

ALLGEMEIN

Wägezellen werden u.a. für das Verwägen von Behältern in unterschiedlichen Anlagenkonfigurationen eingesetzt. Beim Einbau von Wägezellen in eine Wäganlage müssen verschiedene Grundregeln befolgt werden. Weitere wichtige Überlegungen eines sorgfältig durchdachten Systems betreffen die Genauigkeit und die gewünschte wartungsfreie Lebensdauer. Das vorliegende Anwender-Info befaßt sich mit den grundsätzlichen Konzeptionen sowie den externen Einflüssen von Wägebehältern, wie beispielsweise Typ und Anzahl der Wägezellen, Meßprinzip, erforderliche Gesamtgenauigkeit und Rohrleitungen.

GENAUIGKEIT

Für die Anforderungen an Wägezellen in Wägesystemen für den kommerziellen Gebrauch liegen eindeutige Vorschriften seitens der Eichbehörden vor. Bei verfahrenstechnischen Wägeapplikationen ist die Definition der Genauigkeitsanforderungen schwieriger. Hier wird normalerweise "möglichst hohe Genauigkeit" verlangt. Die tatsächliche Systemgenauigkeit ergibt sich durch Addition der durch die verschiedenen externen Einflüsse verursachten Fehler und sollte bereits in der frühen Entwurfsphase berechnet werden. Je nach Anwendung ist eine Zuordnung von Wägesystemen zu folgenden Genauigkeitsklassen möglich:

Hohe Genauigkeit	$\pm 0,02\%$ bis $\pm 0,10\%$	Eichfähige Systeme
Mittlere Genauigkeit	$\pm 0,10\%$ bis $\pm 0,50\%$	Universell einsetzbare Systeme
Niedrige Genauigkeit	$\pm 0,50\%$ bis $\pm 5,00\%$	Füllstandsüberwachung

Die maximale erreichbare Systemgenauigkeit beträgt ca. 5000 Teilschritte. Bei einem Wägesystem mit einer Nennlast von 5 Tonnen entspricht dies Teilschritten von 1 kg. Die Genauigkeit der meisten verfahrenstechnischen Wägeapplikationen ist hingegen auf ca. 1000 Teilschritte begrenzt.

ÜBERLEGUNGEN ZUM MECHANISCHEN AUFBAU

Die Vorstellung, eine Wägezelle sei ein festes Metallteil, auf dem Wägebehälter, Silos oder Dosierbehälter gelagert werden könnten, ist ein weitverbreiteter Irrtum. Die Leistungsfähigkeit einer Wägezelle wird in erster Linie durch ihre Fähigkeit bestimmt, sich bei einer Be- oder Entlastung mit hoher Wiederholbarkeit zu verformen. Bei Einsatz mehrerer Wägezellen sollten außerdem Nennmeßweg und Ausgangssignal aller Wägezellen unbedingt gleich sein. Generell sind bei der Entwicklung eines Behälter-Wägesystems folgende Überlegungen anzustellen:

- *Die maximale Genauigkeit erfordert ein absolut steifes Fundament.*
- *Kraftnebenschlüsse zwischen Fundament und Wägebehälter sind möglichst zu vermeiden.*
- *Um den Wägebehälter herum und zwischen Fundament und Wägebehälter ist auf ausreichende Abstände zu achten.*

- *Der Einbau einer Kalibriermöglichkeit an dem Wägebehälter ist wünschenswert.*
- *Alle Wägezellen sollten exakt waagrecht ausgerichtet sein.*
- *Beim Einfüllen und Entleeren des Wägematerials durch den Materialfluß bedingte Aufschlagkräfte vermeiden und Luftzirkulation und -druck berücksichtigen.*
- *Rohranschlüsse und sonstige Zufuhrvorrichtungen außerhalb des Behälters sollten möglichst flexibel sein.*
- *Bei im Freien errichteten Anlagen ist der Einfluß von Windkräften zu berücksichtigen.*
- *Gegebenenfalls Sicherheitssysteme verwenden.*
- *Den Einfluß von Temperaturschwankungen an Behälter und Anschlüssen berücksichtigen.*

ARBEITSWEISE

Wägezellen messen generell Kräfte in eine oder zwei Richtungen; Zug bzw. Druck. Bei der Zugkraftmessung ist der Wägebehälter an ein oder mehreren Wägezellen aufgehängt. Bei Druckkraftmessung ist der Behälter auf den Wägezellen gelagert.

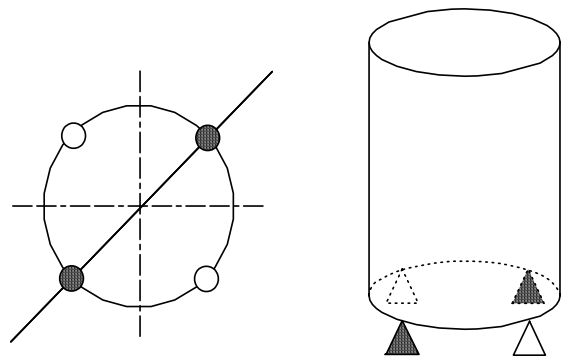
Ob Zug- oder Druckkraftmessung, hängt davon ab, welche mechanische Struktur des Wägeaufbaus einfacher zu realisieren ist. Muß ein Behälter auf einem offenen Betonfundament errichtet werden, bietet sich die Druckkraftmessung als Lösung an, da die Zugkraftmessung zusätzlich eine aufwendige Hängekonstruktion erfordern würde. Steht von vornherein eine geeignete Struktur für Zugkraftmessung zur Verfügung, dürfte bei Behältern bis zu einer Nennlast von 15 Tonnen die Aufhängung des Behälters an ein oder mehreren Wägezellen einfacher und weniger kostspielig sein. Höhere Nennlasten erfordern zu große Wägezellen und Zugstangen; der Einbau ist problematischer, und die Hardware-Kosten übersteigen diejenigen eines geeigneten Fundamentes für Druckkraftmessung. Außerdem hat ein großes Zugkraftmeßsystem eine hohe Eigenfrequenz, die eine Instabilität des Anzeigers verursachen könnte. Aus diesem Grunde sollten die tragenden Strukturen möglichst steif sein.

Obwohl die Aufhängung eines Wägebehälters an einer einzigen Wägezelle theoretisch gesehen als ideale Lösung erscheinen mag, sind Zugkraftmeßanlagen dieser Art normalerweise nicht üblich. Bei den gebräuchlichsten Konfigurationen ist die Last an drei oder vier Aufnehmern aufgehängt.

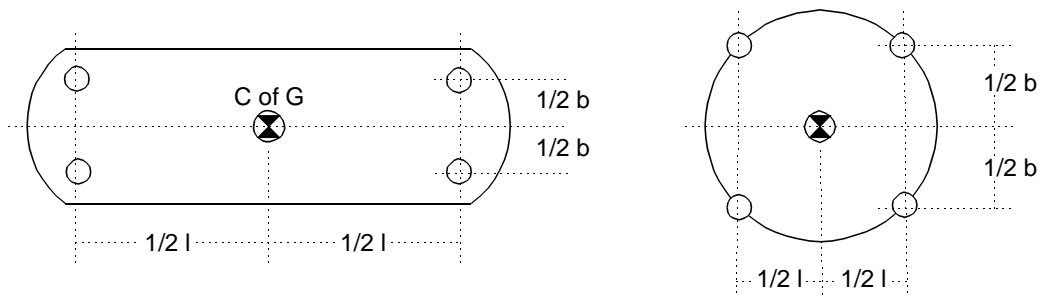
WÄGEZELLEN-ANZAHL

Besonders bei bereits vorhandenen Systemen wird die Anzahl der den Behälter tragenden Wägezellen normalerweise durch die Bauform des Behälters vorgegeben. Im Idealfall wird der Behälter auf drei Wägezellen gelagert. Ist ein Wägebehälter auf vier oder mehr Wägezellen gelagert und ist der Behälter zu steif, kann die Konstruktion insgesamt zu steif werden, um eine gleichförmige Krafteinleitung durch die Wägezellen zu gewährleisten. In diesem Falle tragen drei oder im schlechtesten Fall nur zwei Wägezellen die Gesamtlast. **Ein hoher, senkrecht stehender Behälter ist äußerst steif, besonders, wenn er oben geschlossen ist.**

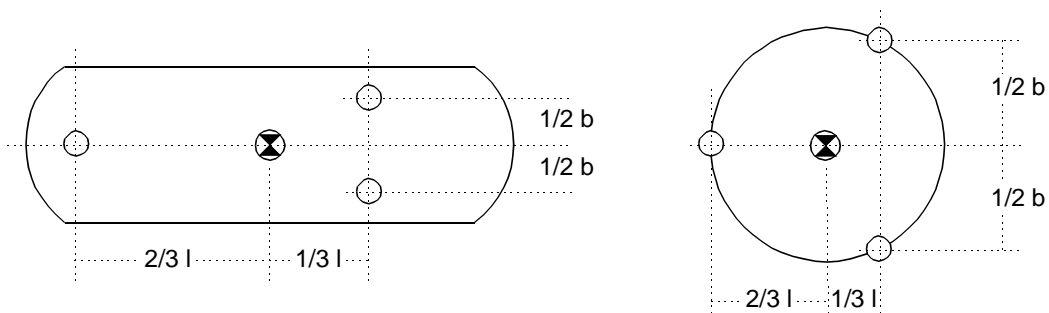
Wird die Gesamtlast von nur zwei Wägezellen getragen, besteht die Gefahr einer Überlastung der Wägezellen. Durch Messung des Ausgangssignales jeder Wägezelle (vor dem Befüllen des Behälters) läßt sich diese Gefahr erkennen und durch Unterlegen der Wägezellen mit dem niedrigeren Ausgangssignal mit Paßscheiben korrigieren.



Die Wägezellenanordnung sollte einer gleichmäßigen Gewichtsverteilung auf jede Wägezelle Rechnung tragen. Dies erreicht man durch Berechnung der Summe der Kraftmomente auf jeder Seite des Schwerpunktes (C von G), die gleich sein sollten. Das auf jede Wägezelle einwirkende Kraftmoment ist gleich dem Produkt aus Kraft und senkrechtem Abstand der Wägezelle zum Schwerpunkt.



Horizontaler und vertikaler Wägebehälter auf vier Wägezellen



Horizontaler und vertikaler Wägebehälter auf drei Wägezellen

FESTLAGERVERWIEGUNG

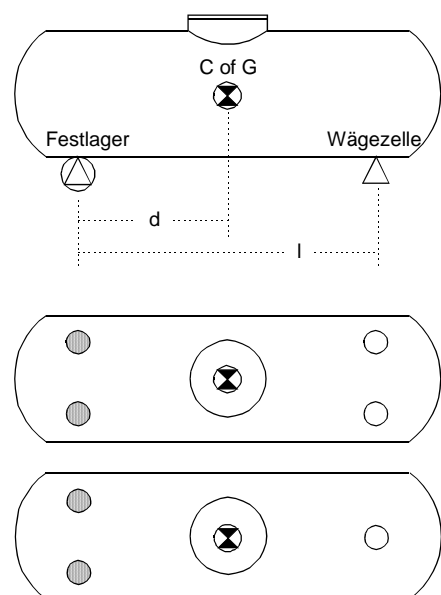
Bei bestimmten Anwendungen besteht die Möglichkeit, nur den halben Behälter zu wiegen und die andere Hälfte auf Dummies oder Festlager aufzusetzen. Derartige Systeme sind nur bei symmetrischen Behältern mit Flüssigkeiten möglich. Feste Materialien häufen sich an den Seiten an und bewirken eine Verlagerung in Richtung auf den Schwerpunkt.

Die Genauigkeit, die sich mit diesen System erzielen lässt, liegt unter der Genauigkeit eines vollständig auf Wägezellen gelagerten Behälters. In der Praxis ist eine Genauigkeit von $\pm 0,5\%$ erreichbar. Festlager-Wägesysteme eignen sich ausgezeichnet als preisgünstige Lösungen für Füllstandsüberwachung. Die auf die Wägezelle(n) einwirkende Kraft errechnet sich zu :

$$F_{lc} = \frac{d}{l} * F_{tot}$$

Um eine maximale Genauigkeit zu erzielen, sollte der Abstand "l" zwischen Wägezellen und Dummies möglichst groß sein.

Horizontalkräfte auf dem Behälter außerhalb der Festlagerebene sind zu vermeiden (Windkräfte bei senkrecht stehenden Behältern im Freien!).

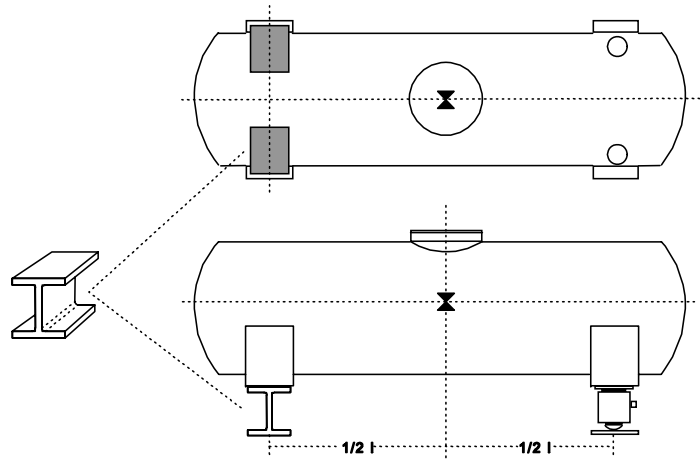


Neben Dummies werden häufig Festlager eingesetzt, um ein Schwenken des Behälters entsprechend dem Wägezellenmeßweg zu ermöglichen. Hierbei ist zur Erzielung der höchstmöglichen Genauigkeit ein sorgfältiges Ausrichten der Festlagerstege unverzichtbar.

Der Hauptvorteil von Festlagern besteht in ihrer Fähigkeit, horizontale Kräfte aufzunehmen, so dass ein stabiler Wägeaufbau auch ohne Fesselungen gewährleistet ist.

Welches Festlager eingesetzt werden kann, ist von seiner Fähigkeit, das Behältergewicht zu tragen, ohne dass sich der Steg verbiegt (Knickeffekt), abhängig.

Während des Einbaus ist übermäßiges Biegen der Festlager zu vermeiden.



AUSWAHL DER WÄGEZELLE UND DES MONTAGESATZES

Revere Transducers bietet ein breites Spektrum industrieller Wägezellen und Montagesätze für Nennlasten zwischen 6 kg und ca. 200 t. Die Wägezellen bestehen aus vernickeltem Werkzeug-Stahl oder (für die Verfahrenstechnik besser geeignet) aus rostfreiem Stahl. Die nachstehende Tabelle veranschaulicht einen Teil der angebotenen Produktreihen.

	SHBxR	9102	SSB	933	9103	CSP-M	BSP	953
Nennlast :								
20 kg	■							
50 kg		■					■	■
100 - 200 kg		■	■	■			■	■
500 - 1000 kg			■	■	■		■	■
2 t			■	■	■	■	■	■
5 t				■	■	■	■	■
10 t								
25 - 100 t								
Rostfreier Stahl	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Schutzart DIN 40.050	IP68	IP68	IP68	IP67	IP67	IP68	IP68	IP67
Nennmeßweg (mm)	≤0,3	≤0,8	≤0,5	≤0,8	≤0,9	≤0,4	≤0,3	≤0,8
Meßart	B	B	B	B	DS	C	S	S

- B : Biegestab
- DS : Doppelscherstab
- C : Druckkraftaufnehmer
- S : S-förmiger Zugkraftaufnehmer

Welche Nennlasten die Wägezellen bei einer bestimmten Anwendung haben sollten, richtet sich nach folgenden Faktoren :

- Bestimmung des maximalen Gewichtswertes der einwirkenden Last, bzw. "*Nettobelastung*".
- Berechnung des "*Taragewichtes*" der Konstruktion bzw. der "*Vorlast*".
- Bestimmung der Anzahl der Wägezellen einer Konstruktion (*N*).
- Prüfung des Vorhandenseins möglicher ungleichmäßiger Lastverteilung (*Faktor Fa*). Dieser Faktor kompensiert niedrige Taraschätzwerte und ungleichmäßige Lastverteilung. Standard : $F_a = 1,3$.
- Prüfung zusätzlicher Faktoren wie Vibration, Stoß, usw. (*Faktor Fb*). Hierbei handelt es sich um einen dynamischen Lastfaktor; $F_b = 1$ bei statischer Verwägung.
- Berechnung der Windkraft F_w bei Anwendungen im Freien (Anwender-Info 09/3-01/01).

Die Mindest-Nennlast der einzelnen Wägezellen wird folgendermaßen berechnet :

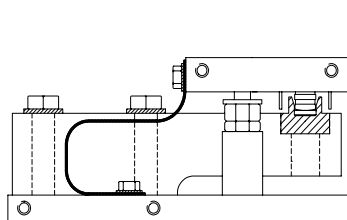
$$F_w + (F_a * F_b * \frac{\text{Nettobelastung} + \text{Vorlast}}{N})$$

Die Art der Lasteinleitung in die Wägezelle hat einen wesentlichen Einfluß auf die erzielbare Genauigkeit und Wiederholbarkeit des Wägesystems. Daher ist das Montagesystem um die Wägezelle von höchster Bedeutung.

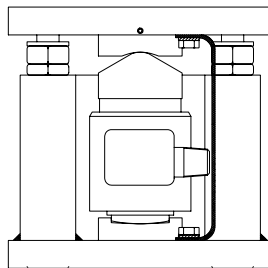
Die Last sollte grundsätzlich senkrecht in die Wägezelle eingeleitet werden, und zwar in der für die Kraftmessung vorgesehenen Weise, für die die Wägezelle geprüft ist. Die Wägezellenlagerungen müssen so konzipiert sein, dass folgende Einflüsse auf die Wägezelle vermieden werden:

- *Seitenkräfte*
- *Biegemomente*
- *Torsionsmomente*
- *Exzentrische Belastung der Wägezelle*

Diese Einflüsse können durch Behälterdehnung auf Grund thermischer Einflüsse oder last-bedingte Verformung der Wägekonstruktion verursacht werden. Außerdem empfiehlt es sich, bei hohen Behältern im Freien eine Abhebesicherung vorzusehen. **Alle Montagesätze/Wägezellen müssen in gleicher Höhe exakt waagrecht ausgerichtet sein.**



SSB Wägezelle + Einbauteil



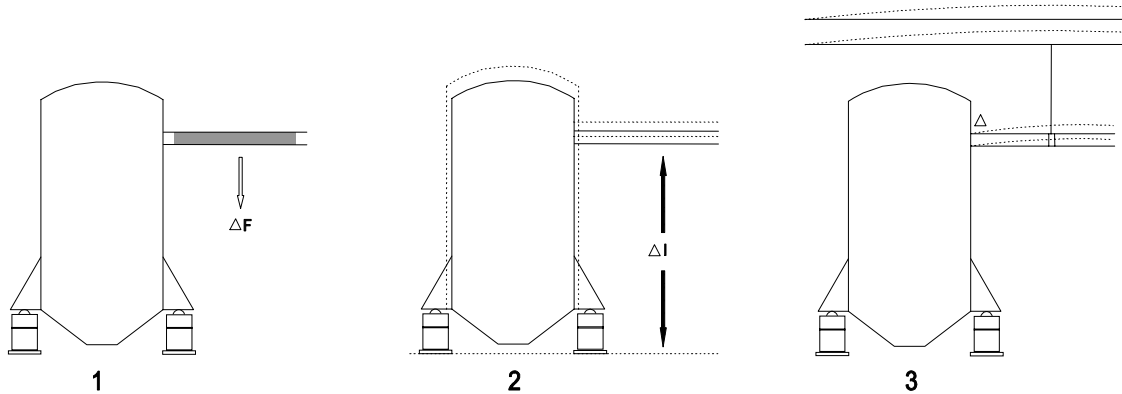
CSP Wägezelle + Einbauteil

9103

Wägezellen sind gegen direkte Sonneneinstrahlung und herabtropfende aggressive Flüssigkeiten abzuschirmen und sollten auch nicht überflutet werden, zum Beispiel in einer Grube. Elektroschweißarbeiten nach beendetem Einbau der Wägezellen sind zu vermeiden. Sind Schweißarbeiten unumgänglich, ohne dass die Wägezellen ausgebaut werden können, muß jedes einzelne Wägezellenkabel vom Anzeiger bzw. Meßinstrument abgeklemmt werden. Die Erdelektrode des Schweißgerätes ist in der unmittelbaren Umgebung der Schweißstelle anzubringen, damit kein Strom durch die Wägezelle fließen kann. Außerdem ist jede Wägezelle durch ein flexibles Kupferkabel mit einem Querschnitt von mindestens 16 mm^2 zwischen Behälter und Fundament zu überbrücken.

EXTERNE ANSCHLÜSSE

Vom Genauigkeitsstandpunkt aus sollte ein Wägesystem grundsätzlich frei innerhalb der umgebenden Struktur stehen. Bei den meisten industriellen Anwendungen besteht jedoch eine Verbindung zwischen dem zu wägenden Objekt und der umgebenden Struktur. Als Beispiel können Rohrleitungen, Schläuche, Pneumatik-/Hydraulikschläuche, Elektrokabel, Bälge und Fesselungen angeführt werden. Normalerweise kann das Gewicht von Rohrleitungen oder Kabeln als Teil der Totlast des Behälters behandelt werden. Ist der Einfluß der Rohrleitungen und Kabel nicht konstant, ist das Wägeregebnis nicht wiederholbar und ein Hysteresefehler kann sich einschleichen, z. B. bei veränderlichem Inhalt oder steifen Rohrleitungen (1), thermischer Behälterdehnung (2) oder einem Reibungseffekt in den Auflagepunkten (3).



Ist mit einer dieser Situationen zu rechnen, empfiehlt es sich, zunächst den Fehler zu berechnen und zu prüfen, ob die geforderte Systemgenauigkeit noch gewährleistet ist, und erst danach Lösungen in Betracht zu ziehen.

1. STEIFIGKEIT DER ROHRLEITUNGEN

Die Steifigkeit der Rohrleitungen im Verhältnis zur Steifigkeit des Wägesystems spielt eine wichtige Rolle bei der Fehlerbetrachtung. Die Steifigkeit des Wägesystems (C_s) wird folgendermaßen berechnet:

$$C_s = \frac{(n \cdot E_{\max} \cdot g)}{f}$$

- n Anzahl der Wägezellen
- E_{\max} Wägezellen-Nennlast
- f Wägezellen-Meßweg
- g Schwerkraft (ca. $9,8 \text{ m/s}^2$)

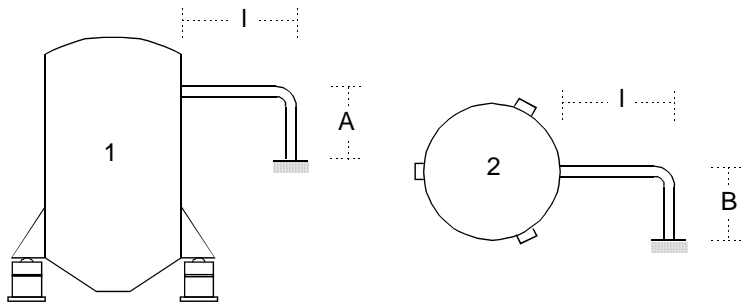
Die Steifigkeit der Rohrleitungen C_t kann mittels der Summe der Steifigkeiten jedes einzelnen Rohres berechnet werden C_a :

$$C_a = \frac{0.05 \cdot K \cdot E \cdot (D^4 - d^4)}{l^3}$$

- K Lagerungsfaktor
- D Rohraußendurchmesser
- d Rohrinnendurchmesser
- l Rohrlänge
- E Elastizitätsmodul,

für Stahl:	$E = 210,000 \text{ N/mm}^2$
für Kupfer:	$E = 110,000 \text{ N/mm}^2$
für Aluminium:	$E = 70,000 \text{ N/mm}^2$

Der Lagerungsfaktor K ist gleich 12 (bei einem an beiden Enden fest montierten Rohr). Die folgenden K-Werte beziehen sich auf ein in der Senkrechten (1) gebogenes und in der Horizontalen (2) beidseitig fest montiertes Rohr mit konstantem Durchmesser:



A	B	K
0,21		8,0
0,51		6,0
1,01		4,8
5,01		3,4
	0,21	7,1
	0,51	4,3
	1,01	1,8
	5,01	0,06

Der Einfluß auf die Meßspanne (e) berechnet sich zu:

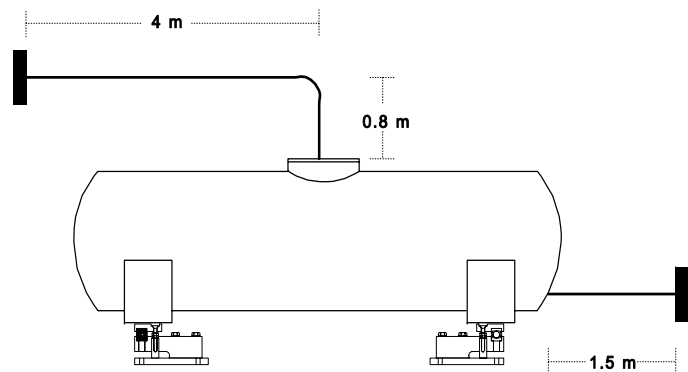
$$e = \frac{C_t}{C_s} * 100\%$$

Der durch die Steifigkeit eines Rohres verursachte Fehler ist ein typischer auf die Meßspanne bezogener Fehler und kann durch den Abgleich reduziert werden. Die Steifigkeit des Rohres hingegen ist instabil und kann während des Betriebes variieren.

Beispiel:

Ein Behälter ist auf vier Wägezellen vom Typ SSB mit einer Nennlast von 2t und einem Nennmeßweg von 0,5mm gelagert. An den Behälter sind zwei Rohre angeschlossen, von denen eines eine Biegung in der senkrechten Ebene aufweist (siehe Skizze rechts).

Die Rohrleitungen sind aus Stahl mit einem Innendurchmesser von 30 mm und einem Außendurchmesser von 40 mm.



Die Steifigkeit C_s des Wägesystems ist gleich:

$$C_s = \frac{(4 * 2000 * 9.8)}{0.5} = 156800 \text{ N/mm}$$

Die Steifigkeit C_{a1} der Rohrleitung mit Biegung in der Senkrechten ist gleich:

$$C_{a1} = \frac{0.05 * 8 * 210000 * (40^4 - 30^4)}{4000^3} = 2.30 \text{ N/mm}$$

Die Steifigkeit C_{a2} der geraden Rohrleitung ist gleich:

$$C_{a2} = \frac{0.05 * 12 * 210000 * (40^4 - 30^4)}{1500^3} = 65.33 \text{ N/mm}$$

Die Gesamtsteifigkeit C_t der Rohrleitungen beträgt $C_{a1} + C_{a2} = 67,33 \text{ N/mm}$. Der Einfluß auf die Meßspanne (e) berechnet sich nunmehr folgendermaßen:

$$e = \frac{67.63}{156800} * 100\% = 0.043\%$$

2. THERMISCHE DEHNUNG

Die Höhe des Auflagepunktes der Rohrleitung kann sich mit jeder Veränderung der Umgebungstemperatur auf Grund der thermischen Behälterdehnung ändern. Steife Rohrleitungen wirken dieser Bewegung entgegen, verursachen eine Nullpunktverschiebung und ein nicht wiederholbares Wägeergebnis. Die Höhenschwankung läßt sich folgendermaßen berechnen:

$$\Delta L = L_o * \Delta T * \alpha$$

ΔL Veränderung in der Länge (mm)

L_o Ursprüngliche Länge (mm)

ΔT Veränderung der Umgebungstemperatur: $T - T_o$ (K)

α Längenausdehnungs Koeffizient (K^{-1}), für Stahl $\alpha = 1.2 * 10^{-5}$
für Kupfer $\alpha = 1.7 * 10^{-5}$
für Aluminium $\alpha = 2.4 * 10^{-5}$

Die Reaktionskraft des Rohres kann folgendermaßen berechnet werden:

$$F = \Delta L * C_a$$

F Reaktionskraft des Rohres

C_a Steifigkeit des Rohres

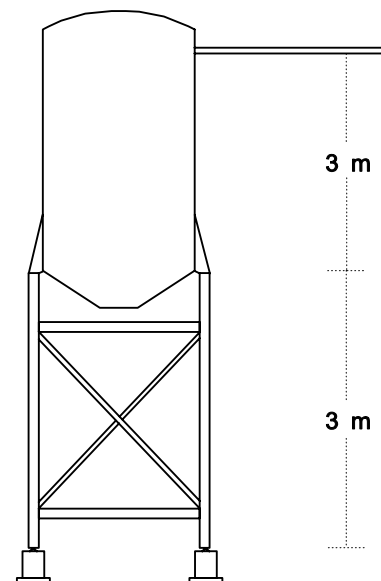
Der Systemfehler ergibt sich aus:

$$e = \frac{F}{\text{Nettobelastung} * g} * 100\%$$

Der durch thermische Dehnung verursachte Fehler ist ein typischer Fehler bezogen auf den Nullpunkt. Wägesysteme ohne Verbindung zur umgebenden Struktur unterliegen keiner Beeinträchtigung durch Temperatureinflüsse, vorausgesetzt, dass ein gründlich durchdachtes Montagekonzept vorliegt. Wägezellen werden für den Betrieb innerhalb eines bestimmten Temperaturbereiches hergestellt, der normalerweise zwischen -40 und $+80$ °C liegt. Eine Wägezelle ist für einen Teil dieses Bereiches für die Einhaltung der spezifizierten Genauigkeit temperaturkompensiert, und zwar normalerweise zwischen -10 und $+40$ °C. Abschirmungen bzw. Isolierstrecken müssen so bemessen sein, dass die Wägezelle innerhalb des Betriebsbereiches und bei Systemen mit hoher Genauigkeit innerhalb des kompensierten Temperaturbereiches bleibt.

Beispiel:

Ein Behälter ist innerhalb einer tragenden Stahlstruktur auf vier Wägezellen gelagert. Die Nennlast des Wägesystems beträgt 10 Tonnen. Der Behälter besteht aus Aluminium. Mit dem Behälter verbunden ist eine Rohrleitung mit einer Steifigkeit C_a von 75N/mm. Die kritischen Abmessungen gehen aus der Skizze rechts hervor. Im Tagesverlauf steigt auf die Umgebungstemperatur zwischen 15 und 25 °C.



Die Höhe der tragenden Struktur verringert sich um:

$$\Delta L = 3000 * (25 - 15) * 1.2 * 10^{-5} = 0.35 \text{ mm}$$

Die Höhe des Behälters ändert sich um:

$$\Delta L = 3000 * (25 - 15) * 2.4 * 10^{-5} = 0.72 \text{ mm}$$

Die Höhe des Auflagepunktes der Rohrleitung ändert sich um $0,35 + 0,72 = 1,07$ mm. Dies verursacht eine Reaktionskraft der Rohrleitung von:

$$F = 1.07 * 75 = 80.25 \text{ N}$$

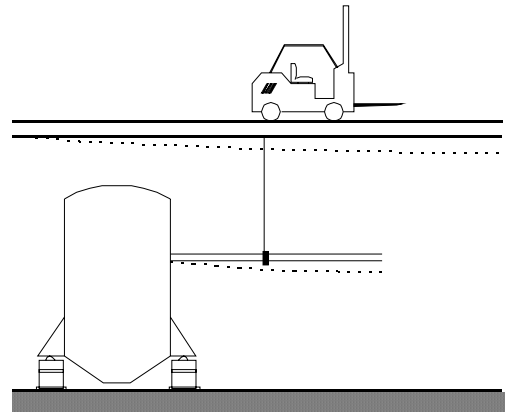
Der von der Temperaturänderung verursachte Systemfehler beträgt:

$$e = \frac{80.25}{(10000 * 9.8)} * 100\% = 0.08\%$$

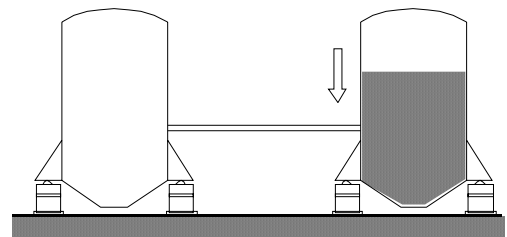
3. REIBUNGSEINFLÜSSE

In den Auflagepunkten erzeugte Reibungseinflüsse bewirken einen unbestimmten Fehler, der eine Nichtwiederholbarkeit und Hysterese verursacht. Rohrleitungsstützen, insbesondere die erste vom Behälter aus gesehen, sollten an derselben Struktur befestigt sein, die den Behälter trägt.

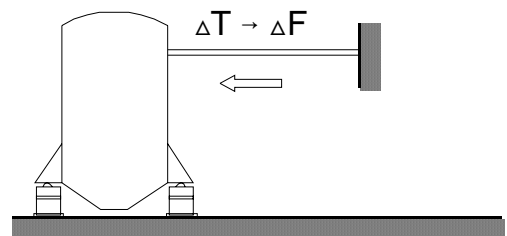
Zu berücksichtigen sind ebenfalls weniger offensichtliche Verformungseinflüsse, die oftmals übersehen werden, wie Verformung des Bodens oder des Daches, sowie



Zwei Wägebehälter mit Rohrleitungen.



Erhebliche Seitenkräfte können durch lineare thermisch bedingte Längenausdehnung starr befestigter Rohrleitungen entstehen.



KOMPENSATOREN

Wenn der Einfluß von Rohrleitungen den zulässigen Fehler übersteigt, sollten folgende Lösungen in Betracht gezogen werden:

- *Verlängerung der Rohrleitung(en).*
- *Weniger steife Befestigung.*
- *Kompensatoren in der Rohrleitung.*

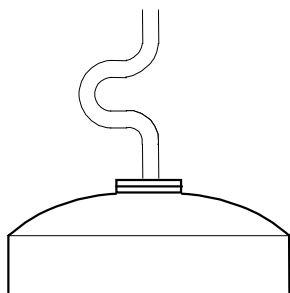
Auf Grund ihrer eigenen Totlast neigt jede Rohrleitung zum Durchhängen. Dieser Einfluß verringert sich, je kürzer die Rohrleitung ist. Daher sollte an allen Rohrleitungen geprüft werden, ob der Abstand zwischen dem Behälter und der ersten Rohrleitungsunterstützung den Erfordernissen entspricht.

Die Auswahlkriterien flexibler Rohrleitungen oder Kompensatoren sind Flexibilität und Eignung für bestimmte Umgebungseinflüsse, d.h. Druckverhältnisse, Temperaturstabilität und chemische Beständigkeit.

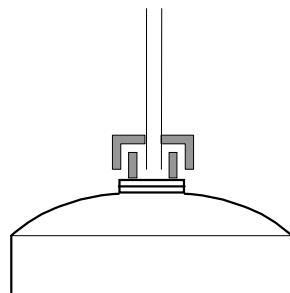
Nichtmetallische Vorrichtungen sind flexibler und platzsparender und übertragen weniger Schwingungen als metallische. Durch diese Vorteile, sowie eine höhere Beständigkeit gegenüber Verschleiß, Korrosion und Ermüdung, sind nichtmetallische Vorrichtungen sehr gut geeignet, vorausgesetzt, dass Druck- und Temperaturanforderungen erfüllt sind.

Müssen lange Strecken mit niedrigen Nennlasten in Einklang gebracht werden, könnte man zwei Kompensatoren oder einen Dehnungsbogen installieren. Dies empfiehlt sich insbesondere bei Systemen mit geringer Nennlast, bei denen bereits geringfügige Rohrleitungseinflüsse die Systemstabilität beeinträchtigen.

Kompensatoren sollten zur Vermeidung einer Beeinträchtigung ihrer Steifigkeit bei der Nivellierung nicht übermäßig gedehnt bzw. zusammengedrückt werden.



Dehnungsbogen

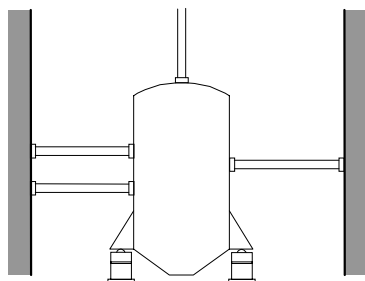


berührungsloser Stützen

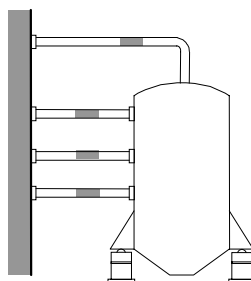


Kompensatoren

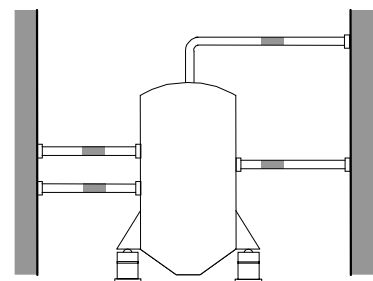
Bei Behältern mit mehreren Rohrleitungen sollten die Anschlüsse möglichst symmetrisch sein.



Falsch



Ungünstig



Richtig

DRUCKBEHÄLTER

Bei unter Gasdruck stehenden Behältern mit senkrechtem Rohrleitungs-Kompensator (Falten-bälge) können senkrechte Störkräfte entstehen. Um vertikale Druckkräfte durch interne Druckschwankungen in Verbindung mit Materialfluß und chemischen Einflüssen zu vermeiden, sollten die Kompensatoren in horizontalen Rohrleitungsverläufen in unmittelbarer Behälternähe installiert sein. Vorübergehender Überdruck kann ebenfalls durch Befüllen eines Behälters mit staubendem Material entstehen. Die Störkraft kann anhand folgender Formel berechnet werden:

$$F = \frac{\Delta P * \pi * D^2}{4}$$

ΔP Über- oder Unterdruck (N/m²)

D Effektiver Durchmesser des Faltenbalges (m)

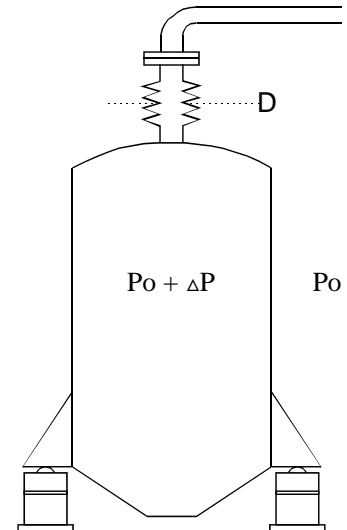
Beispiel:

Ein Behälter steht unter 2 bar Überdruck. Der Rohrleitungsanschluß erfolgt mit vertikalen Bälgen mit einem effektiven Durchmesser von 150mm.

Die maximale Störkraft errechnet sich zu:

$$F = \frac{2 * 10^5 * \pi * (150 * 10^{-3})^2}{4} = 3534 N$$

Auf Grund der Flexibilität des Faltenbalges scheint die Anzeige zwischen dem tatsächlichen Gewichtswert und dem tatsächlichen Gewichtswert und der maximalen Störkraft zu schwanken.



Bei Gasdruck in vertikalen Rohrleitungen ist der Einfluß geringer, wenn das Rohr steif mit dem Behälter verbunden ist (siehe letzte Abbildung vorige Seite).

HORIZONTALBEGRENZUNGEN

Wägezellen sollten durch Horizontalbegrenzungen gegen Seitenkräfte geschützt sein. Diese Einrichtungen ermöglichen volle Bewegungsfreiheit in vertikaler Richtung für die Gewichtserfassung und vermeiden gleichzeitig den durch Seitenkräfte verursachten Meßfehler.

Ohne diesen Schutz wären Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Systeme durch den Einfluß parasitärer Kräfte stark beeinträchtigt. In Extremfällen könnten sogar die Wägezellen beschädigt werden.

Man unterscheidet zwei Arten von Horizontalbegrenzungen:

- Querlenker
- Pendelbegrenzungen

Die meisten Montagesätze von REVERE TRANSDUCERS sind selbstzentrierend mit eingebauter Pendelbegrenzung. Sie erfordern bei den meisten Anwendungen keine zusätzlichen Horizontalbegrenzungen. Bei Behältern mit eingebauter Rüttel- bzw. Mischvorrichtung müssen Querlenker vorgesehen werden.

Querlenker sollten vor allem in vertikaler Richtung keine Kräfte auf den Behälter übertragen, in horizontaler Richtung jedoch stabil genug sein, um die maximal auftretenden Horizontalkräfte aufzunehmen. Sie sollten möglichst lang sein, da sich dies günstig auf die Reduzierung der vertikalen Kräfte auswirkt.

Die Anordnung der Querlenker ist vom Grundriß des Wägaufbaus abhängig. In den meisten Fällen erzielt man mit 4 Querlenkern das beste Ergebnis. Bild 3 veranschaulicht die Anordnung der Querlenker für einen Behälter mit thermischer Dehnung. Ausführliche Information über die Anordnung von Querlenkern für spezielle Anwendungen ist auf Anfrage erhältlich.

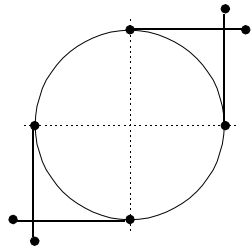


Bild 1

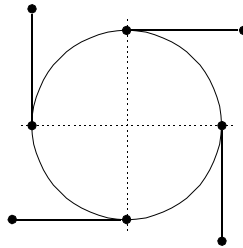


Bild 2

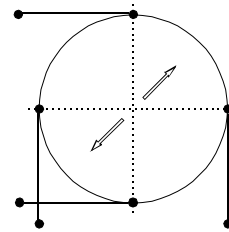


Bild 3

Anmerkung: Anordnungen der Querlenker wie in Bild 1 dargestellt sollten wegen der hohen Belastung der Querlenker vermieden werden. Anordnungen wie in Bild 2 verursachen eine Behälterdrehung und sollten bei steifen Behälteranschlüssen vermieden werden. Grundsätzlich sind Querlenker präzise horizontal auszurichten.

Dieses Anwender-Info ist ein kurzer Leitfaden zum Verständnis der Faktoren, die bei der Installation von Wägesystemen berücksichtigt werden müssen. Weitere Hinweise finden Sie in folgenden Anwender-Infos:

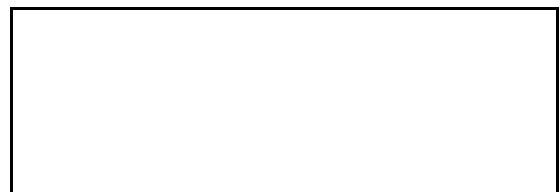
- 09/3-01D/01 *Windkräfte*
- 03/4-02D/01 *Elektrischer Anschluss von Wägezellen*
- 09/3-03D/02 *Zenerbarrieren*
- 10/3-04D/01 *Explosionsgefährdete Bereiche*
- 04/4-07D/01 *Korrosionsbeständigkeit von RT-Wägezellen*

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