitsplätzen in Messwarten .....	25
14.1.6.1	Spezifische Anforderungen .....	25
14.1.7	NAMUR-Checkliste für Messwarten und Leitstände .....	26
14.2	Automatisierungspyramide und Begriffe .....	27
14.2.1	Begriffe .....	27
14.2.2	Informationen aus Systemen der horizontalen und vertikalen Integration .....	29
14.3	Verdrahtungskonzepte .....	31
14.3.1	EMV-gerechte Planung und Installation von Produktionsanlagen .....	33
14.3.1.1	Einleitung .....	33
14.3.1.2	Störbeeinflussung durch elektromagnetische Felder /1/ .....	33
14.3.1.3	Abschätzung des erforderlichen Schutzabstandes von Sendefunkgeräten im Betrieb	34
14.3.1.4	Drehzahlveränderbare Antriebe mit .....	34
14.3.1.5	Netzqualität .....	35
14.3.1.6	Gesamtverzerrungsfaktor (THDU) .....	35
14.3.1.7	Abhilfemaßnahmen .....	35
14.3.1.8	Feldgeräteauswahl .....	35
14.3.1.9	Feldgerätemontage .....	36
14.3.1.10	Feldgeräteverkabelung .....	36
14.3.1.11	Installationshinweise für HART .....	36
14.3.1.12	Topologien der Feldbussysteme .....	37
14.3.1.13	Kabelanforderungen der Feldbussysteme .....	37
14.3.1.14	Regeln zur sachgemäßen Kabelschirmung .....	38
14.3.1.15	Erdungssystem .....	38
14.3.1.16	Erdungsanlagen und Gebäudeschirm .....	39



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

14.3.1.17	Kabelverlegung .....	39
14.3.1.18	Schirmung und Massung .....	41
14.3.1.19	Einseitiger oder beidseitiger Schirmanschluss .....	42
14.3.1.20	Schirmanbindung .....	42
14.3.1.21	Filter für Umrichter.....	42
14.3.1.22	Netzdrossel.....	42
14.3.1.23	Ausgangsdrossel.....	43
14.3.1.24	Ausgangsfiler du/dt.....	43
14.3.1.25	Ausgangsfiler, Sinusfilter .....	44
14.3.1.26	Ausgangsfiler, du/dt-Funkentstörfilter.....	44
14.3.1.27	Blitzschutz .....	44
14.3.1.28	EMV gerechte Auslegung und Installation in Schaltschränken.....	45
14.3.1.29	Grundsätzliche Maßnahmen zur Schirmbehandlung.....	45
14.3.1.30	Anschluss der Elektromotoren.....	48
14.3.1.31	Anschluss mit abgeschirmtem Leistungskabel bei Umrichterspeisung	48
14.3.1.32	Anschluss ohne abgeschirmtes Leistungskabel bei Umrichterspeisung	48
14.3.2	Klassische Verdrahtung .....	49
14.3.2.1	Messtafleinbaugeräte (Auswahl).....	52
14.3.3	Leitsystemtechnik konventionell und Remote I/O .....	53
14.3.3.1	Konventionelle Verdrahtung auf ein PLS.....	54
14.3.3.2	Verdrahtung mittels Remote I/O.....	55
14.3.4	Feldbustechnik .....	60
14.3.4.1	NAMUR Anforderung an einen Feldbus .....	61
14.3.4.1.1	Globale Anforderungen an ein Feldbussystem.....	62
14.3.4.1.2	Spezielle Anforderungen an ein Feldbussystem.....	64
14.3.4.1.3	Spezielle Anforderungen an Komponenten.....	66
14.3.4.1.4	Werkzeuge .....	69
14.3.4.2	Profibus .....	72
14.3.4.2.1	Profibus PA .....	72
14.3.4.2.2	Profibus Variante FMS.....	72
14.3.4.2.3	Profibus Variante DP.....	74
14.3.4.2.4	Profibus Variante PA.....	76
14.3.4.3	INTERBUS S .....	81



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

14.3.4.4	Foundation Fieldbus.....	84
14.4	VPS, SPS, SSPS und PLS.....	95
14.4.1	Verbindungsprogrammierte Steuerungen (VPS).....	95
14.4.2	Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS).....	98
9.4.3	Sicherheitsgerichtete speicherprogrammierbare Steuerungen (SSPS) .....	100
14.4.4	Prozessleitsysteme (PLS) .....	105



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

## 14 Automatisierungskonzepte

### 14.1 PLT-Räume, Prozessleitwarten, Leitstände, Nebenräume



#### 14.1.1 *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.

#### 14.1.2 *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.

#### 14.1.3 *Lage der Prozessleitwarte, der Leitstände und der Nebenräume*

##### 14.1.3.1 *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	<b>Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)</b>	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

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 prozessleittechnischen 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,

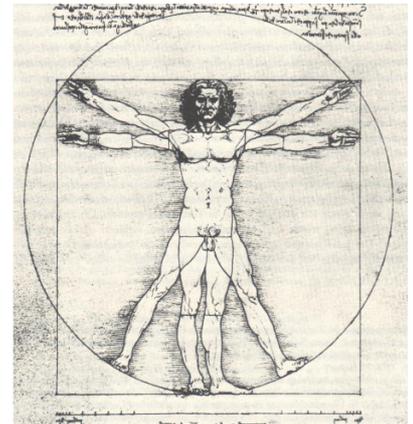


Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

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

Es sind die Erkenntnisse der Anthropometrie zu beachten.

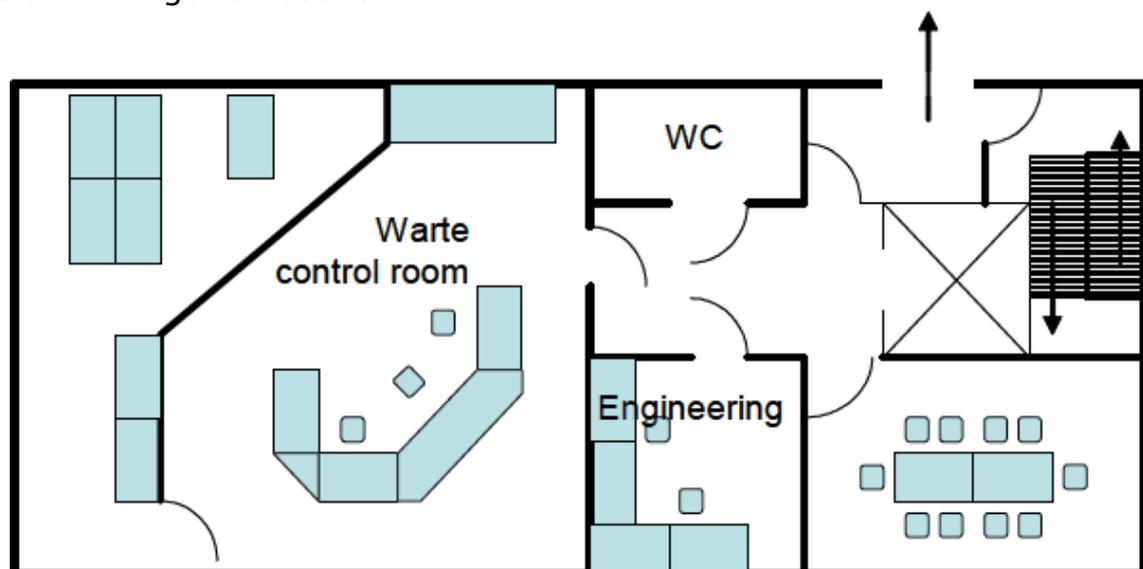
*Anthropometrie ist die Lehre der Ermittlung und Anwendung der Maße des menschlichen Körpers. Die Erkenntnisse der Anthropometrie werden im Bereich der Ergonomie von Arbeitsplätzen genutzt.*



### 14.1.3.2 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### **14.1.3.4 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.

### **14.1.3.5 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.

### **14.1.3.6 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### Lage zur Warte:

- vorzugsweise den Raum hinter der Instrumententafel der Warte verwenden, z. B. für MSR Technik,
- 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.

#### **14.1.3.7 Prozessrechnerraum**

Es gelten mindestens die gleichen Anforderungen wie bei Schalträumen.

#### **14.1.3.8 Nachrichtentechnischer Raum**

Es gelten die gleichen Anforderungen wie bei Schalträumen.

#### **14.1.3.9 Batterieraum**

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

#### **14.1.3.10 Schleusen**

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

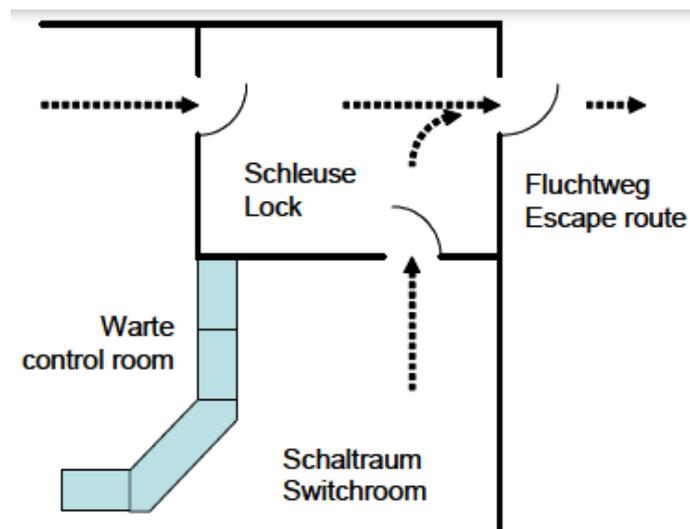
Schleusen oder andere Vorräume können außerdem zum Schutz gegen Lärm, Schmutz oder aus klimatischen Gründen vorgesehen werden. Auch Treppenhäuser können bei geeigneter Anordnung und Ausrüstung als Schleusen dienen.



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

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 m<sup>2</sup>,
- 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.



### 14.1.3.11 Fußboden, Zwischenboden

- Die Fußböden in Schalträumen und Prozessleitwarten werden als Doppelböden ausgeführt.
- Fußböden, 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.



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

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

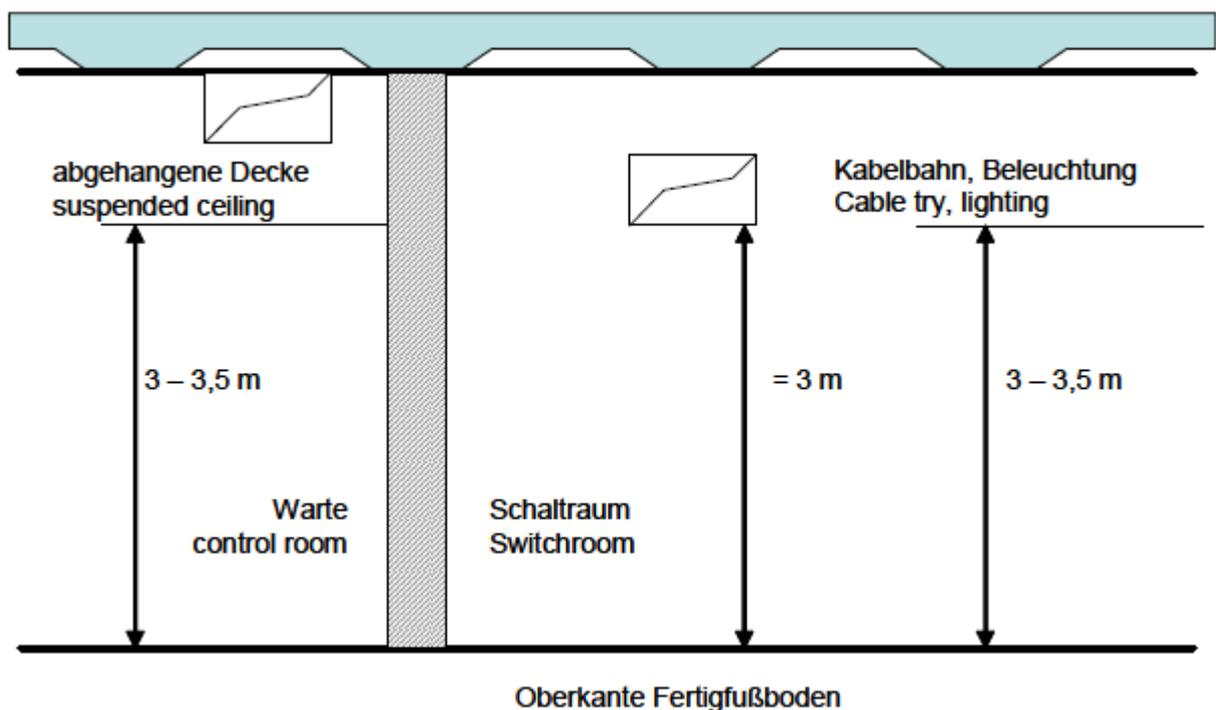
### 14.1.3.12 Decken und Wände

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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### **14.1.3.13 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.

### **14.1.3.14 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### 14.1.3.15 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:<sup>[1][2]</sup>

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



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	Automatisierungskonzepte	14.09.2020

Tab. 2: Beleuchtungsstärke und Gleichmäßigkeit bei Notbeleuchtung

Art des Raumes	Ausführung	Beleuchtungsstärke	Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke
Rettungswege	Sicherheitsbeleuchtung	$> 1 \text{ lux}$ 2)	$E_{\text{min}} = 1$
Prozessleitwarte	Ersatzbeleuchtung	$> 0,1 E_n$ 1)	$\frac{E_{\text{max}}}{E_{\text{min}}} > 40$

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.

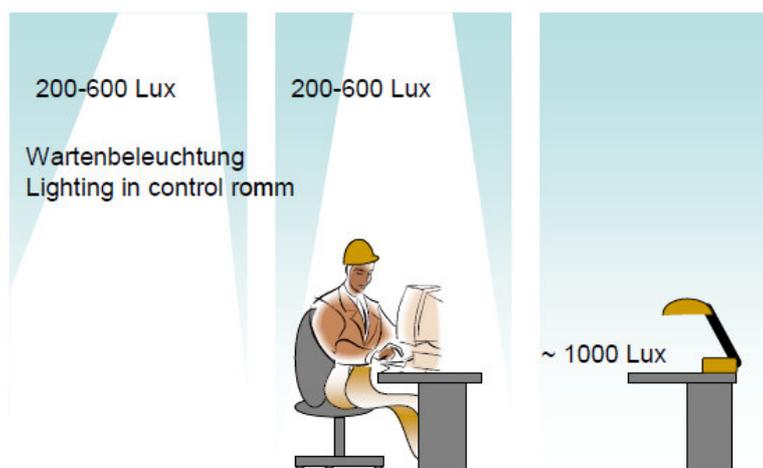


Abb. 4: Wartenbeleuchtung

Fig. 4: Lighting in control rooms



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### **14.1.3.16 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 CO<sub>2</sub> 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.

### **14.1.4 Aufstellung von Schaltschränken**

#### **14.1.4.1 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.



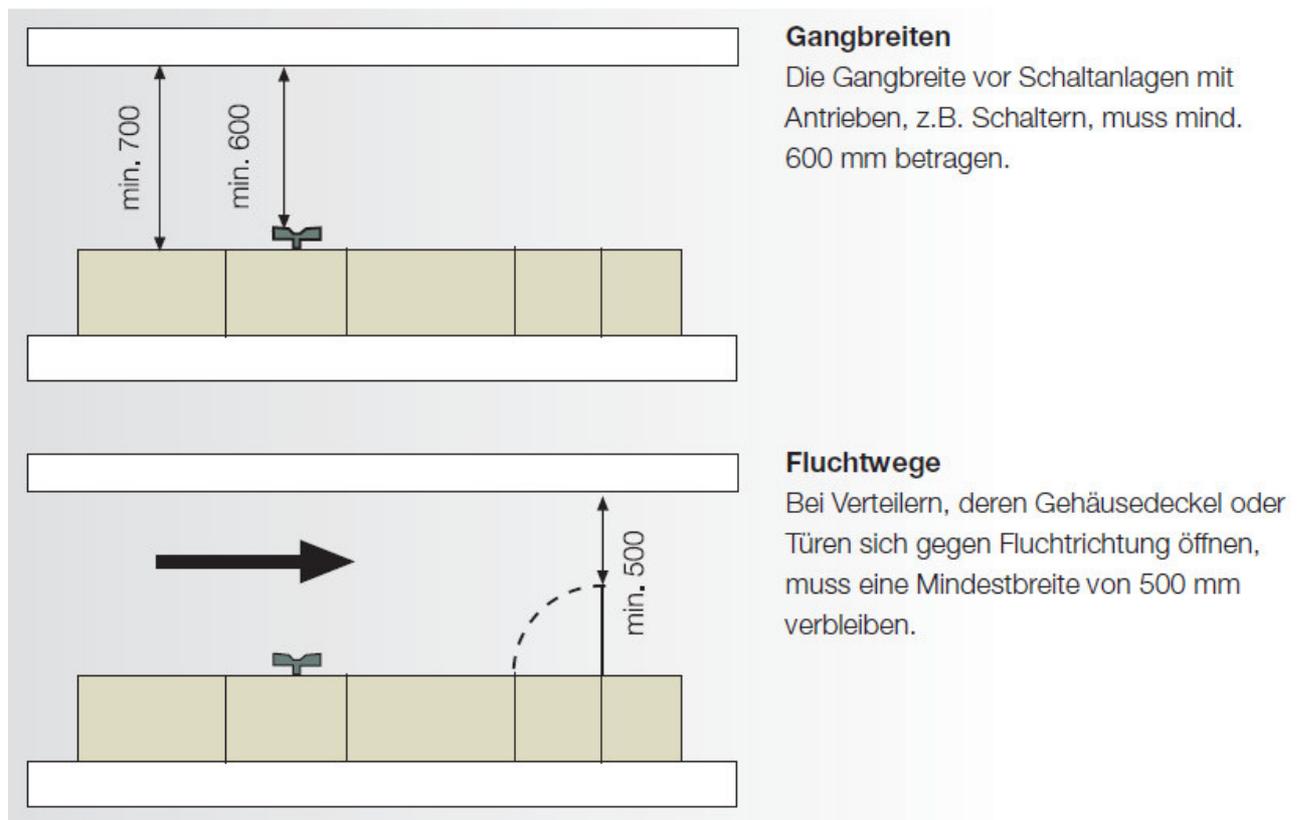
Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	Automatisierungskonzepte	14.09.2020

### 14.1.4.2 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.





Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	Automatisierungskonzepte	14.09.2020

### 14.1.4.3 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.

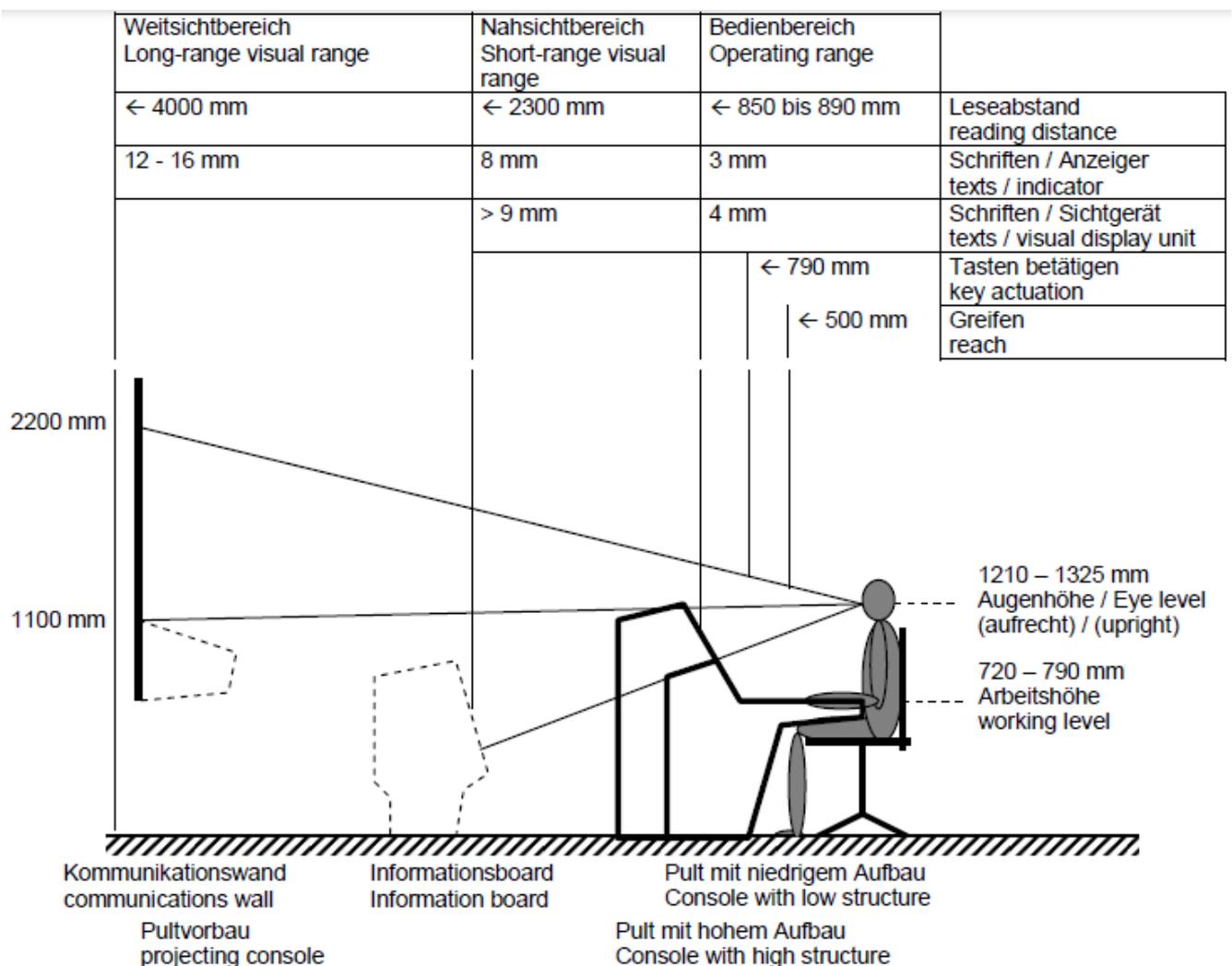


Abb. 7: Optimaler Bedien- und Sehbereich

Fig. 7: Optimum operating and visual range



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

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.

#### **14.1.4.4 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.

#### **14.1.5 Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen in Messwarten und Leitständen**



##### **14.1.5.1. 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### ***14.1.5.2. 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.

### ***14.1.5.3. 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/m<sup>2</sup> empfehlenswert. Mittlere Leuchtdichten auf dem Bildschirm von weniger als 35 cd/m<sup>2</sup> 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	<b>Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)</b>	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

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**  $\beta$  und den **Azimutwinkel**  $\varphi$  gegebene Richtung pro projiziertem Flächenelement  $\cos(\beta)dA$  und pro **Raumwinkelement**  $d\Omega$  ausgesendet wird:

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

$\beta$  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 <sup>2</sup>	Xenonlampe	$5 \cdot 10^9 \text{ cd/m}^2$ <sup>[2]</sup>	Röhrenmonitor Weiß	80...200 cd/m <sup>2</sup>
Mittlerer bedeckter Himmel	2000 cd/m <sup>2</sup>	Natriumdampflampe	$5 \cdot 10^6 \text{ cd/m}^2$	Röhrenmonitor Schwarz	teilweise < 0,01 cd/m <sup>2</sup>
Nachthimmel bei Vollmond	0,1 cd/m <sup>2</sup>	weiße LED	$50 \cdot 10^6 \text{ cd/m}^2$	TFT Weiß	150...500 cd/m <sup>2</sup>
Sternklarer Nachthimmel	0,001 cd/m <sup>2</sup>	Draht einer Halogenlampe	$20 \dots 30 \cdot 10^6 \text{ cd/m}^2$	TFT Schwarz	0,15...0,8 cd/m <sup>2</sup>
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 <sup>2</sup>
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 <sup>2</sup>		
Oberfläche des Mondes	2500 cd/m <sup>2</sup>				

#### 14.1.5.4 Zeichengröße, -gestalt und Abstände (VGB 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	Automatisierungskonzepte	14.09.2020

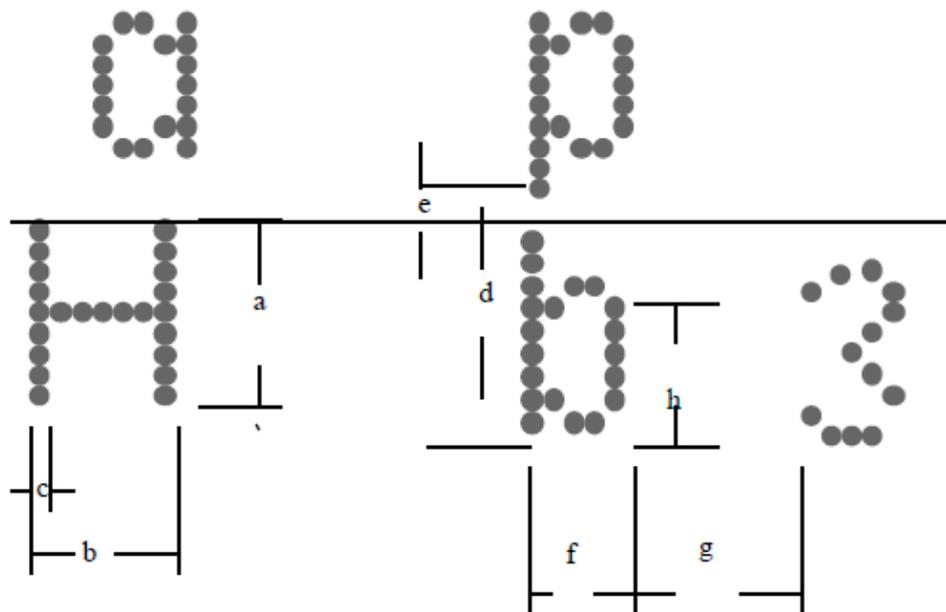


Bild 1 Maße für Schriftzeichen

- 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  $0,7 a$

#### 14.1.5.5 Bildstabilität und -geometrie

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

#### 14.1.5.6 Flimmerfreiheit

Die Darstellung auf dem Bildschirm muss frei von Flimmern sein.



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

Bei einer Bildschirmgröße von 14", einer mittleren Leuchtdichte der Anzeige von etwa 100cd/m<sup>2</sup> sowie Leuchtstoffen mittelkurzer Nachleuchtdauer ist eine Bildelementfolgefrequenz von mehr als 85Hz in jeder Auflösung empfehlenswert. Die Bildelementfolgefrequenz darf bei Positivdarstellung aber keinesfalls 73Hz unterschreiten.

### ***14.1.5.7 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.*

### ***14.1.5.8 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### **14.1.5.9 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.

### **14.1.5.10 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.

### **14.1.5.11 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### *14.1.5.12 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 m<sup>2</sup> 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.

### *14.1.5.13 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### 14.1.5.14 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.

### 14.1.6 Besonderheiten von Bildschirmarbeitsplätzen in Messwar



#### 14.1.6.1 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	<b>Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)</b>	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

**14.1.7 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.

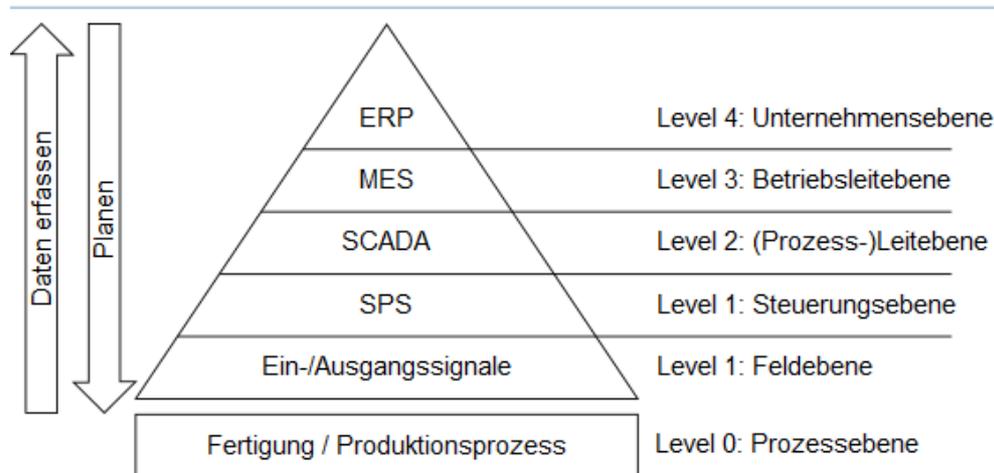
NA 76	NAMUR-Checkliste für Messwarten und Leitstände NAMUR Checklist for Control Rooms and Control Stations	Version: 31.01.2003 - 4
<b>I. Bildschirmgeräte und Tastatur</b>		
1. Zeichendarstellung auf Bildschirm		ja    ja*    nein
- scharf - deutlich - ausreichend groß	<input type="checkbox"/>	<input 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"/>
<b>III. Arbeitsumgebung</b>		
14. ausreichender Raum für wechselnde Arbeitshaltungen	-	-    -



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### 14.2 Automatisierungspyramide und Begriffe

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



#### 14.2.1 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 Prozessleitebene (vgl. ISA 95, NA 94, NA 110).



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

**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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### ***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".

## ***14.2.2 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.



**Rheinische Fachhochschule Köln**  
University of Applied Sciences

Ingenieurwesen II	<b>Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)</b>	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### 14.3 Verdrahtungskonzepte

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

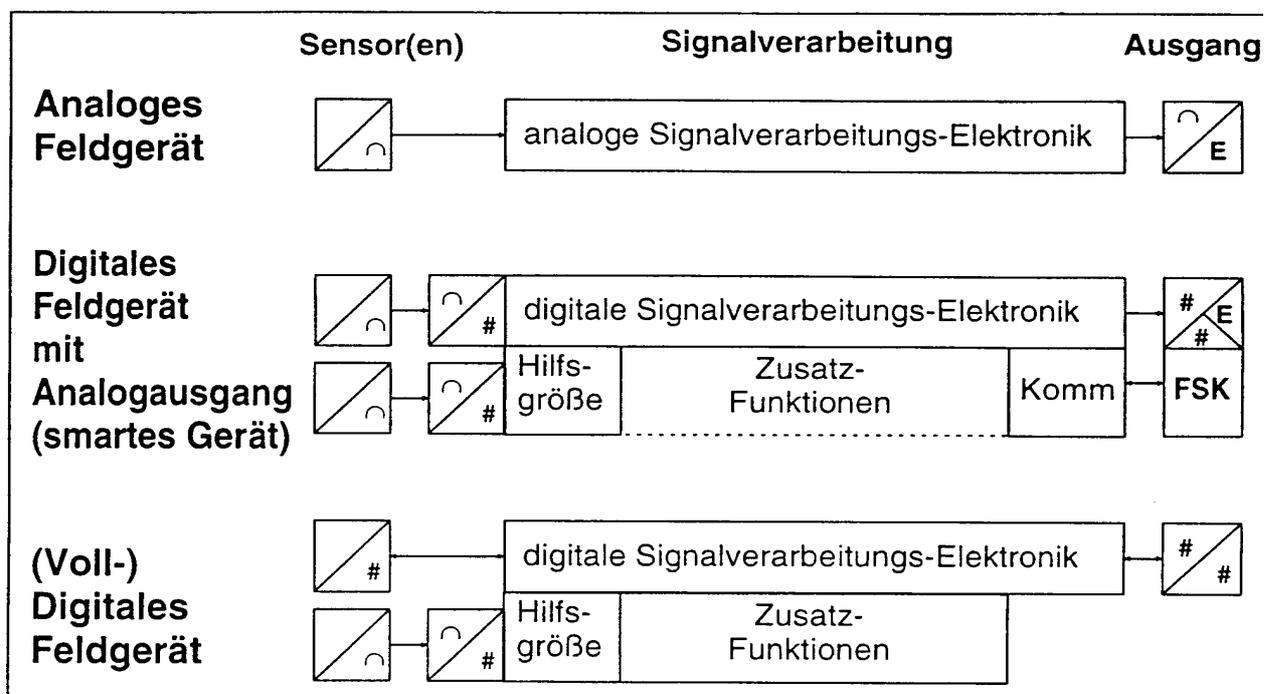
Die folgenden Seiten geben eine Übersicht zur Klärung dieser Frage.

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).

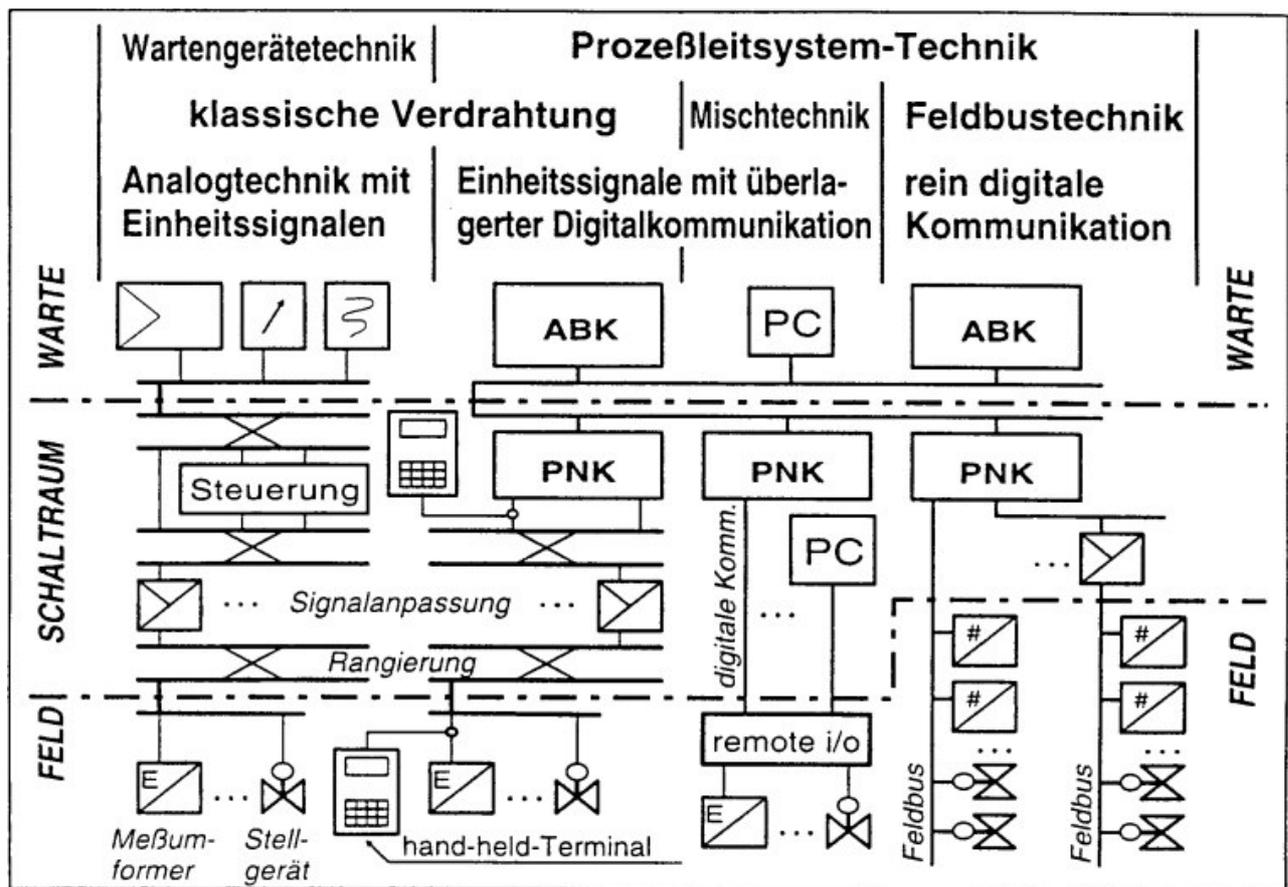




Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	Automatisierungskonzepte	14.09.2020

### 14.3.1 EMV-gerechte Planung und Installation von Produktionsanlagen



#### 14.3.1.1 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.

#### 14.3.1.2 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### **14.3.1.3 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)

### **14.3.1.4 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### **14.3.1.5 Netzqualität**

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

### **14.3.1.6 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.

### **14.3.1.7 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

### **14.3.1.8 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### ***14.3.1.9 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.

### ***14.3.1.10 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.

### ***14.3.1.11 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

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 Adernpaar 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.

### ***14.3.1.12 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.

### ***14.3.1.13 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### **14.3.1.14 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.

### **14.3.1.15 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

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

### **14.3.1.16 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 Oberschwingungs-Belastung 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.

### **14.3.1.17 Kabelverlegung**

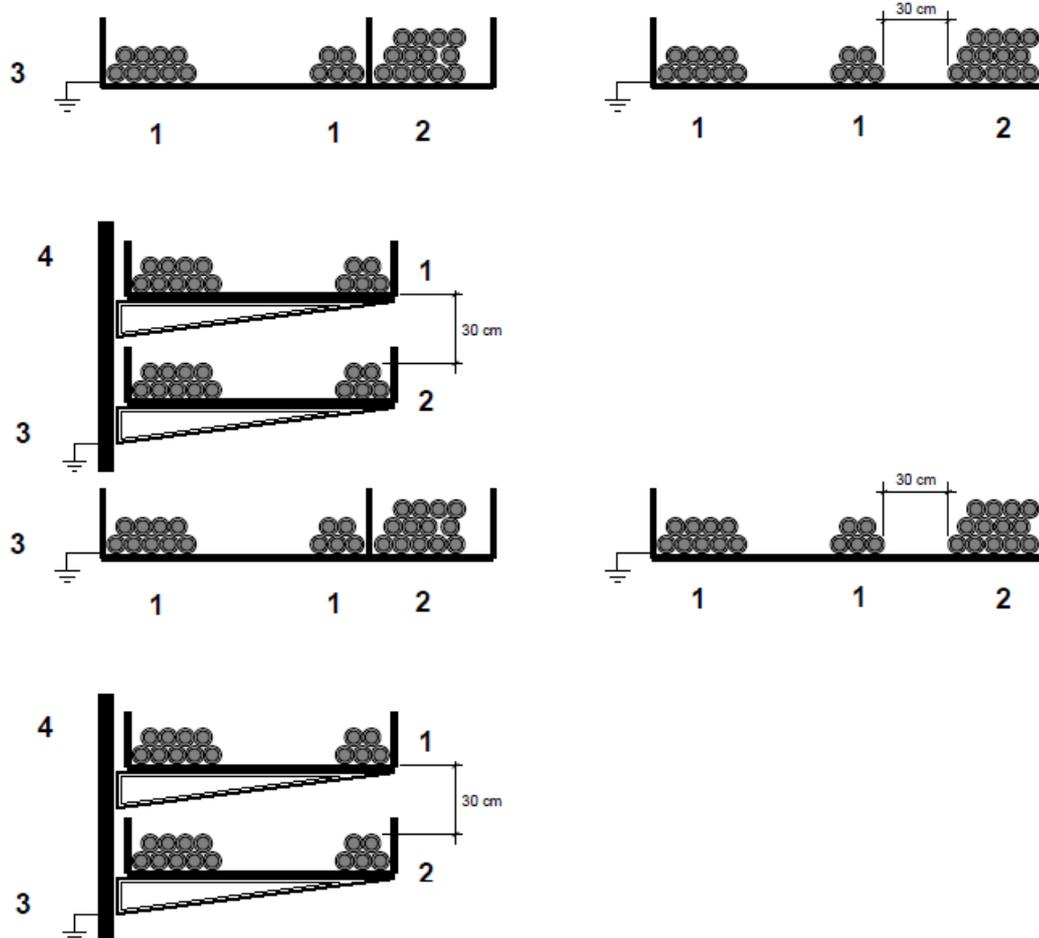
Die Verlegung von Kabeln unterschiedlicher Kategorien erfolgt stets getrennt. Der Abstand beträgt hierbei mindestens 30 cm oder es ist eine metallische Trennwand in Kabelkanal/Trasse zu verwenden. HS-Leistungskabel darf man nicht gemeinsam mit Kabeln anderer Kategorien führen.



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

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

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

**Bild 9.4: Empfohlene Kabelverlegung der verschiedenen Kategorien**

**Fig. 9.4: Recommended cable laying for different categories**

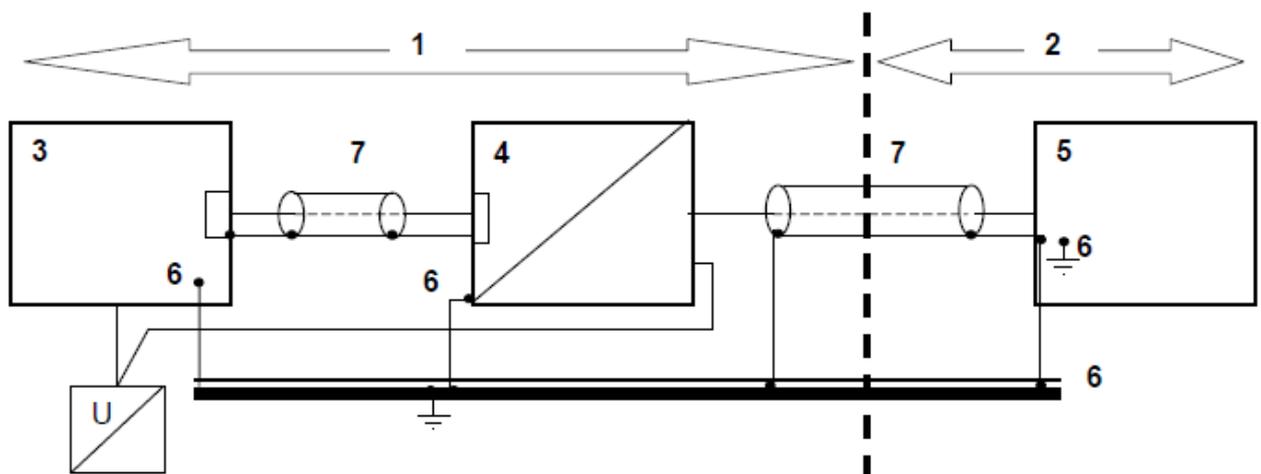


Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### 14.3.1.18 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 = Signalübertrager 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### ***14.3.1.19 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.

### ***14.3.1.20 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 mm<sup>2</sup>) mit dem Potentialausgleich.

### ***14.3.1.21 Filter für Umrichter***

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

### ***14.3.1.22 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

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

### 14.3.1.23 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.

### 14.3.1.24 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### **14.3.1.25 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.

### **14.3.1.26 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.

### **14.3.1.27 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### 14.3.1.28 EMV gerechte Auslegung und Installation in Schaltschränken

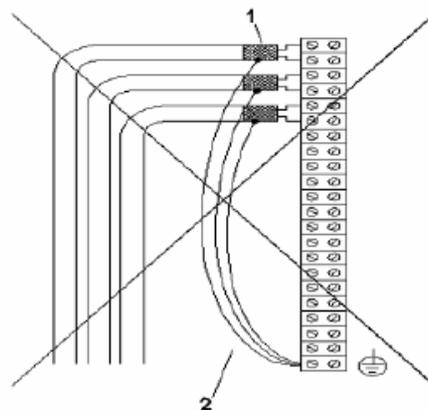
Ähnlich wie bei der Verkabelung achtet man auch bei der Belegung der Schaltschränke auf die räumliche Trennung von Störquellen und Störsenken. Das heißt, sie werden nach Möglichkeit in verschiedenen Schränken untergebracht. Ist dies nicht möglich, z. B. weil bei kleineren Anlagen nicht genügend Geräte 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.

### 14.3.1.29 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.

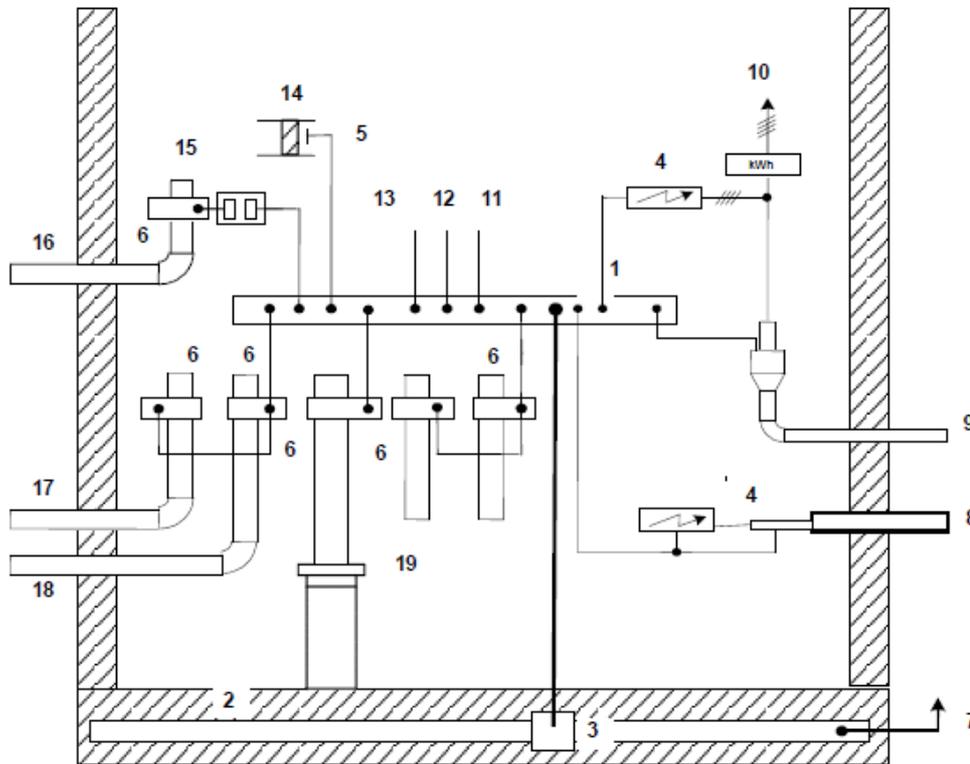


Legende:  
1 = Abschirmung  
2 = Sauschwanzleitungen oder „Pigtails“

**Bild 14.1.2: Schlechte Ausführung einer Schirmauflage mit „Sauschwänzen“**



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	Automatisierungskonzepte	14.09.2020



**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**

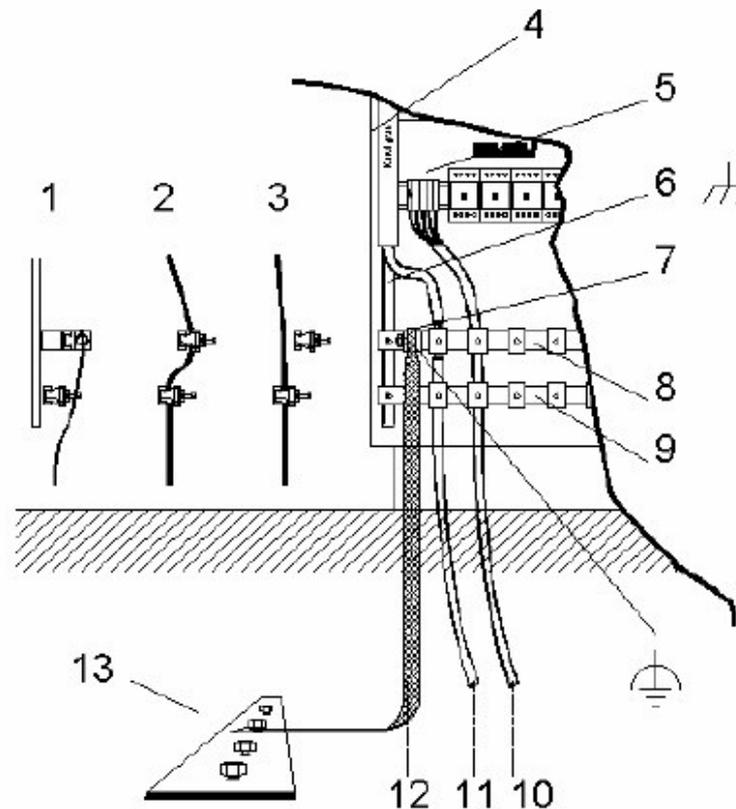
**Legend:**

- 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**



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	Automatisierungskonzepte	14.09.2020



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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### ***14.3.1.30 Anschluss der Elektromotoren***

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

### ***14.3.1.31 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.

### ***14.3.1.32 Anschluss ohne abgeschirmtes Leistungskabel bei Umrichterspeisung***

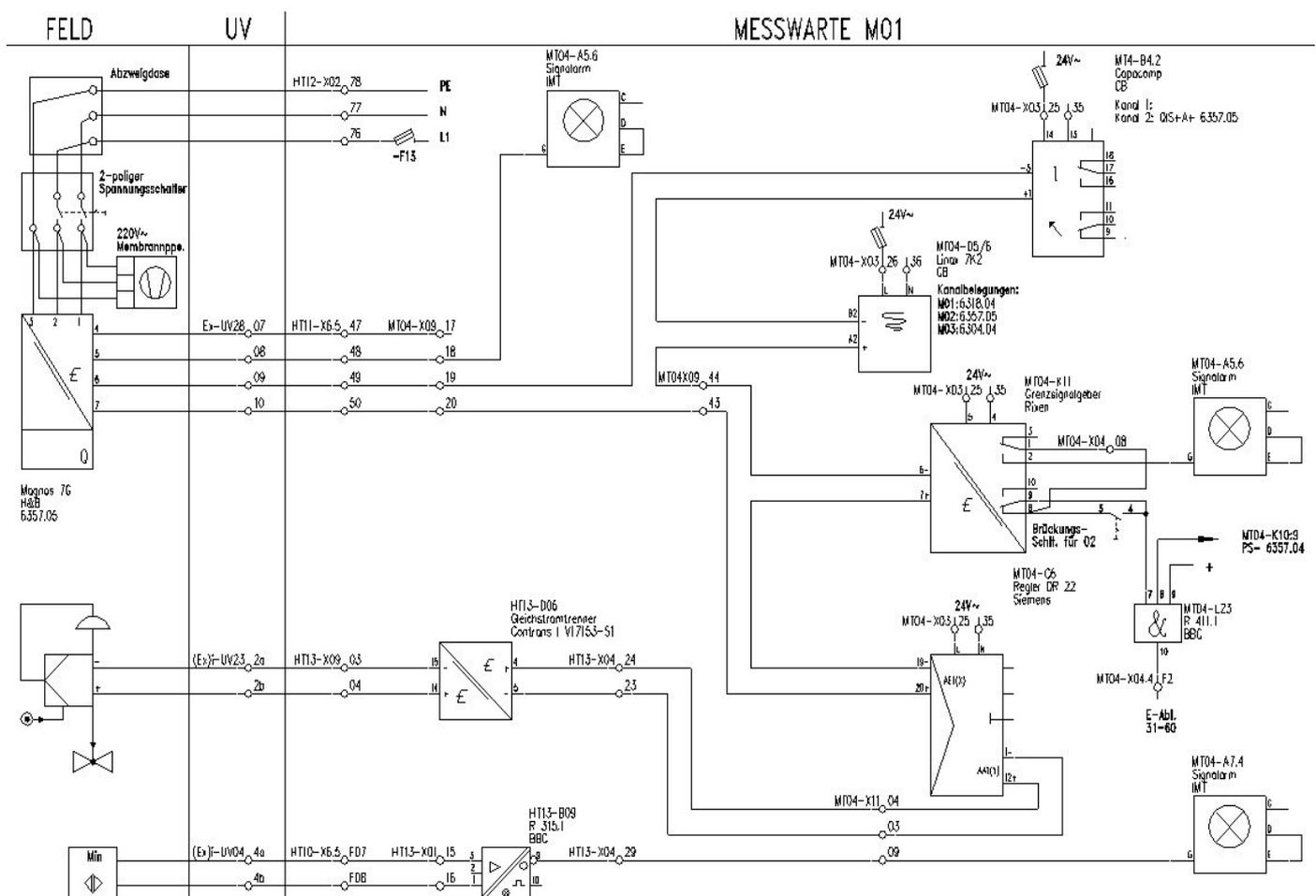
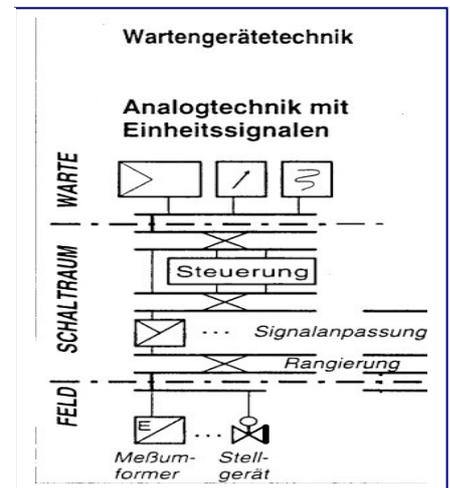
Setzt man kein abgeschirmtes Kabel zwischen Umrichter und Motor ein, so ist der Umrichter mit einem geeigneten Sinusausgangsfiler (Spannungsabfall beachten besonders bei Ex-Motoren) gemäß der Kapitel 9.3.1.25 und 9.3.1.26 auszurüsten.



### 14.3.2 Klassische Verdrahtung

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

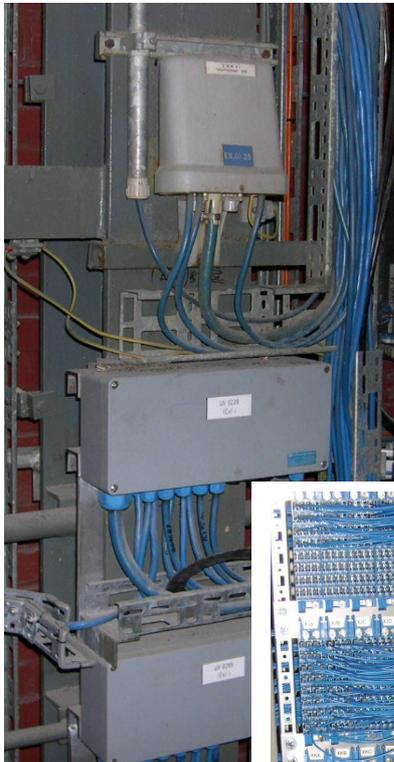
Feldgeräte (Sensoren und Aktoren) werden über Unterverteiler (UV), über Rangierverteiler (RV) auf Interface-Baugruppen verdrahtet und diese wiederum auf Wartengeräte (Messtafleinbaugeräte, siehe nächste Seite) oder SSPS-, SPS- oder PLS-Ein- und Ausgänge verdrahtet.





Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### Unterverteiler



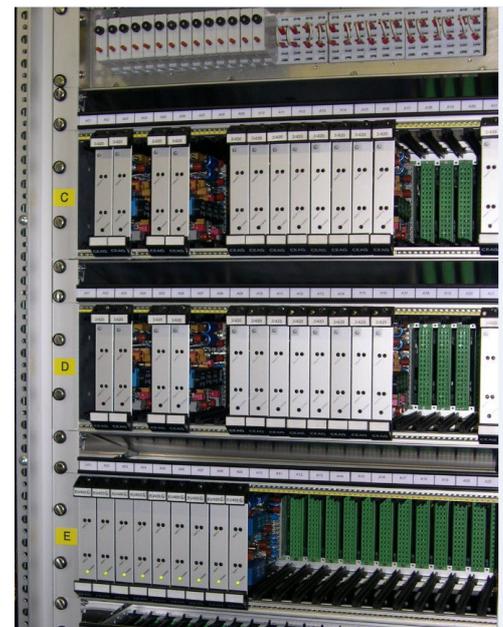
### Messumformerspeisegerät (Interfacebaugruppe)



### Rangierverteiler



### Interfaceebene



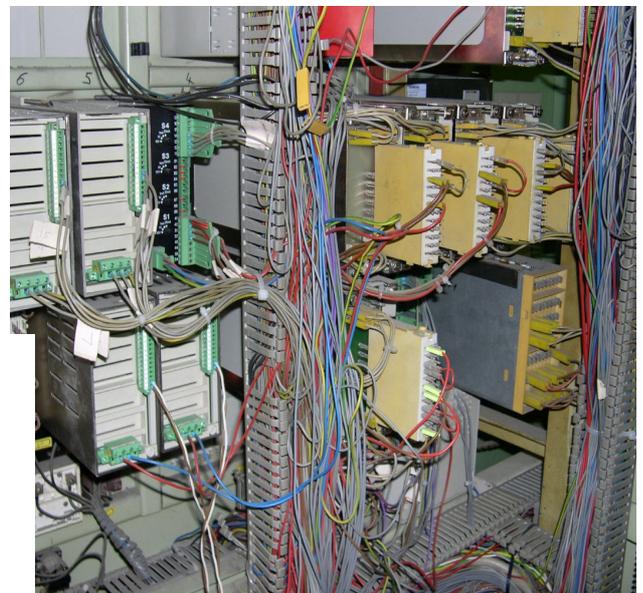


Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

Messtafel in einer Messwarte



Geräteanschlussraum (Rückseite der Messtafel)



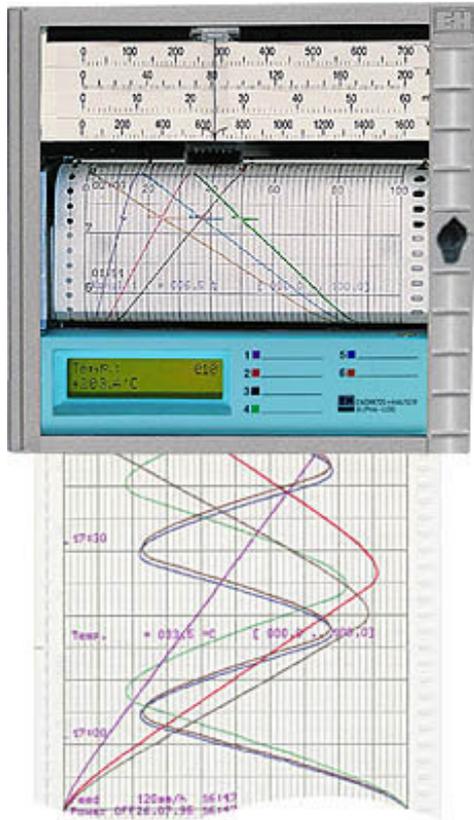
Ein-/ Ausgangsbaugruppen eines PLS





Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	Automatisierungskonzepte	14.09.2020

### 14.3.2.1 Messtafeleinbaugeräte (Auswahl)



Regler mit Programmfunktionen

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



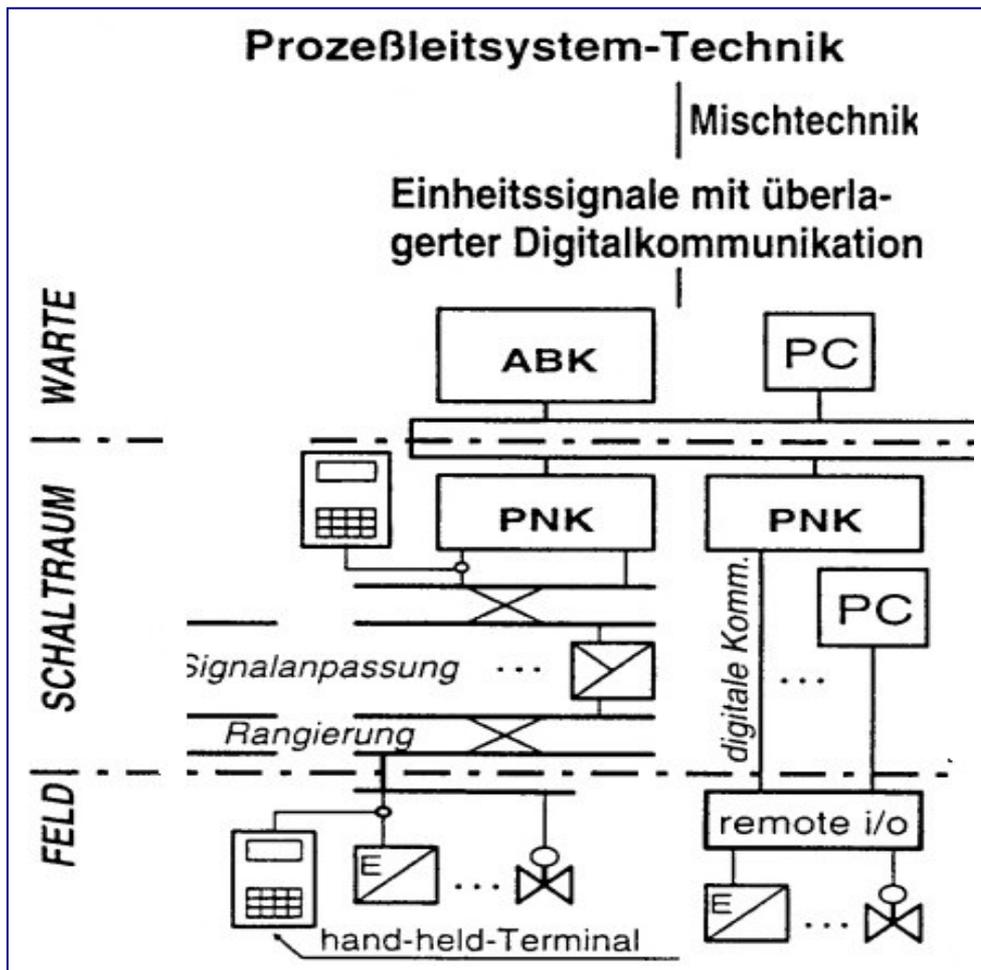
Balkenanzeigen (Analogwerte)



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	Automatisierungskonzepte	14.09.2020

### 14.3.3 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).

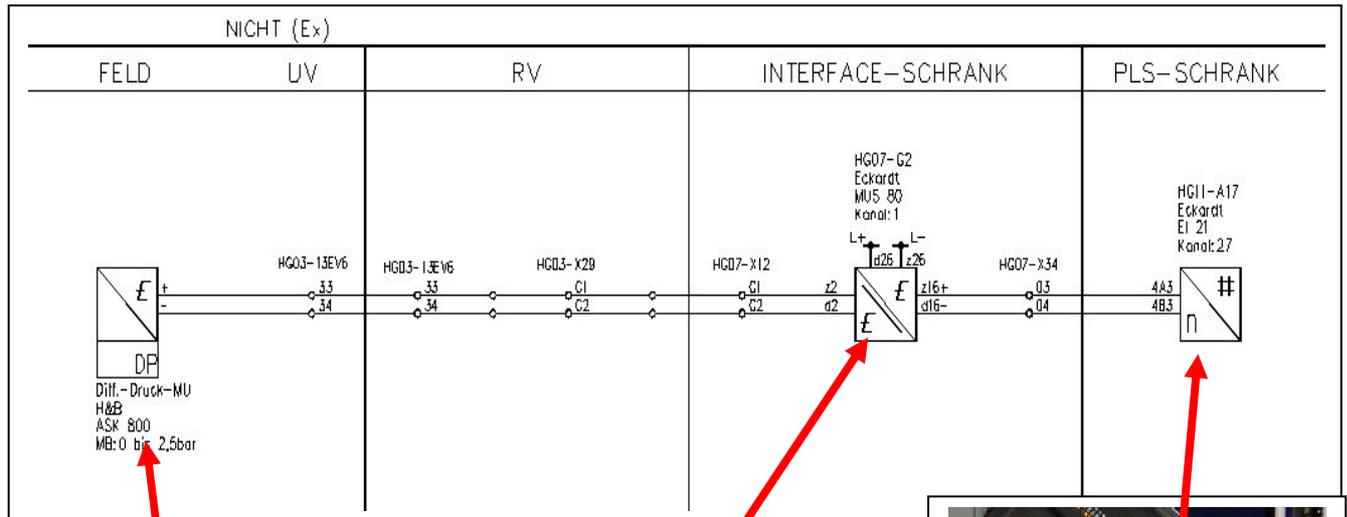




Ingenieurwesen II	<b>Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)</b>	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### 14.3.3.1 Konventionelle Verdrahtung auf ein PLS

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



Differenzdruckmessumformer



Interfacekarte, Messumformerspeisegerät



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



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

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.

### **14.3.3.2 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

Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)

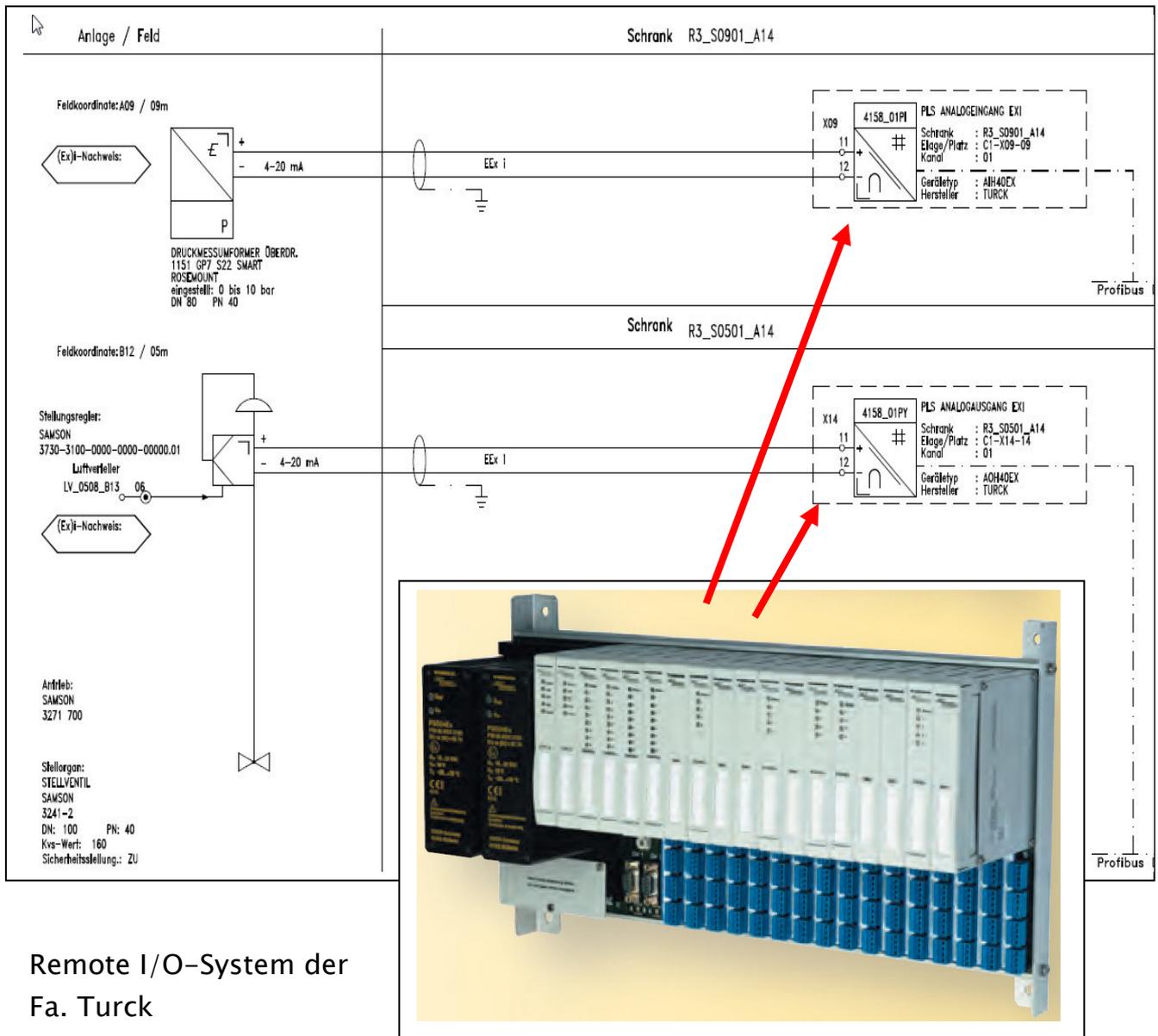
Dipl.-Ing. (FH) M. Trier

Prozesstechnik (BP II)

Automatisierungskonzepte

14.09.2020

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.



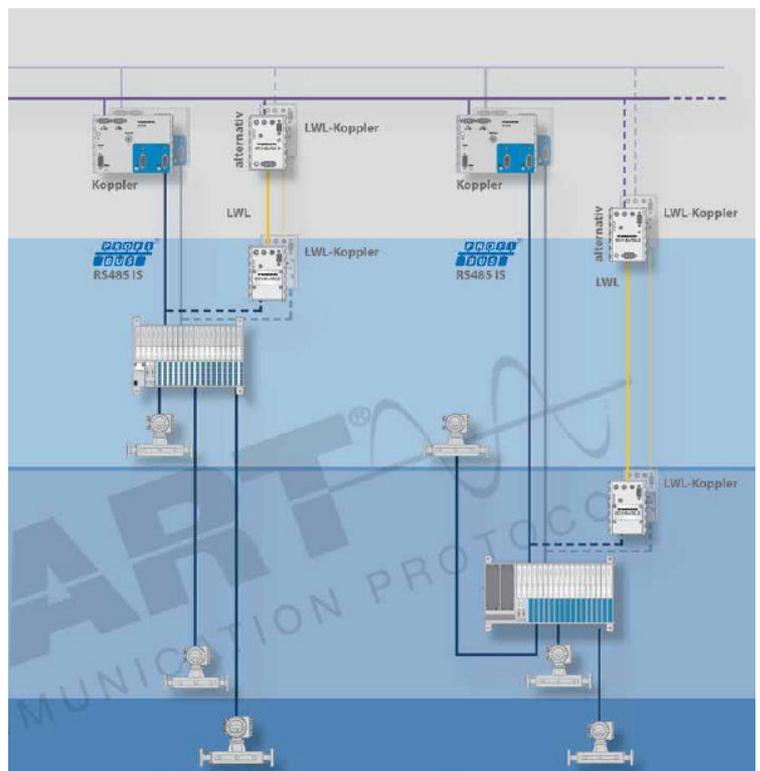
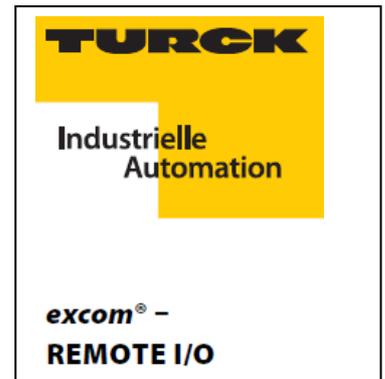
Remote I/O-System der  
Fa. Turck



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	Automatisierungskonzepte	14.09.2020



Übersicht der System-  
Installationen der Fa.  
Turck





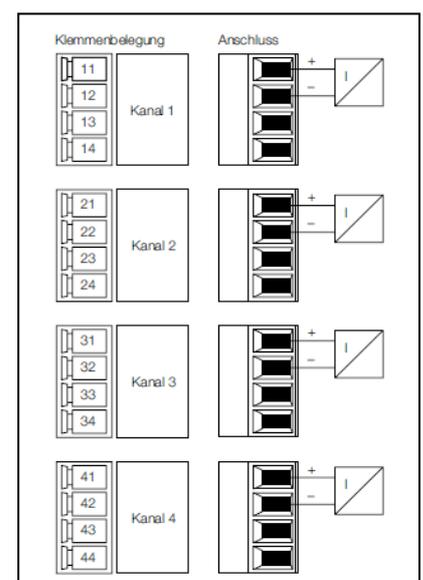
Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	Automatisierungskonzepte	14.09.2020

## 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



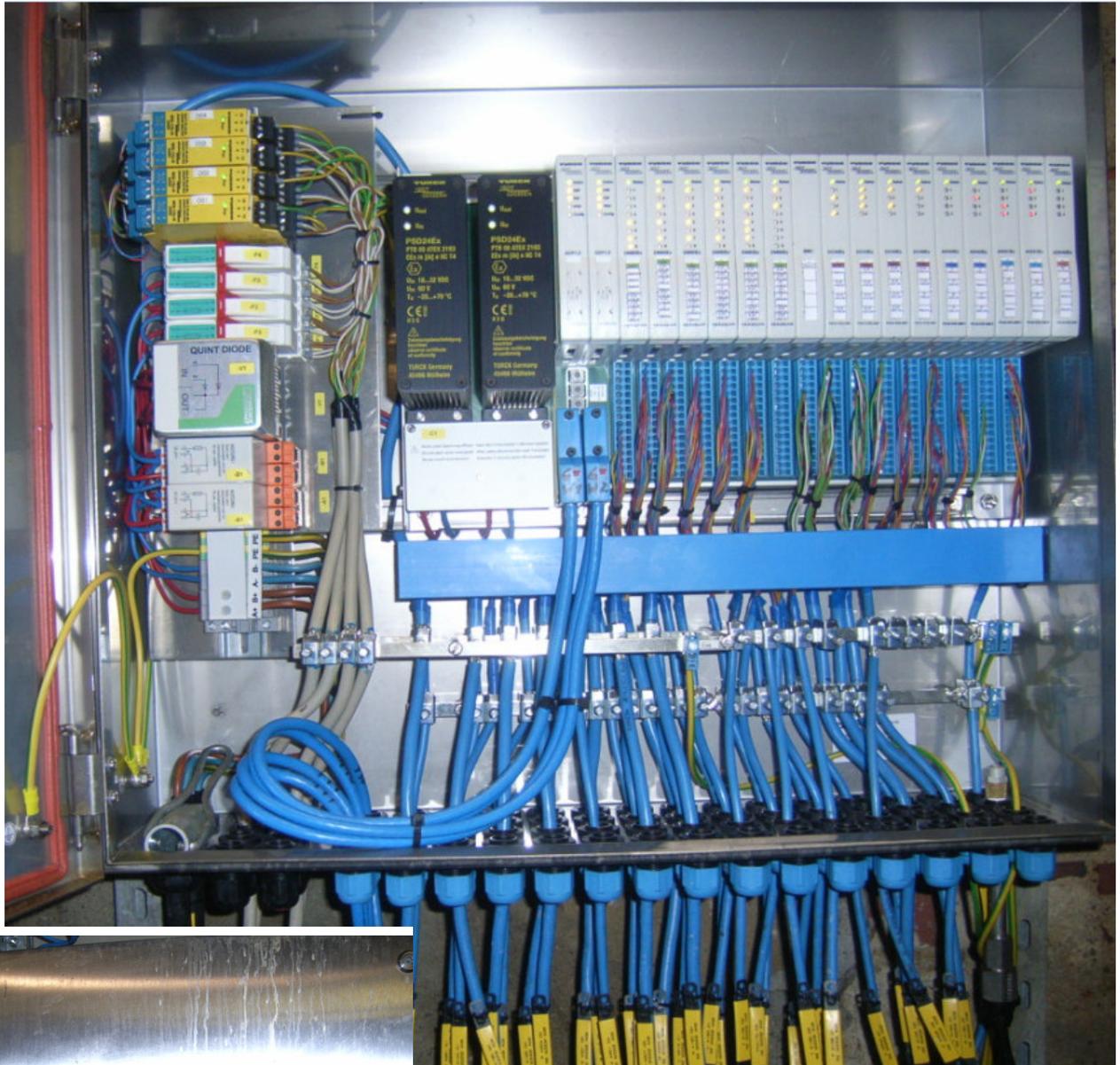
**4-Kanal-Eingangsmodul,  
analog, aktiv, HART®**  
Eingangsmodul zum  
Anschluss von 2-Leiter  
Transmittern  
  
Übertragung von  
HART-Daten





Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### Remote I/O - Vor-Ort-Kasten





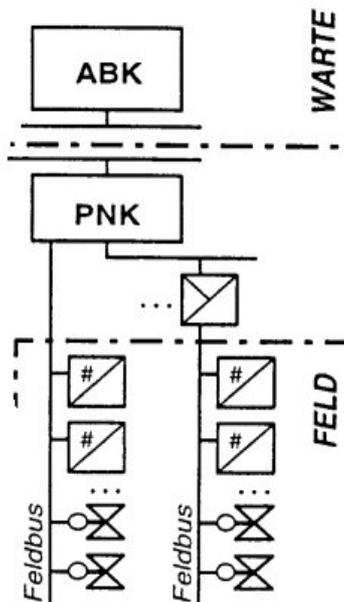
### 14.3.4

### Feldbustechnik

#### Prozessleitungs-Technik

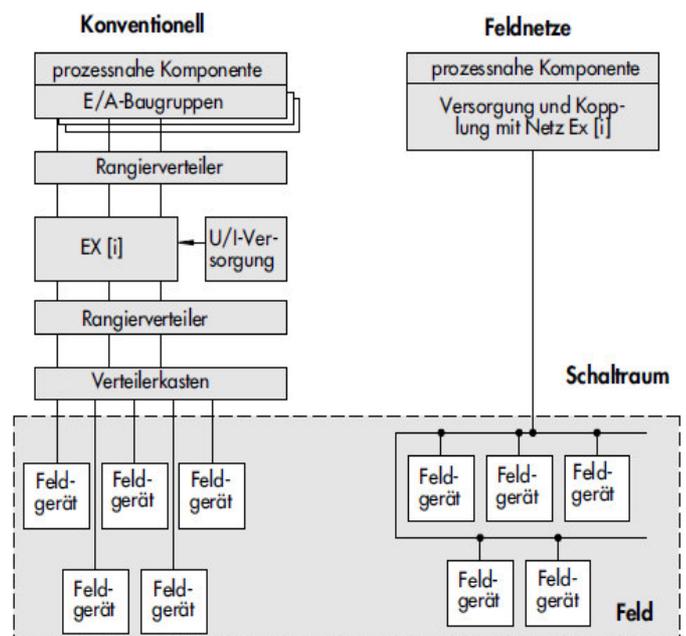
#### Feldbustechnik

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 Prozessleitungs-systeme (nicht proprietäre Software und Hardware), sind ausschlaggebend für die Akzeptanz auch außerhalb des Fachgebietes der Prozessleittechnik.





Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	Automatisierungskonzepte	14.09.2020



### 14.3.4.1 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

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 prozessleitetechnischen Einrichtungen dies zulässt und unterstützt. Deshalb wird bei den NAMUR Anforderungen an den Feldbus dieses Gesamtsystem betrachtet.

### ***14.3.4.1.1 Globale Anforderungen an ein Feldbussystem***

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



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### 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).

#### *14.3.4.1.2 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### 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 Stickleitlänge 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

Angebundene 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

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.

#### *14.3.4.1.3 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### 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	<b>Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)</b>	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### *14.3.4.1.4 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	<b>Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)</b>	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

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

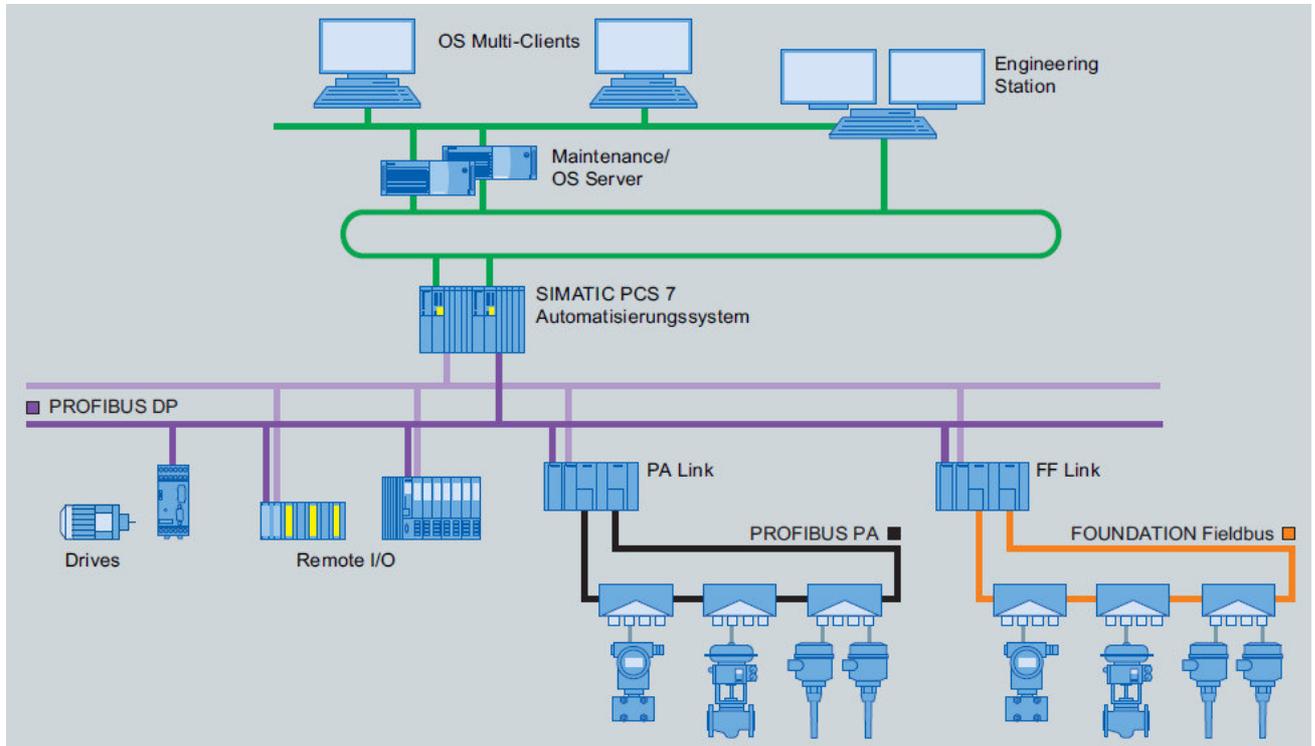
Zu den genannten Anforderungen ergeben sich zusätzlich noch Voraussetzungen für den industriellen Einsatz:

- 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



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	Automatisierungskonzepte	14.09.2020

## 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### 14.3.4.2 Profibus

#### 14.3.4.2.1 Profibus PA

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

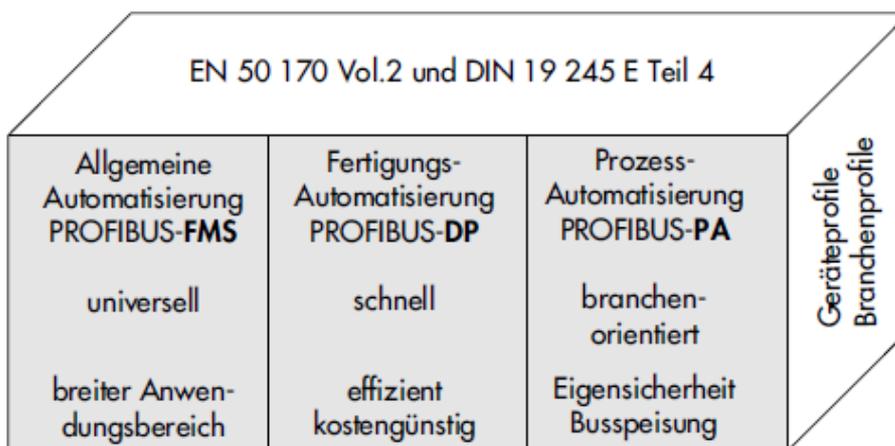


PROFIBUS-PA ist eine von drei zueinander kompatiblen Varianten der PROFIBUS-Familie. PROFIBUS ist ein offenes, herstellernertrales Bussystem, das in der DIN 19245 genormt ist. Seit März 1996 wurde diese Norm unverändert in die Europäische Norm EN 50 170 Volume 2 übernommen.

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).



#### 14.3.4.2.2 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### 14.3.4.2.3 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.

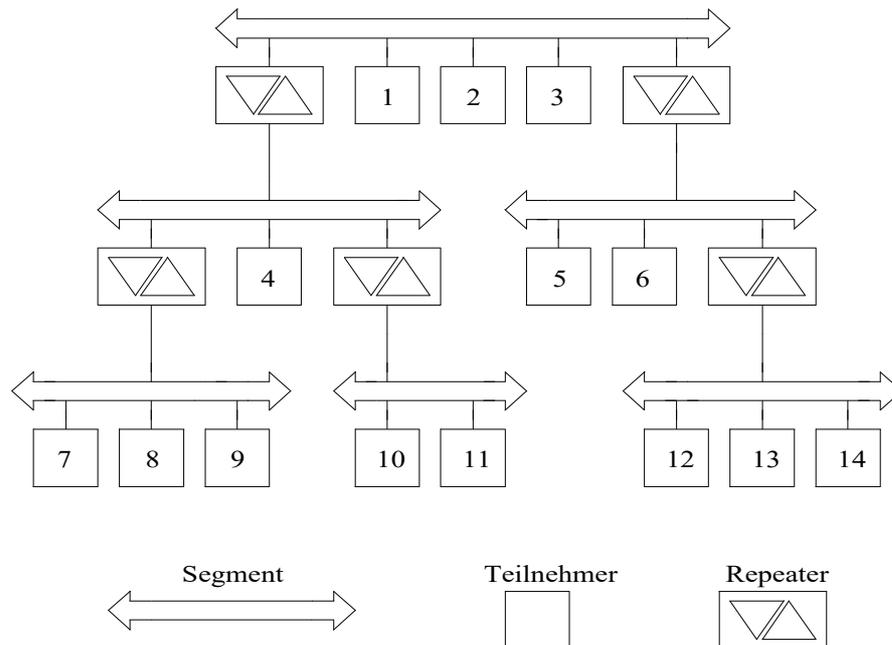
Die folgenden **Eigenschaften** sind für den PROFIBUS-DP in der Norm 50170 festgelegt.

- 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 mm<sup>2</sup>**, 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

- 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 **Übertragungsrate abhängig** (elektrischer Aufbau).



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

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 0	1200 0	1200 0	1000 0	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.**

#### **14.3.4.2.4 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

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

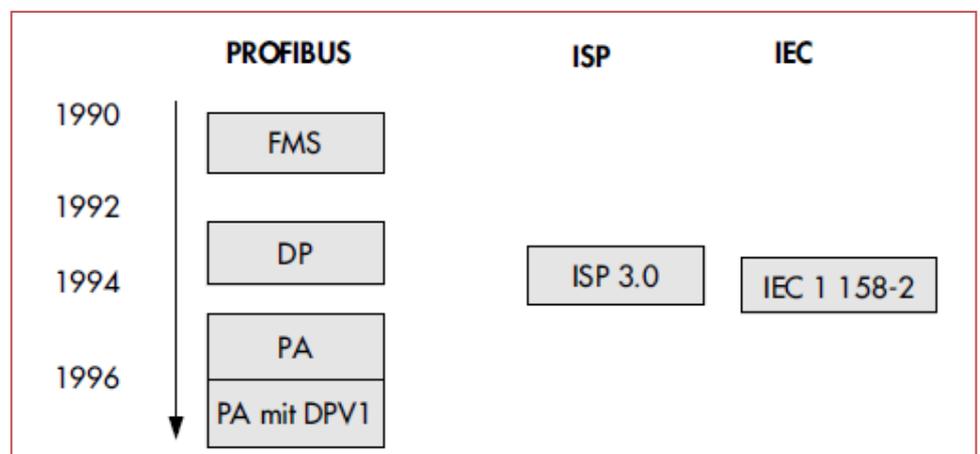
### Eigenschaften

- 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** auswechselbar
- **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

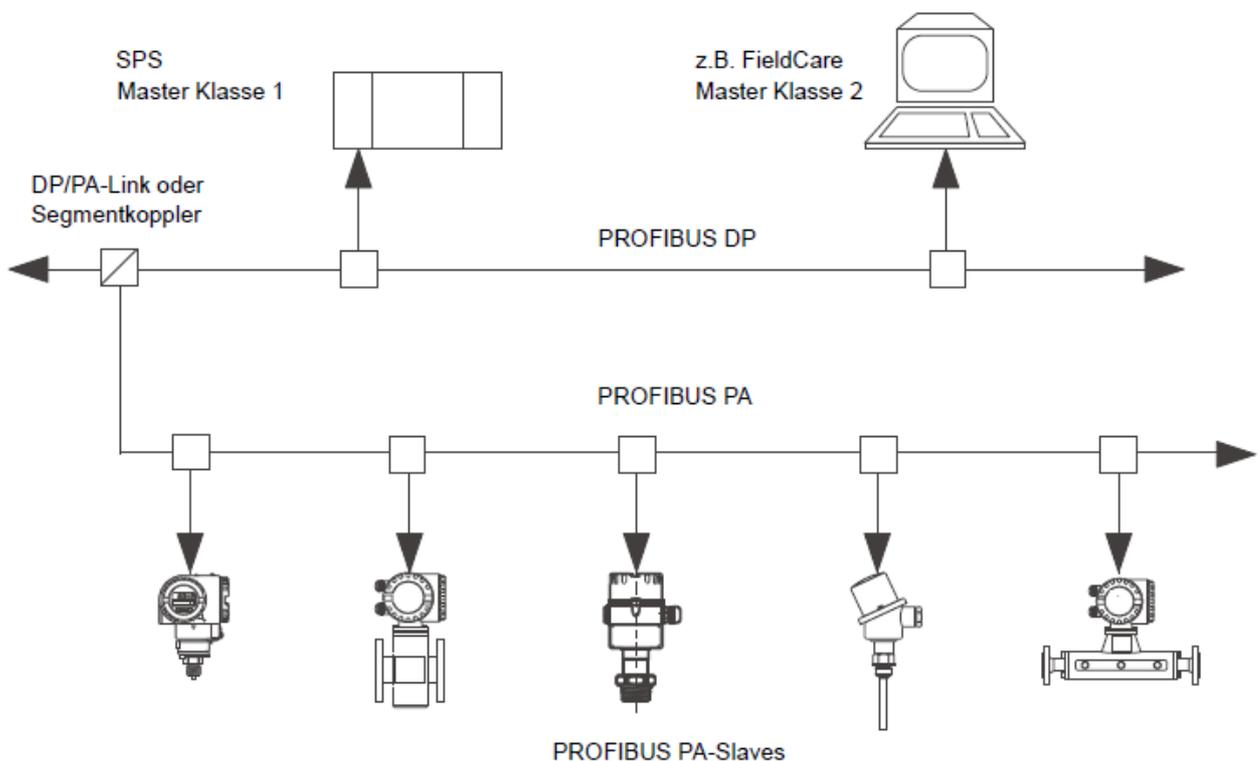
für eigensichere Installationen und busgespeiste Feldgeräte vor.





Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

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.



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### 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 COnccept).

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.

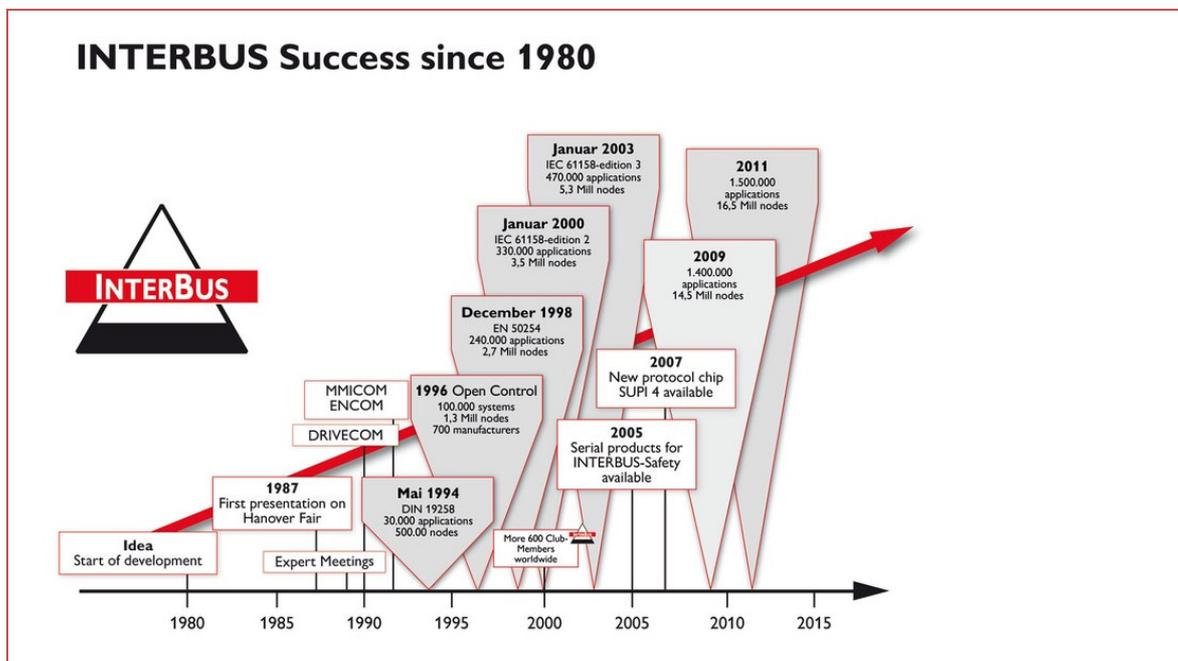


Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	Automatisierungskonzepte	14.09.2020

### 14.3.4.3 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).

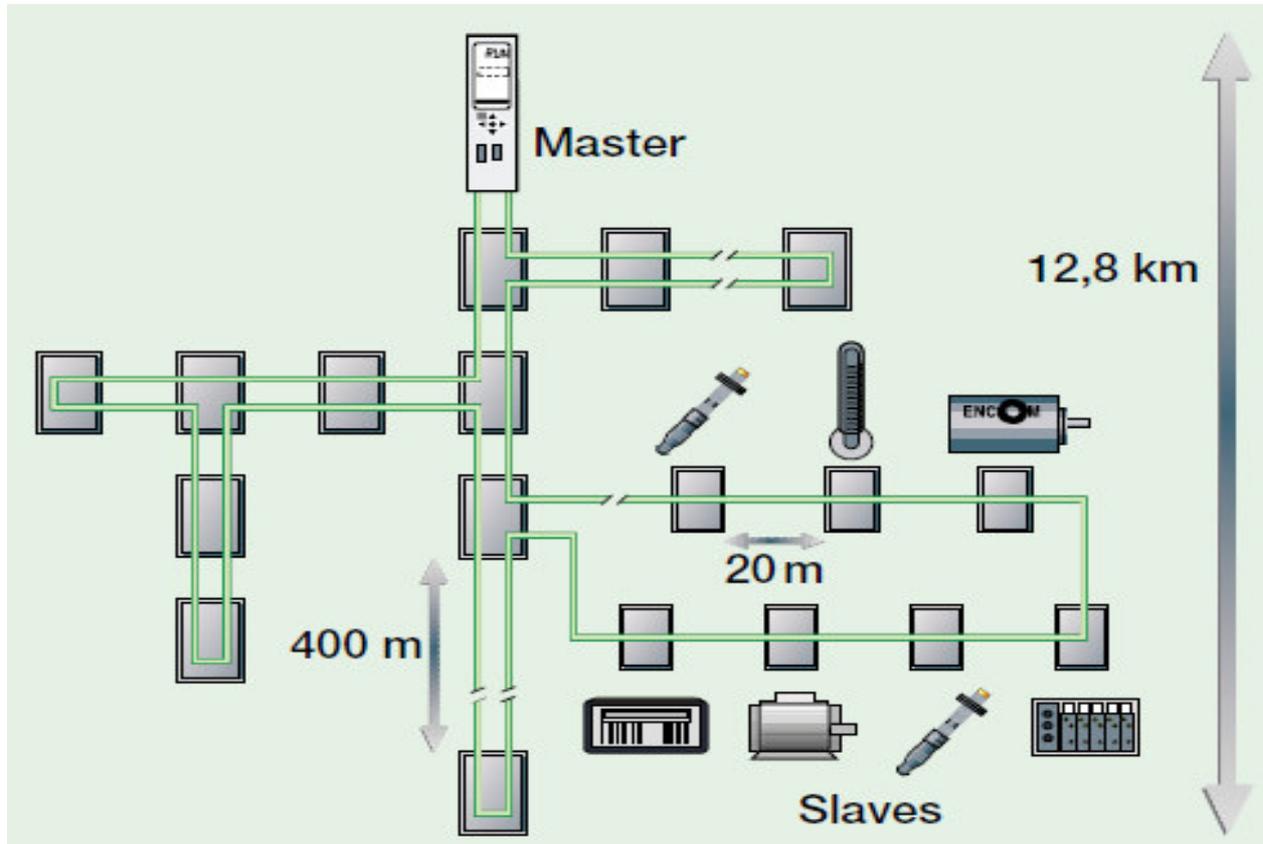


Topologisch ist INTERBUS ein Ringsystem, d. h. alle Teilnehmer sind aktiv in einen geschlossenen Übertragungsweg eingebunden. Jeder Teilnehmer regeneriert das ankommende Signal und leitet es weiter. Als Besonderheit gegenüber anderen Ringsystemen werden beim INTERBUS-System sowohl die Datenhinleitung 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.



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	Automatisierungskonzepte	14.09.2020

## 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

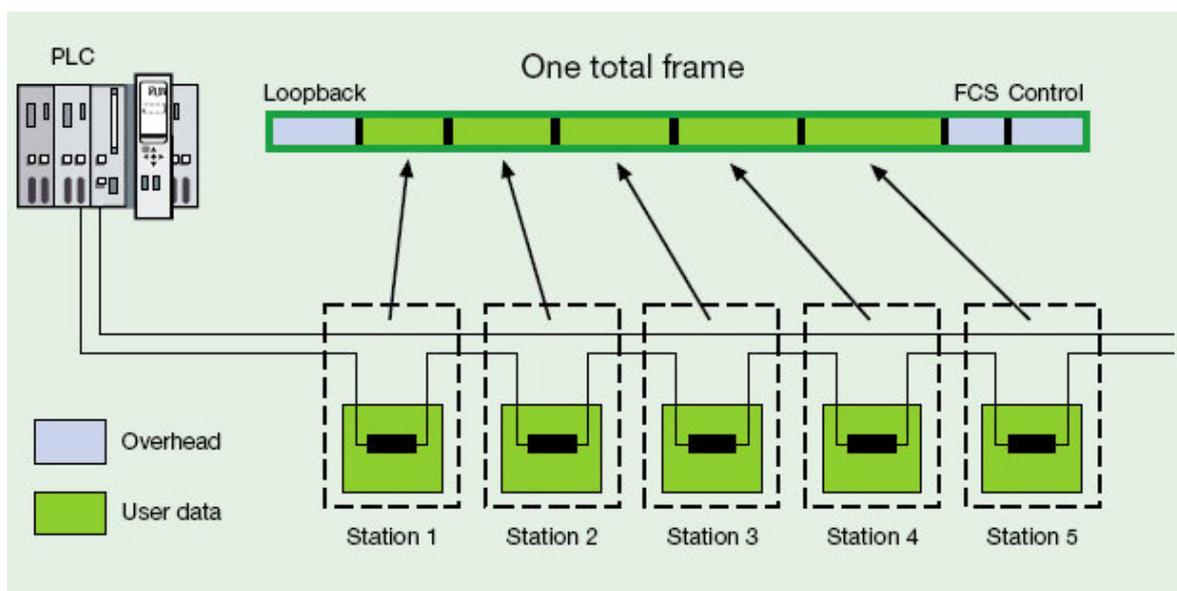


Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### 14.3.4.4 Foundation Fieldbus



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

Aus technischen und wirtschaftspolitischen Gründen formierte :  
ISP (.Interoperable Systems Project.) und dem WorldFIP (Flux Infc  
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.

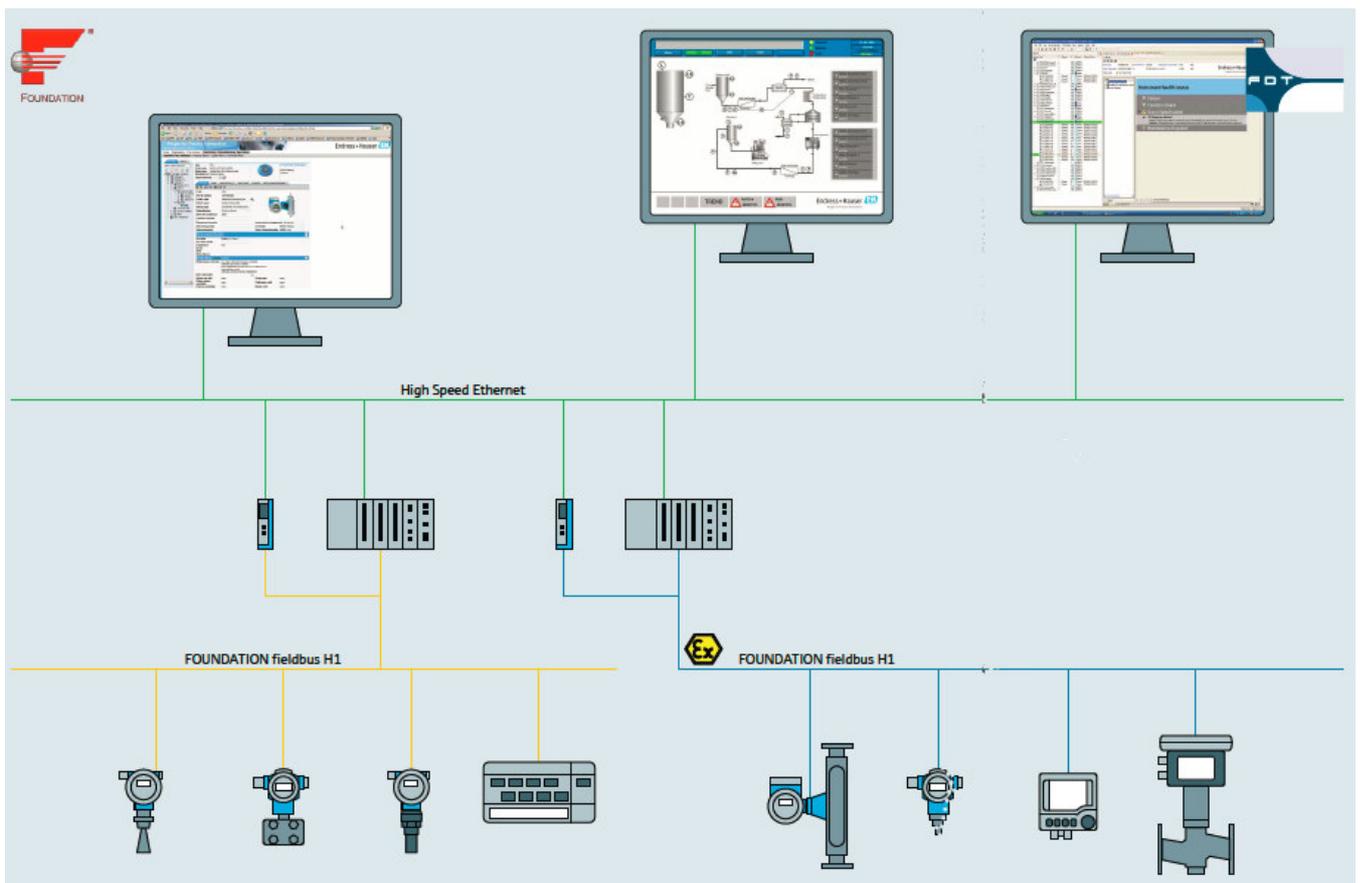
Der FOUNDATION Fieldbus ist ein digitaler Feldbus die Echtzeit-Kommunikation,  
speziell auf die Anforderungen der Prozessautomatisierung ausgerichtet. Er ersetzt  
die konventionellen analogen 4..20mA- und binären Ein/Aus-Signale und  
ermöglicht die Einbindung von Geräten wie Messumformer, Analysegeräte,  
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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	Automatisierungskonzepte	14.09.2020

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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	Automatisierungskonzepte	14.09.2020

- 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

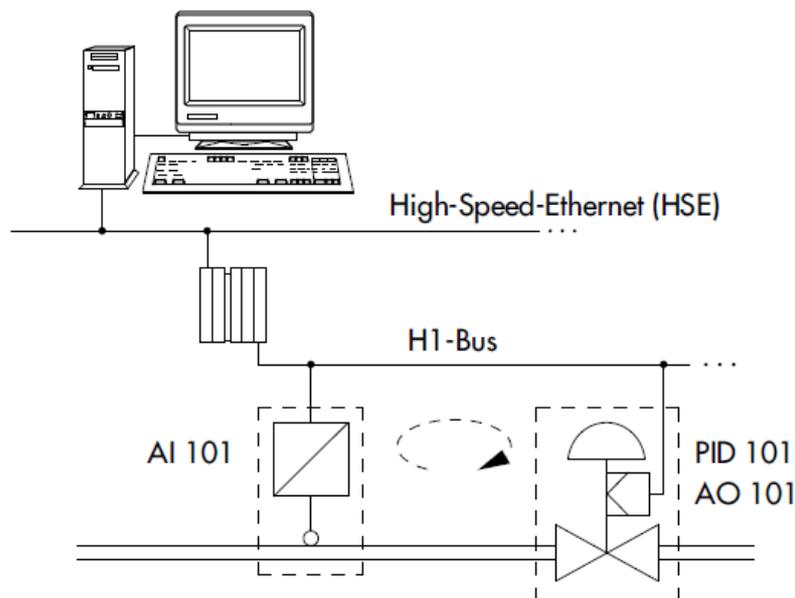
- Für Regelaufgaben existieren die Blöcke
- .Proportional/Derivative. (PD-Regler) oder
  - .Proportional/Integral/Derivative. (PID-Regler).



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

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.



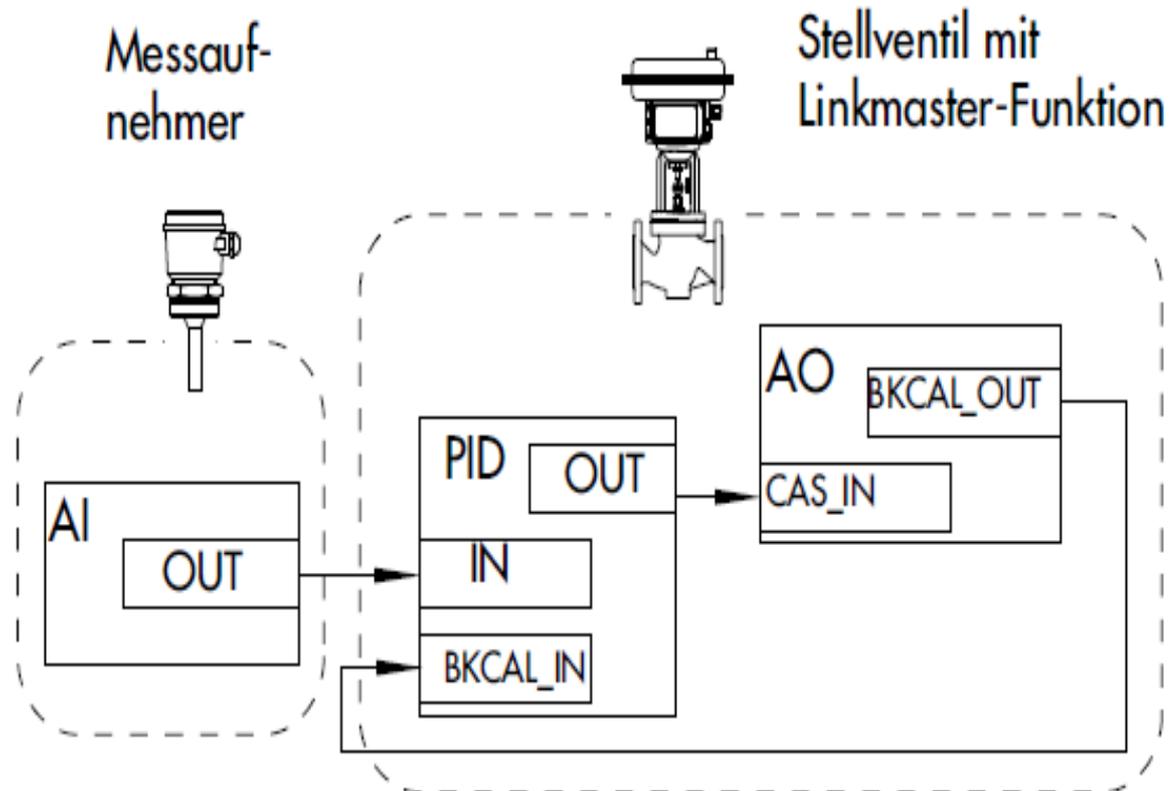
Die erweiterte Funktionalität der Feldbusgeräte erfordert eine leistungsfähige Geräte-Hardware sowie eine umfangreiche Software-Implementierung mit entsprechend aufwendigen Geräteschnittstellen.

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



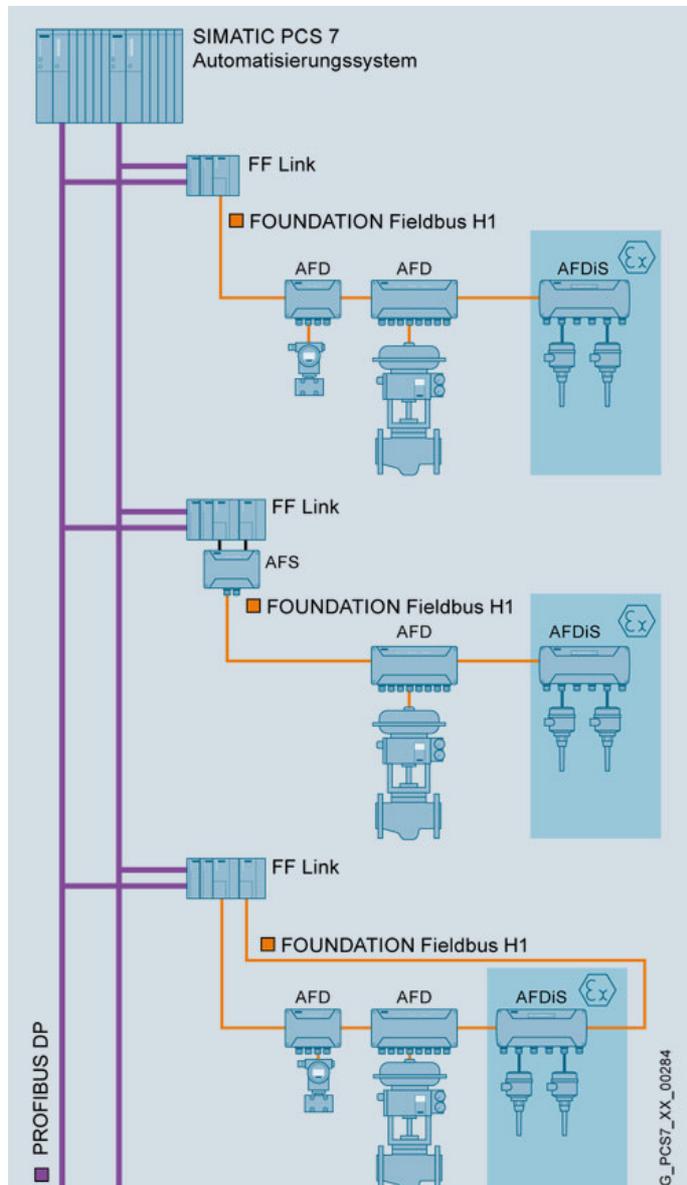
Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

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.





### 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### **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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

- 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

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



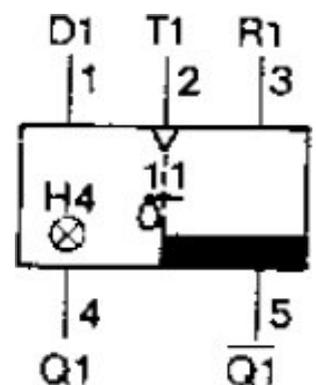
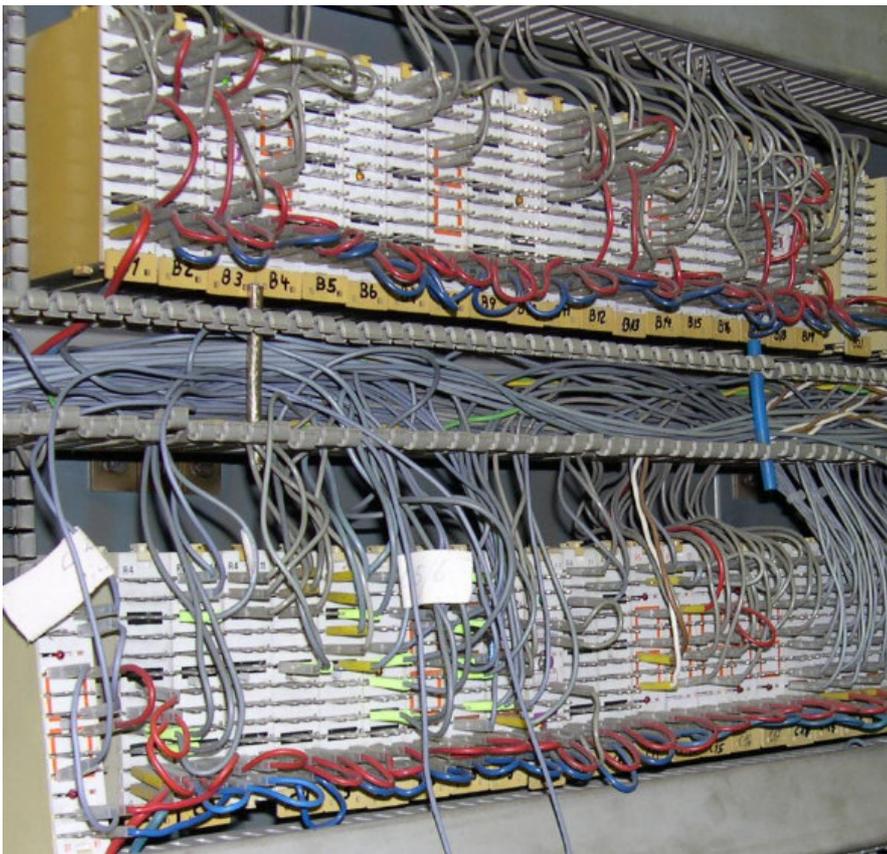
Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	Automatisierungskonzepte	14.09.2020

## 14.4 VPS, SPS, SSPS und PLS

### 14.4.1 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	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### 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

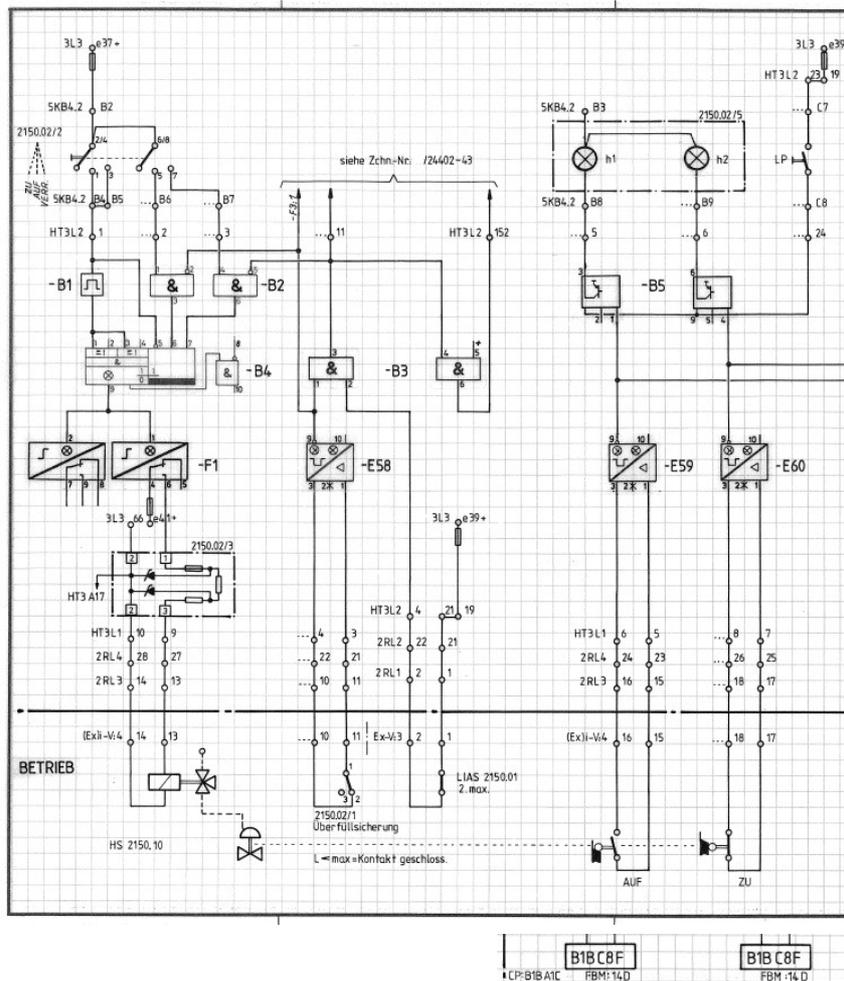
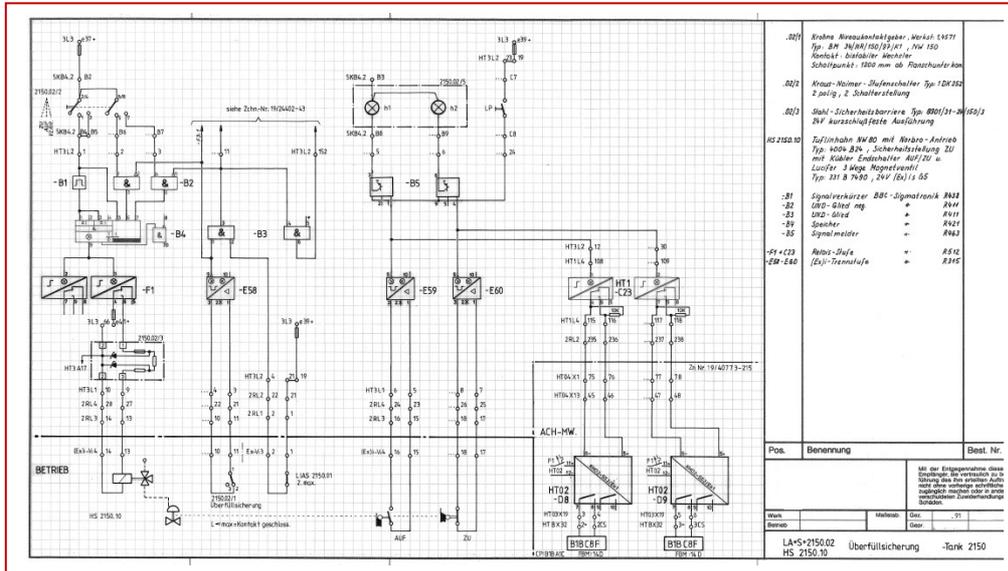
**Technische Daten:**

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



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	Automatisierungskonzepte	14.09.2020

### Beispiel eines Verriegelungsplanes



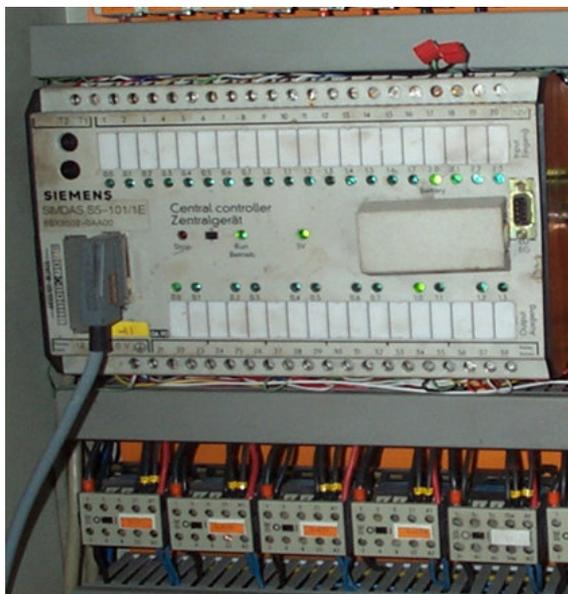
.02/1	Krahe Niveaunkontaktgeber, Werkst. 14571 Typ. BM 34/NR/150/93/K1, NW 150 Kontakt: bistabiler Wechsler Schaltpunkt: 1200 mm ab Flanschunterkam	
.02/2	Kraus-Naimer - Stufenschalter Typ: 1DK252 2 polig, 2. Schalterstellung	
.02/3	Stahl - Sicherheitsbarriere Typ: 8501/31-24/150/3 24V kurzschlußfeste Ausführung	
HS 2150.10	Tuflinhahn NW 80 mit Noibro - Antrieb Typ: 4004-B24, Sicherheitsstellung ZU mit Kübler Endschalter AUF/ZU u. Lucifer 3 Wege Magnetventil Typ: 331 B 74-90, 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.
Mit der Entgegennahme des Empfängers, sie vertraulich zu führen, die ihm erteilt ist, nicht ohne vorherige schriftliche Zustimmung des Absenders zu veröffentlichen, zu reproduzieren oder in irgendeiner Weise zu verbreiten.		
Werk	WESSELING	Maßstab: Gez. 17.7.91
Betrieb	MMA-Tkfg.	Gepr.
LA+S+2150.02 HS 2150.10		Überfüllsicherung -Tank 2150



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### 14.4.2 Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS)

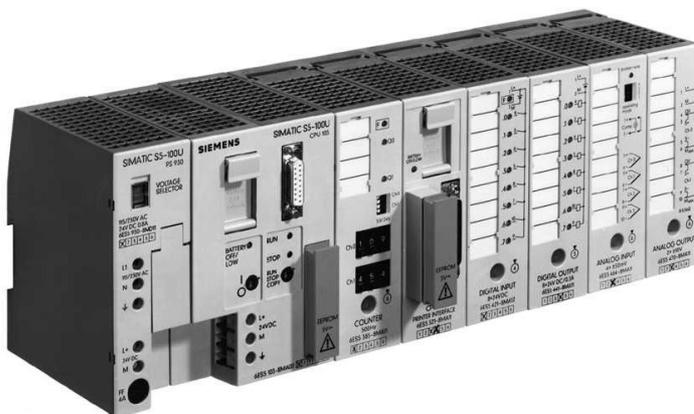
Eine Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS, engl. *Programmable Logic Controller, PLC*) ist ein Zusammenschluss von Baugruppen (Stromversorgung, CPU, I/O-Karten, Kommunikationsbaugruppen etc.), die zur Steuerung und/oder Regelung einer Maschine oder Anlage eingesetzt werden. Nach der Ära der VPS-Systeme 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

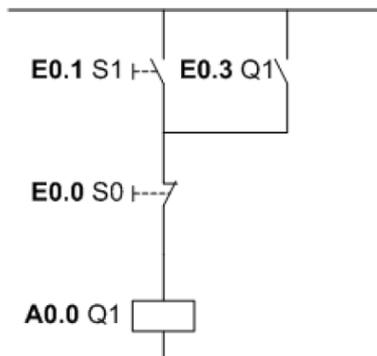


S5-100U



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### Beispiel einer Programmierung in KOP, FUP und AWL

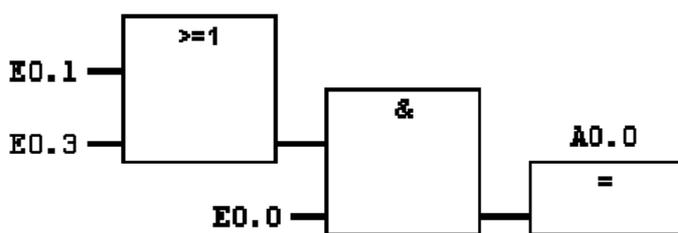
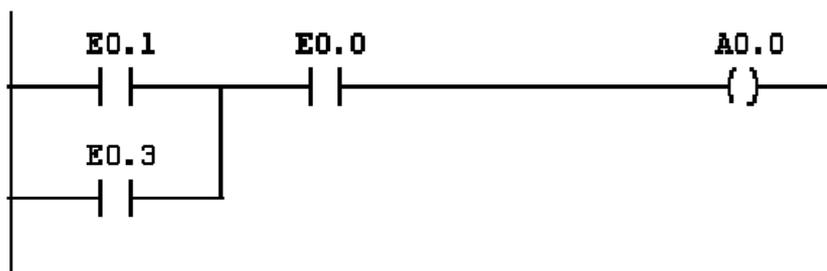


In dem hier links abgebildeten Beispiel, geht es um das vorrangige Ausschalten eines Antriebes.

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

```



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020



Siemens Simatic S7-400U

### 9.4.3 Sicherheitsgerichtete speicherprogrammierbare Steuerungen (SSPS)



Hima HIQuad

Hima HIMax

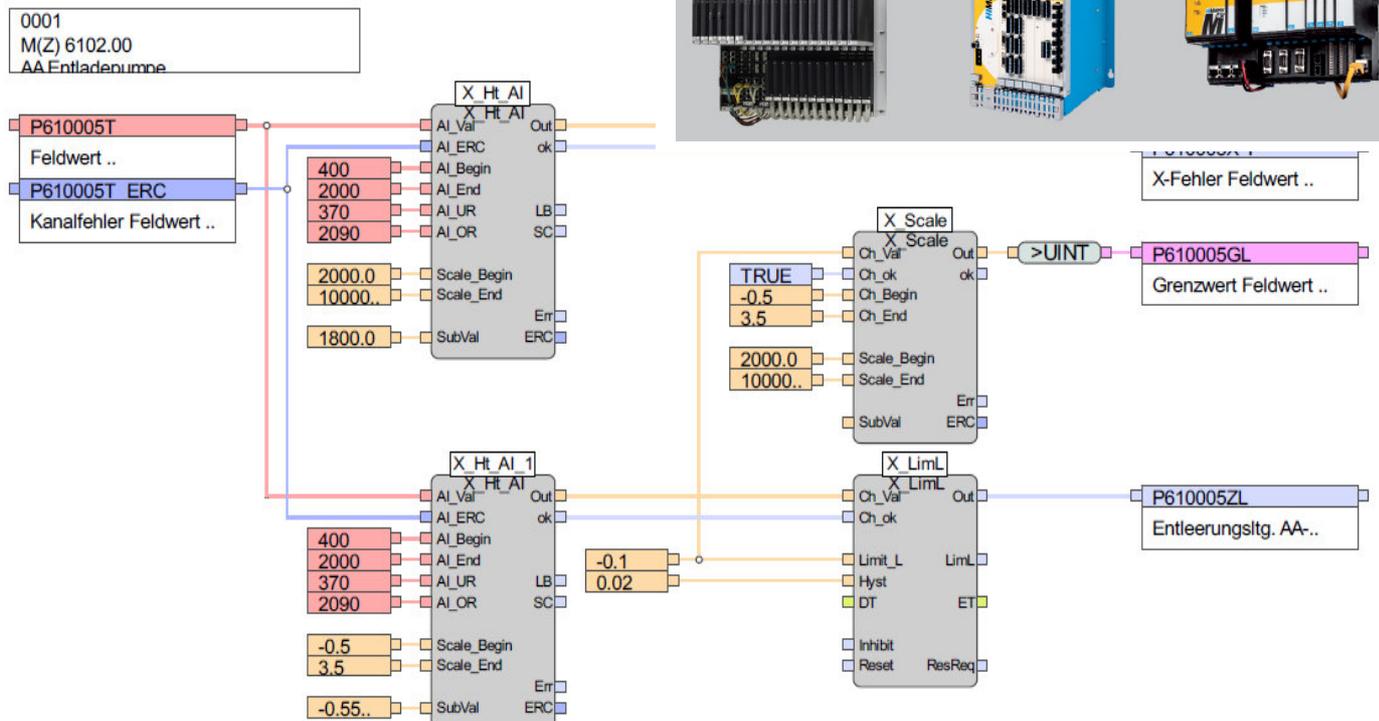


Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	Automatisierungskonzepte	14.09.2020

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.

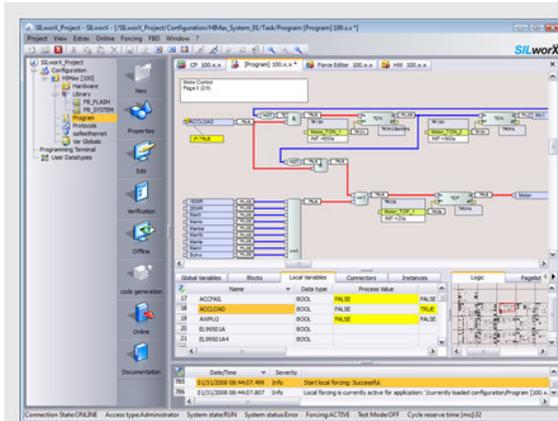
Alle sicherheitsgerichteten SPS-Ausführungen haben zum Ziel, im Zweifel die Anlage möglichst schnell in einen sicheren Zustand zu versetzen. Dieses Ziel steht zwangsläufig in Konflikt mit dem Wunsch nach einer Erhöhung der Verfügbarkeit der Anlage (= Zuverlässigkeit).

### SILworX-Programmierung der Fa. Hima

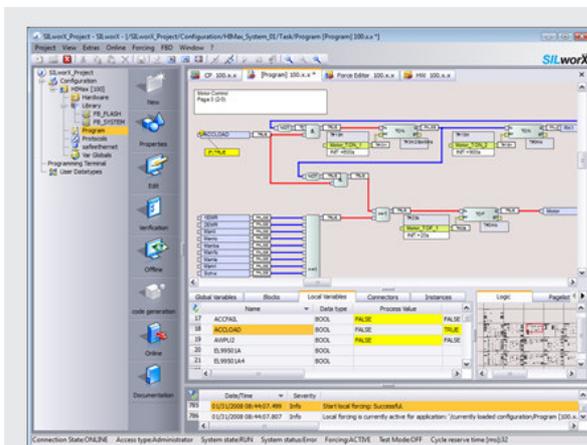




Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020



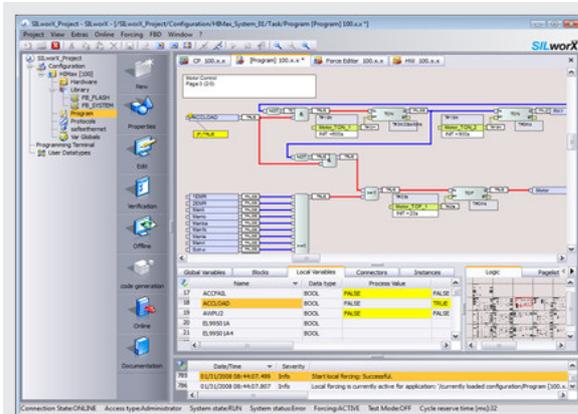
- Ein Engineeringtool für HIMax<sup>®</sup>- und HIMatrix<sup>®</sup>-Systeme
- Integriertes Konfigurations-, Programmier- und Diagnose-Tool
- Hilft Anwenderfehler zu vermeiden
- Beschleunigt Engineering und Inbetriebnahme
- Intuitive Benutzeroberfläche mit vollgrafischer Programmierung (Drag&Drop)
- 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)



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	Automatisierungskonzepte	14.09.2020



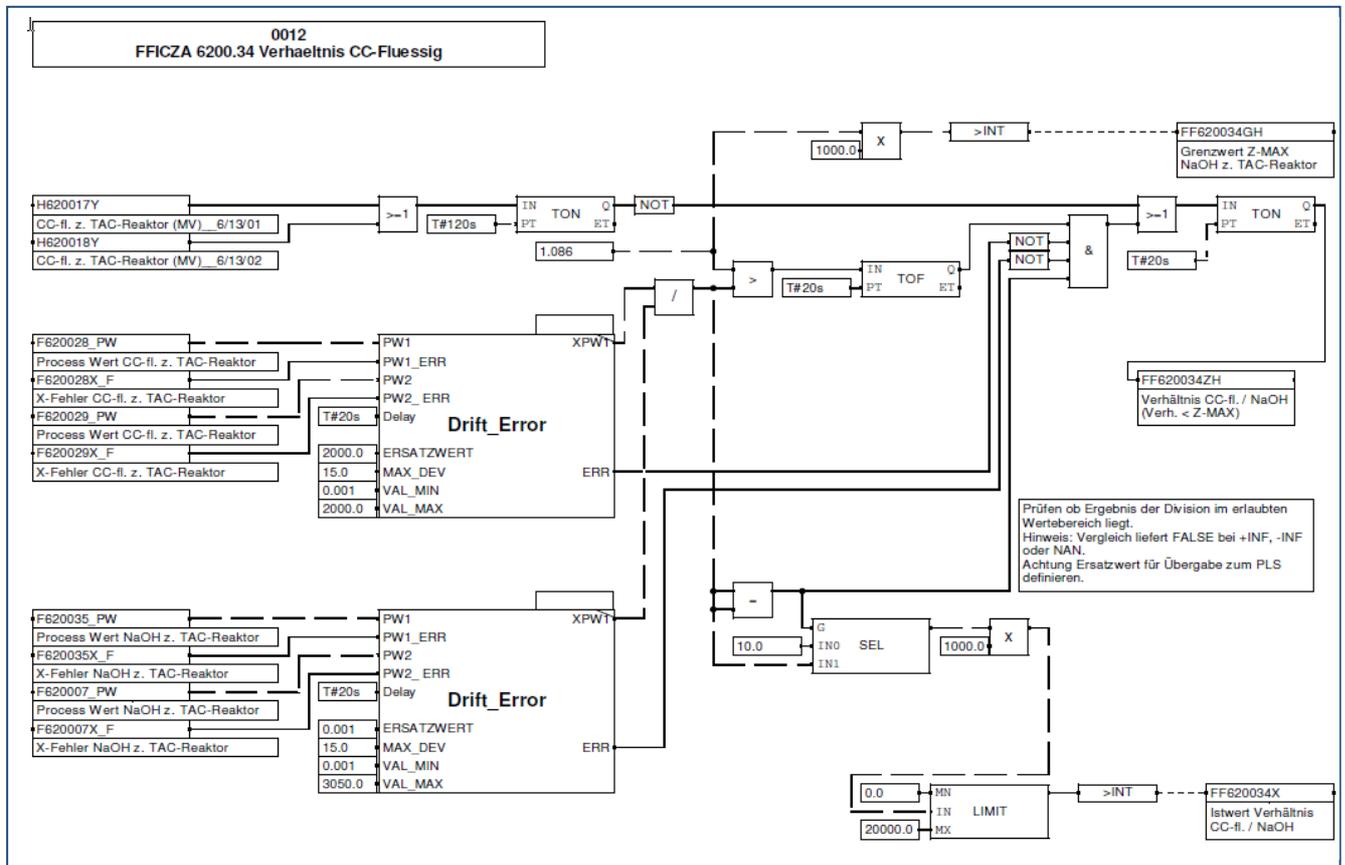
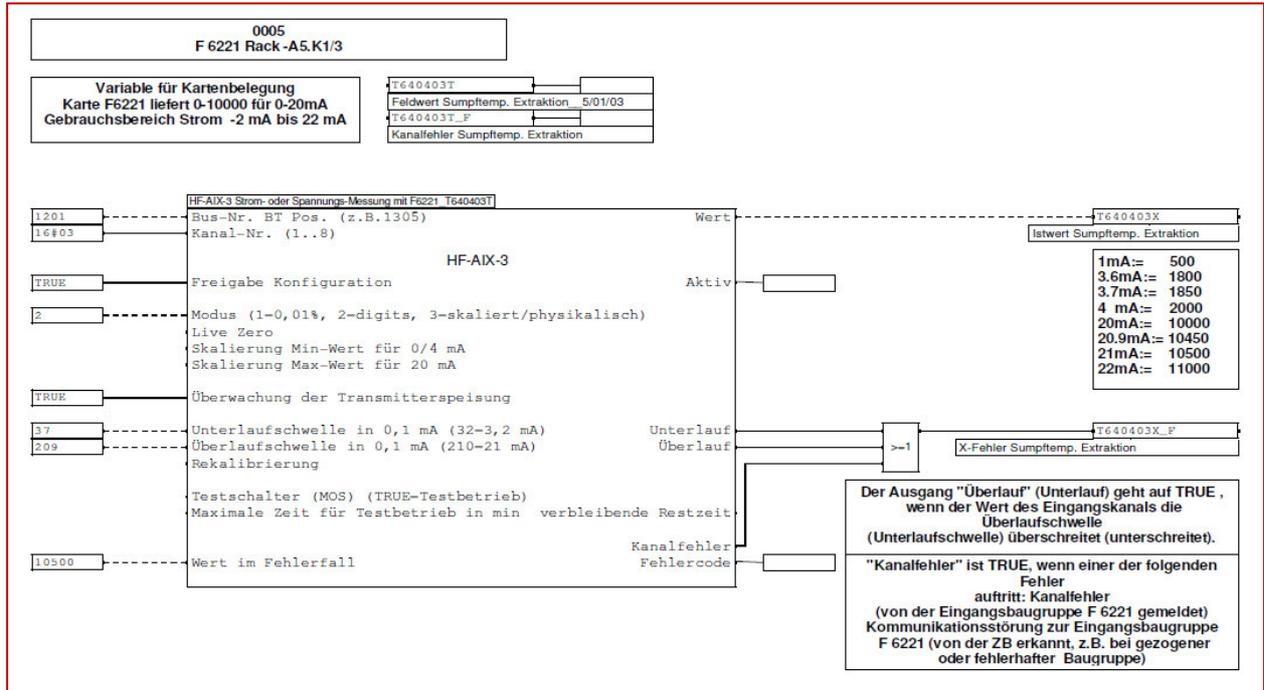
- Unterstützt Reload für Hardware-, Kommunikations- und Logikänderungen
- Sicherer Vergleich für Hardware und Logikänderungen mit Detail-Ansicht und „Gehe zu“
- Sichere doppelte Code-Generierung mit Code-Vergleich
- Kennwortschutz für Projekt und Steuerungszugriff
- Unterstützt Multitasking für bis zu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

Intuitive Benutzeroberfläche mit grafischer Drag&Drop-Programmierung. Abbildung zeigt den geöffneten Funktionsbaustein-Editor in der Online-Ansicht.



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	Automatisierungskonzepte	14.09.2020

### ELOP II-Programmierung der Fa. Hima





Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	<b>Automatisierungskonzepte</b>	14.09.2020

### 14.4.4 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:

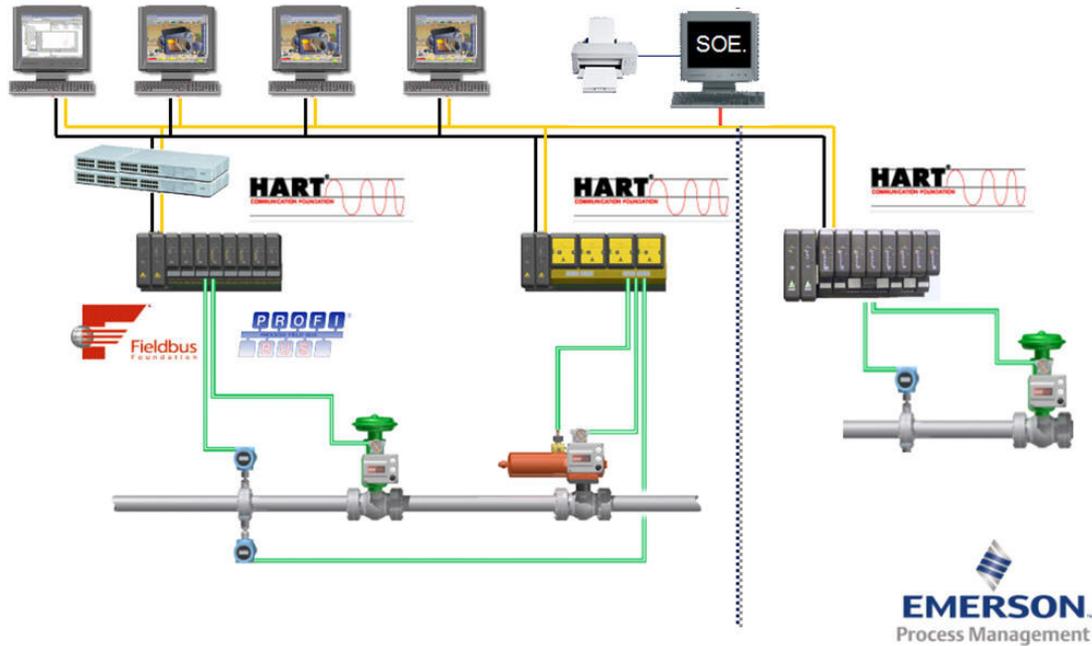
- PNK zur Steuerung von Aktoren und Aufnahme der Messwerte
- Alarmsystem
- Anlagenvisualisierung
- Kurvenaufzeichnung von analogen Messwerten
- Benutzerverwaltung
- Möglichkeiten des Engineerings.

Die Grundanforderungen an ein Prozessleitsystem sind:

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



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	Automatisierungskonzepte	14.09.2020

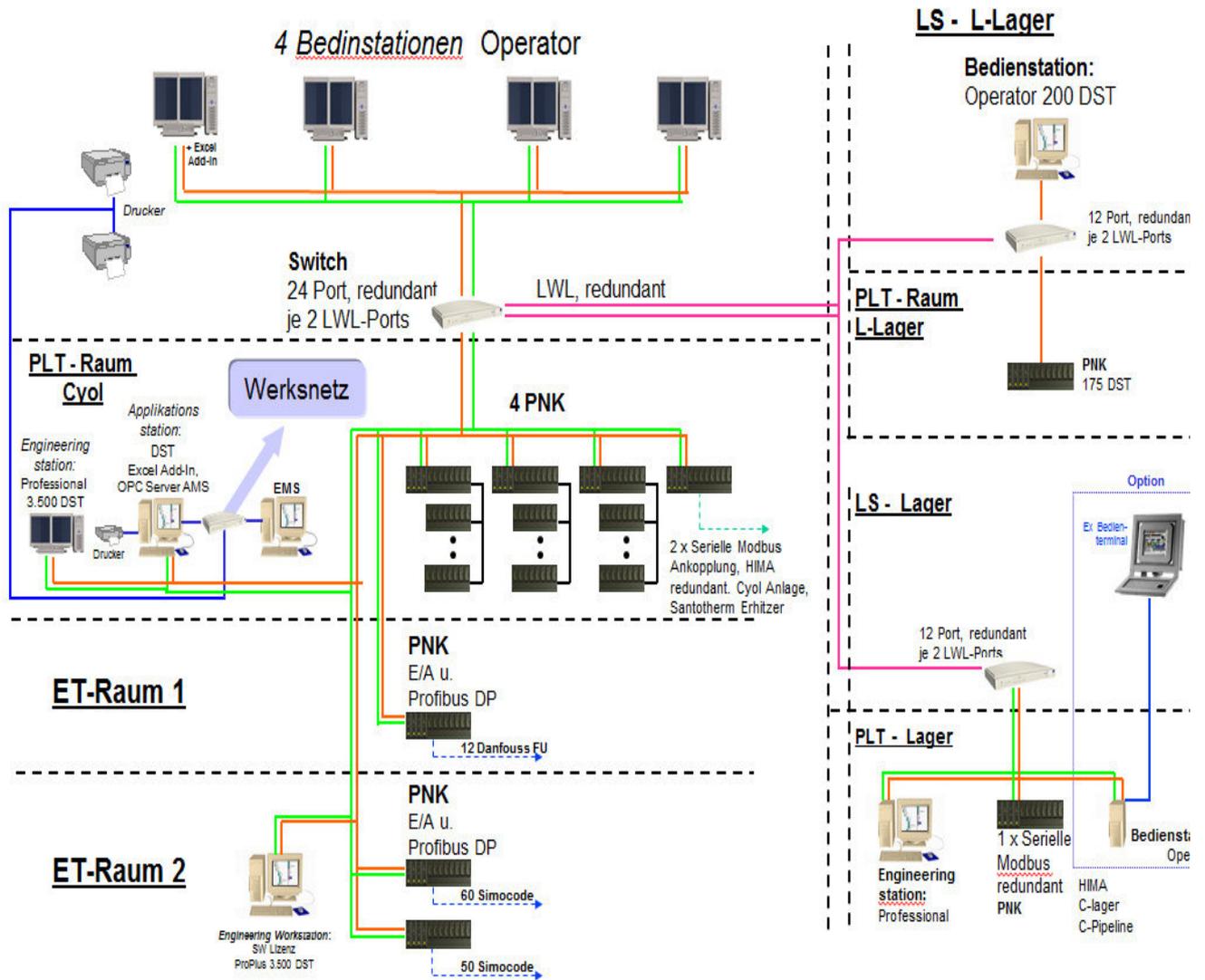


Prozessnahe Komponenten (PNK)



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	Automatisierungskonzepte	14.09.2020

### Beispiel einer PLS-Konfiguration





Prozessbedienbilder

**LOOP\_OLD**  
PID control loop  
0.0  
100.0 % no units 100.0  
Mode...  
AUTO  
MAN  
Param  
LO\_ALM  
Unit: EQUIP1

**Detail**  
PID\_LOOP\_3  
PID control loop

Limits		Alarms		Priority	Enab	Supp
Hi Hi Lim	100.0	Hi Hi		CRITICAL		
Hi Lim	95.0	Hi		WARNING		
Dev Hi Lim	0.0	Dev Hi		ADVISORY		
Dev Lo Lim	0.0	Dev Lo		ADVISORY		
Lo Lim	5.0	Lo		WARNING		
Lo Lo Lim	0.0	Lo Lo		CRITICAL		
Out Hi Lim	100.0	PV Bad		CRITICAL		
Out Lo Lim	0.0	Priority Adj		0		
ARW Hi Lim	100.0	Diagnostics				
ARW Lo Lim	0.0	MERROR	MSTATUS	BLOCK_ERR		
SP Hi Lim	100.0	Error	Clear Error			
SP Lo Lim	0.0	IO Input Error				
Alm Hysteresis	0.5 %	Function Block Bad Active				

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  
PI action on error, D action on PV  
I Deadband: 0.0



Ingenieurwesen II	Mess-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR)	Dipl.-Ing. (FH) M. Trier
Prozesstechnik (BP II)	Automatisierungskonzepte	14.09.2020

### Symbole am oberen Rand des Bildschirms



Verwaltung des Systems und der Bilder



### Symbole am unteren Rand des Bildschirms



Alarmhandling und Systemüberwachung

### Trenddarstellung

