

Messtechnik

Stefan Mahlitz
Dozent: Hr. Greiff

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	3
1.1 Entwicklung der Messtechnik	3
1.2 Begriffe, Grundlagen der Messtechnik	4
Definition (DIN 1319).....	4
2 Messfehler	5
2.1 Fehlerarten	5
2.1.1 Definitionen	5
2.1.2 Fehlersystematik.....	5
2.2. Behandlung zufälliger Messfehler	7
2.3 Auswerten eine Messreihe	8
2.4 Fehlerangaben bei Messgeräten.....	8
3 Kenngrößen von Strom und Spannung.....	8
3.1 Mittelwerte periodischer Spannungen und Ströme	9

1. Einführung

1.1 Entwicklung der Messtechnik

Am Anfang	Vergleichsmaße zum menschlichen Körper (Elle, Spanne, Fuß)
Wachsender Warenaustausch über größere Entfernungen	Messungen mit festgelegten einheitlichen Maßeinheiten war Grundvoraussetzung für weiteren Fortschritt
Heute	International gültige SI – Einheiten sind gesetzlich festgelegt
10.000 v.u.Z.	Schattennadel zur Zeitmessung
5.000 v.u.Z.	Zahlensystem in Ägypten
300 v.u.Z.	Sonnenuhren in Rom, Wasseruhren
700	Wasseruhren in Europa
1600	Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit
1800	Ur- Meter in Paris
1875	Internationale Meterkonvention
1900	Messung nichtelektrischer Größen mit elektrischen Mitteln
1920	Elektronische Mess-Schaltungen
1960	Internationales Einheitensystem (SI)
1968	Atomistische Zeitdefinition
1983	Meterdefinition über Lichtwellenausbreitung
1990	Ohm über Quanteneffekte definiert

Trend in Messtechnik:

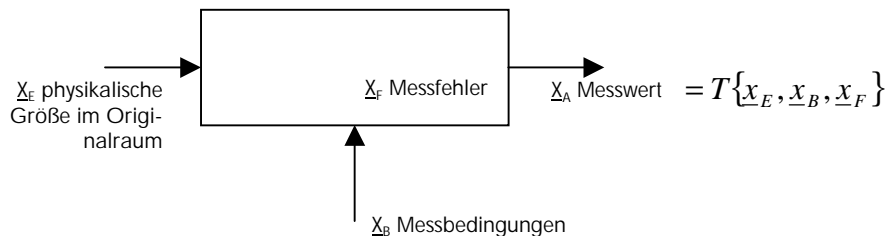
Übergang von verlierbaren zu natürlichen Einheiten

Ablösen von willkürlichen durch Maßverkörperung definierte Einheiten durch natürliche (atomistische) Größen.

Die Mess- und Prüftechnik spielt für Wissenschaft und Technik heute eine hervorragende Rolle. Der Entwicklungsstand und die Qualität von Erzeugnissen der industriellen Produktion hängen maßgeblich vom Einsatz moderner Meßmittel ab.

1.2 Begriffe, Grundlagen der Messtechnik

- Messprozeß ist Transformationsoperation



- Prüfen
 - Feststellen, inwieweit Prüfgegenstand festgelegte Forderungen erfüllt
 - Nicht maßliches Prüfen
 - Maßliches Prüfen (Messen, Lehren)
- Messen
 - Ausführen von geplanten theoretischen und praktischen Tätigkeiten zum (quantitativen) Vergleich einer Meßgröße mit einer Einheit. Endet im allgemeinen mit Angabe eines Wertes X.

$$x = \underbrace{\dots\{x\}}_{\text{Messwert}} \underbrace{[\pm \dots\{e\}]}_{\text{Messfehler(Unsicherheit)}} \quad (\dots)_{\text{Messbedingungen}}$$

Beim Messen achten auf:

- Richtigkeit: Messfehler, Wahl angepaßter Verf. und Strategien
- Vergleichbarkeit: Einheiten, Normale, Standardisierung (DIN 1319)
- Automatisierbarkeit: Messwertverarbeitung, Strategien, Verfahrensauswahl
- Interface
 - In modernen Messgeräten wird die Transformation $T\{\dots\}$ überwiegend elektronisch (hardwaremäßig) realisiert
 - Aus gewonnen Messpunkten wird interessierende Größe oft softwaremäßig bestimmt
 - In beiden Fällen ist mit \underline{x}_B Bedingungsvektor, mit \underline{x}_F Fehlervektor festgelegt
 - Transformation wird häufig in mehreren Schritten ausgeführt → Messgeräte müssen eine eindeutige Abbildung der Messgröße realisieren
 - Ergebnis einer Messung/Prüfung wird oft durch Bewertungen wie z.B.: „größer/kleiner“, „gut/schlecht“ oder „go no go“ dargestellt
 - In messtechnischer Praxis Abbildung der Meßgröße \underline{x}_E auf \underline{x}_A muß bestimmten Anforderungen genügen
 - Analog/Analog – Größenwandlung im fehlerfreien Fall kein Informationsverlust, bei Digitalisierung Informationsverlust

Definition (DIN 1319)

Messgröße:	zu messende Größe
Messwert	angezeigter Wert, Zahl + Einheit + Fehler + Messbedingung
Messergebnis	berechnet auf Messwerten
Kalibrieren	Feststellen Zusammenhang zw. Messgröße und angezeigtem Wert
Eichen	amtlich beglaubigtes Kalibrieren

2 Messfehler

2.1 Fehlerarten

2.1.1 Definitionen

jeder Messwert und damit jedes Messergebnis ist mit Unsicherheit (Messfehler) behaftet
 absoluter Messfehler:

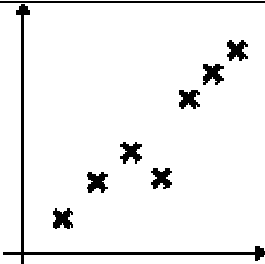
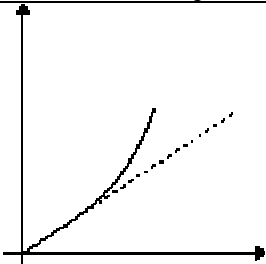
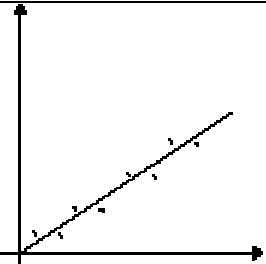
$$e_x = x - x_w$$

relativer Messfehler (in Prozent):

$$F_x = \frac{e_x}{x}$$

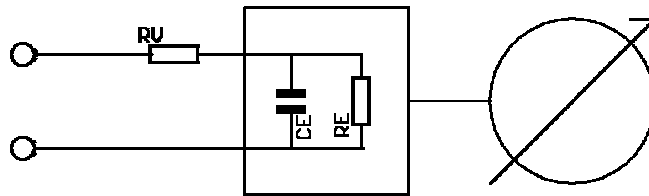
x: Messwert (Istwert)
 x_w: wahrer Wert (Sollwert)

2.1.2 Fehlersystematik

Arten	Grobe Messfehler	Systematische Messfehler	Zufällige Messfehler
Ursache/- Charakterisierung	„Ausreisser“ z.B.: durch Unachtsamkeit leicht erkennbar & grundsätzlich vermeidbar	Prinzipbedingte Messfehler z.B.: unvollkommene Modellbildung Prinzipiell bestimmbar, berechenbar & korrigierbar	Zeitlich und räumlich zufälliges Auftreten von Fehlerursachen z.B.: Rauschen
Behandlung	Korrektur durch Ausschneiden aus Messreihe	Bei Messungen unter Wiederholbedingungen nicht erkennbar a) in Praxis bestimmbar → Korrektur b) in Praxis nicht bestimmbar: → „Messunsicherheit“ wie zufälliger Fehler	Bei Messungen unter Wiederholbedingungen erkennbar Nicht einzeln korrigierbar → Mittelwerte, Streuung, statistische Sicherheit, Fehlerstatistik
Beispiel		 $x_a = \left(1 + \frac{X_e}{a}\right)^2 - 1$ $\dots x_a = 2 \frac{X_e}{a}$ a = messgerätspezifische Konstante	

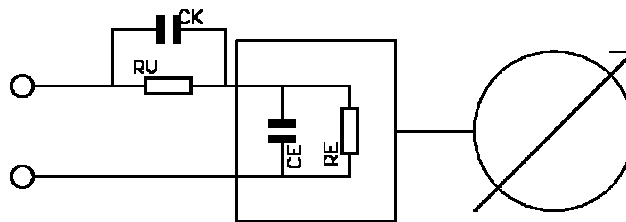
Weitere systematische Fehlerursachen:

Kapazitiver Nebenschluss



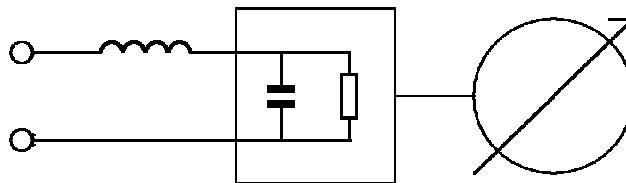
unkompensiert

$$f_0(3dB) = \frac{1}{2\pi R_e C_e} \text{ Grenzfrequenz}$$

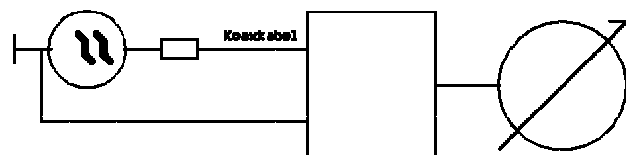
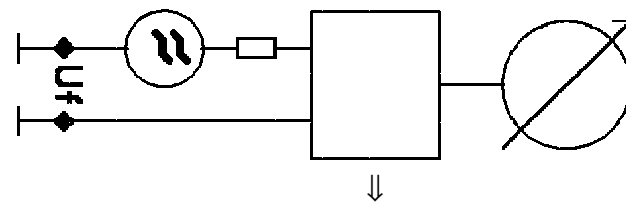


$$C_k = \frac{C_e R_e}{R_v}$$

Leitungsinduktivität



Erdschleifen



2.2. Behandlung zufälliger Messfehler

zufällige Fehler schwanken von Messung zu Messung, sie sind nur mit statistischen Methoden (Aufnahme von Messreihen) behandelbar

Voraussetzung ist, dass die Messung wiederholbar ist, das heißt die Messbedingungen verändern sich nicht.

Erwartungswert:

$$E[x] = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i)$$

Mittelwert:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

Varianz (Maß für Streuung der Messwerte):

$$D^2[x] = \delta^2 = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - E[x])^2$$

δ : Standardabweichung

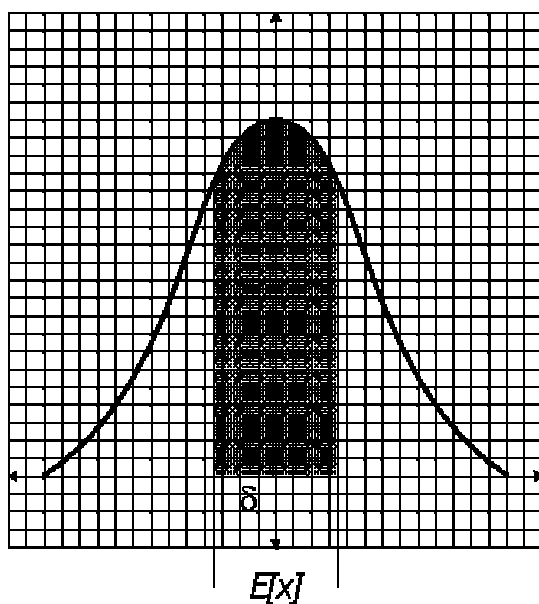
empirische Standardabweichung:

$$S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

Messergebnis:

$$x_W = \bar{x} \pm E_{fx}$$

E_{fx} : mittlerer zufälliger Fehler



δ : $\pm 68,9\%$
 2δ : $\pm 95,5\%$
 3δ : $\pm 99,7\%$

2.3 Auswerten eine Messreihe

1. Aussortieren von Ausreißern (grober Messfehler)
2. Korrektur der systematischen Messfehler
3. Behandlung zufälliger Fehler

Mittelwert:

$$S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$$

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

2.4 Fehlerangaben bei Messgeräten

Hersteller gibt Garantiefehlergrenzen bezogen auf Messbereichsendwert an

$$G = \frac{F}{X_E} \cdot 100\%$$

F: Absoluter Fehler

X_E : Messbereichsendwert

Maximaler relativer Fehler:

$$f = \frac{F}{X} = \frac{X_E}{X} \cdot \frac{G}{100\%}$$

Klasseneinteilung von Messgeräten (VDE 0410)

Feinmessgeräte: 0,05-0,5 (0,05;0,1;0,2;0,5)

Betriebsmessgeräte: 1-5 (1;1,5;2,5;5)

3 Kenngrößen von Strom und Spannung

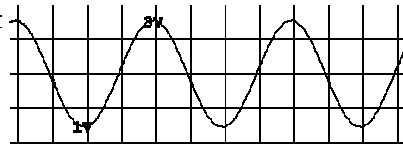
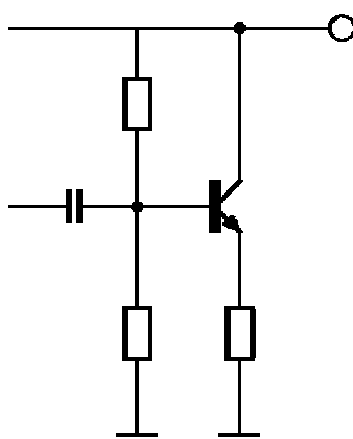
3 Angaben wichtig:


1. Wert
 2. Zeitverhalten
 3. Kurvenform
- Gleichspannung /-strom
1, 2, 3 sind konstant
 - Impulsspannung /-strom
Nadel-, Rechteck- und andere Impulse
Kann periodisch und nichtperiodisch sein
 - Sinusspannung /-strom


$$\varphi = \frac{2\Pi}{T} \cdot t = \omega t$$

$$U = \hat{U} \sin(\omega t + \varphi_0)$$

3.1 Mittelwerte periodischer Spannungen und Ströme




 Drehspul-
 messwert
 UA=2V


 Drehspul-
 messwert
 mit Gleich-
 richter
 50Hz-
 20kHz
 UA=0,707V


 Dreheisen-
 messwert
 UA=2,12V