

Messung im Sinne der AI - Messtechnik

Ziel einer Messung ist es,

ein Messergebnis als **verlässliche Aussage** zu erhalten über eine unbekannte Größe eines Objekts.

„Die Tätigkeiten des Messens sind überwiegend praktischer (experimenteller) Art, schließen jedoch theoretische Überlegungen, Berechnungen und Algorithmen (Programme) ein.“

Das Ergebnis der Messung ist im ersten Schritt ein Messwert, der aber eine Messabweichung enthält und von seinem wahren Wert abweicht.

Messwert = Wahrer Wert + MessAbweichung (analoges System) + MessFehler (digitales System)

Skizze: Realer Nebel → MessFühler (analoge Schaltung, digitale Formel, Algorithmus, Programm) → realer Wert

Aus dem Messwert sind bekannte systematische Abweichungen herauszurechnen. Ein *vollständiges Messergebnis* ist ein aus Messungen gewonnener Schätzwert für den wahren Wert der Messgröße mit quantitativen Aussagen zur Genauigkeit der Messung.

„Die Auswertung von Messwerten der Messgröße bis zum angestrebten Ergebnis ist Teil der Messaufgabe und wird zur Messung der Messgröße gerechnet.“

Die weitere Verwertung des Messwertes oder Messergebnisses gehört nicht zur Messung, aber zur angewandten Informatik:
z. B.

- das [Prüfen](#), ob eine Bedingung eingehalten wird,
- das [Regeln](#), damit die Messgröße sich einer Führungsgröße annähert.

Die zu messende Größe kann fast jede physikalische Größe sein. (Druck, Temperatur, Länge, Wasserstand, Leitfähigkeit ...)

Die meisten physikalischen Größen können nicht direkt gemessen werden, sondern müssen unter Verwendung [physikalischer Modelle](#) und daraus abgeleiteter Formeln aus anderen gemessenen Daten berechnet werden.

Ein Beispiel ist die **Messung der Geschwindigkeit** eines Gegenstandes durch Messung seiner Position zu zwei verschiedenen Zeitpunkten und Berechnung des Quotienten aus zurückgelegter Strecke und der benötigten Dauer.

Skizze: Zählen von Sekunden und Millisekunden → Berechnen einer Zahl (Formel, Algorithmus) → 125 km/h

Ein Messwert oder Messergebnis wird durch ein Produkt aus **Zahlenwert** und (Maß-)Einheit ausgedrückt (auch gemäß [DIN 1313](#)).

Beginnend mit der internationalen [Meterkonvention](#) von **1875** ist unter Führung der [Generalkonferenz für Maß und Gewicht](#) das [SI-Einheitensystem](#) (Système International d'Unités) entstanden.

Es umfasst sieben Basiseinheiten: [Meter](#), [Kilogramm](#), [Sekunde](#), [Ampere](#), [Kelvin](#), [Mol](#), [Candela](#), sowie abgeleitete SI-Einheiten, z. B. [Volt](#).

Außerdem gibt es allgemein anwendbare Einheiten außerhalb des SI, z. B. [Stunde](#). Die SI-Einheiten sind international vereinbarte, national gesetzlich festgelegte und in die Normung aufgenommene Werte von physikalischen Größen mit dem Zweck, dass alle anderen Werte dieser Größe als Vielfaches der Einheit anzugeben sind. (Festlegung in Deutschland im [Einheitengesetz](#) und in [DIN 1301](#)-1.)

Der µComputer kennt keine Einheiten – er kennt nur Zahlen (bit, nibble, byte, integer, word, long, single float, double float ...)

Skizze: Veranschaulichung Zahlformate → obere und untere Grenze → Bereichsüberlaufs- bzw. Unterlaufs-Fehler, Wrap around !

die einzelnen Schritte zur Messung

Zum Messen gehören:

1. Eindeutige Definition der Messaufgabe (Messproblem) und der Messgröße:

Die Aufgabe, das *Messobjekt* und die physikalische Messgröße sind festzulegen → **analoge Beschaltung**

2. Festlegung der Maßeinheit für das Ergebnis:

→ **für Algorithmus uninteressant**

Die Einheit und ihr Einheitenzeichen sind in der Regel gemäß dem SI festgelegt, wählbar sind Vorsätze für Zehnerpotenzen (ebenfalls gemäß DIN 1301-1).

Beispiel für die Länge: mm, cm, m, km.

Beispiel für die Geschwindigkeit: m/s oder außerhalb des SI km/h oder für spezielle Anwendungsbereiche Knoten (DIN 1301-2). Es gibt auch dimensionslose Größen, z. B. Winkel, Brechzahl, Anzahl, deren Werte ohne Einheit angegeben werden.

3. Zusammenstellen der Randbedingungen:

Als Randbedingungen sind z. B. Eigenschaften des Messobjektes (Werkstoff, Oberflächenbeschaffenheit) und der Umgebung (Temperatur, Schwingungen) zu beachten.

→ **analoge Beschaltung, temp. kompensiert**

4. Wahl einer Messeinrichtung oder eines Messgerätes:

Ausgehend vom Messprinzip und der *Messmethode* wird ein *Messverfahren* entwickelt, das in einer Messeinrichtung verwirklicht wird.

Vielfach steht bereits ein fertiges Messgerät für die Messaufgabe zur Verfügung, dessen Eigenschaften und Macken bekannt sein müssen.

→ **analoge / digitale Geräte + Interface !!**

5. Kalibrieren von Messeinrichtung/Messgerät:

DIN EN ISO 9000 ff fordert die Rückführbarkeit aller Messungen auf nationale [Normale](#). Dieses wird durch das Verfahren der [Messmittelüberwachung](#) gesichert.

Dazu soll ein Messgerät in regelmäßigen Abständen [kalibriert \(eingemessen\)](#) werden. Dabei ermittelt man den Messwert (Ausgangsgröße) bei einem als richtig anzusehenden Wert der Messgröße (Eingangsgröße).

Falls der Messwert nicht mit dem Wert der Messgröße innerhalb vorgegebener [Fehlergrenzen](#) übereinstimmt, ist das Gerät vorerst neu zu [justieren \(einzustellen\)](#). → **analoge Schaltungen → Drift durch Temp.schwankung oder Alterung ...**

6. Festlegung des Messablaufs:

zeitliche bzw. örtliche Abfolge der Messungen: z. B. Reihenfolge von Einzelmessungen, Wiederholungen, [Messreihe](#) unter geänderten Bedingungen;

räumliche Verteilung der Messpunkte ([Messstellen](#)), [Messprofile](#), regelmäßiger [Raster](#) usw.

→ **MessProtokoll = wichtig für Programmierung ! Schriftlich fixieren in Pflichtenheft o.ä.**

7. Durchführen der Messung und Ermitteln des [Messergebnisses](#):

Es können eine Messung oder auch mehrere unter denselben Bedingungen gewonnene Messungen derselben Größe (Vergleichs-/Wiederholmessungen) durchgeführt werden.

Dann sind [Mittelwert](#) und [Standardabweichung](#) zu berechnen. → **Mess-Software !**

Ferner können Messungen verschiedener Größen erforderlich sein, aus denen der Messwert der gesuchten Größe nach festgelegten mathematischen Beziehungen zu berechnen ist. → **Mess-Software !**

8. Berücksichtigung der Auswirkungen von Einflussgrößen:

Korrektur von systematischen Messabweichungen.

Je nach Umständen gehört hierzu auch eine Reduktion, d. h. eine Korrektur auf einheitliche Bedingungen.

→ **Mess-Software Programmierer, Zusammenarbeit mit Mess-Knechten !**

9. Ermitteln des vollständigen Messergebnisses:

Ein vollständiges Messergebnis besteht aus dem Messwert

(gegebenenfalls Mittelwert aus einer oder mehreren Messreihen oder dem berechneten Wert aufgrund anderer Messungen), ergänzt durch quantitative Aussagen zur Messunsicherheit;

als letztere dienen Fehlergrenzen, die mit den Mitteln der Fehlerrechnung oder der Fehlerfortpflanzung zu bestimmen sind.

→ **Mess-Software Programmierer ist häufig letztes Glied der Kette ...**

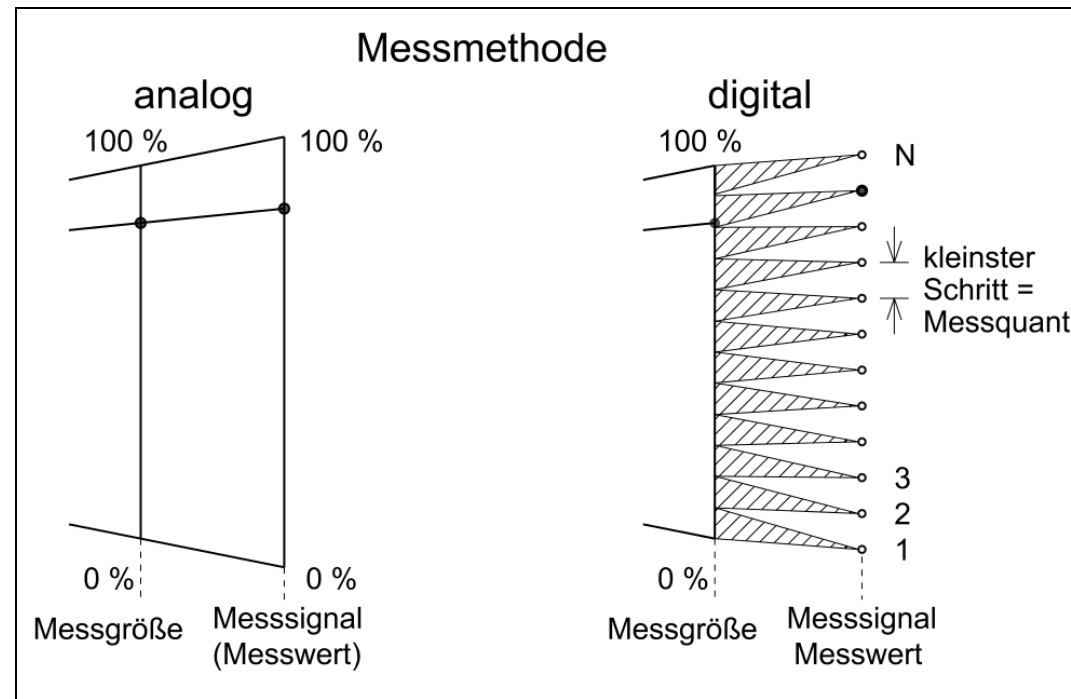
Herangehensweise: Auswahl des Verfahrens aus Sicht der AI

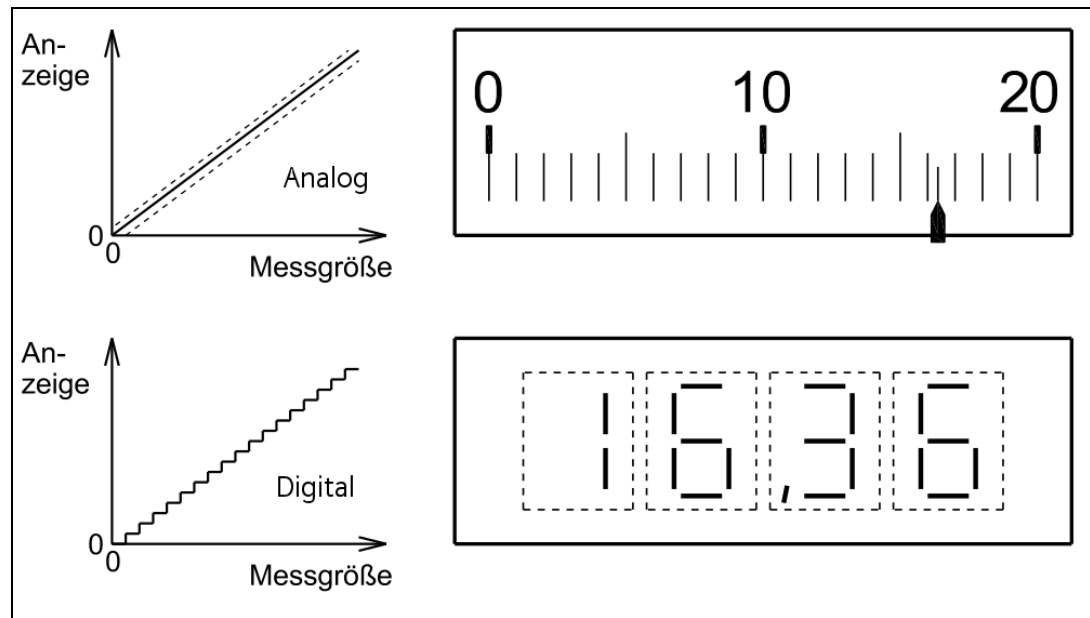
Es gibt nur zwei Verfahren um eine physikalische Größe zu messen:

1. **Vergleichen**

der MessVorgang besteht aus einem Vergleich der eingehenden Größe mit einem vorhandenen Referenzgröße.

Beispiel: Messung einer analogen Spannung, [Lorentzkraft](#) als Grundlage einer Messung der elektrischen Stromstärke.
Skizze:



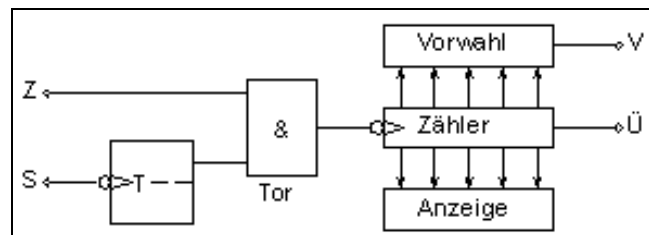


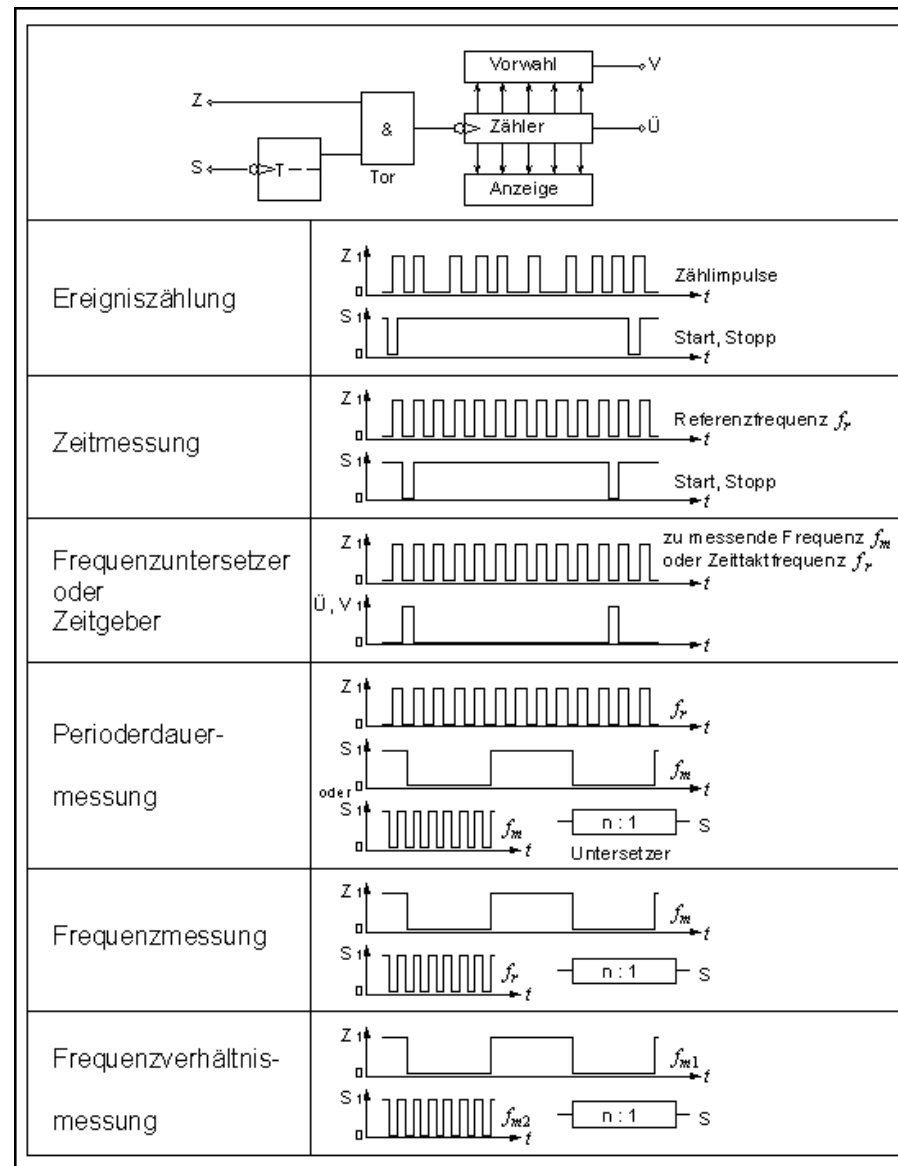
2. Zählen

der Messvorgang besteht aus dem Zählen von Ereignissen (Ticks, Sekunden) die der eingehenden Größe entsprechen.

Beispiel: Messung einer radioaktiven Größe (ticks) oder Messung der Geschwindigkeit (Sekunden)

Skizze:





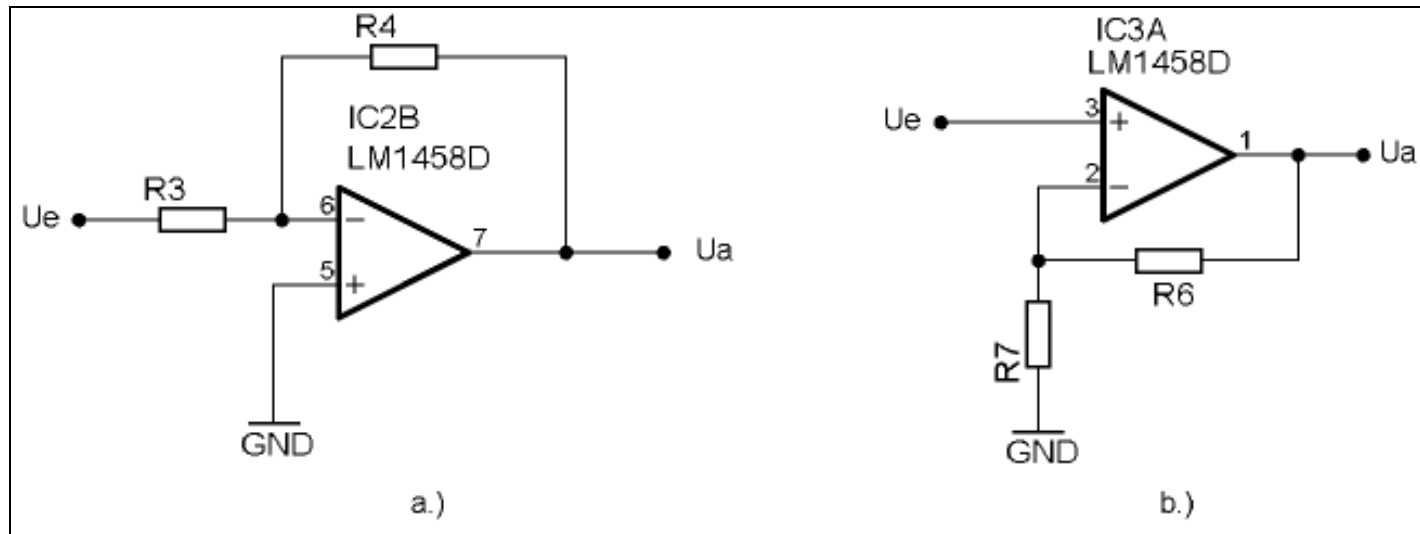
Ereigniszählung: Zählen von beliebigen Ticks über ein fest definiertes Zeitintervall.
Messung einer radioaktiven Größe (ticks)

Zeitmessung: Zählen mit einer bestimmten Frequenz wobei Start und Stop das Intervall markieren.
Messung der Geschwindigkeit (Sekunden)

Frequenzteiler, Frequenzuntersetzer: Ableiten eines Bruchteils einer gegebenen Referenzfrequenz.
Herleitung einer langsameren Frequenz um einen MessZeitraum zu vergrößern (Tage, Wochen)

Operationsverstärker

Der OPV ist ein aktives Bauteil. Um seine Funktion zu verstehen, kann man sich folgende Verhaltensweise so vorstellen:



Ohne Rückkoppelung:

Ein OPV verstärkt die Differenzspannung zwischen (+) und (-) Eingang und gibt diese an seinem Ausgang ab.

Mit Rückkoppelung:

Ein OPV versucht immer die Spannung an seinem Ausgang so einzustellen, dass die Differenz zwischen (+) und (-) Eingang Null wird.

a.) invertierender Verstärker:

über R3 liegt die Eingangsspannung U_e am (-) Eingang an. Der (+) Eingang liegt auf Ground = 0V.

ist nun U_e **positiv** → dann wird U_a **negativ**, weil U_e am (-) Eingang anliegt. Logisch.

Aber wie **negativ** wird U_a ?

der OPV macht U_a solange **negativ**, bis die Differenz am Eingang gleich Null ist.

d.h. bis das Potential am (-) Eingang gleich Null ist, weil ja der (+) Eingang auf GND liegt.

ist nun U_e **negativ** → dann wird U_a **positiv**, weil U_e am (-) Eingang anliegt. Logisch.

Aber wie **positiv** wird U_a ?

der OPV macht U_a solange **positiv**, bis die Differenz am Eingang gleich Null ist.

d.h. bis das Potential am (-) Eingang gleich Null ist, weil ja der (+) Eingang auf GND liegt.

a.) nicht invertierender Verstärker:

ohne Widerstand liegt die Eingangsspannung U_e am (+) Eingang an. Der (-) Eingang liegt über R7 auf Ground = 0V, über R6 auf U_a .

ist nun U_e **positiv** → dann wird U_a **positiv**, weil U_e am (+) Eingang anliegt. Logisch.

Aber wie **positiv** wird U_a ?

der OPV macht U_a solange **positiv**, bis die Differenz zwischen (+) und (-) Eingang gleich Null ist.

d.h. bis das Potential am (-) Eingang gleich dem Potential am (+) ist.

Durch R7 nach GND wird dem rückgekoppelten Signal jedoch ein Teil abgezogen, wodurch der OPV quasi mehr **positive** Spannung liefern muss → also die Spannung U_a noch etwas verstärkt.

Lässt man R6 und R7 weg und koppelt U_a direkt auf den (-) Eingang zurück, so folgt der Ausgang U_a dem Eingang U_e direkt.
Nennt sich: Spannungsfolger oder Impedanzwandler.