



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN

Prozessleittechnik

Aufgaben und Strukturen

VL Prozessleittechnik I (SS 2011)
Professur für Prozessleittechnik

Übersicht

- Einordnung des Themengebiets
- Historische Entwicklung
- Aufgaben der PLT
- Strukturen und Architekturen

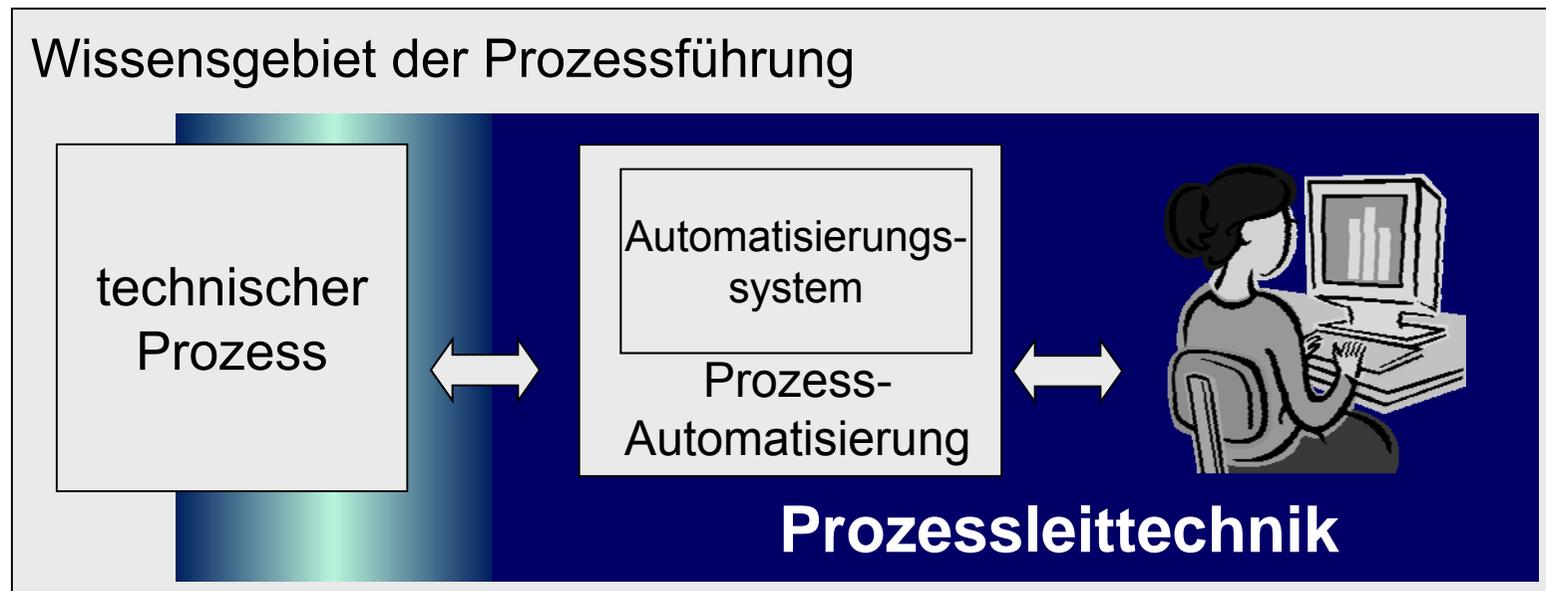
Einordnung des Themengebiets

Prozessleittechnik (PLT)

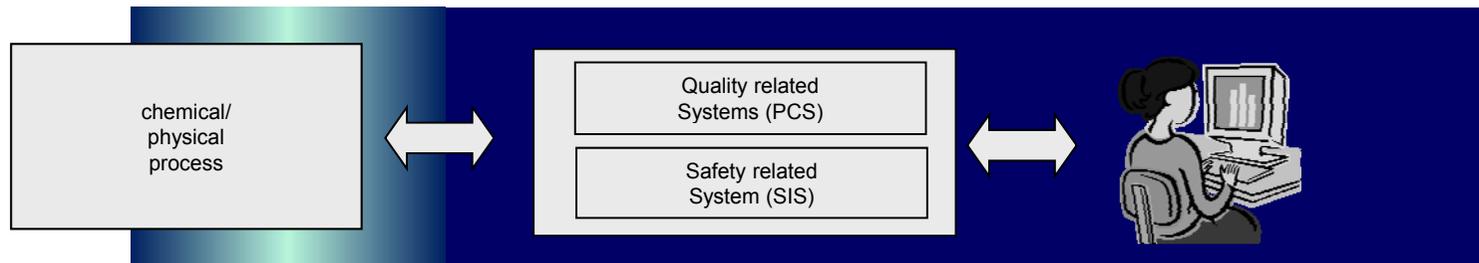
- 1980: Arbeitstitel für die Zusammenführung von MSR und Elektrotechnik bei Bayer (Polke 1994), heute EMR
- Heute: Zusammenführung von
 - Mess,- Steuer, und Regelungstechnik
 - **Signalorientiert**
 - Systemtheorie, Regelungsentwurf
 - Informations- und Kommunikationstechnik
 - **Informationsorientiert**
 - Informatik, Entwurf von Rechnerkomponenten (Hard- und Software)
 - Mensch-Maschine-Systemtechnik
 - **Prozessorientiert**
 - Human Factors, Entwurf von zuverlässigen Mensch und Maschine umfassenden Gesamtsystemen

Prozessführung

- Mittel und Methoden zur zielgerichteten Planung und Ausführung von Prozessführungsstrategien für den **sicheren** und **wirtschaftlichen** Betrieb von technischen Prozessen.



Arbeitsgebiete der Professur für PLT



Integrated PCS Engineering



Human Factors Engineering



Lehrmodule

Mikrorechentechnik

Algorithmen, Datenstrukturen, Programmiersprachen

Prozessleittechnik

Aufgaben, Architekturen, Dienste, Methoden

WPFS

Wissensbasierte
Prozessführungs-
systeme

CAE-PA

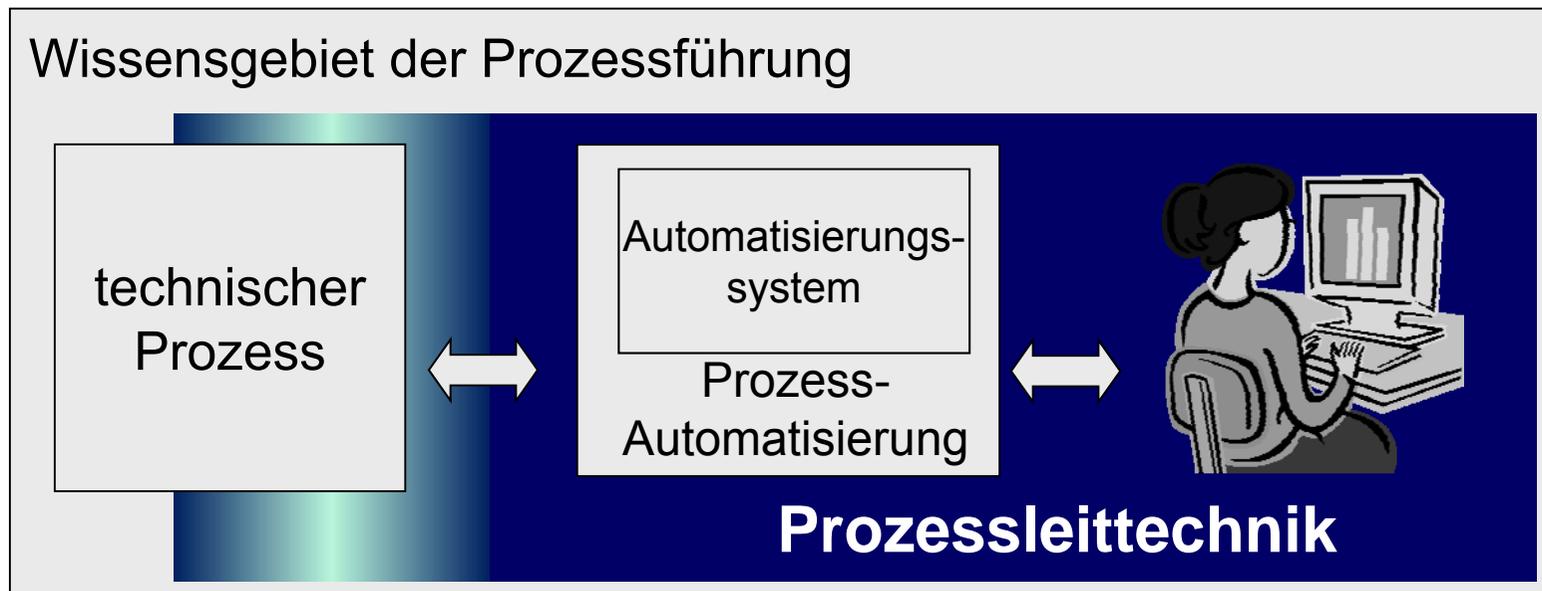
Integriertes Engineering
von AT-Systemen

MMS

Mensch-Maschine-
Systemtechnik

Prozessleittechnik

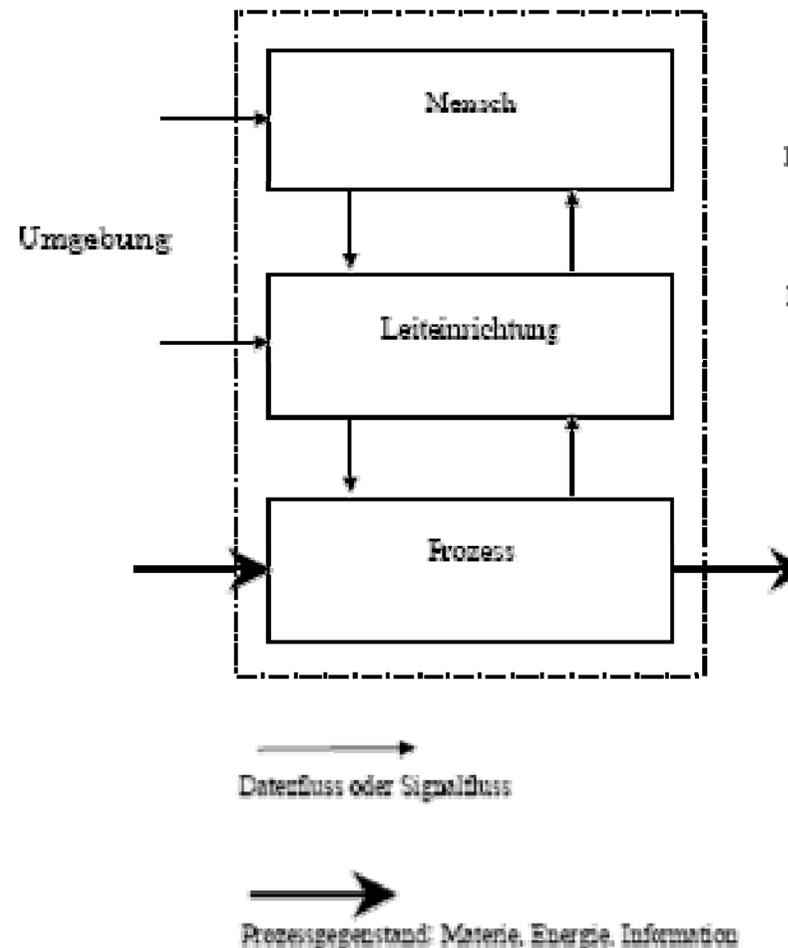
- Mittel und Verfahren die dem Steuern, Regeln und Sichern prozesstechnischer Anlagen durch Leiteinrichtungen dienen



Leiten (DIN 19222V)

Gesamtheit aller **Maßnahmen**, die einen im Sinne **festgelegter Ziele** erwünschten **Ablauf** eines Prozesses **bewirken**.

Die Maßnahmen werden vorwiegend unter Mitwirkung des Menschen aufgrund der aus dem Prozess oder auch aus der Umgebung erhaltenen Daten mit Hilfe der Leiteinrichtung getroffen



PLT im Wandel

- Zielgröße: Hohe Wirtschaftlichkeit
 - Funktionsintegration
 - Hochverteilte vernetzte Systeme
 - Einzug von Bürosoftware in die BuB-Ebene
 - Multimodale Interaktion
- Zielgröße: Hohe Zuverlässigkeit
 - Technische Zuverlässigkeit
 - Sicherheit
 - Anforderungsgerechtes, gewerkeübergreifendes Engineering (VT, PT, IT, PLT, MSR)
 - Anforderungsgerechte Bedienung (Warte und übergeordnete Leitebenen)

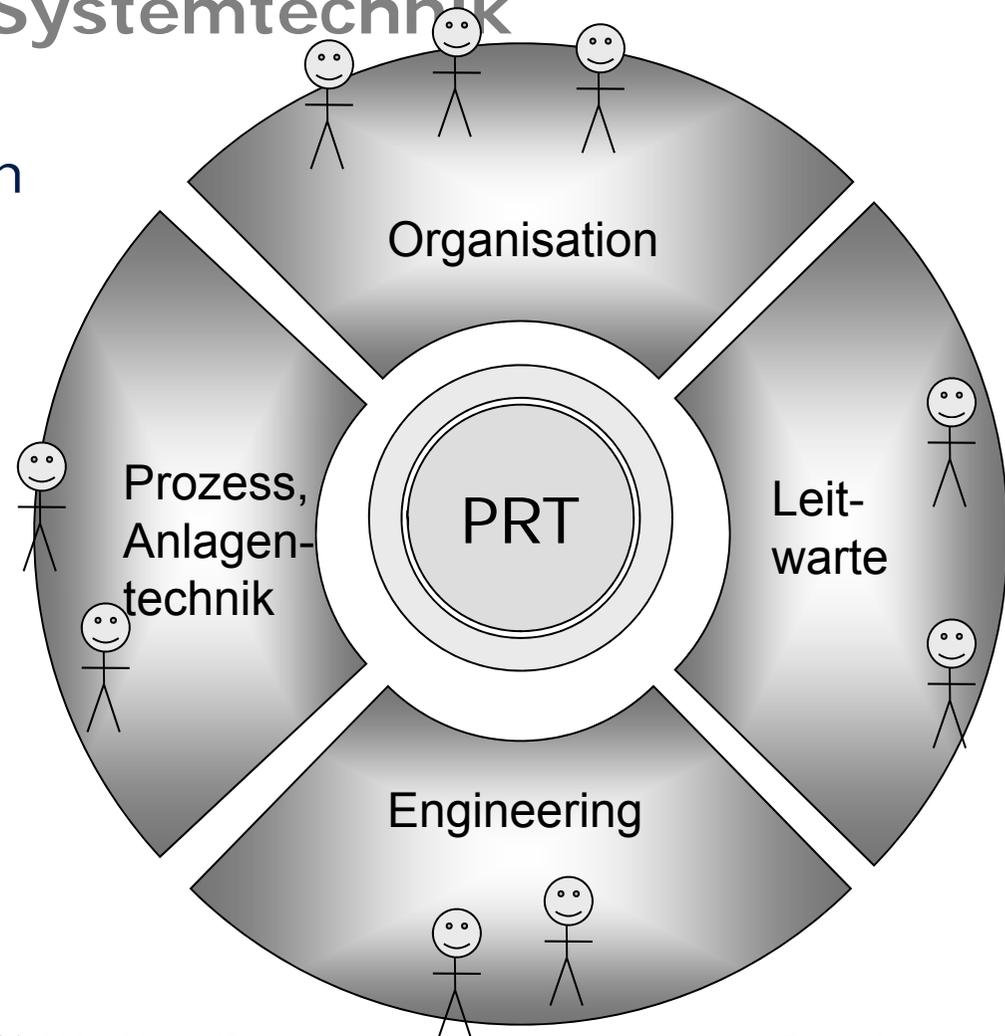
Prozessrechentchnik

- Informationstechnischer „Kern“
- Methoden und Verfahren zur Konzipierung und Implementierung automatisierungstechnischer Funktionen auf digitalen Rechnern



Mensch-Maschine-Systemtechnik

- Vielfältige Schnittstellen und Interaktionen
 - Prozess
 - Engineering
 - Organisation
 - Operator
- Systemprozessleittechnik:
 - Systemgedanke
 - GestaltungszielZuverlässiges Mensch-Maschine-Systeme



Interdisziplinäres Vorgehen der Mensch-Maschine-Systemtechnik

- Ziel: interessante, motivierende und beanspruchungsgerechte Arbeitstätigkeit ermöglichen
- Aufgabenanalyse
 - Frühe Festlegung von Arbeitsabläufen
- Parallel-iterative Abstimmung
 - Technische Funktionen
 - Personale Aufgaben
- Frühe Einbeziehung der Kunden
- Evaluation von Zwischenergebnissen
 - Prototyping, Usability Prüfung

Themengebiete Prozessleittechnik

VR,AR

Visualisierung

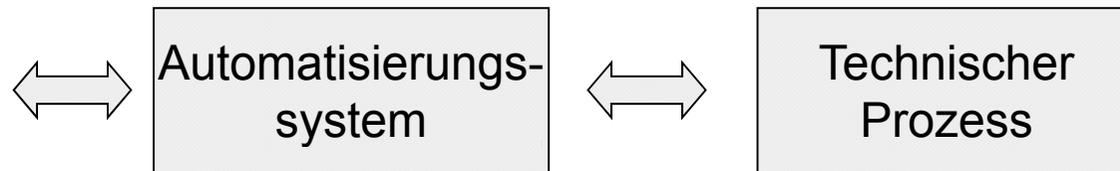
CAE

Informationssysteme

Informationstechnik Web-Technologien

Agenten **Architekturen**

Echtzeit **Netzwerke**



SPS

Unterstützungssysteme

Messtechnik

Regelungstechnik

Human Factors

Sicherheit

Anlagenbau
Fertigungstechnik

Verfahrenstechnik

Psychologie

Elektronik

Chemie Physik



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN

Historische Entwicklung der Prozessleittechnik

Historische Entwicklung

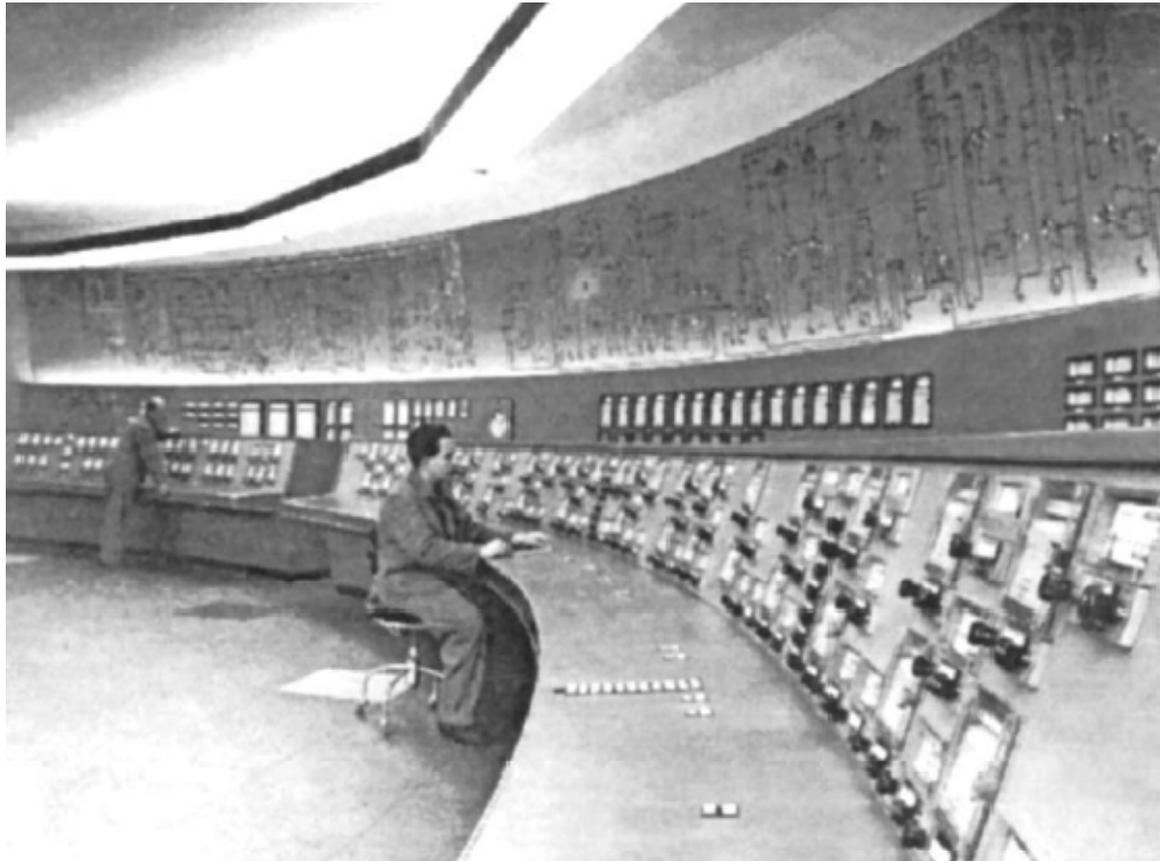
- 1940: 1. Automatisierungsstufe
 - Mechanische, hydraulische und pneumatische Regler für einfache Regelungen, Ablesen der Messwerte in Messwarten
- 1950: 2. Automatisierungsstufe
 - Elektrische und pneumatische Signalübertragung durch Messumformer und Regler, Binäre Logik durch Relais-Steuerungen
- 1960: 3. Automatisierungsstufe
 - Zentralisierung von Bedienung und Beobachtung in Messwarten, Online-Ankopplung von Rechnern zur Protokollierung und Optimierung
- 1980: 4. Automatisierungsstufe
 - Prozessleitung mit hochverfügbaren bildschirmgestützten und digitalen Prozessleitsystemen
- 2000: 5. Automatisierungsstufe
 - Hochverteilte vernetzte Systeme mit intelligenten Systemen, SPS-basierte PLS, Standardisierung von Netzen und Protokollen

Feldleitstände (um 1950)



(Diedrich o.J)

Zentrale Warte Mosaiktechnik



(Diedrich o.J)

Prozessführung mit Bildschirmen



(Diedrich o.J)

Verteilte Interaktion

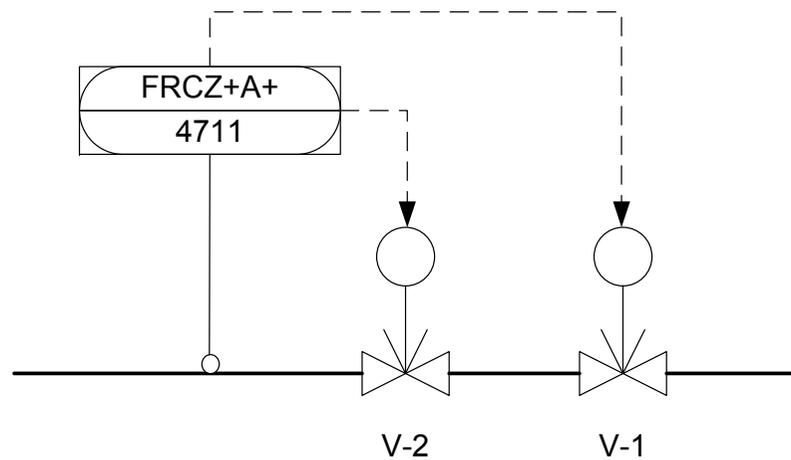




Einführende Beispiele für typische PLT-Funktionen

- Regeln
- Überwachen und Sichern

Durchflußregelung

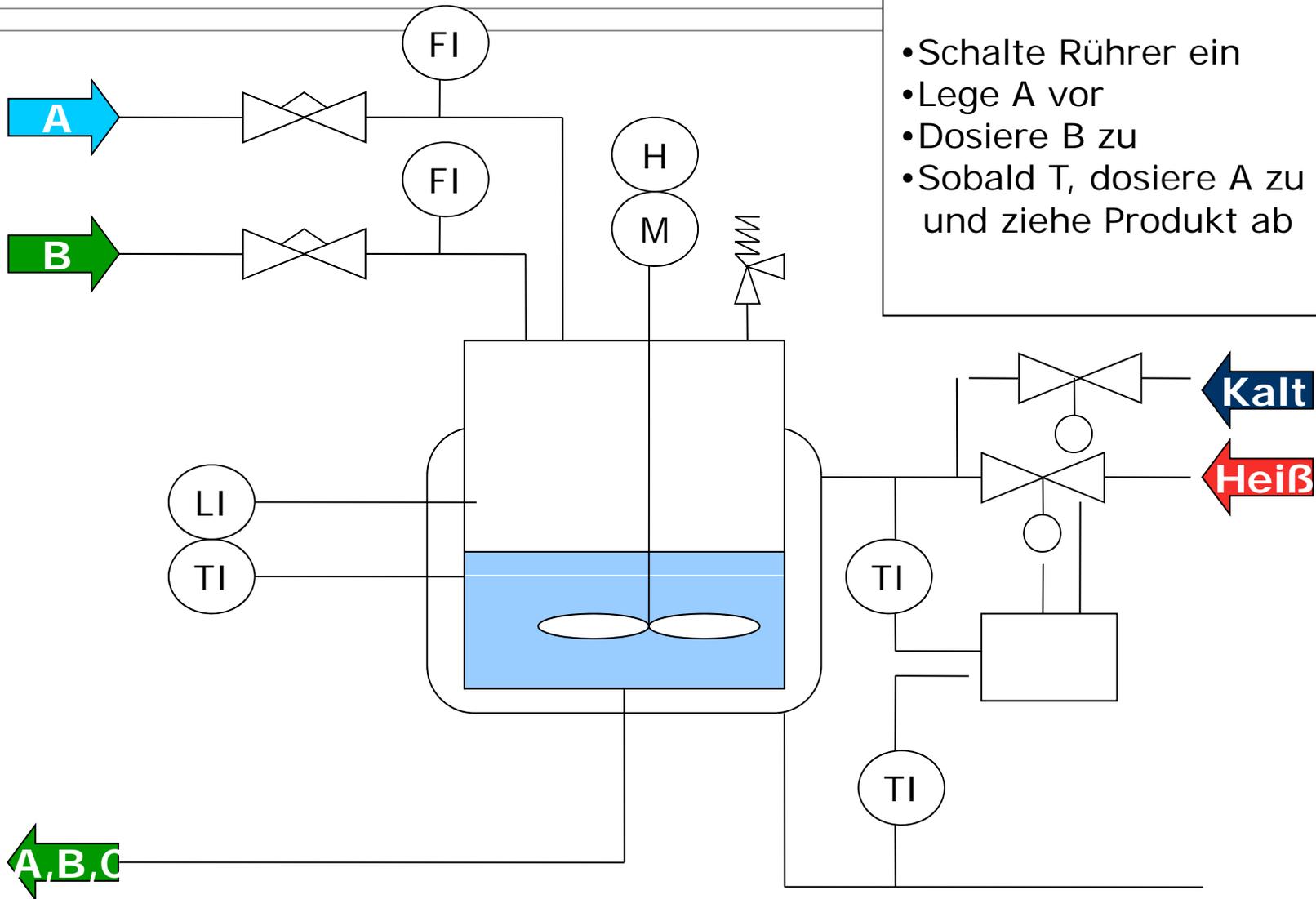


- Durchfluß (F) wird registriert (R) und mittels Stellgerätes V-1 geregelt (C)
- Bei Überschreitung eines Grenzwertes sind die Ventile V-1 und V2 zu schließen (Z+) und eine Meldung auszugeben (A+)

CSTR

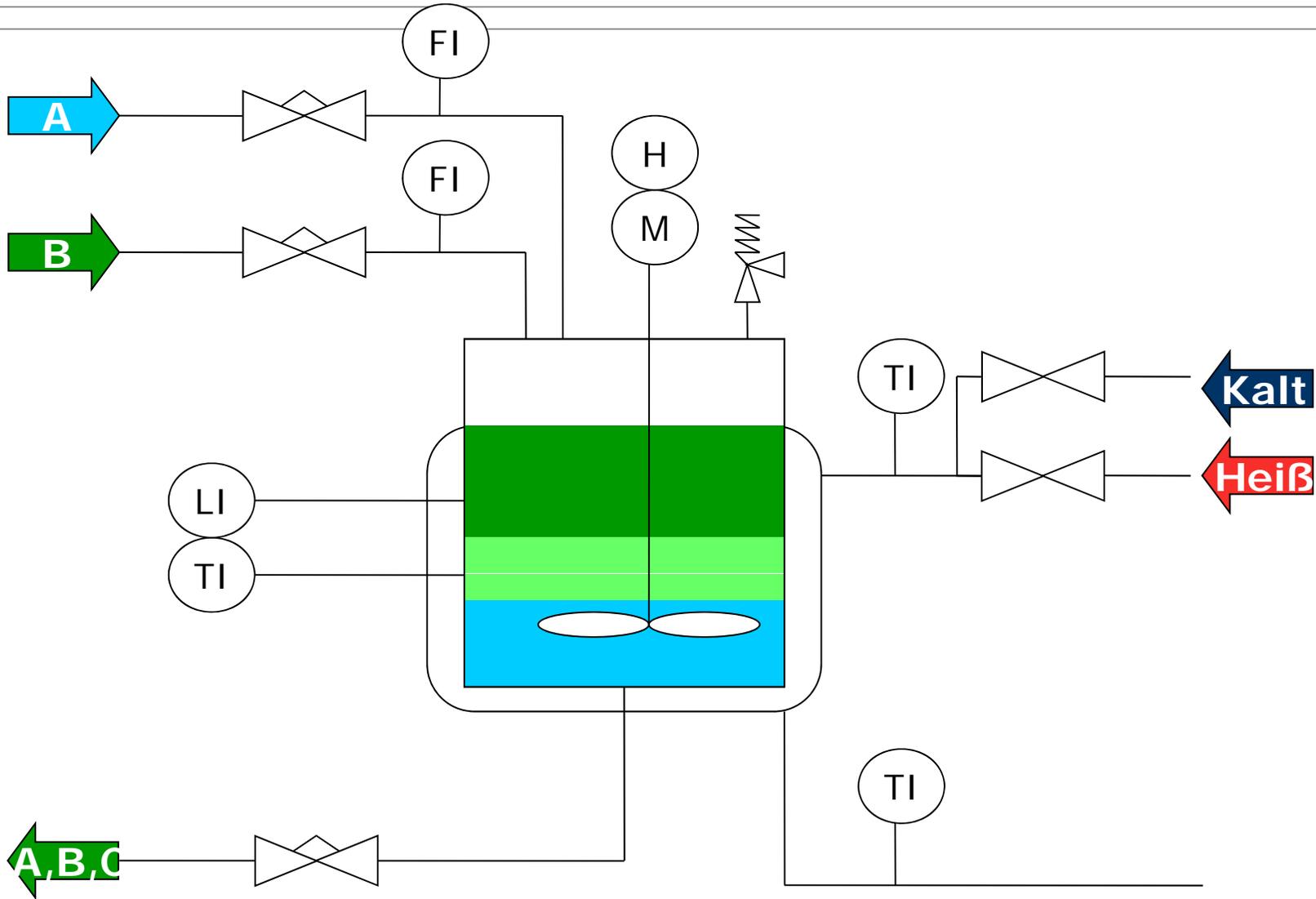
- Verriegelung Dosierung in einem kontinuierlich betriebenen Rührkessel-reaktor (CSTR - Continually Stirred Tank Reactor).
- Beispiel:
 - Exotherme Reaktion zweier Stoffe A und B
 - $A+B \rightarrow C + \text{Energie}$
 - Reaktionsgeschwindigkeit steigt mit Temperatur (Arrhenius-Gleichung)

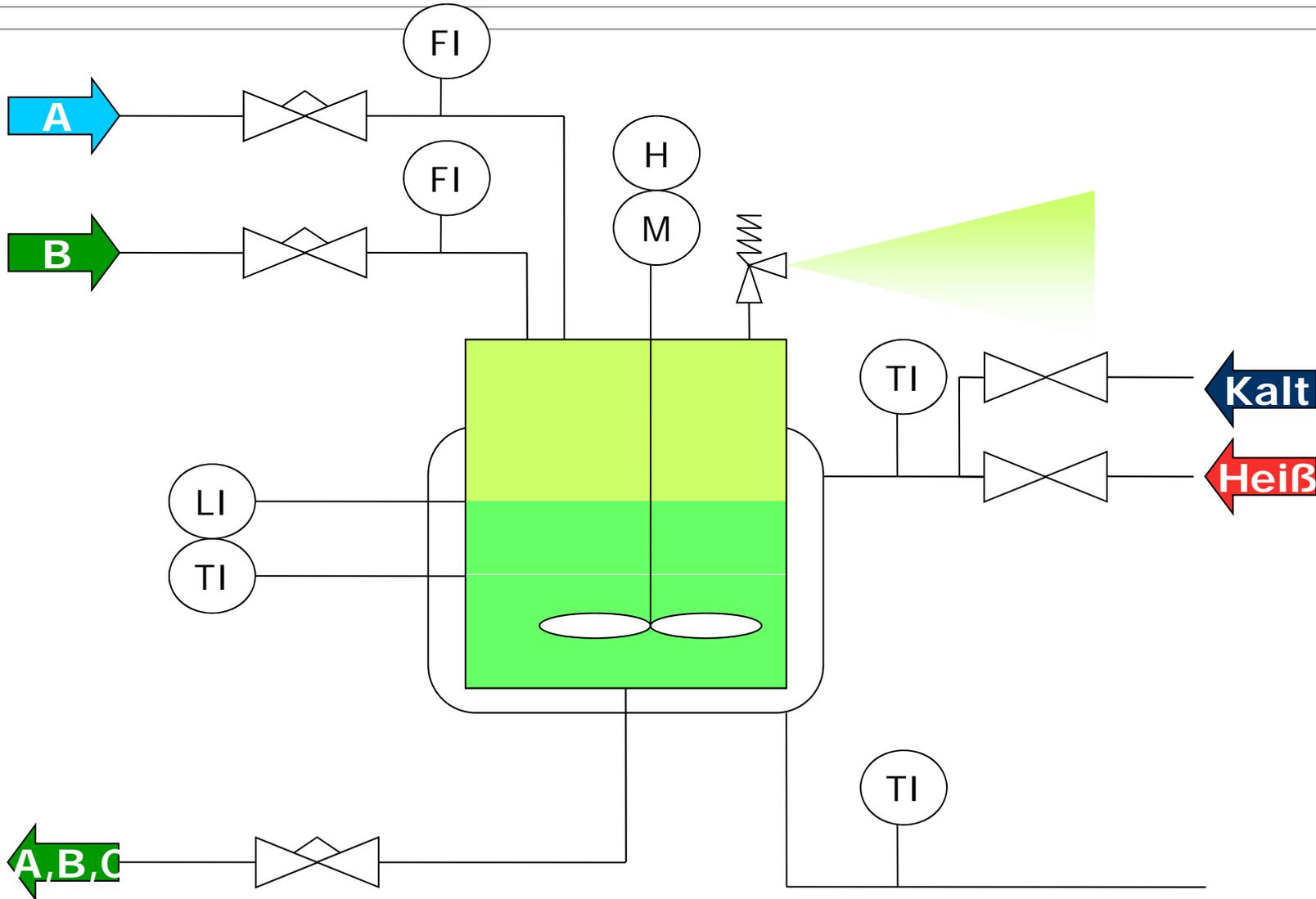
- $$k = A \cdot e^{\frac{-E_A}{R \cdot T}}$$



Rezept:

- Schalte Rührer ein
- Lege A vor
- Dosiere B zu
- Sobald T, dosiere A zu und ziehe Produkt ab



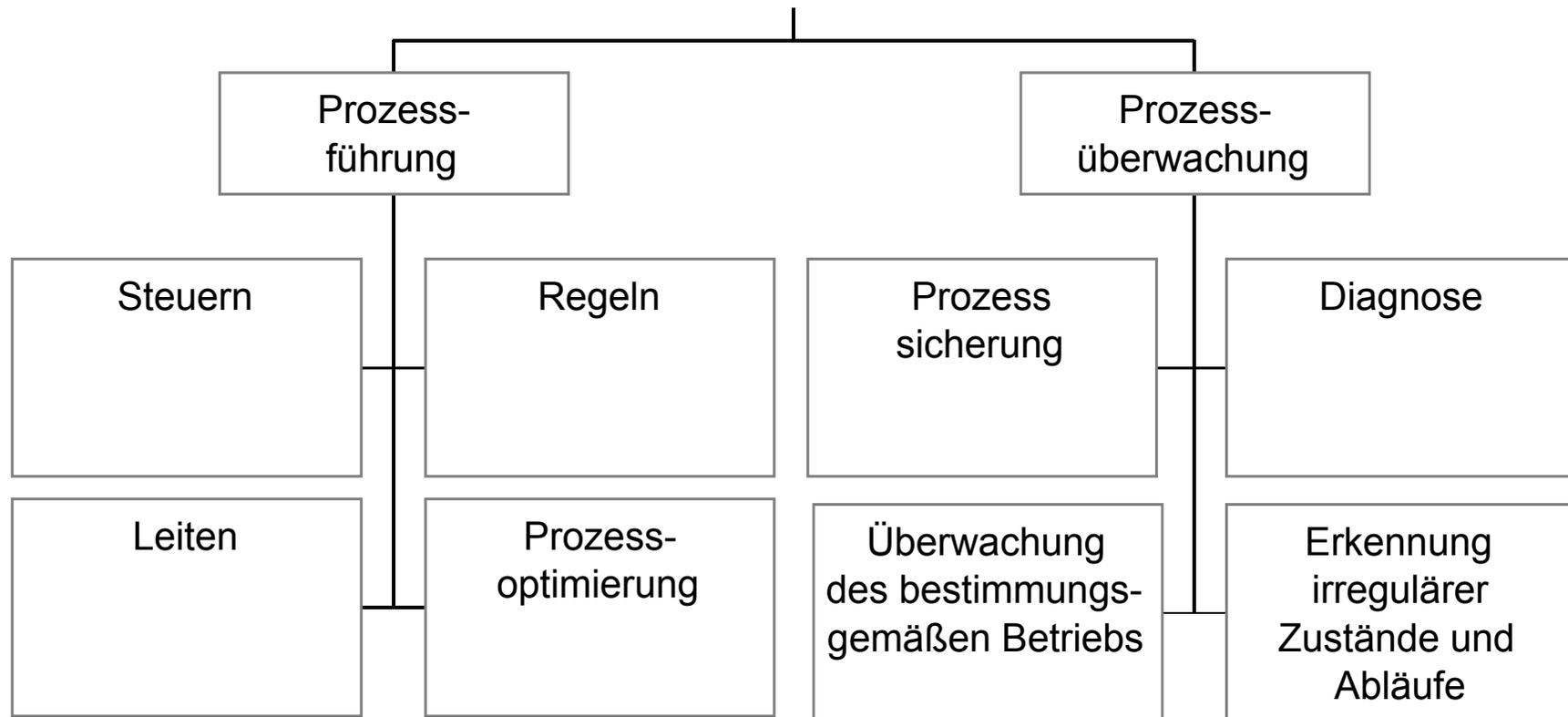


Lösungsansätze

- Verriegeln:
 - Ventil B kann nicht aufgemacht werden WENN der Rührer nicht an ist UND Flüssigkeit im Behälter ist
- Automatisieren:
 - Sobald der Level eine bestimmte Grenze überschritten hat, wird der Rührer eingeschaltet
 - Das Ventil B schließt nach 4 Sekunden wenn der Rührer nicht angeschaltet ist.
- Konkrete Ausprägung von Kontext (Stoffe, Prozesse, Philosophie) abhängig

Aufgaben der Prozessleittechnik

Automatisierungsaufgaben



Basisfunktionen

- Messen
 - Erfassen von Prozessgrößen
- Steuern
 - Ausführung von Logikprogrammen
- Regeln
 - Stabilisierung von Größen in Regelkreisen
- Überwachen
 - Überwachung der Einhaltung von Grenzwerten
- Anzeigen
 - Darstellen von Prozessgrößen
- Bedienen
 - Eingriffe durch Bedienpersonal

Prozessleitsystem

- Prozessleitsystem (PLS; engl. digital control system DCS)
 - Integriertes System zur Realisierung der prozessnahen Funktionen sowie von Anzeige- und Bedienfunktionen
 - 12% des Automatisierungsmarktes für die Prozessindustrie
- Anforderungen an PLS
 - Echtzeitfähigkeit
 - Hohe Verfügbarkeit
 - Offenheit & Interoperabilität
 - Durchgängigkeit

Verfügbarkeit (→ PLT-2)

- Kurzzeitige Ausfälle können zu hohen Ausfallkosten führen
 - Fehlcharge, Wiederanfahren, ...
- Hohe Verfügbarkeit durch
 - Redundanz von Hard- und Softwarekomponenten
 - Unterbrechungsfreie Übernahme von Funktionen bei Störungen
- Wie muss eine hochverfügbare Leittechnikarchitektur aussehen?
- Wie kann man Verfügbarkeit berechnen?

Offenheit und Interoperabilität

- Anlagen werden nicht als Inseln betrieben. Sie sind in den Informationshaushalt des Unternehmens zu integrieren
 - Wirtschaftliche Daten, Betriebsführung, Logistik, Qualitätssicherung, Engineering
- Offenheit: Die jeweiligen Hersteller legen Schnittstellen und Systemeigenschaften offen, damit andere Anwendungen angekoppelt werden können.
- Interoperabilität: Unterschiedliche Komponenten unterschiedlicher Hersteller können ohne Zusatzaufwand miteinander betrieben werden.

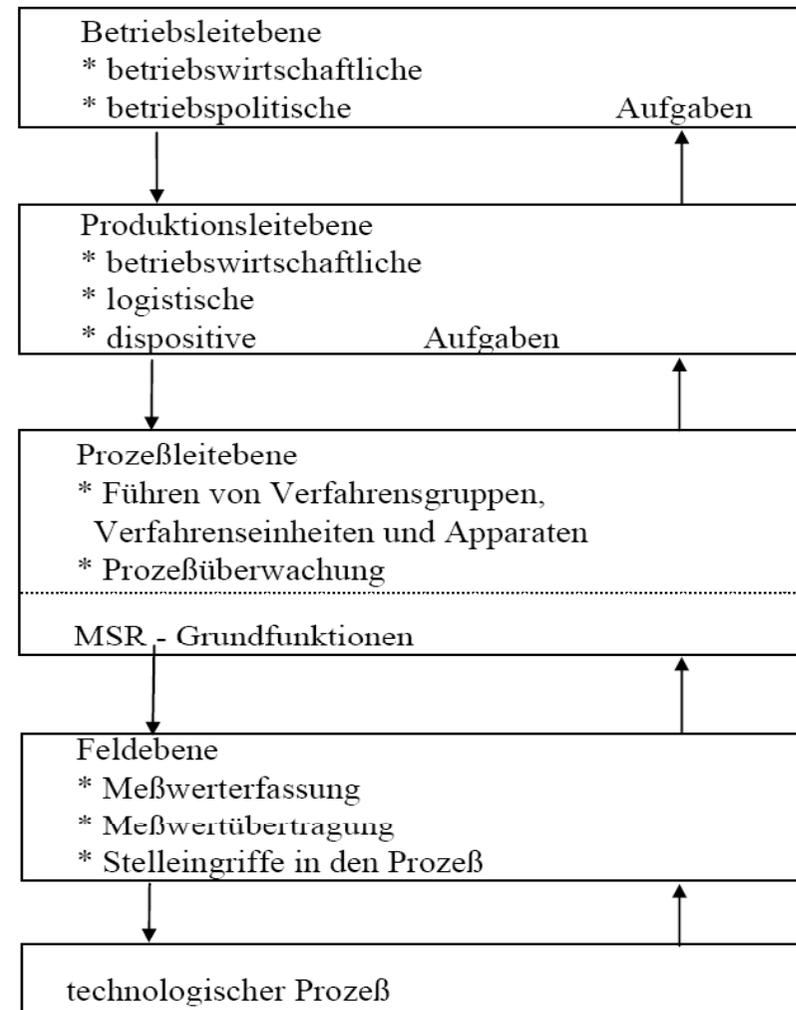
Durchgängigkeit (→ CAE-PA)

- PLS bestehen aus unterschiedlichen Komponenten mit vielfachen internen Schnittstellen.
- Forderung nach einfacher Pflege
- Durchgängigkeit: Eine Prozessinformation, die irgendwo im System bekannt ist, muss ohne Zusatzaufwand jeder Komponente zugänglich sein

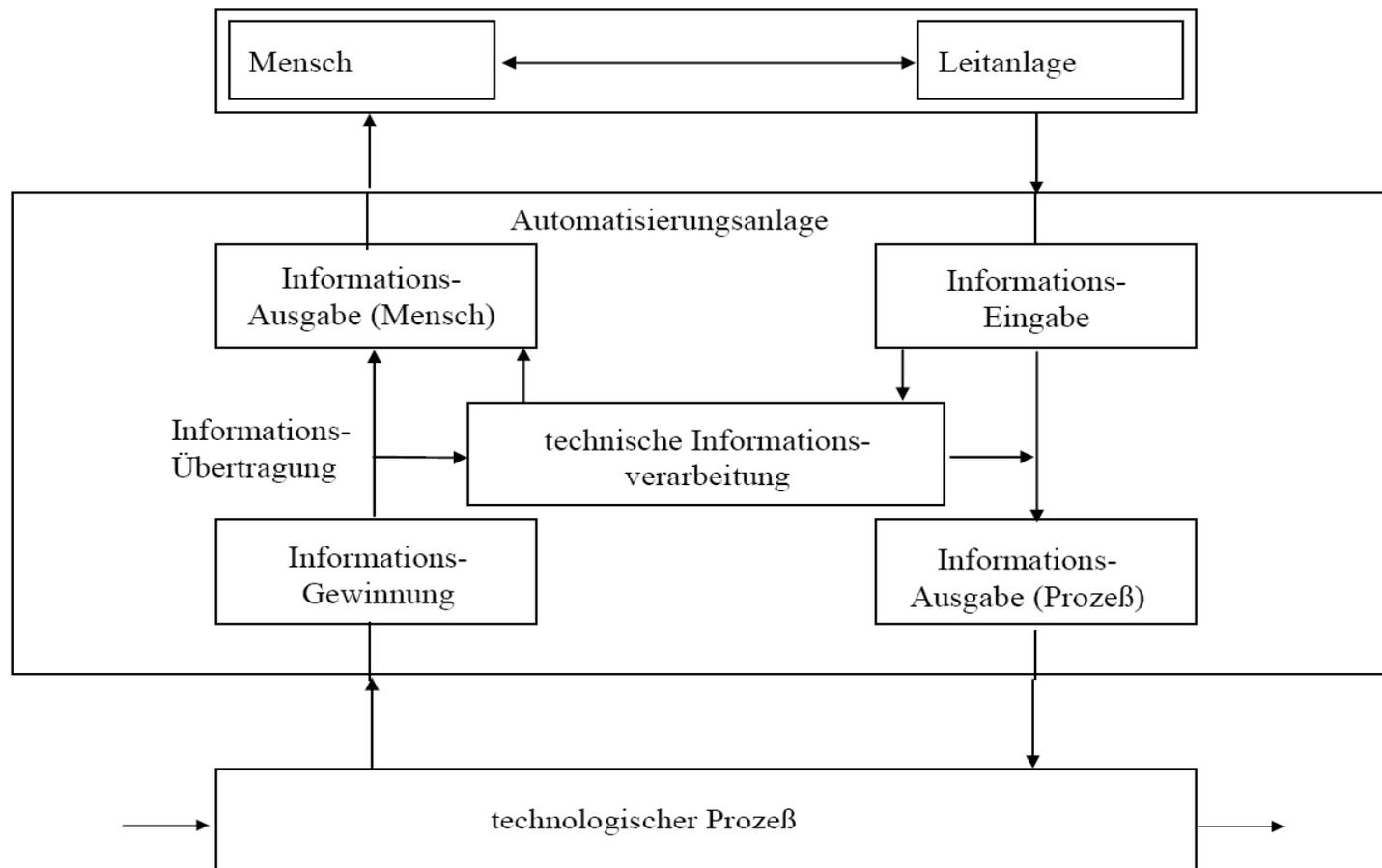
Strukturen und Architekturen der Prozessleittechnik

Ebenenmodell

- Betrieb
- Produktion
- Prozessleitebene
- Feldebene



Funktionsmodell



Automatisierungspyramide

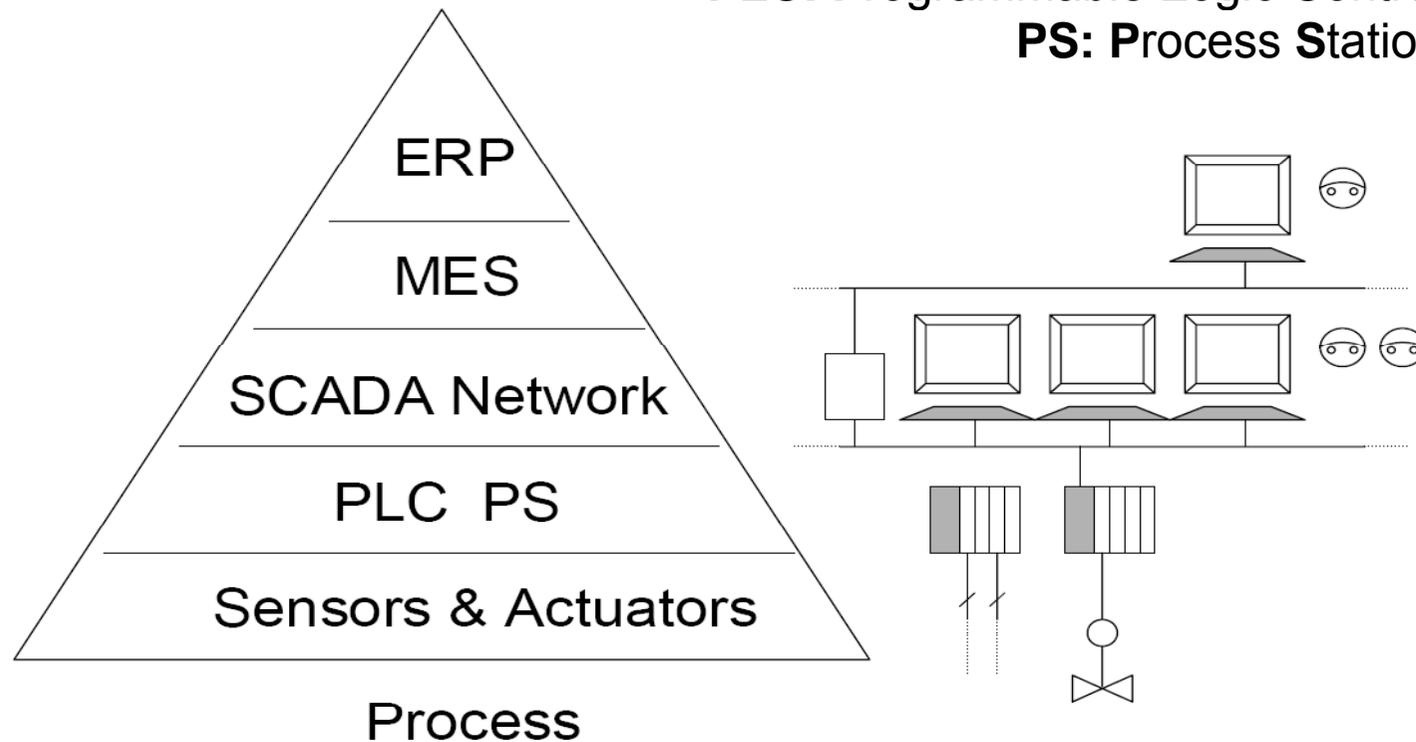
ERP: Enterprise Resource Planning

MES: Manufacturing Execution System

SCADA: Supervision Control And Data Acquisition

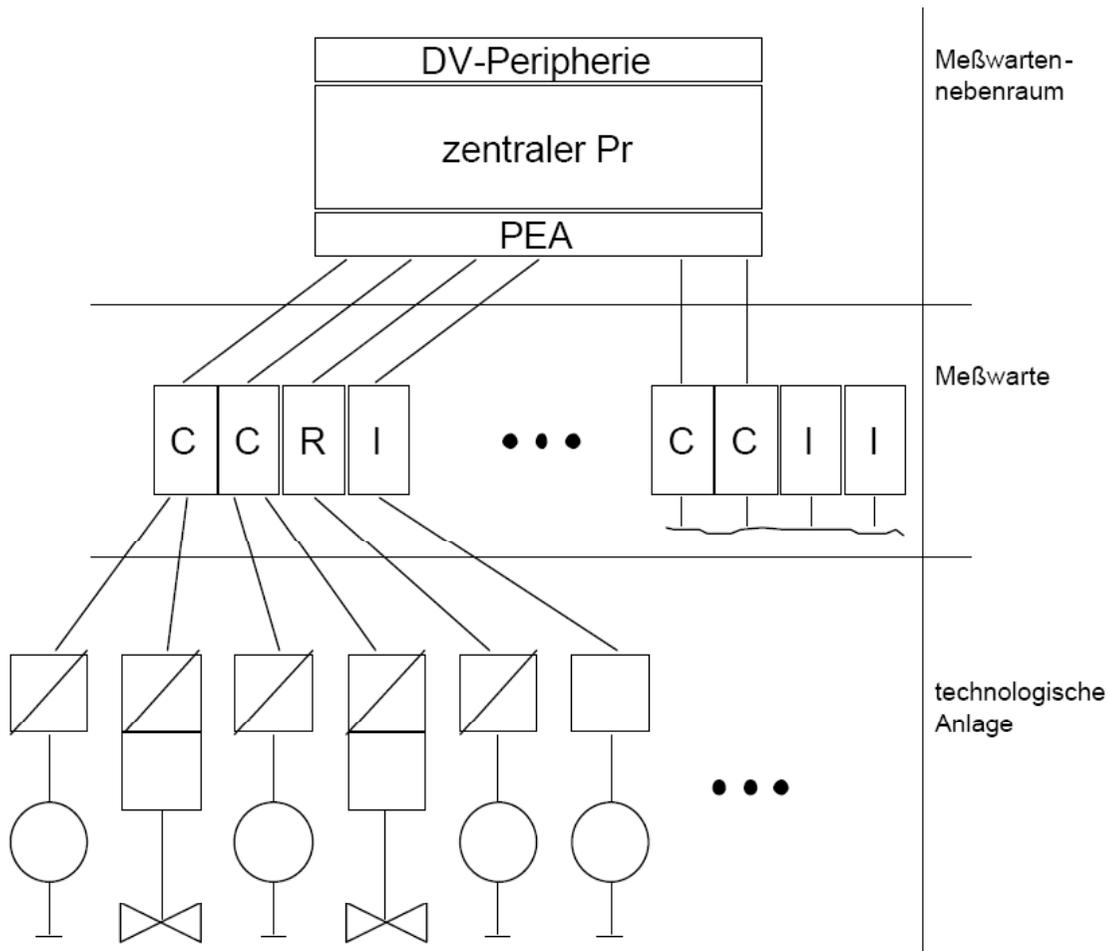
PLC: Programmable Logic Control

PS: Process Station



Wandel der gerätetechnischen Grundstrukturen

1. *Anfangs:*
Räumlich zentral, funktionell dezentrale Einzelregler, Bedienung über Einzelgeräte
2. *Dann:*
Räumlich **dezentral**, funktionell **partiell zentrale mehrkanalige Regler**, **Bedienung über Bildschirmgeräte**
3. *Schließlich:*
Räumlich dezentrale und funktionell **dezentrale Einzelregler**, Bedienung über Bildschirmgeräte



- einkanalige Regler mit Leit- sowie Anzeige- und Registriergeräten in zentraler Meßwarte und dadurch gute Zuverlässigkeit für Grundfunktionen
- paralleles (gleichzeitiges) Angebot aller Beobachtungs- und Bedienmöglichkeiten
- separate Kabel zu jedem Meßwertgeber und Stellglied
- schwierige Zuverlässigkeitsabsicherung für zentrale (PR-)Funktion
- große gerätetechnische und Verkabelungsaufwendungen
- große Ausdehnung der Meßwarten erschwerter Prozeßübersicht und -bedienung
- fehlende Flexibilität (Erweiterung, Änderungen)
- aufwendige PEA für PR

Räumlich zentral, funktionell dezentrale Einzelregler, Bedienung über Einzelgeräte

C
I
R
BE

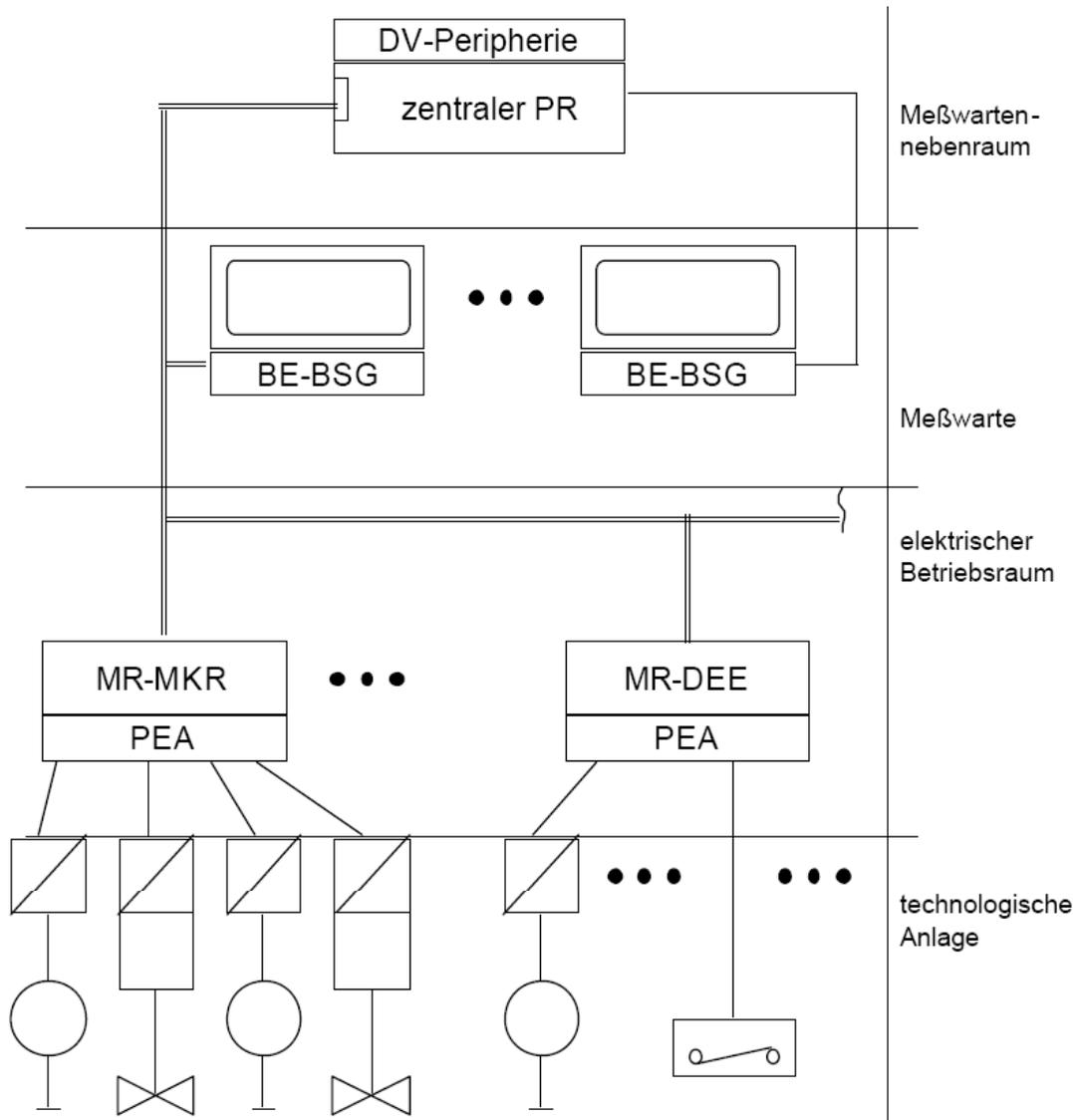
Regler,
Anzeigegerät,
Registriergerät,
Bedieneinheit,

MKR
EKR
IMU
IStg

Mehrkanalregler/Prozeßstation,
Einkanalregler,
intelligenter Meßumformer,
intelligentes Stellglied,

PR
PEA
BSG
MR
DEE

Prozeßrechner,
Prozeßeingabe und -ausgabe,
Bildschirmgerät,
Mikrorechner,
Dateneingabeeinheit



- 6 bis 40 Regelkreise je MR-MKR bzw. bis zu 500 Meßpunkte je MR-DEE zur Datenerfassung, und Primärverarbeitung mit weitgehender Autonomie
- Prozeßbeobachtung und -bedienung über Bildschirmgeräte (meist farbig, rastergrafisch)
- serielle Informationsübertragung über Sammelleitung (Bus) und dadurch Möglichkeiten zur Verringerung des Verkabelungsaufwandes
- die aus Mehrkanaligkeit folgenden hohen Zuverlässigkeitsanforderungen werden durch (blinde oder funktionsbeteiligte dynamische) Redundanzen erfüllt
- einfache Ankopplung eines zentralen PR
- hohe Flexibilität
- drastische Wartungsverkleinerung

**Räumlich dezentral,
funktionell partiell zentrale
mehrkanalige Regler,
Bedienung über
Bildschirmgeräte**

C
I
R
BE

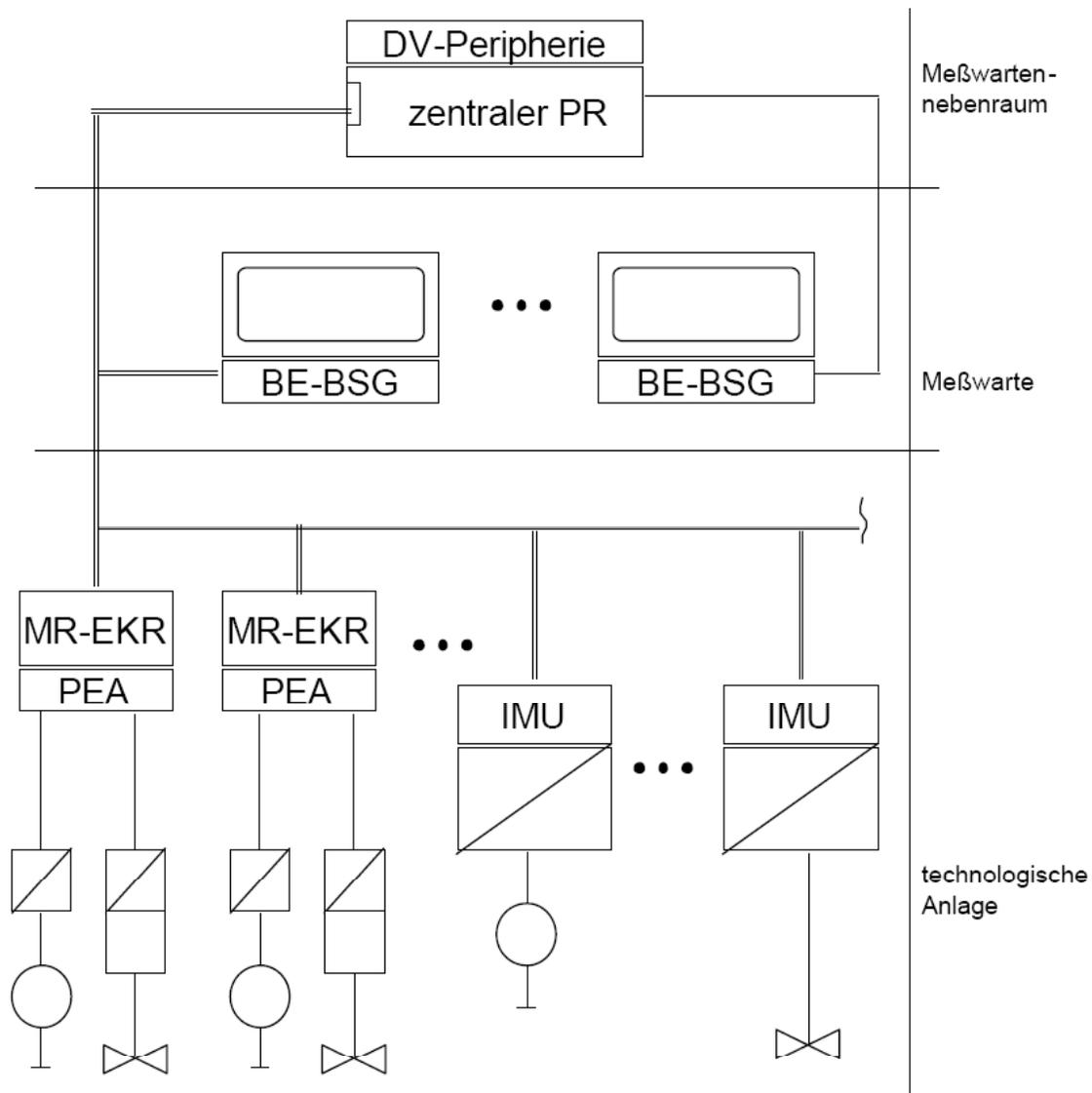
Regler,
Anzeigegerät,
Registriergerät,
Bedieneinheit,

MKR
EKR
IMU
IStg

Mehrkanalregler/Prozeßstation,
Einkanalregler,
intelligenter Meßumformer,
intelligentes Stellglied,

PR
PEA
MR
DEE

Prozeßrechner,
Prozeßeingabe und -ausgabe,
BSG Bildschirmgerät,
Mikrorechner,
Dateneingabeeinheit



- separate MR für einzelne Regelkreise bzw. Meßwertgeber direkt im Anlagenfeld
- Prozeßbeobachtung und -bedienung über Bildschirmgeräte (farbig, rastergrafisch)
- serielle Informationsübertragung über Bussysteme (teilweise mehrere Busebenen, z. B. mit Feld-, Anlagen- und Betriebsbus)
- hohe Zuverlässigkeit und Fehlertoleranz, durch Einkanaligkeit, dynamische Redundanzen
- einfache Ankopplung eines zentralen PR
- hohe Flexibilität
- weitere Reduzierung von Kabel- und Bauaufwendungen

Räumlich dezentrale und funktionell dezentrale Einzelregler, Bedienung über Bildschirmgeräte

C
I
R
BE

Regler,
Anzeigegerät,
Registriergerät,
Bedieneinheit,

MKR
EKR
IMU
IStg

Mehrkanalregler/Prozeßstation,
Einkanalregler,
intelligenter Meßumformer,
intelligentes Stellglied,

PR
PEA
BSG
MR
DEE

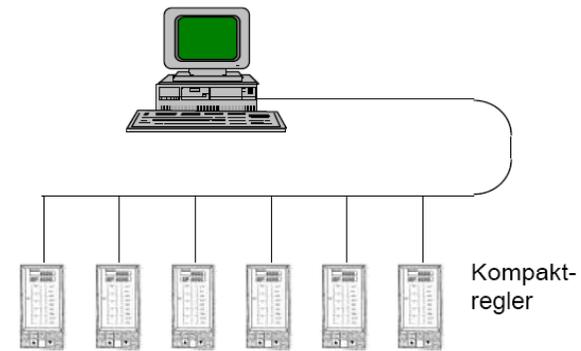
Prozeßrechner,
Prozeßeingabe und -ausgabe,
Bildschirmgerät,
Mikrorechner,
Dateneingabeeinheit

Aktuelle Systemkonzepte

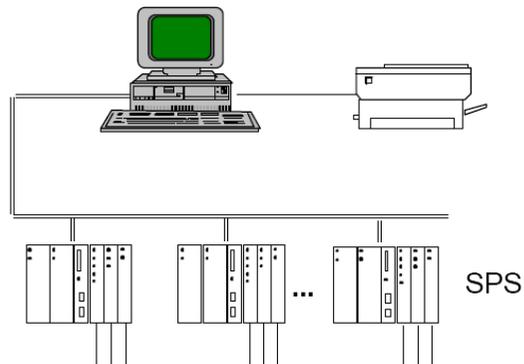
PC - Stand-alone-Lösung



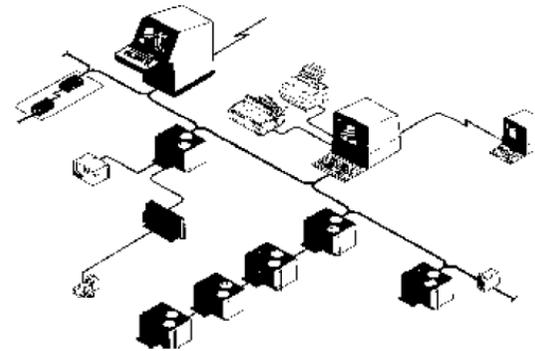
Kleinleitsystem auf Kompaktreglerbasis



Prozeßleitsystem auf SPS-Basis

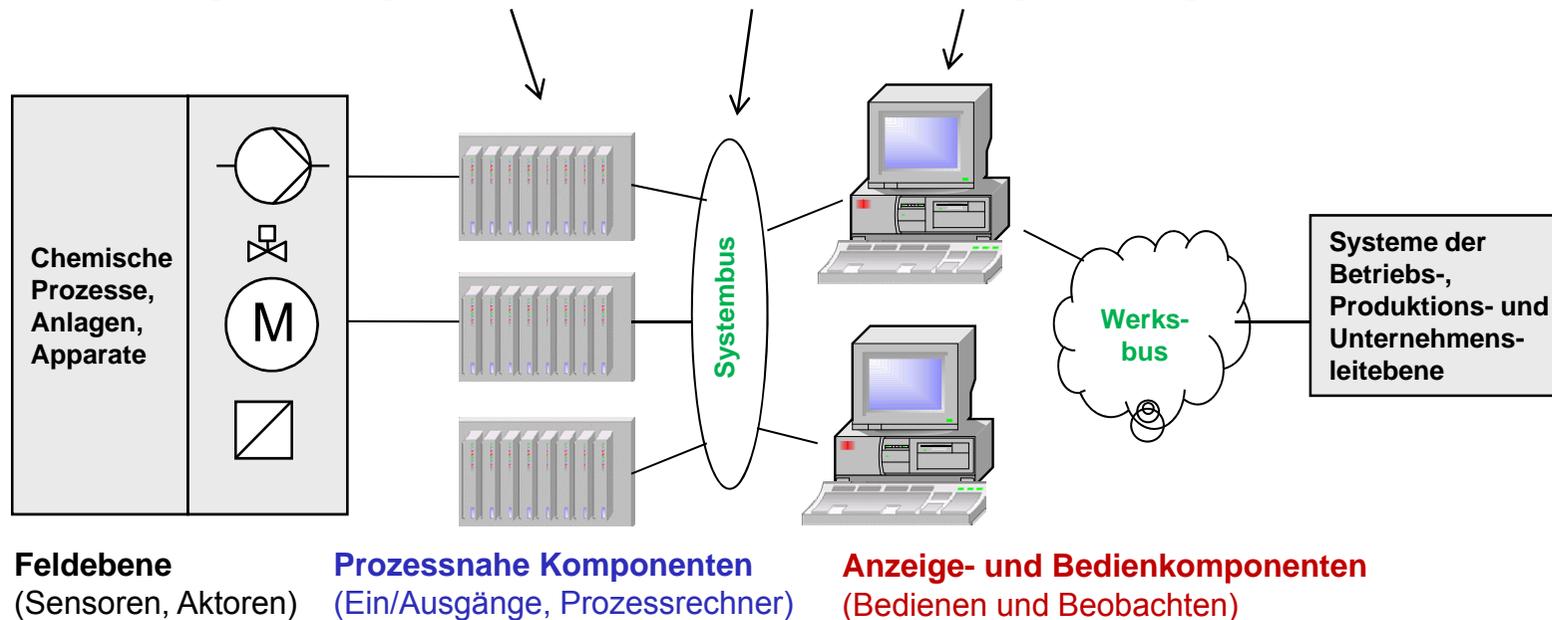


Große Prozeßleitsysteme



Struktur dezentraler Prozessleitsysteme

- **PNK: Prozessnahe Komponente**
- **Kommunikation: Systembus, offener Betriebs-/Werksbus**
- **ABK: Anzeige-/Bedienkomponente**
- **EK: Engineering Komponente (auch EWS Engineering Workstation)**



Prozessnahe Komponente (PNK)

- Rechner, auf dem die prozessnahen Funktionen ablaufen
(engl. process station *PS* oder process controller *PC*)
- Anschluss der Feldsignale über E/A-Baugruppen oder über Feldbus
- Bestandteile der PNK:
 - Stromversorgung *
 - Prozessormodul *
 - Schnittstelle zum Systembus *
 - Schnittstellen zum Anschluss von Remote-I/O, Feldbusgeräte und andere „intelligente“ Einheiten
 - Spezialmodule, z.B. für Motorsteuerung, eigensichere Signale, ...

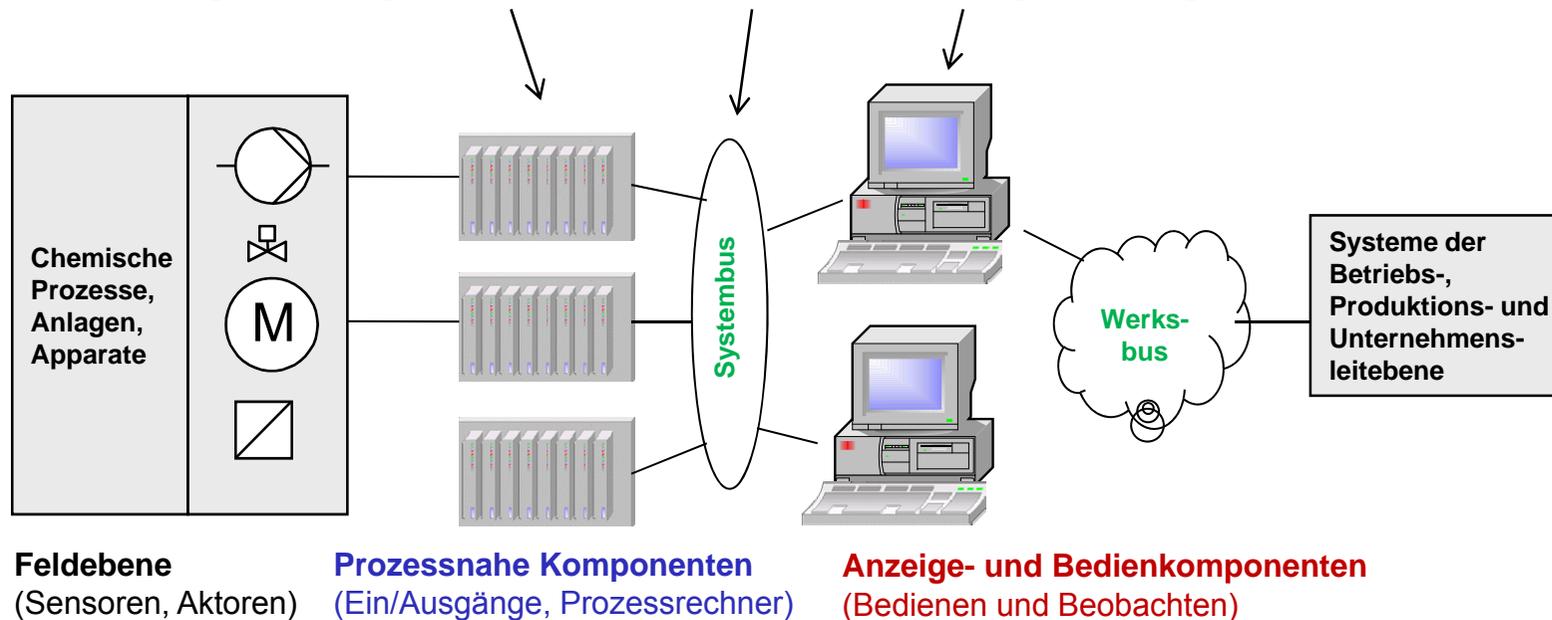
* = *must have*

Funktionen und Merkmale von PNK

- Funktionen
 - Regeln und Steuern mit Zykluszeiten 1 bis 100ms
 - Ausführen von Rezepten
 - Spez. Regelalgorithmen (Fuzzy, MPC, DMC, ...)
 - Erkennen von Grenzwertverletzungen und Erzeugen von Meldungen mit Zeitstempel
- Merkmale
 - Autonomer Betrieb
 - Sicherheitsstellung bei Systemausfall
 - Puffern von Prozesssignalen bei Kommunikationsausfall
 - Mechanismen zum Upload/Austausch im laufenden Betrieb

Struktur dezentraler Prozessleitsysteme

- PNK: Prozessnahe Komponente
- **Kommunikation: Systembus**, offener Betriebs-/Werksbus
- **ABK: Anzeige-/Bedienkomponente**
- EK: Engineering Komponente (auch EWS Engineering Workstation)



Systembus

Verbindet PNK

1. untereinander
2. mit weiteren Komponenten des PLS (ABK, EK)

Eigenschaften:

- Verwendung von Standards auf OSI-Schichten 1 und 2, darüber herstellerspezifisch
- redundante Ausführung
- PNK ↔ PNK (untereinander): eigentlich Kommunikation mit Echtzeiteigenschaft erforderlich – häufig aber auch Ethernet mit 100 Mbit/s

Kommunikation

Anwendung auf das ISO/OSI Schichtenmodell:

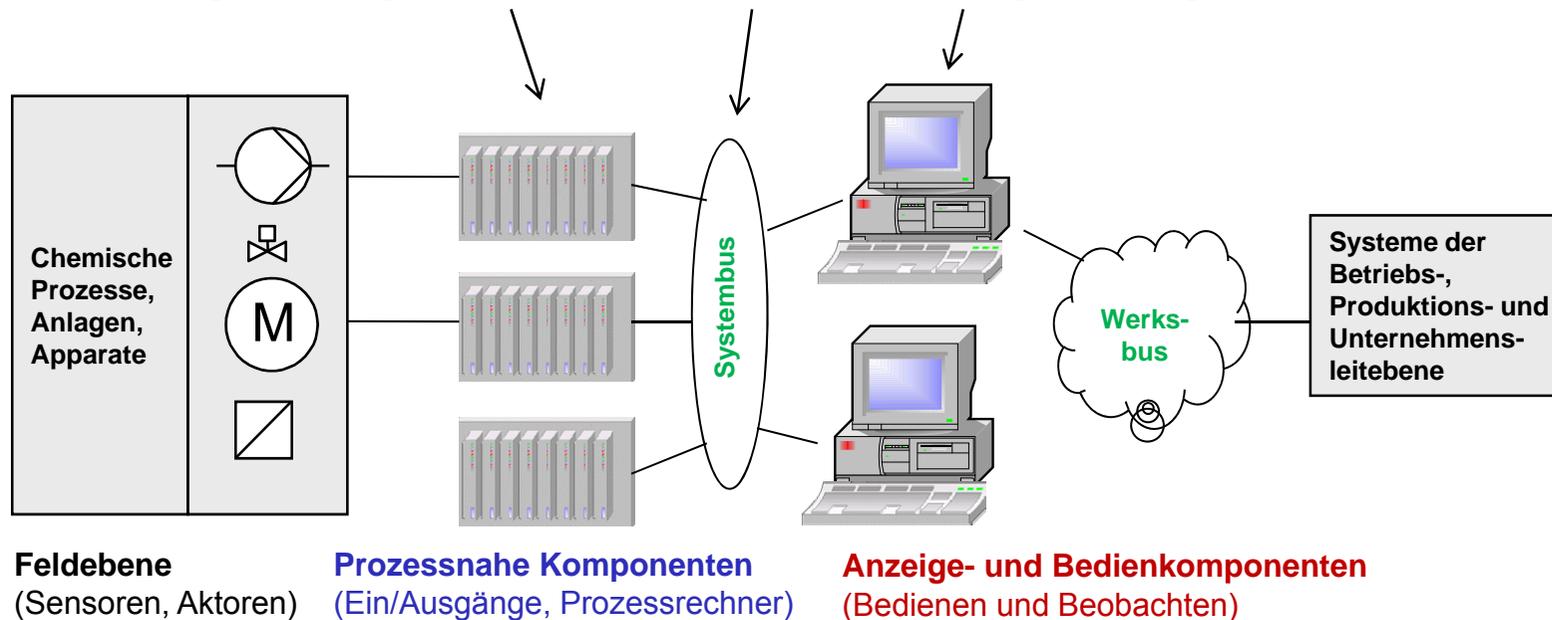
- **Schicht 1:** Kupfer-Koax, Lichtleiter
- **Schicht 2:** Token Bus (IEEE 802.4), Ethernet (IEEE 802.3)
- Schicht 3-4: häufig intern weggelassen, nach außen meist TCP/IP
- Schicht 5-6: nicht ausgeprägt
- Schicht 7: intern herstellerspezifisch, nach außen OPC, http

Übertragungsraten:

- Bis 100 Mbit/s
- Unterschiedliche Overheads

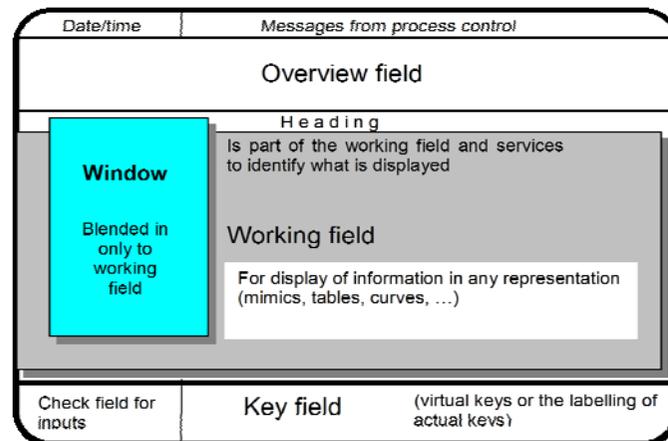
Struktur dezentraler Prozessleitsysteme

- PNK: Prozessnahe Komponente
- Kommunikation: Systembus, offener Betriebs-/Werksbus
- **ABK: Anzeige-/Bedienkomponente**
- EK: Engineering Komponente (auch EWS Engineering Workstation)



Anzeige- und Bedienkomponente (ABK)

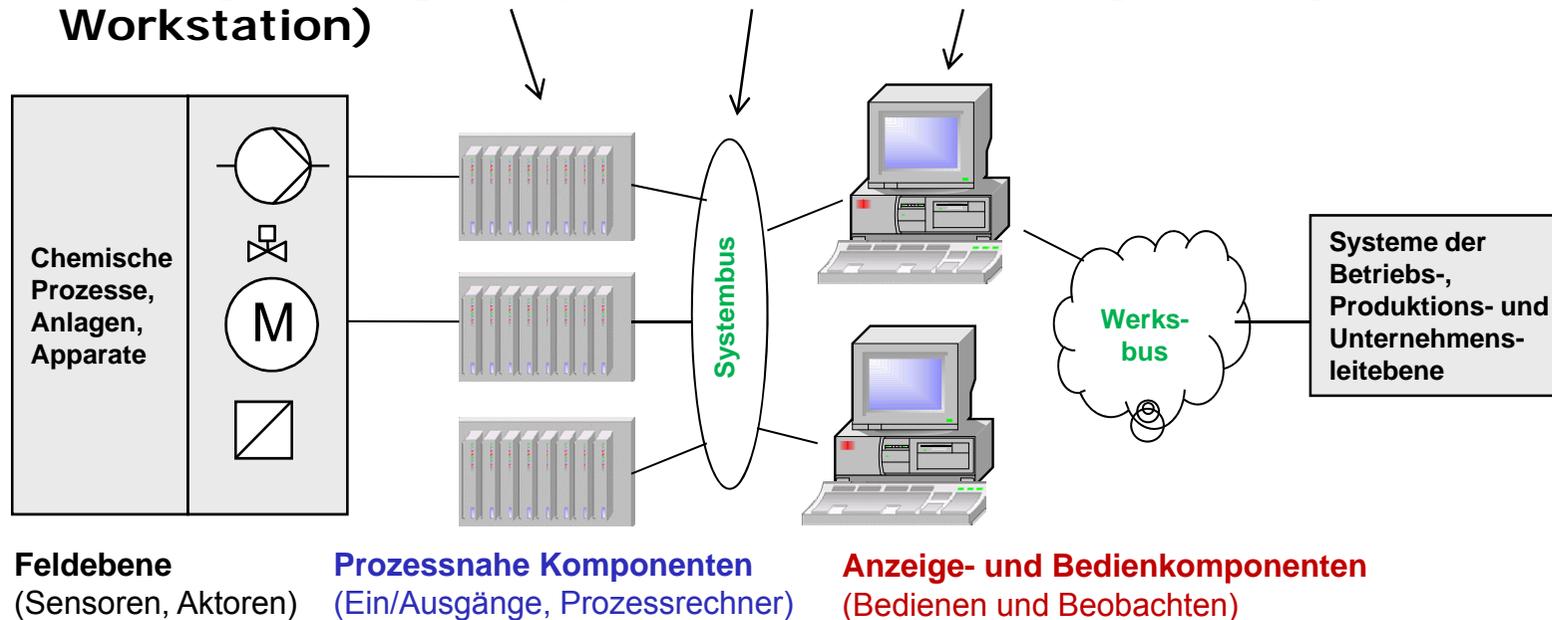
- Nahtstelle zwischen PLS und Anlagenfahrer
 - Operator Station (OS)
 - Human Machine Interface (HMI)
- Heute zumeist PC mit Microsoft-Betriebssystem



- Funktionen
 - Standardbedienbilder (Übersicht, Gruppe, Einzelkreis, Ablaufsteuerung)
 - Freie Grafik
 - Rezepterstellung, -verwaltung und -beobachtung
 - Alarmbehandlung
 - Datenauswertung
 - Systemdiagnose
- Strukturen
 - Client-Server
 - Gleichberechtigte ABKs

Struktur dezentraler Prozessleitsysteme

- PNK: Prozessnahe Komponente
- Kommunikation: Systembus, offener Betriebs-/Werksbus
- ABK: Anzeige-/Bedienkomponente
- **EK: Engineering Komponente (auch EWS Engineering Workstation)**

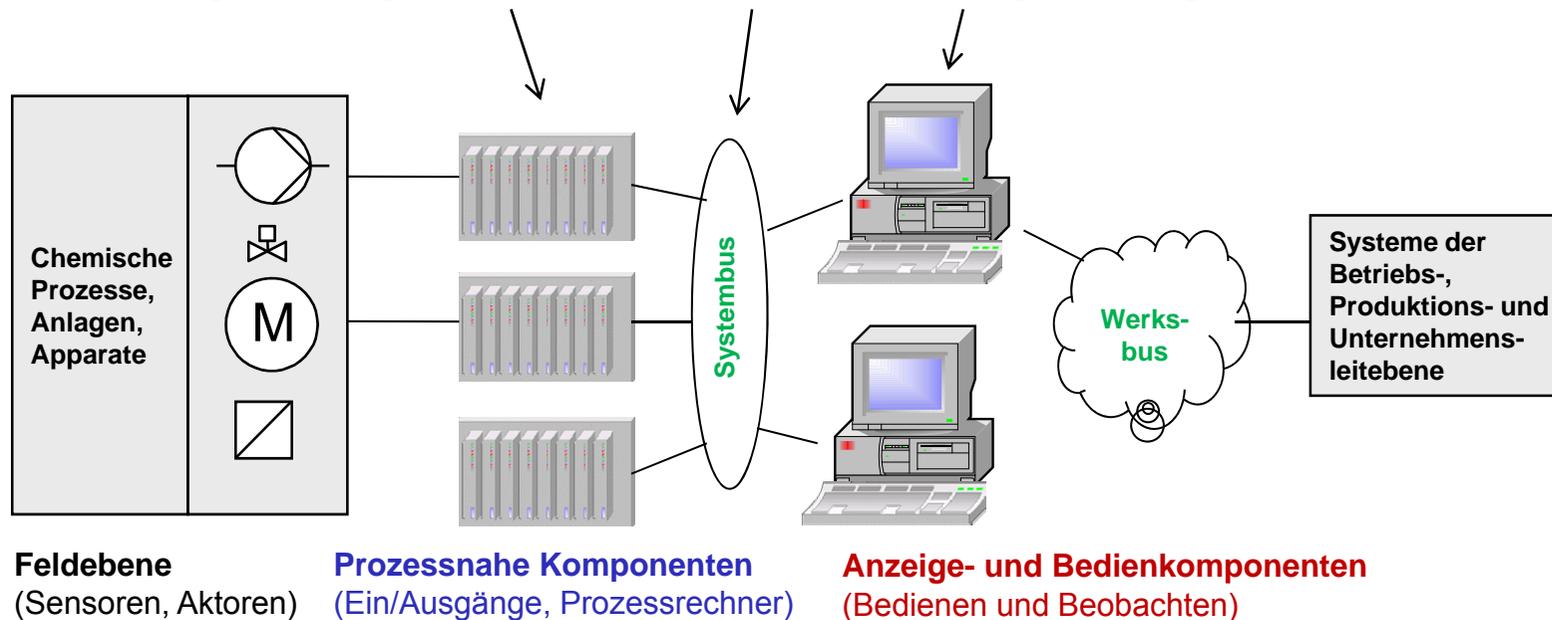


Engineering-Komponente (EK)

- Konfigurieren der Systemfunktionalität
(engl. engineering station ES)
- Definition der Funktion von PNK und ABK
durch Verknüpfen und Parametrieren von Softwarebausteinen
- Heute meist grafische Konfiguration
mit domänenspezifischen Sprachen
 - Funktionsbausteine (FBS)
engl.: Continuous Function Chart (CFC)
 - Ablaufsteuerung (AS)
engl.: Sequential Function Chart (SFC)

Struktur dezentraler Prozessleitsysteme

- PNK: Prozessnahe Komponente
- Kommunikation: Systembus, **offener Betriebs-/Werksbus**
- **ABK: Anzeige-/Bedienkomponente**
- EK: Engineering Komponente (auch EWS Engineering Workstation)

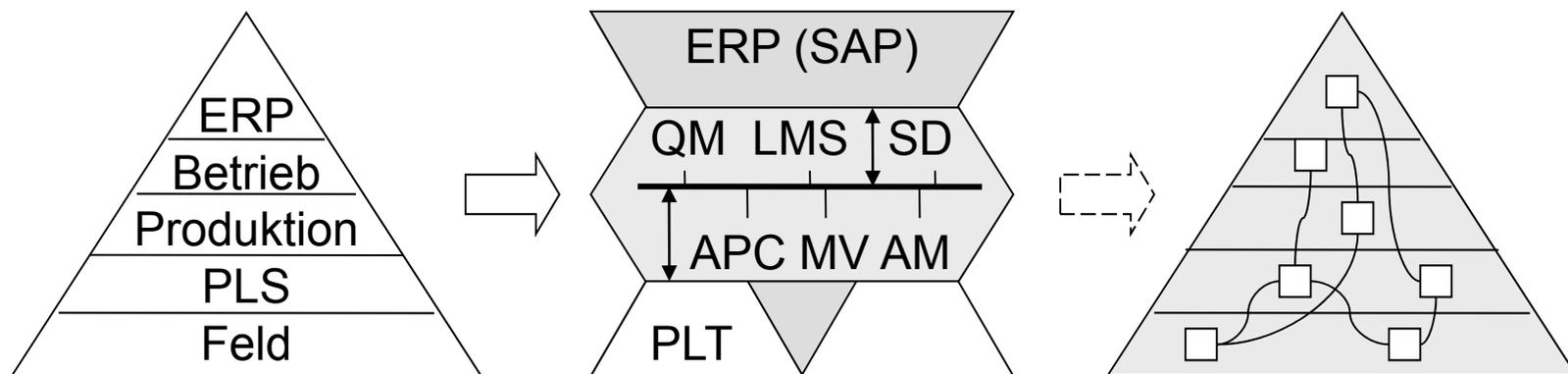


Offener Betriebs- und Werksbus

- De-facto Standard ist **Ethernet** + TCP/IP
- Anbindung von
 - Betriebsleitsystem
 - Bilanzierung, Logistik, kaufmännisches und technisches Berichtswesen
 - Laborautomatisierung (LAS),
Labor-Information-Management-Systeme (LIMS)
 - Enterprise Resource Planning-Systeme (ERP)
 - Betriebliche PCs
 - Auswertung, Tabellenkalkulation
 - Produktionsplanung und –steuerung
 - Qualitätssicherung (ISO 9000, FDA)
 - Expertensysteme

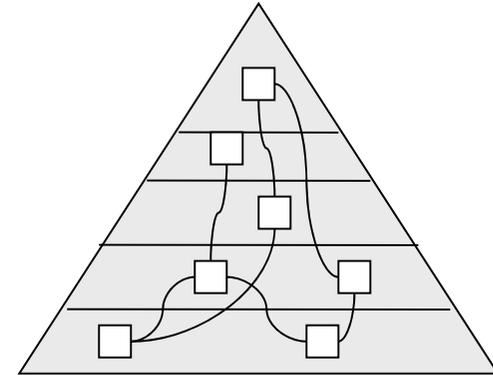
Funktionsintegration

- Integration höherer Informationsverarbeitungs-funktionen der Prozessführung
 - Advanced Process Control (APC), Messwertvalidierung (MV), Qualitätsmanagement (QM), Labor (LMS), Logistik (SD), Asset Management (AM), ...
 - Verlagerung in die Prozessleittechnik
 - Vernetzung mit der Prozessleitebene



Hochverteilte Systeme

- Neue Bussysteme und Fortschritte in der Rechnertechnik
 - Industrial Ethernet
 - „Intelligente“ Geräte
- Engineering Methoden für verteilte Systeme
 - Entwurf und Verifikation verteilter Hard- und Softwaresysteme
 - IEC 61804 Function blocks (FB) for process control
 - FB Concept
 - Electronic Device Description Language (EDDL)
 - Dienstetechnologien aus dem Internetumfeld (SOA, peer-to-peer, Agentenframeworks, ...)





TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN

PLS vs. SPS

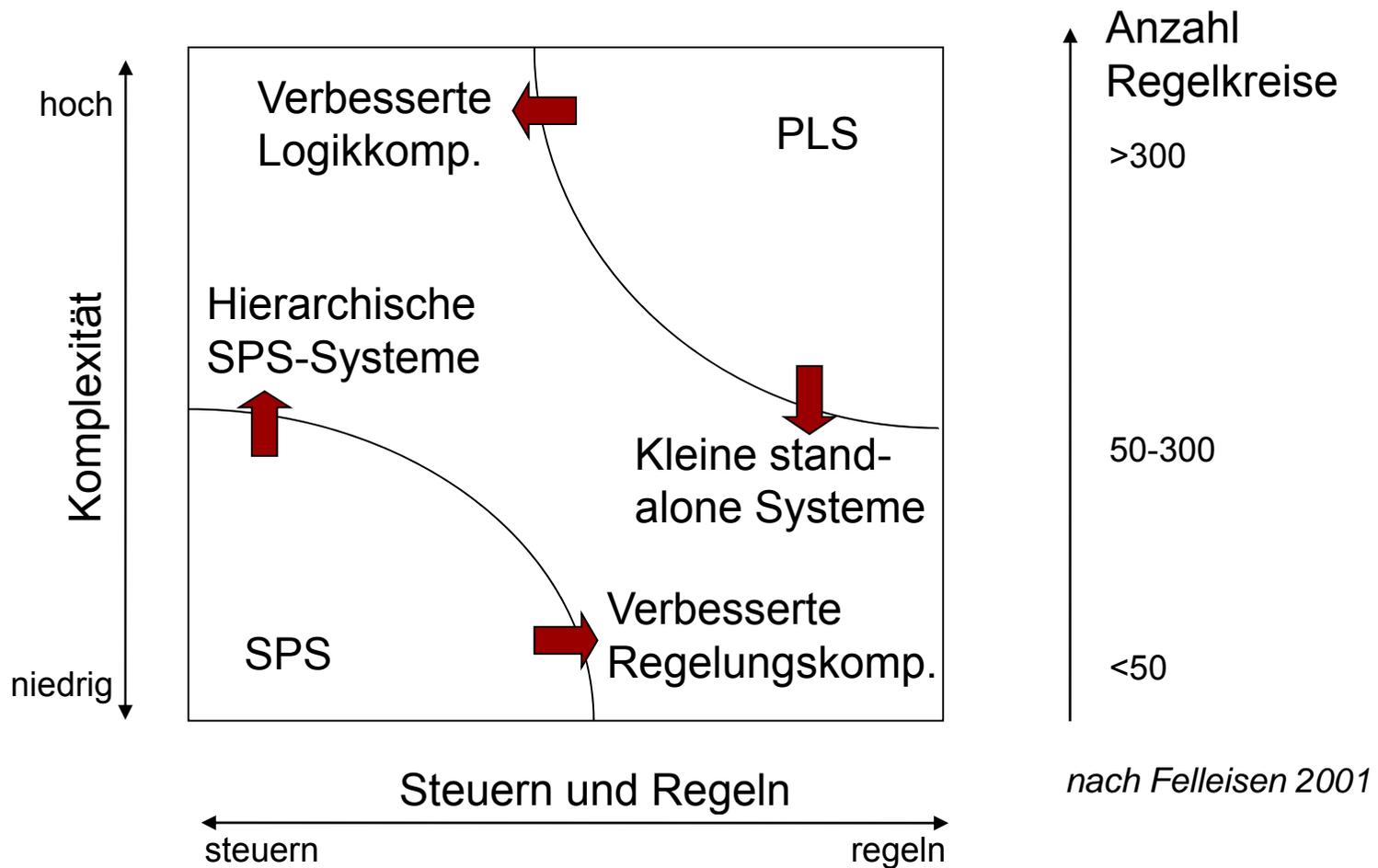
PLS vs. SPS

- Arbeitsteilung bis in die 90er Jahre
 - SPS
 - Steuerung niedriger Komplexität
 - überwiegend binäre Signale
 - sicherheitsgerichtete Logik
 - Systemhalt bei Rekonfiguration möglich
 - PLS
 - Regelung hoher Komplexität
 - enge Verknüpfung der Teilprozesse
 - analoge Signale
 - Online-Rekonfiguration notwendig

PLS vs. SPS

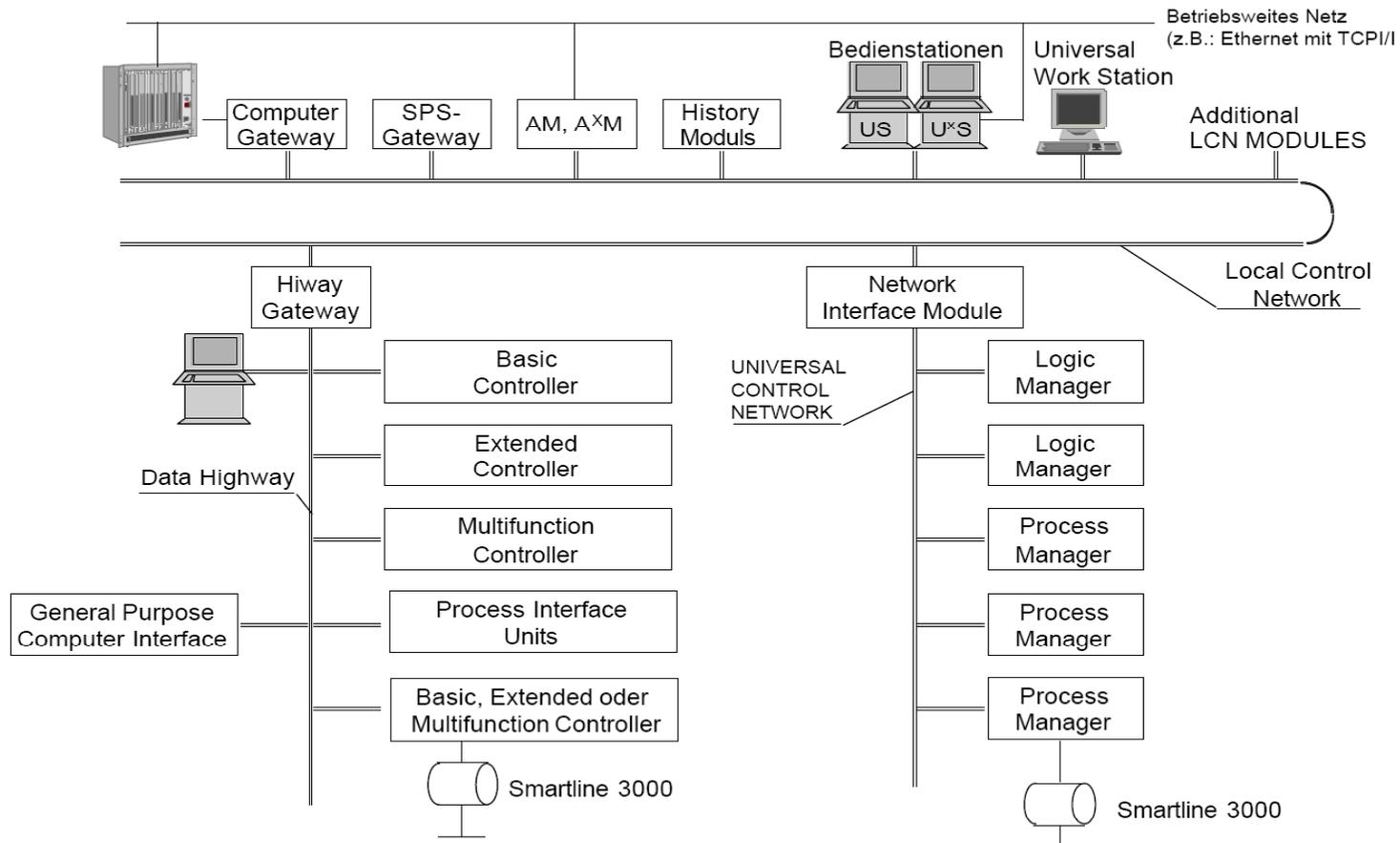
- Arbeitsteilung bis in die 90er Jahre
 - SPS und PLS getrennt
- Heute
 - SPS-basierte Prozessleitsysteme
 - Siemens PCS7
 - ABB 800xF

PLS und SPS-Konzepte bewegen sich aufeinander zu



Beispiele für PCS- Komponentenarchitekturen

Honeywell TDC3000



Foxboro I/A Series

