FRANKFURT UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

# Elektrische Messtechnik

## Vorlesung 2

Prof. Dr. Peter Weber

Wintersemester 2024/25

Im Studiengang Elektro- und Informationstechnik (B.Eng.)

# Spielregeln in der Präsenz-Vorlesung

- Ihre Fragen und Anmerkungen gehen vor - Unterbrechen Sie mich gerne, wenn ich Ihre Meldung übersehen sollte
- Keine „Side Meetings“ in der Vorlesung - Paralleldiskussionen zu zweit verbreiten zu viel Unruhe
  - ➔ Fragen, Ideen oder Anmerkungen bitte immer in die große Runde – keine Hemmungen
  - ➔ Es gibt keine dummen Fragen - Niemand wird für eine Wortmeldung „augebuht“!
- Pünktlich erscheinen - Später hereintröpfelnde Teilnehmer verbreiten zu viel Unruhe
- Verlassen der Vorlesung bitte nur zur Pause oder zum Ende (logischerweise ausgenommen Toilettengänge)
- Am Ende der Vorlesung den letzten Satz vor dem Aufstehen abwarten.
- Telefone auf „leise“
- Ich wünsche mir immer Ihr Feedback – sofort in der Vorlesung oder gerne auch z.B. per mail

# Organisation

**Vorlesung:**

Donnerstag 08:15 h bis 11:30 h Raum: 8-105

Start 21.10.2024 - Ende 12.02.2025

**Labor (Herr Michalik):**

Montag 11:45 h bis 15:45 h Raum: 8-205

Terminorganisation bei Herrn Michalik

**CampUAS – Vorlesung (P. Weber):**

https://campuas.frankfurt-university.de/course/view.php?id=4525

Weber: Elektrische Messtechnik - WS 24/25

Enrollment Key: alessandrovolta

**CampUAS – Labor (R. Michalik):**

https://campuas.frankfurt-university.de/course/view.php?id=4433

Michalik: Labor Elektrische Messtechnik - WiSe 24

Enrollment Key: MT-LAB-WS24

**Bitte unbedingt in beiden Kursen einschreiben (auch bei Herrn Michalik).**

**Sie verpassen sonst wichtige Infos bzw. werden bei der Laborterminvergabe nicht berücksichtigt**

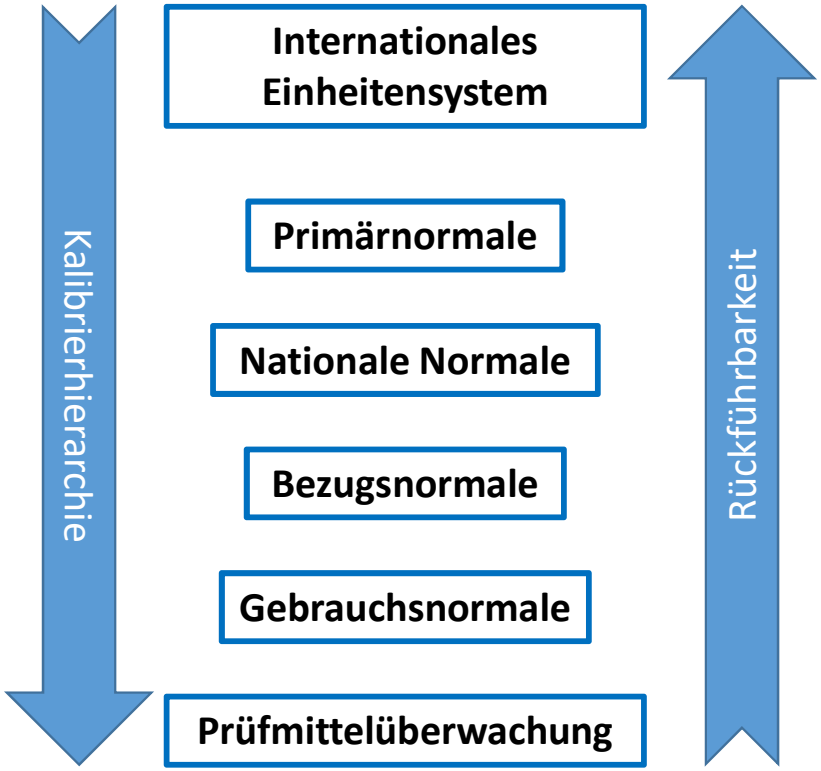
# Rückführbarkeit von Maßstäben

**Physikalisch Technische Bundesanstalt (PTB):**
- Zentrale Organisation in Deutschland
- Sicherstellung einheitlicher Messstandards

**Eichen (**Hoheitliche Aufgabe)
- Darf nur von öffentlichen bzw. benannten Stellen durchgeführt werden
- Überall da, wo das öffentliche Interesse an der Messung hängt, z.B.
  - Handel
  - Verbraucherschutz
  - Medizin

**Kalibrieren (z.B. durch staatlich akkreditierte K.-Labore):**
- Messprozess zur Feststellung der Abweichung eines Messgerätes oder einer Maßverkörperung gegenüber einem anderen Gerät oder einer anderen Maßverkörperung (Normal)

**Justieren (durch den Anwender):**
- Einstellen oder Abgleichen eines Messgerätes, um systematische Abweichungen so weit zu beseitigen, wie es für die vorgesehene Anwendung erforderlich ist.



# Begriffe um das Messergebnis

| | |
|---|---|
| **Messergebnis** | Aus den Messungen gewonnener Schätzwert für den wahren Wert einer Messgröße |
| **Wahrer Wert** | Der wahren Wert einer Messgröße ist eine unbekannte Größe, die man nur mit einer gewissen Messunsicherheit bestimmen kann. |
| **Mess-unsicherheit** | Bereich, innerhalb dessen der wahre Wert der Messgröße mit einer anzugebenden Wahrschein-lichkeit liegt (unterscheide: Messabweichung) |
| **Mess-abweichung** | Differenz zwischen einem Messwert und einem Referenzwert |
| **Referenzwert** | Sehr genau bekannter Messwert einer Messgröße (z.B. mit einem hochgenauen Messgerät bestimmt) |

# Begriffe um das Mess-Equipment

| | |
|---|---|
| **Messgerät** | **Gerät zur Bestimmung von Messgrößen (auch: Messmittel)** |
| **Messprinzip** | **Beschreibung der ausgenutzten physikalischen Zusammenhänge** |
| **Messmethode** | **Spezielle, vom Messprinzip unabhängige Art des Vorgehens bei der Messung** |

**Zum Beispiel Thermometer: Wärmeausdehnung**

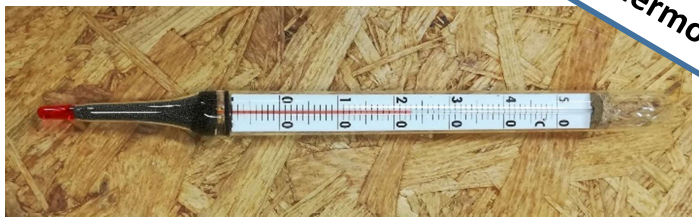
**Zum Beispiel: Digital, analog, per Nullabgleich, per Differenzmessung**

# Begriffe um das Messverfahren

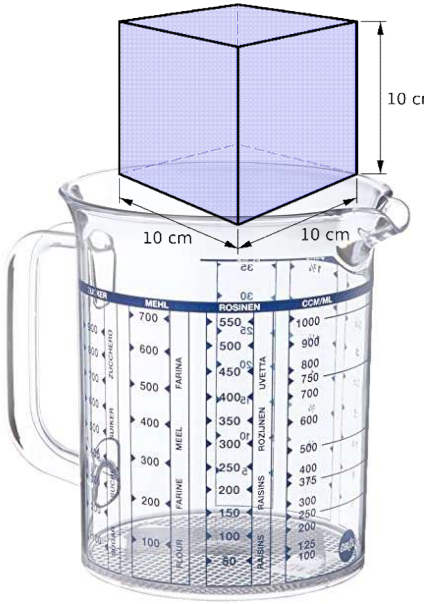
| | |
|---|---|
| **Messverfahren** | **Praktische Anwendung eines Messprinzips und einer Messmethode** |
| **Direktes Messverfahren** | **Messwert einer Messgröße wird durch unmittelbaren Vergleich mit einem Bezugswert derselben Messgröße gewonnen** |
| **Indirektes Messverfahren** | **Messwert einer Messgröße wird über eine andere physikalische Größe indirekt ermittelt** |

**Zum Beispiel: Längenmessung, Wiegen**

**Zum Beispiel: Flüssigkeitsthermometer**



# Begriffe - Illustriert




Messen heißt vergleichen

Eine (physikalische) Größe wird als Vielfaches oder Bruchteil einer Vergleichsgröße angegeben.

Messen quantifiziert eine Eigenschaft eines physikalischen Objektes (= in Zahlen darstellen)

Maßzahl 12 Maßeinheit Fuß

Messen - Direkt oder indirekt

Beispiel Lufttemperatur – Messprinzip:

➔Wärmeübertragung

➔Wärmeausdehnung

➔Längenänderung

# Begriffe um das Messergebnis

| | |
|---|---|
| **Auflösung (Ablesegenauigkeit)** | **Kleinster Abstand zweier gemessener Größen, bei dem die beiden Größen vom Messsystem noch unterschieden werden können** |
| **Skalen- (teilungs) wert** | **Differenz der Messgrößen zweier benachbarter Skalenstriche** |
| **Genauigkeit (Accuracy)** | **Präzision (precision) = Wiederholgenauigkeit**<br>**Richtigkeit (trueness) = Systematische Abweichung** |

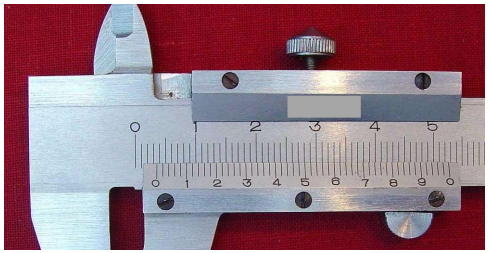
**Bei einer Skala in der Regel: ½ des Skalenteilungswertes**

# Kleine Übung

Von Simon A. Eugster - Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0,
https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=7892806

**Auflösung: 0,5 mm**

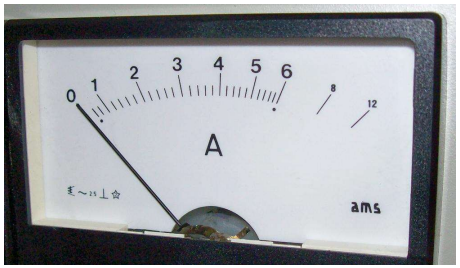
**Skalenwert: 1 mm**



Von I, ArtMechanic, CC BY-SA 3.0,
https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=204558

**Auflösung: 0,02 mm**

**Skalenwert: 0,02 mm**




Von Ulfbastel - Eigenes Werk, Gemeinfrei,
https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=2880165

**Auflösung: 0,1 A**

**Skalenwert: 0,2 A**

Von Photograph taken by Glenn McKechnie - Eigenes Werk, CC BY-SA 2.0,
https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=511799

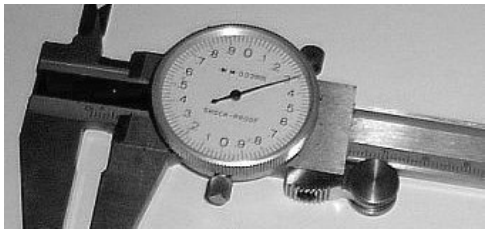
**Auflösung: 0,001 mm**

**Skalenwert: 0,001 mm**

Von Saure - Selbst fotografiert, CC BY-SA 3.0,
https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9691280

**Auflösung: 0,01 V**

**Skalenwert: 0,5 V**



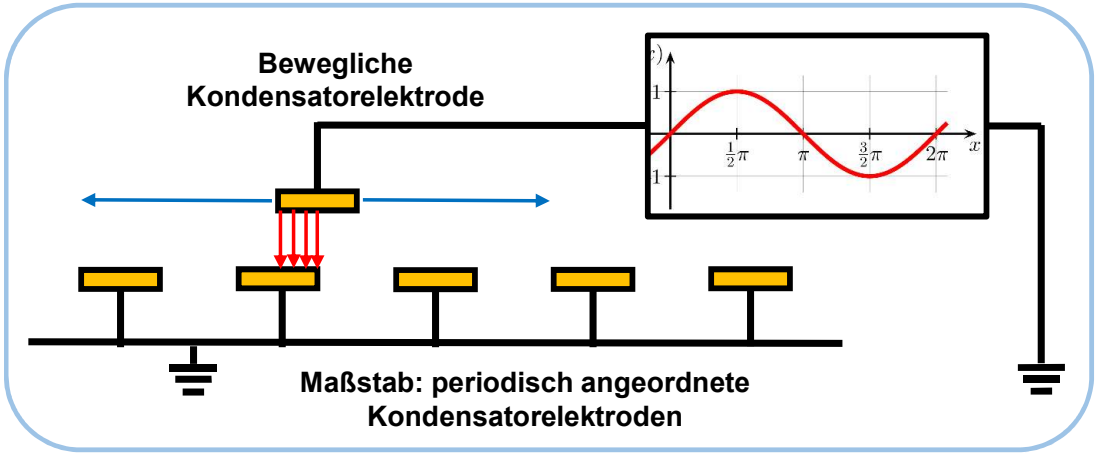
**Auflösung: 0,01 mm**

**Skalenwert: 0,02 mm**

# Digitaler Messschieber

**Zum Beispiel Messschieber der Firma Mitutoyo:**

- Kapazitives Auslesen eines Vergleichsmaßstabes
- Die obere Kondensatorelektrode bewegt sich relativ zum periodischen Maßstab.
- Die Elektronik zählt die Durchgänge des Sinus-Signals.
- Dann ist die Periode der Struktur (unten) des Maßstabs ausschlaggebend für die Anzeigegenauigkeit.
- Wird die bewegliche Kondensatorelektrode (oben) mit einer „nonius-artigen“ Struktur versehen, erhöht sich die Genauigkeit enstsprechend

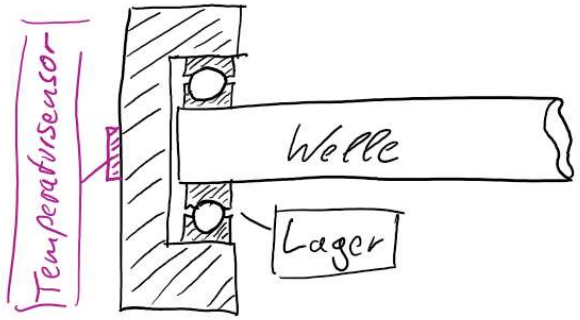


# Messabweichungen

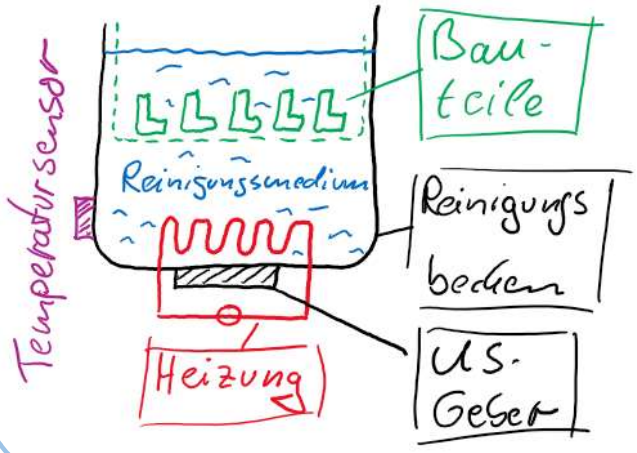
**Arten von Messabweichungen**

- **Zu vereinfachtes Modell** des zu messenden Systems
- **Innere Störgrößen**, z.B. Alterung von Teilen des Messsystems
- **Äußere Störgrößen**, z.B. Veränderliche Klimaeinflüsse
- **Rückwirkung**, z. B. Wärmeeintrag durch einen Temperatursensor
- **Einflüsse des Bedieners**, z.B. ungenaue Ablesung, Justage
- **Dynamische Fehler**, bei schnell veränderlichen Messgrößen
- **Digitalisierung**
- Und weitere…

**Beispiel Lagertemperatur**

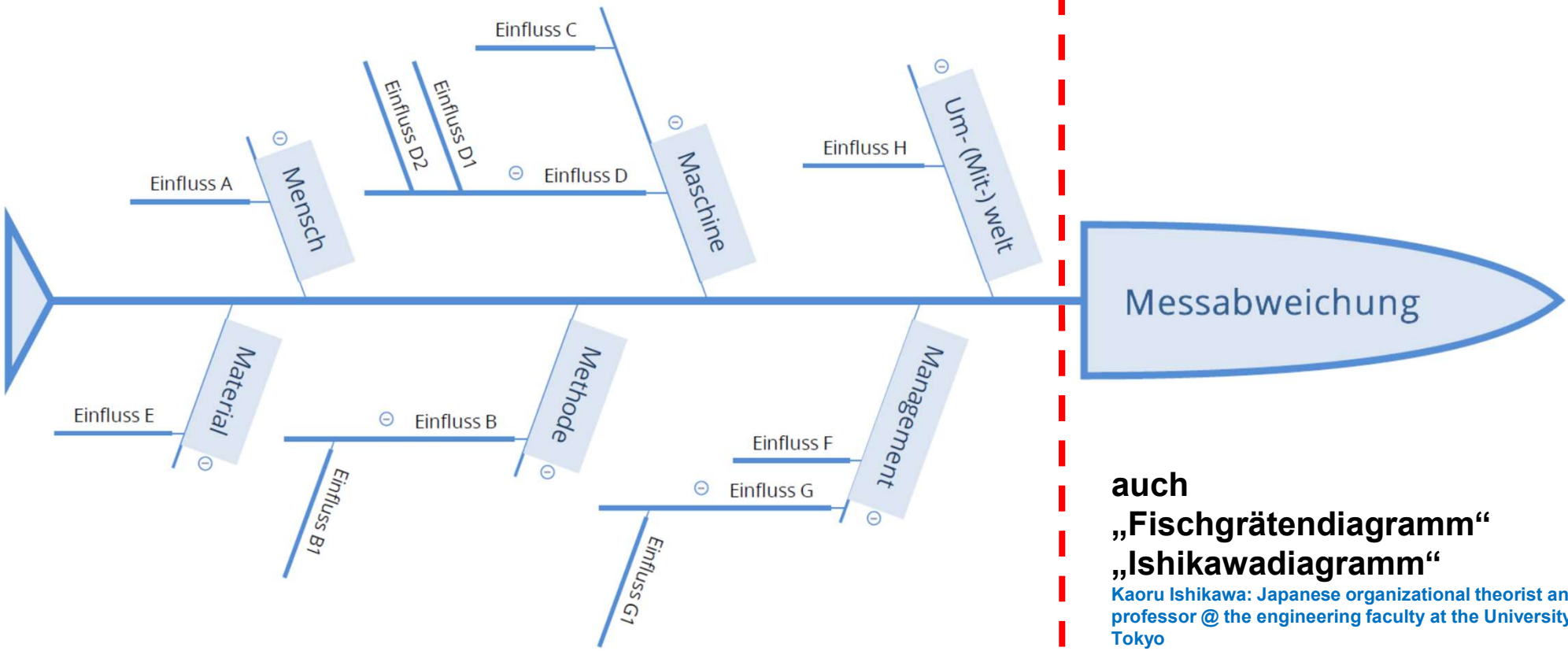



**Beispiel Reinigungsprozess**



# Ursache-Wirkung-Diagramm

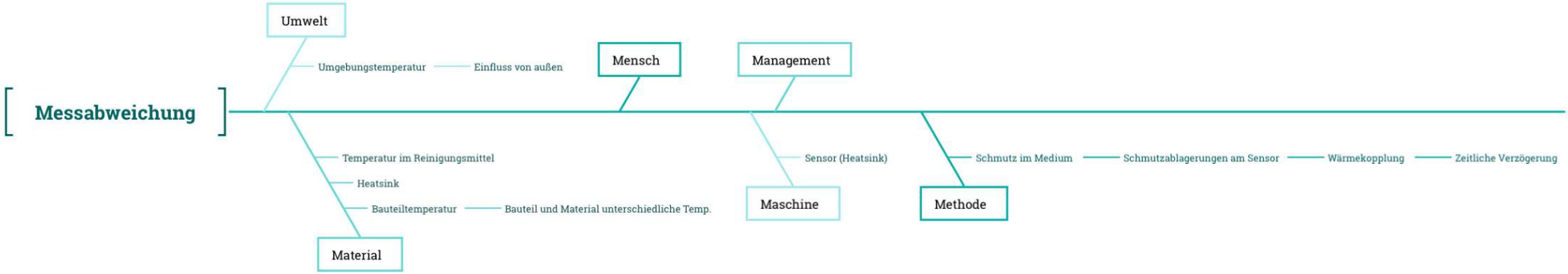
**Ursachen (bis zur „root Cause“)** → **Wirkung**




**auch**
**„Fischgrätendiagramm“**
**„Ishikawadiagramm“**

**Kaoru Ishikawa: Japanese organizational theorist and a professor @ the engineering faculty at the University of Tokyo**

# Ursache-Wirkung-Diagramm



# Messabweichungen

Man unterscheidet

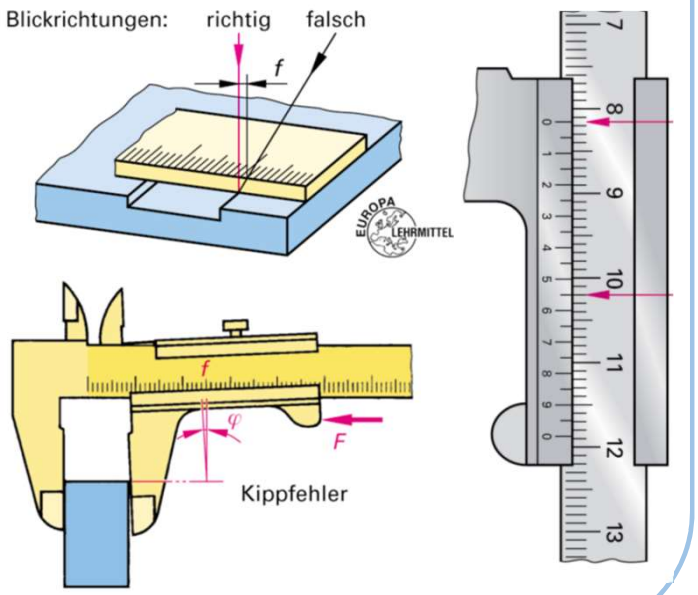
**Systematische Messabweichungen**
- Ursache und Art der Einwirkung bekannt
- Prinzipiell durch erhöhter Aufwand im Messsystem kompensierbar

**Zufällige Messabweichungen**
- Zufällig
- Überlagerung vieler unbekannte Einwirkung

**Beispiel zufälliger Messabweichungen**

Prozessmessung mit dem Messschieber im Dreischichtbetrieb:
- 40 verschiedene MA
- Alle machen unterschiedliche kleine systematische Fehler
- Die resultierenden Abweichungen sind zufällig

**Beispiele systematischer Messabweichungen**



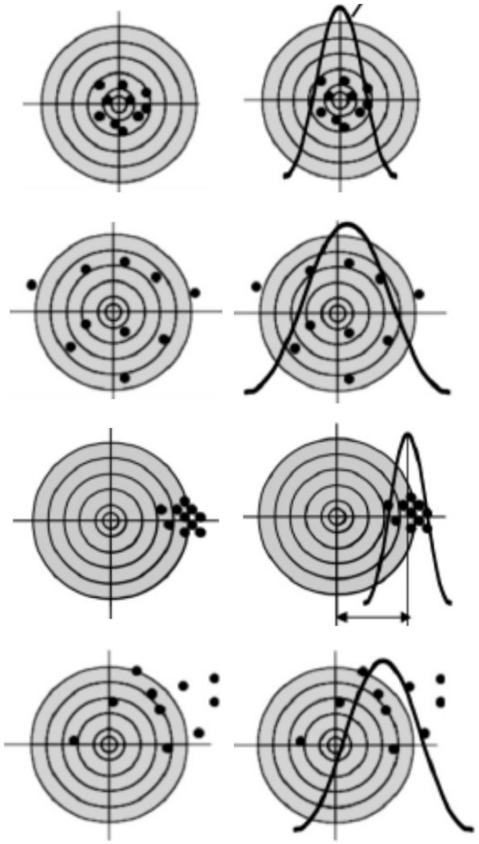
# Genauigkeit

**Hohe Präzision**
**Hohe Genauigkeit**

**Geringe Präzision**
**Hohe Genauigkeit**

**Hohe Präzision**
**Geringe Genauigkeit**

**Geringe Präzision**
**Geringe Genauigkeit**



**Zufälliger Fehler = Statistische Streuung**

**Systematische Abweichung = Offset**