



## **Erfolgreiche Integration von Wägetechniken** Bei Tanks, Behältern und Reaktoren

**METTLER TOLEDO**



# Inhalt

<b>1</b>	<b>Das Wesentliche in Kürze</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Wägen – Die vielseitigste Technologie</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Typische Prozesswaagen</b> .....	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Wählen eines geeigneten Chargierverfahrens</b> .....	<b>8</b>
	Einführung .....	8
	Simultanes Chargieren .....	9
	Sequentielles Chargieren .....	9
	Kumulatives Chargieren .....	9
	Zusammenfassung .....	10
<b>5</b>	<b>Technische Grundlagen verstehen</b> .....	<b>12</b>
	Elektromagnetische Kraftkompensation .....	12
	Dehnungsmessstreifen .....	13
	PowerMount™ .....	14
<b>6</b>	<b>Wählen des richtigen Wägesensors bzw. der richtigen Waage</b> .....	<b>15</b>
	Plattform-Wägezellen .....	16
	Tisch- und Bodenwaagen .....	17
	Drucklast-Wägezellen oder -Wägemodule .....	18
	Zuglast-Wägezellen oder -Wägemodule .....	20
<b>7</b>	<b>Tipps für Waagendesign und -installation</b> .....	<b>21</b>
	Leitungen .....	21
	Strukturelle Sicherung .....	22
	Wägen von mobilen Tanks .....	23
	Sensorkapazität .....	23
	Kalibrierung .....	24
<b>8</b>	<b>Einfluss von Material und Zuführreinheit auf die Genauigkeit</b> .....	<b>26</b>
	Materialien .....	26
	Zuführreinheiten .....	26
<b>9</b>	<b>Geschwindigkeit gegenüber Genauigkeit</b> .....	<b>27</b>

<b>10</b>	<b>Steuern Sie Ihren Prozess</b> . . . . .	<b>28</b>
	Abfüllprozess . . . . .	28
	Schnell- und Feinzuführung . . . . .	29
	Nachlauf . . . . .	29
	Handbetrieb . . . . .	29
	Steuerung . . . . .	30
	Terminals . . . . .	32
	A/D-Umwandlung und Filterung . . . . .	32
	Digitaler E/A . . . . .	33
	Leitfähigkeit . . . . .	33
	IND780batch . . . . .	33
	IND780Q.iMPACT Controller . . . . .	34
<b>11</b>	<b>Laborreaktoren</b> . . . . .	<b>35</b>
	Reaktortypen und Anwendbarkeit von Wägetechnologien . . . . .	35
	Ständige Last . . . . .	36
	Mehrere Flüssigkeitssysteme . . . . .	37
	Heiz-/Kühlflüssigkeiten . . . . .	37
	Atmosphäre . . . . .	37
	Temperatur . . . . .	38
	Vibration . . . . .	39
<b>12</b>	<b>Zertifizierungsanforderungen</b> . . . . .	<b>40</b>
<b>13</b>	<b>Literaturangaben</b> . . . . .	<b>41</b>



# Ziel dieses Leitfadens

Der Leitfaden ist für Anwender bestimmt, die den Kauf von Prozesstanks und -behältern erwägen, sowie für Maschinenbauer. Er enthält wertvolle Informationen, die sie bei der Bewertung ihres derzeitigen Prozessequipments und der Suche nach Alternativlösungen unterstützen.

Der Leitfaden bietet Endanwendern eine Übersicht über die gängigsten Termini und Technologien sowie insbesondere über deren Vor- und Nachteile. Damit sind Käufer auf Gespräche mit potenziellen Anbietern bestens vorbereitet und können professionelle Anfragen zur Angebotserstellung ausarbeiten.

Maschinenbauer erhalten währenddessen nützliche Informationen zur Leistungsoptimierung ihres Prozessequipments. Im Leitfaden wird ausserdem der Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Genauigkeit sowie anderen Faktoren erläutert, die sich auf die Gesamtleistung von Prozesswaagen auswirken.

# Das Wesentliche in Kürze

Die Prozesssteuerung nach Gewicht weist gegenüber volumetrischen Verfahren zahlreiche Vorteile auf, wie u. a. höhere Genauigkeit, einfachere statistische Prozesskontrolle und bessere Rückverfolgbarkeit. Es werden eine grosse Bandbreite an Materialien verarbeitet, wie etwa Flüssigkeiten, Gase und Feststoffe, die eine fast unendliche Anzahl verschiedener Prozesse durchlaufen. Wägen ist eine universelle Technik, die unabhängig vom Material immer eingesetzt werden kann. METTLER TOLEDO kann mit seiner breiten Palette an weltweit zugelassenen Produkten und seinen drei Wägetechnologien die Herausforderungen nahezu jeder Prozesskontrollanforderung meistern.

# Wägen – Die vielseitigste Technologie

In vielen verarbeitenden Industrien stehen Tanks und Behälter für chemische Reaktionen im Mittelpunkt der Herstellung. Materialien genau in Tanks und Behälter bzw. aus Tanks und Behältern zu übertragen, ist daher entscheidend für die Produktkonsistenz, die Qualität und die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften. Ausserdem kann eine Waage erheblich zur Produktionsleistung beitragen, indem beispielsweise Materialverbrauch und Abfall verringert und genaue Bestandsübersichten aufrechterhalten werden.



Abb. 1: Typische Tankwaage



Abb. 2: In den Boden eingelassene Tankwaage

Bei Tanks und Behältern kann die Befüllung/Entleerung mithilfe von Durchflussmessern oder Waagen gesteuert werden. Bei volumetrischen Durchflussmessern treten jedoch eine Reihe von Problemen auf, die durch Wägen vermieden werden können. Hier einige Vorteile des Wägens:

- Wägetechnologie ist universal, da dieselbe Waage zum Wiegen von Flüssigkeiten, Feststoffen, Gasen oder von einer Mischung aus diesen Stoffen verwendet werden kann.
- Im Gegensatz zu den meisten Durchflussmessern bleiben Waagen von Veränderungen der Materialeigenschaften (z. B. Dichte, Viskosität, mitgeführtes Gas und Schaumbildung) unberührt.
- Die Wägausrüstung kommt nicht mit dem Material in Berührung, sodass es zu keinem Leistungsverlust aufgrund von korrosiven oder abrasiven Materialien kommt.
- Eine Tankwaage zeigt immer direkt die Masse eines Materials an; sie ist nicht von der Berechnung eines Werts auf Basis der Durchflussrate, Zeit und Dichte für alle einzelnen Materialeingänge und -ausgänge abhängig. Wenn die Durchflussrate unregelmässig ist oder unerwartet stoppt, gibt es somit keine Messungenauigkeiten bezüglich des Gewichts, das sich in der Tankwaage befindet.
- Wägen ist genauer und kann in einem kleineren Toleranzband durchgeführt werden.
- Wägen kann, falls erforderlich, in kommerziellen (eichpflichtigen) Anwendungen eingesetzt werden.
- Wägausrüstung kann vor Ort kalibriert und geprüft werden; es ist also unnötig, die Ausrüstung für kostspielige Kalibrierungen einzuschicken.

Wägen unterliegt natürlich auch Grenzen, auf die unten eingegangen wird. Dieser Leitfaden konzentriert sich auf kleine bis mittlere Prozesstanks und -behälter und erklärt, wie deren Handhabung mit Wägetechnologie optimiert werden kann. Prozesstanks und -behälter werden in der Regel mit der Handhabung von Flüssigkeiten in Verbindung gebracht, allerdings können sie auch für Gase und Feststoffe eingesetzt werden. Dennoch enthalten sie für gewöhnlich relativ frei fließende Flüssigkeiten oder Schlämme.

# Typische Prozesswaagen

Abbildung 3 zeigt eine typische Tankwaage, bei welcher der Tank auf Wägemodulen steht, die an einen Terminal angeschlossen sind.

Der Terminal überwacht das Tankgewicht und steuert die Füllventile. Eine solche Waage wird als Einwäge- oder Gain-in-Weight-Waage bezeichnet und wird in der Regel für Chargiervorgänge verwendet. Eine Tankwaage kann selbstständig sein, wie in der Abbildung zu sehen ist, oder auf verschiedene Arten in ein grösseres System integriert sein, zu denen z. B. eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) gehört.

Abbildung 4 ist abgesehen davon, dass der Terminal das Ausgangsventil steuert, identisch. Eine solche Waage wird Auswäge- oder Loss-in-Weight-Waage genannt. Hier kann die Waage eingesetzt werden, um ein bestimmtes Gewicht eines Materials zur Befüllung von Behältern so schnell wie möglich bereitzustellen oder um Material bei einer kontrollierten Durchflussrate für einen nachgelagerten Prozess bereitzustellen.

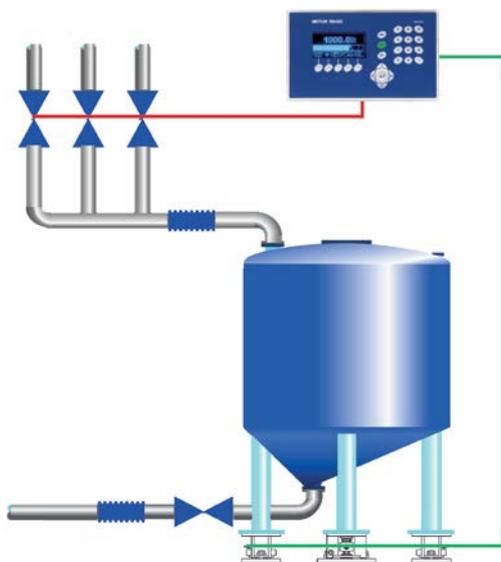


Abb. 3: Einwägetankwaage

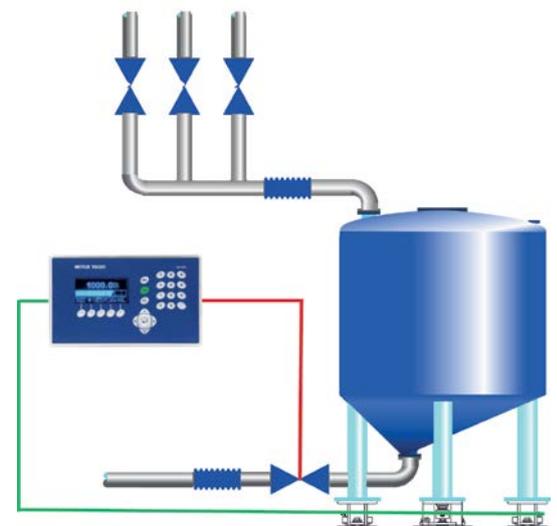


Abb. 4: Auswägetankwaage

Der Terminal kann ausserdem sowohl den Eingangs- als auch den Ausgangsdurchfluss steuern. Bei einer typischen Anwendung kann eine Tankwaage im Einwägemodus verwendet werden, um verschiedene Materialien zur Erstellung einer Charge hinzuzufügen. Nach dem Mischen kann sie dann im Auswägemodus verwendet werden, um Container für den Versand zu befüllen. Einige Terminals können die Befüllung und/oder Entleerung von mehreren Tankwaagen gleichzeitig steuern. Jedoch kann bei einer einzigen Waage nur ein Material gleichzeitig übertragen werden (entweder befüllen oder entleeren). Dies ist eine der Grenzen der Wägetechnologie, durch die sie für Chargierverfahren bestens geeignet ist.

# Wählen des Chargierverfahrens

## Einleitung

Prozessfertigungsanwendungen werden häufig als kontinuierlicher oder als Chargenbetrieb klassifiziert. Die kontinuierliche Prozessfertigung ist durch einen kontinuierlichen Durchfluss von Rohmaterialien und die Umwandlung der Materialien in ein Endprodukt, während diese noch in Bewegung sind, gekennzeichnet. Dies findet in der Regel in hochvolumigen Industrien zur Justierung eines Prozesses statt, der auf ein Produkt ausgerichtet ist. Beispiele hierfür sind Zementherstellung, Ö raffinerie und Stromerzeugung. Die Herstellung mit Chargierprozessen zeichnet sich durch einen kontinuierlichen Rohmaterial-Durchfluss, die Umwandlung der Rohmaterialien in Chargen und einen diskontinuierlichen Durchfluss von Endprodukten aus. Bei der Herstellung mit Chargierverfahren werden für gewöhnlich geringere Mengen an Mischungen aus verschiedenen Rohmaterialien verarbeitet, um eine grosse Bandbreite an Endprodukten herzustellen. Ein Wechsel der Fertigungslinie kommt hier häufig vor. Zahlreiche Branchen produzieren in Chargen, wie etwa die Lebensmittel-, Pharma- und chemische Industrie. Wägetechnologie ist für Chargierprozesse geeignet und wird in diesen Branchen häufig eingesetzt.



Chargierverfahren können in simultan, sequentiell und kumulativ eingeteilt werden. Jedes Verfahren hat verschiedene Stärken und einen grossen Einfluss auf die erreichbare Systemgenauigkeit, wie in den vorherigen Abschnitten erläutert wurde.

## Simultane Chargenverarbeitung

Bei der simultanen Chargenverarbeitung ist eine Waage pro Rohmaterial erforderlich (siehe Abbildung 5). Jedes Material wird einzeln gewogen und in einen Mischtank gefüllt oder weiterverarbeitet. Da jedes Material seine eigene Waage hat, kann deren Kapazität für das Material optimiert werden, sodass erheblich genauere Ergebnisse erzielt werden können. Es ist ausserdem die schnellste Methode, da alle Materialien gleichzeitig gewogen werden können. Andererseits bringt diese Methode die höchsten Kosten für Betriebsanlagen mit sich. In der unten aufgeführten Zusammenfassung sind alle Vor- und Nachteile aufgelistet.

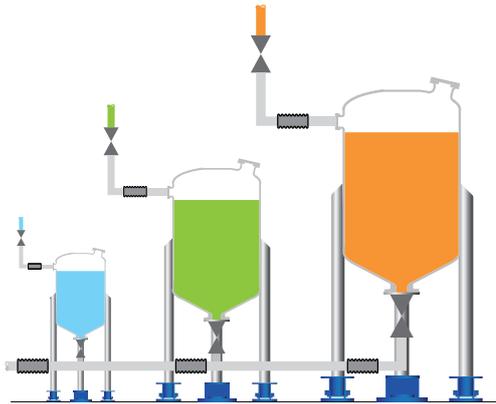


Abb. 5: Simultanes Chargieren

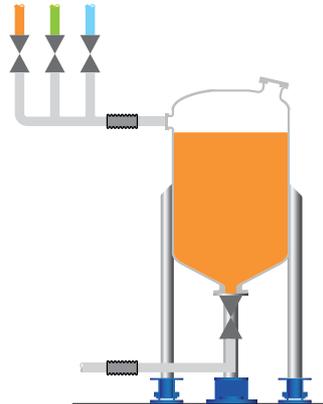


Abb. 6: Sequentielles Chargieren

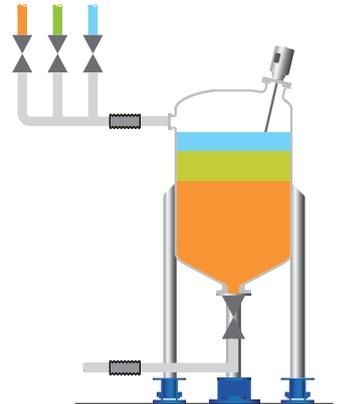


Abb. 7: Kumulatives Chargieren

## Sequentielles Chargieren

Beim sequentiellen Chargieren (siehe Abbildung 6) wird eine einzige Tankwaage dazu verwendet, jeden einzelnen Inhaltsstoff nacheinander zu wägen und auszutragen. Die verschiedenen Materialien können in einem separaten Mischtank gesammelt oder an die nachgelagerte Verarbeitung ausgegeben werden. Die Vorteile dieses Verfahrens sind die kleinste physikalische Grösse und die niedrigsten Kosten. Allerdings ist diese Methode auch die langsamste.

## Kumulatives Chargieren

Beim kumulativen Chargieren ist die Waagenanordnung mit der beim sequentiellen Chargieren identisch, sie muss jedoch lang genug sein, um die ganze Charge aufnehmen zu können (siehe Abbildung 7). Jedes Material wird der Reihe nach abgefüllt und in den Tank gegeben, bis die Charge vollständig ist. Der Hauptvorteil ist, dass alle Materialien im Tank sind und weitere Verfahren, wie z. B. Mischen und Auflösen, ohne zusätzliche Geräte durchgeführt werden können. Der Nachteil ist, dass die grösste Waagenkapazität am wenigsten für das Wägen von kleinen Inhaltsstoffen geeignet ist, sodass dieses Verfahren auch am ungenauesten ist.

## Zusammenfassung

Die Vorteile/Nachteile der drei Methoden sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

### Vergleich der Chargierverfahren

Parameter	Methode		
	Simultan	Sequentiell	Kumulativ
Waagenkapazität pro Material optimiert <sup>1</sup>	+++	++	+
Genauigkeit <sup>2</sup>	+++	++	+
Betriebsgeschwindigkeit	+++	+ <sup>3</sup>	++
Niedrigste Waagenkosten	+	+++	++
Geringste Steuerungskomplexität	+	+++	+++
Kleinste Waagengrösse	+	+++	++
Geringstes Risiko für Kreuzkontamination <sup>4</sup>	+++	+	+
Weitere Verarbeitung auf der Waage möglich	n/a	n/a	+++
Kein zusätzlicher Mischtank nötig	? <sup>5</sup>	? <sup>5</sup>	+++
Materialien bleiben bis zur Abnahme der Charge voneinander getrennt <sup>6</sup>	+++	Nein	Nein
Waage(n) muss/müssen genau kalibriert sein <sup>7</sup>	Ja	Nein	Nein

Tabelle 1

#### Hinweise:

- 1: Besonders wichtig für die Genauigkeit, wenn die Mengenverhältnisse der Rohmaterialien in einer Rezeptur stark variieren.
- 2: Gilt besonders dann, wenn die Mengenverhältnisse der Rohmaterialien in einer Rezeptur stark variieren.
- 3: Die Geschwindigkeit ist beim sequentiellen Chargieren aufgrund mehrerer Entladezyklen am langsamsten.
- 4: Wenn nicht alle Rohmaterialien für eine Rezeptur verwendet werden.
- 5: Abhängig vom nachgelagerten Verfahren.
- 6: Wenn ein Fehler beim Chargieren passiert, ist es einfacher, das Problem zu beheben, die Charge zu überarbeiten oder die Rohmaterialien zu recyceln, wenn sie bis zu Endabnahme der Charge getrennt voneinander bleiben.
- 7: Beim simultanen Chargieren müssen alle Waagen richtig kalibriert sein, um auf den Waagen eine korrekte Mengenverteilung zu erreichen. Beim sequentiellen und kumulativen Chargieren führt eine schlecht kalibrierte Waage (die andernfalls korrekt funktioniert, mit guter Linearität, Wiederholbarkeit usw.) dazu, dass das absolute Gewicht des Endprodukts fehlerhaft, aber das Mengenverhältnis jedes Inhaltsstoffs korrekt ist.



Abb. 8: Offline-Wägen von manuell hinzugefügten Materialien

In der Praxis werden häufig Kombinationen dieser Verfahren verwendet, um die Nachteile einer bestimmten Methode auszugleichen. Zum Beispiel kann ein System über einen kumulativen Tank zum Wägen der Hauptbestandteile verfügen, während ein unabhängiger sequentieller Tank, der in den kumulativen Tank entleert wird, zum Wägen der kleineren Bestandteile dient.



K-Line-Plattformwaage mit magnetischer Kraftkompensationstechnologie

Die Genauigkeit aller Chargierverfahren kann erhöht werden, wenn kleinere Bestandteile, wie etwa Mehl, Essenzen und Färbemittel, offline auf einer geeigneten Waage gewogen und manuell hinzugefügt werden. Diese Methode ist vor allem für Feststoffe geeignet, da dadurch kein Feststoffeintragssystem am Tank erforderlich ist. METTLER TOLEDOs hochgenaue WMH- oder K-Line-Plattformwaagen (werden später erläutert) werden häufig für diese kritischen Wäganwendungen eingesetzt.

# Technische Grundlagen verstehen

## Elektromagnetische Kraftkompensation

METTLER TOLEDO bietet leistungsstarke elektromagnetische Kraftkompensationstechnologie (EMK) mit einer ca. zehn Mal so hohen Genauigkeit wie andere Wägesensoren, die in den folgenden Abschnitten erläutert werden. Abbildung 9 veranschaulicht die Bauteile einer EMK-Wägezelle. Literaturangabe 4 bietet eine Beschreibung und einen Vergleich zu DMS (Dehnmessungsstreifen).

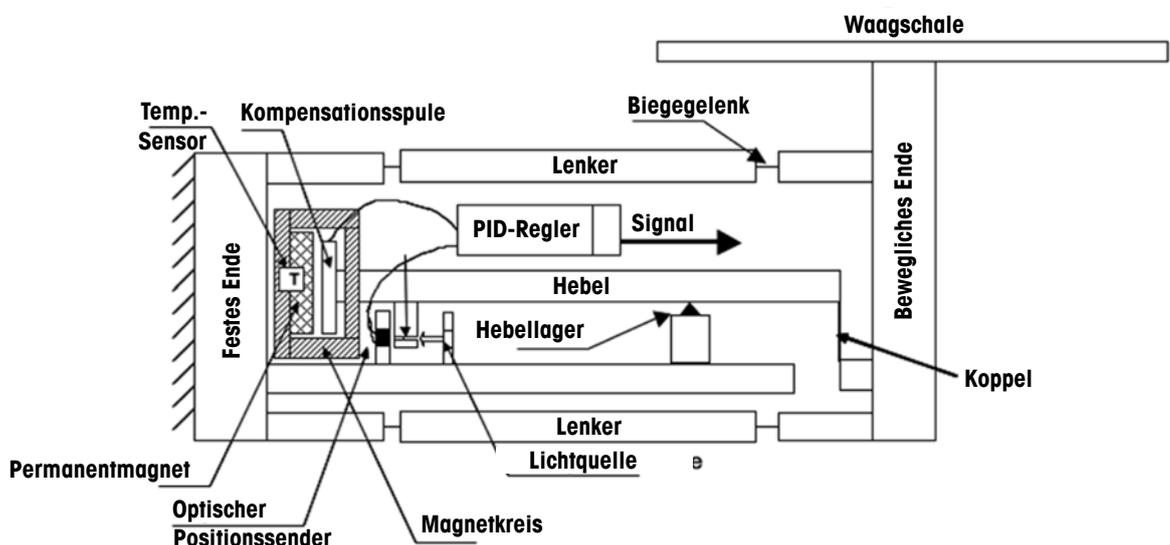


Abb. 9: Auf METTLER TOLEDOS EMK-Technologie basierender Sensor



Wägezelle mit elektromagnetischer Kraftkompensation (EMK) und hoher Auflösung für unübertroffene Präzision.



Wägezelle mit elektromagnetischer Kraftkompensation in einem Gehäuse mit der Schutzart IP66/67.

# Dehnungsmessstreifen

Wägezellen, die auf der DMS-Technologie basieren, sind die am häufigsten verwendeten Wägesensoren für industrielle Waagen. Sie sind sehr vielseitig, da die gleiche grundlegende Technologie für Kapazitäten von 3 kg bis 600 t oder mehr verwendet werden kann. Sie können auch einzeln oder mehrfach für grössere Waagen verwendet werden. METTLER TOLEDO stellt Wägemodul-Hardwaresets für eine einfache Integration bereit. Diese Wägemodule sind so konzipiert, dass sie für heutige Anlagen- und Betriebsumgebungen genau, sicher und robust sind (siehe Literaturangabe 3). Die messtechnischen Leistung erreicht OIML C6 und NTEP Class IIIM 10000 Divisions.

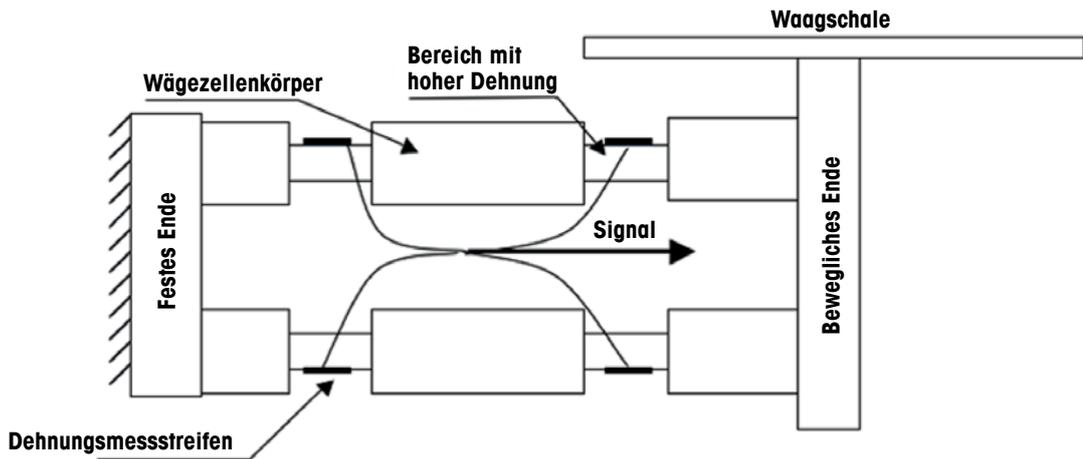


Abb. 10: Auf DMS basierender Sensor



Plattform-Wägezelle mit DMS-Technologie. Diese Wägezellen reichen für gewöhnlich von 3 bis 2.000 kg.



Hermetisch abgedichtete Stabwägezelle mit DMS-Technologie. Diese Wägezellen sind üblicherweise für einen Bereich von 5 kg bis 5 t geeignet.



Zuglastwägezelle (S-Typ) mit DMS-Technologie. Diese Wägezellen sind für gewöhnlich für einen Bereich von 50 kg bis 10 t geeignet.



Kanisterwägezelle mit DMS-Technologie für schwere Lasten. Diese Wägezellen sind üblicherweise für einen Bereich von 7,5 bis 600 t geeignet.

## PowerMount™

METTLER TOLEDO stellt seit den 1980er Jahren digitale Wägezellen her, die in zahlreichen Branchen heute Standard sind. Es gibt DMS-Wägezellen mit integriertem Analog/Digital- (A/D) Wandler und Mikroprozessor. Im Vergleich zu herkömmlichen analogen Wägezellen liefern sie verbesserte Leistung und Funktionalität. METTLER TOLEDO bietet diese PowerCell-Technologie nun in den PowerMount™ Wägemodulen an. Dies hat beim Prozesswägen mehrere Vorteile:



PowerMount™ Wägemodul

1. Vorbeugende Wartung Die Waage überwacht jede einzelne Wägezelle und benachrichtigt den Anwender, wenn in einem Teil des Systems Anzeichen von bevorstehenden Problemen auftauchen.
2. Kein Anschlusskasten und keine abnehmbaren Kabel Das PowerMount™ System arbeitet an einem eingeschleiften Netzkabel, das zwischen den Wägezellen verläuft. Es gibt keinen typischen Anschlusskasten für analoge Systeme und häufig stellt dies eine Fehlerquelle dar. Ausserdem können die Kabel der Wägezelle abgenommen werden, sodass sie im Falle eines Schadens einzeln ausgetauscht werden können.
3. Beim Austausch einzelner Komponenten ist keine Neukalibrierung erforderlich. Die Ausgaben digitaler Wägezellen sind sehr gut aufeinander abgestimmt, so dass keine Neukalibrierung notwendig ist, wenn eine Wägezelle, ein Kabel oder ein Terminal ausgetauscht werden.
4. Robuste digitale Signale mit hoher RFI/EMI-Sicherheit. Analoge Signale weisen eine sehr geringe Stärke auf. Jeder Schritt auf der Terminalanzeige hängt von der Erkennung einer Signaländerung der Wägezellen um ungefähr 5 Millionstel Volt ( $5 \mu\text{V}$ ) ab.  
PowerMount® verwendet den CAN-Bus für die Datenübertragung. Hierbei handelt es sich um ein sehr robustes digitales Signal von +/- 5 V, dessen Nutzung in der Automobilindustrie sehr verbreitet ist.
5. Höhere Leistung. Durch einen Mikroprozessor in jeder Wägezelle sind die Wägezellen digital kompensiert, um höhere Leistungsniveaus bis zu OIML C10 und NTEP 10.000 III M zu erreichen.

Einen Vergleich zwischen PowerMount und analogen Wägemodulen finden Sie in Literaturangabe 5.

# Wählen der richtigen Waage

Tanks und Behälter unterscheiden sich stark in der erforderlichen Kapazität und Genauigkeit. Es gibt mehrere Möglichkeiten, um Wägetechnologie bei Tanks und Gefässen einzusetzen. Diese sind in Tabelle 2 zusammengefasst und werden in den folgenden Abschnitten ausführlich beschrieben.

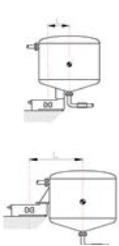
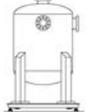
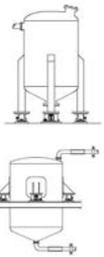
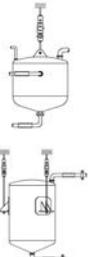
						
Spalte		1	2	3	4	5
<b>Produkte aus Basis von EMK-Wägezellen</b>		Plattform-Wägezelle	Tischwaage	Bodenwaage	Drucklast-Wägezellen oder -Wägemodule	Zuglast-Wägezellen oder -Wägemodule
Tischwaage, EMK	Max. Waagenkapazität: kg/lb	–	32/70	–	–	–
	Max. Waagengrösse: cm/in	–	28x35 / 11x14	–	–	–
	Zulassung: OIML/NTEP	–	II 32, III 6.4 / II 32, III 10	–	–	–
Bodenwaage, EMK	Max. Waagenkapazität: t/klb	–	–	3/6	–	–
	Max. Waagengrösse: m/ft	–	–	1,5x1,5 / 5x5	–	–
	Zulassung: OIML/NTEP	–	–	III 6 / –	–	–
<b>Produkte auf Basis von DMS-Wägezellen</b>						
Plattform-Wägezelle	Anzahl der Wägezellen/Waage	1	–	–	–	–
	Max. Waagenkapazität: t/klb	1 / 2,2	–	–	–	–
	Max. Waagengrösse: cm/in	Siehe unten	–	–	–	–
	Zulassung: OIML/NTEP	C3 / IIIS 5	–	–	–	–
Drucklast-Wägezelle oder -Wägemodul	Anzahl der Wägezellen/Waage	–	–	–	3+	–
	Max. Waagenkapazität: t/klb	–	–	–	1000/2200	–
	Max. Waagengrösse: cm/in	–	–	–	Ohne Beschränkung	–
	Zulassung: OIML/NTEP	–	–	–	C10/IIIM 10	–
Zuglast-Wägezelle oder -Wägemodul	Anzahl der Wägezellen/Waage	–	–	–	–	1+
	Max. Waagenkapazität: t/klb	–	–	–	–	25/55
	Max. Waagengrösse: cm/in	–	–	–	–	Ohne Beschränkung
	Zulassung: OIML/NTEP	–	–	–	–	C3/IIIM 5
Tischwaage	Max. Waagenkapazität: kg/lb	–	600/1000	–	–	–
	Max. Waagengrösse: cm/in	–	60x80 / 24x32	–	–	–
	Zulassung: OIML/NTEP	–	III 6 / III 10	–	–	–
Bodenwaage	Max. Waagenkapazität: t/klb	–	–	12/20	–	–
	Max. Waagengrösse: m/ft	–	–	2x2 / 5x7	–	–
	Zulassung: OIML/NTEP	–	–	III 6 / III 5	–	–

Tabelle 2

## Plattform-Wägezellen

In Abbildung 11 und 12 sind Tanks dargestellt, die auf Plattform-Wägezellen montiert sind. Diese Wägezellen sind darauf ausgelegt, einzeln verwendet zu werden und innerhalb der Toleranzen zu wiegen, trotz einer seitlichen Verschiebung des Schwerpunkts des Tanks. Plattform-Wägezellen werden in der Regel in Tischwaagen eingesetzt (siehe Abbildung 13 unten). Eine Wägezelle wird unter der Wägefläche zentriert. Die Datenblätter geben für diese Situation eine „maximale Plattengröße“ an. Bei Verwendung wie in Abbildung 11 und 12 ist es am besten, den Schwerpunkt des Tanks entlang der Längsachse der Wägezelle zu platzieren. Dimension L sollte die Hälfte der für die Wägezelle spezifizierten maximalen Plattengröße nicht überschreiten.

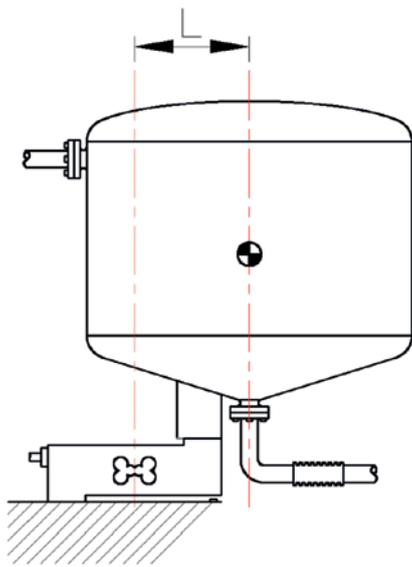


Abb. 11: Kleiner Tank/Behälter gewogen auf einer Plattform-Wägezelle

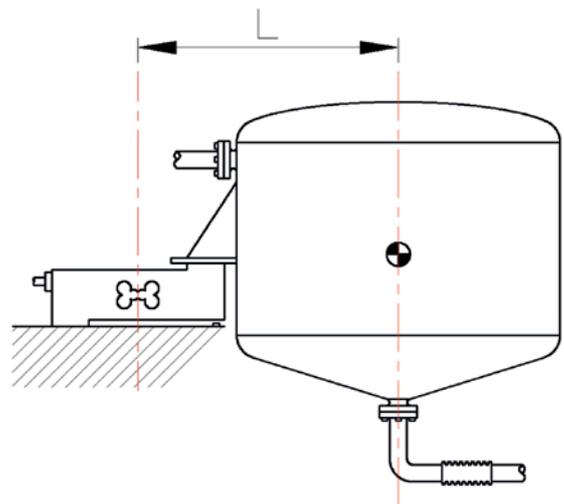


Abb. 12: Kleiner Tank/Behälter gewogen auf einer Plattform-Wägezelle, zu einer Seite versetzt

Wenn z. B. eine MT1241-Wägezelle für eine Plattengröße von maximal 40 × 40 cm (16 × 16 Zoll) ausgelegt ist, sollte L für diese Zelle maximal 20 cm (8 Zoll) betragen. Gehen Sie deshalb bei der Auswahl der Wägezellenkapazität auf Nummer sicher, wenn L dem Grenzwert sehr nah kommt. Wenn L gleich null ist, wäre die ideale Lösung, den Schwerpunkt des Tanks direkt über dem Zentrum der Wägezelle zu platzieren, aber dies ist in der Praxis nur selten machbar. Verwenden Sie einen Überlastschutz, um eine Beschädigung der Wägezelle zu vermeiden. Bei einer Waage, die auf einer Plattform wie dieser montiert ist, sollte ein Sicherungssystem bereitgestellt werden, um die Waage zu sichern, wenn ein Ausfall der Wägezelle oder anderer Hardware zu Beschädigungen oder Verletzungen führen könnte.

METTLER TOLEDO bietet ein umfassendes Sortiment an Plattform-Wägezellen mit Kapazitäten von 3 kg (7 lb) bis 2.000 kg (4.400 lb.) und unterschiedlichen Schutzarten, die aus verschiedenen Materialien bestehen und über eine komplette Reihe an Zulassungen verfügen.



Plattform-Wägezelle Modell MT1241

## Tisch- und Bodenwaagen

Abbildung 13 zeigt einen kleinen Tank, der auf einer typischen Tischwaage angebracht ist, während in Abbildung 14 ein grösserer Tank dargestellt ist, der auf einer Bodenwaage montiert ist.

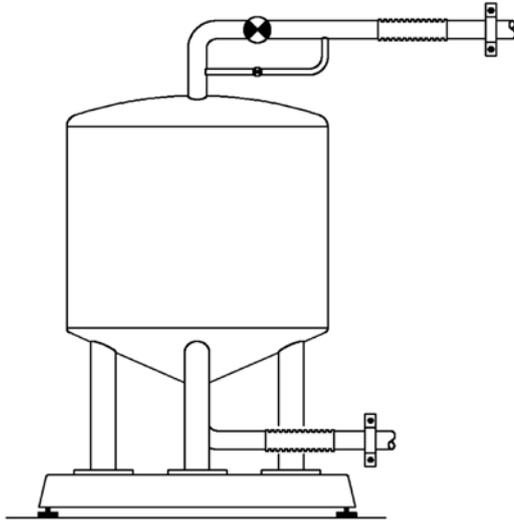


Abb. 13: Kleiner Tank/Behälter gewogen auf einer Tischwaage

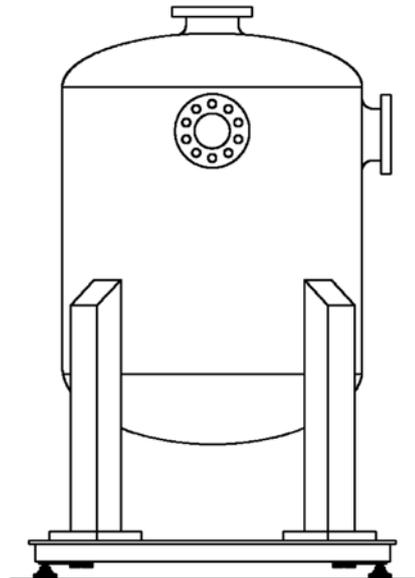


Abb. 14: Tank/Behälter gewogen auf einer Bodenwaage

Bodenwaagen können auf dem Boden oder in einer Grube montiert werden, wie in Abbildung 21 dargestellt. Wenn Tisch- oder Bodenwaagen eingesetzt werden, muss der Tank so stabil sein, dass er nicht umkippt, da die Waage keine Abhebesicherung bietet. Wenden Sie sich auch an METTLER TOLEDO, um die beste Position der Tankbeine auf der Wägefläche in Erfahrung zu bringen.

Geeignete Produkte sind die WMH- Modelle oder K-Line-Waagen, die von einer Grösse von 20 cm<sup>2</sup> (8 Zoll<sup>2</sup>) und einer Kapazität von 3 kg (6 lb) bis zu einer Grösse von 1,5 m<sup>2</sup> (60 Zoll<sup>2</sup>) und einer Kapazität von 3.000 kg (6.000 lb) reichen. Mit Zulassungen für Eichanwendungen gemäss OIML und NTEP Klasse II 32.000e sind diese Produkte etwa zehn Mal genauer als DMS-basierte Waagen und eröffnen neue Dimensionen beim Tankwägen. Sie sind in den Ausführungen verzinkter Stahl oder Edelstahl erhältlich und verfügen über ein integriertes Gewicht für routinemässige Kalibrierungen.



K-Line-Tischwaage mit erstklassiger EMK-Wägetechnologie



K-Line-Bodenwaage mit erstklassiger EMK-Wägetechnologie

METTLER TOLEDO bietet eine umfassende Palette an industriellen Tischwaagen auf Basis von DMS-Technologie mit Kapazitäten von bis zu 600 kg (1.000 lb) sowie Bodenwaagen mit grösseren Plattformen und Kapazitäten von bis zu 12 t (20 klb) an.



Tischwaagenmodell PBD655



Bodenwaagenmodell 2256 VLC

## Drucklast-Wägezellen und -Wägemodule

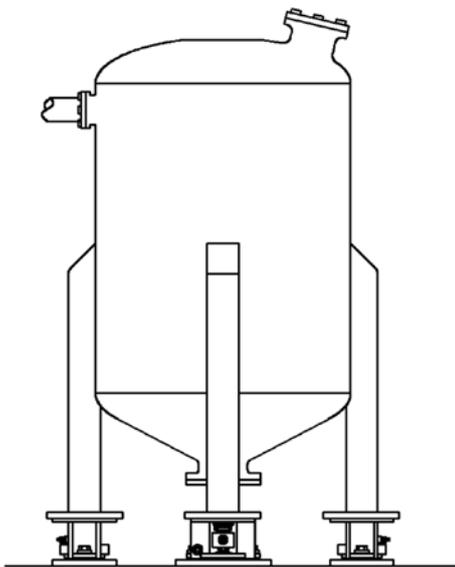


Abb. 15: Tank gewogen auf Drucklast-Wägemodulen

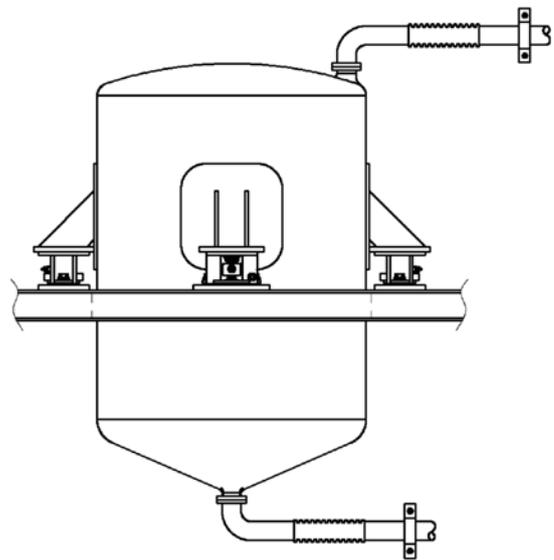


Abb. 16: Tank gewogen auf Drucklast-Wägemodulen (in den Boden eingelassen)

Drucklast-Wägezellen und -Wägemodule bieten die grösste Vielseitigkeit, wenn Wägetechnologie bei Tanks und Behältern eingesetzt werden soll. Dabei kann bei Tanks mit einer Kapazität von 10 kg (20 lb) bis 1.000 t oder mehr nach dem gleichen grundlegenden Konzept vorgegangen werden. Mindestens drei Drucklast-Wägezellen oder -Wägemodule müssen zur Stabilisierung der Waage eingesetzt werden, wobei vier für quadratische oder rechteckige Waagen typisch sind. Sie können unter den Tankbeinen angebracht (siehe Abbildung 15) oder bei in den Boden eingelassenen Konstruktionen eingesetzt werden (siehe Abbildung 16). Der Einsatz von Wägezellen ist



MultiMount-Drucklast-Wägemodul mit integrierter herkömmlicher DMS-Wägezelle.



PowerMount-Drucklast-Wägemodul mit integrierter DMS-Wägezelle mit eingebautem Mikroprozessor.

möglich, jedoch muss auf eine ordnungsgemäße Konstruktion der Befestigung und eine richtige Lasteinleitung geachtet werden, sodass eine ungehinderte Wärmeausdehnung und -schrumpfung gewährleistet ist. Um die Montage zu vereinfachen, steht das nötige Zubehör zu Verfügung, jedoch müssen alle horizontalen oder vertikalen Haltevorrichtungen anderweitig beschafft werden.

Die einfachere Alternative ist die Verwendung von Wägemodulen, bei denen Überlegungen hinsichtlich horizontaler Halterung, Abhebeschutz usw. im Design berücksichtigt wurden. Ausserdem können PowerMount™ Wägemodule eingesetzt werden, um von den zahlreichen verfügbaren Extrafunktionen zu profitieren, wie etwa der vorbeugenden Wartung.



SLB215-Stabwägezelle mit Lasteinleitung mit Gewinde



Montagezubehör für die SLB215-Wägezelle zur einfachen sachgemässen Installation



0745A-Stabwägezelle mit blindem Lasteinleitungsloch



Zubehör für die 0745A-Wägezelle für optimale Lasteinleitung und Leistung

## Zuglast-Wägezellen und -Wägemodule

Tanks können, wie in Abbildung 17 dargestellt, zum Wägen an einer einzelnen Zuglast-Wägezelle oder einem Zuglast-Wägemodul aufgehängt werden. Die weitaus häufigere Situation wird jedoch in Abbildung 18 dargestellt: Hier ist der Tank an drei Wägemodulen aufgehängt.

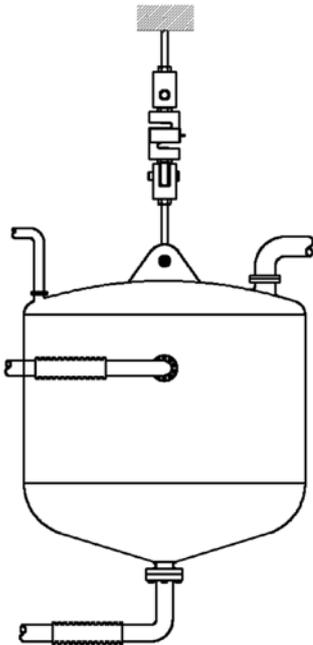


Abb. 17: Kleiner Tank/Behälter gewogen auf einem Zuglast-Wägemodul

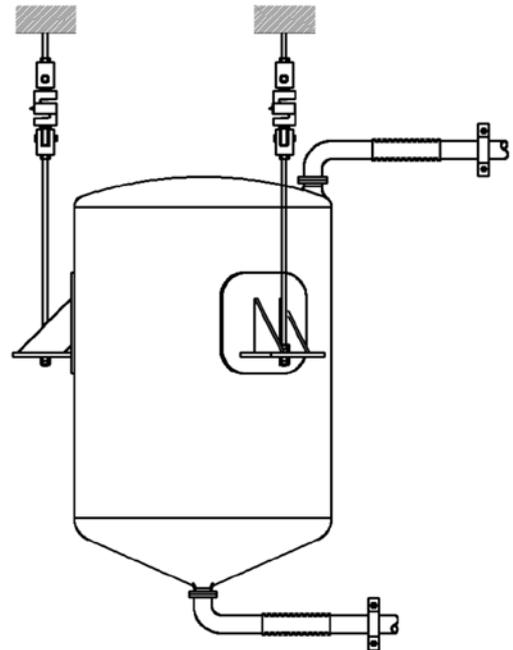


Abb. 18: Tank/Behälter gewogen auf mehreren Zuglast-Wägemodulen

Diese Befestigungsart bietet sich vor allem dann an, wenn bereits eine Overhead-Konstruktion vorhanden ist oder der Bodenbereich unter der Waage freigehalten werden muss. Sie eignet sich für Waagenkapazitäten von ca. 20 kg (45 lb) bis 30 t.

Häufig werden horizontale Stabilisatoren benötigt, um ein Hin- und Herschwingen zu unterbinden. Dabei werden dieselben Genauigkeiten erreicht wie mit Drucklastsystemen. Auch hier können Wägezellen oder Wägemodule wie das Modell SWS310 verwendet werden, die eine ideale Lasteinleitung für eine bequemere Integration bieten.

Jede Hängewaage muss mit Sicherungen, z. B. Ketten, Stangen usw., ausgestattet sein (nicht in Abb. 17 und 18 dargestellt), um sie im Falle eines Defekts des Befestigungssystems sichern zu können.



Zuglast-Wägemodul SWS310

# Tipps für Waagendesign und -installation

## Rohrleitungen

An einigen Tankwaagen sind die Rohrleitungen nicht direkt an die Waage angeschlossen – und dieses Design eignet sich perfekt für eine hohe Waagengenauigkeit. Abbildung 19 zeigt eine solche Waage, bei der vier nicht angeschlossene Einlassrohre in den nach oben hin offenen Tank laufen; ausserdem ist ein Auslassrohr vorhanden, das nicht befestigt ist und nur bei Bedarf angeschlossen wird. Die Genauigkeit einer solchen Tankwaage kann an die Grenzen der verwendeten Wägetechnologie stossen. In vielen Situationen, in denen beispielsweise gefährliche oder giftige Materialien gewogen werden oder die Waage unter Druck gesetzt werden muss, sind nicht angeschlossene Rohre jedoch natürlich nicht sinnvoll.



Tank mit nicht angeschlossenen Rohrleitungen

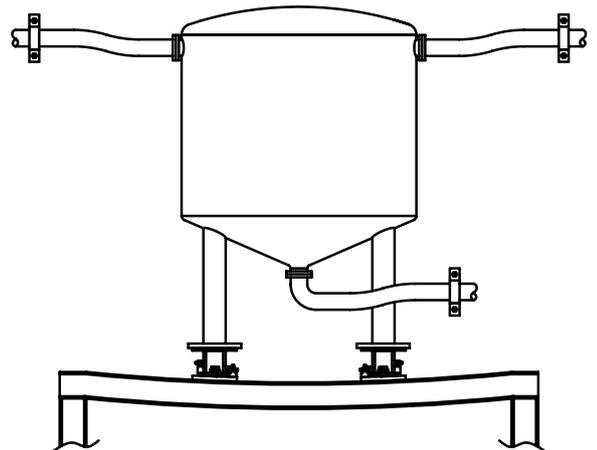


Abb. 19: Durchbiegung bei einem beladenen Tank mit angeschlossenen Rohrleitungen

Sobald die Rohrleitungen angeschlossen werden, nimmt die Wägegenauigkeit ab. Den Grund hierfür zeigt Abbildung 19: Hier sieht man – stark übertrieben dargestellt – einen gefüllten Tank, dessen Trägerstruktur nach unten durchgebogen wird. Dies führt auch zu einer Durchbiegung der Rohrleitungen. Die Rohre wirken wie Blattfedern und üben eine Verzögerungskraft auf die Waage aus, wenn diese beladen und dadurch nach unten durchgebogen wird. Je nach Biegesteifigkeit der Rohrleitungen kann die Verzögerungskraft sehr gross sein und das von der Waage verzeichnete Gewicht stark verringern. Wären die Rohre völlig linear verlaufende Federn, könnte der Effekt durch Kalibrierung kompensiert werden und es würden keine Probleme auftreten. Rohre sind allerdings keine perfekten Federn und ein Verrutschen in den Rohrklemmen ist wahrscheinlich. Daher verfügen Waagen mit angeschlossenen Rohrleitungen über eine beeinträchtigte Linearität, Hysterese, Wiederholbarkeit und Nullstellung. Die folgenden Massnahmen können ergriffen werden, um Abhilfe zu schaffen:



Tanks mit mehreren befestigten Leitungen

1. Reduzieren der Waagendurchbiegung. Verstärken Sie die Trägerstruktur oder – noch besser – montieren Sie den Tank auf einem starren Betonfundament auf Bodenniveau. Beachten Sie, dass die Wägezellen im zugelassenen Wägebereich leicht verbogen werden (in der Regel um etwa 0,25 mm/0,010 Zoll). Dies wird durch ihr Design bedingt und lässt sich nicht vermeiden.
2. Verringern Sie die Biegesteifigkeit der Rohre. Schliessen Sie die Rohrleitungen nur horizontal an und setzen Sie flexible Schlauchabschnitte oder Bewegungsfugen ein.
3. Führen Sie Kalibrierungen an der beladenen Waage durch. Kalibrieren Sie die Waagen mithilfe einer der Methoden, bei denen die Waage beladen wird. Dadurch werden die Rohre gedehnt und das Waagenterminal kann diesen abschwächenden Effekt auf das Wägesignal erfassen und kompensieren.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass zunächst die Auslenkung der Rohrleitungen auf ein vertretbares, lineares Mass verringert werden sollte und anschliessend die Kalibrierung mit einer beladenen Waage vorgenommen werden sollte, um den verbleibenden Einfluss zu beseitigen. Siehe Literaturangabe 1 für weitere Details.

## Strukturelle Sicherung

Sowohl in Bezug auf die Sicherheit als auch auf die Genauigkeit ist es wichtig, die strukturelle Sicherung von Tanks und Behältern zu bedenken – und mit steigender Waagenkapazität wird diese Massnahme immer entscheidender. Im Folgenden sehen Sie einige der Gründe hierfür:

1. Die vertikale Auslenkung der beladenen Waage verstärkt die oben genannten Einflüsse von Rohrleitungen auf das Wägergebnis.
2. Eine variable Steifigkeit der Stützpunkte führt dazu, dass das Gewicht zwischen den Wägezellen verteilt wird. Dies kann zu Ungenauigkeiten führen und die Wägezellen beschädigen.
3. Sind mehrere Waagen auf eine Struktur montiert, kann die Auslenkung beim Befüllen und Leeren zu einer gegenseitigen Beeinflussung der Waagen führen.
4. Die Waage muss zurückgehalten werden, damit die Installation unter sämtlichen routinemässigen und aussergewöhnlichen Bedingungen gesichert ist.

Siehe Literaturangabe 1 für weitere Informationen.

## Wägen von mobilen Tanks

Ein mobiler Tank kann mithilfe einer in den Boden eingelassenen Bodenwaage (siehe Abb. 20) gewogen werden. Dies ist besonders dann komfortabel, wenn das Wägen nur an einer Arbeitsstation durchgeführt werden muss. Wenn der mobile Tank über eine integrierte Waage verfügen muss, um an mehreren Standorten nutzbar zu sein, können die Wägezellen oder Wägemodule in seinen Rahmen eingebaut werden (siehe Abbildung 21). Beachten Sie dabei, dass unter die Grundplatten der Wägemodule ein Rahmen platziert werden sollte, da die Rollen nicht stabil laufen, wenn die Wägemodule unmittelbar daran befestigt werden (siehe Literaturangabe 1).

Rohrleitungen und Verdrahtungsanschlüsse müssen an einem mobilen Tank wiederholt überprüft werden, um eine hohe Genauigkeit zu gewährleisten.

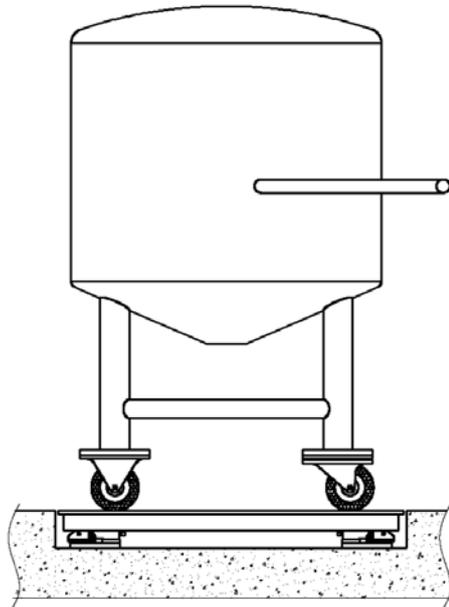


Abb. 20: Mobiler Tank gewogen auf einer Bodenwaage

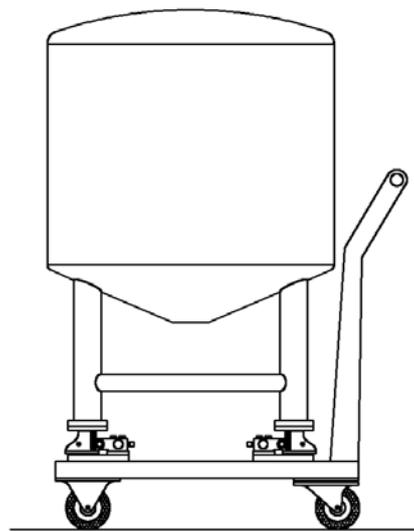


Abb. 21: Mobiler Tank mit integrierter Waage

## Sensorkapazität

Es ist wichtig, die richtige Sensorkapazität entsprechend der jeweiligen Anwendung auszuwählen. Ist die Kapazität zu gering, kann der Sensor beschädigt werden; ist sie zu hoch, leidet die Genauigkeit darunter. Die typische Vorgehensweise hierbei ist es, alle auf den bzw. die Sensor(en) wirkenden Lasten einschliesslich Nutzlast und Eigenlast (siehe hierzu auch den Abschnitt zu Laborreaktoren) zu addieren, die Summe mit einem Sicherheitsfaktor (meist 1,25) zu multiplizieren und anschliessend durch die Anzahl der Wägezellen oder Wägemodule zu dividieren. Anhand dieses Ergebnisses wird ein Sensor mit dieser oder der nächsthöheren Kapazität ausgewählt. Es gibt Situationen, in denen Sie etwas vorsichtiger vorgehen müssen. Dazu gehören beispielsweise die folgenden Situationen:

1. Die Lasten (Nutz- oder Eigenlast) sind nicht genau bekannt.
2. Eine punktuelle Eigenlast (z. B. bei einem Füllmasseverteiler) ist nicht gleichmässig verteilt.
3. Eine gleichmässige Lastverteilung lässt sich nur schwer erzielen, beispielsweise bei mehr als 3 Stützpunkten.
4. Wind oder seismische Kräfte sind zu erwarten.
5. Der Lastangriffspunkt auf der Waage kann variieren.
6. Die Waage unterliegt Stossbeanspruchungen.

Siehe Literaturangabe 1 für weitere Informationen.

## Kalibrierung

Es gibt verschiedene verfügbare Kalibrierungsmethoden, bei denen Sie zwischen der Wägegenauigkeit auf der einen und den Kosten auf der anderen Seite abwägen müssen. Es folgt eine Beschreibung der wichtigsten verfügbaren Methoden. Die Sortierung erfolgte anhand der Genauigkeit – von der genauesten hin zur ungenauesten Methode.

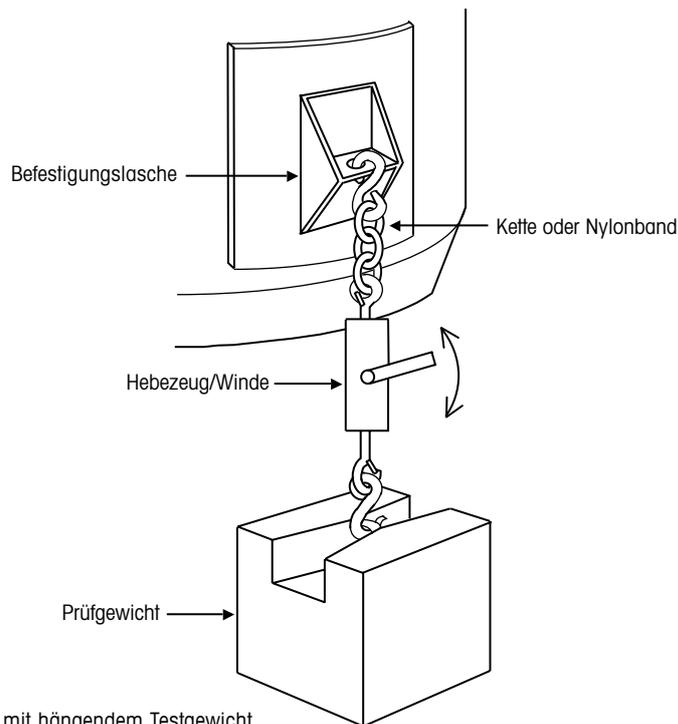


Abb. 22: Tankkalibrierung mit hängendem Testgewicht

- 1. Prüfgewichte.** Die Verwendung eines Prüfgewichts stellt die genaueste Kalibriermethode dar und kommt daher bei der Kalibrierung von eichpflichtigen Waagen für den Handel zum Einsatz. Die Kalibrierung mit Gewichten kann bei kleinen Waagen recht einfach durchgeführt werden; je grösser die Waagenkapazität jedoch ist, desto schwerer lässt sie sich umsetzen. Tanks und Behälter verfügen über keine ebenen Oberflächen, auf die die Gewichte geladen werden können. Die Lademethode muss also im Voraus geplant werden, z. B. indem Laschen an der Seite des Tanks befestigt werden, an die die Gewichte gehängt werden können (siehe Abb. 22).
- 2. Materialsubstitution.** Für diese Methode ist eine kleine Menge eines Prüfgewichts (5 bis 10 % der Waagenkapazität) erforderlich. Die Gewichte werden auf die Waage aufgelegt und das Messergebnis wird aufgezeichnet. Anschliessend werden die Gewichte entfernt und das Material wird „substituiert“ (zur Waage hinzugefügt), bis wieder der gleiche Wert angezeigt wird. Die Gewichte werden wieder hinzugefügt und das neue Ergebnis, etwa der doppelte Wert, wird aufgezeichnet. Erneut werden die Gewichte entfernt und das Material wird substituiert, bis der aufgezeichnete Wert wieder angezeigt wird. Dieser Vorgang wird wiederholt, bis genug Material für eine Kalibrierung auf der Waage vorhanden ist. Im Vergleich zur Verwendung von Testgewichten ist diese Methode weniger genau aber deutlich arbeitsintensiver.

**3. Materialtransfer.** Bei dieser Methode wird Material (z. B. Wasser) auf einer separaten Referenzwaage gewogen und anschliessend in den zu kalibrierenden Tank/Behälter übertragen. Die Methode ist dementsprechend von der Genauigkeit der Referenzwaage und von der Sorgfalt, mit der Materialverluste bei der Übertragung vermieden werden, abhängig. Wenn es sich bei der Referenzwaage um eine Präzisionswaage von METTLER TOLEDO handelt, die auf der EMK-Technologie basiert und bei der die Einflüsse von Rohrleitungen minimiert sind, können die Ergebnisse jedoch besonders genau sein (siehe Abb. 23).

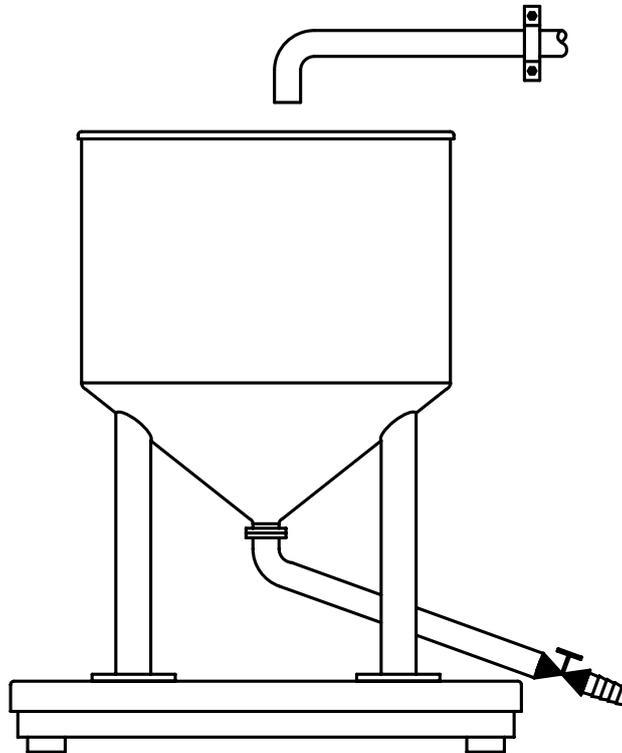


Abb. 23: Referenztankwaage

**4. CalFree™.** Hierbei handelt es sich um eine theoretische Kalibriermethode, die bei einigen Terminals von METTLER TOLEDO zur Verfügung steht. Der Durchschnitt der Wägezellen-Ausgabewerte (die von analogen Wägezellen bereitgestellt werden) wird bestimmt und in das Terminal eingegeben, das daraufhin automatisch die Kalibrierung durchführt. Diese Methode ist einfach und kann schnell durchgeführt werden – allerdings hat sie auch ihre Grenzen. So kann sie nicht die mechanischen Einflüsse, beispielsweise durch Rohrleitungen, oder andere Abschwächungen des Wägezellensignals kompensieren, die sich aufgrund von Kabeln, Anschlusskästen oder eigensicheren Barrieren im Kreislauf ergeben. In der Regel gilt daher eine Genauigkeitsgrenze von 0,2 % für CalFree.

Gemeinsam mit der digitalen PowerCell-Technologie, die in PowerMounts verwendet wird, bietet CalFree™ Plus die maximal mögliche Genauigkeit bei der theoretischen Kalibrierung. Das Terminal liest die Ausgabewerte direkt aus der Wägezelle ab und führt die Kalibrierung automatisch durch. Anschlusskästen wurden hier aus dem Kreislauf beseitigt und Kabel haben keine Auswirkungen auf die digitalen Signale. Ausserdem werden auch lokale Abweichungen bei Gramangaben und die Beschleunigung aufgrund der Schwerkraft bei der Berechnung berücksichtigt. Durch einen einfachen Tastendruck führt das System eine Kalibrierung mit bestmöglicher Genauigkeit für diese Methode durch. Die Genauigkeit kann besser als 0,1 % sein, wenn keine mechanischen Einflüssen, z. B. durch Rohrleitungen, vorhanden sind.

Siehe Literaturangabe 1 für weitere Informationen.

# Einfluss von Material und Zuföhreinheit auf die Genauigkeit

## Materialien

Das Prozesswägen bei Tanks und Behältern umfasst hauptsächlich flüssige Materialien, aber mitunter werden auch Gase und Feststoffe zu den Flüssigkeiten hinzugegeben. In solchen Fällen handelt es sich beim Endprodukt in der Regel immer noch um eine fließende Paste oder Schlämme. Beim Versuch eine höhere Genauigkeit zu erzielen, müssen einige Materialprobleme beachtet werden:

1. Der Materialfluss vom Vorratsbehälter zur Zuföhreinheit sollte kontinuierlich erfolgen.  
Das bedeutet, dass bei Prozessen, bei denen die Produktionsleistung mit Unterbrechungen erfolgt, ein ausreichender Pufferbestand vorhanden sein sollte.
2. Das Chargieren nach Gewicht wird im Vergleich zu anderen Technologien durch Materialeigenschaften kaum beeinflusst. Für Systeme mit hohen Genauigkeitsanforderungen sollten Änderungen der Materialeigenschaften wie Viskosität, Dichte und Körnigkeit verringert werden. Regeln Sie die Temperatur und den Feuchtegehalt von Materialien, wenn diese sich stark auf die Flusseigenschaften auswirken.
3. Regulieren Sie den Druck von Flüssigkeiten, bevor sie durch Füllventile gelangen – z.B. indem im Speichertank eine bestimmte Druckhöhe aufrechterhalten wird.
4. Sorgen Sie bei Feststoffen durch Zuföhreinheiten wie Schleusen für konsistenten Nachschub.
5. Unterbrechen Sie das Chargierverfahren, wenn der Materialfluss nur noch sporadisch erfolgt. Starten Sie es erst dann erneut, wenn sich ein ausreichender Puffer gebildet hat.

## Zuföhreinheiten

Der Begriff Zuföhreinheit bezieht sich hier auf Geräte, die Material transportieren und den Fluss regulieren wie Pumpen oder Ventile. Die Funktionsweise dieser Geräte kann immensen Einfluss auf die Konsistenz der Chargen haben, wenn sie nicht schnell genug regeln. Als Mindestanforderung gilt, dass die Reaktionszeiten konstant sind und nicht durch Viskosität, Partikelgröße oder -härte des Materials abhängen. Technisch bedingt sind einige Zuföhreinheiten genauer als andere, jedoch geben die Materialeigenschaften oft die Art der Zuföhreinheit vor. Beim Versuch eine höhere Genauigkeit zu erzielen, muss Folgendes bedacht werden:

1. Motorbetriebene Geräte neigen dazu, bis zum Stillstand auszulaufen. Ein Motor mit Bremse kann Stopps konsistenter machen.
2. Die Luftzuföhierung bei druckluftbetätigten Geräten sollte konditioniert und druckreguliert werden, um konsistente Reaktions- und Betriebszeiten sicherzustellen.
3. Wenn die Abfüllung mit zwei Geschwindigkeiten stattfindet, ist es in der Regel bequemer, wenn die Zuföhreinheit den Durchfluss steuert. Andernfalls müssen Zuföhreinheiten mit unterschiedlichen Funktionen parallel laufen und gezielt angesteuert werden.
4. Wird die Rüttelfunktion aktiviert, muss die Zuföhreinheit für eine wiederholte kurze Aktivierung ausgelegt sein, um keinen Schaden zu nehmen.

# Geschwindigkeit gegenüber Genauigkeit

Die Abfüllung ist ein dynamischer Vorgang, bei dem leider ein inverser Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Genauigkeit besteht, wie Abbildung 24 zeigt. Ist die Abfüllgeschwindigkeit schnell, ist die Genauigkeit gering und umgekehrt. Die exakte Form und der Massstab dieses Diagramms ändern sich je nach Bedingung. Sie hängen von der verwendeten Wäge- und Zuführausrüstung ab, von der gesamten Auslegung, vom Material sowie von der Umgebung. Beachten Sie, dass sich die Wägegenauigkeit der erwarteten statischen Wägeleistung der Wägeausrüstung annähert, wenn die Abfüllgeschwindigkeit gegen null geht.

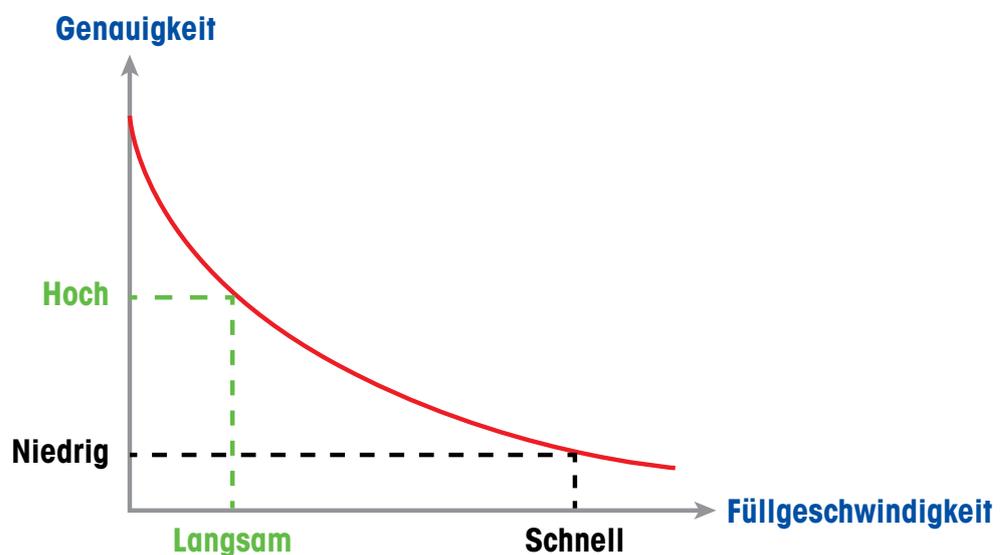


Abb. 24: Füllgeschwindigkeit gegenüber Genauigkeit

Ist diese Tatsache bekannt, kann bei der Auswahl des Betriebspunkts ein Kompromiss zwischen hoher Genauigkeit und minimaler Produktverschwendung auf der einen und hoher Abfüllgeschwindigkeit auf der anderen Seite eingegangen werden. Zwar finden sich im gesamten Dokument Vorschläge dazu, wie die Genauigkeit verbessert werden kann, aber hier folgen die wichtigsten Punkte, die für eine schnelle und genaue Abfüllung zu beachten sind:

1. Wählen Sie das angewandte Chargierverfahren sorgfältig aus, insbesondere, wenn zwischen dem leichtesten und dem schwersten Inhaltsstoff in der Rezeptierung ein grosser Unterschied besteht. Sehen Sie sich Hybrid-systeme an und erwägen Sie das manuelle Hinzufügen entscheidender Materialien. Siehe Abschnitt mit dem Titel „Wählen eines geeigneten Chargierverfahrens“.
2. Wählen Sie ein Terminal mit einem hochwertigen A/D-Wandler und einer hohen internen Aktualisierungsrate aus. Sie benötigen hochgenaue Wägeninformationen und zwar sehr schnell, wenn Sie in den entscheidenden Phasen im Abfüllzyklus rechtzeitig reagieren möchten. Hohe Aktualisierungsraten, bei denen nur Rohresultate gesendet werden, sind nicht so gut sind wie langsamere Aktualisierungsraten, bei denen Wägedaten mit Filteralgorithmen wie TraxDSP von METTLER TOLEDO verarbeitet und an die jeweilige Wägeausrüstung und die Umgebung angepasst werden. Allgemein lässt sich behaupten, dass Filteralgorithmen, die vom Waagenhersteller entwickelt wurden, denen überlegen sind, die für SPS oder andere Steuerungen erhältlich sind.
3. Wählen Sie ein Terminal mit einer hohen E/A-Bus-Aktualisierungsrate und Zuführeinheiten, die langfristig schnell und wiederholbar reagieren und arbeiten.
4. Kontrollieren Sie die Umgebung (mechanische und elektrische Störgeräusche), und wählen Sie ein Terminal mit ausgereifter Filterfunktion, die an die jeweiligen Bedingungen angepasst werden kann.

5. Abbildung 25 zeigt eine Möglichkeit, wie das Rätsel um Geschwindigkeit/Genauigkeit gelöst werden kann. Der Tank kann grösstenteils mit schneller Geschwindigkeit/geringer Genauigkeit befüllt werden, dann wird gegen Ende auf geringere Geschwindigkeit/höhere Genauigkeit umgeschaltet. Anders ausgedrückt wird eine Befüllung mit zwei Geschwindigkeiten verwendet, die nachstehend ausführlicher erläutert wird. Wenn der Grossteil des Tanks mit geringer Genauigkeit befüllt wurde, hat das keine negativen Konsequenzen, solange rechtzeitig auf die Abfüllung mit hoher Genauigkeit umgestellt wird. Dies ist die übliche und heute noch weitverbreitete Methode, um eine angemessenes Verhältnis zwischen Geschwindigkeit und Genauigkeit bei der Abfüllung zu erreichen.
6. Sie können eine Steuerung mit fortgeschrittenen Steuerungsalgorithmen verwenden, die ein mathematisches Echtzeit-Modell für jeden Abfüllvorgang erstellen und automatische Lern- und Kompensationsvorgänge ermöglichen. Mit diesen äusserst modernen Steuerungen lassen sich Geschwindigkeit und Genauigkeit mithilfe eines einfacheren Abfüllprozesses mit nur einer Geschwindigkeit verbessern. Siehe nachfolgenden Abschnitt IND780 Q.iMPACT-Steuerung.

## Steuern Sie Ihren Prozess

### Abfüllprozess

Abbildung 25 zeigt in einem Diagramm das Verhältnis von Füllgewicht zu Zeit bei einer herkömmlichen Abfüllung mit zwei Geschwindigkeiten. Einige oder alle dieser Elemente können in einen typischen Abfüllvorgang integriert werden – je nachdem, welche Genauigkeit erforderlich ist. Zuerst steht das Zielgewicht mit Toleranzbereich ( $\pm$ ). Der Abfüllzyklus kann, wie dargestellt, in verschiedene Phasen unterteilt werden. Wenn die Zuführeinheit aktiviert wird, dauert es einige Zeit, bis in der schnellen Förderphase, die den Grossteil der Abfüllzeit und des -gewichts ausmacht, ein steter Materialfluss entsteht. Daneben gibt es weitere Phasen, die das Füllgewicht fein abstimmen, um die Einhaltung der Toleranzen sicherzustellen. Die verschiedenen Begriffe werden nachstehend näher erläutert.

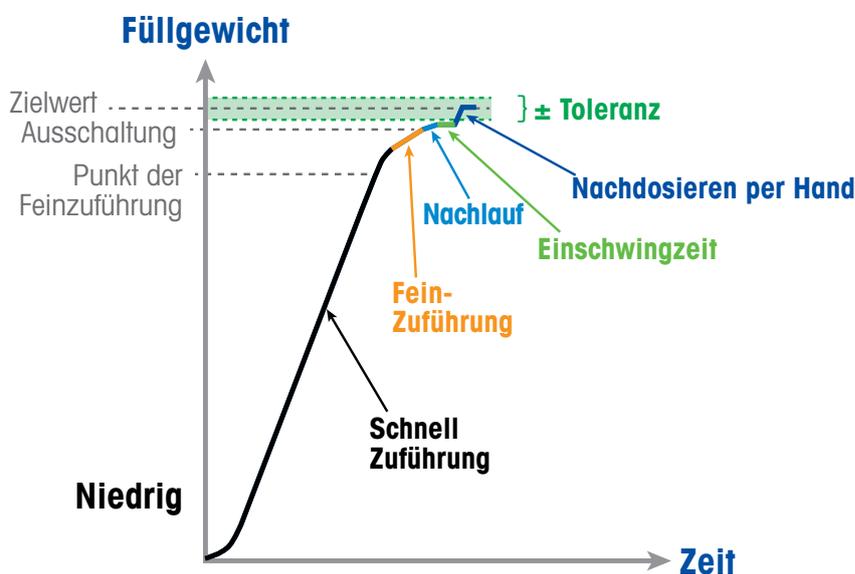


Abb. 25: Abfüllung mit zwei Geschwindigkeiten

### Schnell- und Feinzuführung

Die Kombination aus Schnell- und Feinzuführung wird als Abfüllung mit zwei Geschwindigkeiten bezeichnet. Sie kann zur gleichzeitigen Verbesserung der Abfüllgeschwindigkeit und Genauigkeit verwendet werden. Mit dieser Methode wird der Grossteil des Materials besonders schnell während der schnellen Phase zugeführt. Danach wird die Zuführeinheit auf die Feinzuführung umgestellt, um die abschliessenden Phasen besser steuern zu können. Beispielsweise können circa 97 % des Zielgewichts während der Schnelzuführung durchlaufen und die Zuführrate der Zuführeinheit für die fehlenden 3 % dann auf 1/10 (Feinzuführung) angepasst werden.

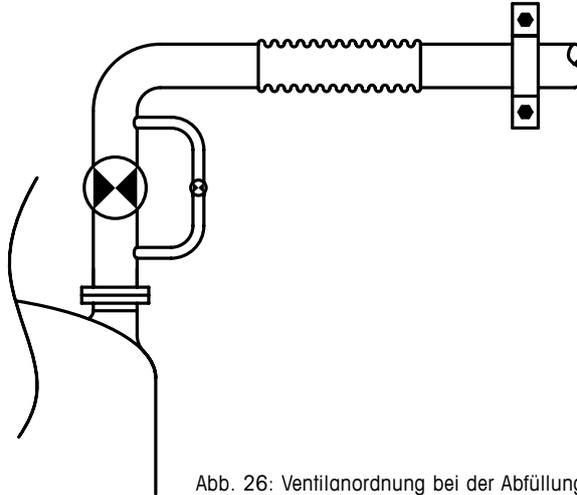


Abb. 26: Ventilanordnung bei der Abfüllung mit zwei Geschwindigkeiten

Die Abfüllung mit zwei Geschwindigkeiten kann z. B. durch ein Verstellen der Motordrehzahl oder der Zellenräder erreicht werden.

Bei Flüssigkeiten ist es möglicherweise effektiver, zwei einfache Ein-/Aus-Ventile parallel zu platzieren (siehe Abb. 26). In einer Verzweigung ist die Durchflussrate möglicherweise 10 Mal so hoch wie in der anderen. Während des Betriebs sind in der Schnelzuführphase beide Ventile geöffnet; anschliessend wird das grössere geschlossen, um die Feinzuführung zu regeln.

### Nachlauf

Wenn eine Zuführeinheit den Durchfluss unterbricht, befindet sich noch einiges an Material auf dem Weg, das noch nicht auf der Waage registriert wurde. Dies wird als Nachlauf, Preact- und In-Flight-Material bezeichnet. Die Nachlaufmenge hängt offensichtlich vom Abstand der Zuführeinheit zum befüllten Material und der aktuellen Zuführrate ab. Einige Terminals weisen eine Ausgleichsfunktion für den Nachlauf auf, wobei die Zuführeinheit vorzeitig gestoppt wird. Allerdings ist der Nachlauf veränderlich und fehleranfällig und sollte daher vermieden werden. Es folgen einige Vorschläge, wie der Nachlauf verringert und die Genauigkeit verbessert werden können:

1. Halten Sie den Abstand zwischen Ventilen oder Zuführeinheiten und Tank möglichst gering.
2. Verwenden Sie einen Abfüllvorgang mit zwei Geschwindigkeiten, um die Durchflussrate bei einer Unterbrechung zu minimieren.

Beachten Sie, dass Sie beim Auswägen die vor dem vollständigen Schliessen der Zuführeinheit von der Waage entweichende Materialmenge berücksichtigen müssen. Der Nachlauf kann bei dieser Art des Wägens allerdings vernachlässigt werden.

### Handbetrieb / Tipbetrieb

Per Handbetrieb wird die Zuführeinheit kurzzeitig aktiviert, die dann eine zusätzliche kleine Menge an Material in einen unterbefüllten Tank ausgibt. Im Betrieb würde der Tank bis zur Unterbrechung normal befüllt und sich das Material setzen, bevor Füll- und Zielgewicht verglichen werden. Weist der Tank nicht das gewünschte Gewicht auf, wird der Handbetrieb aktiviert, um den Fehler zu korrigieren. Diese Methode lässt sich allerdings nur bei Unterfüllungen effektiv einsetzen.

## Steuerung

Bei manuellen Abfüllvorgängen ermittelt die Waage das Tankgewicht und zeigt es dem Bediener an, der die Zuführeinheit steuert, das Zielgewicht bei Bedarf anpasst und entscheidet, wann das Tankgewicht sich innerhalb der zulässigen Grenzwerte befindet. Dieser Vorgang wird solange für jeden Inhaltsstoff durchgeführt, bis die Gesamtcharge das zulässige Gewicht erreicht hat. Dafür benötigt das Terminal keinen E/A. Es kann die Inhaltsstoffe und die Chargengewichte allerdings zur Bestandsprüfung und Rückverfolgbarkeit an ein anderes System übermitteln. Für derartige Anwendungen kann jedes einfache METTLER TOLEDO-Terminal verwendet werden.



Abb. 27: Manuelle Abfüllung

In der Regel steuert die Waage die Zuführeinheiten mit wechselndem Automatisierungsgrad – bis hin zum vollautomatischen System. In diesem Fall führt die Waage eine Toleranzprüfung für jeden Inhaltsstoff durch und entscheidet, wann die Charge zulässig ist. Abbildung 27 zeigt eine Tankwaage, die analoge Wägemodule nutzt. Hier sind die Wägezellen für die Summierfunktion mit einem Anschlusskasten verbunden; der Anschlusskasten ist wiederum an ein Terminal angeschlossen. Im Folgenden werden drei Möglichkeiten zur Steuerung der Abfüllung gezeigt:

1. Für eigenständige Systeme könnten Terminals wie die METTLER TOLEDO-Modelle IND560, IND690 oder IND780 ein Abfüllsystem geringer bis mittlerer Komplexität steuern, bei dem eine speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) oder eine programmierbare Automatisierungssteuerung (PAC) nicht anderweitig erforderlich ist. Diese Terminals verfügen über eine optionale Anwendungssoftware, die speziell für Abfüllanwendungen konzipiert wurde und alle im vorherigen Abschnitt behandelten Funktionen verarbeiten kann.



Abfüllterminal Modell IND560 zum Abfüllen

2. Ein einfaches Terminal wie das Modell IND131 könnte ausschliesslich zur Übertragung des Gewichts an die SPS/PAC verwendet werden, die alle Steuerungsfunktionen ausführen könnte.



Terminal Modell IND131 für DIN-Schienenmontage

3. In Abbildung 28 ist ein Hybridsystem dargestellt. Hier sorgt ein Terminal wie das IND560, IND690 oder IND780 für die Füllstandskontrolle, während die SPS/PAC den Gesamtprozess steuert. Die SPS/PAC kann vorgeben, wann die Abfüllung durchgeführt werden soll. Ausserdem kann sie die Chargenparameter (z. B. Zielgewicht und Toleranz) für jeden Inhaltsstoff bestimmen. Diese Informationen werden jedoch auf das Terminal heruntergeladen, das das Chargierverfahren eigenständig ausführen kann. Nach Abschluss des Chargierverfahrens kann das Terminal Berichte an die SPS/PAC zu Dokumentations- und Bestandskontrollzwecke usw. ausgeben.

Die dritte Vorgehensweise bietet mehrere Vorteile. Das Terminal liest das Gewicht und steuert die Zuführeinheiten – es führt also den zentralen Prozess jedes Abfüllvorgangs aus. Das Ausschalten der Zuführeinheit zum richtigen Zeitpunkt ist entscheidend, und mit dieser Methode erfolgt dieser Vorgang am schnellsten und ohne Ablenkung. Ausserdem sind die Terminals mit Softwarepaketen verfügbar, die speziell für die ausgereifte Steuerung von Abfüll- und Chargierverfahren konzipiert wurden. Bei der zweiten Vorgehensweise sind mehrere Geräte beteiligt, was insbesondere bei der SPS/PAC zu Verzögerungen führen kann, falls diese mit einer anderen Aktivität beschäftigt ist, obwohl sie eigentlich die Ausschaltung auslösen soll.

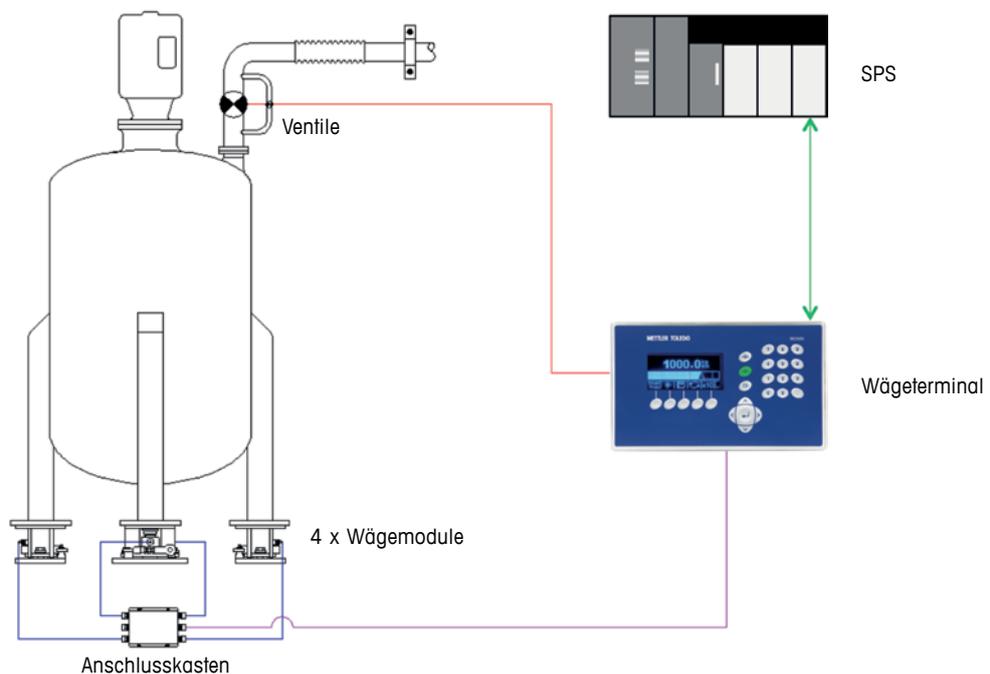


Abb. 28: Hybrides Chargensteuerungssystem mit SPS und Wägeterminal

## Terminals

Das Terminal ist die entscheidende Komponente eines jeden Waagensystems. Es liefert den analogen Wägezellen die Anregungsspannung und empfängt ihr analoges Ausgangssignal. Es führt die A/D-Umwandlung sowie das Filter und Verarbeiten durch, um einen kalibrierten, direkt anzeigbaren Gewichtswert zu erstellen, mit dem der Prozess gesteuert werden bzw. der an andere Geräte übermittelt werden kann.



IND560  
Terminal

### A/D-Umwandlung und Filterung

Der A/D-Umwandler ist das wichtigste Element im gesamten Verfahren und die Umwandlung muss sehr schnell erfolgen, damit der Fortschritt des Abfüllvorgangs nachverfolgt und der Abschaltvorgang rechtzeitig ausgelöst werden kann. Allerdings weist das Analogsignal elektrische Störgeräusche von nahegelegenen elektrischen Geräte sowie mechanische Geräusche von anderen Maschinen wie Mischern, Pumpen, Verdichtern und des Abfüllprozesses selbst auf.

Das von METTLER TOLEDO entwickelte TraxDSP™ System vereint besonders schnelle A/D-Technologie mit Umwandlungsraten von bis zu 366 Hertz, einstellbare, mehrstufige digitale Filter und patentierte Kompensationsalgorithmen. So wird das tatsächliche Gewicht fortlaufend und schnell aus dem Wägezellensignal herausfiltert und nachverfolgt. Die mechanischen und elektrischen Störgeräusche unterscheiden sich je nach Installation (z. B. hinsichtlich Frequenz und Amplitude). TraxDSP™ kann daher an die jeweiligen Bedingungen angepasst werden, um Geschwindigkeit, Stabilität, und Genauigkeit zu optimieren – und zwar bei einem extrem schnellen internen Zielwertvergleich von 50 Hertz – und eine erstklassige Abfüllgenauigkeit sicherzustellen. TraxDSP™ ist bei Prozess-terminals, wie das IND131, IND560 und IND780, im Lieferumfang inbegriffen.



Externes ARM100-E/A-Modul

## Digitaler E/A

Ausgereifere Terminals verfügen über eine Bandbreite an internen und externen digitalen E/A-Funktionen. Der interne E/A reicht häufig für einfache Abfüll- und Chargierverfahren aus. Viele Terminals können auch externe E/A-Module, z. B. ARM100 von METTLER TOLEDO, für komplexere Systeme einsetzen.

## Anschlussmöglichkeiten

Heutzutage stellen Anschlussoptionen wesentliche Aspekte dar, sodass Terminals bereits über eine Reihe standardmässiger und optionaler serieller Schnittstellen, wie RS-232/422/485 und Ethernet TCP/IP sowie SPS-Schnittstellen verfügen (siehe Tabelle 3).

PLC-Schnittstellen
• 4- bis 20-mA-Analogausgang
• AB RIO
• ControlNet
• DeviceNet
• EtherNet/IP
• Modbus RTU
• Modbus TCP
• Profibus DP
• Profinet
• CC-Link

Tabelle 3:

## IND780batch

Das Terminal IND780batch von METTLER TOLEDO vereint mehrere Steuerungsmöglichkeiten mit einfacher Konfiguration in Anwendungen, bei denen bis zu vier Waagen zu Einsatz kommen. Es umfasst folgende Leistungsmerkmale und Vorteile:

- Einhaltung von ISA S88, indem ein fortlaufendes Protokoll der Chargierverfahren erstellt wird
- Bis zu 40 Eingänge und 56 Ausgänge ermöglichen maximale Flexibilität bei der Einstellung der Steuerung
- Speichern von bis zu 1.000 Rezeptierungen mit jeweils bis zu 99 Schritten sowie Möglichkeit zur Steuerung von bis zu 42 automatischen Materialzuführeinheiten
- Konfigurierbare, spontane Rezeptierungsänderung sowie Wiederholungsfunktion für Rezeptierungen
- Manuelle, halbautomatische und automatische Modi mit benutzerdefinierten Meldungen und vereinfachter Datensammlung für Bediener
- PC-basiertes Konfigurationsprogramm BatchTool 780 vereinfacht das Erstellen von Rezeptierungen und Reihenfolgen, das Protokollieren der lückenlosen Verfolgung, die Sicherheitseinstellungen, die Nutzungsprotokollierung sowie das Sichern und Wiederherstellen von Konfigurationen
- Bildschirme zur Geräteansicht zeigen für erweiterte Diagnosemöglichkeiten den Systemstatus an



Terminal IND780

Das gebündelte IND780batch eignet sich für den Einsatz mit nur einer Waage und bietet die folgenden zusätzlichen Leistungsmerkmale und Vorteile:

- Unabhängige, eigenständige Regler für Chargieranwendungen
- Logik für 10 automatische Materialzuführungen, eine Steuerung zur vollständigen Entleerung sowie eine Zusatzsteuerung
- Tasten zum Starten/Fortsetzung und zum Pausieren/Abbrechen
- Statusmeldelicht



Gebündeltes IND780batch-Terminal

### IND780 Q.iMPACT-Steuerung

Das IND780-Terminal mit der fortschrittlichen Q.iMPACT-Software für Materialtransfer entspricht in Bezug auf Abfüll- und Chargierregler dem neuesten Stand der Technik. Die patentierten prädiktiven und adaptiven Steueralgorithmen erstellen für jeden Abfüllvorgang ein mathematisches Modell in Echtzeit, das natürliche Variationen im Prozess während des Zuführvorgangs automatisch erlernt und kompensiert. Das System nutzt eine einfache Ein-Aus-Steuerung mit einer Geschwindigkeit und reduziert so die Komplexität des Systems sowie Investitions- und Wartungskosten. Durch die Verwendung eines einfachen Abfüllprozesses mit nur einer Geschwindigkeit wird die Abfüllung beschleunigt und ist im Vergleich zu herkömmlichen Anordnungen genauer. Ein Unternehmen kann trotz niedrigerer Gesamtinvestitionskosten einen höheren Durchsatz erzielen und gleichzeitig die Produktqualität und -konsistenz erhöhen. Ein speziell entwickeltes PC-basiertes Konfigurationstool vereinfacht die Einstellung und Konfiguration.



IND780 Q.iMPACT-Terminal

# Laborreaktoren

Das Wägen von Laborreaktoren birgt eine Vielzahl an Herausforderungen, die in den kommenden Abschnitten behandelt werden. Einige dieser Bedingungen gelten auch für das Tankwägen, in der Regel aber nur in geringerer Masse.



Abb. 29: Taragefäß

## Reaktortypen und Anwendbarkeit von Wägetechnologien

Bei einem Batch-Reaktor handelt es sich um ein Gefäß (siehe Abb. 29), in das zunächst alle Rohstoffe (Reaktanten, Katalysatoren und Reagenzien) gegeben werden, bevor die Reaktion ausgelöst wird. Im Fall einer endothermen Reaktion geschieht dies beispielsweise durch Erhöhung der Temperatur des reaktiven Gemischs. Während der Reaktion werden keine Zugaben oder kein Austrag vorgenommen. Das Produkt und das entstandene Abwasser werden erst nach Abschluss der Reaktion entnommen.

Ein Semi-Batch-Reaktor ähnelt einem Batch-Reaktor, in dem alle Rohstoffe, mit Ausnahme eines Reaktanten, bereits vor Start der Reaktion hinzugegeben werden. Der fehlende Reaktant wird hinzudosiert, um so die Reaktionsrate zu steuern. In einem anderen Modus sind im Semi-Batch-Reaktor, genau wie beim Batch-Reaktor, alle Rohstoffe bereits von Beginn an vorhanden. Es wird jedoch im Laufe der Reaktion fortlaufend eine festgelegte Menge des Produkts entnommen. Es ist zwar nicht besonders üblich, aber mit einem Semi-Batch-Reaktor können sowohl Reaktanten dosiert als auch Produkte bzw. Abwasser während der Reaktion entnommen werden.

Eine Möglichkeit zur Steuerung nach Gewicht ist es, die Rohstoffe in einer bzw. mehreren Tankwaagen unter Verwendung der zuvor beschriebenen simultanen oder sequentiellen Chargiermethoden ins richtige Verhältnis zu bringen. Die Ausgabe der Waage(n) erfolgt dann direkt in den Reaktor.

Eine weitere Möglichkeit ist es, eine Waage in den Reaktor selbst einzubauen und mithilfe einer kumulativen Chargiermethode die Rohstoffe zuzugeben. Bei Semi-Batch-Reaktoren kann die Waage auch zur Dosierung der zusätzlichen Reaktanten und für den Produktaustrag genutzt werden. Ein Problem könnte dies nur dann darstellen, wenn das Dosieren und der Austrag zur gleichen Zeit erfolgen müssten und diese Aufgaben nicht abwechselnd ausgeführt werden könnten.

Ein kontinuierlicher Rührtankreaktor (CFSTR) ist physikalisch mit Batch- oder Semi-Batch-Reaktoren identisch, jedoch werden die Rohstoffe hinzugefügt und das Produkt sowie das Abwasser werden kontinuierlich entfernt. Wägetechnologie kann für diesen oder andere Reaktortypen, die nach einem kontinuierlichen Durchlaufverfahren funktionieren, nicht eingesetzt werden.

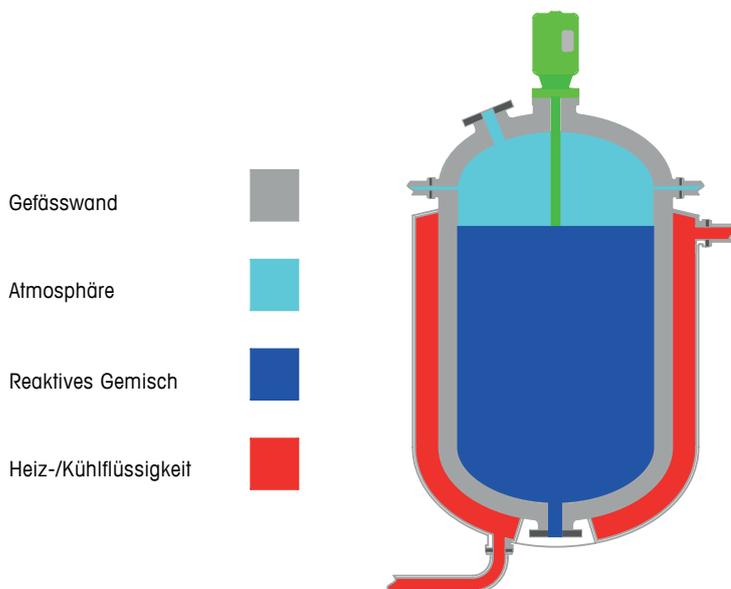


Abb. 30: Querschnitt durch einen herkömmlichen Batch-Reaktor

## Ständige Last

In Abbildung 30 ist ein Querschnitt durch einen typischen Batch-Reaktor abgebildet. Es gibt zahlreiche Faktoren, die zur ständigen Last eines Reaktors beitragen. Dies ist für die Genauigkeit nachteilig. Im Folgenden werden diese Faktoren kurz beschrieben.

1. Da sie häufig bei hohem Druck betrieben werden, ist die Wandstärke von Reaktorgefässen im Vergleich zu herkömmlichen Tanks häufig sehr gross. Sie können auch aus Stahlmaille oder aus mit Keramik ausgelegtem Stahl bestehen, was noch mehr zur ständigen Last beiträgt.
2. In der Regel verfügen sie über Füllmasseverteiler, die direkt am Gefäss angebracht sind. Zusammen mit Flanschen, Ventilen und anderen Zusatzgeräten können diese erheblich zur ständigen Last beitragen.
3. Die meisten Reaktoren sind mit einer Heiz-/Kühlspule oder einem Heiz-/Kühlmantel ausgestattet (siehe Abbildung 30). Das Gewicht der Spule bzw. des Mantels und insbesondere das Gewicht der enthaltenen Flüssigkeit trägt auch zur ständigen Last bei. Bei einem solchen Reaktor ist die Isolierung in der Regel durch eine äussere Schicht aus Edelstahl geschützt, die ebenfalls zur ständigen Last beiträgt.

Das Eigengewicht des Gefässes ist unter Umständen viel höher als das gesamte Chargengewicht, geschweige denn als das Gewicht der leichteren Reagenzien. METTLER TOLEDO bietet Wägezellen und Wägemodule mit Kapazitäten von bis zu 600 t und mehr an. Das Gewicht ist also kein Problem an sich, sondern die Tatsache, dass sich die Wägegenauigkeit verringert, vor allem bei leichteren Reagenzien.

Bei der Bewertung der Kapazität der Waage, Wägezelle(n) oder Wägemodule bzw. des Wägemoduls darf nicht vergessen werden, alle oben genannten Faktoren bei der Berechnung der ständigen Last zu berücksichtigen.

# Mehrere Flüssigkeitssysteme

Beim Wägen eines Reaktors ist es das Gewicht des reaktiven Gemischs, das zählt, zum Beispiel beim anfänglichen Einfüllen der Rohmaterialien. Dennoch wiegt die Waage auch einige andere Flüssigkeitssysteme; wenn sich deren Masse während des Wägevorgangs ändert, kommt es zu Fehlern.

## Heiz-/Kühlflüssigkeiten

Wenn beim Wägen eine Gewichtsänderung der Heiz-/Kühlflüssigkeit auf der Waage eintritt, hat dies einen direkten Einfluss auf die Wägegenauigkeit. Dieser Einfluss kann beträchtlich sein, wenn man die Temperaturänderungen berücksichtigt, die in Reaktoren auftreten können. Daher muss die Änderung des internen Volumens der Spule oder des Mantels sowie die Änderung der Flüssigkeitsdichte, die sich durch die Temperaturänderung ergibt, beachtet werden. Bei Dampfheizsystemen muss sichergestellt werden, dass die Kondensatansammlung während des Wägevorgangs konstant bleibt.

## Atmosphäre

Um die Reaktionsrate zu beschleunigen, wird in Reaktoren häufig der Druck erhöht. Dabei muss die Gewichtsänderung der Atmosphäre über dem reaktiven Gemisch berücksichtigt werden, wenn diese während des Wägevorgangs eintritt. Wenn beispielsweise Luft eine konstante Temperatur von 21 °C (70 °F) hat, beträgt ihre Dichte 1,2 kg/m<sup>3</sup> (0,075 lb/ft<sup>3</sup>) bei einem Überdruck von 0 Pa (0 psi), jedoch ist 83 kg/m<sup>3</sup> (5,18 lb/ft<sup>3</sup>) bei 6895 kPa (1000 psi). Natürlich schwankt auch die Dichte eines Gases abhängig von der Temperatur.

Ausserdem ergeben sich bei einem unter Druck stehenden System einige spezifische Schwierigkeiten, die mit den befestigten Rohrleitungen zusammenhängen. Wie zuvor bereits erläutert, ist es ratsam, beim Anschluss an Tanks und Behälter flexible Schlauchanschlüsse oder Dehnungsstücke zu verwenden. Diese können bei Druckänderungen jedoch als „pneumatische Zylinder“ agieren und so unerwünschte Kräfte an die Waage abgeben. Es ist besonders ungünstig, wenn sich der flexible Schlauch oder das Dehnungsstück in einer Rohrführung befindet, die vertikal mit der Waage verbunden ist. Siehe Literaturangabe 1 für weitere Details.



Der obere Abschnitt des Reaktors reicht in das nächste Geschoss und verfügt über ausreichend Bewegungsspielraum



Der untere Abschnitt des Reaktors ist auf flexible Drucklastwägemodule montiert

Einige Reaktionen führen zur Bildung von Gasen. Wenn diese entlüftet werden, verringert sich folglich das Gewicht auf der Waage.

Lassen Sie auch den Einfluss von Semi-Batch-Prozessen nicht ausser Acht, bei denen ein gasförmiger Reaktant während der chemischen Reaktion in das reaktive Gemisch gesprudelt wird. In der Regel wird das zusätzliche Gas bereitgestellt und der Überschuss wird fortwährend entlüftet. Die Gewichtszunahme des reaktiven Gemischs ist gleich dem Gewicht des hinzugefügten Gases abzüglich der Menge des entlüfteten Gases.

## Temperatur

Wägezellen reagieren auf Temperaturänderungen, die sich sowohl auf deren Nullpunktstellung als auch auf ihre Empfindlichkeit auswirken können. Sie werden dafür bei der Herstellung ausgeglichen und Wägezellen für kommerzielle (eichpflichtige) Anwendungen werden auf kleinste Toleranzen eingestellt. Eine gewisse Empfindlichkeit bleibt jedoch bestehen. In Bezug auf die Genauigkeit ist es daher sinnvoll, die Temperaturänderungen bei einer Wägezelle in jeder Anwendung so gering wie möglich zu halten. Zusätzlich wird bei Wägezellen ein „Betriebstemperaturbereich“ spezifiziert, ausserhalb dessen ihre Leistung vermindert ist oder sie Schaden nehmen können. Dies macht erneut deutlich, dass es sinnvoll ist, die Wägezellen möglichst selten Temperaturextremen auszusetzen.

Bei Reaktoren, die oft bei stark von der Raumtemperatur abweichenden Temperaturen betrieben werden, ist dies besonders wichtig zu bedenken. Abbildung 31 zeigt eine aufgrund des kurzen Wärmeleitwegs zur Wägezelle nicht besonders erstrebenswerte Montageanordnung. In Abbildungen 32 und 33 ist die Anordnung hingegen geeigneter, da die Wärmeleitwege länger sind.

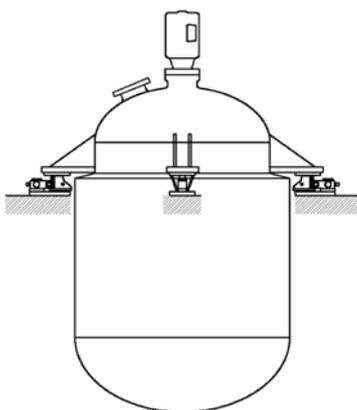


Abb. 31: Reaktor ist in den Boden eingelassen und auf eine Drucklastwägezelle montiert

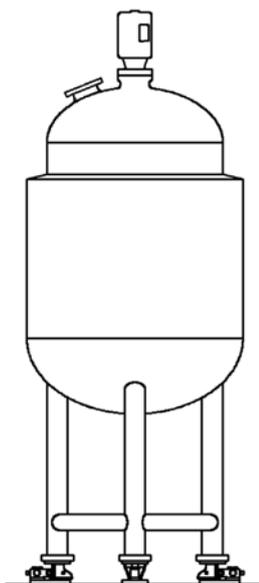


Abb. 32: Reaktor steht auf verstärkten Beinen und ist auf eine Drucklastwägezelle montiert

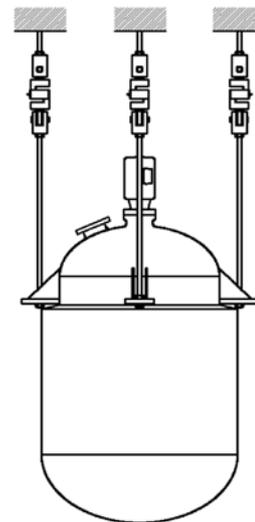


Abb. 33: Reaktor ist an Zulast-Wägemodulen montiert

Wenn eine Montageanordnung wie in Abb. 31 nicht vermieden werden kann, bietet METTLER TOLEDO auch thermische Isolationsplatten für seine Wägemodule. Diese werden zwischen der oberen Platte des Wägemoduls und dem Gefäss angebracht, um die Wärmeleitung zu reduzieren. Halten Sie die Wägezellen auch so weit wie möglich von Heiz-/Kühlflüssigkeitseinlässen fern, da diese tendenziell zu den wärmsten/kältesten Teilen des Gefässes gehören.

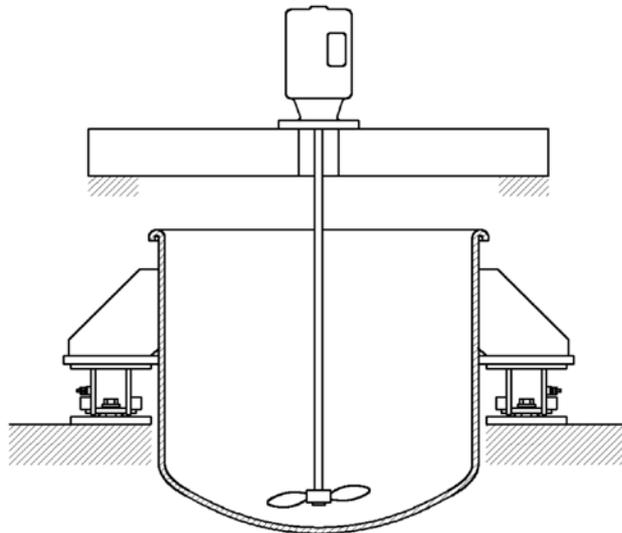
Wenn eine Wägezelle abstrahlender Wärme ausgesetzt ist, kann sie in der Regel geschützt werden, indem Metallabschirmungen zwischen der Wägezelle und der Wärmequelle installiert werden.

## Vibration

Wie in Abbildung 34 dargestellt ist, sind Reaktoren mit Füllmasseverteilern ausgestattet, die im Vergleich zur Kapazität des Behälters sehr gross sein können. Dies kann zum Schwingen und Vibrieren der Waage sowie zu Störgeräuschen führen, die die elektrischen Signale und somit auch die Genauigkeit beeinträchtigen. Es gibt mehrere Massnahmen, mit denen diese Einflüsse abgeschwächt werden können:

1. Wenn möglich sollte der Füllmasseverteiler nicht während des Wägevorgangs betrieben werden.
2. Wenn das Wägemodul über eine selbstausrichtende Befestigung verfügt, sollten horizontale Stabilisatoren zur Befestigung der Waage verwendet werden.  
Für einige Wägemodule von METTLER TOLEDO sind optionale Stabilisatoren erhältlich.
3. Zum Dämpfen der Vibrationen sollten Stoss-/Vibrations-Pads zwischen der oberen Platte des Wägemoduls und der Waage eingesetzt werden. Diese sind bei METTLER TOLEDO für die meisten Wägemodule erhältlich.
4. Es sollte ein METTLER TOLEDO Terminal mit TraxDSP eingesetzt werden (wie zuvor erläutert).

Abb. 34: Tank mit extern angebrachtem Füllmasseverteiler



Wenn ein Tank (in der Regel kein Reaktor) über einen unabhängig montierten Füllmasseverteiler wie in Abbildung 34 verfügt, können grosse Drehmomente an den Tank übertragen werden, welche die Genauigkeit erheblich beeinträchtigen. Es ist daher wichtig, die Waage durch Anbringen tangentialer Stabilisatoren zu stabilisieren.

Siehe Reference 1 für weitere Informationen zum Umgang mit Vibrationen, Füllmasseverteilern etc.

# Zertifizierungsanforderungen

Der Bereich um die Chargiersysteme wird wegen der entstehenden Dämpfe und des Staubs beim Chargierprozess häufig als explosionsgefährdeter Bereich eingestuft. METTLER TOLEDO bietet eine umfangreiche Produktpalette, die verschiedene weltweite Anforderungen an elektrische Geräte in Ex-Bereichen erfüllt. Viele Wägezellen von METTLER TOLEDO verfügen standardmässig über diese Zulassungen (siehe Literaturangabe 6). Darüber hinaus entspricht das Zubehör für Wägemodule und Wägezellen standardmässig europäischen Normen für nicht-elektrische Geräte, die in Ex-Bereichen zum Einsatz kommen (siehe Literaturangabe 10). METTLER TOLEDO bietet auch zahlreiche Ressourcen an, die Sie bei der Auswahl der Ausrüstung für Ex-Bereiche unterstützen (siehe Literaturangaben 9, 11, 12 und 13). Gehen Sie für den Zugriff auf Webinare auf [www.mt.com/webinar](http://www.mt.com/webinar) oder [www.mt.com/hazardous](http://www.mt.com/hazardous).

Es gibt verschiedene Situationen, in denen die Leistung der Waagenausrüstung mit nationalen und internationalen Vorschriften übereinstimmen muss, vor allem im eichpflichtigen Verkehr. METTLER TOLEDO bietet ein umfassendes Sortiment an Produkten an, die weltweit für den Einsatz in kommerziellen (eichpflichtigen) Anwendungen zugelassen sind. Die Wägezellen verfügen standardmässig über diese Zulassungen (siehe Literaturangabe 6 oder [www.mt.com/ind-weighing-component-catalog](http://www.mt.com/ind-weighing-component-catalog)).

# Literaturangaben

1. Handbuch für Wägesysteme, METTLER TOLEDO AG.  
[www.mt.com/ind-system-handbook](http://www.mt.com/ind-system-handbook)
2. Wägegenauigkeit von Tankwaagen, METTLER TOLEDO AG.
3. Moderne Wägemodule, METTLER TOLEDO AG.
4. Wägetechnologien, METTLER TOLEDO AG.
5. Vergleich von PowerMount™ mit analogen Wägemodulen, METTLER TOLEDO AG.
6. Katalog für Wägekompenten, METTLER TOLEDO AG.
7. Moderne Chargensteuerung, METTLER TOLEDO AG.
8. Understanding your Batching System, METTLER TOLEDO AG.
9. Ex-Katalog, METTLER TOLEDO AG.
10. EN 13463-1: Nicht-elektrische Geräte für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen – Teil 1: Grundlagen und Anforderungen, CEN.
11. Prozesssicherheit dank eigensicherer Wägelösungen, METTLER TOLEDO AG.
12. Webinar zum Wägen in Ex-Bereichen – Grundlagen, METTLER TOLEDO AG.
13. Webinar zum Wägen in Ex-Bereichen – Fortgeschrittene, METTLER TOLEDO AG.





# Umfassendes Sortiment an Wägekompponenten

Das umfassende Portfolio von Wägezellen deckt alle Wägebereiche von 11 g bis 300 t ab, wobei die niedrigste Ablesbarkeit 0,001 mg beträgt. Das Elektroniksortiment umfasst komplette Wägeterminals für den Schalttafeleinbau sowie Komponenten für die DIN-Hutschienenmontage in Schaltschränken. Die Elektronik ist je nach Ausführung mithilfe analoger oder serieller Schnittstellen, Profibus DP, Profinet IO, Ethernet IP, Modbus, DeviceNet oder ControlNet und CC-Link in Steuerungsumgebung integrierbar.

Auf 200 Seiten ist das umfangreiche Portfolio komplett mit Zeichnungen und Einbauanleitungen übersichtlich und detailliert dargestellt.



Bestellen Sie Ihr gedrucktes Exemplar des  
WägekompONENTENKATALOGS.

► [www.mt.com/weighing-component-catalog](http://www.mt.com/weighing-component-catalog)

[www.mt.com](http://www.mt.com)

Besuchen Sie uns für weitere Informationen

## Mettler Toledo AG

PO Box VI-400, CH-8606 Greifensee  
Tel. +41-44-944 22 11, Fax +41-44-944 31 70

Subject to technical changes  
Order Number: 30220323  
© 09/2014 Mettler-Toledo AG  
MarCom Industrial