

Christiane Thomas, Benedikt Bederna
Fakultät Maschinenwesen // Institut für Energietechnik
Schaufler-Professur für Kälte-, Kryo- und Kompressorentechnik

02 Sensorik, Aktorik und Transientes Verhalten

LV: Regelung von Kälteanlagen
Wintersemester 2024/25

0 Überblick über die Lehrveranstaltung

Ablauf

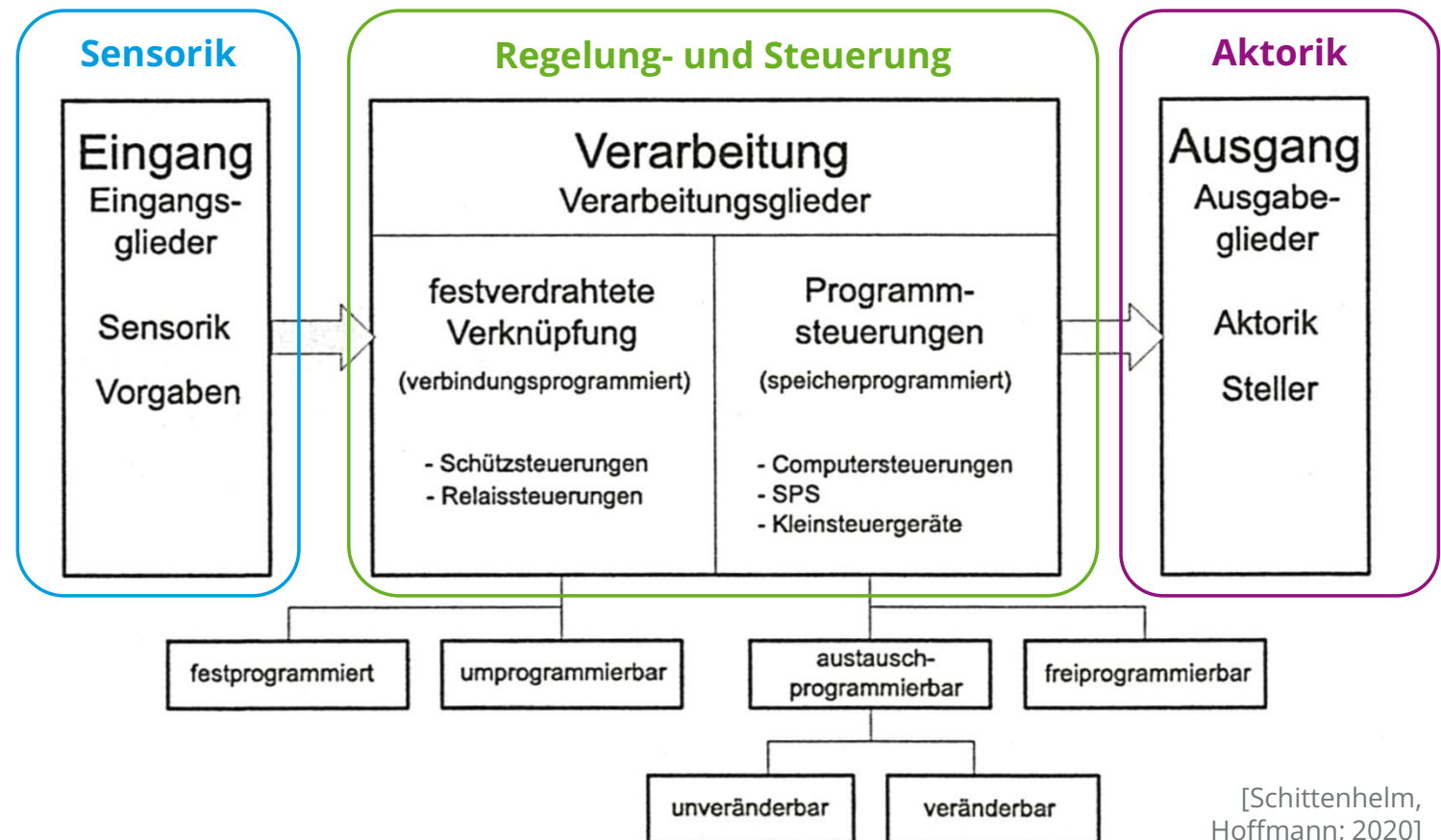
| Regelung von Kälteanlagen | | | | |
|--|-----|--|-------|--------------------------------------|
| Schwerpunkt: Teillastregelung, Komponenten | | | | |
| Vorlesung | | | Übung | |
| | Nr. | Thema | Nr | Inhalt |
| 17.10.2024 | 1 | Regelung auf System- und Komponentenebene, Messtechnik und Datenerfassung | | |
| 24.10.2024 | | | 1 | Einführung Modelica |
| 31.10.2024 | | Feiertag | | |
| 07.11.2024 | | | 2 | Kennenlernen TIL |
| 14.11.2024 | 2 | Transientes Verhalten, Anfahrverhalten von Kälteanlagen, Regelung zum Anfahren | | |
| 21.11.2024 | | DKV | | |
| 28.11.2024 | | | 3 | Blick in die Komponente - WÜ |
| 05.12.2024 | 3 | Antriebstechnik für Ventilator und Verdichter | | |
| 12.12.2024 | | | 4 | Kreislaufmodellierung |
| 19.12.2024 | | | 5 | Blick in die Komponente - Verdichter |
| | | Vorlesungsfreie Zeit (Weihnachten) | | |
| 09.01.2025 | 4 | Anfahrprozesse | | |
| 16.01.2025 | | | 6 | Transientes Verhalten I |
| 23.01.2025 | | | 7 | Transientes Verhalten II |
| 30.01.2025 | 5 | Multisplit-Systeme | | |
| 06.02.2025 | | | 8 | PID |

0 Einordnung Sensorik und Aktorik

0 Überblick über die Lehrveranstaltung

Einordnung Sensorik und Aktorik

1. Messtechnik/
Sensorik
2. Elektrische Aktorik
3. Steuerungs- und
Regelungstechnik
4. Kommunikation
5. Datenerfassung



[Schittenhelm,
Hoffmann; 2020]

0 Überblick über die Lehrveranstaltung

Beispiel zu Sensorik und Aktorik

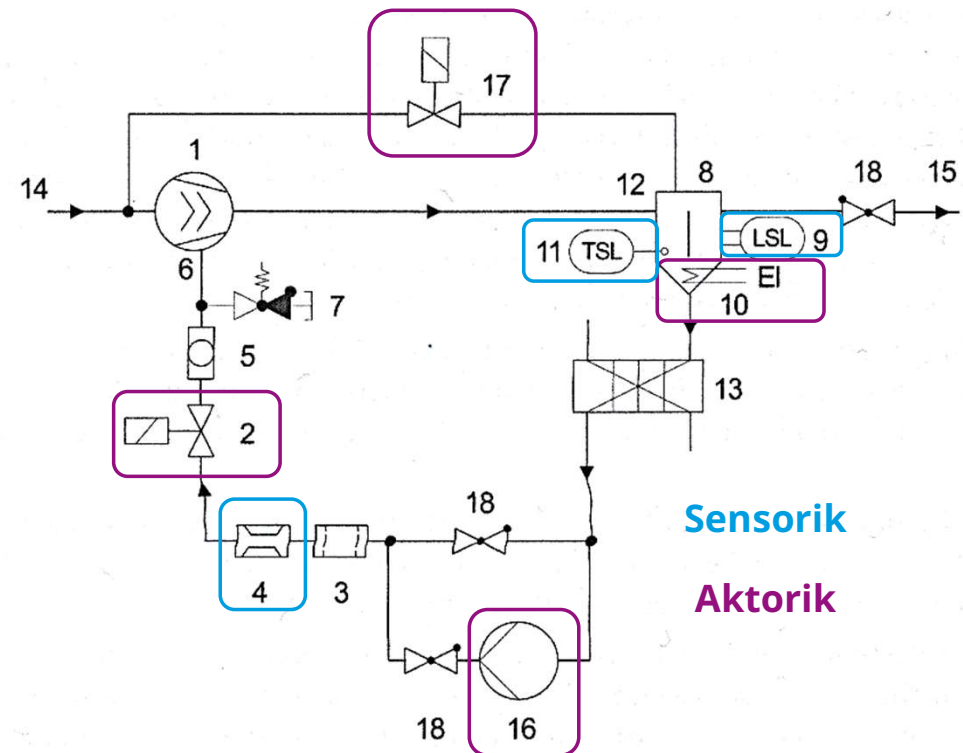
Überwachung und Steuerung des Schmierölkreislaufs im Schraubenverdichter

Sensorik

- Umwandlung von nicht-elektrischen Messgrößen in Signale

Aktorik

- Umwandlung von Signalen in Bewegung zwecks Kreislaufbeeinflussung



Sensorik

Aktorik

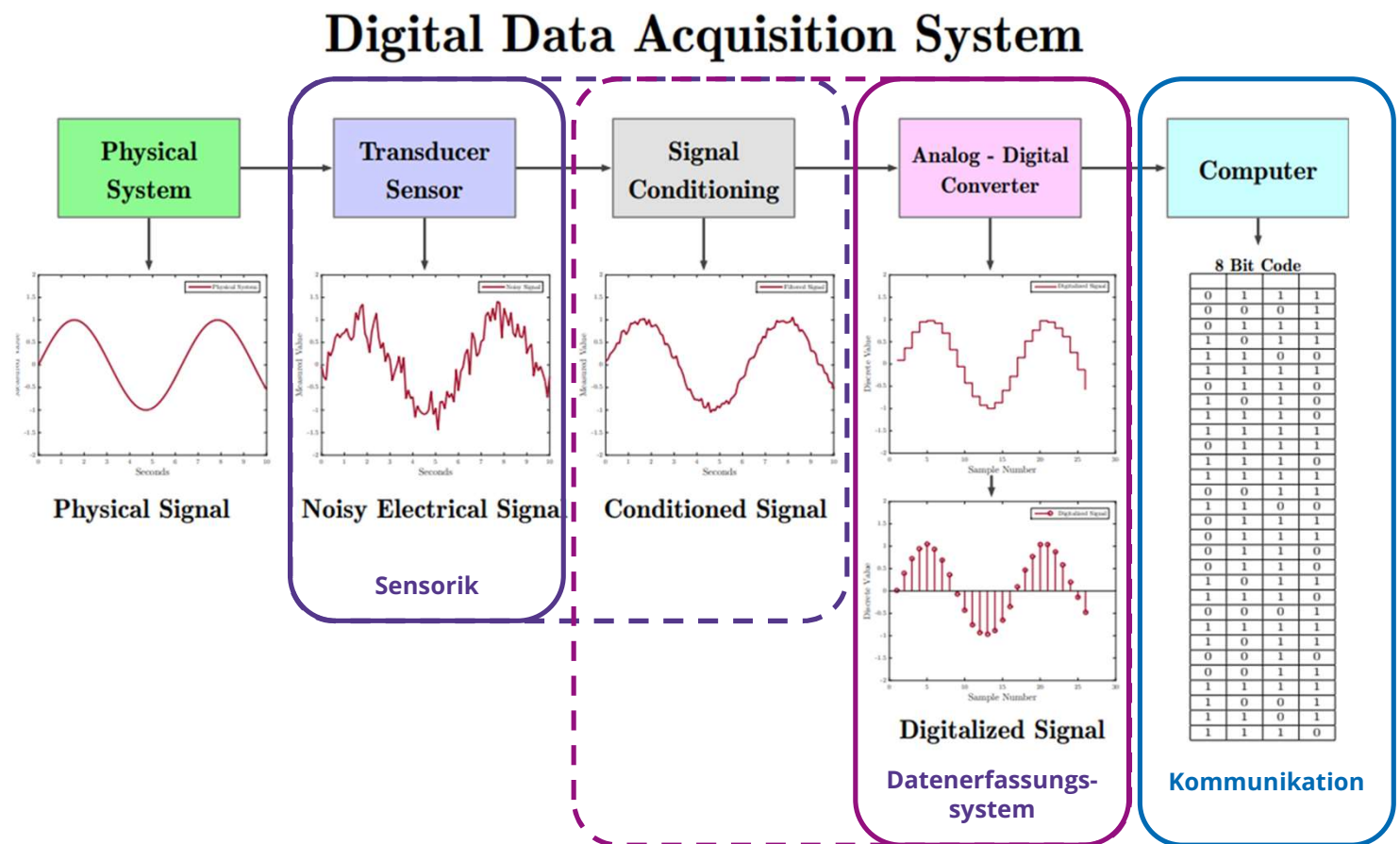
- | | | |
|---|------------------------------|-----------------------|
| 1 Schraubenverdichter | 7 Schraderventil | 14 Saugleitung |
| 2 Magnetventil | 8 Ölabscheider | 15 Druckleitung |
| 3 Ölfilter | 9 Ölniveauwächter | 16 Ölpumpe (optional) |
| 4 Strömungswächter | 10 Ölheizung | 17 Stillstandsby-pass |
| 5 Schauglas | 11 Ölthermostat | 18 Rückschlagventile |
| 6 Einspritzdüse (bauseits im Verdichter) | 12 Schauglas im Ölabscheider | |
| | 13 Ölkühler (optional) | |

[Schittenhelm, Hoffmann; 2020]

0 Überblick über die Lehrveranstaltung

Einordnung der Datenerfassung

1. Messtechnik/
Sensorik
2. Elektrische Aktorik
3. Steuerungs- und
Regelungstechnik
4. Kommunikation
5. Datenerfassung



1 Messtechnik (Sensorik) in der Kältetechnik

1 Messtechnik in der Kältetechnik

Druckmessung – Überblick

Beispiel: Temperatur oder Druck innerhalb des Nassdampfgebiets messen?

Manometer

- Federbelastet
- Spez. Anzeige für Verdampfungstemperatur der Kältemittel inklusive

Elektrische Messprinzipien

- Piezoelektrische Sensoren (Spannung bei Verformung von Festkörpern)
- Dehnungsmessung
- Kolbenmanometer

Eigenschaft

- Teurer als Temperaturmessung

Anwendung in der Kältetechnik

- Druckschalter → Schutz des Verdichters
- Verdampfungsdruck
→ Frostschutz, Pump-Out)
- Effiziente Regelung (p_C , p_0)



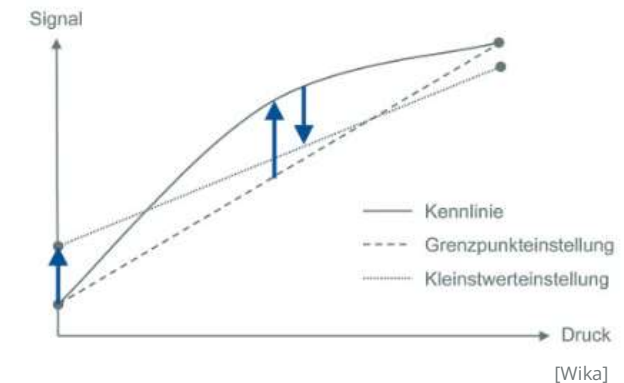
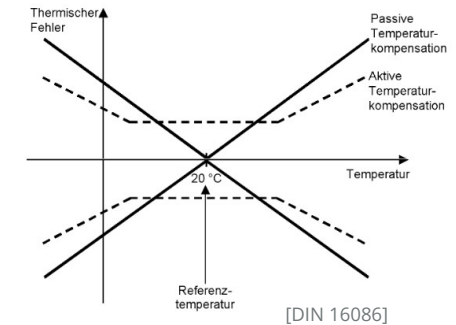
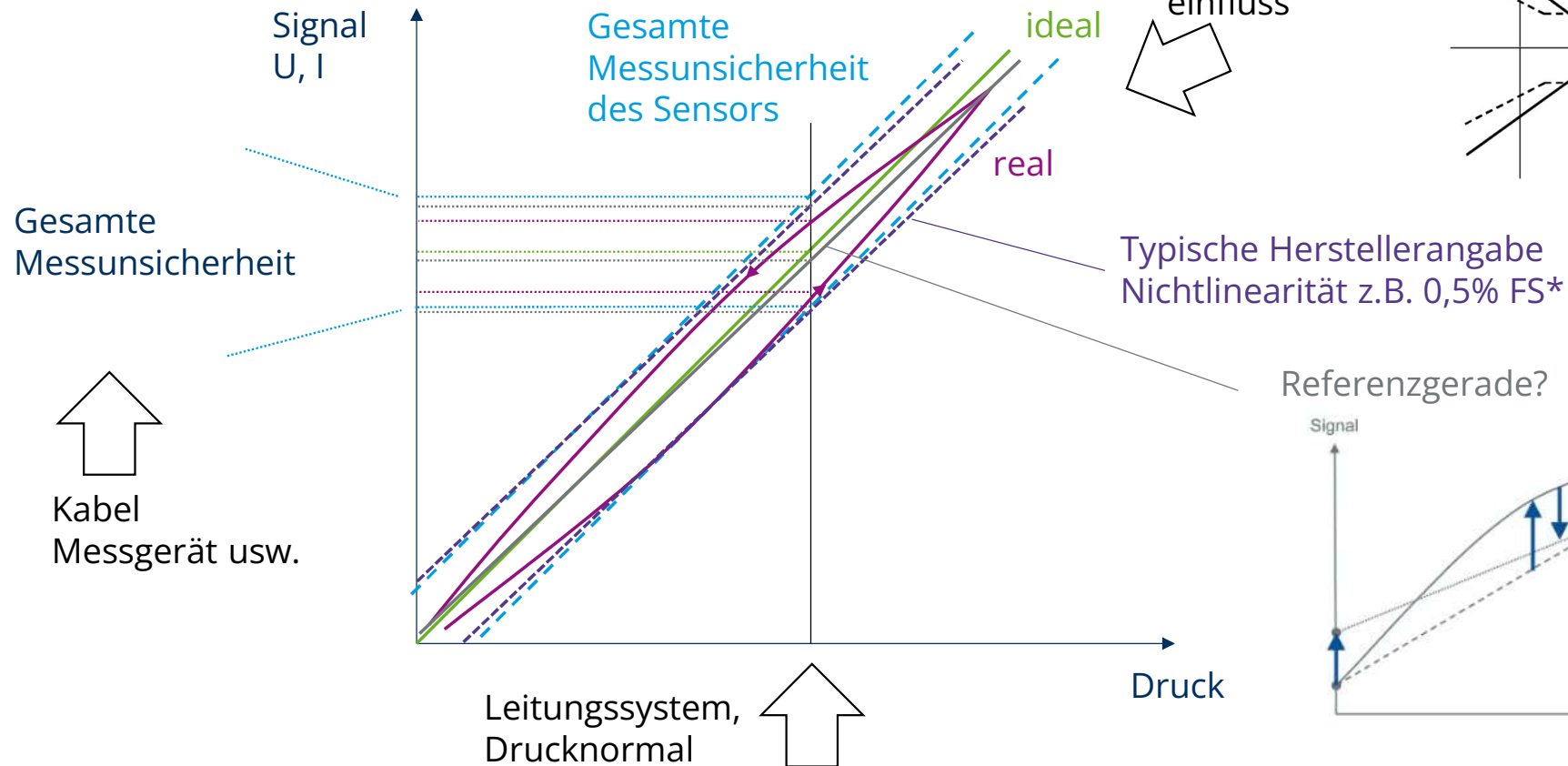
Manometer
[Schiessl]



Druckumformer
[Danfoss]

1 Messtechnik in der Kältetechnik

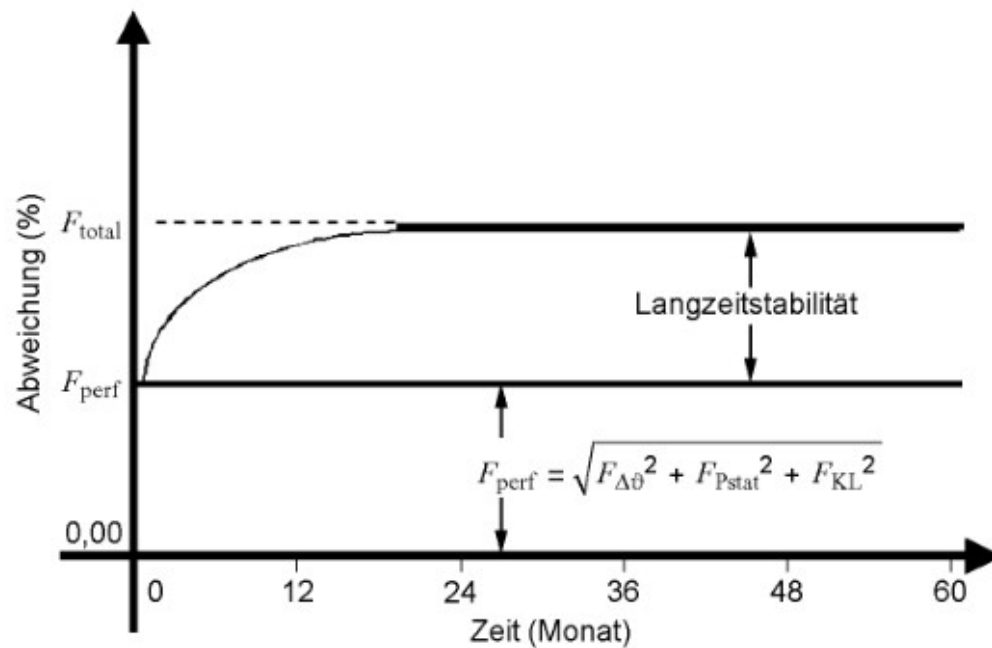
Druckmessung – Messunsicherheit



*Full Scale

1 Messtechnik in der Kältetechnik

Druckmessung – Langzeitstabilität



[DIN 16086]

→ Kalibrieren

→ Empfehlung für elektrische Druckmessgeräte :

> 0,5 % v. S. 2 Jahre

≤ 0,5 % v. S. 1 Jahr

1 Messtechnik in der Kältetechnik

Temperaturmessung – Überblick

Grundmessprinzipien

- Widerstandsmessung
- Thermoelemente
- Thermistoren

Konfiguration

- Anlegefühler
- Einschraubfühler (zum Eintauchen)

Anwendung

- Überhitzung
- Kühlgutüberwachung
- Luftüberwachung
- Messung Sekundärströme



Widerstandsmessung

- 2-/3-/4-Leiterschaltung
- I.d.R. Pt-1000 Widerstände (Auflösung des relevanten Temperaturbereiches)
- Hohe Messgenauigkeit
- Langlebig

Thermistoren

- Temperaturabhängige Widerstände
- Heißleiter (NTC), Kaltleiter (PTC)
- Sehr günstig
- Geringe Ansprechzeit
- Kühlgutüberwachung
- Sekundärstromtemperaturmessung

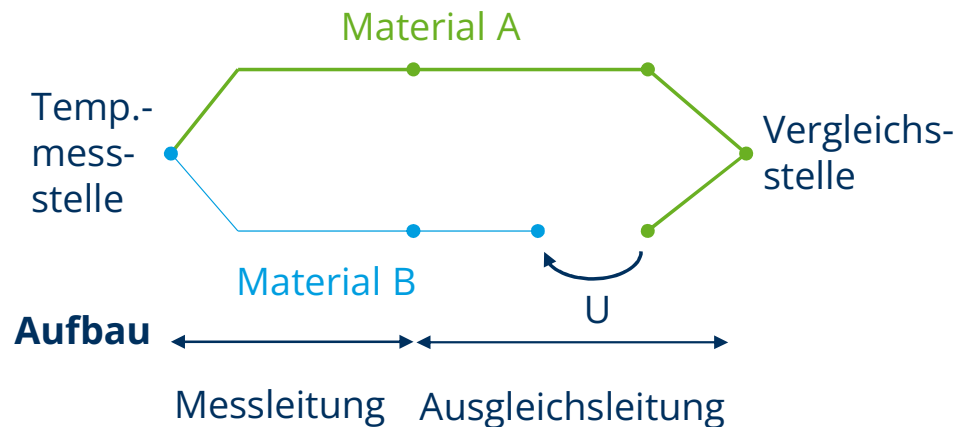
Thermoelemente (nächste Folie)

1 Messtechnik in der Kältetechnik

Temperaturmessung – Thermoelemente

Messprinzip

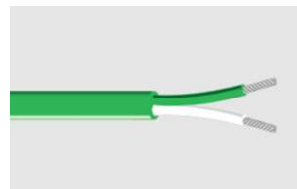
— Seebeck-Effekt



Perlen-TE



Mantel-TE



[TC Direct]

Materialpaarungen

| IEC-Kodierung | Legierungskombination | | IEC 584-3 | Max. Temperaturbereich (TE-Leitung, Verlängerung) | Standardfehler-toleranz > 0°C | Sonderfehler-toleranz > 0°C |
|---------------|---------------------------|----------------------------|-----------|---|-------------------------------|-----------------------------|
| | Leitung (+) | Leitung (-) | | | Größerer Wert gilt | |
| J | EISEN FE | KONSTANTAN Cu-Ni | | 0 bis 750°C 0°C bis 200 °C | 2,2°C oder 0,75% | 1,1°C oder 0,4% |
| K | CHROMEGA® Ni-Cr | ALOMEGA® Ni-Al | | -200 bis 1250°C 0 bis 200°C | 2,2°C oder 0,75% | 1,1°C oder 0,4% |
| T | KUPFER Cu | KONSTANTAN Cu-Ni | | -250 bis 350°C -60 bis 100°C | 1,0°C oder 0,75% | 0,5°C oder 0,4% |
| E | CHROMEGA® Ni-Cr | KONSTANTAN Cu-Ni | | -200 bis 900°C 0 bis 200°C | 1,7°C oder 0,5% | 1,0°C oder 0,4% |
| N | OMEGA-P® Ni-Cr-Si | OMEGA-N® Ni-Si-Mg | | -270 bis 1300°C 0 bis 200°C | 2,2°C oder 0,75% | 1,1°C oder 0,4% |
| R | Pt-13% Rh | PLATIN Pt | | 0 bis 1450°C 0 bis 150°C | 1,5°C oder 0,25% | 0,6°C oder 0,1% |
| S | Pt-10% Rh | PLATIN Pt | | 0 bis 1400°C 0 bis 150°C | 1,5°C oder 0,25% | 0,6°C oder 0,1% |
| U | KUPFER CU | KUPFER-LOW Cu-Ni | | 0 bis 50°C | | |

[Omega]

Eigenschaften

- Elektronische Auswertung (Kaltstellenkompensation)
- Stärken bei hohen Temperaturen, Temp.-Bereichen

1 Messtechnik in der Kältetechnik

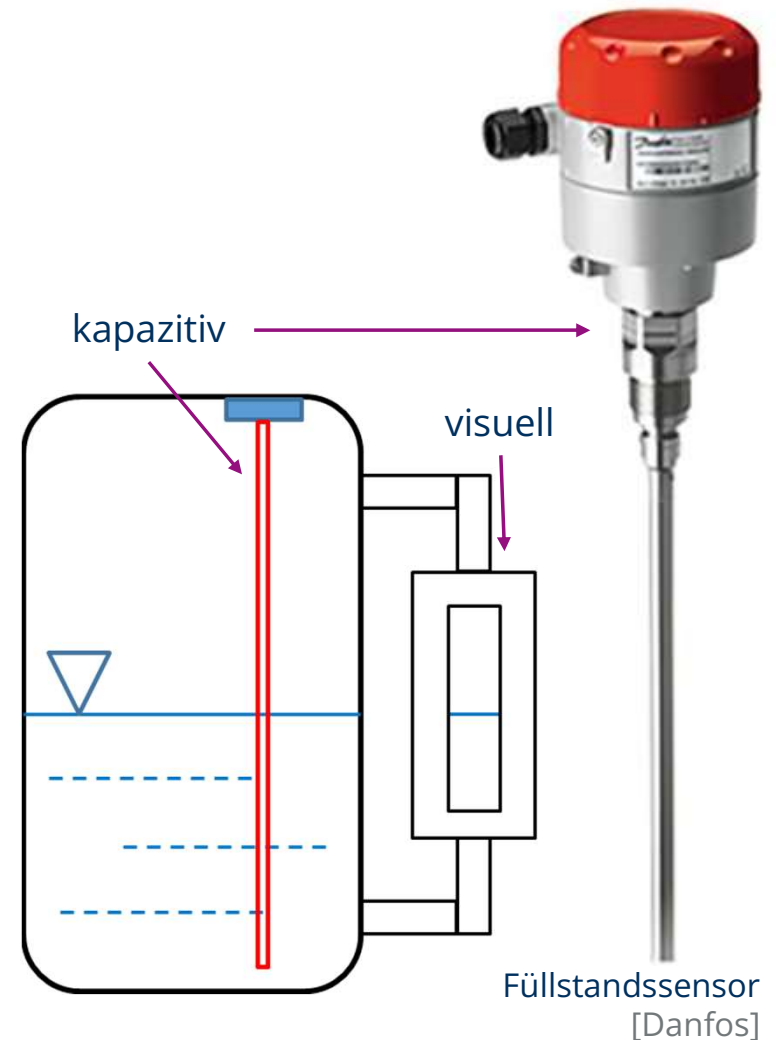
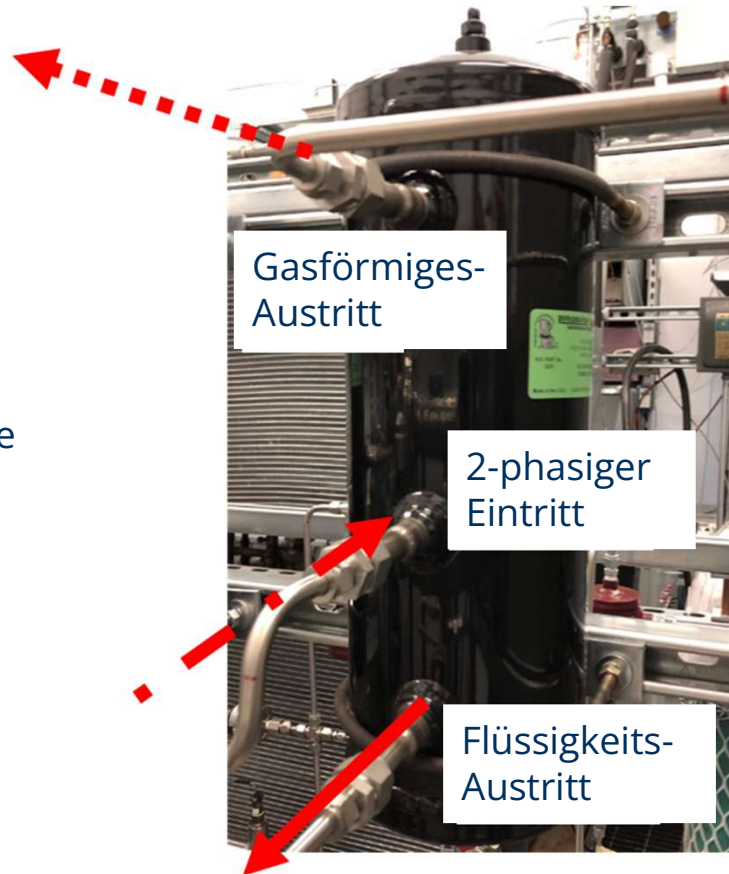
Füllstandsmessung

Verbreitete Messprinzipien

- kapazitiv
- Visuell
- Ultraschall

Anwendung

- Ölstandsmessung
- Kältemittelfüllmenge



1 Messtechnik in der Kältetechnik

Durchflussmessung – Übersicht in KT verwendeter Verfahren

Darstellung nicht vollständig

| Mess- verfahren | Flügelrad/ Turbine | Ultraschall | Magnetisch- Induktiv | Coriolis | Schwebe- körper | Heizdraht |
|--------------------|-------------------------------|--|---|--|----------------------------|--|
| Messgröße | Strömungsgeschwindigkeit | | | Massenstrom, Dichte | Geschwindigkeit | Widerstand |
| Ergebnisgröße | | | | | Volumenstrom | |
| Messprinzip | Strömung treibt Turbine | Schall- geschwindigkeit in Strömung | Ladungs- trennung im Magnetfeld | Massestrom bringt Rohr- bogen ins Schwingen | Auftrieb durch Strömung | Strömung kühlt erhitzten Widerstand |
| Vorteile | Sehr geringe Kosten | - Keine Beeinflussung - Gr. Messbereich - Externe Messung | - Keine Beeinflussung - Gr. Messbereich | - Genauigkeit - 2 Messgrößen | Kosten | |
| Nachteil | | - Fluidkalibrierung - Begrenzte Verschmutzung | Mindest- leitfähigkeit nötig | | Starke Beeinflussung | |
| Anwendung | Strömungs- wächter | Flüssige Sekundärströme (Kältezähler) auch Eingriffsfrei, Kältemittelströmung | | Kältemittel- strömung | | Luft- strömung |

2 Aktorik in der Kältetechnik

2 Aktorik

Konfiguration

Direktwirkend

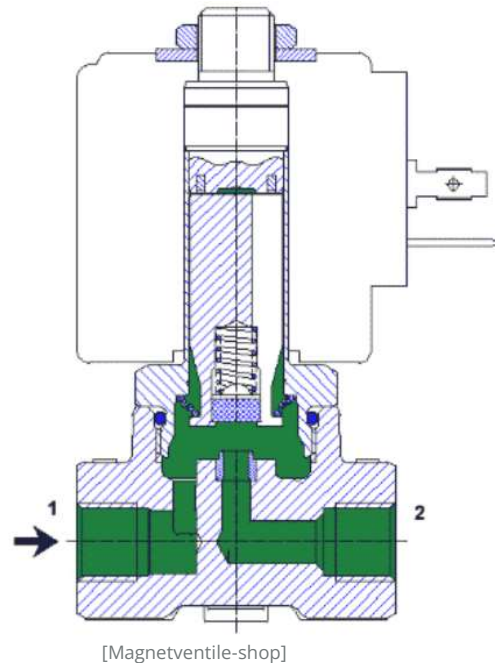
- Antrieb vollbringt Hub und Anpressung
- Größere **el. Leistungsbedarf**
- Begrenzte **Druckdifferenzen**

Antrieb

- Elektrisch
- Pneumatisch

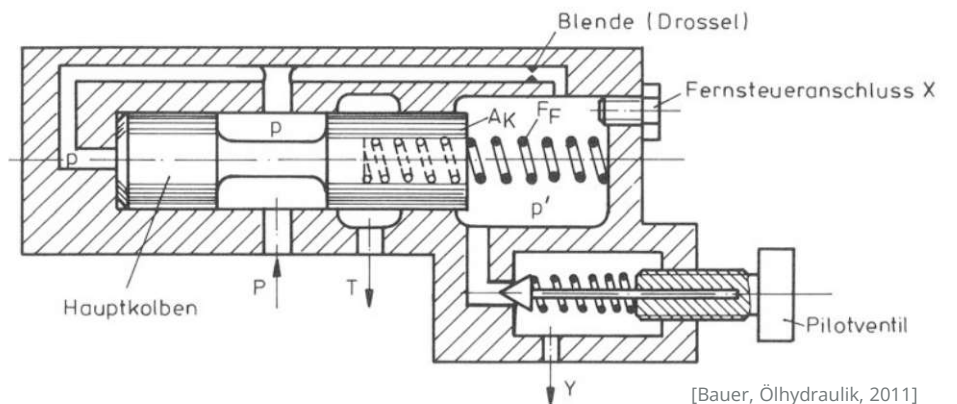
Anwendung

- „Magnetventile“ im Kältemittelkreislauf



Pilot- und Hauptventil

- Kleines Vorventil schaltet Hochdruckleitung
- Hochdruck erbringt Hub/Anpressung



Anwendung

- Große Hübe
- Große Druckdifferenzen
- Vier-Wege-Umschaltventil

2 Aktorik

Elektrische direktwirkende Ventile

Elektromagnetisch

- Linearmotor
- Leistungsgrenzen
- i.d.R. federbelastet

Elektromotorisch

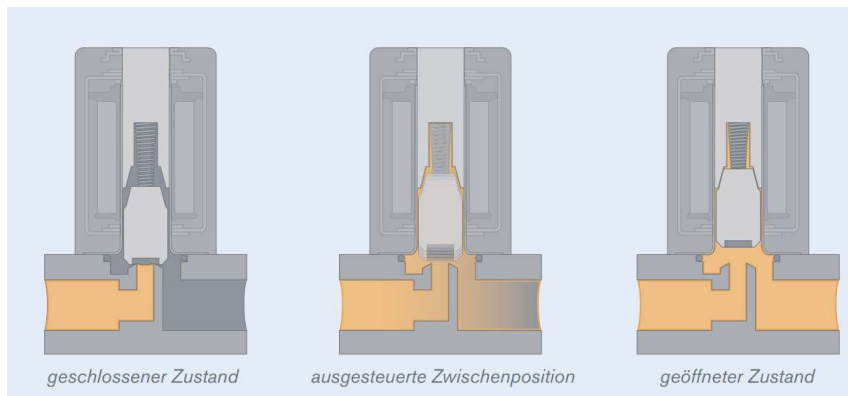
- Schrittmotor
- Spindel

Vorteile

- verzögerungsfrei (gegenüber pneumatischen)
- Kein Überschwingung bzgl. Endposition
- Sanftes Anfahren der Endposition
- Halten der Position auch bei Druckschwankung

Anwendung

- Regelventile mit hoher Anforderung an Regelgüte
- EXV
- Große Ventile



[Bürkert]

Anwendung

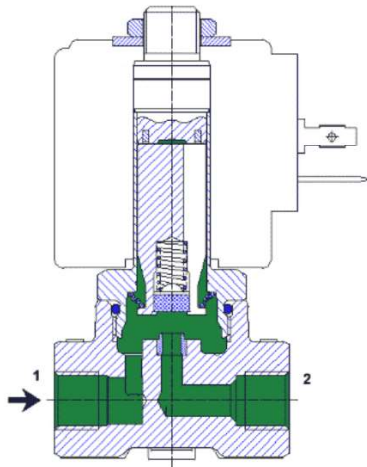
- Absperrventile
- Kleine Proportionalventile

2 Aktorik

Ventilarten

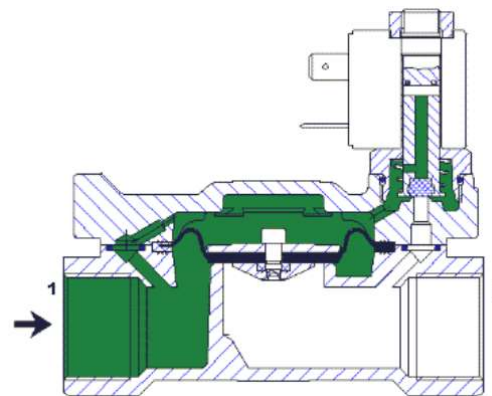
Direktgesteuert

- Elektrische Antrieb erbringt Hub des Dichtelements
- Rückstellfeder
- Selbstschließend oder selbstöffnend
- Große Elektroantriebe



Vorgesteuert (servogesteuert)

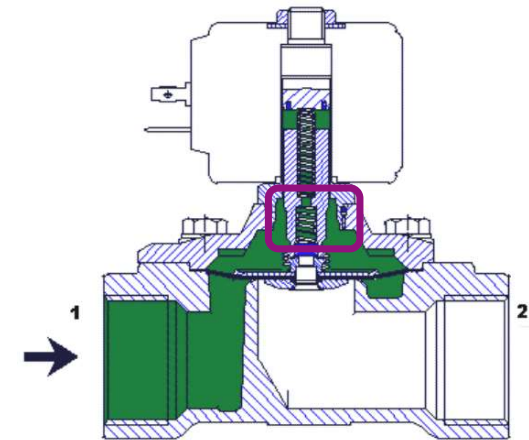
- Klein, leicht, günstig
- Hohe Druckdifferenz
- Mindestdruckdifferenz zum schließen notwendig



Selbstschließende Ausführungen

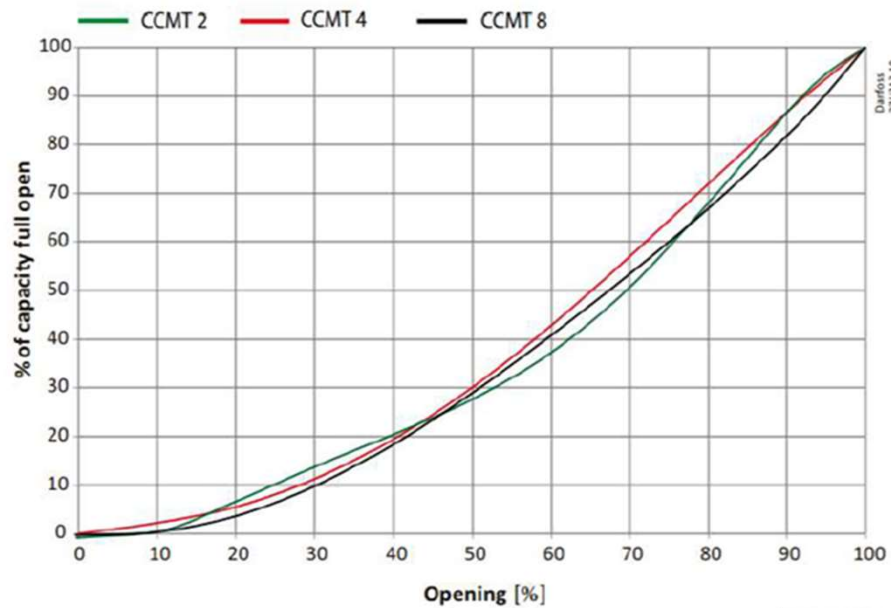
Zwangsgesteuert

- El-Antrieb unterstützt Öffnung
- Öffnet zunächst Vorsteuerbohrung
- Keine Mindestdruckdifferenz



2 Aktorik

Elektrisches Expansionsventil



- Kälteleistung in Abhängigkeit vom Ventilöffnungsgrad
- Controller nötig



2 Aktorik

Elektrische Heizungen

Anwendungen

- Verdampferabtauung
- Ölsumpfheizung

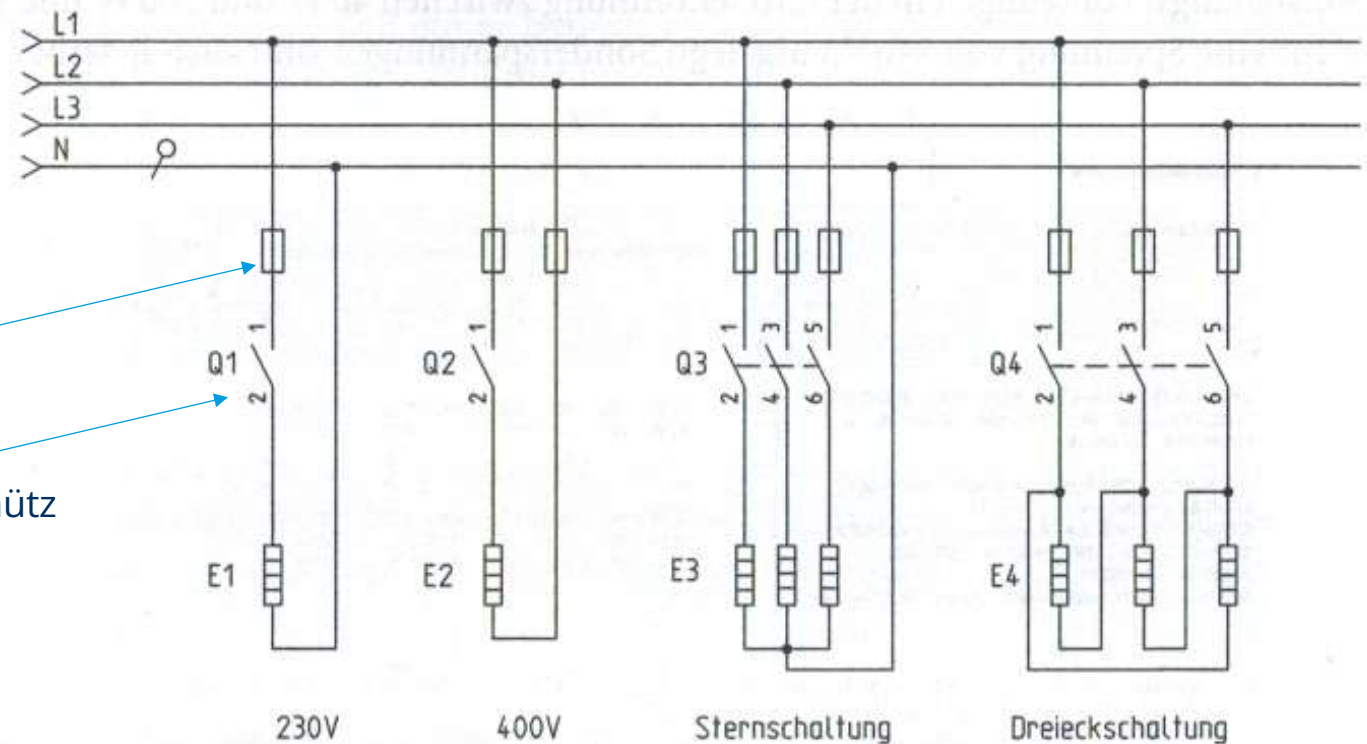
Schaltungsvarianz

- Unterschiedliche Leistungsklassen

El. Heizer

„Schalter“ → i.d.R. Schütz

[Schittenhelm, Hoffmann; 2020]

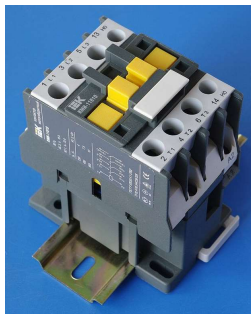


2 Aktorik

Schütze

Schütz

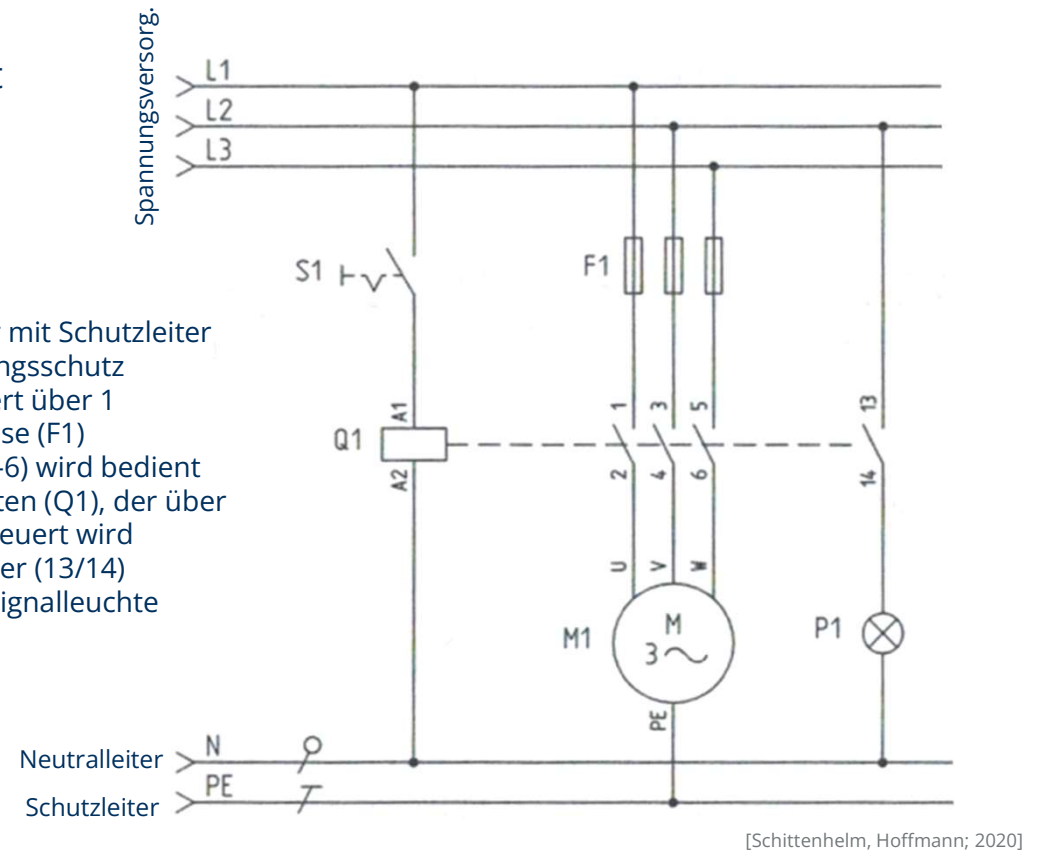
- Elektromechanischer Schalter mit Steuerleistung mit großer Schaltleistung
- Steuerstrom schaltet Schaltströme
- Hilfskontakte können vorhanden sein
- An → An
(ansonsten öffnet Feder die Schaltbrücken, „normally closed“)



[Wikipedia: Schütz]

Bsp.:

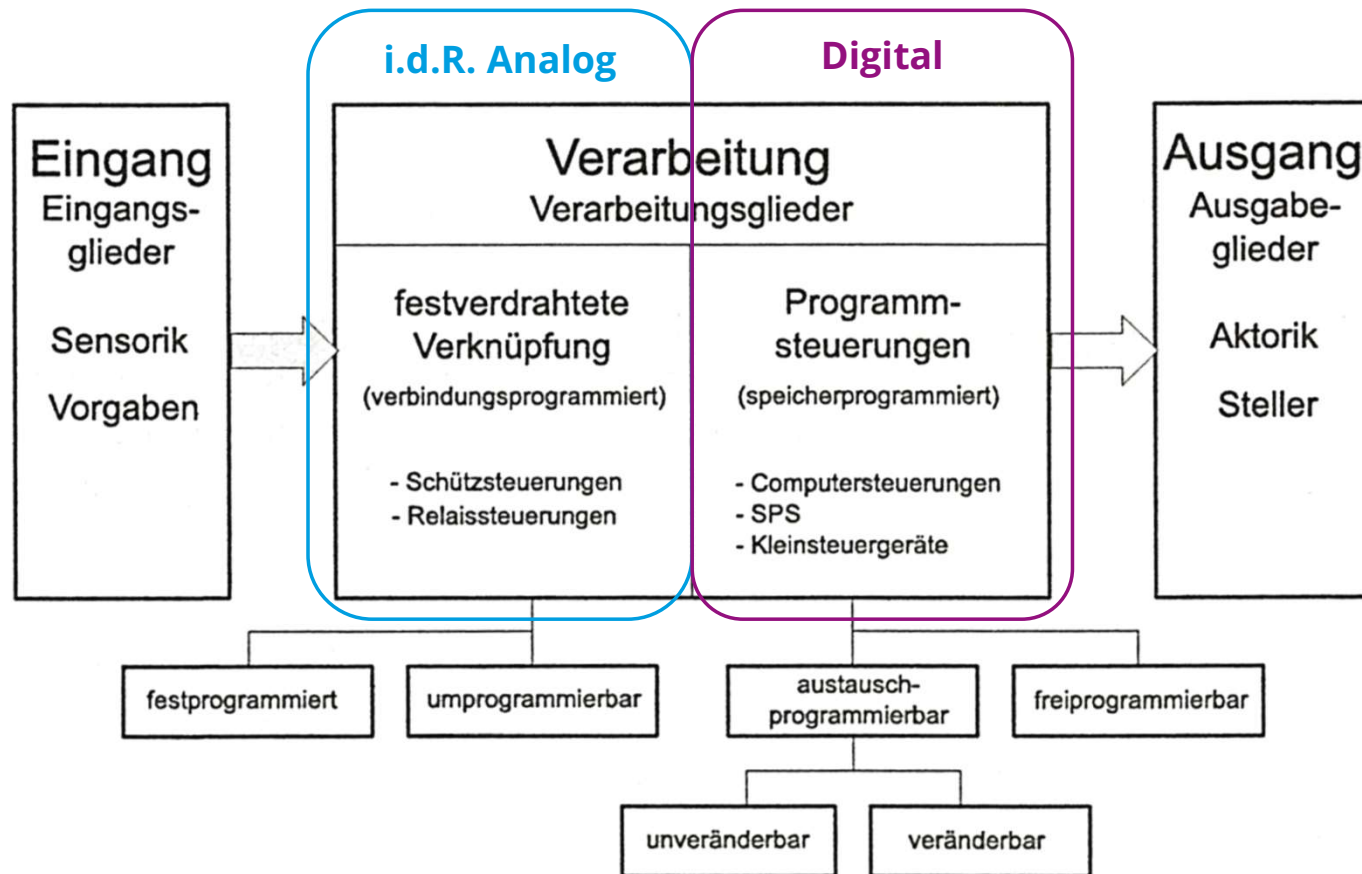
- Verdichtermotor mit Schutzleiter (PE) für Berührungsschutz
- Motor abgesichert über 1 Sicherung je Phase (F1)
- 3-ph. Schalter (1-6) wird bedient durch el. Magneten (Q1), der über Taster S1 angesteuert wird
- Zusätzlich Schalter (13/14) geschlossen → Signalleuchte



3 Regelungs- und Steuerungstechnik

3 Steuerungs- und Regelungstechnik

Analoge und digitale Technik

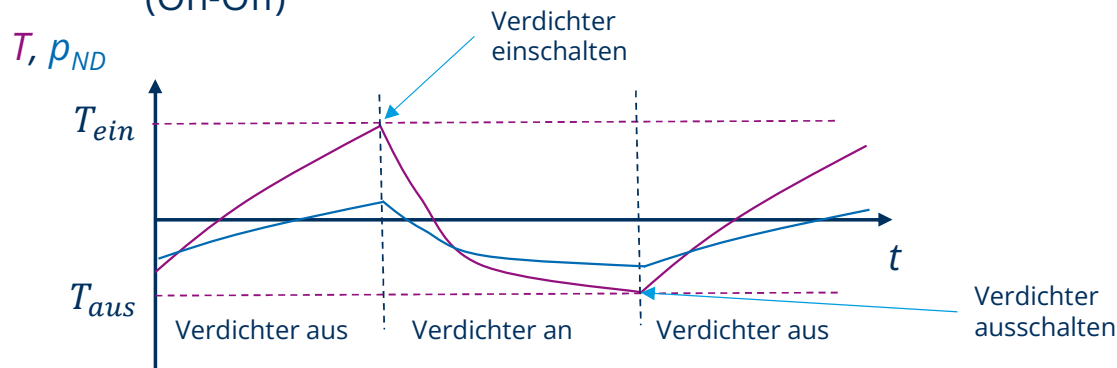


3 Steuerungs- und Regelungstechnik

Beispielhafte Regelherausforderung

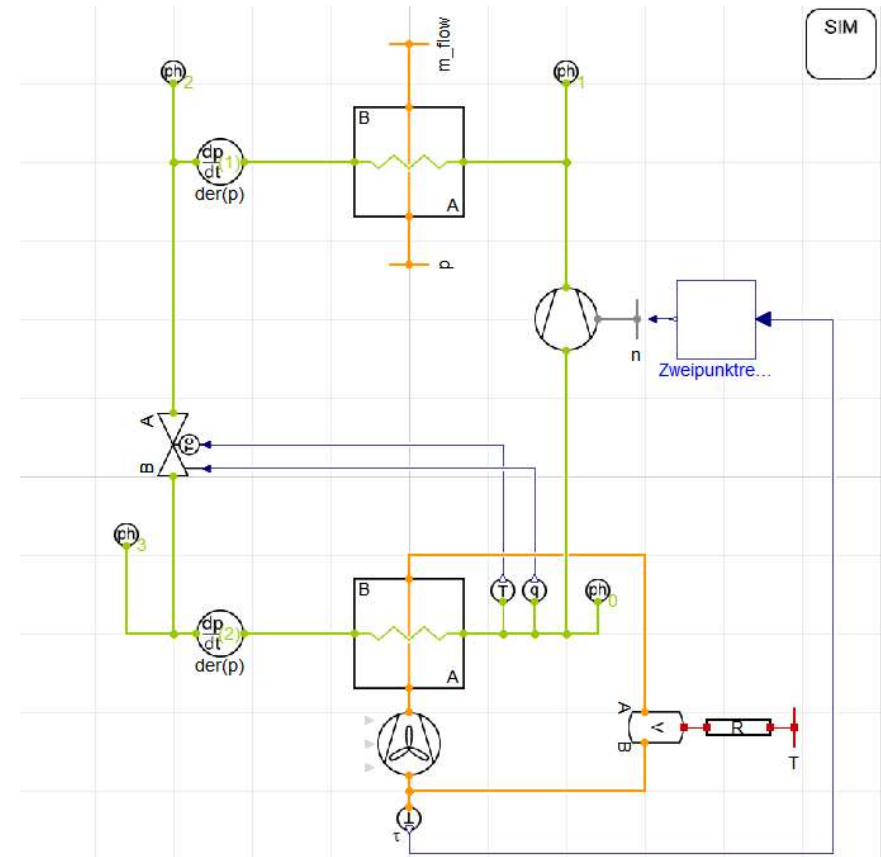
Kühllager mit einfacher Konfiguration

- TXV
- Verdichterregelung via Zwei-Punkt-Regler (On-Off)



Herausforderungen

- Stillstandsfall: TXV ist nicht dicht
→ Leckagestrom → Kältemittelsammlung im Verdampfer → Gefahr eines Flüssigkeitsschlags
- Gefahr von Ölschäumung
→ Lösung: „Pump down“

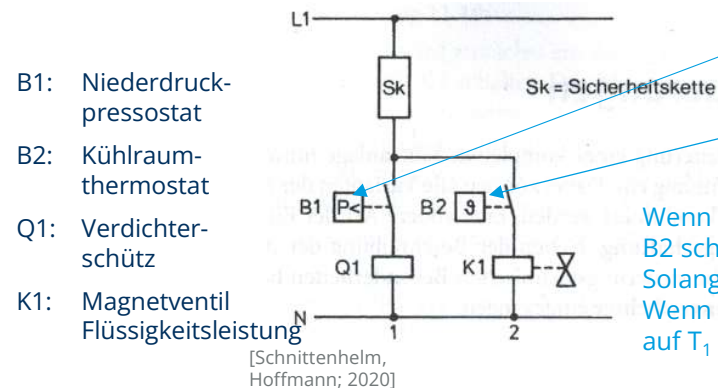


3 Steuerungs- und Regelungstechnik

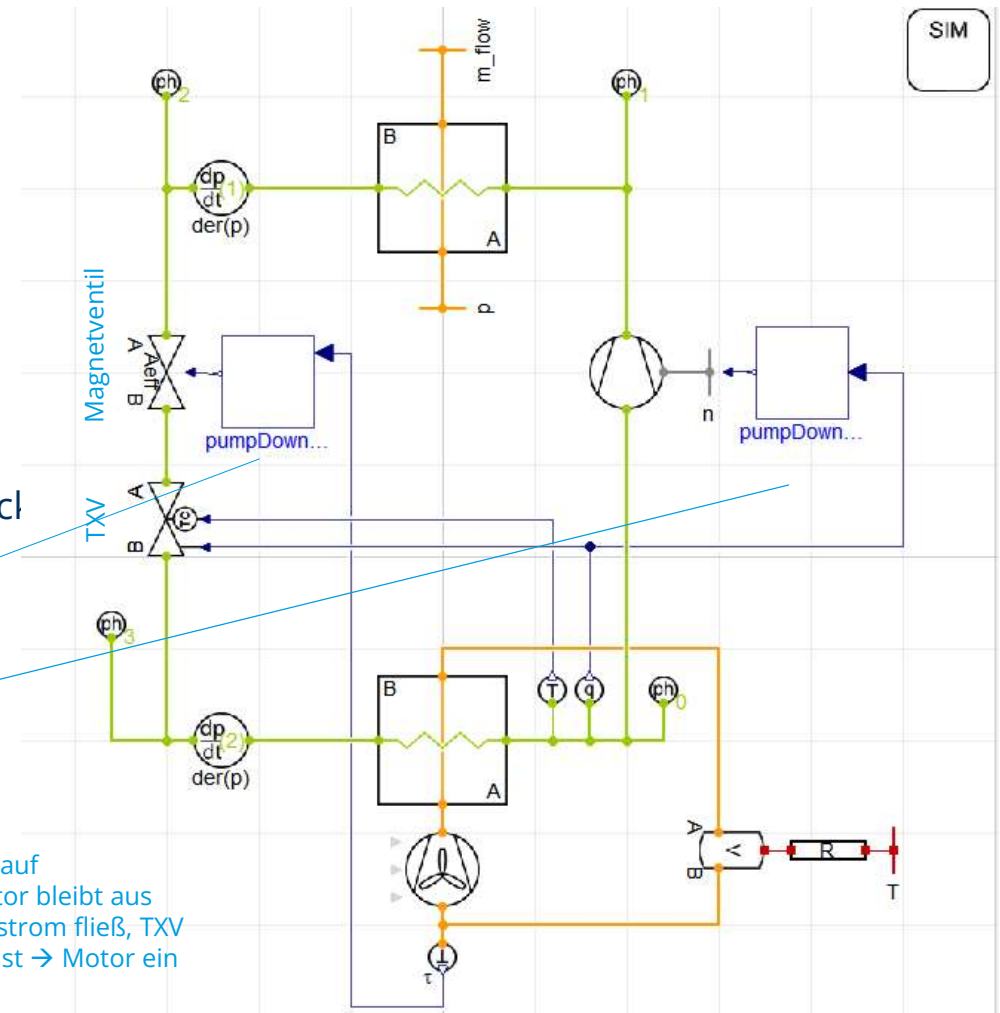
Analoge Stillstandsregelung

Pump-down-Schaltung

- Verdichterschutz von Flüssigkeit beim Anfahren
- Kältemittelabsaugung und Bevorratung auf HD-Seite
- Steuerung nach Raumtemperatur und Verdampfungsdruck
- Immer Absaugung wenn Verdampfungsdruck zu hoch
- Herausforderungen bei Abtauung → el. Heizen → Druck steigt → Verdichter an → Verdichter arbeitet gegen Abtauung → Pump out Schaltung



Wenn $T_{\text{Kühlraum}}$ überschritten \rightarrow
 B2 schaltet Zusatz-Magnetventil auf
 Solang p_{ND} unter Sollwert \rightarrow Motor bleibt aus
 Wenn Magnetventil auf, Massenstrom fließt, TXV
 auf T_1 regelt und p_0 groß genug ist \rightarrow Motor ein



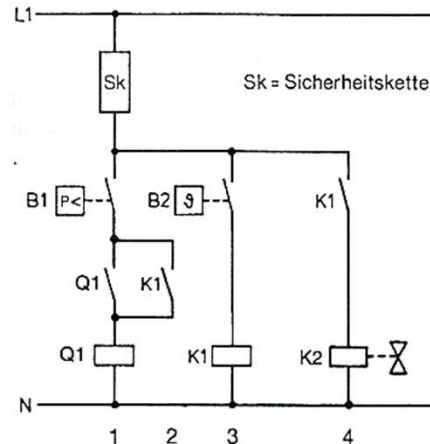
3 Steuerungs- und Regelungstechnik

Analoge Stillstandsregelung

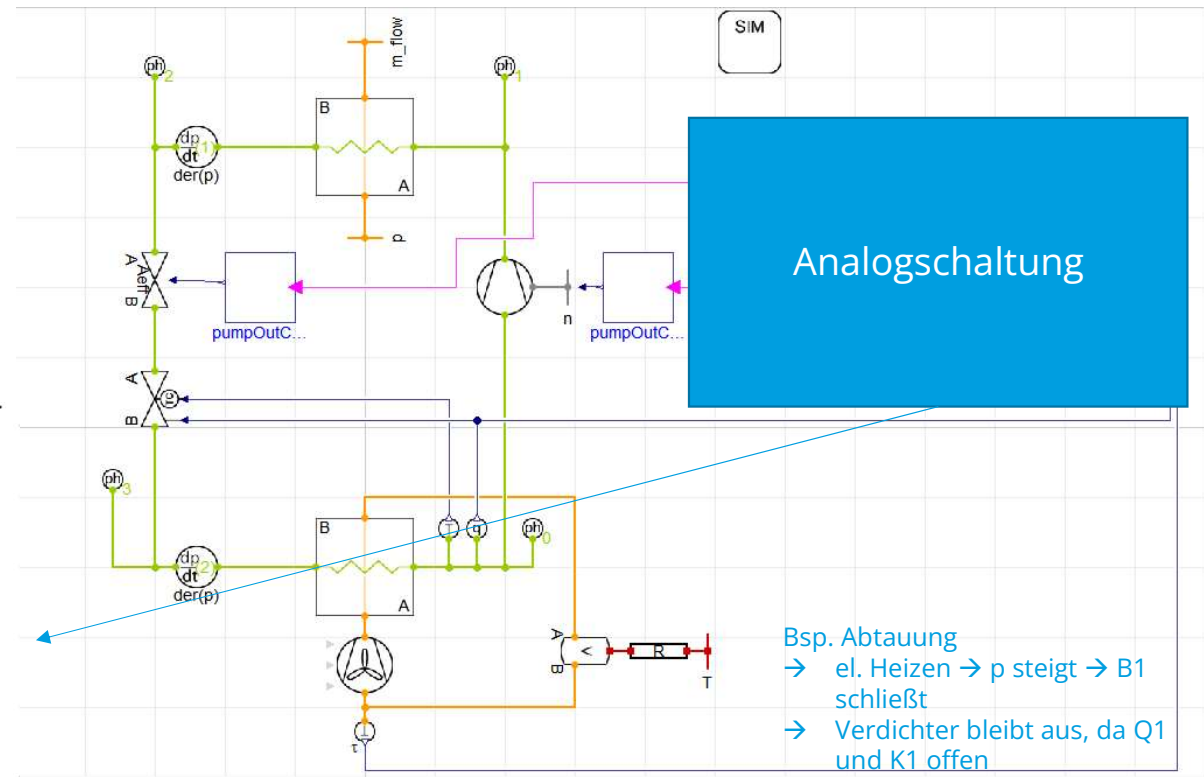
Pump-out-Schaltung

- Einmalige Kältemittelabsaugung und Bevorratung auf Hochdruckseite
- Verdichterbetrieb nur bei Raumtemperaturüberschreitung und nicht an Druck gekoppelt
- Z.B. Keine Absaugung bei Abtauung

- B1: Niederdruck-
pressostat
- B2: Raum-
thermostat
- Q1: Verdichter-
schutz
- K1: Hilfsschutz Pump out
- K2: Magnetventil
Flüssigkeitsleistung



[Schnittenhelm, Hoffmann; 2020]



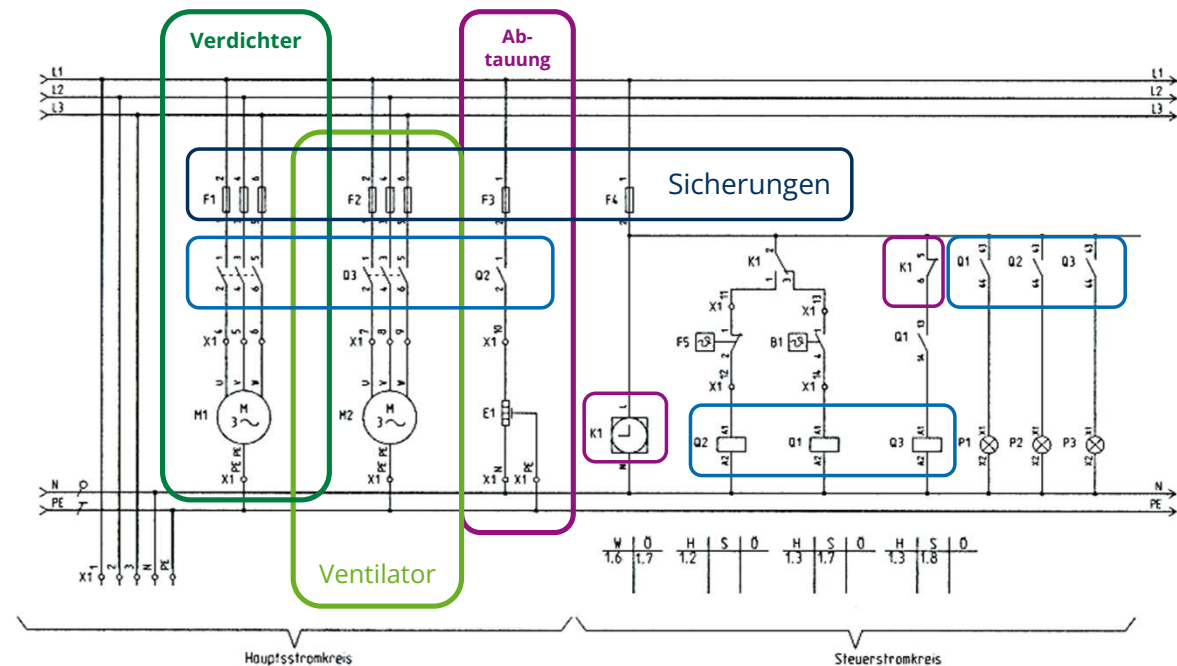
- Bsp. Abtauung
- el. Heizen → p steigt → B1 schließt
 - Verdichter bleibt aus, da Q1 und K1 offen
 - Erst, wenn Tkühlraum (B2) überschritten → K1 zu → Q1 und B1 zu → Verdichter an

3 Steuerungs- und Regelungstechnik

Analoge Steuerungs- und Regelungstechnik

Schaltung Gesamtanlage

- Steuerung erfolgt über Schütze
- Konventionelle Schaltung ohne:
 - Heißgasabtauung
 - Drehzahlregelung
 - Abtauungsbedarfserkennung
 - Motorschutzeinrichtung



- M1: Verdichtermotor
 M2: Verdampferventilator
 E1: Abtauheizung
 F1: Sicherung Verdichter
 F2: Sicherung Verdampferventilator
 F3: Sicherung Abtauheizung
 F4: Sicherung Steuerstromkreis
 F5: Abtaubegrenzungs thermostat

- K1: Abtauuhr
 Q1: Verdichterschütz
 Q2: Heizungsschütz
 Q3: Verdampferventilatorschütz
 B1: Raumthermostat
 P1: Meldeleuchte Kühlbetrieb
 P2: Meldeleuchte Abtauung
 P3: Meldeleuchte Verdampferlüfter EIN

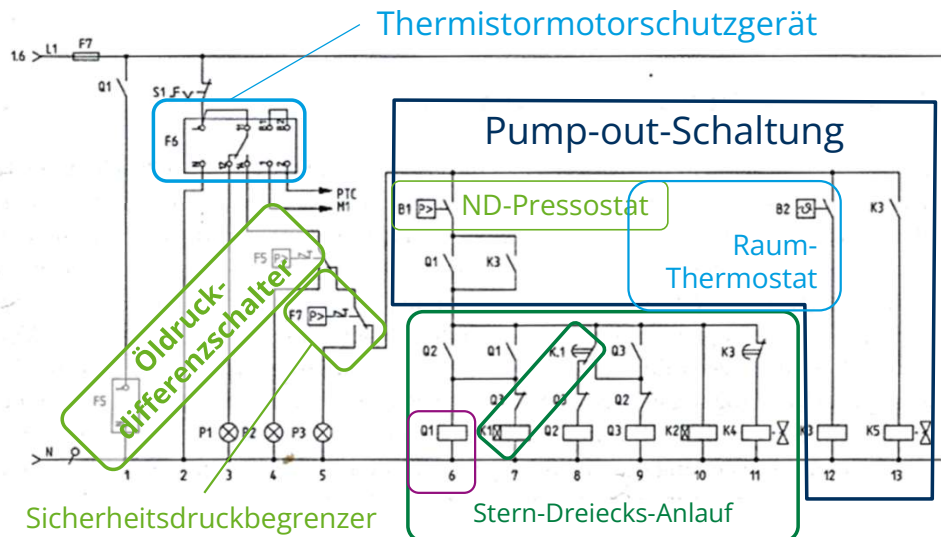
[Schittenhelm, Hoffmann; 2020]

Analoge Steuerungs- und Regelungstechnik

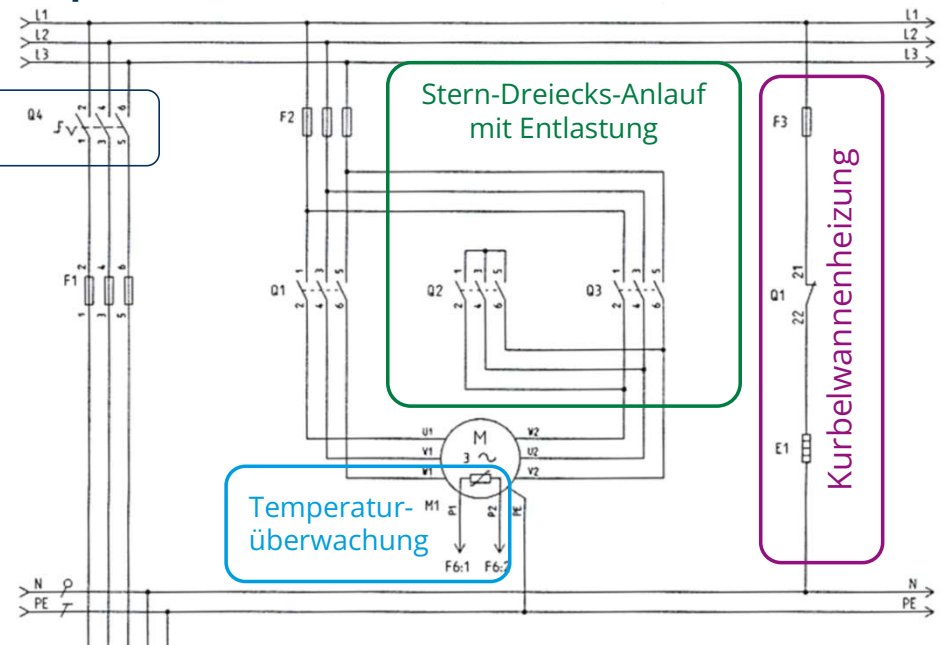
Komplexität von Steuerungsschaltungen

Funktionalität

- Stern-Dreiecks-Anlauf mit Entlastung für Verdichtermotor
- Motorschutz (Temperatur, Öl, Druck)
- Pump-out-Schaltung
- Kurbelwannenheizung (Vor Anlauf)



Hauptstromkreis



- Entwurfs- und Installationsaufwand von Analogtechnik bei großer Funktionalität fraglich

[Schittenhelm, Hoffmann; 2020]

3 Steuerungs- und Regelungstechnik

Überblick über digitale Steuerungs- und Regelungstechnik

Kleinststeuergeräte

— Microcontroller, FPGA, ASIC etc.

SPS – Speicherprogrammierbare Steuerung

— Industriestandard

Computersteuerung

— Eingebundener PC



3 Steuerungs- und Regelungstechnik

Varianten digitaler Steuerungs- und Regelungstechnik

| | | Implementation | Design Cost | Unit Cost | Upgrades & Bug Fixes | Size | Weight | Power | System Speed |
|-----------------------------------|--|--|------------------------|------------|----------------------|---------------|------------------|----------------|------------------|
| Zweckbestimmte Hardware | | Discrete Logic (Analog) | low | mid | hard | large | high | ? | very fast |
| | | ASIC (Anwendungsspezifische integrierte Schaltung) | high (\$500K/mask set) | very low | hard | tiny - 1 die | very low | low | extremely fast |
| | | Programmable logic – FPGA, PLD | low | mid | easy | small | low | medium to high | very fast |
| Software auf generischer Hardware | | Microprocessor + memory + peripherals | low to mid | mid | easy | small to med. | low to moderate | medium | moderate |
| | | Microcontroller (int. memory & peripherals) | low | mid to low | easy | small | low | medium | slow to moderate |
| | | Embedded PC | low | high | easy | medium | moderate to high | medium to high | fast |

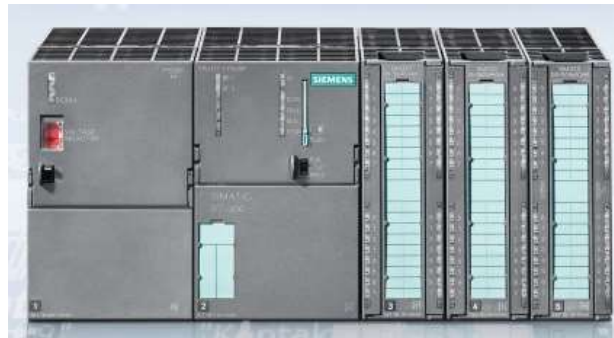
[ARM University Programm 2013]

Digitale Steuerungs- und Regelungstechnik

Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS)

Eigenschaften

- Industriestandard
- Modular erweiterbar
- Anpassungsfähig
- Platzsparend
- Wartungsarm
- Zeitsparende Projektierung
- Kommunikationsfähig
- Fernzugriff möglich
- Automatische Projektdokumentation
- Hemmnis:
 - Technische Komplexität
 - Kosten bei kleinen Anlagen



[Siemens]



[WAGO]

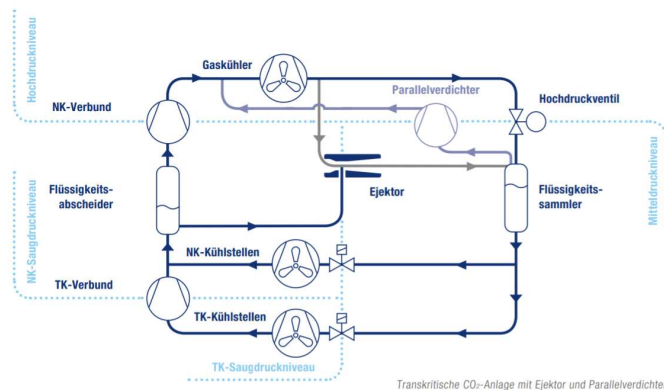
Digitale Steuerungs- und Regelungstechnik

Individuelle Ausführungen für Kältetechnik

[WURM]

Spezielle Anpassung auf Kältetechnische Anwendungen

- Gesamtanlagen-Steuergeräte
- Kühlstellenüberwachung
- Fernüberwachung
- Individuelle Regelspezifika von Kältemitteln (z.B. CO₂ mit Ejektoren)



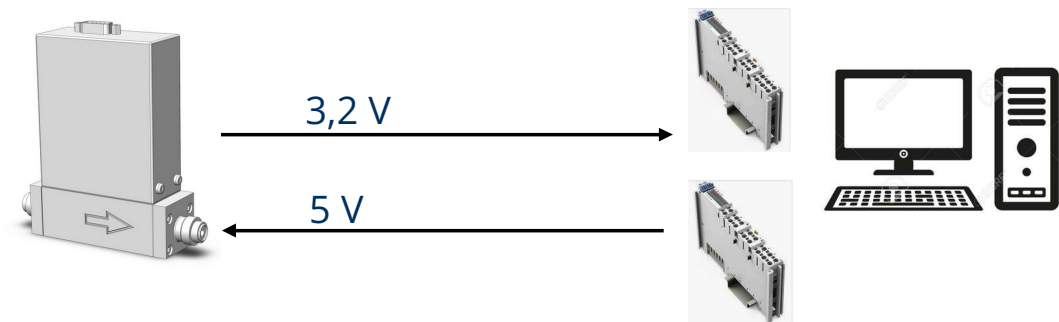
4 Kommunikation/Informationssystemtechnik

4 Kommunikation

Arten von Schnittstellen

Analog

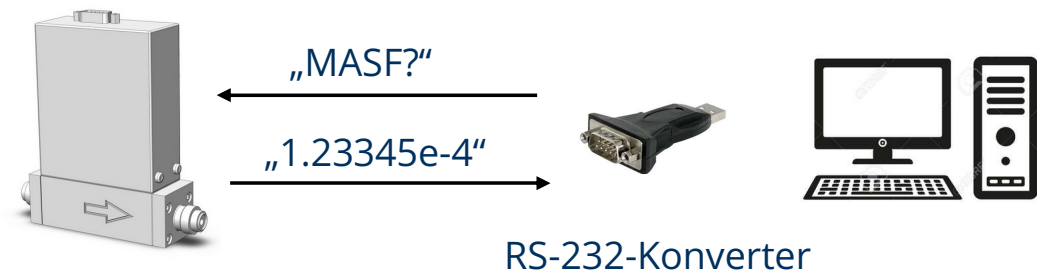
- 0 ... 10 V
- 4 ... 20 mA



Input-/Output-Karten

Digital

- Ethernet
- RS232, RS485, USB, ...



RS-232-Konverter

4 Kommunikation

Analoge Schnittstellen – Übersicht

Arten

- Spannungssignale
- Stromsignale

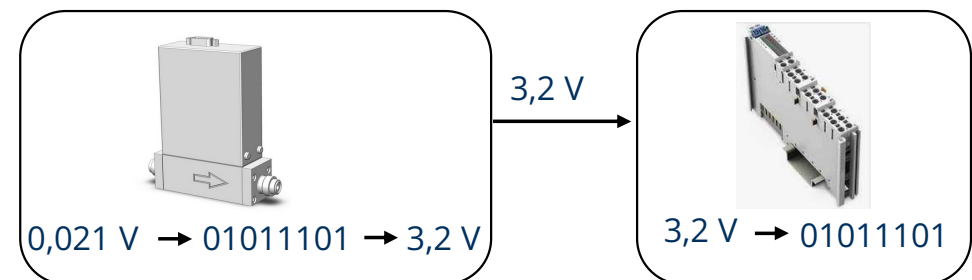
Herausforderungen

- Schmierung gegen Elektromagnetische Welle (z.B. Oberschwingungen von Umrichtern)
- Leitungslängen können Spannungssignale beeinflussen
→ Hochohmige Eingänge → geringere Empfindlichkeit
- Genauigkeitsverlust durch häufige AD/DA -Wandlung

Anwendung

- Verbindung mit SPS
- Auslesen von Sensoren (Druck, Massenstrom)
- Ansteuern von Regelventilen

| | 0 ... 10 V | -10 ... +10 V | 0 ... 20 mA | 4 ... 20 mA |
|-----------|--|---------------------------------------|---|---|
| Vorteile | Einfache Signalausgabe und Verarbeitung | | Geringere Anfälligkeit bzgl. kapazitiver und Induktiver Einkopplung | |
| | | Definierte „0“ (Drahtbruch erkennbar) | | Definierte „0“ (Drahtbruch erkennbar) |
| | | | | Versorgung des Sensors mit 4 mA möglich |
| Nachteile | Einfluss der Leitungslänge durch Spannungsabfall | | | |



4 Kommunikation

Analogue Schnittstellen – Fehlerbeispiel



Keller Serie 33X

| | |
|-------------------|------------------------------|
| Druckbereiche | 0...0,3 bis 0...1000 bar |
| Genauigkeit | $\pm 0,05\%$ FS |
| Gesamtfehlerband | $\pm 0,1\%$ FS @ -10...80 °C |
| Schnittstellen | RS485, 4...20 mA, 0...10 V |
| Temperaturbereich | -20...125 °C |

... und das ist nur die zusätzliche Abweichung im *Sensor*.

Performance

Druck

| | | |
|--|---|--|
| Nichtlinearität digital | $\leq \pm 0,02\%$ FS | Kleinstwerteneinstellung (BFSL) |
| Genauigkeit @ RT (20...25 °C) | $\leq \pm 0,05\%$ FS | Nichtlinearität (Kleinstwerteneinstellung BFSL), Druck-Hysteresis, Nichtwiederholbarkeit, Nullpunkt- und Verstärkungsabweichung |
| Gesamtfehlerband (10...40 °C) | $\leq \pm 0,05\%$ FS | Max. Abweichung innerhalb des kompensierten Druck- und Temperaturbereichs |
| Gesamtfehlerband (-10...80 °C) | $\leq \pm 0,1\%$ FS | Max. Abweichung innerhalb des kompensierten Druck- und Temperaturbereichs Ausserhalb des kompensierten Temperaturbereichs erweitert sich das Gesamtfehlerband im Umgebungstemperaturbereich erfahrungsgemäss um 0,1 %FS |
| Kompensierter Temperaturbereich | 10...40 °C -10...80 °C | Erweiterter Raumtemperaturbereich RT Optional andere Temperaturbereiche innerhalb -40...125 °C möglich |
| Zusätzliche Abweichung analoge Schnittstelle | $\leq \pm 0,05\%$ FS | Bezogen auf Genauigkeit @ RT und das Gesamtfehlerband |
| Langzeitstabilität | Typ. $\pm 0,05\%$ FS Max. $\pm 0,10\%$ FS | Pro Jahr bei Referenzbedingungen, jährliche Rekalibrierung empfohlen |
| Lageabhängigkeit | $\leq \pm 2$ mbar | Kalibriert bei vertikaler Einbaulage mit Druckanschluss nach unten |
| Auflösung | 0,0005 %FS | Digital |
| Signalstabilität | 0,0025 %FS | Digital noise-free |
| Interne Messrate | ≥ 1800 Hz | Bei Version «3-Leiter + digital (0...10 V, 0...5 V)» > 6000 Hz |
| Druckbereichsreserve | $\pm 10\%$ | Ausserhalb der Druckbereichsreserve wird +Inf / -Inf angezeigt. Liegt ein Fehler im Gerät vor, wird NaN ausgegeben |
| Vakuumfestigkeit | Bei Betriebsdrücken $\leq 0,1$ bar abs. wird eine vakuumoptimierte Ausführung empfohlen | |
| Hinweis | Für Druckbereiche < 1 bar gelten alle Angaben bezogen auf ein Vollbereichssignal (FS) von 1 bar | |

4 Kommunikation

Digitale Schnittstellen – Kurze Wiederholung

Begriffe

- Bit – Einstellige binäre Information („0“ oder „1“)
- Byte – Folge von 8 Bit
- Hexadezimalzahlen mit „0x“ gekennzeichnet

Übertragungsarten

Serielle Datenübertragung

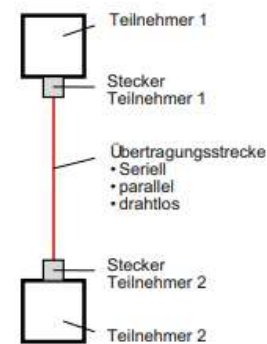


Parallel Datenübertragung

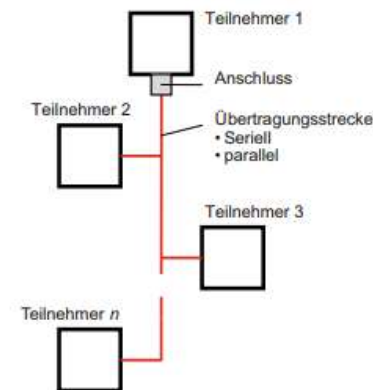


Vernetzungsarten

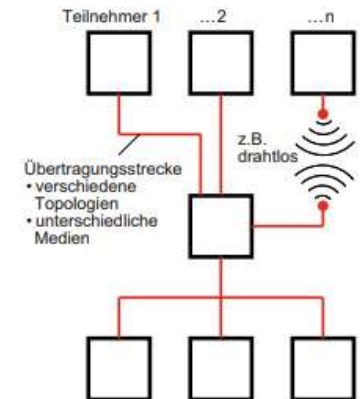
Punkt-zu-Punkt Schnittstelle



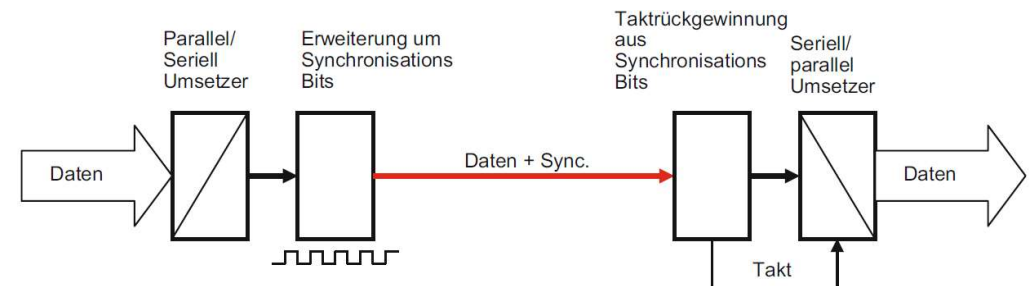
Bussystem



Netzwerk



Asynchrone Datenübertragung



[Herbig et al., Elektronik für Ingenieure und Naturwissenschaftler, 2014]

4 Kommunikation

Digitale Schnittstellen im Vergleich

Feldbus

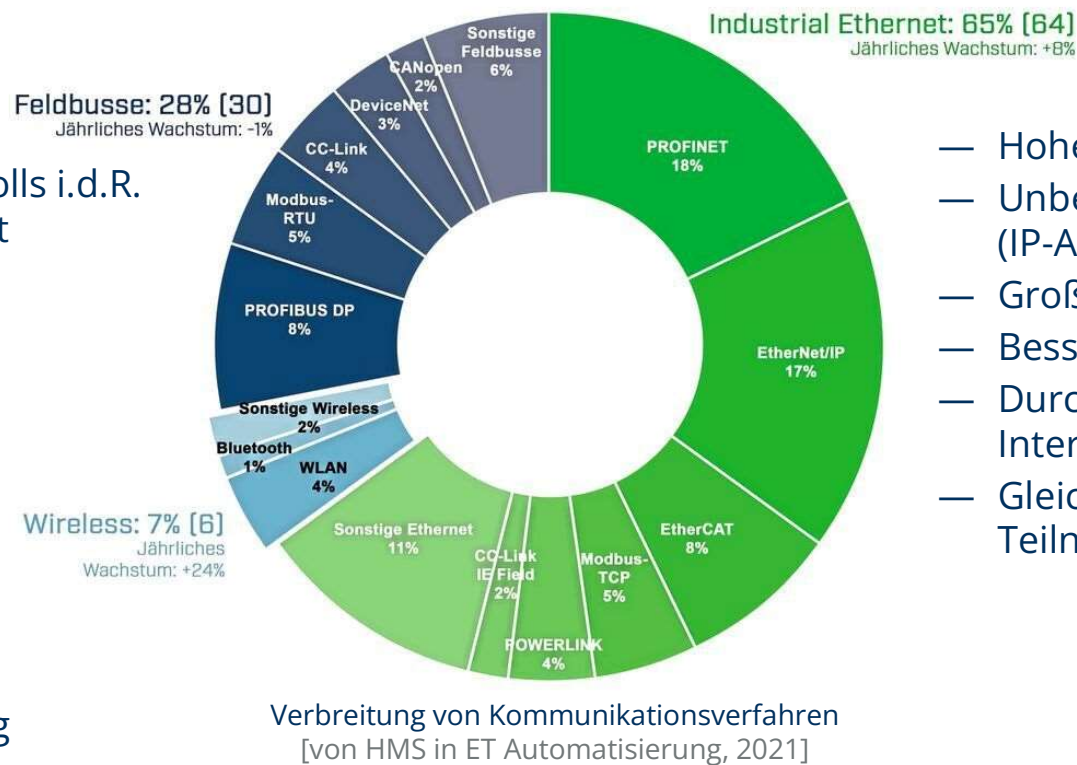
- Alter Standard in Kombination mit SPS
- Wahl des Protokolls i.d.R. Hardwarebedingt
- Begrenzte Teilnehmerzahl

Digitale Schnittstellen – Beispiel



Wireless

- Flexibilität
- Kein Verdrahtung



Ethernet

- Hohe Leistung
- Unbegrenzte Teilnehmeranzahl (IP-Adresse)
- Große Datenmengen
- Bessere Echtzeiteigenschaften
- Durchgängigkeit ins Internet/Fernzugriff
- Gleichwertiger Zugriff der Teilnehmer

4 Kommunikation

Ethernet - Überblick

Merkmal

- Spezifizierung für Hardware und Software Schnittstelle
- kabelgebunden

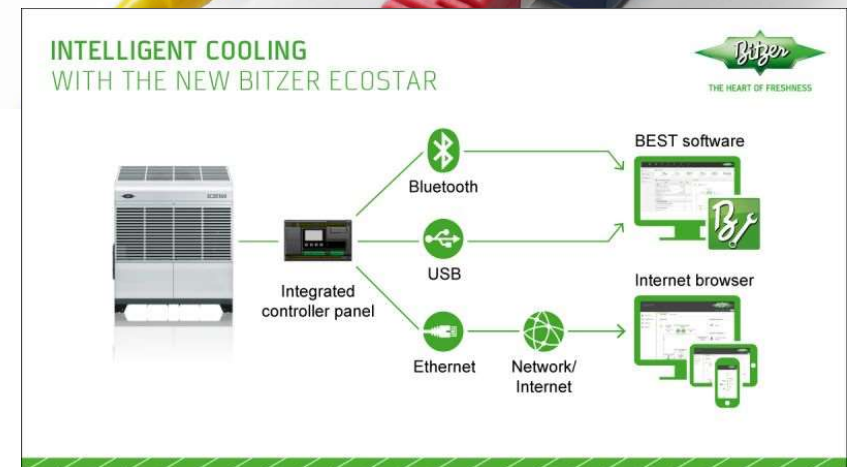
Eigenschaften

- Netzwerk mit Punkt-zu-Punkt Verbindung zw. Teilnehmer und Netzwerkverteiler (Switch)
- Stern oder ringförmige Netzwerkarchitektur
- Serielle Übertragung von Bits
- Ehemals asynchron jetzt synchrone Datenübertragung

Anwendung

- Verbindung Kühlstellenregler Anlagensteuerung
- Verbindung mit Internet (Fernüberwachung)

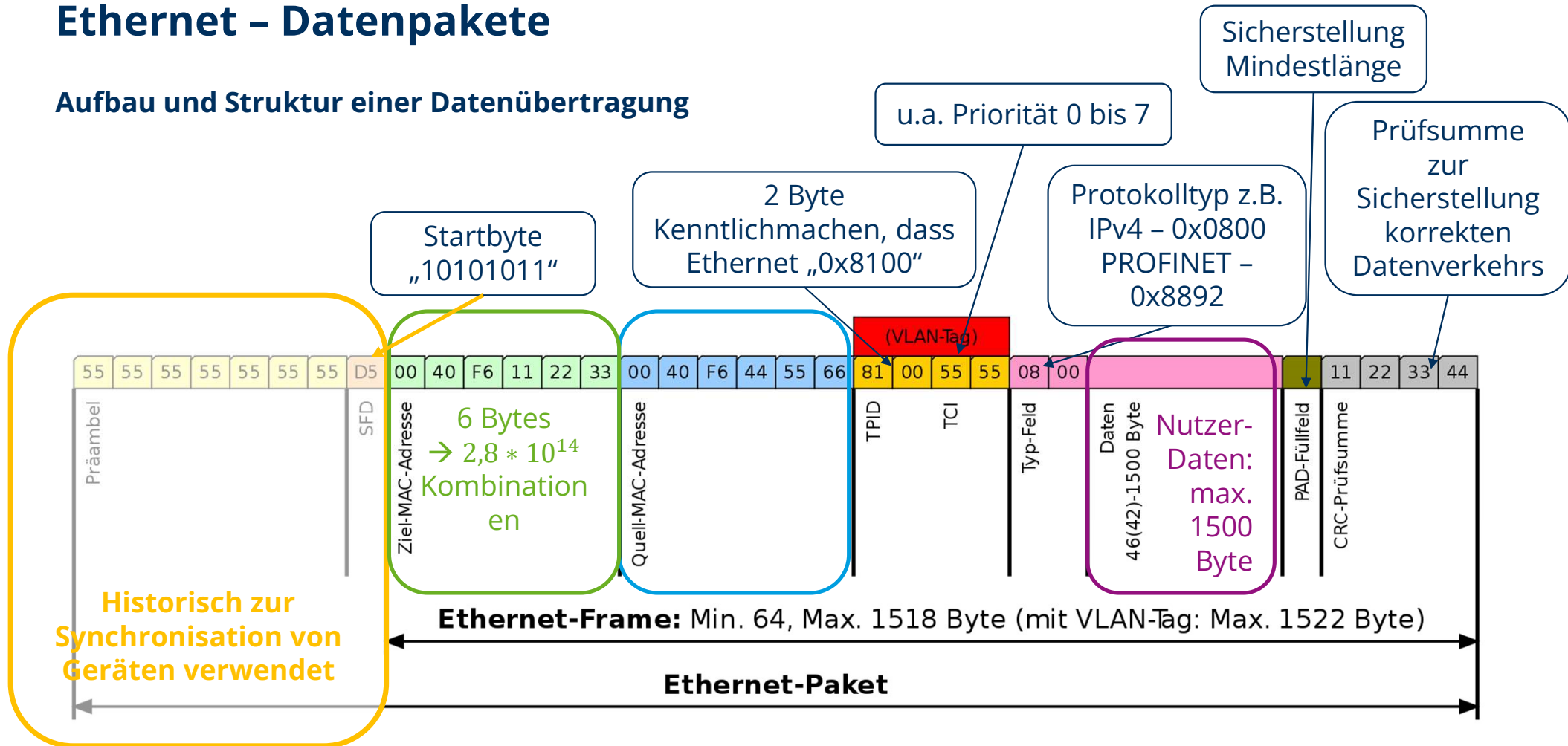
Ethernet-Switch [Wiki]



4 Kommunikation

Ethernet – Datenpakete

Aufbau und Struktur einer Datenübertragung

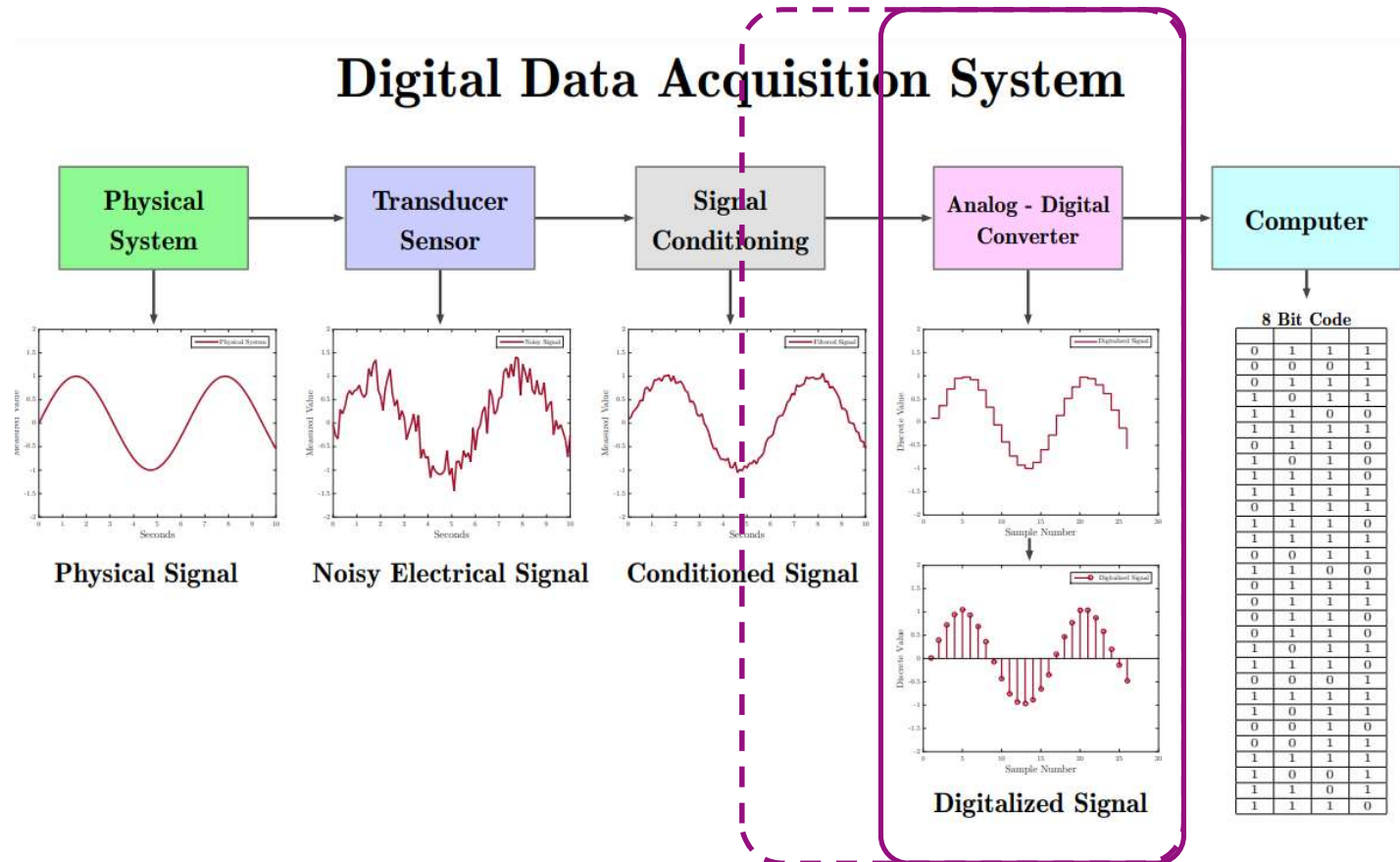


5 Datenerfassung (Data Acquisition – DAS/DAQ/DAU)

5 Datenerfassung Überblick

Funktionalität

- Auslesen von Sensorik (Analog/Digital)
- AD-Wandlung von Signalen
- Evtl. Filtern, Angleich von Signalen (unterschiedliche Abtastraten etc.)
- Kommunikation mit Netzwerk/Rechner (Ethernet, Feldbus)
- Ansteuerung von Aktorik (Analog, Digital, Puls-Weiten-Modulation)



5 Datenerfassung **Beispiele**

NI Compact DAQ



WAGO I/O System 750/753



5 Datenerfassung

Software für Datenerfassung

Funktionalität

- GUI
- Auslesen und Visualisieren der Messdaten
- Implementierung von Steuerung und Regelung

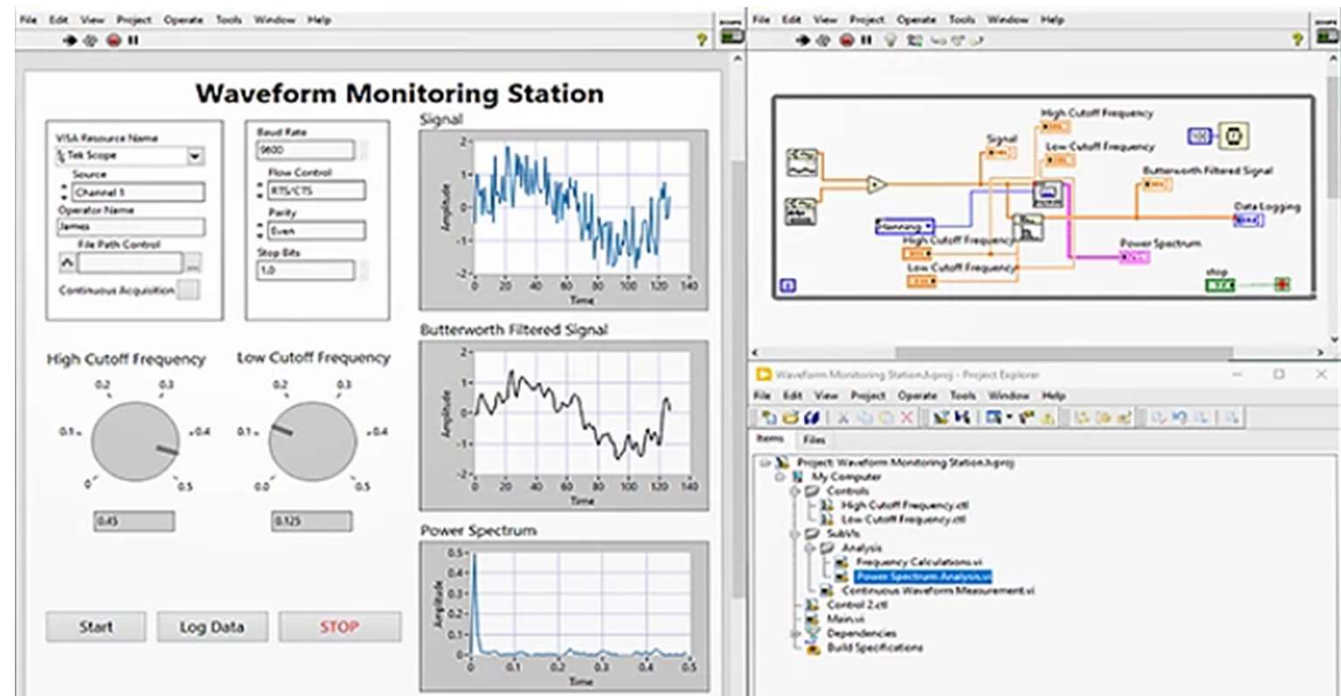
Software

- Herstellerspezifische Tools (z.B. WAGO I/O-Check)
- LabView
- Matlab
- Visual Basic
- Visual C++

LabView (von NI)

- Graphische Programmierung

LabView-Oberfläche [NI]



6 Schaltschrankaufbau

6 Schaltschrankaufbau Beispielanordnung

