

Definition Technik nach v. Weizäcker:

Technik ist die Bereitstellung von Mitteln zur Erfüllung von Zwecken.

Definition Automatisierung:

Verrichten von Arbeit ohne menschliches Zutun.

Aktuelle Anforderungen (S. 1-4)

1. Flexibilität aufgrund breiter Produktpalette und vieler Varianten
2. Lückenlose Prozessdokumentation
3. Prozessdiagnose zur Erhöhung der Verfügbarkeit → vorbeugende Wartung
4. Vereinheitlichung von Schnittstellen
5. Bedienerfreundlichkeit / Programmieren der Anlage
6. Bildverarbeitung zur Objekterkennung
7. Prozessvisualisierung
8. Teleservice (Internet, Fremddiagnose)

Messen um Steuern/Regeln zu ermöglichen.

Bsp.: - Erfassen der aktuellen Position der Rohkarosse zur Montage

- Drehzahlregelung Werkzeugmaschine zur Kompensation der Bremswirkung von Bearbeitungskräften

Einteilung der Messtechnik

„historische“ Einteilung:

- Betriebsmesstechnik: Verfahrenstechnik, Energietechnik
- Labormesstechnik: außerhalb der Fertigung in meist klimatisierten Räumen
- Fertigungsmesstechnik: insbesondere Längenmesstechnik im Maschinenbau

Heute: industrielle Messtechnik

Aufgaben

1. Prozesssteuerung/regelung
 - manuell (aufgrund einer Anzeige)
 - elektronisch über Regler (analog)
 - elektronische Steuerung (digital im Rechner)
 - Regelung einer Zielfunktion (max. Stückzahl, max. Qualität, konstante Drehzahl)
2. Prozessanalyse
 - Untersuchung von Teilsystemen zur mathematischen Modellbildung (notwendig z.B. für Reglerauslegung, Temperaturkompensation)
3. Produkt-/ Materialanalyse
 - Zusammensetzung, Konzentration von Materialien
4. Fertigungstechnik
 - Fertigungskontrolle, Fertigungssteuerung
5. Qualitätssicherung, -überwachung
 - Produkthaftung
 - Eingangskontrolle
6. Betriebstechnik
 - Gebäudeleittechnik (Lüftung, Heizung, Brandschutz)

Gemeinsamkeit: Messen zur

- Qualitätsüberwachung
- Steuern/Regeln

Mögliche Unterteilung der Messtechnik

a) aktuelle Aufgabe

- Prozessmesstechnik (Verfahrenstechnik, insbesondere: Druck, Temperatur, Durchfluss, Füllstand,...)
- Analysemesstechnik: Stoffeigenschaften, -zusammensetzungen
- Fertigungsmesstechnik: Längen, Winkel, Geschwindigkeit, Kräfte...

b) Art der zu messenden Größen

- Messen elektrischer Größen
- Messen nichtelektrischer Größen (in der Regel elektr. Ausgangssignale)

c) Art der Signalform

- Analog
- Digital

Messen

Ist ein Vorgang, bei dem der Wert einer physikalischen Größe als vielfaches einer Einheit oder eines Bezugswertes ermittelt wird.

<u>Messgröße</u>	Erfasste physikalische Größe.
<u>Messwert</u>	Ausgangsgröße der Messeinrichtung, i. a. verschieden von der Messgröße (Messfehler).
<u>Messverfahren</u>	Praktische Anwendung einer Messmethode unter Nutzung von Messprinzipien.
<u>Messbereich</u>	Bereich der Ausgangsgröße der Messeinrichtung (Messwert), in dem die Messgröße innerhalb vorgegebener Toleranzen richtig angezeigt wird.
<u>Auflösung</u>	Kleinste mit der Messeinrichtung erkennbare Änderung der Messgröße.

Direkter Vergleich der Messgröße mit einem Normal dergleichen physikalischen Größe
 Messgröße über Hilfsgröße ermittelt; zwischen Hilfsgröße und Messgröße besteht bekannter physikalischer Zusammenhang

Direkter Vergleich der Messgröße mit einem Normal dergleichen physikalischen Größe
 Messgröße über Hilfsgröße ermittelt; zwischen Hilfsgröße und Messgröße besteht bekannter physikalischer Zusammenhang

Messprinzip Bildet die physikalische Grundlage der Messung.
 Bsp.:
 Elektrische Widerstandsmessung zur

- Dehnungsmessung
- Temperatur

Messkette Längenänderung bei Temperatur, bei Kräften
 Teilsysteme von dem eigentlichen Sensor (Verwirklichung des Messprinzips) bis zur Verarbeitung des Messwertes.

Prüfen Heißt feststellen, ob ein Prüfobjekt vorgegebene Forderung erfüllt.
 Bsp.:

- Temperatur erreicht
- Stückzahl erreicht
- Werkstück vorhanden

Nichtmaßliche Prüfung
Maßliche Prüfung

- Werkstück vorhanden
- Oberfläche rau
- Bohrung vorhanden

Messen mit anschließendem Vergleich

Kennzeichen der Prüfung: Entscheidung

Nichtmaßliche Prüfung
Maßliche Prüfung

- Werkstück vorhanden
- Oberfläche rau
- Bohrung vorhanden

Messen mit anschließendem Vergleich

Kennzeichen der Prüfung: Entscheidung

Eigenschaften von Messeinrichtungen

Pauschal:

- hohe Anforderungen bei Regelung
- geringe Anforderungen bei Ablaufsteuerung

Richtig messen heißt genügend genau messen und nicht fehlerfrei messen

→Wirtschaftlichkeit

Kennwerte für die Auslegung der Messkette (S.80)

- Wertebereich der Messgröße
- Dynamik der Messgröße (wie schnell ändert sich der Messwert)
- Wie groß ist der max. Messfehler

Übertragungsverhalten der Messeinrichtung

- statische Kenngröße
- dynamische Kenngrößen
- Messfehler

Statische Kenngrößen (S8u)

Statische Kennlinie

Lineare Kennlinie durch Annäherung der nichtlinearen Kennlinie (Methode der kleinsten Quadrate)

Nullpunktoffset: Abweichung der Ausgangsgröße der Messeinrichtung gegenüber Messgröße

Empfindlichkeit: Steigung der linearen Kennlinie

Bei nichtlinearen Kennlinien ist die Empfindlichkeit nicht konstant.

Dynamische Kenngrößen

Messgrößen sind zeitlich veränderliche Größen. Aufgabe der Messeinrichtung ist die möglichst unverfälschte und unverzügliche Weiterleitung dieser Information.

Einflussgrößen auf Ausgangssignal der Messeinrichtung

- lineare Verzerrungen
- nichtlineare Verzerrungen
- Störgrößen

Lineare Verzerrung (S9o)

Amplitudengang: Verhältnis Eingangsamplitude zur Ausgangsamplitude in Abhängigkeit von der Frequenz.

Phasengang: Änderung der Phasenverschiebung (=zeitliche Verzögerung zwischen Aus- und Eingangssignal) in Abhängigkeit der Frequenz.

Nichtlineare Verzerrungen (S9u)

Zusätzliche Frequenzanteile im Ausgangssignal in Abhängigkeit der Amplitude des Eingangssignals und der Nichtlinearität. Ermittlung der Nichtlinearität über statische Kennlinie der Messeinrichtung

Ermittlung linearer Verzerrungen

- Ermittlung von Amplituden und Phasengang
- Sprungantwort=Ausgangsgröße bei sprungförmiger Eingangsgröße

Kennwerte:

t_{Tt}	Laufzeit oder Totzeit Zeit bis zur Wahrnehmung einer Signaländerung am Ausgang	t_v	Verzugszeit Zeitdifferenz zwischen Ende der Totzeit und Beginn der Anstiegszeit
t_A	Anstiegszeit Zeitdifferenz der Schnittpunkte der Wendetangenten mit den stationären Endwert und der Abzisse	t_e	Einschwingzeit Zeit bis Ausgangssignal innerhalb eines Toleranzbandes von $\pm 5\%$ oder $\pm 1\%$ des stationären Endwertes bleibt

Begriffe zu Kenngrößen

Kalibrierung: Zusammenhang zwischen physikalischer Messgröße und dem Messwert = der statischen Kennlinie.

Nutzung der Daten zur rechnerischen Korrektur der Messwerte.

Justage: Einstellen am Sensor zur Minimierung von Messfehlern

Eichen: Kalibrierung bei Eichbehörde

Messfehler

Messabweichung = Abweichung des Messwertes zur Messgröße

- absoluter Fehler $\Delta = y - x$
y=Messwert (Ist-Wert)
x=Soll-Wert

- relativer Fehler $\delta = \frac{\Delta}{x}$

- reduzierter Fehler $\delta^* = \frac{\Delta}{x_{\max} - x_{\min}}$

$x_{\max} - x_{\min}$ = Messbereich des Messmittels

Fehlerklassen sind eine Klassifikation von Messeinrichtungen

Fehlerklasse gibt reduzierten Fehler an.

Fehlerklassen: 0,1; 0,5; 1 in % (bezieht sich auf den Messbereich des Messgerätes)

Bsp.:

Voltmeter, Fehlerklasse 1

Messbereich 0...100V

- garantierter absoluter Fehler bei Messbereich 0...100V:
 $100V \pm 1V$
- garantierter absoluter Fehler bei Messbereich 0...10V:
 $10V \pm 1V$ (weil sich Fehlerklasse auf ganzen Messbereich 0...100V bezieht)

Systematische Fehler (S11o) (lässt sich korrigieren, Fehler durch Unvollkommenheit des Messgerätes)

Quantisierungsfehler (S12o)

Quantisierungsstufe=Quantisierungsschritt (Treppenform):

Entspricht der kleinsten analogen Differenz, die unterscheidbar ist.

Maximale Quantisierungsfehler $e_q = \pm q/2$

Statische Fehler

Statische Fehler können über Kennlinie (Kalibrierungskennlinie) korrigiert werden.

Dynamische Fehler

- lineare Verzerrungen sind durch entsprechende inverse dynamische Systeme kompensierbar. In der Praxis erfolgt aus Anwendungsgründen keine Kompensation.
- nichtlineare Verzerrungen werden im dynamischen Fall nicht kompensiert.

Zufällige Fehler (nicht korrigierbar, mehrer Messungen notwendig)

- Ablesungenauigkeit
- Umwelteinflüsse (Temperatur, Schwingungen, Schmutz,...)
- Oberfläche des Messobjektes
- Einfluss des Sensors auf Messobjekt (Messkraft)
- Abbe'sches Prinzip (S12u)

Fehler 1. Ordnung und Fehler 2. Ordnung (=Die zu messende Strecke bildet die geradlinige Verlängerung des Maßstabes)

3. Sensoren

Ein Sensor ist ein Messwertaufnehmer, der eine physikalische Größe (Messgröße) aufnimmt und in einer Messkette in analoge oder binäre (meist) elektrische Signale umformt.

Analoge Signale: jeder Messgröße entspricht eindeutig ein entsprechendes Signal

Binäre/digitale Signale: - Bitfolge zur Darstellung quantisierter Analogsignale; - Ja/Nein – Entscheidung

(Binär: Informationsparameter kann nur genau 2 Werte (0&1) annehmen; Digital: Diskrete Werte eines Parameters entsprechen einem vereinbartem Alphabet)

Signale sind physikalische Größen, in deren Parametern Informationen der Messgrößen verschlüsselt sind.

Unterscheidung:

- diskreter Sensor (Messwertaufnehmer)
- integrierter Sensor (Signalwandlung)
- intelligenter Sensor (Anzeige, binäres Ausgangssignal → Signalverarbeitung)

3.1. Anforderung an Sensoren (-hohe Linearität; -guter Dynamikbereich; -gute Reproduzierbarkeit; - lange Lebensdauer; -problemlose Austauschbarkeit; - hohe Zuverlässigkeit; -hohe Genauigkeit;..- Wirtschaftlichkeit;

-ausreichende Empfindlichkeit; -Unempfindlichkeit ggüber Stör- und Umgebungseinflüssen z.B. Temperatur)

3.2. Klassifikation der Sensoren

- Einsatzgebiet; - Messmethode; -Messprinzip; - Messgröße;

Physikalische Größen	Bsp
Mechanische Größen an Festkörpern	Weg, Position, Geschwindigkeit, Drehzahl, Kraft
Mechanische Größen an Flüssigkeiten und Gasen	Druck, Durchfluss, Füllstand

Thermische Größen

Temperatur

Elektrische Größen

Strom, Spannung,
Feldstärke

Akustische Größen

Zeit

3.3.Messprinzipien für Längen, Winkel, Position

- Ohmscher Widerstand; - Induktivität; - Kapazität;

3.3.1.Ohmsche Sensoren

3.3.1.1.Potentiometrischer Sensor (S22)

Widerstand mit beweglichem Schleifkontakt → Spannungsteiler

Vorteil: - einfach; - kostengünstig;

Nachteil: -Abrieb des Widerstandes durch Schleifkontakt verändert Kennlinie

3.1.2. Dehnungsmessstreifen (DMS)

Haupteinsatzgebiet: Längen in Form von Dehnung aufgrund äußerer Last. (DMS sind Wegaufnehmer, die eine mechanische Verformung in einen Widerstandswert umwandeln. DMS dürfen nur im elast. Bereich verformt werden.)

3.3.2. Induktive Sensoren

Hauptanwendung: - Wegaufnehmer; - Näherungssensoren;

Messbereich: Mikrometer...bis 100mm

Physikalische Grundlagen: - Induktionsgesetz (im wesentlichen Wegaufnehmer, d.h. analoge Größen); - Wirbelstromverluste (im wesentlichen Näherungssensoren);

Induktionsgesetz: es entsteht Induktionsspannung bei zeitlich sich änderndem Fluss. (Die Windungszahl ist meistens eine gerätetypische Konstante. Die Induktivität kann jedoch durch das Einbringen von Materialien unterschiedl. Permeabi-

litätszahlen in den magn. Kreit verändert werden. Die Veränderung der Induktivität wird meist über die Veränderung des induktiven Widerstandes erfasst: $X = ? L$)

Betrieb induktiver Sensoren mit Wechselstrom $i(t)$; Messgröße bewirkt eine Änderung der Induktivität; Induktivität abhängig von: - Windungszahl; - Spulenlänge; - Spulenquerschnitt; - Permeabilität ?

Bauformen: - Queranker-Aufnehmer; - Tauchanker-Aufnehmer; - Wirbelstrom-Aufnehmer; (Allen Ausführungsformen induktiver Sensoren ist gemeinsam, dass die Induktivität in irgend einer Form durch eine Wechselwirkung mit dem Messobjekt verändert wird und aus dieser Änderung auf die eigentliche Messgröße (z.B. Winkel, Weg) zurückgeschlossen werden kann)

3.3.2.1. Querankeraufnehmer

Spule auf Eisenkern mit beweglichem Quersteg.

Mit Entfernung x des Quersteges ändert sich magn. Widerstand ($\sim 1/x$) und damit Induktivität! → nichtlineare Kennlinie.

Linearisierung durch Differenzanordnung und Brückenschaltung damit geringe Linearitätsabweichungen über Messbereich (1% bei 0,7 mm Messweg); (Querankeraufnehmer sind bei hoher Empfindlichkeit für sehr kleine Weglängen geeignet. Haupteinsatzgebiet: berührungslose Abstandsmessung. Der Einsatz ist auf ferromagn. Stoffe beschränkt, da die magn. Feldlinien durch das Messobjekt selbst geschlossen werden → magn. Eigensch. müssen räuml. konst. sein! Außerdem: wesentl. Voraussetzung für exakte Messergebnisse ist ein geradliniger Verlauf der Feldlinien im Spalt → max. Messweg: 0,7mm!!!)

3.3.2.2. Tauchanker-Aufnehmer

Eintauchen eines magnetischen Kerns in Luftspule verändert über den magnetischen Widerstand die Induktivität. (Dadurch erhöht sich die Induktivität! Mit Differenz- & Brückenschaltung erreicht man Linearisierung der Kennlinie und Erhöhung der Empfindlichkeit. Tauchanker sowohl für mittlere als auch für kleine Wege geeignet)

3.3.2.3. Wirbelstrom-Aufnehmer

Vorteil: - berührungslos (im Gegensatz zu Quer- und Tauchanker)

Theoretische Betrachtung des Wirbelstrom-Aufnehmers über einen sekundärseitig kurzgeschlossenen Transformator

Der primärseitige Eingangswiderstand des Aufnehmers ändert sich in Abhängigkeit von: - 1.) Material (Leitfähigkeit, Permeabilität des Messobjektes); - 2.) Entfernung des Messobjektes;

Einsatzgebiet: Initiator , d.h. Erkennung von Objekten (binäre Sensoren).

Auswertelektronik beruht auf der Dämpfung/Güte von elektrischen Schwingkreisen. Dämpfung/Güte ist abhängig von Realteil des komplexen Eingangswiderstandes Z_1 des Wirbelstromaufnehmers

Eigenschaften: - berührungslos; - Detektion aller leitender Stoffe (magn. oder unmagn.); - Abhängigkeit von Objektgröße, weniger von der Form, da Wirbelstrom integrale Messgröße; - Möglicher Schaltabstand abhängig von Intensität des Magnetfeldes=Größe des Sensors

Kennwerte

- Bemessungsschaltabstand für Klassifikation der Sensoren. Schaltabstand für St37 genormt
- Realschaltabstand
Tolerierte Abweichung von Bemessungsschaltabstand bei Nennspannung und Nenntemperatur; Toleranz $\pm 10\%$
- Nutzschaltabstand entspricht dem Realschaltabstand für Betriebsspannung und Betriebstemperatur im zugelassenen Bereich
- Gesicherter Schaltabstand in diesem Bereich muss Sensor schalten (für St37), auch Arbeitsschaltabstand

Schnittstellen:

1.) Art der Spannungsversorgung

- a) Gleichspannung 10...30V 10...60V
- b) Wechselspannung 20...250V 10...60V
- c) Allspannung Gleichspannung 20...300V Wechselspannung 20...250V
- d) Namur Schnittstelle für explosionsgeschützten Bereich 8,2V

2.) Anschlussart für Logik

- a) 2-Draht-Technik
- b) 3-Draht-Technik
- c) 4-Draht-Technik

zu a) 2-Draht: Reihenschaltung zwischen Sensor und Last

Wirkung entspricht mechanischem Schalter, allerdings: - Reststrom bei geöffnetem Schalter vorhanden; - Spannungsabfall am Sensor bei geschlossenem Schalter;

zu b) 3-Draht: - eigenständige Betriebsspannung; - 1 Ausgang zum Schalter Last;

plusschaltend: Last wird an pos. Betriebsspannung geschaltet

minusschaltend: Last an neg. Betriebsspannung

Bei 2- und 3-Draht Technik entweder als Öffner oder Schließer verfügbar.

zu c) 4-Draht: - wie 3-Draht, aber zusätzlich 2. Ausgang; Öffner und Schließer verfügbar.

3.3.3. Kapazitive Sensoren (S26, S27o) Die Kapazität ist eine Anordnung von zwei Platten mit der Fläche A , die im Abstand d ggüberstehen.

Verschiebung des Dielektrikums entspricht einer Parallelschaltung zweier Kondensatoren mit unterschiedl. Dielektrikum und Fläche.

Elektronik zur Auswertung der Kapazitätsänderung → asymmetrischer Multivibrator

(Kapazität ändert sich durch den Grad der Überdeckung oder den Abstand zweier gegebener Flächen.

Gleichfalls Änderung der Dielektrizitätskonst. durch versch. Mat.; Kap. Aufnehmer sind unempf. gegen magn. Störfelder!)

- leitende geerdete Schaltfahne: Parallelkondensator zur Grundkapazität

- leitende isolierte Schaltfahne: Parallelschaltung zweier in Reihe geschalteter Kondensatoren

- nichtleitende Schaltfahne: Dielektrikum wird „in“ den Kondensator gebracht → Reduktionsfaktor (berücksichtigt unterschiedliche Permeabilität, Dielektrizitätszahl). Bezug ist geerdete Metallplatte

Eigenschaften ähnlich induktiver Näherungsschalter; zusätzlich sind nichtleitende Objekte detektierbar

(MERKE: kap. Abstandsfühler messen berührungslos und sind unabhängig von den magn. Eigensch. Des anzutastenden Stoffes);

Kennwerte, Schnittstellen wie induktive Näherungsschalter

(MERKE: Beim Einsatz als Abstandsfühler ist zu beachten, dass der Zusammenhang zwischen Kapazität & Abstand umgekehrt proportional und damit nichtlinear ist. Eine Linearisierung kann dadurch erreicht werden, dass das anzutastende Objekt als Kondensatorplatte angeordnet wird. Auf diese Weise erhält man einen kap. Differentialaufnehmer, der bei geeigneter Abstimmung der Brückenschaltung eine dem Abstand d proport. Spannung U liefert)

3.3.5. Optische Sensoren (S28o, S31u)

Vorteil gegenüber induktiven und kapazitiven Sensoren: → größere Abstände messbar!

Unterscheidung: Messen (nicht Klausurrelevant) – Erfassen (Initiator)

3.3.5.1 Binäre Sensoren

Anfangs Glühbirnen als Sender

Nachteil: Licht nicht modulierbar → keine Unterscheidung zwischen Fremdlicht(z.B. Beleuchtung) und Nutzlicht

Moderne Senderelemente: a) Lumineszenzdioden; b) Laserdioden

Empfangelemente

Glühbirnen → Fotowiderstände (Widerstandsänderung in Abhängigkeit von Lichtintensität);

(Fotowiderstände sind aufgrund ihrer Eigensch.(z.B.empf. gg Verschm.) nur für Messaufgaben mit sehr geringen Anforderungen einsetzbar!!)

Heute: Lumineszenz-, Laserdioden: a) Fotodiode; b) Fototransistor; c) Lateraleffekt-Dioden;

3.3.5.1.1. Sendelemente

Lumineszenzdiode (LED, IRED) (S31o)

Physikalische Grundlage: Lumineszenzeffekt → Halbleiter erzeugen bei Stromdurchfluss Lichtenergie (Wirkungsgrad ca. 4%); Eigenschaft abhängig vom Leitermaterial!

Vorteile: - Licht ist modulierbar bis in MHz-Bereich; - Tastbetrieb (hohe kurzzeitige Strahlleistung erhöht Messbereich); - Robust, lange Lebensdauer (Temp.bereich -50°C – 100°C);

Bauformen (S.32)

1.) Planfenster: - großer Öffnungswinkel; - geringe Lichtintensität; - Reflexionslichtschranken; - Breiter Strahlengang;

2.) mit Optik (Linse): - geringer Öffnungswinkel; - hohe Lichtintensität; - Reflexlichtschalter;

Halbleiter-Laser-Dioden

Licht ist kohärent (d.h.: monochromatisch, phasengleich) → sehr stark gebündelt

Vorteile: - hohe Lichtintensität; - parallel Strahlengänge erzeugbar; - noch höhere Dynamik wie Lumineszenzdioden (Anstiegszeiten im Bereich von Nanosekunden);

3.3.5.1.2. Empfangselemente

Fotodiode (S32o)

Lichtenergie erzeugt in Halbleiterdiode freie Ladungsträger → Fotostrom

Fotostrom (setzt sich zusammen aus): a) Driftstrom (Absaugen der freien Ladungsträger aus Raumladungszone); b) Diffusionsstrom (Ladungsträger diffundieren in Raumladungszone, werden dann abgesaugt (von Driftstrom))

→ MERKE: je größer die Raumladungszone ist desto eher erhält man den eher dynamischeren Driftstrom!

Man unterscheidet zwischen zwei Dioden-Arten:

PN-Dioden: relative schmale Raumladungszone → Diffusionsstrom überwiegt → Anstiegszeit: 1µs bis 3µs

PIN-Dioden breite Raumladungszone → Driftstrom überwiegt → Anstiegszeiten ≈ 0,1 µs

Fototransistoren: Fotodioden mit nachgeschaltetem Verstärker für Fotostrom

Eigenschaften: - höhere Leistung des Ausgangssignals (deutlich empfindlicher als Fotodiode); - geringere Dynamik (Anstiegszeit ca. 20µs); - nichtlinearer Zusammenhang zwischen Lichtintensität und

Ausgangssignal;

- höhere Temperaturabhängigkeit als Fotodioden (→ wegen der Nichtlinearität wird der Fototransistor nicht in der Präzisionsmesstechnik eingesetzt)

Lateraleffektdiode (S32u) : Erweiterte Fotodiode (PIN-Diode) zur Ermittlung des Ortes des empfangenen Lichtstrahles

(Lateraleffektdioden (PDS) sind großflächige Fotodioden mit Elektroden an zwei gegenüberliegenden Seite. Unter der Diodenfläche befindet sich ein homogener Widerstandsbelag. Die PSD liefert je nach Lage des Lichtflecks auf der fotoempfindlichen Fläche untersch. Ströme, aus denen die Lage des Lichtflecks ermittelt werden kann- PSD's werden zur opt. Bestimmung von Position und Winkel eingesetzt.)

3.3.5.1.3. Betriebsarten (S33)

1.) Reflexionslichttaster

Anwendung: a) optisch raue Objekte mit diffuser Reflexion; b) Sensor ermittelt Lichtintensität

Eigenschaften: - Tastweiten relativ gering (diffuse Reflexion) i. d. R. bis 500mm; - geringer Installations- und Justageaufwand; - kritisch bzgl. Verschmutzungen (geringe Lichtenergie); - spiegelnde und transparente Objekte kritisch ;

2.) Reflexionslichtschranke: - Reflektor; - Empfänger misst Intensität;

Eigenschaften: - Tastweite bis ca. 20m (Grund: enge Sende- und Empfangscharakteristik, d. h. Reflektor liefert viel Energie zurück); - kritisch bei transparenten und spiegelnden Objekten; - verschmutzungsunempfindlicher; -großer Justageaufwand (Reflektor muss exakt ausgerichtet sein)

3.) Einweglichtschranke

Getrennter Sender und Empfänger

Eigenschaften: - Tastweite bis ca. 100m; - relativ schmutzempfindlich; - hoher Justageaufwand;

3.3.6. Ultraschallsensoren: Als Ultraschall bez. man mechanische Wellen (Frequenz: 20kHz bis Gigahertzbereich)

Schallausbreitung beeinflusst: - Druck; - Temperatur;

Allg.: Ultraschallverfahren nutzen die Tatsache, dass Ultraschall an Grenzflächen, wie z.B. fest/gasförmig, stark reflektiert wird. Aus der Laufzeit zwischen gesendetem und empfangenem Signal kann auf die Entfernung der Reflexions-

Stelle geschlossen werden. Weit verbreitet sind Echo- und Resonanzmethode. Ultraschall wird hauptsächlich auf Basis des piezoelektr. Effekts erzeugt und empfangen. Als Sender betrieben, strahlt der US-wandler die US-wellen meist senkrecht & keilförmig von seiner Oberfläche ab. Die Umkehrung des piezoelektr. Effekts ermöglicht die Nutzung des gleichen Bauteils als Empfänger. Durch elektronisches Umschalten kann das Echo eines gerade gesendeten Signals empfangen werden. US-Verfahren werden v.a. im Rahmen der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung genutzt, seltener auch zur direkten Längen- und

Abstandsmessung. MERKE: US-Verfahren sind an Materie gebunden (für Vakuum ungeeignet!) & für die in der Materialprüfung eingesetzten Frequenzen sind Koppelmedien (Gele) notwendig,, da ansonsten ein zu großer Anteil an der Grenzfläche zu Luft reflektiert wird.

3.3.6.1. Erzeugung von Ultraschall

Piezoelektrischer Effekt: Durch anlegen einer elektrischen Spannung ändern Piezokristalle ihre Form (elektrische wird in mechanische Energie umgewandelt)

Die Formänderung bedeutet: Längenänderung → durch Wechsellspannung erfolgt Schwingung der Piezokristalle → Ultraschallgeber überträgt die piezoelektr. erzeugten Impulsfolgen elast. Wellen mit Frequenzen über 100kHz auf die Probe → in der Probe breiten sich Kompressionswellen mit hoher Geschwindigkeit aus!

Typische Spannungen: 250V (Spitze-Spitze = Amplitude von 125V)

Längenänderung $\Delta l/l = 10^{-4}$; Druckkräfte: 10^6 Pascal

Ein- und Ausschwingzeiten im ms-Bereich; Typische Frequenzen: 70kHz...170kHz

3.3.6.3. Betriebsarten: Messende Sensoren (S.34)

Einkopfsystem

ein Wandler für Sende- u. Empfangbetrieb (Transreceiver aus Transmitter, Receiver)
Sender arbeitet im Tastbetrieb
(Tastverhältnis Sender/Empfänger $\approx 1/50$)

Großer Nahbereich in dem nicht gemessen werden kann. Grund: Sicherstellen, dass kein reflektiertes Signal erst dann ankommt, wenn Sendesignal ausgeschwungen ist
Neues Sendesignal erst nach Wartezeit (Time Out). Grund: Kein Reflexionssignal von weiter entfernten Objekten (keine Beeinflussung des Senders)
Schräg stehende und schallabsorbierende Objekte nicht erkennbar

Zweikopfsystem

Zwei Wandler für Sende- u. Empfangbetrieb
Sender arbeitet im Tastbetrieb (Tastverhältnis Sender/Empfänger $\approx 1/50$)
Kleiner Nahbereich, da Sender und Empfänger entkoppelt sind

Wie Einkopfsystem, etwas unkritischer, da eigener Sender/Empfänger

Schräg stehende und schallabsorbierende Objekte nicht erkennbar

Störsignalunterdrückung (S.33)

Variable Verstärkung: Verstärkung steigt innerhalb des Messbereiches. Nach Senden des nächsten Impulses beginnt Verstärkung wieder mit Minimalwert.

Bei mehreren Sensoren: - unterschiedliche Tastverhältnisse; - unterschiedliche Resonanzfrequenz; bewegte Objekte: - Geschwindigkeit erfassbar über Änderung der Echolaufzeit (konstante Differenz); -

Vorraussetzung: Messrichtung = Bewegungsrichtung;

Sensor als Initiator (S35)

Zweiwegbetrieb

Reflektor in definiertem Abstand, Objekt unterbricht Strahlengang
Empfänger örtlich bei Sender
Auswertung erfolgt über Zeitdifferenz zw. Reflektion am Reflektor
Schallabsorbierende und schräg stehende Objekte detektierbar
Reaktionszeit doppelt so groß wie bei Einweg (doppelter Signalweg)
Geringe Schrankenweite

Einwegbetrieb

Statt Reflektor Empfänger im definiertem Abstand
Objekt unterbricht Strahlengang
Empfänger erhält nur dann Signal, wenn kein Objekt im Strahlengang

Ansprechzeiten der Ultraschallsensoren 30...500ms

(= Zeit zwischen der 2 Objekte gemessen werden können) (S36o,37o,33)

3.6.Weg- und Winkelmessung (S38o,S.39)

Berührungslose Messung mit i. d. R. gekapselten Messsystemen.

Direkte Messwerterfassung (Position)

Messsystem arbeitet translatorisch! Fehler die auftreten können: - Abstands- und Winkelfehler; - Teilungsfehler des Maßstabes; - Fehler an Stoßstellen; - Temperaturfehler (Dehnung des Werkstücks bzw. des Messstabes)

Indirekte Messwerterfassung (Position)

Messsystem arbeitet rotatorisch! Fehler, die auftreten könne: - Führungsfehler; - Teilungsfehler (zyklisch) Messsystem; - Bei Ritzel/Zahnstange Teilungsfehler Ritzel und Zahnstange (zyklisch); -

Spindelsteigungsfehler;

- Elastische Verformungen der Spindel;

Analoge Messwerterfassung (S39, 40) wird sehr selten angewendet!

Digitale Messwerterfassung: Quantisierung: d.h. Umwandlung analoges in digitales Signal! (S38u)

Inkrementel, Absolute Messwerterfassung (S39o)

Inkrementel: Mit dem Einsatz inkr. Maßstäbe kann die Anzahl von Messschritten erfasst werden, die bei einer Verschiebung auftritt. Diese Anzahl wird mit der Schrittweite multipliziert und gibt die Gesamtverschiebung wieder. Allerdings lässt sich mit inkr. Maßstäben die Richtung der Verschiebung nur durch Zusatzinstrumenten erfassen. Bei inkrementaler Erfassung ist Referenzpunkt notwendig. . Am Anfang einer Messung und nach einem Stromausfall wird eine Referenzmarke angesteuert um die Absolutposition zu ermitteln. Moderne Messsysteme sind mit abstandscodierten Referenzmarken mit definierten, unterschiedlichen Abständen angebracht sind. Die absolute Position ist somit nach Überfahren von nur zwei Marken verfügbar. Vorteil der inkrem. Messwerterfassung: sie benötigt nur eine einzige codierte Spur zur Codierung der Länge notwendig → kostengünstig

Absolut: Bei den absolut codierten Maßstäben liegt eine eindeutige Zuordnung zwischen Position&Anzeige vor. Sie können, genauso wie auch inkr. Maßstäbe zu Verkörperung von Längen&Winkeln eingesetzt werden!

Anders als bei inkr. Maßstäben, sind bei den absolut codierten Maßstäben eine Vielzahl von Spulen und Detektoren notwendig → sehr teuer. Nachteile: schon geringe Längenänderungen der Codemarkierungen führen zu falschen Ergebnissen. Vorteile: 1.) unempfindlich ggüber zahlfehlerverursachenden Störimpulsen 2.) können ohne Zusatzeinrichtungen die Bewegungsrichtung erkennen 3.) es entfallen Referenzmarken.

Bei inkrementaler Erfassung ist Referenzpunkt notwendig

Hauptsächlich Einsatz von digitalen, inkrementalen, optischen Messsystemen

Auflicht-, Durchlichtverfahren (S39u,40o)

- Auflichtverfahren = Reflexlichtverfahren: Beleuchtungsquelle&Sensor befinden sich auf gleicher Seite eines bewegl. Glasmaßstabes mit verspiegelter Strichteilung angeordnet, so dass vom Sensor das am Maßstab reflektierte Licht empfangen wird!

Maßstab: Wechsel zwischen reflektierenden + nicht reflekt. Bereichen (Strichgitter); Abtasteinheit: Lichtquelle (LED), Optik, Photodiode, Abtastgitter

- Durchlichtverfahren : Beleuchtungsquelle&Sensor befinden sich auf ggüberliegenden Seiten des Glasmaßstabes, so dass vom Sensor das durch den Maßstab transmittierte Licht ausgewertet wird!

Wechsel zwischen transparenten + lichtundurchlässigen Bereichen; Abtasteinheit + Funktion

Abtastgitter identisch zu Auflichtverfahren

Lineargeber: Auflösung i. a. 0,1...10µm; Sonderformen mm-Bereich; Gitterkonstante

Faktor 100 größer als Auflösung;

Drehgeber: Auflösung 0,005°...0,00001°

5.Steuerungstechnik

5.1.Begriffsdefinition

Steuerung:

Das Steuern, die **Steuerung**, ist der Vorgang in einem System, bei dem eine oder mehrere Größen als Eingangsgrößen andere Größen als Ausgangsgrößen aufgrund der dem System eigentümlichen Gesetzmäßigkeiten beeinflussen. Kennzeichen für das Steuern ist der offene Wirkungsweg oder ein geschlossener Wirkungsweg, bei dem die durch die Eingangsgrößen beeinflussten **Ausgangsgrößen** nicht fortlaufend und **nicht** wieder über dieselben Eingangsgrößen **auf sich selbst wirken**.

Regelung:

Das Regeln, die **Regelung**, ist ein Vorgang, bei dem eine Größe, die zu regelnde Größe (Regelgröße), **fortlaufend erfasst**, mit einer anderen Größe, der Führungsgröße, **verglichen** und im Sinne einer Angleichung an die **Führungsgröße beeinflusst** wird. Kennzeichen für das Regeln ist **der geschlossene Wirkungsablauf**, bei dem die Regelgröße im Wirkungsweg des Regelkreises fortlaufend **sich selbst beeinflusst**.

5.2. Einteilung von Steuerungen (S41u)

5.2.1. Art der Signaldarstellung

a) Analoge Steuerungen : hier werden hauptsächlich analoge Signale durch hintereinandergeschaltete Funktionsglieder verarbeitet! Bsp.: Ventilsteuerung über Kurvenscheibe

b) Binäre Steuerung : nur zwei Zustände vorhanden: 1 oder 0 (EIN oder AUS). Bsp.:

Treppenhausbeleuchtung, Aufzug

c) Digitale Steuerung (= Gruppe von Binärsignalen)

Erweiterung der binären Steuerungen um: -Zählfunktion; - Vergleichsoperation; - Arithmetische Operationen; - Speichern;

5.2.2. Art der Signalverarbeitung (man unterscheidet: a) synchrone Steuerung b) asynchrone St. c) Ablaufst. d) Verknüpfungsst.)

<u>Synchrone Steuerungen</u>	<u>Asynchrone Steuerungen</u>
Signalverarbeitung und damit Ausgabe des Signals nur zu einem Taktsignal	Kein Taktsignal. Befehle werden unmittelbar auf die Änderung von Eingangssignalen hin gebildet & ausgegeben
<u>Ablaufsteuerung</u>	<u>Verknüpfungssteuerung</u>
- schrittweißer Ablauf - zeitabhängiger Ablauf, d.h. Weiterschaltbed. hängt nur von der Zeit ab (z.B. Gelb-Rot-Grün-Phase der Ampel) - prozessabhängiger Ablauf, d.h. Weiterschaltbed. hängt nur von den Signalender gesteuerten Anlage ab	Verknüpfung der aktuellen Eingangssignale zu Ausgangssignalen
Bsp.: Bohrwerk	Bsp.: Drehzahlsteuerung für links- und rechtslaufenden Motor

Kombination der Arten der Signalverarbeitung ist möglich.

5.2.3. Art der Programmverwirklichung

Jede Steuerung benötigt Programm. Das Programm enthält Anweisungen für Signalverarbeitung

	<u>Verbindungsprogr. Steuerung (VPS)</u>	<u>Speicherprogr. Steuerung (SPS)</u>
Programm realisiert dadurch wie die Funktionsglieder miteinander verbunden sinddurch Art der logischen Verknüpfungen in Software
Steuerungshardware	Festverlegte Drähte/Leiterbahnen (Funktionselemente können nur mit Werkzeug verändert werden) → Relais & Halbleiterbauelemente	Mikrocomputer Austauschprogrammierbar: Programm auf ROM/EPROM Frei programmierbar
Bedeutung	gering	steigend
Vorteile	Sehr kurze Reaktionszeit → schnelle Signalfolge möglich. Keine besondere Programmiersprache nötig	- Flexibilität ; - flexible Inbetriebnahme (Fehlerkorrektur vor Ort) - „selstdokumentierend“
Nachteile	Hoher Aufwand für Schaltungs-entwurf & unflexibel	Reaktionszeit von Programm abhängig (Anzahl input/output, Verknüpfungen)

Weitere Unterteilung bzgl. Steuerungen: - SPS: binäre Verknüpfungen

- CNC(computered numerical control): Steuerung mehrerer Achsen als koordinierte Bewegung

5.3.SPS (S.44)

Eine Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) ist ein digitales, elektronisches System, das über einen Programmspeicher zur internen Speicherung der Anweisungen des Anwenderprogrammes verfügt, welches die Festlegung der anwendungsspezifischen, vom System auszuführenden Operationen enthält.

5.3.1.Historische Entwicklung (S43u)

Aktuelle Trends: - Datenkommunikation (Feldbus); - Vorbeugende Wartung (organisatorische Aufgaben); - Qualitätssicherung; - Prozessvisualisierung (Leitsystem);

5.3.2.Programmierung von SPS (s. Heft)

5.3.2.1.Grundlagen Bool'sche Algebra

Logische Verknüpfungen binärer Signale = Ausgangssignal abhängig von Zuständen mehrerer Eingangssignale!!

Fundamentale Verknüpfungen:

Identität	$Y = X$
Komplementbildung	$Y = \bar{X}$
Konjunktion (UND)	$Y = X1 \wedge X2$
Disjunktion (ODER)	$Y = X1 \vee X2$

Formelmäßiger Zusammenhang zwischen Ein-/ Ausgangsgrößen
→ Schaltfunktion z.B.: $Y = X1 \wedge X2$

MERKE: Rechenregel: **NICHT** vor **UND** vor **ODER**!!!!

Wahrheitstabellen (Schaltungstabellen) (S47u)

Tabellarische Darstellung des Wertes der Ausgangsgröße in Abhängigkeit von den Eingangsgrößen. Komplexe Schaltfunktionen/Wahrheitstabellen können durch Umformung in kanonische Normalform gewandelt werden.

Kanonische Formen bestehen aus Fundamentalverknüpfungen (NAND, NOR)

5.3.2.2. Grafische Darstellung von Logiknetzwerken

- Stromlaufplan; - Kontaktplan (praktisch identisch zu Stromlaufplan); - Funktionsplan;

Weitere Programmiermöglichkeiten: **Anweisungsliste:** assembler-ähnliche Programmierung

Stromlaufplan (S47o, 47-49)

Öffner (Ruhekontakt) bei X=0 ist Schalter geschlossen (Y=1)

Schließer (Arbeitskontakt) bei X=0 ist Schalter geöffnet (Y=0)

Funktionsplan: Komplexe logische Zusammenhänge durch Symbol gekennzeichnet.

Ablaufsprache für Ablaufsteuerung: Kennzeichen für Ablaufsteuerung: -schrittweiser Ablauf; -

Folgeschritt dann, wenn vorheriger Schritt ausgeführt **und** Übergangsbedingung erfüllt ist. →

Schrittkeette (S51)

5.3.3.Hardwareaufbau SPS

Funktion	Beispiel	Einfluss
Steuerung		Speichergröße, Anzahl I/O (von 8 – 1024)
Kommunikation	SPS; BDE (Betriebsdatenerfassung); QS-Daten (Qualitätsdaten)	Reaktionszeit, Zykluszeit
Visualisierung	Prozesszustand	Speicherzeit
Regeln, Positionieren	CNC-Funktionalität	Zeit
Rechnen	Kennlinie linearisieren	Zeit
Diagnose	Aus fehlerhaften Zuständen Rückschlüsse ziehen	

Bauformen von SPS

- Kompaktsteuerung (geeignet für kleine Steuerungsaufgaben): - in einem Gehäuse sind alle Funktionsblöcke; - preiswert bei kleiner/mittlerer Steuerungsaufgabe;
- modularer Aufbau (Durch einzelne Baugruppen für Ein- und Ausgänge (...)) kann das jeweilige Gerät optimal an die Aufgabenstellung angepasst werden)

Ein- und Ausgabe-Karten

- binäre, - digitale, - analoge Signale

Binäre Eingänge (digitale)

- Statusanzeige
- Regelanpassung + galvanische Trennung über Optokoppler
- Filter: Störungen, z. B. Premeffekte ausblenden
- Signalwechselzeiten i. d. R. > 1ms

Analoge Eingänge

AD= Analog-Digital-Wandler → Quantisierung (aus Gerade Treppenform)

Feldbussysteme

Aufgabe:

- Kommunikation zwischen Automatisierungseinrichtungen (SPS, CNC, Leitsysteme)
- Messeinrichtungen (Dateneingabe)
- Aktorik (Stellglieder)

Gängige Feldbussysteme:

- Profibus (Master-Slave)
- CAN-Bus
- ASI Interface
- Interbus

Token Passing

Zuteilung des Systembus definiert Reihenfolge an die verschiedenen Masters. Master treten in Verbindung mit anderen Mastern und Slaves.

Master-Slave-Prinzip

Slaves antworten auf Master-Anfragen, Slaves sind passiv, reagieren

- Polling: zyklisches Abfragen der Slaves durch Master
- Profibus-DP (dezentrale Peripherie): Beschränkung auf einen Master

Interbus S

Ein Master mit Schieberegister verschickt Information für Slave, Slave schreibt Antwort in Schieberegister, nach definierter Anzahl von Takten erhält Master Antwort.

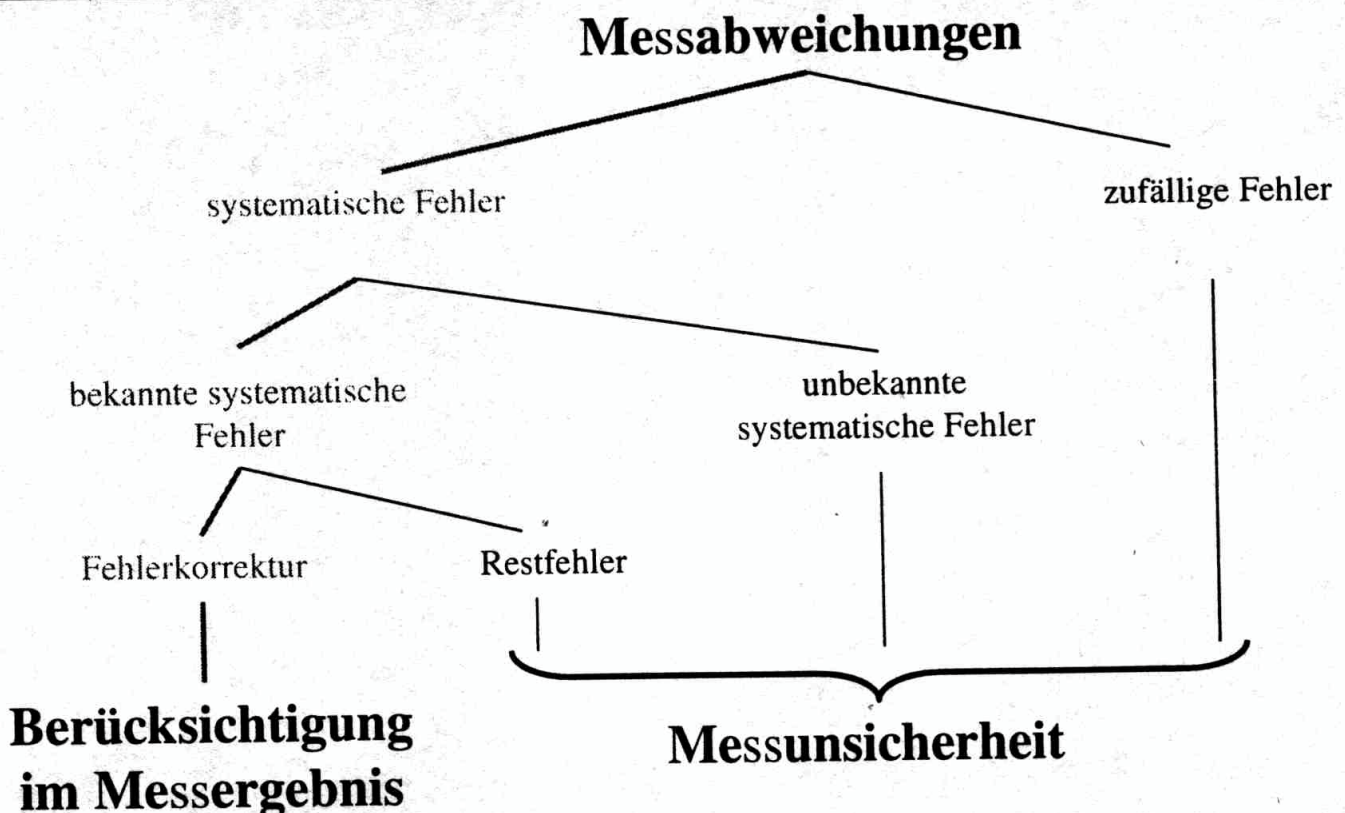
CAN-Bus

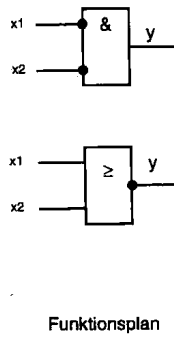
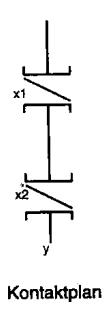
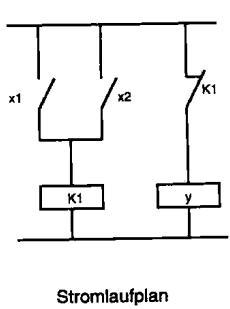
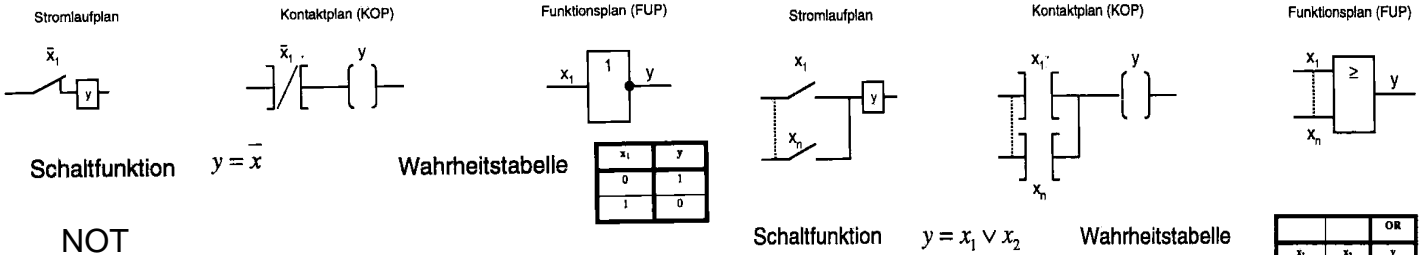
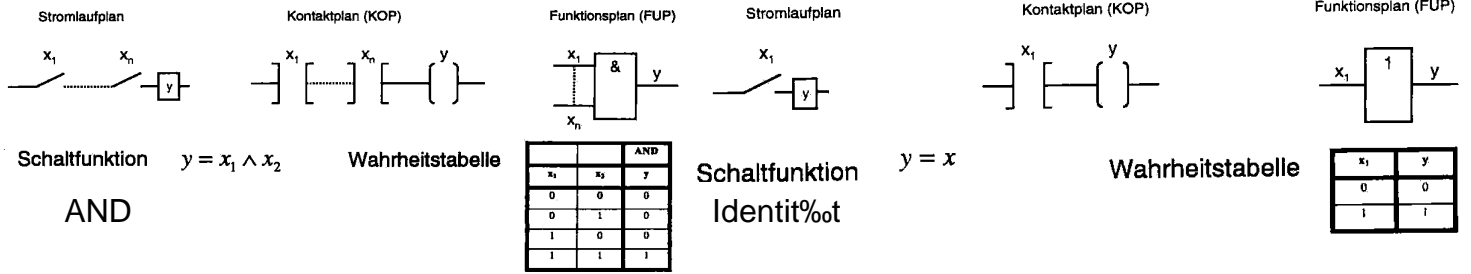
Modifiziertes CSMA-Verfahren: Master prüft ob Bus frei ist; wenn ja → Informationsaustausch

Nachteil: zyklische Abfrage der Slaves nicht sichergestellt

Modifikation:

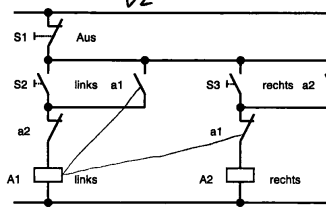
- Priorisierung des Masters
- Beschränkung der Informationsmenge pro Zugriff





Drehrichtungsvorgabe Motor

$A1 = \bar{S1} \wedge (S2 \vee a1) \wedge \bar{a2}$
 $A2 = \bar{S1} \wedge (S3 \vee a2) \wedge \bar{a1}$



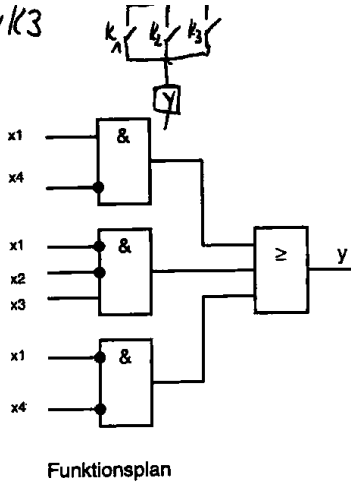
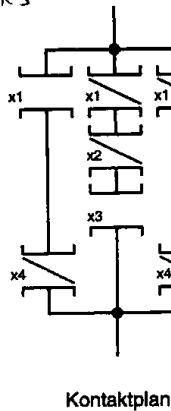
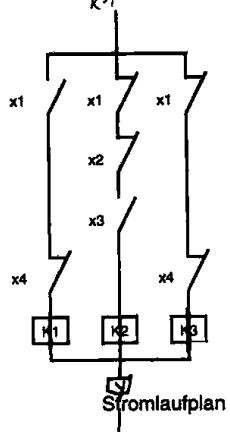
Wahrheitstabelle

S2	a1	v1	S3	a2	v2
0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	1
0	1	1	0	1	1
1	1	1	1	1	1

S1	a2	S1 negiert	v1	a2 negiert	A1
0	1	1	0	0	0
1	1	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0
1	1	0	1	0	0
0	0	1	0	1	0
1	0	0	0	1	0
0	0	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1

S1	a1	S1 negiert	v2	a1 negiert	A2
0	1	1	0	0	0
1	1	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0
1	1	0	1	0	0
0	0	1	0	1	0
1	0	0	0	1	0
0	0	1	1	1	1
1	0	0	1	1	1

$y = (x1 \wedge \bar{x4}) \vee (\bar{x1} \wedge x2 \wedge x3) \vee (\bar{x1} \wedge \bar{x4}) = K1 \vee K2 \vee K3$



Sensor	Temperatur	Feuchtigkeit	Staub	Licht/ Infrarotstrahlung	Lärm	elektromagn. Felder (HF)
induktiv	+	+	+	+	+	0
kapazitiv	+	0	0	+	+	-
optoelektronisch (Taster)	0	-	0	-	+	+
Ultraschall	0	+	+	+	-	+

Festigkeit: hoch (+), mittel (0), gering (-)

↑
unempfindlich

