

# Einplanungs- und Auslegungshinweise für Behälterwaagen



- ❖ **Definition Behälterwaagen**
- ❖ **Dimensionierung einer Behälterwaage**
- ❖ **Festlegung Wägezellenlager**
- ❖ **Beeinflussung durch Umfeld und Kraftnebenschlüsse**
- ❖ **Genauigkeit einer Behälterwaage**

# Regeln zur Erreichung einwandfreier Funktion und hoher Genauigkeit

## 1) Definition Behälterwaagen



### **Auf Wägezellen und Lasteinleitungselementen gelagerte Apparate zur Netto-Gewichtbestimmung, z. B. Tanks, Silos, Reaktoren, Mischer, Rührwerkskessel.**

Je präziser diese Regeln beachtet werden, umso geringer sind die bauseitigen Einflüsse, durch die Funktion und Genauigkeit beeinträchtigt werden.

Maßgebend für die Genauigkeit ist die Auswahl der geeigneten Mechanik-Komponenten für den speziellen Einsatzfall, die Beachtung der Einbauregeln und der Umfeld-Einflüsse etwa durch Rohrleitungsanschlüsse, Windlasten sowie der Prozessablauf.

In unseren Montage- und Inbetriebnahme-Instruktionen sowie in den speziellen Datenblättern sind Anwendungs-, Aufbau- und Funktionshinweise ausführlich beschrieben. Bei Behältern mit Kraftnebenschlüssen durch bauseitige Rohrleitungsanschlüsse sind insbesondere die Regeln unter Pkt. 4 zu beachten.

Für die richtige Dimensionierung einer Waage sind folgende Detailinformationen erforderlich:

- ❖ Wägebereich
- ❖ Geforderte Auflösung
- ❖ Geforderte Genauigkeit (eichfähig?)
- ❖ Anzahl der Lastpunkte (Wägezellen)
- ❖ Totlast (Eigengewicht des Behälters)
- ❖ Unsymmetrische Belastung
- ❖ Dynamische Lasten
- ❖ Windlasten

## 2) Dimensionierung einer Behälterwaage

Die erforderliche Wägezellennennlast wird nach folgender Formel ermittelt:

$$\text{WZ-Nennlast} = \frac{(\text{Wägebereich} + \text{Taralast}) \cdot \text{Sicherheitsfaktor}}{\text{Anzahl der Lastpunkte}}$$

Ermittlung des Wägezellenausgangssignals/Teilung (Ua/d)

$$\text{Ua/d} = \frac{\text{Wägebereich} \cdot \text{Empfindlichk.} \cdot \text{Speisespannung} \cdot 1000}{\text{Anzahl der WZ} \cdot \text{Wägezellennennlast} \cdot \text{Auflösung}}$$



Bei 3 Lastpunkten ist ein Sicherheitsfaktor von mindestens 25% zu berücksichtigen. Bei Vierpunktlagerung legt man als Faustregel 3 Lagerpunkte zugrunde. Im ungünstigsten Fall kann bei sehr steifen Konstruktionen die Last sogar nur auf 2 Lagerpunkte wirken.

Anhand des entsprechenden Datenblatts wird dann die nächst größere verfügbare Nennlaststufe und die passende Qualität der Wägezelle ausgewählt.

Bei eichfähigen Waagen muss eine Mindestausnutzung der Wägezellen gemäss Datenblatt eingehalten werden.

Mindestausnutzung = Wägebereich : Summe der Wägezellennennlast (bei RT-Wägezellen mindestens 15%).

Bei nicht eichfähigen Waagen reichen, je nach Aufgabenstellung und Anwendungsfall, 5% Wägezellenausnutzung aus.

Das Mindesteingangssignal der vorgesehenen Auswertelektronik ist zu beachten.

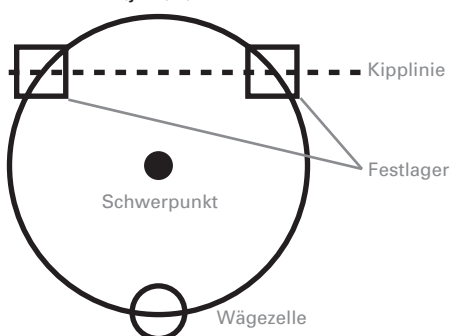
<b>Bsp.: Wägebereich:</b>	<b>15.000 kg</b>	<b>Ergebnis: 4,275 yV/d</b>
<b>Empfindlichkeit:</b>	<b>2,85 mV/V</b>	
<b>Speisespannung:</b>	<b>12 V</b>	
<b>Anzahl der Wägezellen:</b>	<b>4</b>	
<b>Wägezellennennlast:</b>	<b>10 t (RTNC3)</b>	
<b>Auflösung:</b>	<b>3000 Teile (5 kg Teilung)</b>	

Bei Verwendung von Festlagern (Teillastmessung) ist zunächst die Last auf jedem wiegenden Lagerpunkt zu bestimmen. Anschließend ist das Wägezellenausgangssignal wie zuvor beschrieben zu ermitteln.

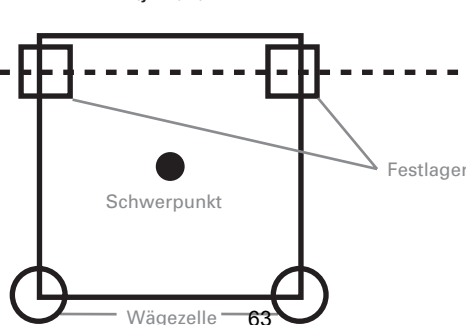
Die erzielbare Genauigkeit ist produktabhängig (Feststoffe, Flüssigkeiten, siehe Kapitel 3, Pkt. Festlager VFN).

### 3 Beispiele der Lastverteilung

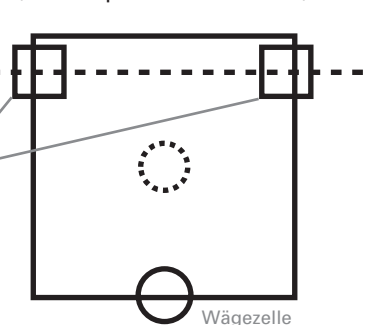
A) Runder Behälter  
(je 1/3)



B) Viereckiger Behälter  
(je 1/4)

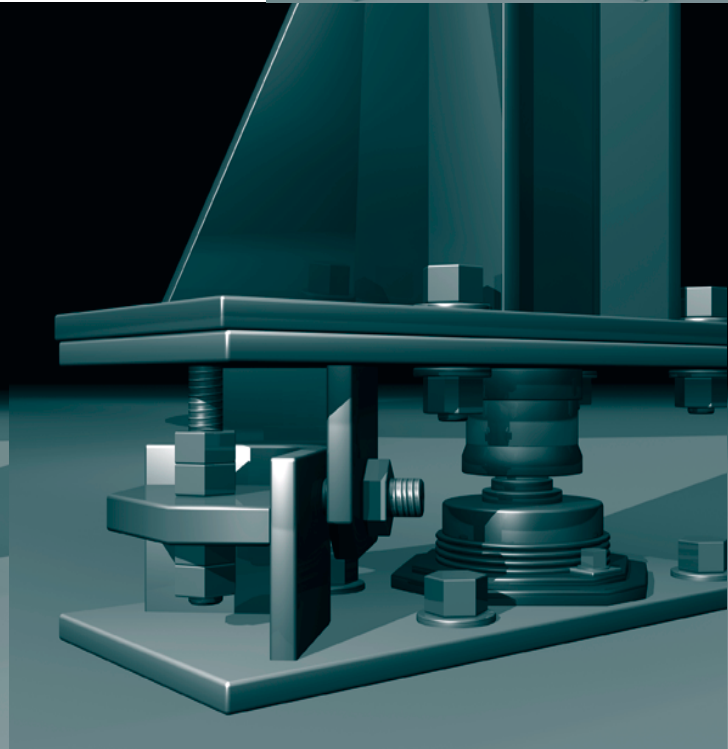
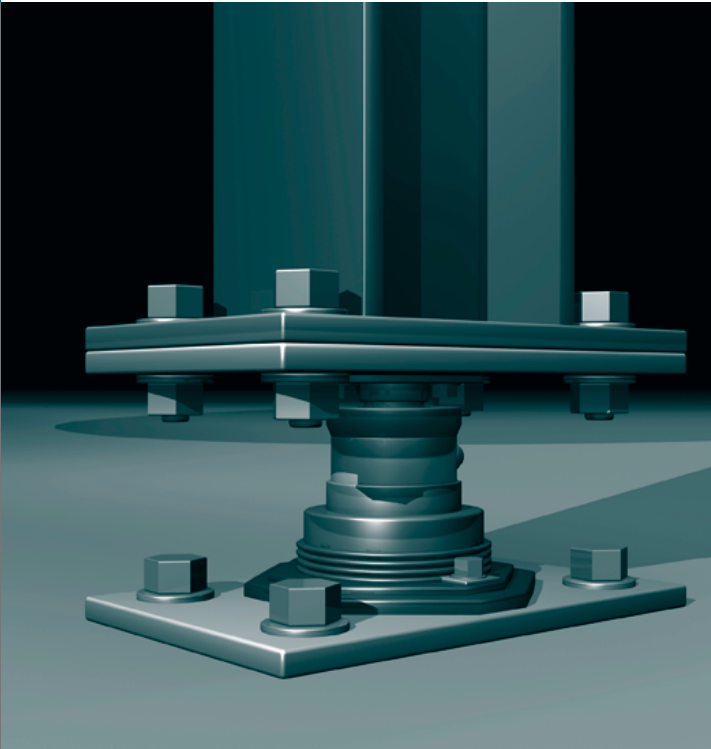
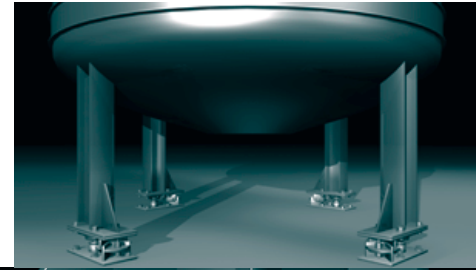


C) Viereckiger Behälter  
(Schwerpunkt unbestimmt)



### 3) Festlegung Wägezellenlager

Je nach Einsatzfall und Genauigkeitsanforderungen sind die entsprechenden Lagereinheiten auszuwählen



#### Elastomerlager Typ VEN

Typischer Einsatz bei Behälter-, Rollgangs-, Kran- und Straßenfahrzeugwaagen.

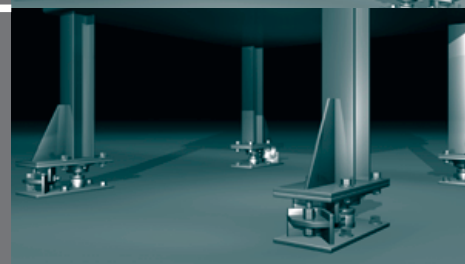
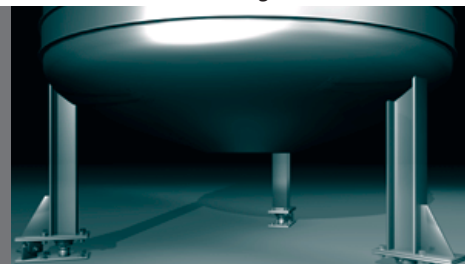
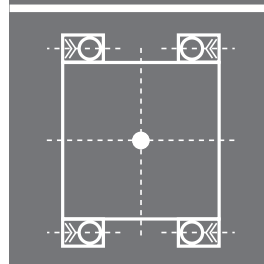
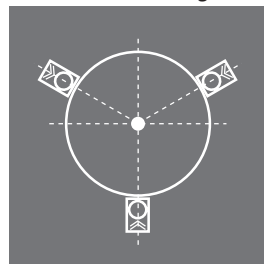
Selbstzentrierend und querkraftstabil. Unempfindlichkeit gegen Schiefstellung der Anschlusskonstruktion bis  $0,6^\circ = 10 \text{ mm/m}$ . Montagefreundlich und wartungsfrei. Quersteifigkeit des Elastomers (je nach Nennlast unterschiedlich) ist zu beachten (zulässige Querkraft auf die Wägezellen bei Nennauslenkung des Behälters darf nicht überschritten werden).

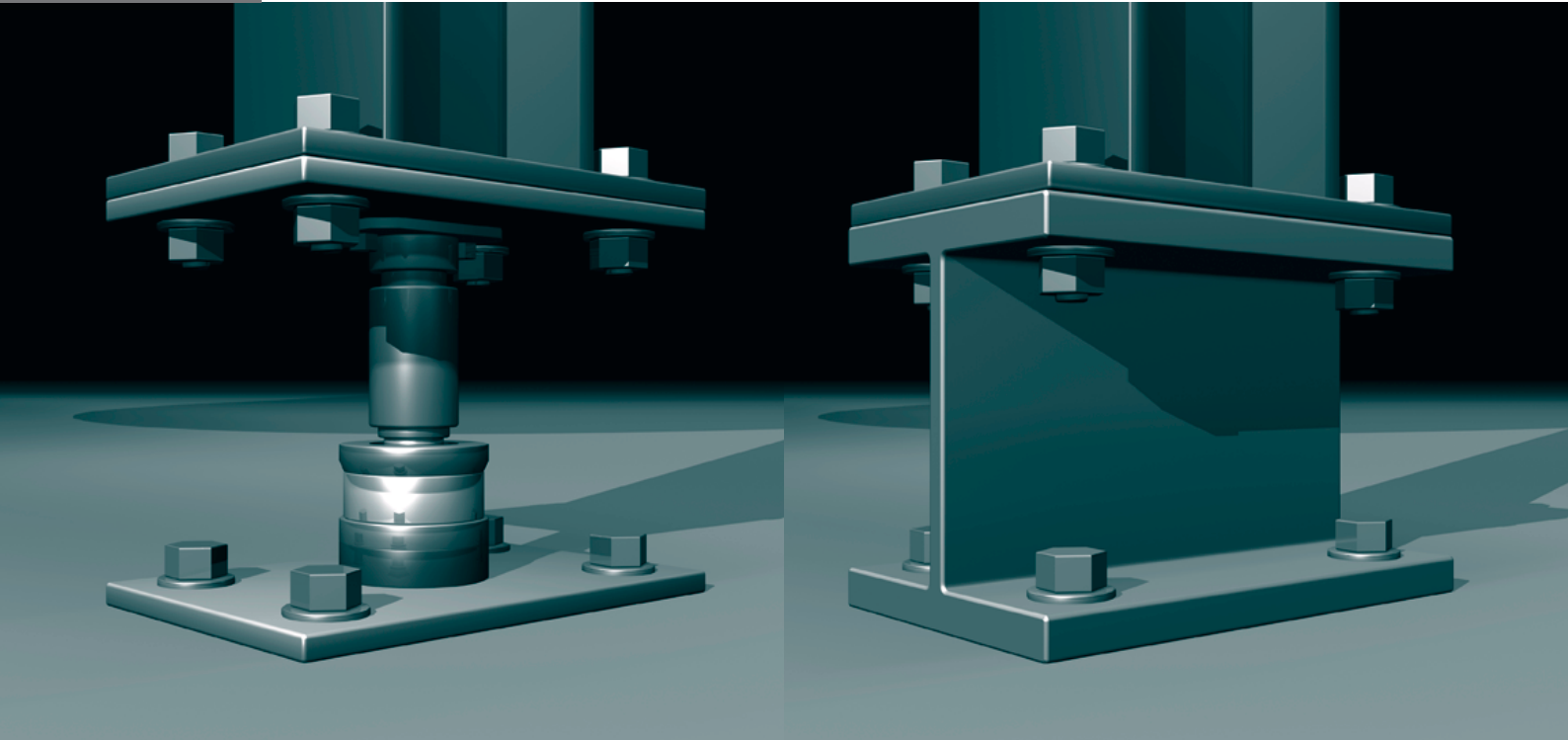
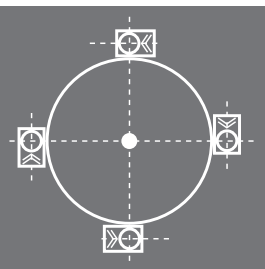
Anschlagbegrenzungen und Abhebesicherung müssen bauseits vorgesehen werden.

#### Kompaktlager Typ VKN

Typischer Einsatz bei Behälter-, Silo-, Tank- und Mischerwaagen. Erweitertes VEN-Lager mit Kopf- und Fußplatte, integrierter Anschlagbegrenzung und Abhebesicherung. Bis Nennlast VKN 33 beträgt die maximale Horizontalkraft  $10\%*$  Lagernennlast und die maximale vertikale Abhebezugkraft  $15\%*$  Lagernennlast. Die Anordnung der Lager ist unbedingt zu beachten (siehe Skizze).

Bei höheren Belastungen der Anschläge und Abhebesicherung als im Datenblatt spezifiziert müssen separate Maßnahmen ergriffen werden (z. B. Anbringung von externen Stoßfängern, externe Abhebesicherungen).





## Pendellager Typ VPN

Typischer Einsatz bei Behälter- und Fahrzeugwaagen. Einsatz bei extrem rauen Umgebungsbedingungen. Geeignet für höchste Messgenauigkeit. Selbstzentrierend, max. zulässige Schräglage der bauseitigen Anschlussfläche  $0,6^\circ = 10 \text{ mm/m}$ .

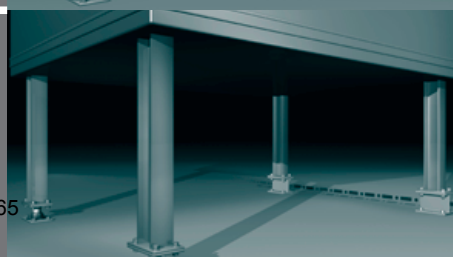
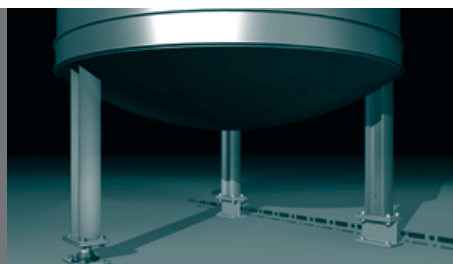
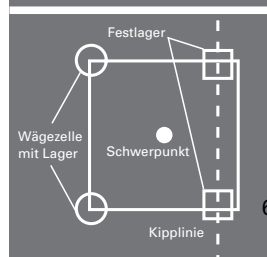
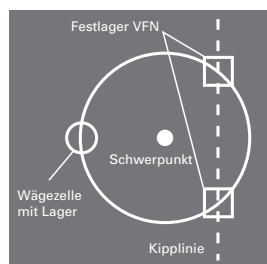
Geringere Einfederung gegenüber VEN/VKN-Lager durch Wegfall des Elastomerlagers.

Pendelbegrenzungen und Abhebesicherungen müssen bau-seits vorgesehen werden.

## Festlager Typ VFN

Typischer Einsatz für einfache Wägaufgaben bei Behältern mit  $\geq 5t$  Wägebereich wie z. B. Füllstandsmesseinrichtungen, in Kombination mit einer oder zwei Wägezellen (Teillastmessung). Einfache, robuste, querkraftstabile, flache Bauform. Ausreichende Genauigkeit bei definierter Schwerpunktlage, etwa für Behälter mit Flüssigkeit. Maßkompatibel zu den VEN- und VKN-Lagern. Montage auf gemeinsamer Kipplinie. Typisch erreichbare Genauigkeiten (bezogen auf den Wägebereichsendwert) ohne Einfluss des direkten Umfeldes:

- $\leq \pm 0,5\%$  bei Flüssigkeiten
- $\leq \pm 1\%$  bei Feststoffen



Die Lastverteilung ist von der Symmetrie des Lastträgers/Behälters sowie von Horizontal-kräften (Windlast, Rührwerk, Rohrleitungs-anschlüsse) abhängig. Im Gegensatz zu einer Voll-lastmessung mit Wäge-zellen können diese Kräfte je nach Angriffspunkt und Wirkrichtung deutlich größere Wägefehler ver-ursachen.

## 4) Beeinflussung durch Umfeld und Kraftnebenschlüsse



**Durch konstruktive Maßnahmen bei Planung und Ausführung können Kraftnebenschlüsse erheblich minimiert bzw. eliminiert werden.**

### **Kraftnebenschlüsse**

Die zu bestimmende Last darf nur über definierte Lagerpunkte eingeleitet werden. Werden Teillasten an den definierten Lagerpunkten vorbeigeleitet (Kraftnebenschlüsse), entstehen Messfehler.

### **Kraftnebenschlüsse können auftreten:**

- ❖ Wenn die Lastaufnahme an der Festkonstruktion (Fundament, Rahmen, Stützgestell) anliegt.
- ❖ Wenn Rohranschlüsse und andere Verbindungen zur Waage (z. B. Kabel zum Rührwerk) in der Belastungsrichtung der Wägezelle nicht ausreichend nachgiebig sind.
- ❖ Wenn Anschlüsse durch Verschmutzung, Produktrückstände oder Korrosion blockiert oder falsch montiert bzw. eingestellt werden.
- ❖ Durch nicht ausreichend nachgiebige oder verschmutzte Kompensatoren (insbesondere durch Produktrückstände bei Faltenbalgkompensatoren).

## **Beispiele zur Vermeidung von Kraftnebenschlüssen**

### **Bild 1**

Freier Einlaufstutzen, ggf. mit Labyrinthdichtung/Abdeckung.

### **Bild 2**

Ausreichend lange, waagerechte Zuleitung, um Fehler durch Verformung des Rohres zu vermeiden.

Wichtig: Zuleitung nicht in der Nähe des Behälters abstützen.

**Faustformel:  $L \geq 30 \times \text{Rohrdurchmesser}$**

Die Abstützung der Rohrleitungen muss immer auf der Waagenbühne erfolgen.

### **Bild 3**

Bei druckbeaufschlagten Behältern auf identischen Durchmesser der Kompensatoren achten (gilt auch bei Unterdruck)!

### **Bild 4**

Einbau von Kompensatoren bzw. flexiblen Schläuchen, um sehr steife Leitungen mit großen Durchmessern flexibel zu gestalten. Maß „L“ kann durch eine Rohrschleife etwa halbiert werden (auch für Bild 2).

- ❖ Auf ausreichende Länge des Rohrbogens achten
- ❖ Rohrbogen horizontal ausführen
- ❖ Abstützung nur an der Behälter fernen Seite anbringen
- ❖ Insbesondere bei dicken Rohren wird beim Einsatz der gezeigten Doppelkompensatoren der Kraft-Nebenschluss wesentlich reduziert.

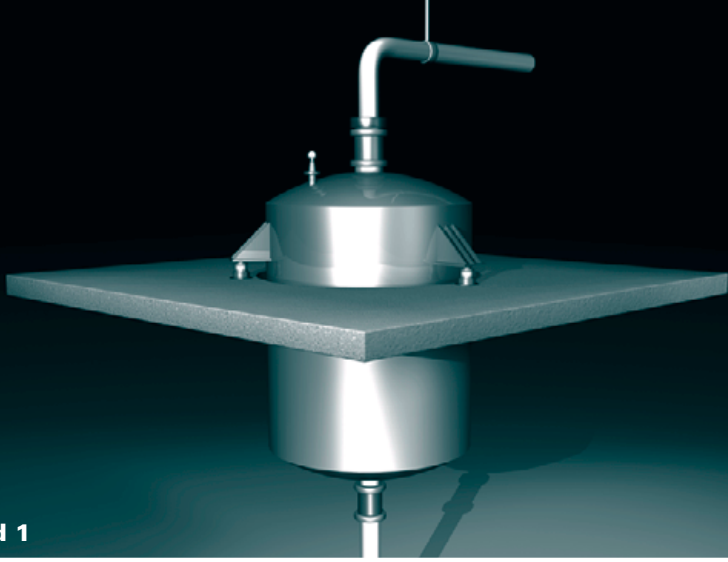


Bild 1

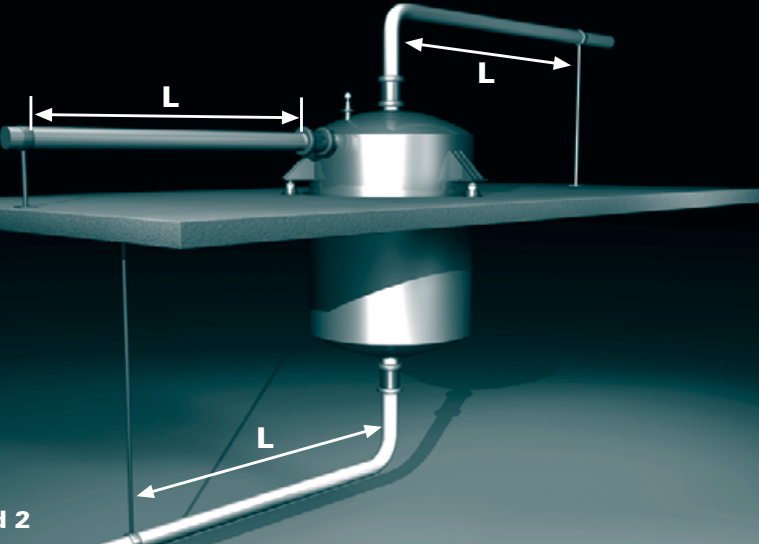


Bild 2

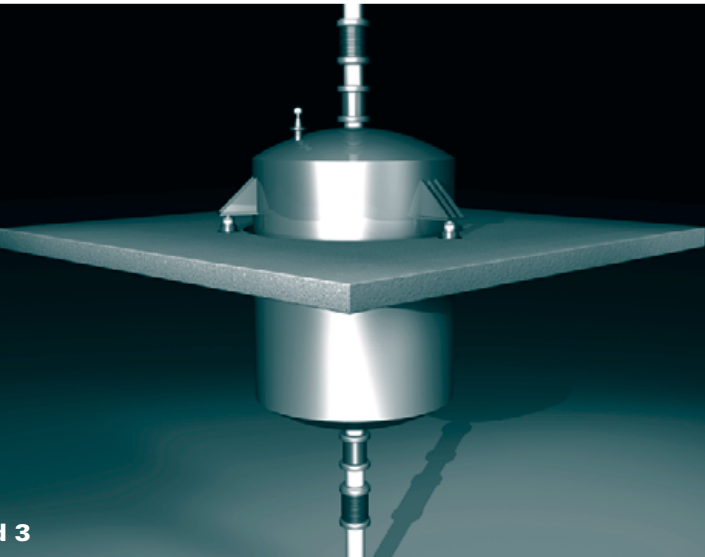


Bild 3

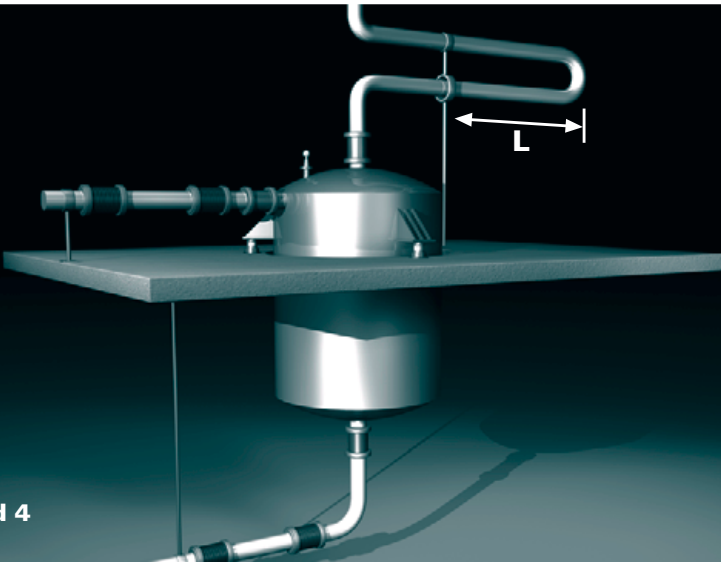


Bild 4

### Zusätzlich ist zu beachten:

Entlüftung für Kühl-/Heizmantel vorsehen.  
 Füllungsgrad der Behälterheizung beachten.  
 Berücksichtigung verschiedener Betriebszustände (Druck, Temperatur, Heizen).

- ❖ Reaktor- und Rohrleitungsdruck verursachen über den Leitungs-Querschnitt Wägefehler.  
 Abhilfe: Druckkompensation, drucklos arbeiten.  
 Rohre horizontal anbringen
- ❖ Rohrleitungserwärmung durch internes Medium oder Strahlung beachten.  
 Typische Rohrdehnung:  $0,1\text{mm}/10^\circ\text{C} \times \text{Länge}$   
 Bei ungleichmäßiger Erwärmung kann sich das Rohr wie ein Bimetall verhalten und so zusätzliche Biegekräfte erzeugen.

### Umwelteinflüsse durch Wärme, Feuchtigkeit

- ❖ Wägezellen vor direkter Wärmeeinstrahlung und Zugluft schützen.  
 Abhilfe: Isoliermantel oder Verkleidungen vorsehen.
- ❖ Thermische Gradienten vermeiden (Wärmeabfluss vom Behälter über die Wägezellen).  
 Abhilfe: Wärmeisoliationsplatten vorsehen.
- ❖ Wägezellenmesskabel vor mechanischen Beschädigungen (Nagerverbiss) und Feuchtigkeit schützen.  
 Abhilfe: Wägezellenkabel in Schutzrohre verlegen.

### Konstruktions-Montagehinweise

- ❖ Bühnenkonstruktion ausreichend steif auslegen.
- ❖ Durchbiegung  $\leq L/1000$  gewährleisten
- ❖ Rohrleitungen horizontal zuführen und Kompensatoren horizontal einbauen.
- ❖ Vertikalleitungen möglichst weich kompensieren.
- ❖ Potentialausgleich zwischen Wägezellengehäuse und Auswertelektronik vorsehen.  
 Bauseits mechanische Konstruktion nutzen oder Potentialausgleichsleitung verlegen.
- ❖ Mit flexibler Verbindung Wägebehälter auf bauseitiger Konstruktion erden.
- ❖ Die Lastausleitung der Wägezellen muss horizontal, planparallel und ausreichend biegesteif sein.
- ❖ Zur Vermeidung von mechanischen Spannungen (durch thermische Ausdehnung) müssen unbedingt original Schenck Lagerteile verwendet werden (Fußplatte und Wägezellen sind aus dem gleichen Material gefertigt).
- ❖ Zum Justieren und Prüfen der Waage sollte die Möglichkeit vorgesehen werden, Normalgewichte von mindestens 20% der Waagennennlast anzubringen. (zwingend für eichpflichtige Anwendungen)

## 5) Genauigkeit einer Behälterwaage

Wesentliche Voraussetzung für das Erreichen der gewünschten Genauigkeit der Waage ist zunächst die richtige Auswahl von Nennlast und Qualität der Wägezellen.

### Wichtige Kenngrößen sind dabei:

- ❖ Kennlinienabweichung (Nichtlinearität und Hysterese)
- ❖ Temperaturabhängigkeiten von Nullsignal und Kennwert
- ❖ Auflösung
- ❖ Messwertkriechen
- ❖ Reproduzierbarkeit

Bei Behälterwaagen wird die erreichbare Systemgenauigkeit zusätzlich ganz entscheidend durch die Umfeldeinflüsse und den Prozessablauf beeinflusst.

### Stichworte:

- ❖ Sorgfältige Montage der Lagerpunkte.
- ❖ Reproduzierbarkeit durch Beeinflussung von Rohren, Kompensatoren und sonstigen Verbindungen.
- ❖ Steifigkeit der Aufstellbühne.
- ❖ Rührwerksschwingungen, Schwerpunktverlagerung

Bei eichfähigen Wägeeinrichtungen müssen Wägezellen ab C3-Qualität und entsprechende Auswerteelektroniken mit Eich-Zulassung eingesetzt werden.

Bei Beachtung der in diesen Unterlagen aufgeführten Hinweise und bei sachgemäßer Ausführung werden dann (eichfähige) Systemgenauigkeiten von deutlich kleiner 0,1% erreicht.

Bei nicht eichfähigen Waagen sind beim Einsatz von RT-Wägezellen mit der Genauigkeit 0,05% und bei sachgemäßem Einbau in Verbindung mit Schenck Auswerteelektronik Systemgenauigkeiten von 0,1% realisierbar.

Diese Genauigkeit wird mit Eingabe sämtlicher Waagenparameter „theoretische Justage“, d. h. ohne Aufbringung von Gewichten erreicht.

**Schenck Process bietet ihren Kunden jederzeit gerne Unterstützung an in Form von:**

- ❖ **Beratung**
- ❖ **Engineering**
- ❖ **Konstruktion**
- ❖ **Service**
- ❖ **Begutachtung**