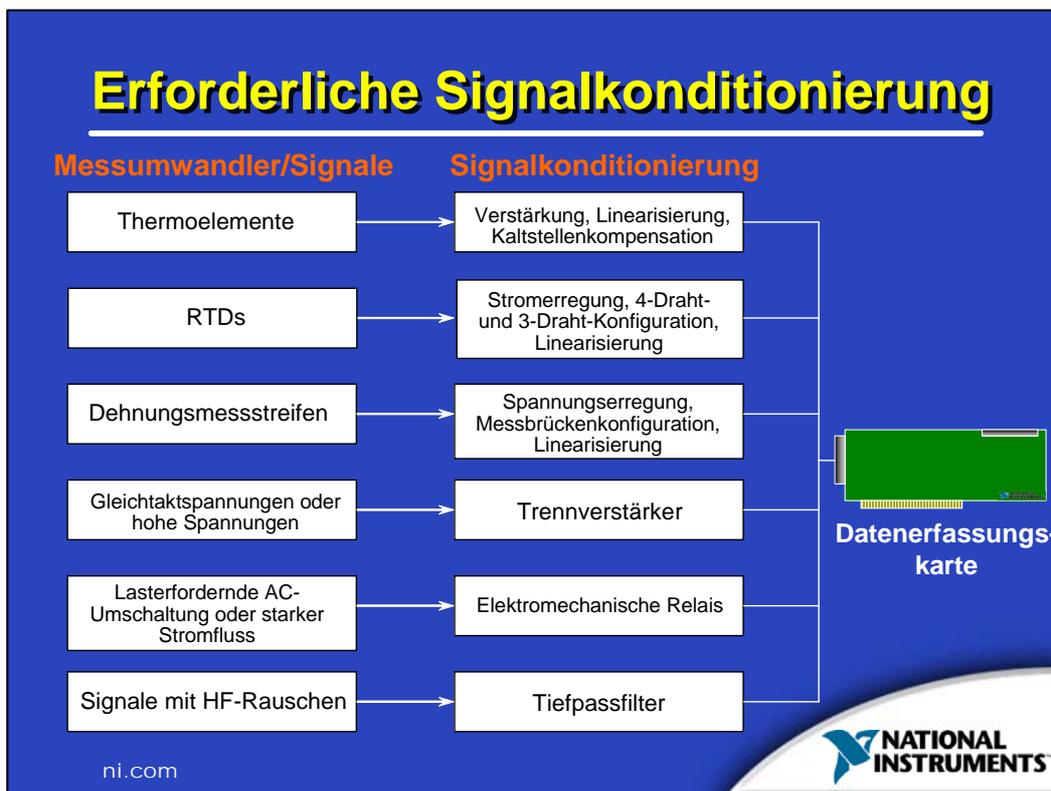


Erlaubte Hilfsmittel:      Stift, Lineal, Zirkel

**Aus welchen Komponenten besteht ein computergestütztes Messdatenerfassungssystem?**

- dem **Messumwandler**, der physikalische Eigenschaften misst,
- der **Signalkonditionierungshardware**, die die Genauigkeit und Richtigkeit von Messungen verbessert,
- der **Datenerfassungshardware**, die die Analogsignale digitalisiert,
- dem **Rechner inklusive Software**, der die Plattform für die Analyse und Darstellung der Daten bietet.

**Nennen Sie 6 Messumwandler/Signale und Möglichkeiten zur Signalkonditionierung**



**Was versteht man unter Code-Breite**

- Der kleinste messbare Spannungsunterschied

**Wie wird die Code-Breite berechnet?**

$$\text{Code-Breite} = \text{Bereich} / (\text{Verstärkung} * 2^{\text{Auflösung}})$$

### Wie wirkt sich eine größere Auflösung auf die Code-Breite und die Darstellung des Signales aus?

- Kleinere Code-Breite
- Bessere Darstellung des Signales

### Wie vergrößert (verbessert) man den man den Signal-Rauschabstand?

- Durch Filterung
- Durch Verstärkung

### Erläutern Sie die gebräuchlichsten Signalkonditionierungsmethoden

- **Verstärkung** – erhöht den Wert der Amplitude und steigert die Genauigkeit der Messungen durch optimale Nutzung des A/D-Wandlerbereichs
- **Filterung** – entfernt unerwünschtes Rauschen und vermeidet Aliasing (Aliasing: Fehlinterpretation von Signalen oberhalb der halben Abtastfrequenz)
- **Linearisierung** – Umformung eines nicht linearen Zusammenhangs der Ausgangssignale des Messwertaufnehmers in einen linearen Zusammenhang
- **Messumwandleranregung und Brückenvervollständigung** – Beispiele für besondere Anforderungen des Messumwandlers (Anregung ist eine Notwendigkeit für passive Sensoren)
- **Isolierung** – verhindert Erdschleifen und sorgt für die Sicherheit des Systems.
- **Schalter, Multiplexer und Matrix** – reduziert Kosten und bietet Flexibilität für Anwendungen mit hoher Kanalanzahl

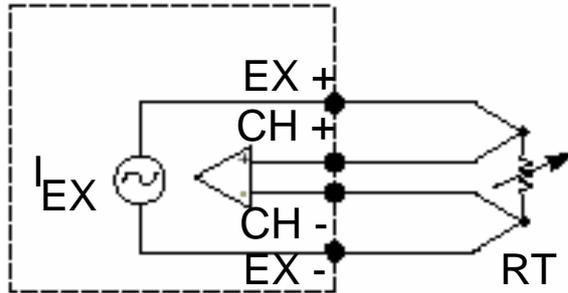
### Was versteht man unter Aliasing? Wie vermeidet man Aliasing?

Wird ein Signal zu langsam abgetastet, wird die dargestellte Frequenz wesentlich niedriger sein als diejenige, die das Signal tatsächlich aufweist. Gemäß dem Nyquist-Theorem muss die Abtastrate mindestens doppelt so hoch sein, wie die maximale Frequenz, die das Signal aufweist. Signalanteile mit Frequenzen oberhalb der halben Abtastfrequenz erscheinen nach dem Abtasten als niederfrequente Anteile. Diese Fehlinterpretation einer Signalfrequenz wird als Aliasing bezeichnet.

Vermeidung: Filterung (Tiefpass) oder schnellere Abtastung ( $>2 \cdot$  höchste Signalfrequenz)

**Erläutern Sie die Vierleitermessung und benennen Sie Vor- und Nachteile**

Die bevorzugte Methode bei der Temperaturmessung mit RTDs ist die 4-Leitungsmessung.

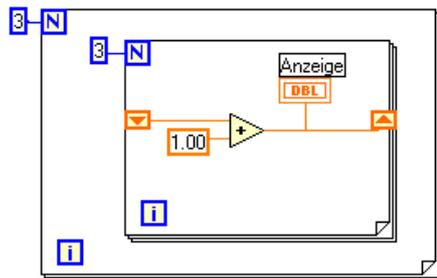


Dabei transportiert ein Leitungspaar den Erregerstrom, das andere Paar dient der Spannungsmessung am RTD. Da durch die beiden Messdrähte nur ein vernachlässigbarer Strom fließt, entsteht durch die Widerstände dieser Leitungen nur ein geringfügiger Messfehler.

Vorteil: Eliminierung der leitungsgebundenen Fehler (Widerstände); optimale Messunsicherheit

Nachteil: hoher Verdrahtungsaufwand

**Nachfolgend ist ein LabVIEW-VI angegeben.**



**Welcher Wert steht nach der ersten Abarbeitung des Virtuellen Instrumentes in der Anzeige ?**

Anzeige: 9

**Welcher Wert steht nach der zweiten Abarbeitung des Virtuellen Instrumentes in der Anzeige?**

Anzeige: 18

**Welcher Wert steht nach der dritten Abarbeitung des Virtuellen Instrumentes in der Anzeige?**

Anzeige: 27

### **Was sind die Vorteile eines TCP/IP-basierenden Automatisierungssystem?**

Verwendung des Internet-Protokolls, dadurch Austausch von MSR-Daten weltweit, Vereinheitlichung und Standardisierung von Protokollen.

### **Beschreiben Sie die drei Hauptkomponenten in einer Instrumentierungsumgebung?**

Datenerfassung: Messwandler, Verstärker, MUX, Matrix, DAQ/GPIB.....  
Datenverarbeitung: Signal Processing, Curve Fitting, Arrayoperationen  
Präsentation: Graphs, Charts, GUI, Dateioperationen

### **Beschreiben Sie jeweils die Vor- und Nachteile der Dateitypen Datalog, Binary und ASCII.**

ASCII: V: Dateien von nahezu allen Programmen lesbar, nicht proprietär,  
N: Zugriff langsam, grosse Dateien  
Binary/Bytestream: N: Dateien nur mit Zugriffsbeschreibung lesbar, proprietär,  
V: schnell, kleine Dateien  
Datalog: ASCII+Binary, vereinigt Vorteile von beiden oberen Dateitypen, Einsatz vor allem im Bereich MSR

### **Wie umgeht man das VI-Terminal-Limit?**

Mit Arrays und Clustern, durch globale Variablen; durch Kommunikationsmethoden (ActiveX, OPC, Notifier, Queues, ...)

### **Was versteht man unter VISA?**

Virtual Instrument Standard Architecture Einheitliche Technologie/Schnittstelle zur Treibergenerierung von Geräten (nur ein Treiber für Geräte mit unterschiedlichen Schnittstellen)

### **Welche Fehlerbehandlungsoptionen gibt es in LabVIEW?**

Broken Arrow, Instruction Highlighting, Probes, Breakpoints, Single Step, Step in/Over/Out, Profiler, Error Cluster, Error Handler

### **Erklären Sie den Unterschied zwischen Charts und Graphs**

Chart: kontinuierliches Erweiterung des Charts durch neue x-Achsenwerte (jeweils ein neuer Wert/ein Werteblock)  
Graph: Vollständige Erfassung eines Arrays und danach Anzeige im Graph (z.B. xy-Graph)

**Was versteht man unter LVDS? Beschreiben Sie Vor- und Nachteile dieser Technologie**  
Low Voltage Differential Signaling. Low Pegel unterhalb 0 Volt und High Pegel oberhalb 0 Volt. Kleine Spannungsdifferenzen zwischen High und Low.  
Vorteile: höchste Bandbreiten möglich, störsicher  
Nachteile: spezielle Bauelemente erforderlich. Aufwändigere Spannungsversorgungen

**Was versteht man unter IVI?**

- Interchangeable Virtual Instruments
- Vorteil: Standardisierung für Messgeräte (Befehlssatz, Geräteprozesse, etc.)
  
- Isolationsarchitekturen, warum Isolation?
- Schalter, Multiplexer, Matrix-Switches

## Warum Isolierung?

- Schutz von Geräten und Benutzern

ni.com

**NATIONAL INSTRUMENTS**

Eine weitere Notwendigkeit der Isolierung ist der Schutz des Messsystems vor zu hohen Spannungen. Treten bei einem nicht isolierten System kurzzeitige Spannungsspitzen (Transienten) auf, so besteht höchste Gefahr für den Bediener und das Messsystem wird möglicherweise irreparabel zerstört. Unter Verwendung einer galvanischen Trennung (z. B. Transformator), kann die Potenzialdifferenz zwischen der Masse des Eingangs

und des Ausgangs ein Vielfaches mehr betragen, ohne dass Messsystem und Bediener gefährdet sind.

## Isolierung

- **Methode zum Eliminieren von leitenden Verbindungen zwischen verschiedenen elektrischen Systemen**
  - Systeme haben keine gemeinsame Masse
- **Gründe für Isolierung**
  - Verhindert Erdschleifen
  - Bietet Schutz für Instrument und Bediener
  - Erhöht Gleichtaktspannungsbereich

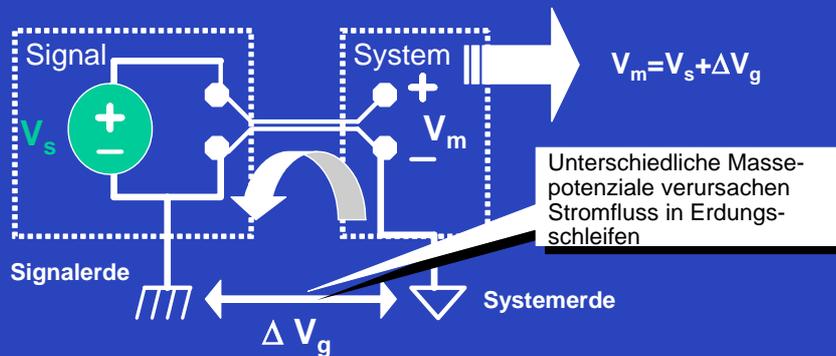
ni.com



Ein weiterer Aspekt bei der Signalkonditionierung ist die Isolierung. Man unterscheidet zwischen zwei verschiedenen Isolationstypen: elektrische Isolation und Schutzisolation. Beide Arten werden eingesetzt, um sicherzustellen, dass unterschiedliche elektrische Systeme, zwischen denen leitende Verbindungen bestehen, voneinander isoliert werden. Dadurch können bestehende Erdschleifen zwischen Systemen, die auf unterschiedlichem Massepotenzial liegen, verhindert und die Messgenauigkeit erhöht werden. Ferner kann der Bediener genauso wie das System vor Überspannungen geschützt und die zulässige Gleichtaktspannung erhöht werden.

## Warum Isolierung?

- Verhindert durch Erdschleifen verursachte Messfehler



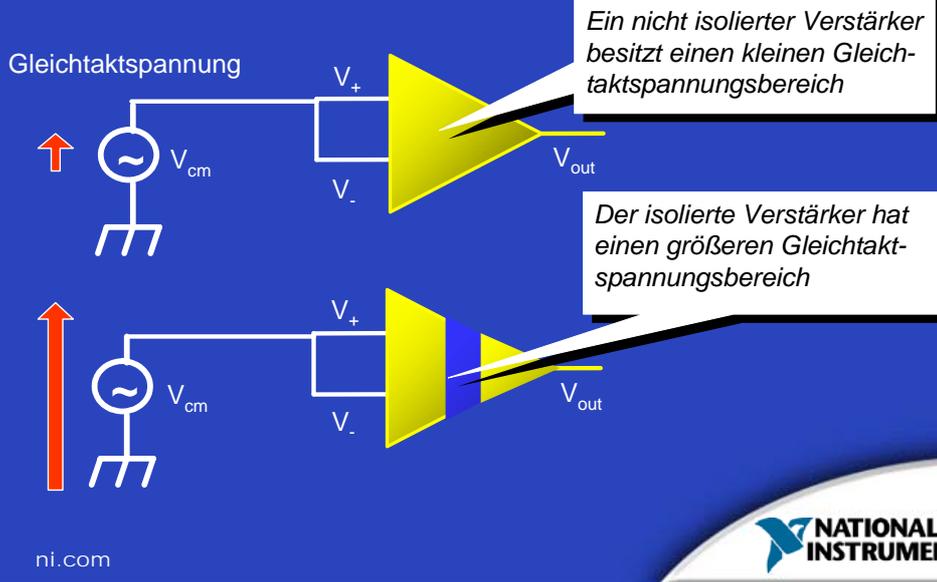
ni.com

NATIONAL  
INSTRUMENTS

Ein Aufgabenbereich der Isolierung ist das Verhindern von Messfehlern, die durch Erdschleifen verursacht werden. Zu so genannten Erdschleifen kann es kommen, wenn ein nicht isoliertes Messsystem für die Messung einer geerdeten Signalquelle (Spannungssignale, die sich auf eine Systemerde, z. B. Erdleitung oder Gebäudeerdung beziehen) eingesetzt wird. Zu geerdeten Signalquellen zählen u. a. Signalgeneratoren und Netzteile. Angenommen, es wird mit einem nicht isolierten Messsystem ein vom Signalgenerator erzeugtes Signal gemessen, so sind im Messaufbau sowohl eine Signalerde als auch eine Systemerde vorhanden. In diesem Fall entspricht die gemessene Spannung  $V_m$  der Summe der Signalspannung  $V_s$  und der Potentialdifferenz  $\Delta V_g$ , die zwischen den beiden Massen der Signalquelle und des Messsystems besteht. Die Potentialdifferenz zwischen den beiden Massen verursacht einen Stromfluss in der Schaltverbindung. Dieser Strom wird als Masseschleifenstrom bezeichnet.

# Warum Isolierung?

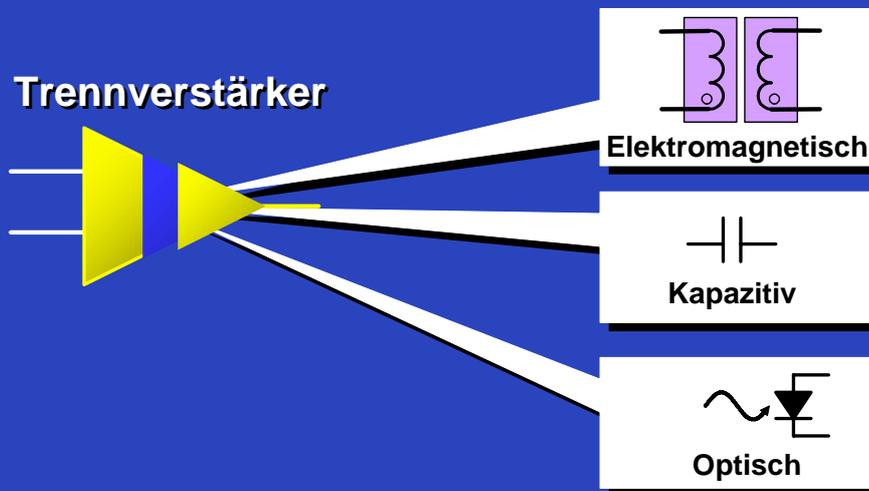
- Gleichtaktspannungsbereich



Von Gleichtaktspannungssignalen spricht man, wenn zusätzlich zu dem Messsignal an beiden Eingängen des Verstärkers ein Signal mit gleicher Phase und Amplitude bezüglich der Systemerde anliegt.

Der Gleichtaktspannungsbereich eines Messsystems schränkt die maximal zulässige Spannungsspitze jedes Eingangs bezüglich der Systemerde ein. Dieser Wert ist bei nicht isolierten Messsystemen klein und wenn er überschritten wird, können nicht nur Messfehler entstehen, sondern u. U. auch Komponenten auf der Messkarte beschädigt werden. Bei isolierten Systemen kann diese Gleichtaktspannung höher sein und das System bleibt durch eventuell auftretende Spannungsspitzen unbeschädigt, solange die Spannungsspitzen nur über einen kurzen Zeitraum hinweg auftreten.

## Wie wird isoliert?



ni.com

**NATIONAL  
INSTRUMENTS**

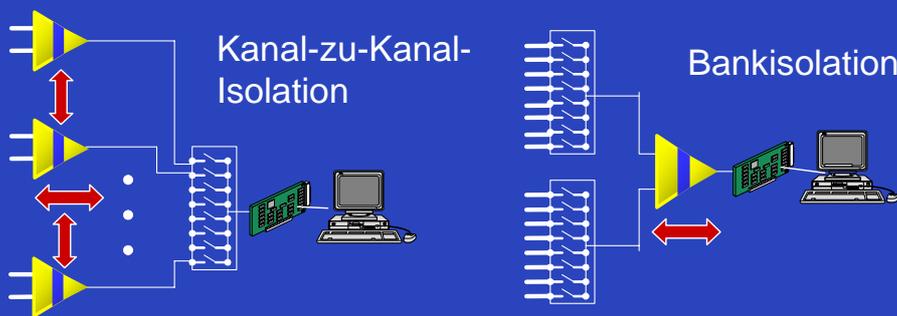
Für die Isolierung eines Systems können elektromagnetische Transformatoren, Kondensatoren oder optische Lösungen eingesetzt werden. Bei der Isolierung werden Spannungssignale in eine andere Energieform gewandelt, übertragen und schließlich wieder in Spannung umgesetzt.

Ein Transformator wandelt die Signale mithilfe eines Spulenpaars in ein elektromagnetisches Feld und dieses wieder in Signale um. Die Stärke des Feldes wird dabei variiert und ist proportional zur Stärke des Signals.

Eine weitere Art der Isolierung ist die kapazitive Kopplung. In diesem Fall ist die Ladung auf dem Kondensator proportional zur Größe des Eingangssignals.

Optische Isolierung wird üblicherweise zur Isolierung digitaler Systeme eingesetzt. Das Signal wird dabei durch Licht übertragen. Die Stärke des Lichts ist proportional zur Stärke des Signals. Ein photoleitendes Element wandelt das Licht schließlich wieder in eine Spannung um. Auch Systeme mit analogen Signalen können auf diese Weise isoliert werden.

# Isolationsarchitektur



- Jeder Kanal hat einen eigenen Massebezug

- Kanäle mit gemeinsamer Masse
- Kostengünstig

ni.com

NATIONAL  
INSTRUMENTS

Zur Isolierung eines Systems stehen zwei verschiedene Isolationsarchitekturen zur Auswahl:

Kanal-zu-Kanal- und Bankisolation

Bei der **Kanal-zu-Kanal-Isolation** ist jeder Kanal von allen anderen Kanälen, Systemkomponenten und Massepotenzialen isoliert. Die Kanal-zu-Kanal-Isolation ist die sicherere Isolationsart in Bezug auf eventuelle Messfehler, da der Bezugspunkt eines jeden Signals von denjenigen anderer Signale und von der Masse des Messsystems unabhängig ist. Werden in einer Applikation beispielsweise mehrere Sensoren mit unterschiedlichem Massebezug verwendet oder besteht die Möglichkeit, dass zwischen den einzelnen Kanälen große Spannungsdifferenzen auftreten, so ist die Kanal-zu-Kanal-Isolation die bessere Lösung.

Die **Bankisolation** ist die kostengünstigere Isolationsarchitektur. Anders als bei der Kanal-zu-Kanal-Isolation sind hier Kanalbänke und nicht die einzelnen Kanäle untereinander isoliert. Dies hat zur Folge, dass sich alle Signale in einer Kanalbank auf dieselbe Masse beziehen müssen, damit Messfehler vermieden werden.

# Relais

---

- **Routen Signale von externen Geräten zur Datenerfassungskarte und umgekehrt**
  - **Mechanische Relais**
    - Langsame Schaltgeschwindigkeit
    - Hohe Spannungen
  - **Halbleiterrelais**
    - Hohe Schaltgeschwindigkeit
    - Kleine Spannungen ( $\pm 10V$ )

ni.com



Um z. B. eine große Anzahl von Kanälen zur Verfügung zu haben, ohne dass hohe Kosten entstehen, oder um höhere Spannungen und stärkere Ströme schalten zu können als es die Datenerfassungshardware ermöglicht, benötigt man Relais. Grundsätzlich unterscheidet man zwei verschiedene Arten von Relais:

Mechanische Relais und Halbleiterrelais

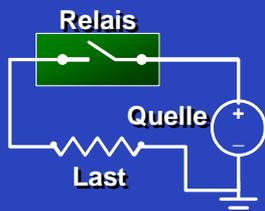
**Mechanische Relais** können Hochspannungs- und Starkstromsignale routen. Aufgrund ihrer mechanischen Bestandteile können sie jedoch nur äußerst langsam schalten.

**Halbleiterrelais** bestehen aus Transistoren, so dass sie nur niedrige Spannungen ( $< 10 V$ ) und schwache Ströme ( $< 30 mA$ ) schalten können.

Kompromiss:

- Sie möchten hohe Spannungen/starke Ströme schalten? Dann können Sie die Signale nur sehr langsam routen.
- Sie müssen Ihre Signale schnell routen? Dann müssen Sie die Höhe der Spannungen und Ströme Ihrer Signale einschränken.

# Schalter, Multiplexer, Matrix



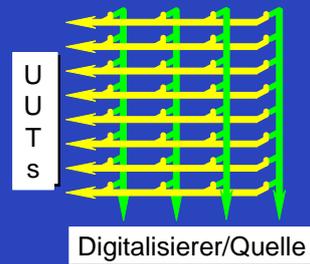
## Universeller Schalter

- Schaltet Geräte an und aus



## Multiplexer

- Erweitert die Anzahl an Kanälen



## Matrix

- Routet Signale

ni.com

NATIONAL  
INSTRUMENTS

Prinzipiell gibt es drei verschiedene Kategorien des Schaltens:  
Universelles Schalten, Multiplexen und Matrixschalten

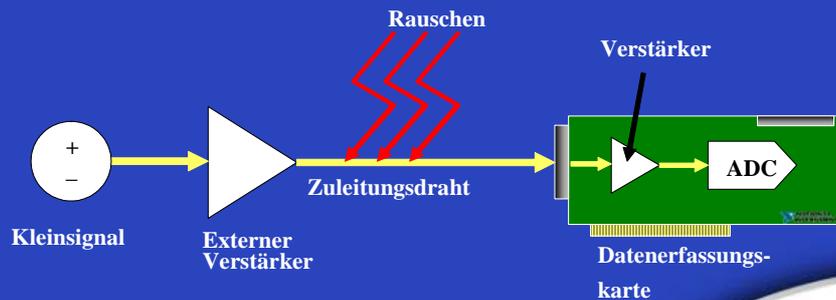
**Universelles Schalten:** Dies ist die ganz allgemeine (bzw. die einfachste) Form des Schaltens. Hierbei entscheidet der Anwender, ob Signale im System weitergeleitet oder abgeblockt werden. Ein Beispiel einer universellen Schaltung ist die Steuerung der Stromversorgung von externen Geräten wie Lüftern, Motoren, Lampen oder anderen elektrischen Geräten.

**Multiplexen:** Auch Multiplexer sind eine Art Schalter, da sie Signale routen. Multiplexer werden meistens dazu eingesetzt, mehrere Signale an einen Digitalisierer weiterzuleiten. Sie sind jedoch nicht richtungsabhängig und können mühelos für das Routen von Signalen einzelner Signalquellen an mehrere Ausgänge genutzt werden.

**Matrixschalten:** Das Matrixschalten ist eine besonders anspruchsvolle Schaltweise. Hierbei sind Relais in Reihen und Spalten aufgebaut (Matrizen). Schließt man eines oder mehrere Relais, können verschiedene Reihen mit verschiedenen Spalten verbunden werden. Dies ermöglicht es, mehrere Testpunkte programmatisch an mehrere Digitalisierer/Quellen zu routen.

# Verstärkung

- Bei Kleinsignalen (z. B. bei Thermoelementen)
- Maximiert die Nutzung des A/D-Wandlerbereichs und erhöht die Genauigkeit
- Vergrößert das Signal-Rausch-Verhältnis



ni.com

NATIONAL  
INSTRUMENTS

Die Verstärkung ist eine Methode, den Wert der Amplitude eines von einem Messwertempfänger erfassten Signals zu vervielfachen. Dies ist erforderlich, um kleine Signale optimal an den Wandlerbereich des A/D-Wandlers anzupassen. Ein typisches Beispiel für die Nutzung der Verstärkung sind Systeme mit Thermoelementen. Thermoelemente liefern Spannungen im Millivoltbereich. Wird das Signal direkt vom Thermoelement an das Datenerfassungsgerät geleitet und nicht verstärkt, wird eine Veränderung der Temperatur um ein oder zwei Grad unter Umständen nicht vom System berücksichtigt. Verstärkt man das Signal jedoch, ist es besser an den Erfassungsbereich des Datenerfassungsgeräts angepasst und kann daher auch besser gemessen werden.

Das Signal kann entweder im Datenerfassungsgerät selbst oder extern verstärkt werden. Im Datenerfassungsgerät wird jedoch nicht nur das Signal, sondern auch das Rauschen verstärkt, welches das Signal auf dem Weg zur Karte überlagert hat. Um den Anteil des Rauschens, der ebenfalls verstärkt wird, zu reduzieren, sollte sich der Verstärker so nah wie möglich an der Signalquelle (Sensor) befinden. Daher ist es häufig vorteilhafter, wenn die Verstärkung extern geschieht. Im Folgenden sollen die Vorteile der externen Verstärkung mittels des Signal-Rausch-Verhältnisses näher erläutert werden.