

## 2 Grundlagen der industriellen Messtechnik

Bevor man nun zur eigentlichen Messung schreiten kann, ist es erforderlich sich ein wenig mit den zu messenden Größen ("Signalen") zu befassen.

Im einfachsten Fall sind diese **zeitlich konstant** man spricht von einer sogenannten **Gleichgröße**.

### 2.1 Messkette, analoge und digitale Messung

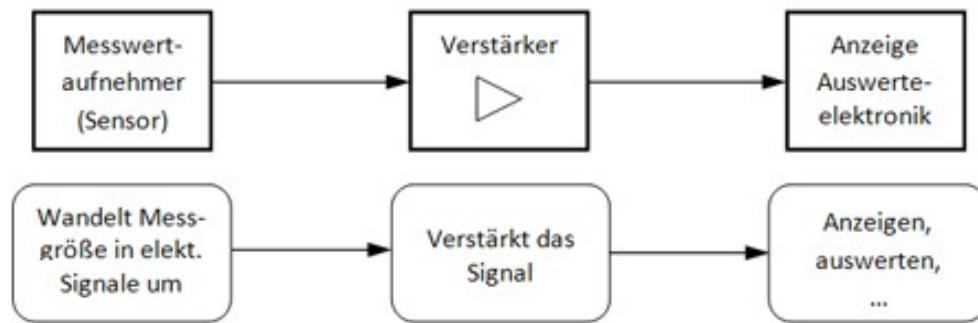


Abbildung 4: Messkette

Ein prinzipieller Unterschied ist in der Entstehung von Messgrößen zu sehen. Man spricht von **elektrischen** und **nichtelektrischen** Größen. Nichtelektrische Größen müssen durch eine Umformeinheit in eine elektrische Größe umgewandelt werden. Die Umformung der Messinformation wird unter dem Begriff **Messkette** zusammengefasst:

Die Messkette besteht grundsätzlich aus **Messumformer** (Sensor, Fühler, Detektor oder Aufnehmer), **Verstärker** mit Abgleich von Verstärkung und Nullpunkt sowie der **Auswerteeinheit**.

Die Auswertung von Messsignalen kann prinzipiell analog oder digital durchgeführt werden. In der industriellen Messtechnik werden Messinformationen heute meist auf digitalem Wege verarbeitet.

	analog	digital
<b>Darstellung</b>	kontinuierlich	Ziffern / Daten
<b>Vorteil</b>	einfache Darstellung, schnell, stetige Anzeige	hohe Genauigkeit, speicher- und elektronisch weiterverarbeitbar
<b>Nachteil</b>	nicht bzw. schlecht speicher- bzw. verarbeitbar, geringe Genauigkeit, mechanisch empfindlich	aufwändig, (höhere Kosten), springende Anzeige
<b>Fehlerquellen</b>	Messunsicherheit	Quantisierungsfehler

Tabelle 2: Vergleich / Eigenschaften analoger und digitaler Messwerterfassung

Bei **analogen** Messungen handelt es sich um Gleichstrom- oder Gleichspannungsmessungen bzw. Rückführung auf derartige Größen (z.B. analoge Frequenzmesser mit Umsetzung von Frequenz in Spannung  $\rightarrow f/U$ -Konverter) und Anzeige auf einem Zeigerinstrument bzw. analogem Oszilloskop.

Die Steigerung der Genauigkeit bzw. Verringerung der Messunsicherheit eines analogen Systems

## 2 - Grundlagen der industriellen Messtechnik

besser 0.01% steigert die Kosten überproportional. Selbst für einfache Ansprüche ist die Analogtechnik oft nicht mehr kostengünstiger.

Analoge Anzeigen werden häufig dort bevorzugt, wo Tendenzen und Messgrößenänderungen beobachtet werden (z.B. Fahrzeugtacho). Digitalanzeigen liefern dann springende Werte.

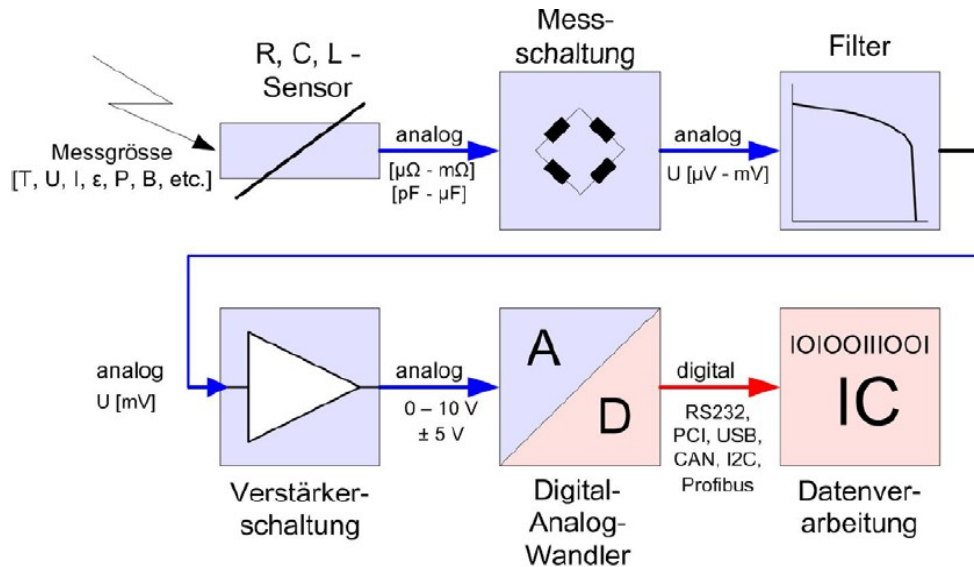


Abbildung 5: Messkette mit digitaler Messwerterfassung

Im Fall von **digitalen** Messungen wird eine kontinuierliche Messgröße in einen digitalen Wert umgesetzt und entsprechend weiterverarbeitet oder angezeigt.

Vorteile dieser Technik sind z.B. ein annähernd unbegrenztes **Speichervermögen** der Geräte sowie das Rechnen mit nahezu beliebiger **Genauigkeit**.

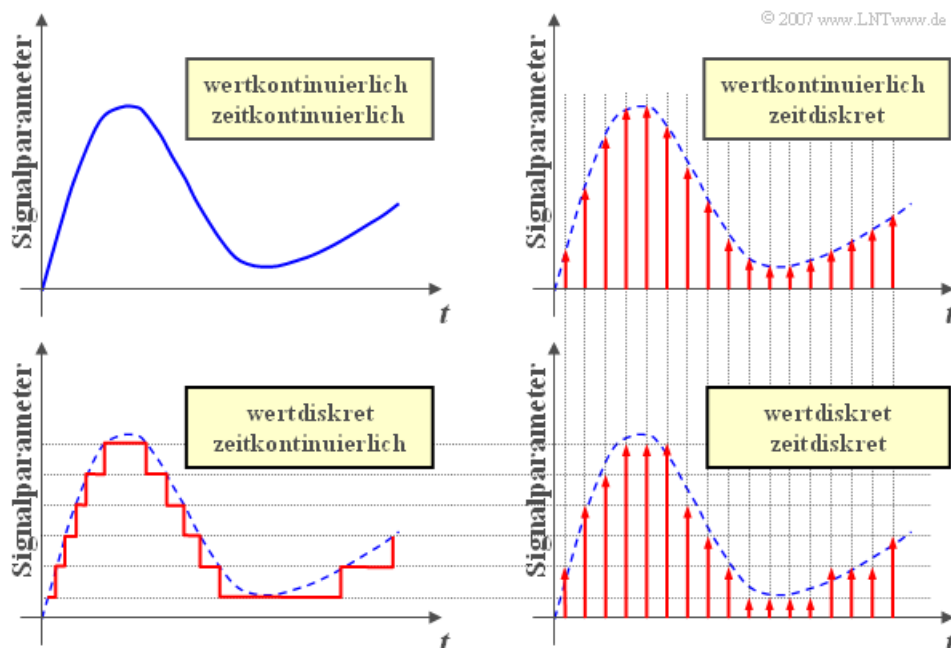


Abbildung 6: Quantisierung

## 2 - Grundlagen der industriellen Messtechnik

Die durchzuführende **Quantisierung** muss aber hierbei nicht nur auf der eigentlichen Messgröße (**Amplitudenbereich**), sondern auch auf den **Zeitbereich** angewendet werden.

Digitale Signale besitzen eine **beschränkte Auflösung** aufgrund der **Bitzahl** der Umwandlung (Quantisierung in  $2^n$  Stufen mit  $n$ -bit). Der Quantisierungsschritt lässt sich verkleinern und die Anzahl der Schritte lässt sich mit etwa linear steigendem Aufwand erhöhen, die Genauigkeit ist daher prinzipiell beliebig steigerbar.

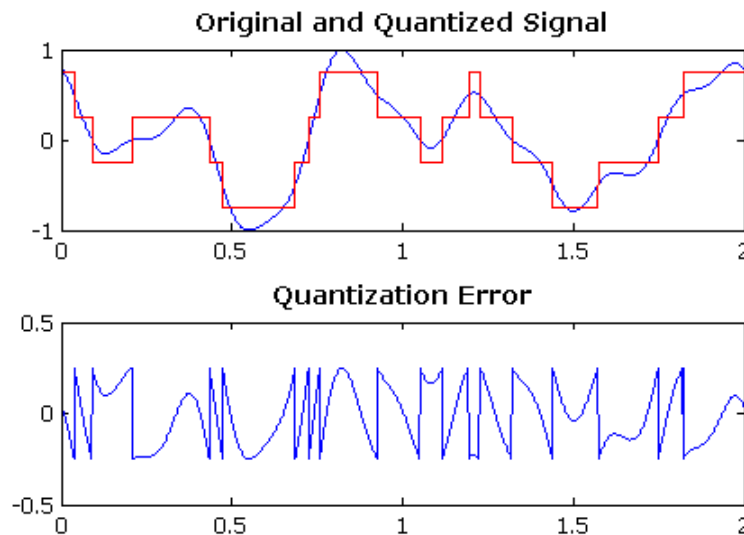


Abbildung 7: Sample&Hold, Quantisierungsfehler

Weiters können bei zeitdiskreter Erfassung nur Signale mit einer festgelegten Maximalfrequenz verarbeitet werden. Diese Frequenz resultiert aus **Wandlungs- und Verarbeitungszeit**.

**Beispiel 1:** Die Wandlungszeit  $t_w$  und Verarbeitungszeit  $t_v$  durch den Computer ehe der nächste Wert angenommen werden kann, betragen:

a.)  $t_w = 2\mu s$ ,  $t_v = 0.5ms$

b.)  $t_w = 10ns$ ,  $t_v = 50ns$

Wie groß ist die maximal verarbeitbare *Signalfrequenz*?

$$2^8 = 256 \Rightarrow \text{Auflösung} = 19,5mV$$

### 2.1.1 Definitionen

#### 2.1.1.1 Offset

Als **Offset**  $X_0$  bezeichnet man den Wert der elektrischen Ausgangsgröße eines Sensors, wenn der zugehörige Wert der physikalischen Eingangsgröße den Wert **Null** bzw. einen Referenzwert besitzt. Andere Namen dafür sind *Bias*, *Vorspannung*, **Überlagerungswert**, ...

#### 2.1.1.2 Empfindlichkeit

Der **Quotient** aus **elektrischer Ausgangsgrößenänderung** eines Sensors und zugehöriger **physikalischer Eingangsgrößenänderung** wird **Empfindlichkeit** bezeichnet. Andere Namen dafür

## 2 - Grundlagen der industriellen Messtechnik

sind *Übertragungsbeiwert*, *Übersetzung*, *Steilheit* oder *Verstärkung*. Die Einheit ergibt sich aus der Messgröße z.B.:  $mV/^{\circ}C$ ,  $\Omega/^{\circ}C$ ,  $V/kg$ , ...

Die Empfindlichkeit eines Sensors sollte einen möglichst großen Zahlenwert besitzen.

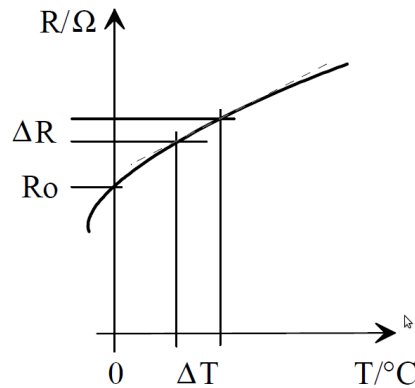


Abbildung 8: Empfindlichkeit  $\Delta R/\Delta T$  und Offset  $R_0$

### 2.1.1.3 Auflösung

Als **Auflösung**  $A$  bezeichnet man die **kleinste wahrnehmbare Unterscheidung** zweier **benachbarter Messwerte**. Sie sollte einen möglichst kleinen Zahlenwert besitzen.

Bei digitalen Messgeräten entspricht dies einem Einheitssprung der letzten Stelle der Anzeige, bei einem Schiebepotentiometer mit Drahtwicklung dem Widerstand einer Windung.

Bei analogen Anzeigeinstrumenten wird als Auflösung der Abstand zwischen zwei benachbarten Skalenstrichen bezeichnet. Unterhalb dieses Wertes ist eine Messung nicht zulässig, bzw. liefert einen falschen Eindruck der Genauigkeit. Bei analogen Sensoren ist aufgrund der Kennlinie theoretisch jeder beliebige Wert messbar.

Üblicherweise werden Messsignale mittels AD-Wandler umgesetzt, dies führt zu einer Auflösung, die aus der **Bit-Zahl**  $n$  und dem **Wertebereich**  $WB$  resultiert:

$$A = \frac{WB}{2^n} \quad (2)^1$$

Diese Auflösung ist meist nicht realisierbar, weil das Messsignal im natürlichen **Rauschsignal** verschwindet. Die Auflösung eines analogen Sensors lässt sich daher nur in Verbindung mit dem gesamten System angeben, sie resultiert aus dem Systemrauschen (Sensor, Messleitung, Verstärker, A/D-Wandler).

**Beispiel 2:** Eine Spannung im Bereich zwischen  $0-5V$  wird gemessen mit einem

a.) 8-bit A/D-Wandler

b.) 12-bit A/D-Wandler

Wie groß ist die Auflösung in Volt?

a)  $t_{ges} = t_w + t_v = 502 \mu s \Rightarrow f_s \leq \frac{1}{t_{ges}} \approx 996 \text{ Hz}$

b)  $t_{ges} = t_w + t_v = 60 \mu s \Rightarrow f_s \leq \frac{1}{t_{ges}} \approx 8,3 \text{ MHz}$

1 z.B.:  $n = 16 \text{ bit}$ ,  $WB = 5V \rightarrow A = 76,3 \mu V$