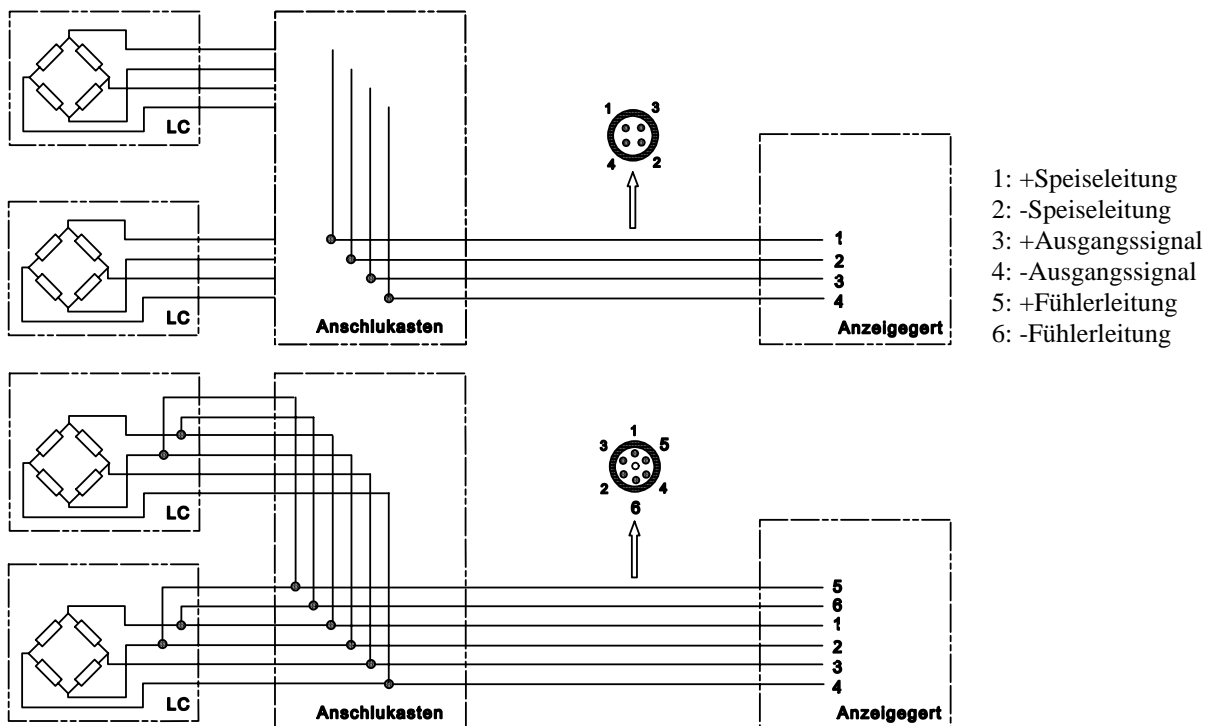


WÄGEZELLENVERKABELUNG

ALLGEMEIN

Die meisten industriellen Wägezellen werden in Wägesystemen mit mehreren Wägezellen eingesetzt. Beim elektrischen Anschluss der Wägezellen sollten die Signal-(Ausgangs-) -Leitungen und die Speiseleitungen parallel geschaltet sein. Normalerweise erfolgt der Anschluss nicht am Anzeigegerät, sondern in einem separaten Gehäuse, einem sogenannten Anschlußkasten, der in der Nähe der Wägeanlage installiert ist.



Die obigen Abbildungen stellen die beiden Grundkonfigurationen mit Wägezellen in Vier- oder Sechseiter- (Fühler-) -Technik dar. Bei 4-Leiteranschlußkabeln sollte das Wägezellenausgangssignal paarweise an diagonal gegenüberliegende Leitungen angeschlossen werden. Manchmal ist ein Abgleich des Ausgangssignales jeder Wägezelle erforderlich, um Ecklastdifferenzen zu vermeiden, die verursacht werden durch:

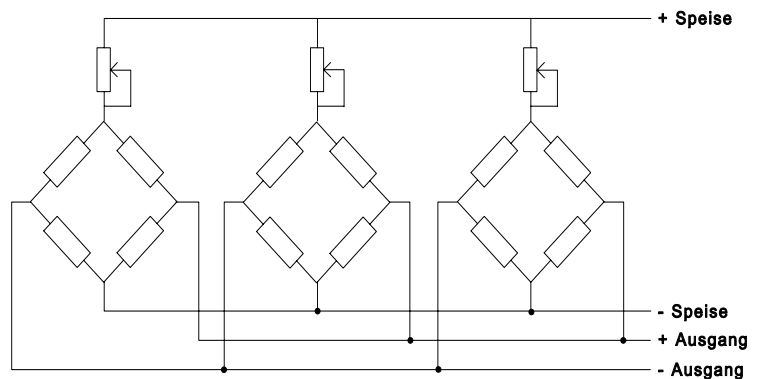
- Parallelanschluß. Jede Wägezelle wird mit dem Widerstand der übrigen Wägezellen beaufschlagt. Folglich erhöhen sich die einzelnen Wägezellen-Ausgangstoleranzen um die einzelne Ausgangswiderstandstoleranz.
- ungleiche Lastverteilung

Der Abgleich kann durch Einschalten von festen oder veränderlichen Widerständen in die Speiseleitung (Spannungsabgleich) oder Ausgangsleitung (Signalabgleich) erfolgen. Sämtliche Wägezellen sollten horizontal exakt waagrecht ausgerichtet und auf einer Ebene sein. **Vor dem Abgleich der Wägezellen ist zu prüfen, ob diese möglicherweise mechanisch ungleich belastet sind.**

SPANNUNGSABGLEICH

Der Spannungsabgleich ist die älteste und meistbenutzte Wägezellen-Abgleichsmethode. Der Abgleich des Ausgangssignales erfolgt durch Einschalten eines Reihenwiderstandes in die Speiseleitung zur Reduzierung der Speisespannung, wodurch die Empfindlichkeit der einzelnen Wägezellen auf diejenige mit dem niedrigsten Wert reduziert wird.

Die Abbildung rechts zeigt drei Wägezellen, bei denen der Spannungsabgleich vorgenommen wurde. Ein temperaturunabhängiger veränderlicher Widerstand bzw. ein Potentiometer von typisch 10Ω wird in die +Speiseleitung jeder Wägezelle eingeschaltet.



Es gibt zwei Spannungsabgleichsmethoden. Die erste Methode besteht in der Einstellung der Potentiometer nach dem Annäherungsverfahren bei gleichzeitigem Herumschieben von Eichgewichten von Ecke zu Ecke. Alle Potentiometer sollten bei Abgleichsbeginn auf einen Widerstand von 0 Ohm eingestellt sein. Ist die Ecke mit dem niedrigsten Ausgangssignal festgestellt, wird das Ausgangssignal der übrigen Wägezellen entsprechend angepaßt. Diese Methode kann sehr zeitraubend sein, besonders für Wägezellen mit sehr hoher Nennlast, oder Behälterwaagen, bei denen die Benutzung von Eichgewichten an den Ecken unpraktisch ist. In diesen Fällen besteht die zweitbeste Methode in einem Vorabgleich der Potentiometer mit einem Voltmeter mit hoher Empfindlichkeit (mindestens $4 \frac{1}{2}$ Stellen). Folgendes Verfahren kann benutzt werden:

- 1) Bestimmung des genauen mV/V-Nennkennwertes jeder Wägezelle (siehe Wägezellen-Eichbescheinigung)
- 2) Bestimmung der genauen Speisespannung des Anzeigergeräts durch Messung dieser Spannung mit dem Voltmeter (zum Beispiel 10,05 V).
- 3) Multiplizieren des niedrigsten mV/V-Wertes (Schritt 1) mit der Speisespannung (Schritt 2).
- 4) Teilen des in Schritt 3 festgestellten Abgleichfaktors durch den mV/V-Wert für die übrigen Wägezellen.
- 5) Messen und Einstellen der Speisespannung der drei übrigen Wägezellen mit dem jeweiligen Potentiometer. Prüfung der Ergebnisse und abschließende Einstellung durch Herumschieben eines Eichgewichtes von Ecke zu Ecke.

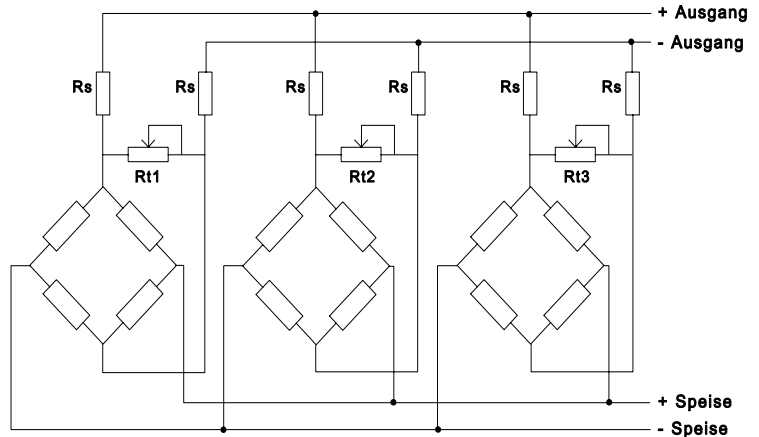
WZ	Ausgang	Schritt 3	Schritt 4	Schritt 5
#1	2,995	$2,995 * 10,05$		Nicht einstellen
#2	3,001		$30,10 / 3,001$	10,030
#3	3,003		$30,10 / 3,003$	10,023
#4	2,998		$30,10 / 2,998$	10,040

ACHTUNG: Die Verringerung der Empfindlichkeit einer Wägezelle bewirkt eine Änderung des Nullausgangssignales aller Wägezellen. Daher ist die Einstellung in kleinen Schritten vorzunehmen und jedes Einstellungsergebnis zu prüfen.

SIGNALABGLEICH

Beim Signalabgleich wird ein relativ hoher Parallelwiderstand (47→220 KΩ) zwischen die beiden Ausgangsleitungen jeder Wägezelle geschaltet und damit ein kleiner Teil des Wägezellensignales überbrückt. Wegen der niedrigen Spannungs- und Stromwerte im Meßkreis erfordert eine geringfügige Veränderung des Ausgangssignales eine große Widerstandsänderung. Der Hauptvorteil des Signalabgleiches besteht in einer vernachlässigbaren Abhängigkeit von Meßspanne und Nullpunkt sowie in einer ausgezeichneten Temperaturstabilität.

Die Abbildung rechts zeigt drei Wägezellen, bei denen das Ausgangssignal abgeglichen wurde. Zur Vermeidung einer Abhängigkeit zwischen den Wägezellen in einem System mit mehreren Wägezellen wird ein Reihenwiderstand (R_s) von üblicherweise 2500Ω in jede der Ausgangsleitungen geschaltet. Im Gegensatz zum Spannungsabgleich ist das vorhandene Signal umso größer, je größer der Nebenwiderstand (R_t).



Zum Vorabgleich der Potentiometer ist folgendermaßen vorzugehen:

- 1) Den genauen mV/V-Nennkennwert jeder Wägezelle feststellen (siehe Eichbescheinigung der Wägezelle).
- 2) Ausgangsimpedanz jeder Wägezelle mit einem hochgenauen Widerstandsmesser messen (min. 4 1/2 Stellen).
- 3) Für jede Wägezelle den Abgleichfaktor (TF) durch Teilen des niedrigsten Ausgangswertes durch jeden der übrigen berechnen.
- 4) Die Parallelwiderstandswerte (R) für jede Wägezelle durch Teilen der Wägezellenausgangs-Impedanz durch (1-TF) berechnen.
- 5) Nur die Wägezellenausgangsleitungen anschließen.
- 6) Die Ausgangsleitungen von einem der Wägezellensignaleingänge abklemmen, den Widerstand über diesen Eingängen mit einem Widerstandsmesser messen und dabei mit dem Abgleichspotentiometer den für die jeweilige Wägezelle berechneten Wert "R" einstellen. Danach die Wägezellenausgangsleitungen wieder anschließen und den Vorgang für jede Wägezelle, außer für diejenige mit dem niedrigsten Ausgangssignal, die nicht abgeglichen werden darf, wiederholen.

WZ	Ausgang	Ausgangsimpedanz	Schritt 3	Schritt 4
#1	2,995	350,1 Ω		kein Abgleich
#2	3,001	350,4 Ω	2,995 / 3,001	175258 Ω
#3	3,003	350,3 Ω	2,995 / 3,003	131493 Ω
#4	2,998	350,5 Ω	2,995 / 2,998	350266 Ω

Die Ergebnisse prüfen, die endgültigen Einstellungen vornehmen und dabei ein Eichgewicht von Ecke zu Ecke schieben.

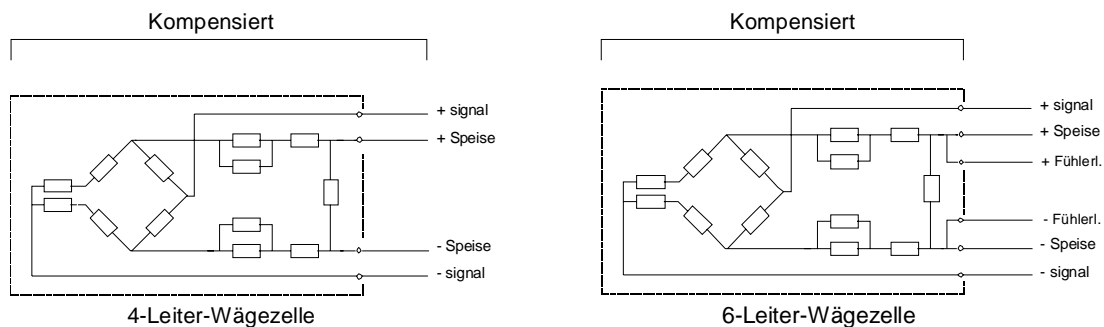
ACHTUNG: Die Widerstände "Rs" sollten sehr gut angepaßt sein ($\pm 0.1\%$) und einen kleinen Temperaturkoeffizienten (≤ 10 PPM) haben, andernfalls ist das System nicht linear!

4-LEITER/6-LEITER-WÄGEZELLEN

Das Wägezellenkabel kann vier oder sechs Leiter haben. Ein Sechsheiterkabel hat neben +/-Speise- und +/-Signalleitungen ebenfalls Plus- und Minusfühlerleitungen. Ein häufiges Mißverständnis besteht in der Annahme, die Möglichkeit, die tatsächliche Spannung an der Wägezelle zu fühlen, sei der einzige Unterschied zwischen 4- und 6-Leiter-Wägezellen.

Wägezellen sind für die Funktion mit der spezifizierten Genauigkeit in einem bestimmten Temperaturbereich (normalerweise -10 bis +40°C) temperaturkompensiert. Da der Kabelwiderstand von der Temperatur abhängig ist, muß die Reaktion des Kabels auf Temperaturschwankungen beseitigt werden. Das 4-Leiterkabel ist Teil des Temperaturkompensationssystems der Wägezelle. Die Wägezelle ist für ein bestimmtes Anschlußkabel kalibriert und temperaturkompensiert. **Ein 4-Leiterkabel darf grundsätzlich nicht gekürzt werden.**

Das 6-Leiterkabel ist nicht Teil der Temperaturkompensation der Wägezelle. Die Fühlerleitungen sind derart an die Fühlerklemmen des Anzeigergeräts angeschlossen, dass eine Rückführung der tatsächlichen Spannung an den Wägezellen stattfindet. Das Anzeigergerät stellt entweder seine Ausgangsspannung oder seinen Verstärker auf die Kompensation des Kabelwiderstandes ein. Der Vorteil dieses "aktiven" Systems besteht darin, dass das Wägezellenkabel auf jede Länge gekürzt (bzw. verlängert) werden kann. **Eine 6-Leiter-Wägezelle hat nicht die spezifizierte Genauigkeit, wenn die Fühlerleitungen nicht benutzt werden.**



TEMPERATUREINFLÜSSE AUF ANSCHLUSSKABEL

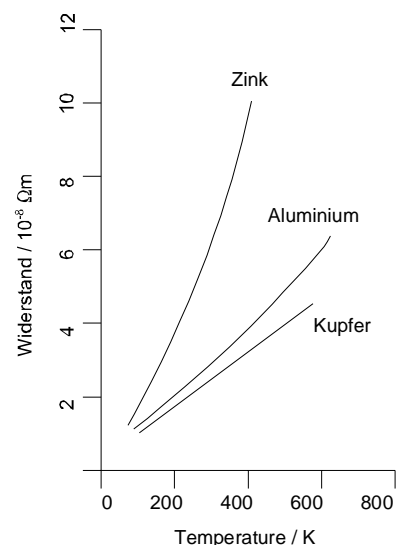
In vielen Fällen ist die Leistungsver schlechterung eines Wägesystems durch die Temperatureinflüsse auf das Anschlußkabel sehr gering. Sie kann jedoch bei langen Kabeln oder Anwendungen, die eine hohe Genauigkeit erfordern, zu einem beträchtlichen Faktor werden.

Der spezifische Widerstand von reinem Metall erhöht sich mit seiner Temperatur. Die Abbildung rechts zeigt den Temperatureinfluß auf den spezifischen Widerstand einiger Metalle. Da der Kurvenverlauf über einen begrenzten Temperaturbereich annähernd linear ist, kann für das betroffene Metall ein Temperaturkoeffizient des spezifischen Widerstandes angegeben werden.

Ist der Widerstand eines Drahtes " R_1 " bei einer Temperatur " T_1 " bekannt, wird der Widerstand " R_2 " bei Temperatur " T_2 " folgendermaßen berechnet:

$$R_2 = R_1(1 + \alpha \cdot (T_2 - T_1))$$

wobei α der Temperaturkoeffizient des spezifischen Widerstandes (K^{-1}) ist.



Der Widerstand eines Drahtes bei einer Temperatur T_1 kann mit einem präzisen Widerstandsmesser gemessen oder folgendermaßen berechnet werden:

$$R_1 = \sigma \cdot \frac{l}{A}$$

σ spez. Widerstand bei 20°C (Ωm), für Kupfer $1,75 \cdot 10^{-8} \Omega\text{m}$
 l Länge (m)
 A Querschnitt (m^2)

Der durch eine Temperaturveränderung des Verlängerungskabels verursachte Systemfehler (typischer auf die Meßspanne bezogener Fehler) kann folgendermaßen berechnet werden:

$$1 - \frac{(R_{ti} + 2R_1)}{(R_{ti} + 2R_2)} * 100\%$$

wobei R_{ti} der kombinierte Eingangswiderstand (R_i) mehrerer parallelgeschalteter Wägezellen ist.

$$R_{ti} = \frac{R_i}{N}$$

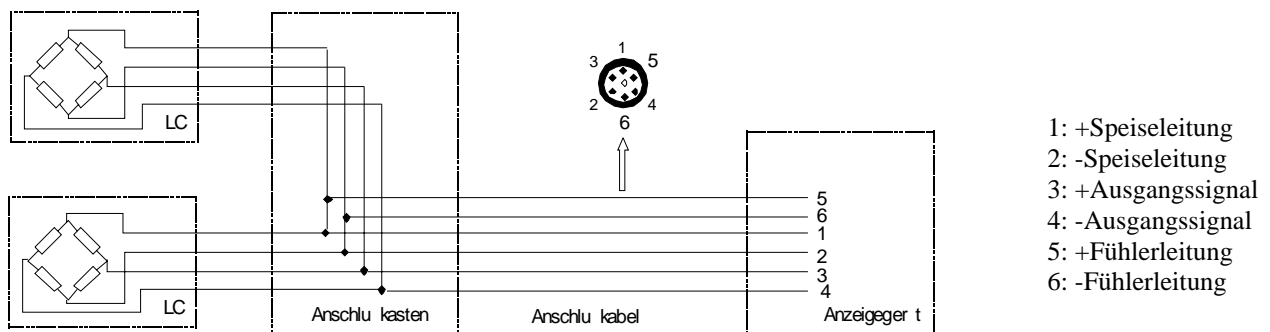
Der Stromfluß durch die Signal- (und Fühler-) -Leitungen ist vernachlässigbar. Daher hat eine geringfügige Widerstandsveränderung dieser Leitungen keinen Einfluß auf das System. Die Berechnungen werden nur auf den Speiseteil der Schaltung angewandt.

Beispiel

Vier Wägezellen vom Typ SSB mit einem Eingangswiderstand von 350Ω sind parallelgeschaltet. Verbindungskasten und Anzeiger sind mittels eines Anschlußkabels mit einer Länge von 50 m und einem Querschnitt von $0,75\text{mm}^2$ verbunden. Das Kabel besteht aus Kupfer mit $\alpha = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$. Der Fehler bezogen auf die Meßspanne bei einer Temperaturveränderung von 30 °C ist:

- 1) $R_1 = 1,75 \cdot 10^{-8} * (50 / 0,75 \cdot 10^{-6}) = 1,167\Omega$
- 2) $R_2 = 1,167 * (1 + 4,3 \cdot 10^{-3} * (-10 - 20)) = 1,016\Omega$
- 3) $R_{ti} = 350 / 4 = 87,5\Omega$
- 4) Fehler = $(1 - (87,5 + 2,334) / (87,5 + 2,032)) * 100\% = -0,34\%$

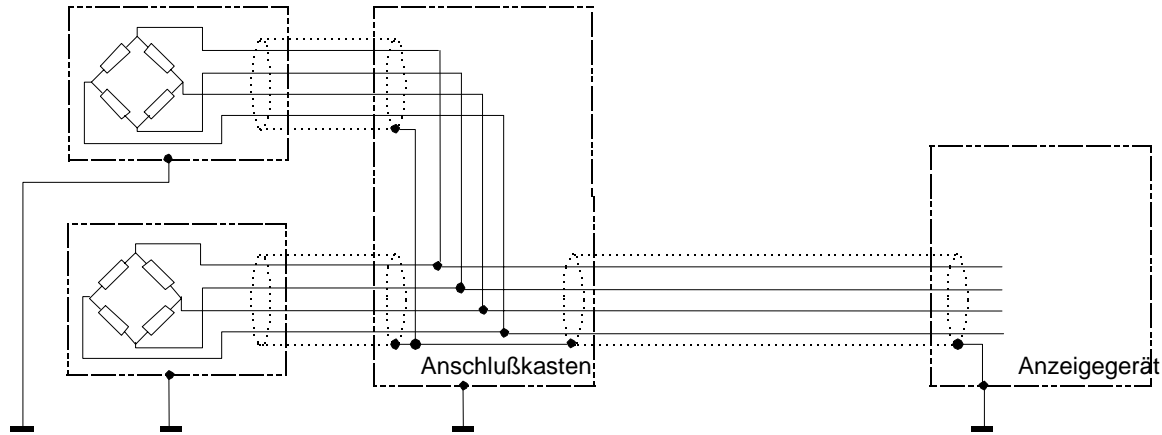
Die Abbildung unten zeigt den Anschlußplan (für eichfähige Anwendungen) für Wägezellen in Vierleiterschaltung in Verbindung mit einem Anschlußkabel erheblicher Länge. Die Fühlerleitungen dienen der Kompensation von Widerstandsänderungen des Anschlußkabels.



ERDUNG UND ABSCHIRMUNG

Richtige Erdung und Abschirmung ist wichtig für die erfolgreiche Anwendung von Wägezellen, die Signale mit niedrigem Spannungspegel ($<5\mu\text{V}/\text{Teilungsschritt}$) erzeugen. Die Grundregel:

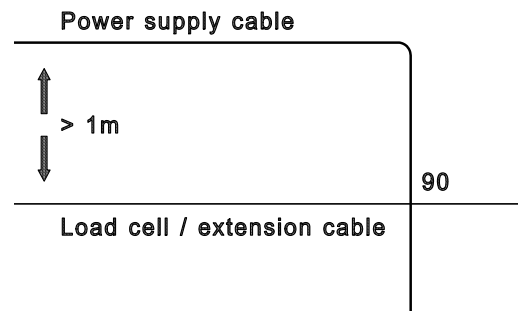
Kontinuierliche Masseschleifen sind zu vermeiden: ein System sollte nicht an mehreren Punkten geerdet werden. Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn beide Enden der Abschirmung des Wägezellenkabels an Erde liegen.



Die Wägezellenkabel von Revere Transducers haben eine geflochtene Abschirmung, die bei richtiger Verwendung Schutz vor elektromagnetischen Störungen bietet. Diese Abschirmung ist nicht fest mit der Wägezelle verbunden, um unbeabsichtigte Masseschleifen zu vermeiden. Die Abbildung unten zeigt eine grundlegende Systemkonfiguration:

Wägezellengehäuse und Verbindungskasten sind durch mechanische Anbringung an der Wägekonsstruktion geerdet. Diese Konstruktion ist normalerweise geerdet. Die geflochtene Abschirmung, die Wägezellenleitungen enthält, ist am Anzeigegerät geerdet, der seinerseits durch Stromkabel oder Gehäuse geerdet ist.

Wägezellenkabel und Verlängerungskabel sollten in einem Abstand von mindestens einen Meter zu Starkstromkabeln verlegt werden. Starkstromkabel dürfen nur in rechtem Winkel gekreuzt werden.



KABELANFORDERUNGEN

Die Auswahl eines bestimmten Verlängerungskabels wird häufig durch die jeweiligen Anforderungen der Installation bestimmt. Zu berücksichtigen sind nicht nur die Umgebungsbedingungen wie Vorhandensein etwaiger Chemikalien, Sonneneinstrahlung, Vibration, usw., sondern ebenfalls die Kabelkapazität (μF).

Sie spielt bei langen Verlängerungskabeln eine wichtige Rolle und sollte möglichst niedrig sein.

AUSGANGS-/EINGANGSBERECHNUNGEN

Das Gesamtausgangssignal eines Systems mit mehreren Wägezellen entspricht annähernd dem arithmetischen Mittelwert der einzelnen Wägezellen-Ausgangssignale. Das Gesamt-Ausgangssignal errechnet sich folgendermaßen:

$$U_o = \frac{DL + AL}{E_{\max} * N} * S * U_e$$

U_o	Ausgangsspannung (mV)
DL	Totlast oder Taragewicht
AL	Last
E_{\max}	Wägezellennennlast
N	Anzahl der Wägezellen
S	Nennkennwert (mV/V)
U_e	Speisespannung

Beispiel

Eine Waage besteht aus vier Wägezellen vom Typ SHBxM, Nennlast 200 kg und Empfindlichkeit 2 mV/V. Die Totlast bzw. das Taragewicht der Konstruktion beträgt 75kg; die maximale Nennlast der Waage beträgt 600 kg. Bei einer Speisespannung von 5V ist das gesamte Wägezellen-Ausgangssignal bei Vollast:

$$U_o = ((75 + 600) / (200 * 4)) * 2 * 5 = \mathbf{8,44 \text{ mV}}$$

Das Gesamtausgangssignal der Wägezelle ohne Belastung errechnet sich folgendermaßen:

$$U_o = (75 / (200 * 4)) * 2 * 5 = \mathbf{0,94 \text{ mV}}$$

Bei einer Einteilung des Wägebereiches in 3000 Teilschritte von je 0,2 kg ist das Ausgangssignal für jeden Teilschritt:

$$(8,44 - 0,94) / 3000 = \mathbf{2,50 \mu V}$$

Der maximale Stromfluß im Speise- oder Eingangskreis kann durch Teilen der Speisespannung durch den kombinierten Widerstand von Wägezelle und Verlängerungskabel (sofern vorhanden) berechnet werden.

$$I = \frac{U_e}{R_{ii} + 2R_1}$$

(siehe "Temperatureinflüsse auf Verlängerungskabel" zur Berechnung von R_{ii} und R_1).

Die obigen Berechnungen können zur Prüfung der Eignung von Waage und Anzeiger benutzt werden. Die Auflösung in Mikrovolt pro Teilschritt ist eines der wichtigsten Merkmale eines Systems, das für eichfähige Anwendungen optimiert werden muß.

SCHWEISSEN

Elektrische Schweißarbeiten nach dem Einbau der Wägezellen sind zu vermeiden. Ist Schweißen unumgänglich und kann die Wägezelle nicht demontiert werden, muß jedes einzelne Wägezellenkabel von Verbindungskasten oder Meßinstrument abgeklemmt werden. Die Erdelektrode der Klemme des Schweißgerätes sollte sich in der Nähe der Schweißnaht befinden, damit kein Strom durch die Wägezelle fließt. Außerdem ist eine flexible Kupferleitung mit einem Querschnitt von mindestens 16mm² zwischen Behälter und Fundament über jeder Wägezelle anzuschließen.

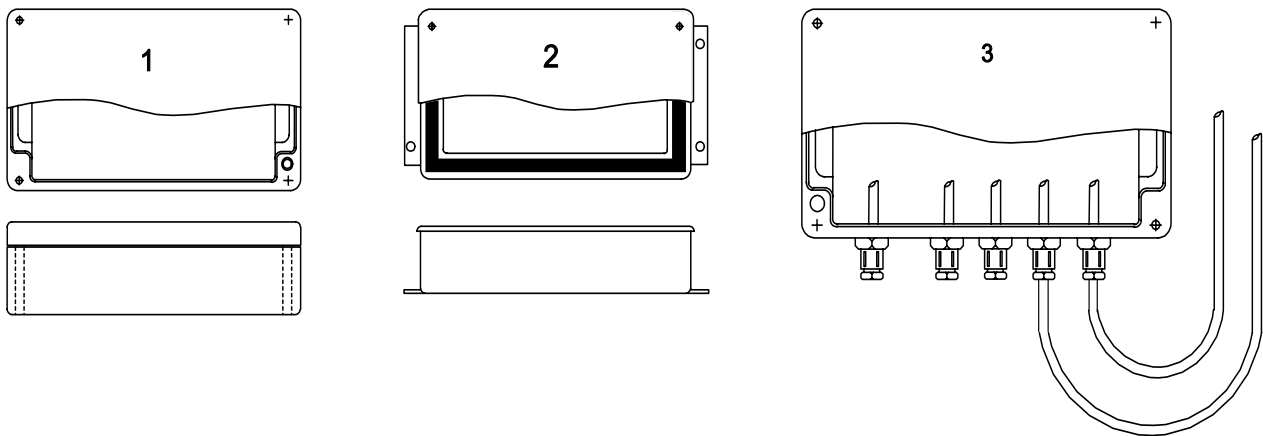
KABELANSCHLUSSKÄSTEN

Ein Anschlußkasten sollte mindestens Gehäuseschutz nach IP54 (DIN.40.050) bieten. Für den Einsatz im Freien ist sogar die Schutzart IP65 dringend zu empfehlen. Angemessener Schutz setzt den richtigen Einbau voraus:

- Den Einbauort nach dem Gesichtspunkt der Umgebungsbedingungen wählen, **KEINESFALLS** nach dem Gesichtspunkt der Bequemlichkeit der Montage.
- Die Schrauben der Abdeckung nach den Herstellerangaben aufsetzen.
- Die Stopfbuchsen sollten abwärts gerichtet sein. Das Kabel sollte in Form einer Abtropfschleufe verlegt sein.
- Beim Einbau darf keine Feuchtigkeit vorhanden sein. Vor und während des Einbaus sollte keine Feuchtigkeit in das Wägezellenkabel eindringen.

Feuchtigkeit kann den Isolationswiderstand der Schaltung verringern und instabile Meßwerte verursachen. Ein Beutel mit Trockenmittel (Silicagel) zum Aufsaugen von Feuchtigkeit sollte vorhanden sein. Der Beutel darf nicht mit nichtisolierter Verdrahtung des Anschlußkastens in Berührung kommen.

Für eichfähige Anwendungen muß der Anschlußkasten versiegelbar sein: z.B. zwei Versiegelungsschrauben mit Draht und Bleisiegel.



1: Anschlußkasten Polyester, glasfaserverstärkt

2: Anschlußkasten aus Edelstahl.

3: Korrekter Einbau, Stopfbuchsen abwärts und Abtropfschleufen

Kundenunterstützung

Revere Transducers verbindet fünfzig Jahre Erfahrung auf dem Gebiet der Herstellung von Wägezellen mit fünf Jahrzehnten Anwender-Knowhow. Zur Beantwortung weiterer Fragen setzen Sie sich bitte direkt mit uns oder den zuständigen Distributoren in Verbindung.

Revere Transducers Europe

Ramshoorn 7
Postbus 6909, 4802 HX Breda
The Netherlands
Tel. (+31) 76-5480700
Fax. (+31) 76-5412854



Gebietsvertretungen in Deutschland, Frankreich und Großbritannien