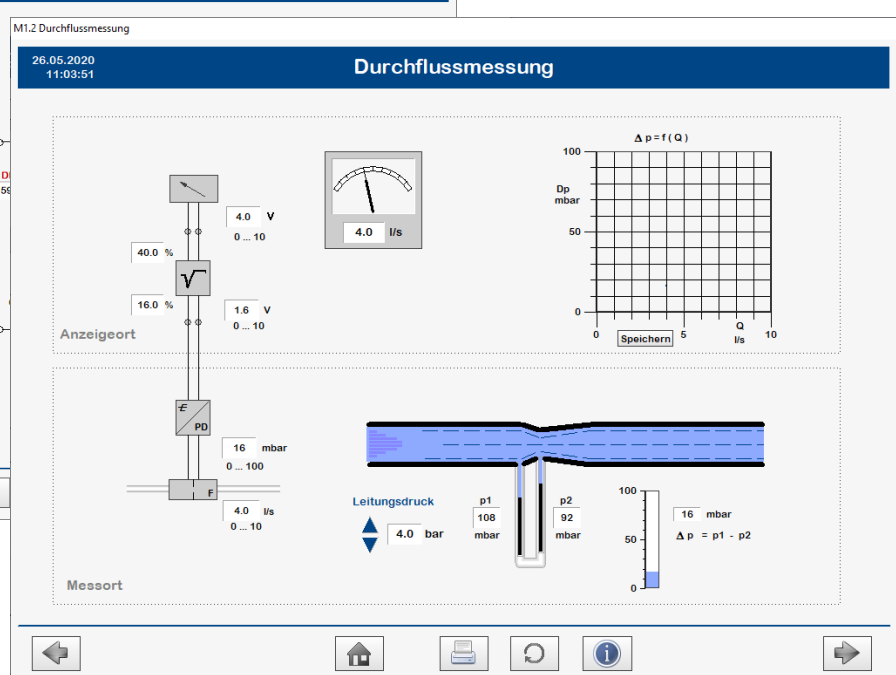
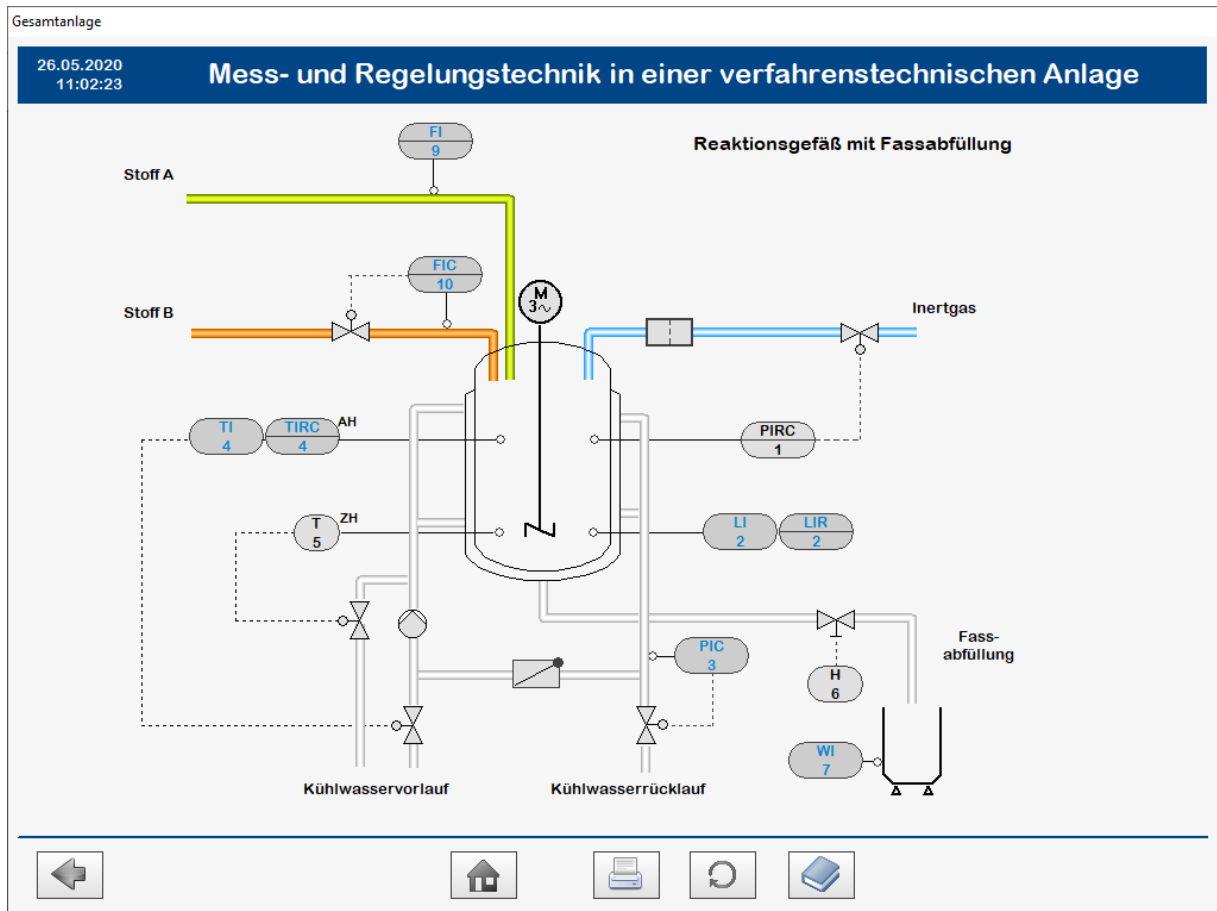


# Messtechnik in verfahrenstechnischen Anlagen



## Inhalt

Bedienungshinweise.....	3
Anlagenbeispiel .....	4
Messverfahren .....	5
Standmessung .....	5
Kraftmessung.....	6
Druckmessung .....	8
Durchflussmessung .....	9
Temperaturmessung mit Pt100 (Anzeige vor Ort).....	10
Temperaturmessung mit Pt100 (Anzeige in der Warte) .....	11
Temperaturmessung mit Thermoelement.....	12
Messwandler und Einheitssignale.....	14
Einheitssignale der Messkette .....	14
Messwandler auswählen.....	15
Messwandler einstellen .....	16
Einheitswerte berechnen .....	17
Signale im Regelkreis.....	19
Durchflussregelung.....	19

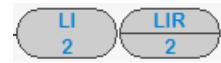
## Bedienungshinweise

Das Startfenster der App ist immer die Übersichtsseite. Das Programm sollte auch von dieser Seite über Anklicken der Schaltfläche *Ende* verlassen werden.

Informationen über das Programm *WinErs* und zum *Messtechnischen Praktikum* erhalten Sie über die Schaltfläche mit dem WinErs-Logo.



Zu den einzelnen Seiten des Lehrgangs kann durch Anklicken des Themas gewechselt werden. Das verfahrenstechnische Beispiel zeigt ein Reaktionsgefäß mit Fassabfüllung. Die im Lehrgang simulierten Messverfahren sind nach DIN EN 62 424 eingezeichnet. Über Anklicken der EMSR Stellen mit blauer Schrift kann direkt auf das entsprechende Arbeitsblatt gewechselt werden.



Alle Arbeitsblätter haben unten eine Bedienungsleiste.



Die Pfeilsymbole leiten zur nächsten, themenbezogenen Seite bzw. zu der vorher besuchten Seite weiter. Das Haussymbol führt immer zur Übersichtsseite. Mit dem Druckersymbol lässt sich die aktuelle Seite ausdrucken (Druckereinrichtung auf „Startseite“), der Kreispeil stellt die Anfangsbedingungen wieder her und über das Informationssymbol wird das Handbuch (.pdf) geöffnet.

Zusätzlich haben einige Seiten eine Messungs-Bedienleiste, mit folgenden Messungseinstellungen:

- Anzeige: „Messung läuft“ (Record Zeichen)
- Messung starten,
- Messung stoppen, und
- Diagramm anzeigen;

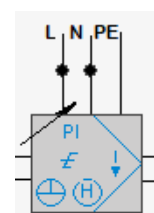


Auf den Arbeitsblättern können zusätzliche Eingriffe in die Simulationen erfolgen:

Die zu messenden physikalischen Größen können über Pfeiltasten schrittweise verändert werden. Hierzu muss die Pfeiltaste mit der linken Maustaste betätigt werden. (Der Mauszeiger verändert sich über einer aktivierbaren Schaltfläche in ein Handsymbol!) Wird die linke Maustaste dauernd gedrückt, ändern sich die Werte selbständig in gewählter Richtung.

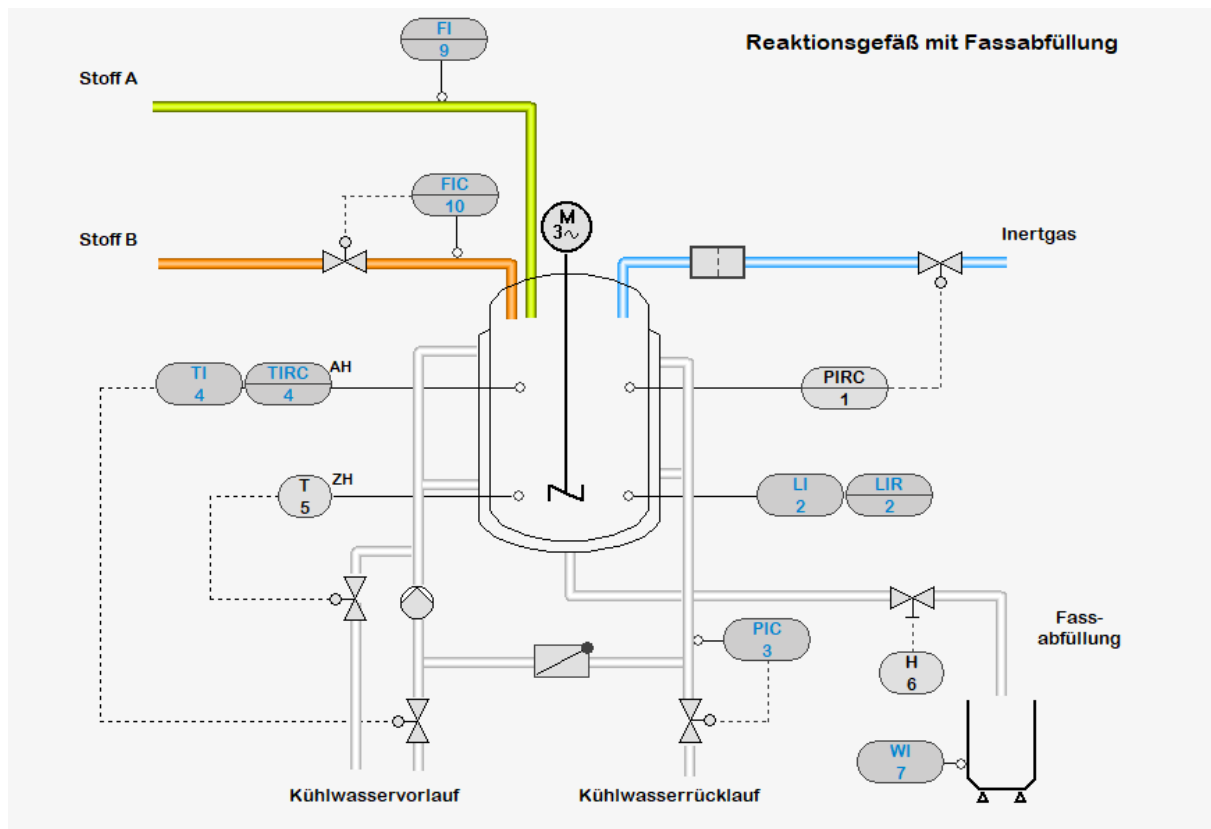


Auf den einzelnen Lehrgangsseiten können einige Anlagenteile über das Handsymbol des Mauszeigers „geöffnet“ werden. Die Anlagenteile werden mit blauer Schrift dargestellt. Beispiel: In dem dargestellten Reglersymbol sind Sollwert, Verstärkung, Nachstellzeit, u.s.w. einstellbar.



## Anlagenbeispiel

In diesem Lehrgang sollen an einem Anlagenbeispiel aus dem Bereich der Verfahrenstechnik einige Messverfahren dargestellt werden. Die Übertragung der Messwerte und die Arbeit mit Messwandlern und Einheitssignalen werden simuliert. Das Zusammenwirken von Mess- und Stellsignalen in einem vollständigen Regelkreis kann am Beispiel der Durchflussregelung verfolgt werden.



Die Anlage (Reaktionsgefäß mit Fassabfüllung) ist zunächst in der Übersicht mit den Messstellen und den Regelkreisen dargestellt. Die Bedeutung der EMSR Symbole können zunächst analysiert werden.

Während der Simulation erscheint (wenn der Mauszeiger länger über dem Symbol verweilt) ein Hinweis zu dem Messstellenkreis. Mit einem L-Klick könnte auch direkt zu dem jeweiligen Messverfahren gewechselt werden.

## Messverfahren

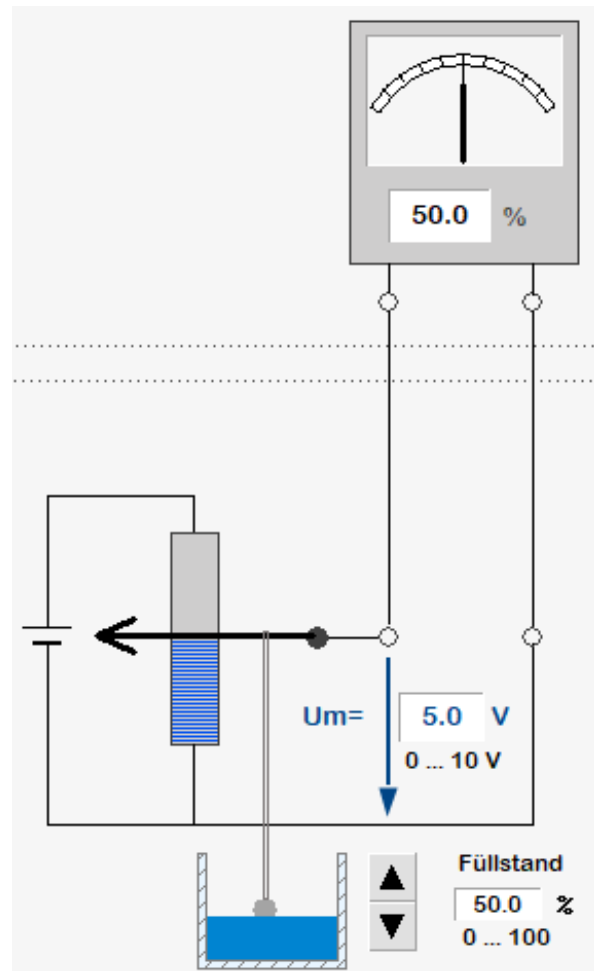
### Standmessung

Für die Messung von Füllständen in der Verfahrenstechnik werden verschiedene Messmethoden eingesetzt. In dem für diese Simulation ausgewählten Aufbau wird mit einem Schwimmkörper gearbeitet.

### Messprinzip

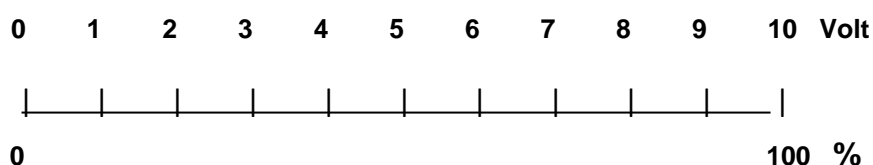
Ein Schwimmkörper ist über ein Gestänge mit dem Schleifer eines Potentiometers verbunden. Entsprechend dem Füllstand ( 0 ... 100% ) wird der Schleifer über den Widerstand bewegt. Zwischen dem unteren Anschluss des Widerstandes und der Schleiferstellung liegt somit ein Teilwiderstand, der dem Füllstand ( in % ) entspricht. Da der (Gesamt-)Widerstand an einer Spannung von  $U = 10\text{V}$  liegt, kann am Schleifer eine dem Füllstand proportionale Spannung zwischen 0 und 10 V gemessen und zur Anzeige weitergeleitet werden.

Arbeitet das Anzeigeeinstrument mit einem Messbereich von 10V, so kann der angezeigte Spannungswert (0 ...10V) in einen proportionalen Füllstand (0 ... 100%) umgesetzt werden.



### Arbeitsaufträge

1. Die Skala des Anzeigeelements ist linear eingeteilt für die Spannungswerte von 0 bis 10 Volt. Tragen Sie die Zahlenwerte für die direkte Anzeige des Füllstandes (in %) unter der Skala ein.



2. Der Wert der Messspannung ( $U_m$ ) für verschiedene Füllstände soll rechnerisch überprüft werden. Der Gesamtwiderstand des Potentiometers ist hierbei mit  $1k\Omega$  anzusetzen. (Der Einfluss des Anzeigeinstruments soll unberücksichtigt bleiben!)

Rechnung:

unterer Teilwiderstand des Potentiometers ( $R_m$ ):

$$R_m = R_{ges} * \text{Füllstand} / 100$$

Messspannung ( $U_m$ ):

$$U_m = U_{ges} * R_m / R_{ges}$$

Wird mit „realen“ Anzeigeinstrumenten und größeren Übertragungsstrecken gearbeitet, so muss der Einfluss des Innenwiderstandes des Messgerätes berücksichtigt werden. Der dann über die Messleitungen fließende Strom führt zu Messungenauigkeiten:

- Spannungsabfall durch Leitungswiderstand,
- Temperatureinfluss durch Leitungswiderstand.

Auf Blatt 3 wird zur Übertragung des Messwertes über größere Entfernungen das Spannungssignal in ein Stromsignal umgewandelt. Die oben genannten Messfehler können durch diese Maßnahme vermieden werden. (siehe hierzu auch: „2.2.1 Einheitssignale der Messkette“)

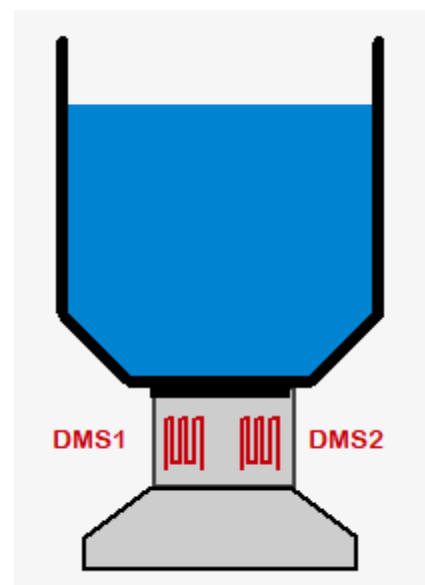
## Kraftmessung

Die Füllmenge eines Vorratsbehälters soll durch Messung der Gewichtskraft bestimmt werden. An den Lagerstempeln des Behälters sind hierzu Dehnungsmessstreifen angebracht

### Messprinzip

Der Widerstand eines elektrischen Leiters ist u. a. abhängig von dessen Länge und dem Querschnitt. Wird der Leiter gestaucht, so verringert sich die Länge und gleichzeitig vergrößert sich der Querschnitt. Beide Veränderungen führen zu einer Verringerung des elektrischen Widerstandes.

Ist dieser elektrische Leiter in Form eines Dehnungsmessstreifens (DMS) fest mit einem elastischen Material (z.B. Stahl) verbunden, so kann die (durch eine Kraft hervorgerufene) elastische Verformung über die Veränderung des elektrischen Widerstands gemessen werden.



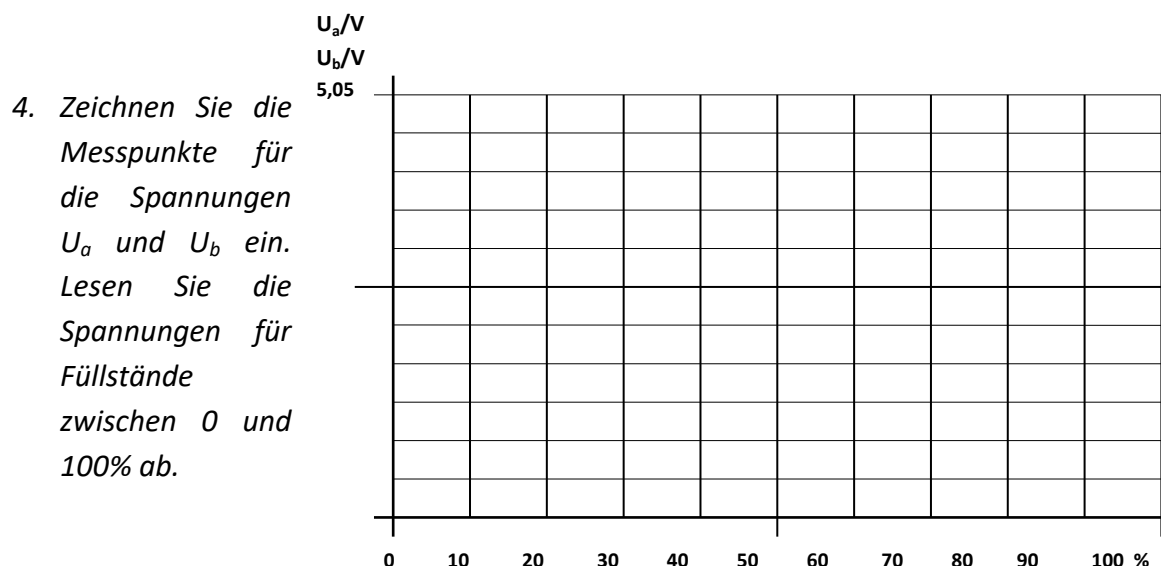
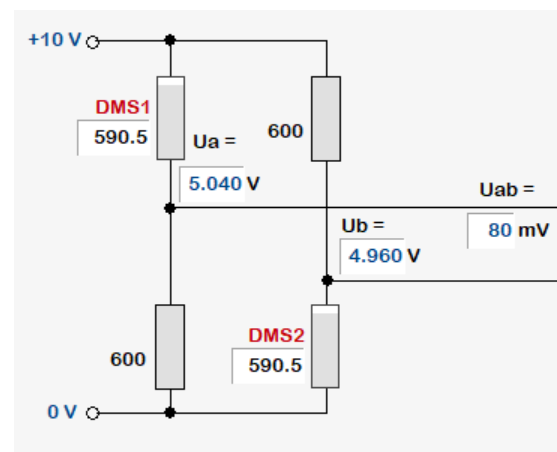
## Arbeitsaufträge

- Bestimmen Sie den Widerstand der Dehnmessstreifen ohne Belastung (Füllung: 0%): ..... Ohm, und mit maximaler Belastung (Füllung: 100%): ..... Ohm.
- Wie groß ist die maximale Widerstandsänderung? ..... Ohm
- Wie groß ist die maximale relative Änderung? ..... %

Soll die Widerstandsveränderung direkt zur Anzeige der verursachenden Kraft genutzt werden, so ist die Anzeige aufgrund der geringen relativen Änderung sehr ungenau. Die Verwendung einer Brückenschaltung mit einem oder mehreren DMS führt zu größerer Anzeigegenauigkeit.

## Funktion der Brückenschaltung

Liegt an der Reihenschaltung (linker Spannungsteiler) aus DMS (oben) und Widerstand (unten) eine konstante Spannung, so verringert sich bei abnehmendem DMS-Widerstand auch die „DMS-Spannung“. Die Restspannung ( $U_a$ ) wird entsprechend größer. Im rechten Spannungsteiler liegt der DMS unten, die Spannung  $U_b$  wird also kleiner.

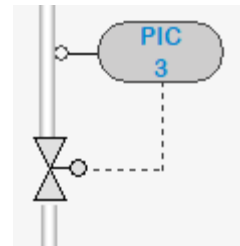


Die „Brückenspannung“ ( $U_{ab} = U_a - U_b$ ) zwischen den beiden Spannungsteilern wird verstärkt und zur Anzeige genutzt.

5. Bestimmen Sie die Brückenspannung  $U_{ab}$  ohne Belastung (Füllung: 0%): ..... mV, und mit maximaler Belastung (Füllung: 100%): ..... mV.
6. Wie groß ist die maximale Spannungsänderung? ..... mV
7. Wie groß ist die maximale relative Änderung? ..... %

## Druckmessung

Der Druck in einer Rohrleitung soll gemessen, angezeigt und geregelt werden. Die Simulation beschränkt sich auf das Messprinzip mit kapazitivem Messfühler, sowie der Anzeige und Registrierung der Messwerte.



### Messprinzip

Zwei leitfähige Flächen sind durch ein Dielektrikum voneinander getrennt. Die Kapazität dieser Anordnung ist u.a. vom Abstand der beiden Flächen abhängig. Wird durch Druck-, bzw. Kraft-einwirkung der Abstand geringer, so vergrößert sich die Kapazität. Ein Messverstärker wandelt die Kapazität in eine der auftretenden Kraft proportionale Spannung um.

Die nebenstehende Abbildung zeigt kapazitive Messfühler (im Vergleich zu einem Streichholzkopf).





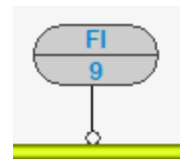
Der Druck in der Rohrleitung wirkt auf eine Membran und verursacht eine der Fläche proportionale Kraft:

$$F = p \cdot A$$

Diese Kraft lenkt die Membran aus und wird auf den Messfühler übertragen. Der Messverstärker wandelt die Kapazität in ein elektrisches Einheitssignal ( hier: 0 ... 10V ) um, welches zur Anzeige, bzw. zur Registrierung verwendet wird.

## Durchflussmessung

Der Durchfluss in einer Rohrleitung soll gemessen und angezeigt werden. Aus den möglichen Messverfahren wurde hier das Wirkdruckverfahren ausgewählt.



## Messprinzip

Engstellen in Rohrleitungen verursachen bei strömenden Flüssigkeiten eine Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit und damit eine Verringerung des statischen Drucks. Wird der Druck vor und in der Rohrverengung gemessen, so kann aus der Druckdifferenz die Strömungsgeschwindigkeit und damit die Durchflussmenge bestimmt werden. Als Engstelle wurde in der Simulation ein Venturirohr verwendet.

In der Ausgangssituation beträgt der Leitungsdruck 4 bar und verursacht damit eine Durchflussmenge von 4 l/s. An dem Wirkdruckgeber kann jetzt eine Druckdifferenz von 16 mbar gemessen werden.

## Arbeitsaufträge 1

1. Verändern Sie den Leitungsdruck so, dass die Durchflussmenge auf den doppelten Wert, also 8 l/s steigt. Welche Druckdifferenz wird jetzt gemessen?
2. Wie kann die Abhängigkeit der Druckdifferenz von der Durchflussmenge formuliert werden?
3. Verändern Sie über den Leitungsdruck die Durchflussmenge zwischen 0 und 10 l/s.  
Beobachten Sie Darstellung im Diagramm. (Über die Schaltfläche „Speichern“ können Sie die Darstellung „einfrieren“.

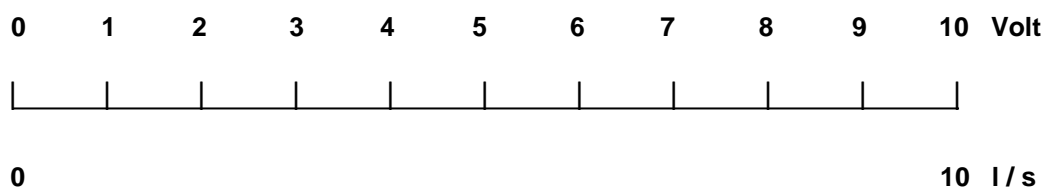
Die gemessene Druckdifferenz soll genutzt werden, um die Durchflussmenge anzuzeigen. Zunächst muss das pneumatische Signal in ein elektrisches Einheitssignal umgewandelt werden.

Für die Anzeige der Durchflussmenge steht ein elektrisches Spannungsmessgerät für den (Einheits-)Bereich von 0 bis 10 Volt zur Verfügung. Der Druckbereich von 0 bis 100 mbar

(entsprechend der Durchflussmenge von 0 bis 10 l/s) muss also in einen Spannungsbereich von 0 bis 10 V umgesetzt werden.

### Arbeitsaufträge 2

4. Erhöhen Sie die Durchflussmenge schrittweise von 0 bis 10 l/s und lesen Sie die dazugehörigen Spannungswerte (direkt hinter dem Messwandler) ab.
5. Tragen Sie an die Skala von 0 bis 10 Volt die Werte für die entsprechende Durchflussmengen an.



6. Nennen Sie die Besonderheit dieser Skaleneinteilung:

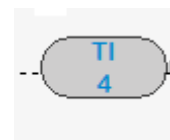
Soll die lineare Einteilung der Volt-Skala auch für die Durchflussmenge gelten, muss ein Radizierer in die Messkette eingefügt werden. Das quadratische Verhältnis der Druckdifferenz zur Durchflussmenge wird durch den Radizierer „linearisiert“!

*(Die rechnerische Überprüfung der Radizierung gelingt nur, wenn mit den „Prozentzahlen“ gerechnet wird!)*

>> eventuell weiter bei: 2.2.1 Einheitsignale der Messkette

### Temperaturmessung mit Pt100 (Anzeige vor Ort)

Die Temperatur in einem Behälter wird mit einem Pt100-Widerstand gemessen und in der Nähe der Messstelle mit einem Zeigerinstrument angezeigt.



#### Messprinzip

In einem elektrischen Stromkreis aus Spannungsquelle, Pt100, Anschlussleitung und Anzeigeinstrument fließt ein Strom. Verändert sich die Temperatur am Pt100, so verändern sich ebenfalls der Strom und dadurch die Anzeige. Das Instrument wurde so ausgewählt und justiert, dass bei einer Behältertemperatur von 0°C der Zeiger auf dem Nullpunkt steht. Bei 100°C wird dieser Wert durch Vollausschlag angezeigt. Bei der Einstellung der Anzeige wurde der Leitungswiderstand von 1 Ohm (bei 20°C) berücksichtigt.

### Arbeitsaufträge 1

1. Kennlinie ( $R = f(\vartheta)$ ) des Pt100 zwischen 0 und 100°C aufnehmen,

2. PTC-Verhalten bei Metallen formulieren,
3. Formel für den Warmwiderstand anwenden,
4. Ströme für verschiedene Arbeitspunkte kontrollieren

Der Pt100-Messwiderstand wird in Anlagen zum Schutz vor mechanischen, chemischen und anderen Umwelteinflüssen nur mit Schutzrohr eingesetzt. Da die Wärmeübertragung vom zu messenden Medium bis zum Platindraht verzögert wird, kann bei (angenommenen) sprungartigen Änderungen der Behältertemperatur die Anzeige nur verzögert erfolgen.

### Arbeitsaufträge 2

5. Beobachtung des zeitlichen Verhaltens der Anzeige bei Temperaturänderungen.
6. Ändern Sie sprungartig die Behältertemperatur zwischen 50 und 100°C. Nach welcher Zeit zeigt das Anzeigementrument den richtigen Temperaturwert an?

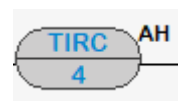
Der Widerstand der Anschlussleitung blieb bislang konstant auf 1 Ohm. Liegt die Leitung allerdings in der Nähe von Wärmequellen, so ist die Leitungstemperatur größer als 20°C. Die Erhöhung der Umgebungstemperatur kann durch die Pfeiltasten simuliert werden.

### Arbeitsaufträge 3

7. Einfluss der Temperaturerhöhung auf den Leitungswiderstand beobachten und durch Rechnung überprüfen,
8. Anzeige der Behältertemperatur beobachten und den absoluten und prozentualen Fehler bestimmen,
9. Zusammenhang zwischen Messgenauigkeit, Leitungslänge und Umgebungstemperatur formulieren.

## Temperaturmessung mit Pt100 (Anzeige in der Warte)

Die in einem Behälter gemessene Temperatur soll nicht wie im ersten Beispiel vor Ort, sondern in einer entfernten Warte angezeigt werden. Der Messwert dient außerdem u.a. als Istwert für eine vorhandene Temperaturregelung



Der Messwert muss also über eine größere Strecke ohne unzulässige Umfeldeinflüsse fehlerfrei übertragen werden. Die im vorigen Beispiel gezeigte Schaltung ist hierzu nicht geeignet.

### Messprinzip der 4-Leiter-Schaltung

Aus einer Stromquelle fließt ein konstanter Strom (hier: 1mA) über den Pt100-Widerstand und erzeugt eine dem aktuellen Widerstandswert proportionale Messspannung. Über ein zusätzliches Leitungspaar wird diese Messspannung an einen (hochohmigen) Messwandler weitergeleitet. Da der Messstrom auf diesem zusätzlichen Leitungspaar annähernd Null ist,

können Einflüsse durch den Leitungswiderstand (und damit auch der Umgebungstemperatur) vernachlässigt werden.

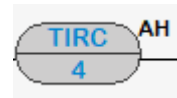
Der Messwandler bildet aus der Messspannung ein Einheitssignal (hier zwischen 4 und 20mA), welches auch über größere Entfernungen ohne Übertragungsfehler weitergeleitet werden kann.

### Arbeitsaufträge

1. Der Konstantstrom kann versuchsweise über die Schaltfläche „Konstantstrom EIN/AUS“ ausgeschaltet werden. Beobachten sie die Messspannung.
2. Der Zusammenhang zwischen Einheitssignal (4 bis 20mA) und Messtemperatur (0 bis 100°C) ist in einem Diagramm darzustellen.

### Temperaturmessung mit Thermoelement

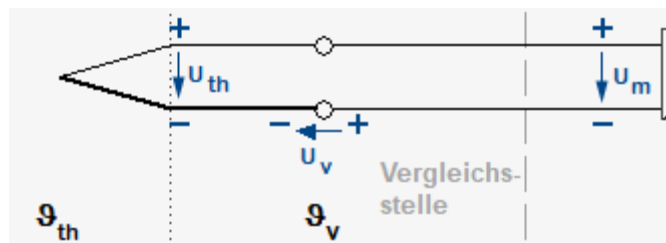
Die mit einem Thermoelement als Messfühler ermittelte Temperatur soll zu einer Messwarte weitergeleitet und (u. a.) angezeigt werden.



### Messprinzip

Ein Thermoelement besteht aus zwei Drähten aus unterschiedlichen Metallen. An der Verbindungsstelle dieser beiden Metalle entsteht eine temperaturabhängige „Thermo“-spannung. Bei Anschluss der Thermoelement-Drähte an die Verbindungsleitung zum Messwandler entsteht (zumindest) ein weiteres „Thermopaar“ und damit eine weitere Thermospannung („Vergleichsspannung“). Für die Messung kann nur die Differenz dieser beiden Thermospannungen ausgenutzt werden.

In dem dargestellten Beispiel wurde als Thermopaar Kupfer (+) und Konstantan (-) angenommen. Konstantan wurde in der Strich-Darstellung dick gezeichnet.



Bei 100°C Messtemperatur ( und 0°C an der Vergleichsstelle) erzeugt dieses Thermopaar 4,25mV Thermospannung. Um übersichtlicher rechnen zu können, wurde dieser Wert bei der Simulation mit 5mV angenommen!

Bei der Justierung der Temperaturanzeige wird von einer Vergleichsstellentemperatur von 20°C ausgegangen. Liegt jetzt die Messtemperatur bei 80°C, so ist die Messspannung:

$$U_m = U_{th} - U_v = 4\text{mV} - 1\text{mV} = 3\text{mV}$$

Das Anzeigeeinstrument muss so eingestellt werden, dass nicht 60°C, sondern (zuzüglich der Vergleichstemperatur) 80°C angezeigt werden.

In der oberen Schaltung befindet sich die Vergleichsstelle in der Nähe der Messstelle. Die Vergleichstemperatur erhöht sich dadurch, wenn die Behältertemperatur steigt.

### Arbeitsaufträge 1

1. Überprüfen Sie die angezeigten Thermospannungen und die dargestellte Rechnung.
2. Ermitteln Sie den Anzeigefehler, wenn die Behältertemperatur 200°C beträgt.

In der unteren Schaltung wird zum Anschluss des Thermopaars eine Ausgleichsleitung verwendet. Diese besonderen Leitungen bestehen aus den gleichen Materialien wie das Thermopaar. Der Übergang auf normale Cu-Leitung und damit die Vergleichsstelle ist also weiter von der Messstelle entfernt. Die Vergleichstemperatur weicht damit nicht mehr so stark von der Raumtemperatur 20°C ab.

### Arbeitsaufträge 2

3. Überprüfen Sie die angezeigten Thermospannungen und die dargestellte Rechnung.
4. Ermitteln Sie den Anzeigefehler, wenn die Behältertemperatur 200°C beträgt.

Auf der nächsten Seite des Lehrgangs wird eine Schaltung nachgebildet, bei der die Vergleichsstelle auf konstanter Temperatur gehalten wird. Geeignet wäre hier Eiswasser, um eine Vergleichstemperatur von 0°C zu gewährleisten. Für den Einsatz in Produktionsanlagen ist eine Vergleichsstellenheizung mit Temperaturregelung (z.B. auf 50°C) zweckmäßiger.

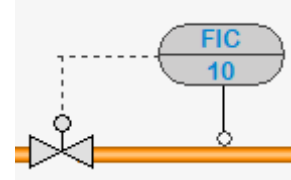
### Arbeitsaufträge 3

5. Stellen Sie verschiedene Vergleichstemperaturen ein und überprüfen Sie die Anzeige.
6. Ermitteln Sie den Anzeigefehler, wenn die Behältertemperatur 200°C beträgt.

## Messwandler und Einheitssignale

### Einheitssignale der Messkette

In der nebenstehenden Darstellung wird der Messkreis beschrieben: Die Durchflussmenge in einer Rohrleitung soll gemessen und in der Messwarte angezeigt werden. Außerdem dient dieser Messwert als Istwert für die Regelung des Durchflusses.



Vom Messort der Durchflussmenge (in der Anlage) bis zum Anzeigeort (in der Messwarte) muss der Messwert über eine größere Entfernung übertragen werden.

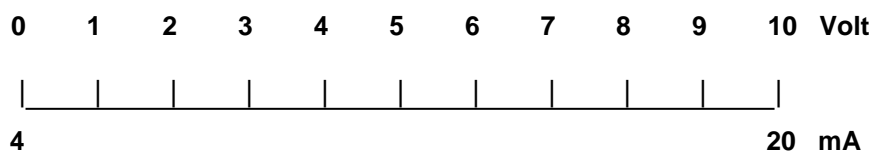
Wird ein dem Durchfluss entsprechendes Spannungssignal (z.B. Einheitsbereich 0 bis 10V) benutzt, so beeinflusst u.a. der Leitungswiderstand des Mess-Stromkreises die Anzeige. Temperatureinflüsse auf die Übertragungsleitung können somit zu Messfehlern führen.

Für die Messwertübertragung wird daher bei größeren Entfernungen häufig ein Stromsignal benutzt. Der Messwert (Bereich: 0 bis 100%) wird hierzu in einen Strom (Einheitsbereich z.B. 0 bis 20mA) umgesetzt, der unabhängig vom Leitungswiderstand übertragen wird.

Wird in der Messwarte ein Messwert von 0% angezeigt, so kann bei einem benutzten Einheitssignal von 0 bis 20mA (oder 0 bis 10V) nicht unterschieden werden zwischen einem tatsächlich gemessenem Wert von 0% und einem eventuellen Leitungsbruch! Aus Sicherheitsgründen wird daher häufig mit einem „lebenden Nullpunkt“ gearbeitet. Bei einem Einheitssignal von 4 bis 20mA fließt bereits beim Messwert von 0% ein Strom von 4mA. Sinkt der Stromfluss auf 0mA, so kann eindeutig ein Leitungsfehler festgestellt werden.

### Arbeitsaufträge

1. Verändern Sie den Durchfluss (0 bis 10 l/s) und damit das Spannungssignal hinter dem Radizierer schrittweise von 0 bis 10V. Ermitteln Sie die entsprechenden Stromwerte für den Einheitsbereich zwischen 4 und 20mA. Tragen Sie die Stromwerte an die Skala an.



2. Lösen Sie die folgenden Aufgaben durch Berechnung. Überprüfen Sie anschließend durch Simulation:
  - a. Welcher Strom ergibt sich bei einer Durchflussmenge von 8 l/s ?
  - b. Der Strom beträgt 10mA (Einheitsbereich 4 bis 20mA). Wie groß ist die entsprechende Durchflussmenge?

## Messwandler auswählen

Die dargestellte Messkette zeigt mögliche Stationen, die ein Messsignal vom Messort (unten) bis zur Anzeige in der Warte (oben) durchläuft.

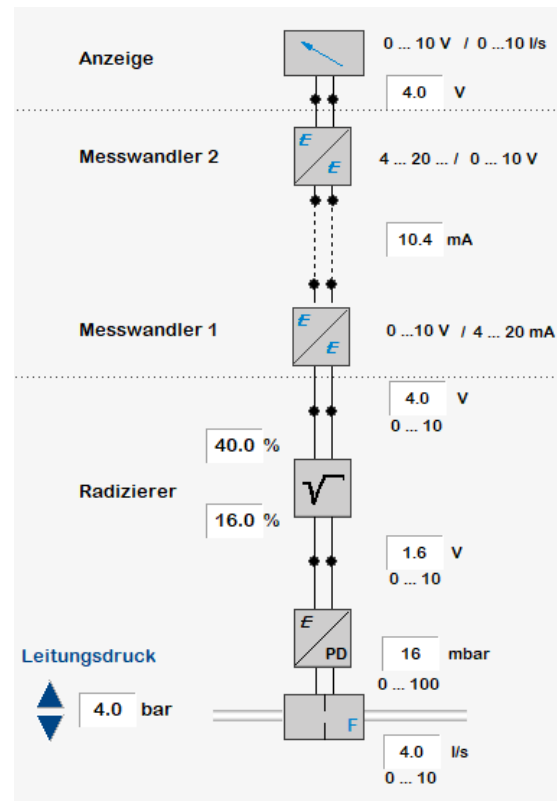
Der Durchfluss wird zunächst nach dem Differenzdruckverfahren erfasst.

Anschließend wird der Differenzdruck in eine proportionale Spannung umgewandelt.

Die quadratische Abhängigkeit des Differenzdrucks vom Durchfluss wird durch den nachfolgenden Radizierer „linearisiert“.

Für die Übertragung über größere Entfernungen kann durch Auswahl eines geeigneten Messwandlers ( 1 ) das Spannungssignal in ein proportionales Stromsignal umgewandelt werden.

In der Messwarte muss das Signal durch einen weiteren Messwandler ( 2 ) dem Anzeigeinstrument angepasst werden.



Durch L-Klick auf Messwandler 1, Messwandler 2 oder das Anzeigeinstrument ist es möglich, die Arbeitsbereiche auszuwählen.

Die Arbeitsbereiche entsprechen denen der elektrischen Einheitssignale. Stimmt der Bereich des Ausgangssignals des 1. Messwandlers nicht mit dem Bereich des Eingangssignals des nachfolgenden Messwandlers überein, ist die Übertragung fehlerhaft.

Ungültige Kombinationen werden rot gekennzeichnet!

**Messwandler 1 auswählen:**

Der Messwandler wandelt das Eingangssignal bei Änderungen zwischen 0 und 100% um in:

☐ 0...10 V

☐ 2...10 V

☐ 0...20 mA

☒ 4...20 mA

## Arbeitsauftrag

1. Wählen Sie Einheitssignalbereiche aus. Ermitteln Sie anschließend für einen vorgegebenen Durchfluss verschiedene Signalwerte der Messkette und kontrollieren Sie diese durch Simulation.

## Messwandler einstellen

Messwandler können u.a. durch Alterung, unsachgemäßen Gebrauch oder Temperatureinflüsse Ungenauigkeiten bei der Signalwandlung verursachen. Für genaue Messungen ist es also erforderlich, Messwandler zu justieren.

Öffnen Sie über die Schaltfläche

*Übertragungsverhalten*

das Diagrammfenster, welches die Kennlinie des Messwandlers darstellt.

Ist der Messwandler korrekt eingestellt, so verläuft die Kennlinie zwischen 4mA (bei  $U = 0V$ ) und 20mA (bei  $U = 10V$ ).

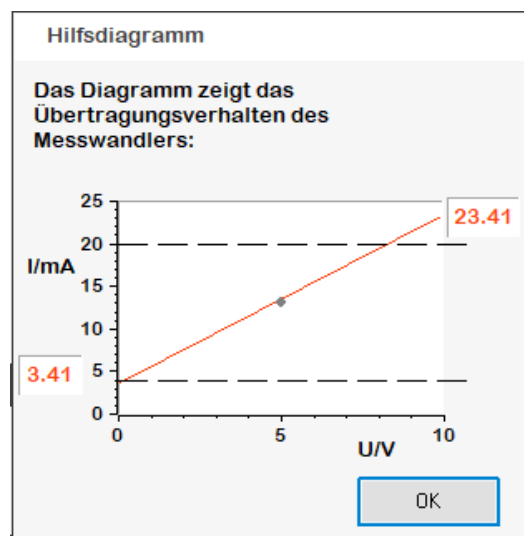
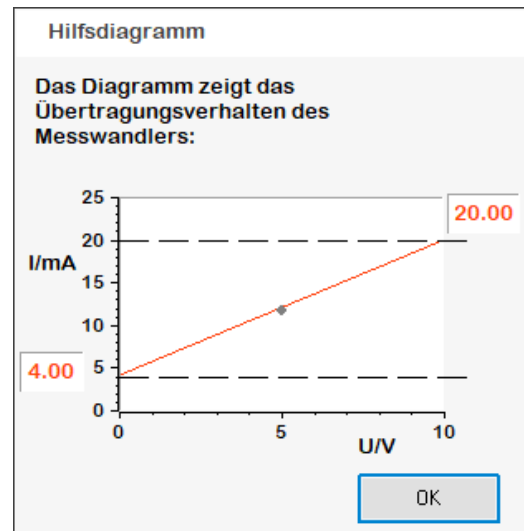
In der Simulation kann der Messwandler durch die Schaltfläche

*Messwandler i.O.*

justiert werden!

Um die Justierung des Messwandlers durchzuführen, wird zunächst das Übertragungsverhalten verstellt:

Schaltfläche: *Messwandler verstellt*



## Arbeitsauftrag

1. Stellen Sie für die Justierung des Messwandlers Nullpunkt und Steigung der Kennlinie ein.
2. Justieren Sie zunächst mit dem „Nullpunkt“-Steller den unteren Grenzwert des Wandlers auf 4mA.
3. Anschließend kann über die „Steigung“ der obere Grenzwert von 20mA eingestellt werden.
4. Da sich bei dem letzten Schritt auch der Nullpunkt wieder verstellt hat, muss in mehreren Justierschritten auf eine genaue Einstellung hingearbeitet werden.





## Einheitswerte berechnen

Zur Kontrolle der korrekten Arbeitsweise von Messwandlern ist es erforderlich, den Signalwert von Einheitssignalen rechnerisch nachzuprüfen zu können. Entsprechend den Arbeitsaufträgen von Abschnitt 2.2.1 kann auf diesem Blatt die Berechnung von Einheitssignalen interaktiv geübt und kontrolliert werden.

Die für die Berechnungen gewählten Beispielswerte werden bei jedem Aufruf dieser Seite neu festgelegt. Nachdem die errechneten Werte in das gelb umrahmte Ergebnisfeld eingetragen wurden, kann dieses Ergebnis durch Drücken der „Prüfen“-Taste mit dem intern vorliegenden „Sollwert“ verglichen und automatisch beurteilt werden. Weicht der eingetragene Wert mehr als ca. 1% vom korrekten Wert ab, wird das Ergebnis als „Falsch“ beurteilt. Wurde der richtige Wert in das Ergebnisfeld eingetragen und überprüft, wird dieser Signalwert als Balkengrafik und als Zahlenwert dargestellt.

Alle Aufgaben können mehrfach bearbeitet werden. Sind alle Aufgaben korrekt gelöst, wird dies in der unteren Leiste farblich (grün) dargestellt.

## Arbeitsauftrag

1. Wählen Sie zunächst eine Aufgabe (z.B. Nr. 1) zur Bearbeitung aus.
2. Errechnen Sie für das in dieser Aufgabe „verwendete Einheitssignal“ den Momentanwert aus.
3. Tragen Sie diesen Wert in das gelb umrandete Ergebnisfeld ein und bestätigen Sie mit <Return>!
4. Bei richtiger Lösung können Sie zur nächsten Aufgabe weitergehen, ansonsten haben Sie beliebig viele weitere Versuche.

### Testaufgaben „Einheitswerte berechnen“

Es besteht für die beschriebenen Aufgaben die Möglichkeit, die Lösungsergebnisse und die benötigte Bearbeitungszeit protokollieren und bewerten lassen. Als Testergebnis liefert das Protokoll eine Beurteilung auf einer Punkteskala von 0 bis 100.

Mit dem Betätigen der „START“-Taste beginnt die Erfassung der Bearbeitungszeit. Es können jetzt in beliebiger Reihenfolge die 5 Aufgaben gewählt und bearbeitet werden. Das Testende wird über die „STOP“-Taste ausgelöst. Gleichzeitig wird hierbei das Testergebnis als Protokoll gespeichert. Über Schaltflächen (auf dem Arbeitsblatt unten rechts) kann das Protokoll angezeigt, bzw. ausgedruckt werden.



#### Grundlage der Bewertung:

Für jede richtige Lösung werden 20 Punkte vergeben. Die normale Bearbeitungszeit je Aufgabe wird auf 3 min festgelegt. Wird nur eine besonders kurze Bearbeitungszeit benötigt, werden max. 10 Punkte zusätzlich addiert. Überschreitet die gesamte Bearbeitungszeit den Normalwert (15 min), so werden z.B. bei doppelter Zeit 10 Punkte subtrahiert.

#### Protokoll : 2.2.4 Einheitssignale berechnen

**Prozessleitwarte**

58.1 %  
0 ... 100

**verwendetes Einheitssignal**

0 ... 10 V  
2 ... 10 V  
0 ... 20 mA  
4 ... 20mA

**Messort**

10V

Messspannung

5.81 v  
0 ... 10V

Füllstand

58.1 %  
0 ... 100

**Aufgabenbeschreibung:**

Das Messsignal wird im Messwandler in ein Einheitssignal umgewandelt und an die Anzeige in der Warte weitergeleitet.

Wählen Sie eine Aufgabe aus und ermitteln Sie, wie groß der Momentanwert des hier verwendeten Einheitssignals bei der angezeigten Messspannung ist!

Lösen Sie alle 5 Aufgaben!

#### Ergebnisprotokoll zur Aufgabe "Einheitssignale":

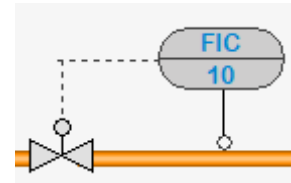
Rechnernamen:	GHOST5	folgende Aufgaben wurden gelöst:
angem. Benutzer:	sandy	
Datum & Uhrzeit:	17:03:58 27.02.2005	Aufgaben:
Bearbeitungsdauer:	5 min, 26 sec	1 ✓
erreichte Punkte:	85.5 von 100	2 ✓
		3 ✓
		4 ✓
		5 ✗

richtig gelöste Aufgaben: 4

## Signale im Regelkreis

### Durchflussregelung

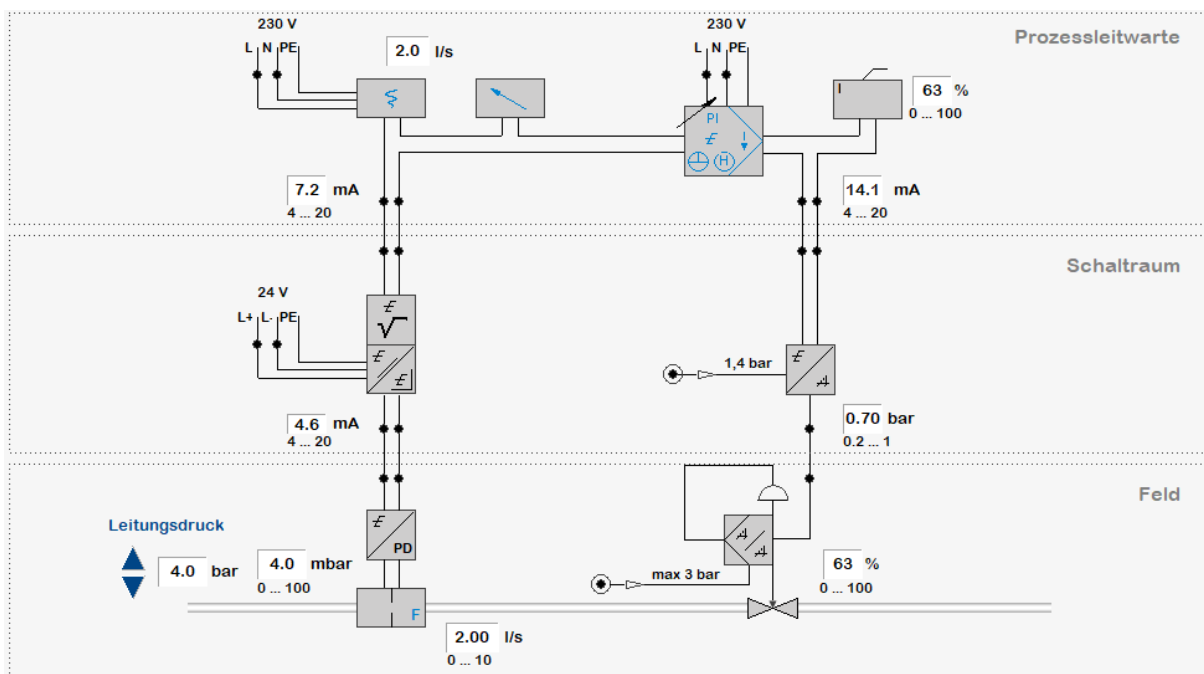
Zur Regelung des Volumenstroms wird in der dargestellten Anlage (Messstelle 10) zunächst der Durchfluss gemessen und angezeigt. Dieser Istwert wird im Regler mit dem Sollwert verglichen und entsprechend den Reglereinstellungen zur Stellgröße weiterverarbeitet. Das Regelventil verändert durch die Stellgröße den Volumenstrom.



Eine detaillierte Darstellung des Regelkreises mit den Geräteanschlüssen erfolgt im EMSR-Stellenplan.

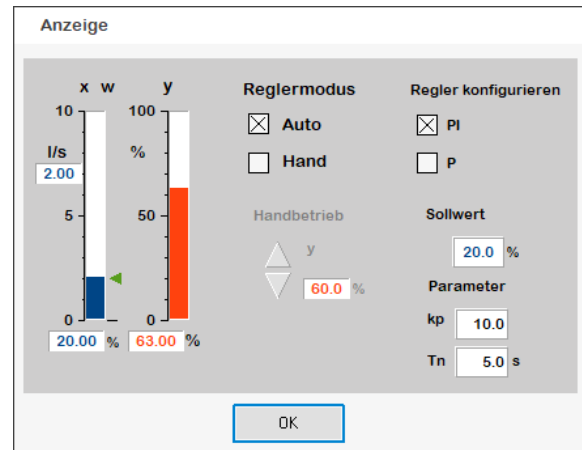
Die in der Anlage („Feld“) gemessene physikalische Größe gelangt über Zwischenstationen (z.B. Schaltraum) in die Prozessleitwarte zur Anzeige und Registrierung. Diese gemessene Regelgröße („Istwert“) wird im Regler mit dem (einstellbarem) Sollwert verglichen. Entsprechend dem gewählten Reglertyp und den eingestellten Parametern wird aus dem „Regelfehler“ das Stellsignal gebildet.

Der gewählte Universalregler arbeitet an Ein- und Ausgang mit Einheitssignalen (hier: 4 bis 20mA). Zur Ansteuerung des Regelventils wird dieses Signal in ein Druck-Einheitssignal (0,2 bis 1bar) umgewandelt.



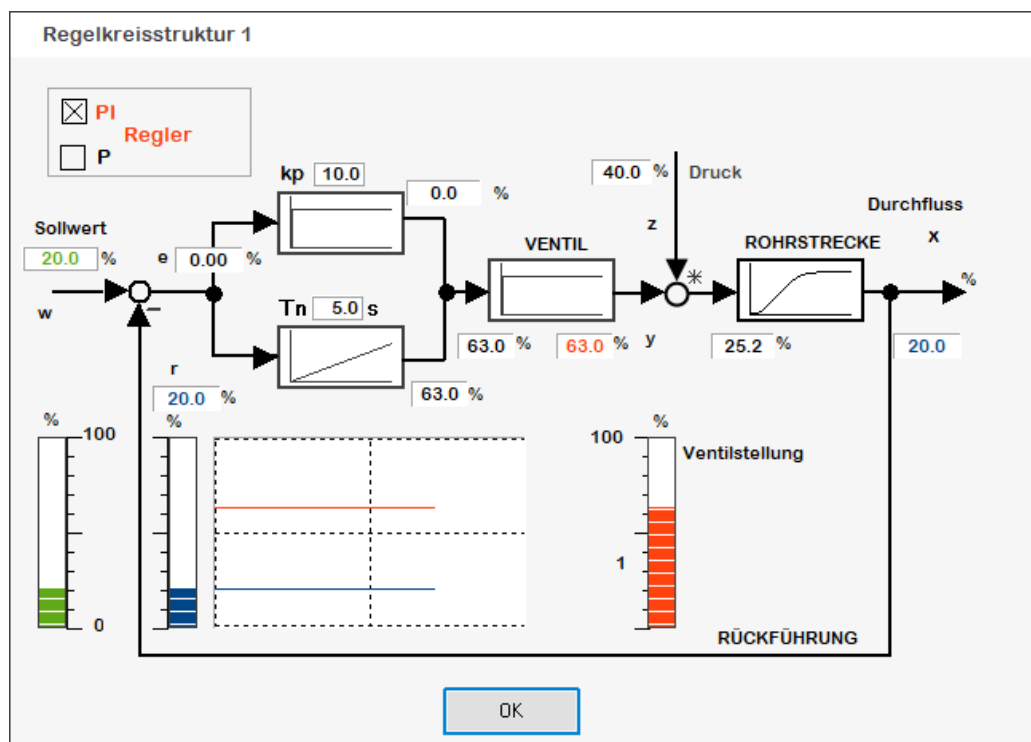
Die aktuellen Signalwerte (Felder mit weißem Hintergrund) können zur Beurteilung des Regelverhaltens beobachtet werden. Einige Bestandteile des Regelkreises (Differenzdruckgeber, Anzeige, Regler) lassen sich durch L-Klick „öffnen“

Entsprechend einem Universalregler kann in dieser Darstellung der Regler eingestellt werden.



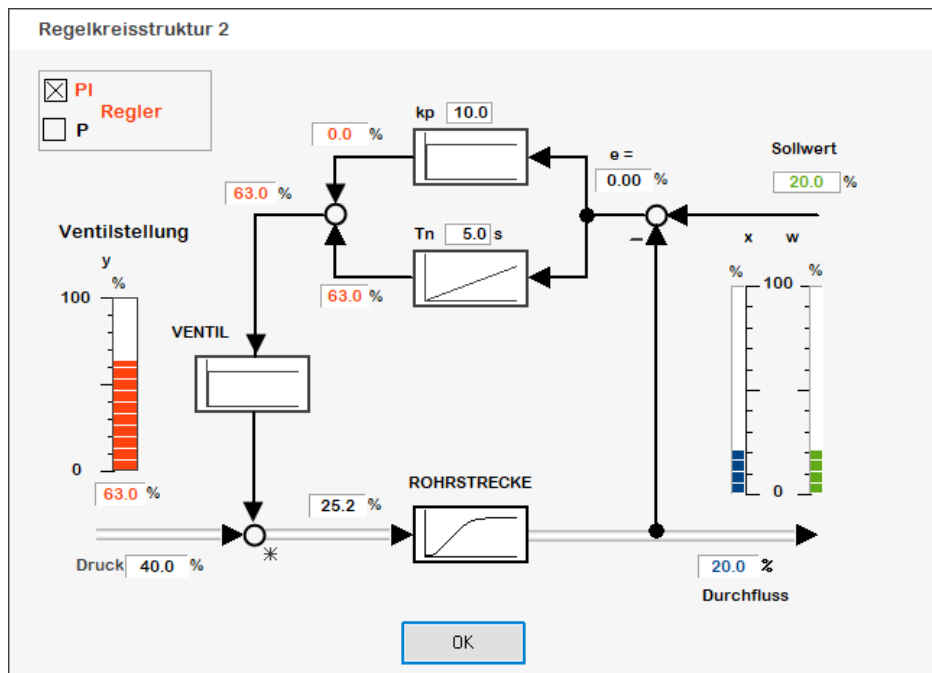
Der Regelkreis wird in der Anfangssituation in einem stabilen, eingeschwungenen Zustand gezeigt. Sollen diese Einstellungen zu einem späteren Zeitpunkt wiederhergestellt werden, so kann dies über die Schaltfläche „Anfangsstellung“ geschehen.

Zur Veranschaulichung der regelungstechnischen Struktur eines Regelkreises sind verschiedene Darstellungen üblich. Über die Schaltflächen „Regelkreis (Struktur 1)“, bzw. „(2)“ können beide wahlweise eingeblendet werden. Auch über diese Darstellung können Veränderungen von Reglerparametern und Sollwert durchgeführt werden.

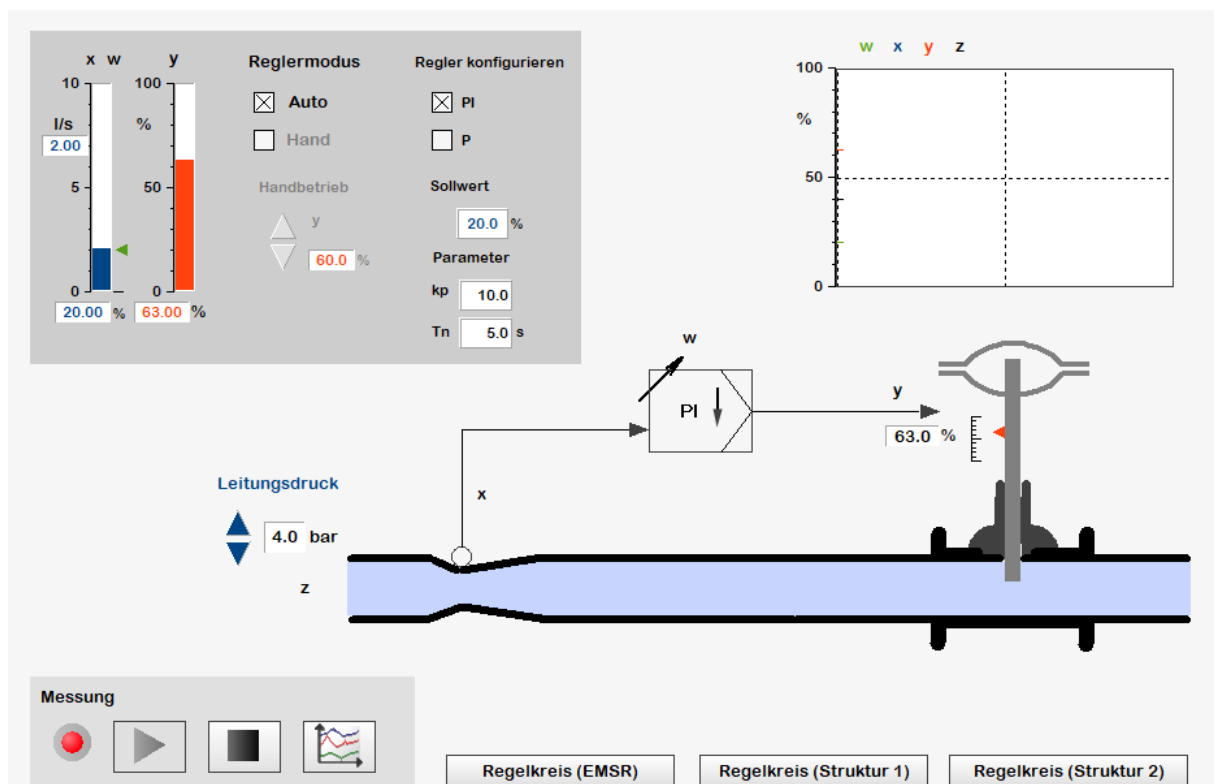


Die Regelkreisstruktur 1 entspricht einer mehr „informationstechnischen“ Sicht und zeigt die Auswirkung des Sollwertes auf die Regelgröße von links nach rechts. Deutlich wird hier auch das Prinzip der Gegenkopplung (über die Rückführung).

Die Regelkreisstruktur 2 zeigt vorrangig den Massen-, bzw. Energiefluss (von links nach rechts) und den hierauf einwirkenden Regler. Diese Betrachtungsweise verliert zunehmend an Bedeutung.

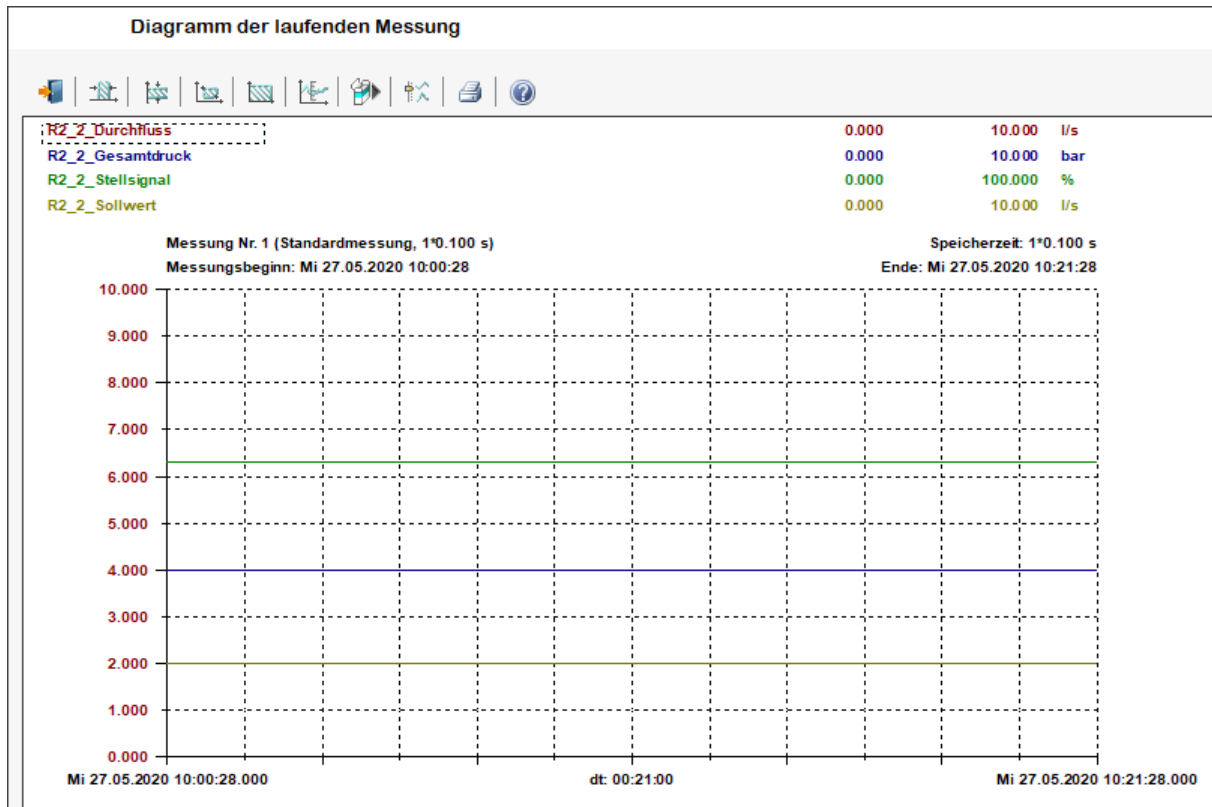


Eine stark vereinfachte, „bildliche“ Darstellung des Regelkreises (Schaltfläche „Regelkreis (vereinfacht)“, aber auch mit den Möglichkeiten der Reglereinstellungen kann ebenfalls gewählt werden.



Hinweis zur grafischen Darstellung der Signale im Regelkreis:

Ist die Messwertspeicherung aktiviert (rotes „record“-Zeichen), so werden die Signale im Regelkreis laufend erfasst und abgespeichert. Ebenfalls über die untere Schaltflächen-Leiste kann die Diagrammdarstellung geöffnet werden.



## Vorschläge zur Einarbeitung in die Durchflussregelung

### 1. Verstellung des Durchflusses im Handbetrieb:

Arbeitsschritte:

- Stellen Sie die Anfangseinstellungen (Schaltfläche) ein.
- Öffnen Sie die Regleransicht.
- Stellen Sie mit den Pfeiltasten die Hand-Stellgröße (60%) auf die Regler-Stellgröße (63%) ein.
- Schalten Sie jetzt von AUTO- auf HAND-Betrieb um. **(Der Durchfluss dürfte sich nicht verändern!)**
- Erhöhen Sie durch Verändern der Hand-Stellgröße die Durchflussmenge auf 2,5 l/s. Welchen Wert für die Stellgröße haben Sie gewählt?

$y_{\text{Hand}} = \dots\dots\dots\%$

### 2. Handregelung:

Arbeitsschritte:

- Stellen Sie die Anfangseinstellungen (Schaltfläche) ein.
- Öffnen Sie die Regleransicht.
- Stellen Sie mit den Pfeiltasten die Hand-Stellgröße (60%) auf die Regler-Stellgröße (63%) ein.
- Schalten Sie jetzt von AUTO- auf HAND-Betrieb um. *(Der Durchfluss dürfte sich nicht verändern!)*
- Öffnen Sie über die Schaltfläche „Leitungsdruck“ das Fenster: „*Leitungsdruck einstellen*“.
- Erhöhen Sie den Leitungsdruck sprunghaft um 1 bar (über die Schaltfläche „Drucksprung EIN“).
- Verändern Sie die Öffnungsweite des Stellventils soweit, bis sich der Anfangswert für den Durchfluss (2 l/s) wieder einstellt.

$y_{\text{Hand}} = \dots\dots\dots\%$

- Öffnen Sie über die Schaltfläche „Leitungsdruck“ das Fenster: „*Leitungsdruck einstellen*“.
- Schalten Sie „*geringe Schwankungen*“ ein.
- Öffnen Sie die Regleransicht.
- Versuchen Sie durch Verändern der Stellgröße ( $y_{\text{Hand}}$ ) die Durchflussmenge auf dem Sollwert (z. B. 2 l/s) zu halten. *(Vergleichen Sie hierzu in der Regleransicht den Istwert (blauer Balken) mit dem Sollwert (grüner Pfeil)).*
- Öffnen Sie anschließend die Diagrammdarstellung und kontrollieren Sie die Qualität Ihrer Bemühungen.

**Für Hinweise auf Fehler, Ungenauigkeiten,  
Erweiterungsmöglichkeiten und ..... wären wir dankbar!**

**Bitte E-Mail an: [info@schoop.de](mailto:info@schoop.de)**

Wünschen Sie Informationen über unsere weiteren Praktika oder über das Prozessleit- und Simulationssystem (SCADA) WinErs wenden Sie sich bitte an:

Ingenieurbüro Dr.-Ing. Schoop GmbH  
Riechelmannweg 4  
D-21109 Hamburg  
Tel.: 040 / 754 922 30  
[www.schoop.de](http://www.schoop.de)  
Email: [info@schoop.de](mailto:info@schoop.de)