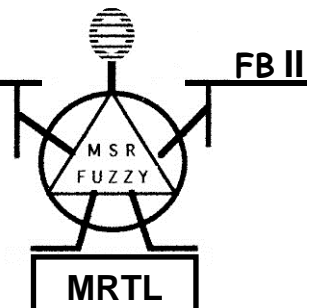


Protokoll-Deckblatt



LV: MRTL 6. Sem.

A U F G A B E N

PRAK I

Name:	Datum:	SS 2018	TESTAT:
Vorname:	Arbeits Platz:		Rücksprache: <input type="checkbox"/>
EDV-Nr:	Gruppe:		Abgabe bis spätestens:

→ **P-ÜBERTRAGER**

Bauen Sie auf einem Steckbrett ein Übertragungselement auf, das P-Verhalten zeigt. Für den Proportionalbeiwert K_P werden folgende Vorgaben angeboten:

- | | | | |
|---|-----------|---|-----------|
| 1 | $K_P = -$ | 3 | $K_P = -$ |
| 2 | $K_P = -$ | 4 | $K_P = -$ |

Jede(r) Teilnehmer(in) hat eine Vorgabe allein umzusetzen.

- Überprüfen Sie mit dem DMM den Nullwert der Ausgangsspannung! (Offset-Abgleich)
- Zeichnen Sie mittels Diadem die Sprungantwort des P-Übertragers für verschiedene Eingangsspannungen auf.
- Untersuchen Sie mit dem DMM den Proportionalbereich der Schaltung, indem sie nunmehr ein K_P von ca. - 4 realisieren und Eingangsspannungen bis zu ca. +/-5 Volt schrittweise einstellen. Erstellen Sie in diesem Falle ein **handschriftliches Messprotokoll** (Vorlage in den Unterlagen) und tragen Sie die Ausgangsspannungen über den Eingangsspannungen auf! (in der Gruppe gemeinsam)

→ **J-ÜBERTRAGER**

Bauen Sie auf einem Steckbrett ein Übertragungselement auf, das J-Verhalten zeigt. Für den Integralbeiwert K_J werden folgende Vorgaben angeboten:

- | | | | | | |
|---|-----------|----------|---|-----------|----------|
| 1 | $K_J = -$ | s^{-1} | 3 | $K_J = -$ | s^{-1} |
| 2 | $K_J = -$ | s^{-1} | 4 | $K_J = -$ | s^{-1} |

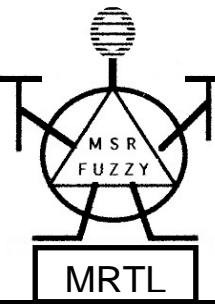
Jede(r) Teilnehmer(in) hat eine Vorgabe allein umzusetzen.

- Zeichnen Sie die Sprungantwort des J-Übertragers für verschiedene Eingangsspannungen auf.

→ **AUSWERTUNG**

- Überprüfen Sie anhand der Messergebnisse den bestückten Integrierbeiwert.
- Ermitteln Sie die "Kennlinien" der Übertrager und daraus Ihre realisierten Werte.
- Stellen Sie den Zusammenhang zwischen der zeitlichen Änderung des Ausgangssignals und der Eingangsspannung für den J-Übertrager dar.
- Diskutieren Sie P- und J-Verhalten im Vergleich.
- Wodurch wird in Ihrer Versuchsanordnung der mess- und registrierbare Nullwert der Ausgangsspannung bestimmt? Würdigen Sie Ihre Messgenauigkeiten!
- Wie würden Sie positive Ausgangssignale bei positiven Eingangsspannungen schaltungstechnisch realisieren?

Notizen



LV: MRTL 6. Sem

INFOBLATT I

PRAK I: Planung, Ziele, Inhalte

DAUER: 3 Blocks (≈ 3 x 90 min) + evt. anschließender Auswertung (Empfohlen!)

- ZIELE:**
- Kennenlernen, Einweisung und Einübung in die Arbeitsplätze. Sonstige Hilfsmittel Literatur; Arbeitsplatzhilfen, Bedienblätter, Organisation vermitteln;
 - Verständnis für Funktion und Bedienung der Geräte sowie PC und DIADEM (Software) und ihres Zusammenwirkens;
 - Fähigkeit erwerben zum Messen von niedrigen Gleichspannungen und kurzen Zeitverläufen, Registrieren, Speichern, Auswerten;
 - Anlegen, Kopieren und Ausgeben (Drucken) von Dateien lernen, Dateien / Speicher-Organisation befolgen lernen!!!

- INHALTE:**
- Einweisung und Bedienung ***DIADEM***
Programmeröffnung, "Werkzeuge", Schalter, Befehle, Funktionen, einfache Übungen, Führung durch Betreuer, per Projektion;
 - Einweisung Steckbrett, Operationsverstärker, Bauteile, Arbeitsweise;
 - Auslegung P- und J-Glieder, Spannungs-Messungen und Widerstands-Messungen mit einem DMM;
 - Schnittstelle zum PComputer, Spannungs-Messungen dort, Sichtbarmachung von Zeitverläufen;
 - Registrieren, Speichern, Ausgeben an Probe-Beispielen;
 - Gezielte Messung an P- und J-Gliedern gemäß individueller Vorgaben: bei drei Teilnehmern jeder je 1 Vorgabe, bei zwei Teilnehmern jeder je eine Vorgabe;
 - Protokoll in Form eines einfachen **individuellen** Berichtes über den Praktikumstermin, Beschreibung der Arbeits- und Hilfsmittel;
 - Auswertung und Darstellung P - und J - Übertrager und deren Verhalten.

Siehe zum Protokoll auch Seite 9 - 11 a/b !!

Datei und Diagramm-Benennungen PRAK I

Beispiel einer DIAGRAMM-AUSDRUCK- KENNZEICHNUNG:

Matr. Nr. / Teilnehmer(in)	Semester / AP / Gruppe / Prak	Datei/Experiment
123.456		
Musterin.Ann	/ SS 2013 - AP - Gruppe - PRAK	/ P n A

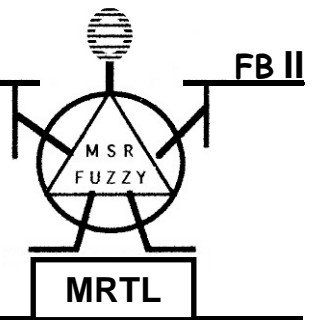
Organisation der Teilnehmer- Ordner / Dateinamen:

Dateien in: ...*PRAK I* *DIADEM* \ ...

P n A ...

J n A ...

ORGANISATION der Teilnehmer-Daten und -Dateien
Allgemeine Systematik



Jede(r) **Teilnehmer(in)** (TN) erhält auf der Festplatte vorbereitete **ORDNER**, die mit der EDV-NUMMER der TN gekennzeichnet sind: (bsphaft)-> \123.456\ Diese befinden auf der Festplatte (Laufwerk M:\) als **Unterordner** in dem Ordner der entsprechende Praktikumsgruppe: (bsphaft)-> **M:\2010w AP01 Gruppe A\123.456** für die Gruppe A am Arbeitsplatz AP01 im Wintersemester 2010.

Außerdem sollen die im Praktikum erzeugten Daten in Unterordnern mit den Kurzbezeichnungen der vier Versuchs-Tage (s.u.): \PRAK I ... IV\, abgelegt werden; auch dies ist schon vorbereitet. (bsphaft)-> **M:\2010w AP01 Gruppe A\123.456\PRAK I**

Da mit insgesamt zwei Software Programmen gearbeitet wird

DIADEM, SimApp

aus denen Daten stammen können, die aufbewahrt und verfügbar gehalten werden können, existieren für jedes Programm eigene Unterordner: \DIADEM\ für DIADEM.

(bsphaft)-> **M:\2013s AP01 Gruppe A\123.456\PRAK I\DIADEM**

Zur Aufnahme von Messergebnissen, die entweder als Zwischenspeicherung oder für den späteren Ausdruck für das Protokoll vorgesehen sind, dienen die Dateien, die mit einem **VERSUCHS-Kürzel** adressiert werden (siehe Codierung der Einzelversuche). Die Versuchskürzel bestehen aus einem **Buchstaben-Code am Anfang**, einem **Ziffern-Code in der Mitte** und einem **abschließenden Buchstaben**, getrennt durch Leerzeichen.

BUCHSTABEN (am Anfang) kennzeichnen ein **Übertragungselement** (ohne Bindestrich ``-``) oder einen **Regelkreis** (mit ``-``). Ein **X** für Steckleiste oder Regler und symbolisiert den offenen Kreis, **z, w** als Präfix kennzeichnen Störgröße und Führungsgröße, sowie **S** als Präfix die Simulation. Der ZIFFERN-CODE in der Mitte des Dateinamens kennzeichnet **Vorgaben-Varianten** für Kenngrößen bzw. Versuchs-Bedingungen oder -Parameter gemäß individueller Aufgabenstellung (Aufgabenblatt) durch das Lehrpersonal, auf dem jeweiligen Aufgabenblatt eines Versuchs-Tages.

(bsphaft)-> **PJ 1 A..., J-PT 1 A..., zP-PT 1 A..., SzP-PT2t1 1 A...**

ACHTUNG: ZIFFERN (in der Mitte) kennzeichnen immer Vorgaben - Varianten.

ACHTUNG: BUCHSTABEN (am Ende) eines Codes kennzeichnen immer TN - Varianten!

Die Inhalte der Praktikums-Tage im Einzelnen sind den **INFO-Blättern PRAK I-IV** und sonstigen Versuchsunterlagen zu entnehmen. Diese werden jeweils im Voraus verteilt. Nachfolgend finden Sie eine Aufstellung aller derzeit vorgesehenen Versuche.

Dateinamen-Codierung der Einzelversuche für MRTL

Vier Versuchstage mit Einzelversuchs-Kennzeichnungen:

PRAK I	PRAK II	PRAK III	PRAK IV
P n A-Z	PT n A-Z	PJ n A-Z	SzP-PT2t1 n A-Z
J n A-Z	X-J n A-Z	X-PT n A-Z	SzPJ-PT2t1 n A-Z
	P-J n A-Z	zPJ-PT n A-Z	SzPJD-PT2t1 n A-Z
	J-X n A-Z	wPJ-PT n A-Z	SwPT2T1-PT2t1 n A-Z
	J-J n A-Z	zP-PT n A-Z	SwPT2T2 n A-Z
		wP-PT n A-Z	

Organisation der Teilnehmer-Ordner

Beispiele eines Ordnerinhaltes des 3. Praktikums-Tages für DIADEM:

Pfad: M:\2010w AP01 Gruppe A\123.321\PRAK III\

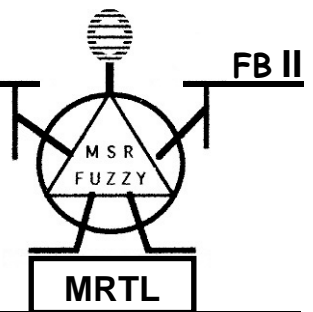
Ordner: Diadem

Dateien: PJ 1 C PJ-Übertrager mit 1. Kenngrößen-Vorgabe 3. Aufnahme
 PJ 3 A PJ-Übertrager mit 3. Kenngrößen-Vorgabe 1. Aufnahme

PJ-PT 1 B PJ-Regler mit PT1- Strecke 1. Kenngrößen-Vorgabe 2. Aufnahme
 PJ-PT 3 A PJ-Regler mit PT1- Strecke 3. Kenngrößen-Vorgabe 1. Aufnahme

x-PT 1 A ?-Regler mit PT1-Strecke 1. Kenngrößen-Vorgabe 1. Aufnahme offener Kreis
 P-x 3 A P-Regler mit ?- Strecke 3. Kenngrößen-Vorgabe 1. Aufnahme offener Kreis

Einige Begriffe und Benennungen nach DIN 19 226 - Teil 4 "Regelungstechnik und Steuerungstechnik"



Das Steuern - die Steuerung - ist der Vorgang in einem System, bei dem eine oder mehrere Größen als Eingangsgrößen andere Größen als Ausgangsgrößen auf Grund der dem System eigentümlichen Gesetzmäßigkeit beeinflussen.

Kennzeichen für das Steuern ist der offene Wirkungsablauf über das einzelne Übertragungsglied oder die Steuerkette.

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 abhängig vom Ergebnis dieses Vergleichs im Sinne einer Angleichung an die Führungsgröße beeinflusst wird. Der sich dabei ergebende Wirkungsablauf findet in einem geschlossenen Kreis, dem Regelkreis, statt.

Die Strecke (Steuerstrecke, Regelstrecke) ist derjenige Teil des Wirkungsweges, welcher den aufgabengemäß zu beeinflussenden Bereich der Anlage darstellt.

Das Stellglied ist das am Eingang der Strecke liegende Glied, das dort in einen Massenstrom oder Energiefluß eingreift.

Die Steuereinrichtung, Regeleinrichtung (kurz: Einrichtung) ist derjenige Teil des Wirkungsweges, welcher die aufgabengemäße Beeinflussung der Strecke über das Stellglied bewirkt.

Innerhalb einer Regeleinrichtung kann ein Gerät als Regler bezeichnet werden, wenn es mehrere Aufgaben der Regeleinrichtung zusammenfaßt. Der Regler muß jedoch den Vergleich sowie mindestens ein weiteres wesentliches Bauglied, z.B. Verstärker, Zeitglieder, enthalten.

Die Regelgröße x ist die Größe in der Regelstrecke, die zum Zwecke des Regelns erfaßt und der Regeleinrichtung zugeführt wird. Sie ist damit Ausgangsgröße der Regelstrecke und Eingangsgröße der Regeleinrichtung.

Die Führungsgröße w einer Steuerung oder Regelung ist eine von der betreffenden Steuerung oder Regelung unmittelbar nicht beeinflusste Größe, die der Steuerkette oder dem Regelkreis von außen zugeführt wird und der die Ausgangsgröße der Steuerung oder Regelung in vorgegebener Abhängigkeit folgen soll.

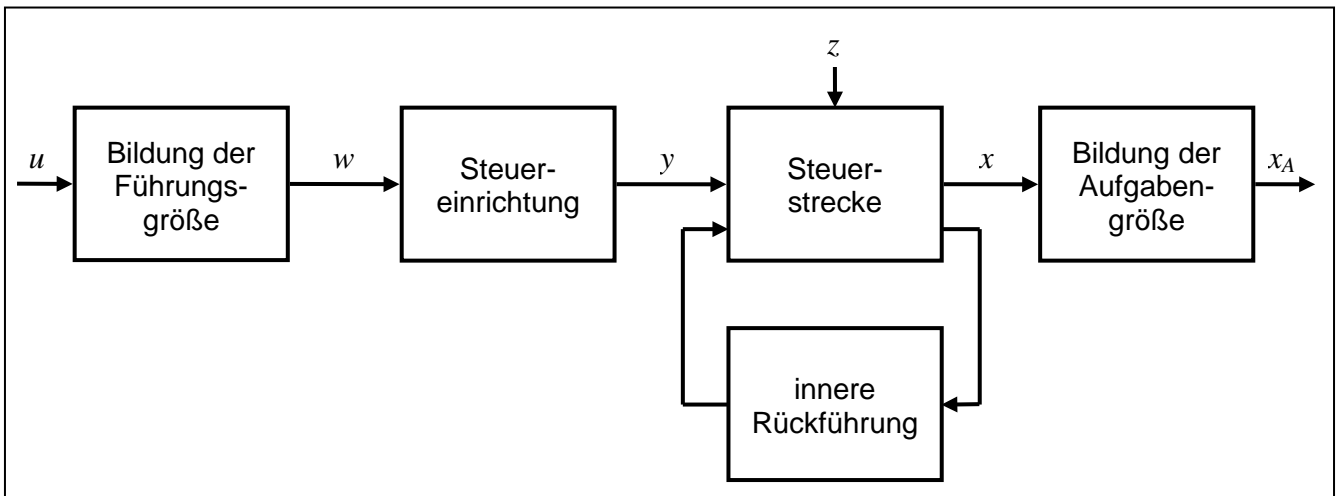
Die Regeldifferenz e (alt: x_d) zwischen Regelgröße x und Führungsgröße w lautet:

$$e = w - x .$$

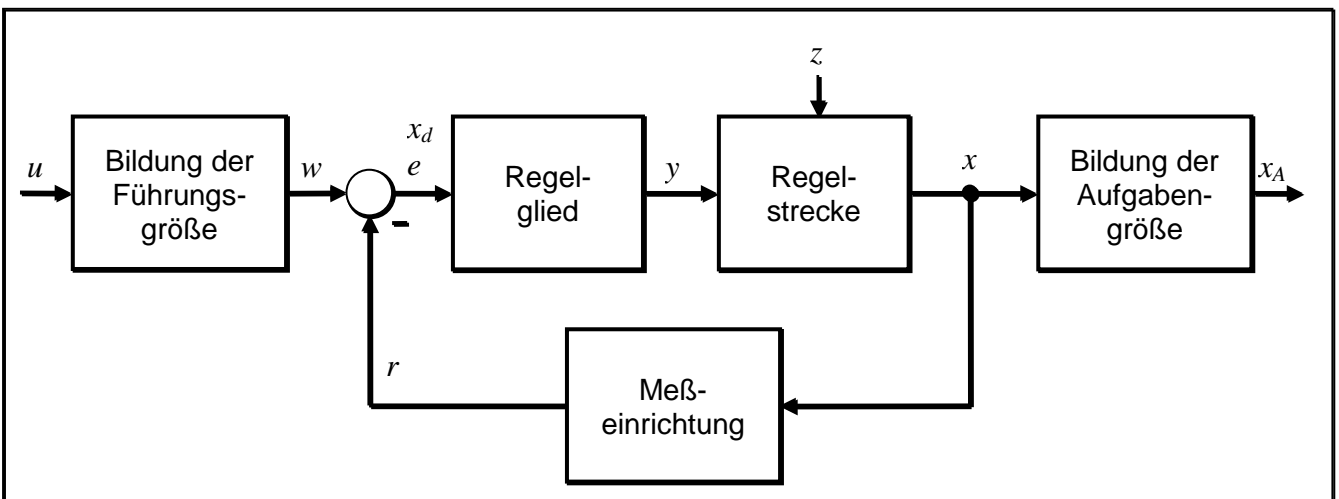
Die Stellgröße y ist die Ausgangsgröße der Steuer- oder Regeleinrichtung und zugleich Eingangsgröße der Strecke. Sie überträgt die steuernde Wirkung der Einrichtung auf die Strecke.

Störgrößen z in Steuerungen und Regelungen sind alle von außen wirkenden Größen, soweit sie die beabsichtigte Beeinflussung in einer Steuerung oder Regelung beeinträchtigen.

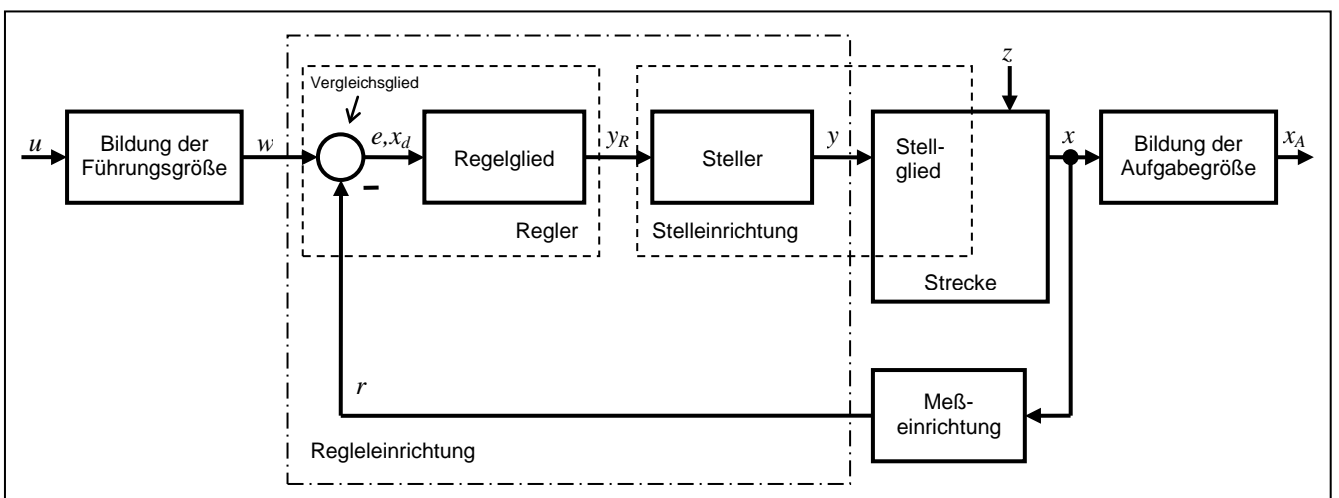
Wirkungspläne
nach DIN 19221 und 19226 - Teil 6



Steuerung, offener Wirkungsablauf, Steuerkette (DIN19221)

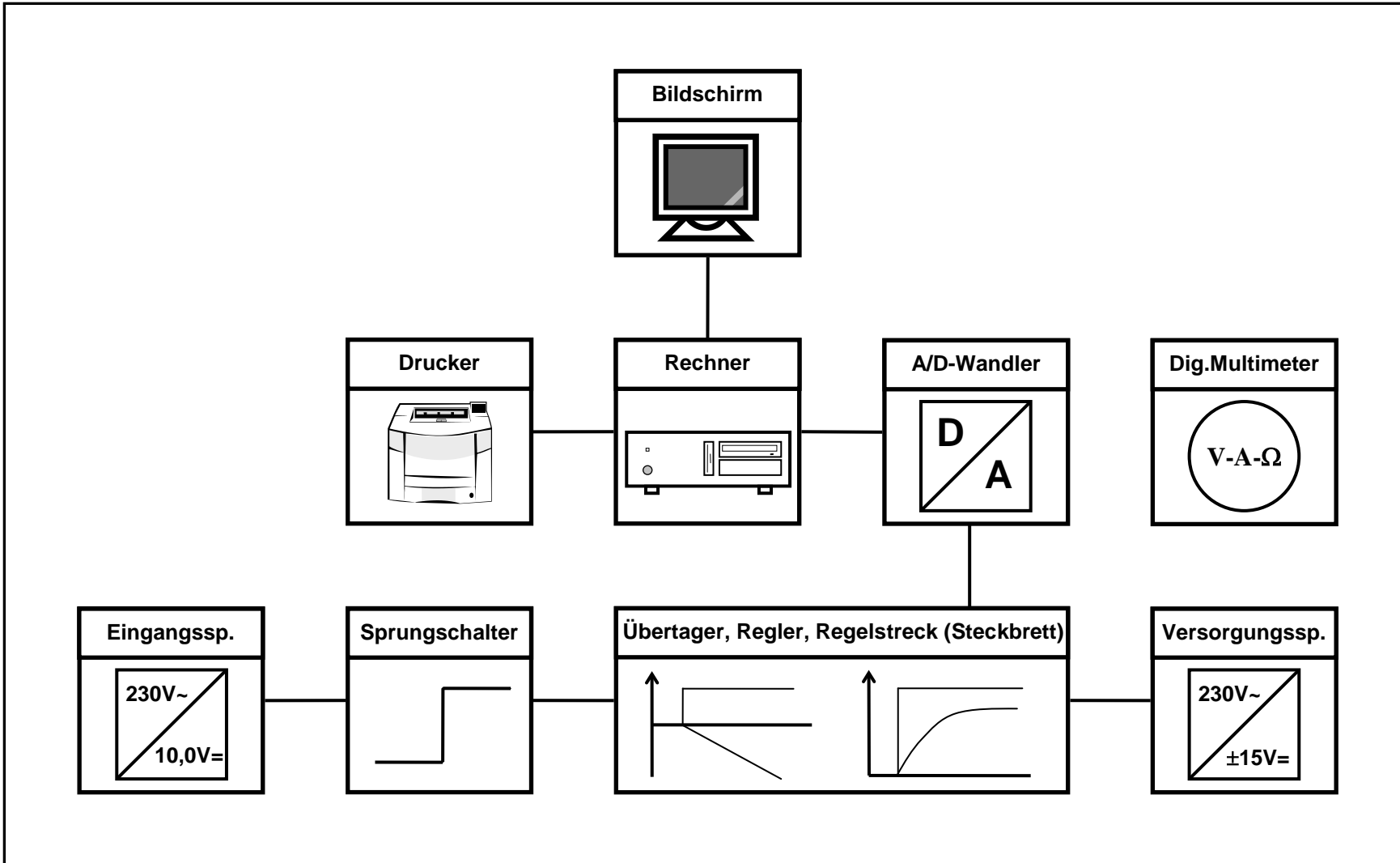
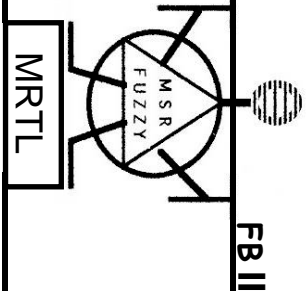


Regelung, geschlossener Wirkungsablauf, Regelkreis (DIN19221)



Typischer Wirkplan einer Regelung (DIN 19226-6)

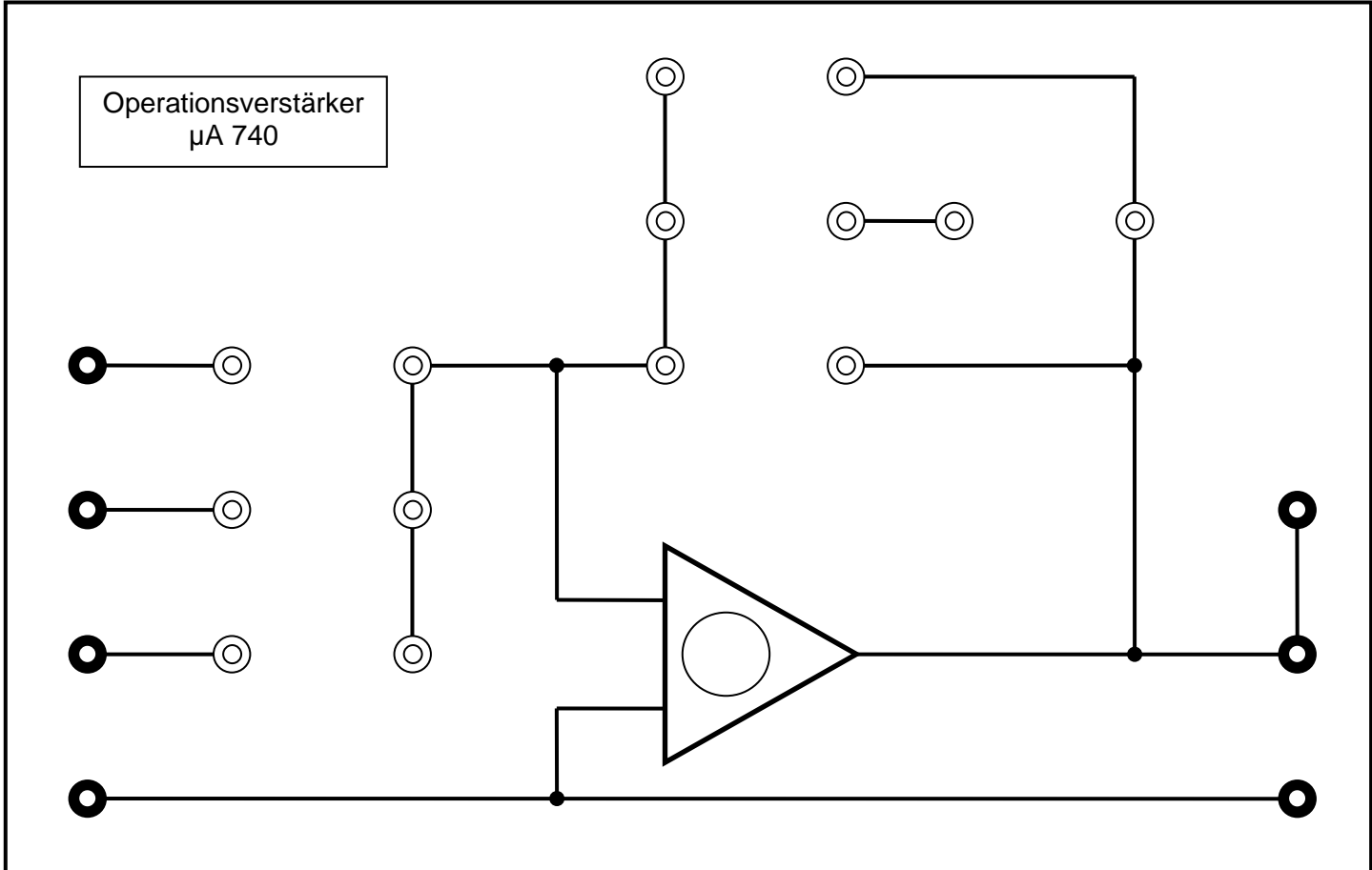
Arbeitsplatz MRTL



Arbeitsplatz MRTL

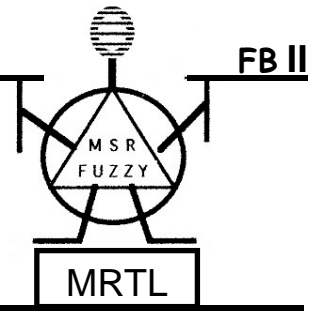
Steckbrett

Steckbrett

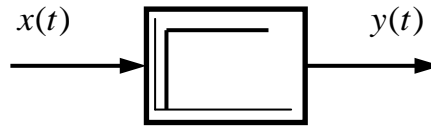


Theoretische Grundlagen MRTL

P- Übertragungsverhalten (P- Übertrager)



Blockschaltbild:



Mit Sprungantwort als Symbol

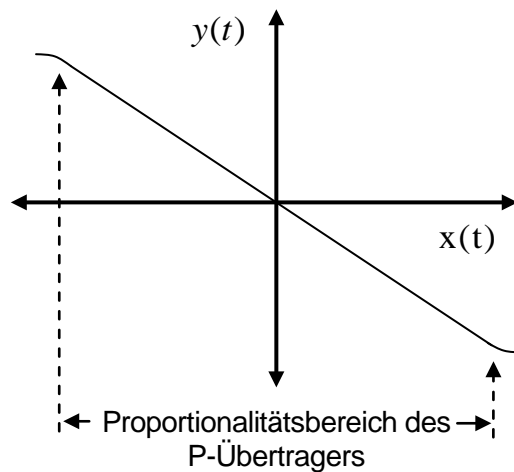
Zeitverhalten:

$y(t) = K_p \cdot x(t) : K_p \dots$ Proportionalbeiwert

Sprungantwort:

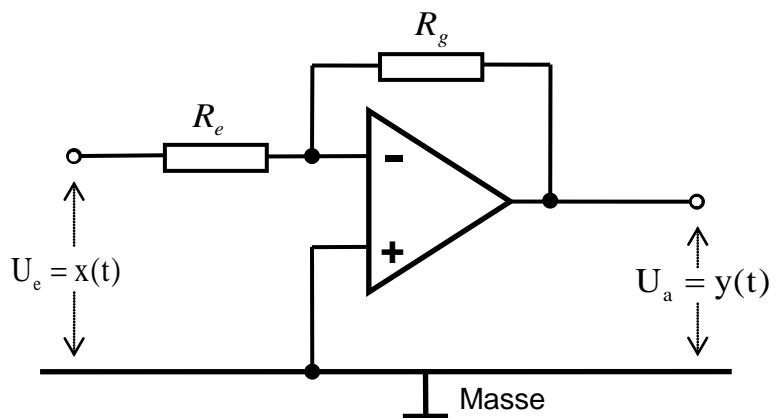
$y(t) = K_p \cdot x(t)$ für $t > 0$

Kennlinie des P-Übertragers:



Schaltbild und Dimensionierung:

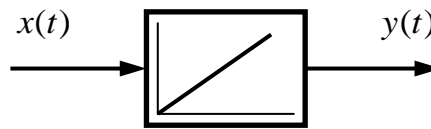
$$K_p = \frac{-R_g}{R_e} = \frac{U_a}{U_e}$$



Theoretische Grundlagen MRTL

J- Übertragungsverhalten (J- Übertrager)

Blockschaltbild:



Mit Sprungantwort als Symbol

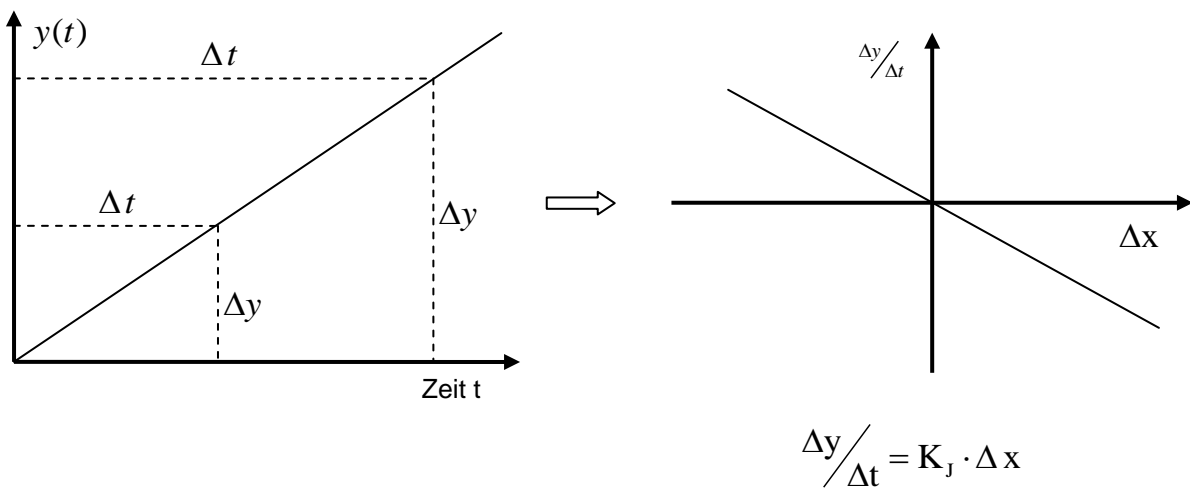
Zeitverhalten:

$$y(t) = K_J \cdot \int_0^t x(\tau) \cdot d\tau \text{ für } t > 0$$

Sprungantwort:

$$y(t) = K_J \cdot \Delta x \cdot t : K_J \dots \text{ Integrierbeiwert}$$

grafisch:



$$\frac{\Delta y}{\Delta t} = K_J \cdot \Delta x$$

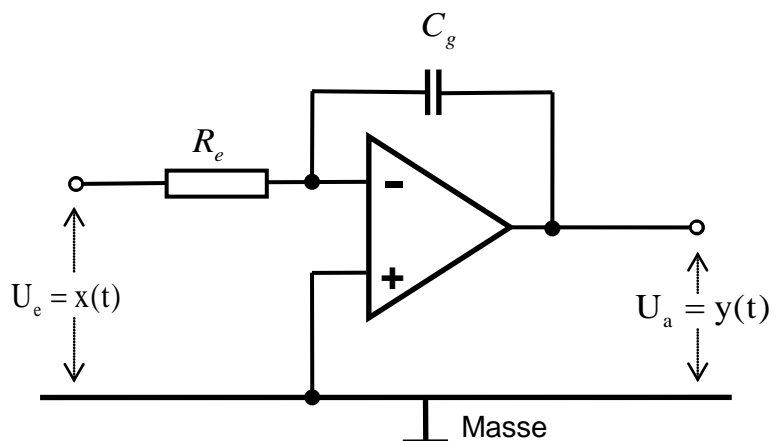
Schaltbild und Dimensionierung

$$Q = C \cdot U$$

$$[As] = [F] \cdot [V]$$

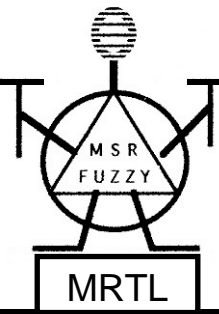
$$[F] = \frac{[As]}{[V]} = \frac{[s]}{[\Omega]}$$

$$K_J = \frac{-1}{R_e \cdot C_g}$$



LV: MRTL 6. Sem

MESSPROTOKOLL

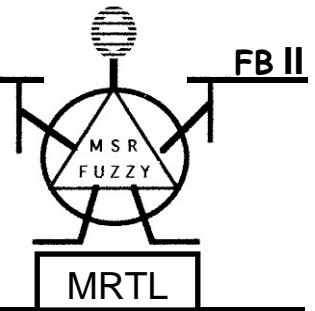


Versuch:	Bestückung:		
	$R_e =$	$R_g =$	$C_g =$
Bemerkungen:			

Messwerte:

LV: MRTL 5. Sem

PRAK II: Planung, Ziele, Inhalte



INFOBLATT II

DAUER: 3 Blocks ($\approx 3 \times 90$ min) + evt. anschließender Auswertung (Empfohlen!)

- ZIELE:**
- Wiederholung und Sicherung von PRAK I;
 - Kennenlernen PT1-Verhalten;
 - Kennenlernen und Konfigurieren von Regelkreisen offen, geschlossen, mit J-Strecke und P-Regler bzw. J-Regler;
 - Vertiefung und Einübung von **DIADEM**;
 - PT1-Verhalten theoretisch und praktisch beherrschen lernen;
 - Aufbau von J-Strecken mit P-Reglern bzw. J-Reglern bestücken und variieren von Bauteilen;
 - Messungen und Registrierungen durchführen, Auswertungen von Regelkreisaufnahmen durchführen.

- INHALTE:**
- Erneutes Einüben von **DIADEM** an einem PT1-Übertrager;
 - PT1-Glied aufbauen und mit bestimmten Vorgaben vermessen, protokollieren, auswerten (home);
 - Invertierer einführen und realisieren;
 - Dateien anlegen und ausgeben üben, unprotokolliert;
 - Aufbau eines $P_R - J_S$ - Regelkreises mit Invertierer (bzw. $J_R - J_S$ -) offener und geschlossener Kreis, mit bestimmten Vorgaben vermessen, protokollieren, auswerten (home);
 - Protokoll: Darstellung der Grundlagen, Eigenschaften, Auswertungen zu PT1, $P_R - J_S$ - bzw. $J_R - J_S$ -Regelkreisen, kritische Würdigung;

Siehe zum Protokoll auch Seite 9 – 11 a/b !!

Datei und Diagramm-Benennungen PRAK II

Beispiel einer DIAGRAMM-AUSDRUCK- KENNZEICHNUNG:

Matr. Nr. / Teilnehmer(in)	Semester / AP / Gruppe / Prak	Datei/Experiment
123.456		
Musterin. Anna	/ SS 2013 - AP - Gruppe - PRAK	/ PT n A

Organisation der Teilnehmer- Ordner / Dateinamen:

Dateien in: ... \ PRAK II \ DIADEM \ ...

P T n A ...

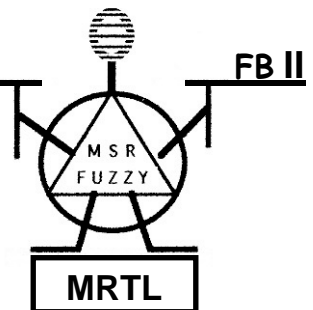
X - J n A ...

P - J n A ...

J - X n A ...

J - J n A ...

Infoblatt zum Protokoll



Das Protokoll

Ein physikalisch, technisches Experiment besteht im Wesentlichen aus dem Aufbau einer experimentellen Anordnung und der Durchführung von Messungen und anschließenden Auswertungen mit der Berechnung und der Diskussion der Ergebnisse. Die Darstellung des Experimentes geschieht in Form eines Protokolls welches von Autor eigenständig anzufertigen ist (Kein Gruppenprotokoll!). Das Protokoll dient der Dokumentation des Experiments und der Kommunikation der Ergebnisse.

Das Protokoll besteht aus Meßprotokoll und Ausarbeitung. Das Meßprotokoll ist die Dokumentation des experimentellen Ablaufes. Es muß sämtliche Angaben enthalten (Daten, Beobachtung), aus denen auch nach Abbau der experimentellen Anordnung der Versuch vollständig nachvollzogen und ausgewertet werden kann. Die Ausarbeitung gibt eine Einführung in die Fragestellung und die physikalischen Grundlagen und enthält die Auswertung mit den Ergebnissen und der Diskussion der Ergebnisse.

Die gesamte Darstellung muß in einer Weise erfolgen, daß ein fachlich qualifizierter Leser die Fragestellung, den Gang des Versuches, die Auswertung und die Ergebnisse mit angemessenem Aufwand nachvollziehen und verstehen kann. Die äußere Form des Protokolls soll diese Zielsetzung unterstützen. Es muß vollständig, übersichtlich und gut leserlich sein, es darf kurz und knapp sein. Plakative Darstellungsformen sind zu unterlassen.

Jedes Experiment und jede Auswertung müssen mit großer Sorgfalt durchgeführt werden (erst denken dann messen), da hinsichtlich der Zuverlässigkeit im wissenschaftlich technischen Bereich hohe Anforderungen gestellt werden.

Meßprotokoll

Das Meßprotokoll stellt die Quelle aller Auswertungen und Aussagen aus dem Experiment dar. Es muß aus diesem Grund über lange Zeit vollständig erhalten bleiben. Die übliche Form dies zu gewährleisten ist die Protokollierung während des Experimentes in gebundene oder geheftete Protokollhefte (Laborhefte).

Das Meßprotokoll muß sämtliche Gerätedaten, Meßwerte (in vollständiger Form mit Fehler und Maßeinheiten) und alle weiteren Beobachtungen enthalten. Alle Meßwerte sind eindeutig zu kennzeichnen (Symbol, Benennung). In den meisten Fällen ist eine zusätzliche Skizzierung der experimentellen Anordnung erforderlich. Zu den Fehlerangaben sind kurze Anmerkungen über die Fehlerquellen nützlich (z. B. Ablesefehler, Gerätefehler, statistischer Fehler, Besonderheiten während des Experimentes).

Die Protokollierung soll alle entstehenden Daten unmittelbar erfassen. Auch kleinere Umrechnungen dürfen erst später vorgenommen werden. (Die korrekte Protokollierung elektrischer Meßgrößen z. B. umfaßt Gerätetyp, Güteklasse und für den Meßwert Meßbereich oder abgelesene Skalenteile. Erst danach wird der Meßwert selbst mit seinem Fehler berechnet.

Häufig ist eine Tabellenform für die Protokollierung vorteilhaft, wobei zusätzliche Zeilen oder Spalten für spätere Auswertung bereits vorgesehen werden können.

Das gesamte Meßprotokoll muß vollständig und eindeutig und verständlich und übersichtlich sein. Es muß notfalls auch von einem nicht direkt am Experiment beteiligten Kollegen verstanden und ausgewertet werden können.

Ausarbeitung

Die Ausarbeitung enthält die Fragestellung (Aufgabe), eine Einführung in die theoretischen Grundlagen und die Meßmethode mit den Meßgleichungen, die Auswertung mit der Fehlerrechnung und die Zusammenfassung der Ergebnisse mit einer Diskussion bzw. Fehlerkritik. Dabei ist darauf zu achten, daß eine Fehlerbewertung angemessen und ausgewogen entsprechend der Praktikumsaufgabe durchgeführt werden soll. Eine Fehlerabschätzung ist immer möglich. Die Argumentation, eine Messung sei so genau oder ungenau, daß eine Fehlerabschätzung nicht möglich ist, ist falsch. Andererseits ist eine Fehlerrechnung bis in die unterste Tiefe an dieser Stelle im Praktikum aber auch nicht sinnvoll und wird nicht verlangt (Siehe Info-Fehlerrechnung). Wenn Fehler einiger der vorliegenden Parameter (Meßwerte, Bauteile, ..) vernachlässigt werden, ist dies aber an Hand von Zahlenwerten zu begründen.

Zur übersichtlichen Gestaltung einer Ausarbeitung ist eine Gliederung erforderlich. Die folgende Gliederung zählt alle notwendigen Bestandteile einer Ausarbeitung auf. Sie ist in dieser Form für die meisten Versuche anwendbar, jedoch sind auch alternative Formen möglich.

Thema

Namen, Datum, Arbeitsplatzbezeichnung

Aufgaben

Theoretische Grundlagen

Kurze eigene Darstellung der theoretischen Grundlagen unter Berücksichtigung der besonderen Bedingungen und der Meßmethode. Angabe sämtlicher benötigter Gleichungen. Die Darstellung sollte auf den Versuch bezogen und nicht zu allgemein sein. Nicht erforderlich sind lehrbuchartige Ausführungen und Herleitungen von Formeln. Literaturhinweise allein andererseits, z. B. auf die Skripte, sind nicht ausreichend.

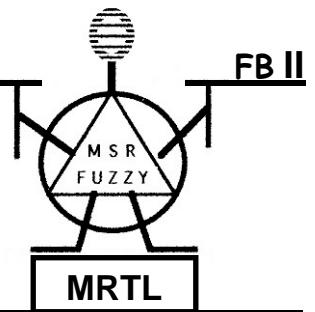
Auswertung

Angabe wichtiger Zwischenergebnisse mit Fehlern und zugehöriger grafischer Darstellungen. Zahlenwertgleichungen brauchen nicht protokolliert werden. Sie machen eine Ausarbeitung nur unübersichtlich. Wichtige Bestandteile der Ausarbeitung sind grafische Darstellungen. Sie müssen mit Netzpapier oder elektronisch auf einem PC skaliert angefertigt werden und mit einer ausreichenden Legende (was ist dargestellt) und den ausgewerteten Ergebnissen (Parameter der Funktion) zu versehen. Grafische Darstellungen sind integrale Bestandteile der Auswertung und müssen an die zugehörigen Stellen platziert werden. Die Fehlerrechnung soll in die Auswertung integriert werden, d. h. jeder berechnete Wert gleich zusammen mit seinem Fehler angegeben werden. Nützlich sind kurze Anmerkungen zur Herkunft der Fehler, insbesondere wenn von rein formalen Betrachtungen zur Fehlerfortpflanzung abgewichen wird (häufig bei grafischen Darstellungen)

Zusammenfassung und Diskussion (Fehlerkritik)

Angabe der Endergebnisse mit den Fehlern (mehrere, nach der gleichen Methode gemessenen Werte für dieselbe Größe müssen zu einem Mittelwert zusammengefaßt werden. Vergleich der Ergebnisse untereinander bzw. mit bekannten Literaturwerten. Fehlerkritik und Diskussion der Ergebnisse.

Literatur: Ebel, H. F.; Bliefert, C.; Schreiben und Publizieren in den Naturwissenschaften,
Verlag Wiley-VCC

**Infoblatt 1****Fehlerrechnung / Fehlerbetrachtung in Praktikum****Fehlerrechnung / Fehlerbetrachtung**

Grundsätzlich besitzt jedes reale Meßgerät auch bei einwandfreiem Betrieb Mängel und Unzulänglichkeiten. Man kann nicht erwarten, mit diesen Meßgeräten die wahren Werte der zu messenden Größen zu erhalten. Auch die im Praktikum aufgebauten Schaltungen (Übertrager) sind nicht fehlerfrei, d.h. die zu realisierenden Beiwerte können aufgrund der unterschiedlichen und z.T. auch recht großen Bauteiltoleranzen nicht genau umgesetzt werden. Die auftretenden Toleranzen werden als Fehler oder Abweichungen bezeichnet.

Sollen Werte miteinander verglichen werden, so ist die Kenntnis dieser Toleranzen erforderlich, um zwischen *richtig* und *falsch* oder *gleich* und *ungleich* unterscheiden zu können. Zwei Werte sind gleich, wenn die durch Meßwert und Fehler gegebenen Ergebnisintervalle ganz oder teilweise überlappen. Da eine Aussage immer aus dem Vergleich von Werten folgt, sind Aussagen ohne die Kenntnis der Fehler nicht möglich.

Bei den Praktikumsversuchen ist folgender Sachverhalt zu beachten:

Aufgrund der geringen Anzahl der Messungen ist eine statistische Auswertung nicht sinnvoll und da die Fehler der verwendeten Messgeräte/Messmethoden auch nicht immer bekannt sind, wird hier davon ausgegangen, daß alleine die Bauteilefehler der Schaltung Einzug in die Fehlerrechnung finden. Die Fragestellung der Fehlerbetrachtung ist dann, ob der ermittelte (gemessene, hinreichend genaue) Wert innerhalb des Toleranzbereiches der Beiwerte liegt, der durch die verwendeten Bauteile bestimmt wird.

Fehlerbegriffe:

Wahrer Wert (nicht bekannt) a_0

Ablesewert (berechneter, zu realisierender Wert) a

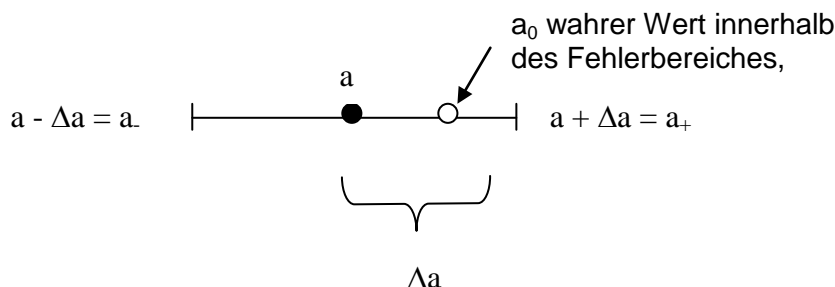
Absoluter Fehler (Fehlerbreite) Δa (Einheit)

Relativer Fehler $\delta a = \frac{\Delta a}{a}$ (Einheit 1 oder in %)

Meßwert (berechnetes Ergebnis) $a \pm \Delta a$ mit $(a - \Delta a) \leq a_0 \leq (a + \Delta a)$ symmetrisch um Wert a

$a + \Delta a = a_+$, obere Schranke, maximaler möglicher Wert

$a - \Delta a = a_-$, untere Schranke, minimaler möglicher Wert



Grundsätzlich wird bei einer Fehlerbetrachtung vorausgesetzt, daß der gemessene oder berechnete Wert in der Nähe des wahren unbekanntes Wertes (also fast gleich) liegt, d. h. es gilt:

$$\frac{a - a_0}{a} = 1 - \frac{a_0}{a} \ll 1$$

Absoluter und relativer Fehler sind grundsätzlich gleichwertige Angaben. In Ergebnissen sollte man zum besseren direkten Vergleich den absoluten Fehler bevorzugen. Beispiele für beide Fehlerangaben:

$$K_J = (2,17 \pm 0,06) \text{ s}^{-1} \text{ oder } K_J = 2,17 \text{ s}^{-1} \pm 3\%$$

Auch die Fehlerbestimmung ist unzulänglich. Die Ansprüche an die Genauigkeit sind jedoch sehr viel geringer als beim Meßwert selbst. Die Fehlerbestimmung kann und soll nur eine Abschätzung sein. Im Praktikum soll jede Fehlerangabe nur auf eine sinnvolle Stelle genau berechnet und angegeben werden. (Tabellenberechnungsprogramme!). in der Regel reichen 2-3 Nachkommastellen aus. Erhält man rechnerisch mehrstellige Angaben, so sind diese immer aufzurunden.

Beispiel: $\Delta K_J = 0,002 \text{ s}^{-1}$ und nicht $\Delta K_J = 0,0013 \text{ s}^{-1}$.

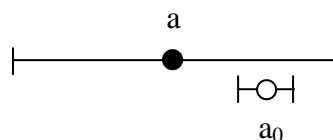
Die stellenmäßigen Genauigkeiten von Ergebnissen und Fehlern müssen übereinstimmen. Beide folgenden Einstellungen sind falsch:

$$K_J = (0,12345 \pm 0,0027 \text{ s}^{-1}) \text{ bzw. } K_J = (0,12 \pm 0,002 \text{ s}^{-1})$$

Die erste Angabe ist unsinnig, die zweite Angabe unvollständig. Nur führende Nullen dürfen weggelassen werden.

Eine Fehlerabschätzung ist immer möglich. Die Argumentation, ein Wert (Wert eines Bauteils) oder ein Messwert sei so genau oder ungenau, daß eine Fehlerabschätzung nicht möglich sei, ist unlogisch.

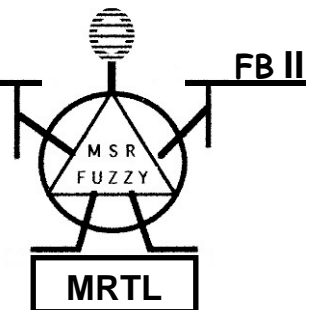
Tatsächlich sind natürlich auch die im Praktikum ermittelten Messwerte fehlerbehaftet und müssten in der grafischen Darstellung mit einem Fehlerbalken versehen werden, so daß der ermittelte (gemessene, wahre) Wert a_0 für den Beiwert real auch kein Punkt ist sondern wie der realisierte Beiwert a auch einen Fehlerbalken besitzt. Die Realisierung und Messung sind dann umso besser / genauer, je kleiner diese Balken sind und je mehr sie überlappen:



a : zu realisierender Wert

a_0 : gemessener Wert

Aufgrund der oben genannten Gründe wird aber auf eine Fehlerrechnung zu den Messwerten verzichtet und diese werden hier als hinreichend genau angenommen.

**Infoblatt 2****Fehlerrechnung Allgemein**

Folgende vier Punkte sind Hauptbestandteile einer allgemeinen Fehlerrechnung.

1. Allgemeine statistische Auswertung einer Meßreihe mit i Messwerten

Es wird davon ausgegangen, daß die Streuung der Meßwerte einer *Gaußverteilung* folgt. Der einzelne Wert ist x_i , der Fehler des einzelnen Wertes ist die mittlere Abweichung oder Standardabweichung s . Als Ergebnis der Meßreihe wird der Mittelwert \bar{x} angegeben (wahrscheinlicher Wert). Der Fehler des Mittelwertes ist der mittlere Fehler des Mittelwertes oder Standardfehler \bar{m} .

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x}_i)^2}{n-1}} \quad \bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad \bar{m} = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x}_i)^2}{n \cdot (n-1)}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

2. Meßfehler einmaliger gemessener Werte

In den überwiegenden Fällen lassen sich die Meßfehler nach einen der beiden folgenden Kriterien abschätzen:

Gerätefehler: Am Meßgerät angegebene Fehlerangabe, z. B. Güteklasse bei Meßgeräten der Strom- und Spannungsmessung, digitale oder analoge Messgeräte

Ablesefehler: Ist kein Gerätefehler angegeben, so muß ein Fehler aus der Ablesegenauigkeit abgeschätzt werden z. B. Skaleneinteilungen an Instrumenten oder Auflösung bei Bildschirmen

Zeigt eine Meßgröße eine deutliche statistische Streuung, so muß erwogen werden, ob eine Meßreihe erforderlich ist (Verfahren nach 1)

3. Allgemeines Fehlerfortpflanzungsgesetz zur Auswertung rechnerischer Ausdrücke**A.) Maximal möglicher Fehler der zu berechnenden Größe mit i Messwerten**

Es stehen dafür zwei gleichwertige Berechnungsmethoden zur Verfügung

I.) Es soll eine Größe f mittels x_i unabhängigen Meßwerten bestimmt werden, wenn ein mathematischer Ausdruck $f = f(x_1, x_2, \dots, x_i)$ vorliegt und die absoluten Fehler der Meßwerte (Gerätefehler oder Ablesefehler) bekannt sind oder abgeschätzt werden können. Der maximale absolute Fehler von f kann dann als das totale Differential der Größe f angesehen werden.

$$df(x_1, x_2, \dots, x_i) = \left| \frac{\partial f}{\partial x_1} \right| \cdot dx_1 + \left| \frac{\partial f}{\partial x_2} \right| \cdot dx_2 + \dots + \left| \frac{\partial f}{\partial x_i} \right| \cdot dx_i$$

II.) Bei komplizierten algebraischen Ausdrücken für $f = f(x_i)$ ist es manchmal einfacher, den absoluten Fehler für f aus den oberen und unteren Schranken der x_i Meßwerten zu ermitteln. Dann gilt für den absoluten Fehler $df = f_+ - f_-$.

Die obere Schranke f_+ wird aus den oberen Schranken der x_i Meßwerten im Zähler und unteren Schranken der x_i Meßwerten im Nenner des Ausdruckes $f = f(x_i)$ gebildet. Analog wird die untere Schranke f_- wird aus den unteren Schranken der x_i Meßwerten im Zähler und oberen Schranken der x_i Meßwerten im Nenner des Ausdruckes $f = f(x_i)$ gebildet. (Siehe Beispiel)

B.) Mittlerer (wahrscheinlicher) Fehler der zu berechnenden Größe

Der unter **A** berechnete Fehler ist der maximal mögliche Fehler, es ist immer sichergestellt, daß der wahre Wert innerhalb des Fehlerbereiches liegt. Diese Betrachtungsweise ist in der Praxis eigentlich zu grob. Selten treten immer die maximal möglichen Fehler der Meßwerte x_i ein und selten immer in die gleiche Richtung. Manchmal kompensieren sich auch einzelne Meßwerte. Das bedeutet, der tatsächliche Fehler ist kleiner als unter **A** ermittelt.

Den allgemeinen Ansatz zur Bestimmung des mittlerer (wahrscheinlicher) Fehlers einer Größe $f = f(x_1, x_2, \dots, x_i)$ von unabhängigen Meßwerten mit bekannten Fehlern dx_i ist das Gaußsche Fehlerfortpflanzungsgesetz

$$df(x_1, x_2, \dots, x_i) = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)^2 \cdot dx_1^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2}\right)^2 \cdot dx_2^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_i}\right)^2 \cdot dx_i^2}$$

4. Fehler bei grafischen Darstellungen

In grafischen Darstellungen sind einige (zwei bis drei) Meßpunkte repräsentativ mit ihren Fehlerbalken zu versehen. Bei der Auswertung eines linearen Zusammenhanges muß neben der Ausgleichsgeraden eine Grenzgerade berücksichtigt werden, die quantitativ den Grenzfall des möglichen Zusammenhanges darstellt. Es genügt, eine der beiden Grenzgeraden zu betrachten. Die Lage der Grenzgeraden soll in erster Linie an der Streuung der Meßpunkte orientiert werden. Bei starker Streuung kann die Grenzgerade zeichnerisch in die Darstellung eingetragen werden. Bei geringerer Streuung kann der Grenzanstieg durch eine rechnerische Abschätzung am Anstiegsquotienten ermittelt werden. Bei sehr großer Meßgenauigkeit ist die Zeichengenauigkeit bei der Fehlerabschätzung zu berücksichtigen. Das Fehlerintervall des Achsenabschnittes kann direkt durch die Grenzgerade abgeschätzt werden.

