



ALLGEMEIN

Die vorliegende Informationsschrift soll dem Anwender in knapper Form eine möglichst umfassende Vorstellung von dem ziemlich komplexen Gebiet der gesetzlichen Anforderungen an Wägezellen für eichpflichtige, nicht selbsttätige kommerzielle Waagen nach Abschnitt 4.12 der **OIML-Empfehlung R76 (EN45501)** vermitteln.

Anhand dieses Infos, das sich mit den wichtigsten eichtechnischen Fragen im Zusammenhang mit Einbereichswaagen, Mehrbereichswaagen und Mehrteilungswaagen befaßt, sollte der Anwender in der Lage sein, die richtigen Wägezellen für eine bestimmte eichpflichtige nichtselbsttätige Wägeeinrichtung auszuwählen.

Die ersten Seiten enthalten Definitionen für die erklärungsbedürftige Fachterminologie zur Beschreibung der Wägezellenmerkmale nach Abschnitt 4.12 der **OIML-Empfehlung R60**.

INTERNATIONALE EICHVORSCHRIFTEN - OIML

Die weltweite Vereinheitlichung der Vorschriften im Bereich des Eichwesens hat eine Doppelfunktion: auf der einen Seite die Schaffung international anwendbarer, wiederholbarer wissenschaftlicher Maßeinheiten und zweitens die Gewährleistung der Einhaltung dieser Maße und Gewichte sowie der diesbezüglichen gesetzlichen Vorschriften in der Praxis des internationalen Warenverkehrs. In den meisten Staaten dienen Eichvorschriften dem finanziellen, gesundheitlichen und ökologischen Schutz des Einzelnen.

Zur Harmonisierung und Standardisierung dieser Eichvorschriften auf internationaler Ebene wurde am 12. Oktober 1955 in Paris von einer Reihe von Mitgliedstaaten die OIML gegründet. OIML bedeutet "Organisation Internationale de Métrologie Légale". Die Verkehrssprache der Organisation ist Französisch; daher die französische Bezeichnung.

Die OIML ist eine internationale, zwischenstaatliche Organisation, deren Hauptaufgabe in der Harmonisierung der Vorschriften und Kontrollen durch die Eichbehörden ihrer Mitgliedstaaten besteht. Der Beitritt eines Landes zu dieser Organisation erfordert die Unterzeichnung einer Konvention auf diplomatischem Wege. Alle Mitgliedstaaten sind ethisch und moralisch verpflichtet, die Ziele der OIML zu vertreten und ihre Vorschriften einzuhalten.

Zweck dieser Harmonisierung ist die Vereinfachung des zwischenstaatlichen Warenverkehrs, und zwar nicht nur für Meßinstrumente, sondern für alle Waren und Dienstleistungen, deren Wert durch Messungen bestimmt wird.

Die Empfehlungen und Dokumente der OIML sind jeweils auf bestimmte Meßinstrumente und Technologien zugeschnitten. Die internationalen Empfehlungen (OIML R) sind Modellvorschriften zur Festlegung eichtechnischer Kennwerte für bestimmte Meßinstrumente und die Vorgabe von Methoden und Geräten zur Prüfung der Einhaltung dieser Werte. OIML-Mitgliedstaaten sind verpflichtet, diese Empfehlung weitestmöglich einzuhalten.

EICHTECHNISCHE BEGRIFFE FÜR WÄGEZELLEN

Die häufigsten eichtechnischen Begriffe im Zusammenhang mit Wägezellen gehören zu zwei Hauptgruppen: lastspezifische und genauigkeitsspezifische Begriffe.

1) LASTSPEZIFISCHE BEGRIFFE

Minimale Totlast (E_{\min}):

Der kleinste Gewichts- (Masse-) wert, der auf eine Wägezelle einwirken kann, ohne dass der maximal zulässige Fehler überschritten wird. *Wird in Prozent von E_{\max} angegeben.*

Nennlast (E_{\max}):

Der höchste Gewichts- (Masse-) wert, der auf eine Wägezelle einwirken kann, ohne dass der maximal zulässige Fehler überschritten wird.

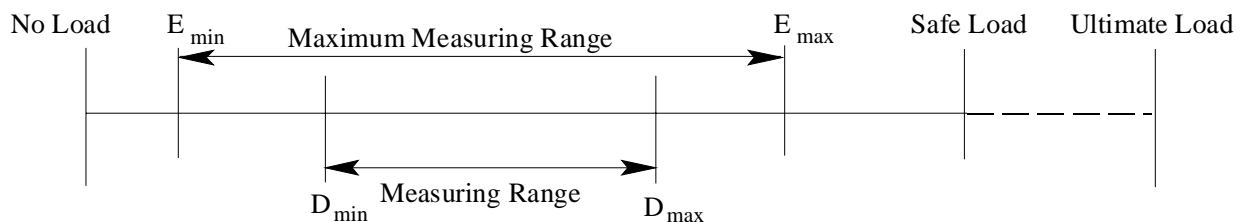
Wägezellen-Meßbereich:

Der Bereich der Gewichts- (Masse-) werte, innerhalb dessen das Meßergebnis nicht durch einen den maximal zulässigen Fehler überschreitenden Fehler beeinträchtigt wird.

Max. Gebrauchslast:

Die maximal zulässige Last, die keine ständige Beeinträchtigung der Leistungskennwerte verursacht. *Wird in Prozent von E_{\max} angegeben.*

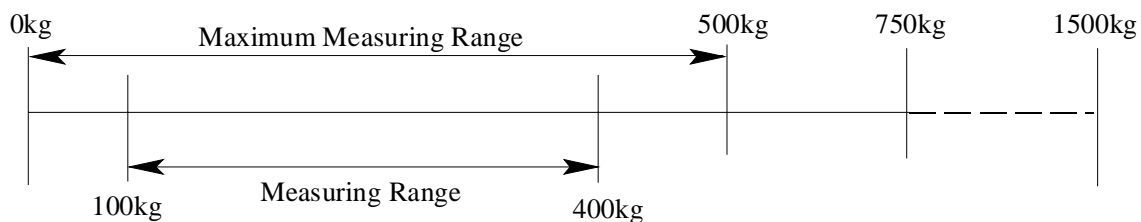
Bruchlast:



Die maximal zulässige Last ohne Gefahr der mechanischen Zerstörung der Wägezelle. *Wird in Prozent von E_{\max} angegeben.*

Die Begriffe oberhalb der mittleren horizontalen Linie sind konstruktionsbedingte Wägezellenparameter. Die Begriffe unterhalb der Linie sind variable Parameter und von den Einsatzbedingungen und der anhand von Prüfungen zu bestimmenden Wägezellenqualität abhängig.

Eine Wägezelle vom Typ BSP mit einer Nennlast von 500 kg beispielsweise wird zum Verwägen eines Behälters mit einem Leergewicht von 100kg (D_{\min}) und einem Nettogewicht von 300kg ($D_{\max} = D_{\min} + 300 = 400\text{kg}$) eingesetzt. $E_{\min} = 0\%$ von E_{\max} , die max. Gebrauchslast beträgt 150% von E_{\max} und die Bruchlast 300% von E_{\max} .



Anmerkung: Zeilen in Kursivschrift beziehen sich ausschließlich auf RTE-Daten.

2) GENAUIGKEITSSPEZIFISCHE BEGRIFFE

Wägezellen-Teilungswert:

Teilungswert des Wägezellen-Meßbereiches.

Wägezellen-Eichwert (v):

Teilungswert der Wägezelle, angegeben in Gewichtseinheiten. Dient der Angabe der Genauigkeitsklasse bei der Wägezellenprüfung.

Anzahl der Eichwerte (n):

Die Anzahl der Eichwerte dient der Angabe der Genauigkeitsklasse bei der Wägezellenprüfung.

Genauigkeitsklasse:

Wägezellenkategorie, der alle Wägezellen mit derselben Genauigkeit gehören.

Wägezellen werden anhand ihrer Leistungscharakteristik in die vier Kategorien "Klasse A", "Klasse B", "Klasse C" und "Klasse D" eingeteilt. Die Genauigkeitsklasse einer Wägezelle setzt sich aus der alphabetischen Klassenbezeichnung und der Angabe der maximalen Anzahl der Teilungswerte in Tausendern zusammen. Beispiel: C3 bedeutet Klasse C, 3000v.

Die Anzahl der Eichwerte (n), in die der Meßbereich einer Wägezelle der Klasse C zerfällt, liegt zwischen 500 und 10000. Revere Transducers bietet ein breites Spektrum an Wägezellen der Klasse C für industrielle Anwendungen zwischen 1000v und 6000v. Wägezellen der Klasse C sind für Wägesysteme der Klassen III und III geeignet.

Mindesteichwert (v_{min}):

Kleinster Wert einer Menge (Masse), mit der eine Wägezelle belastet werden kann, ohne dass der maximal zulässige Fehler überschritten wird. *Anzugeben als E_{max}/γ bzw. in Prozent vom Meßbereich.* Der Mindesteichwert ist untrennbar mit der Wägezellenauslastung verbunden. Die Auslastung kann definiert werden als der Mindestmeßbereich (MMR) für eine bestimmte Wägezelle, über den die volle Genauigkeit erhalten bleibt. Zur Berechnung können folgende Formeln benutzt werden:

$$MMR(kg) = v_{min} * n_{max} \quad \text{oder} \quad MMR(\%) = n_{max} * 100 / \gamma$$

Beispiel: Der

Mindestmeßbereich einer Wägezelle vom Typ SSB-C3-1t mit v_{min}=E_{max}/10000 beträgt:

$$1000 * 4000 / 10000 = 400kg \quad \text{oder} \quad 4000 * 100 / 10000 = 40\%$$

Der Mindestmeßbereich kann sich über einen beliebigen Teil des Meßbereiches zwischen E_{min} und E_{max} erstrecken. In der Praxis können sich bestimmte Genauigkeitsparameter (Linearität, Hysterese) verbessern, wenn ein kleinerer Teil der Nennlast genutzt wird. Der Temperatureinfluß auf das Ausgangssignal bei Nulllast ist jedoch ein fester, in Prozent vom Nennkennwert angegebener Fehler, der zwecks Erzielung niedriger Werte für v_{min} in einer bestimmten Genauigkeitsklasse präzise eingehalten werden muß. Der Einfluß des Auslastungsfaktors auf das Kriechverhalten ist davon abhängig, welcher Teil des Wägezellenmeßbereiches für die Waage benutzt wird. So ist der Kriechfehler beispielsweise größer, wenn sich der Arbeitsbereich der Waage am oberen Ende des Wägezellennennlastbereiches befindet, als dies an dessen unterem Ende der Fall ist. Wägezellen mit kleinem v_{min} eignen sich hervorragend für Anwendungen mit relativ hoher Totlast. Die obige Berechnung bezieht sich auf den Einsatz einer einzelnen Wägezelle. Auf die Anforderungen für Wägeeinrichtungen mit mehreren Wägezellen ist noch einzugehen.

Nichtlinearität:

Die Abweichung einer ansteigenden Wägezellenbelastungskurve von der Geraden durch den Ausgangswert bei Minimallast und den Wert des Wägezellen-Ausgangssignales bei 75% Meßbereich bei 20°C.

Hysteresefehler:

Die Differenz zwischen den Wägezellen-Ausgangswerten für gleiche Belastung, gemessen bei von min. Last ansteigender Last und von max. Last absteigender Last.

Kriechen:

Die Veränderung des Wägezellen-Ausgangssignales in einem bestimmten Zeitraum bei konstanter Last (>90% der Nennlast) sowie konstanten Umgebungsbedingungen und konstanten sonstigen Variablen.

Nullsignalrückkehr nach Belastung:

Die Differenz zwischen Wägezellen-Ausgangssignal bei Nulllast vor und nach Belastung.

TK Nullsignal:

Die Veränderung des Nullsignales auf Grund einer Veränderung der Umgebungstemperatur.

TK Kennwert:

Die Änderung des Wägezellenkennwertes auf Grund einer Änderung der Umgebungstemperatur.

Zusammengesetzter Fehler:

In Übereinstimmung mit R60 müssen zur Beurteilung der Leistungscharakteristik anhand der zulässigen Fehlerhüllkurve sämtliche Wägezellen eines Systems berücksichtigt werden. Möglich sind einerseits eine niedrige Linearitätsabweichung und Hysterese sowie mäßige Temperatureinflüsse und zweitens mäßige Linearitätsabweichung und Hysteresefehler sowie niedrige Temperatureinflüsse. Daher sollte anstatt der Angabe der Einzelfehlergrenzen bei einer gegebenen Charakteristik (Linearitätsabweichung, Hysterese und Kennwertänderung durch Temperatureinwirkung) besser die zulässige Gesamtfehlerhüllkurve einer Wägezelle als Begrenzungsfaktor angegeben werden. Die Angabe einer Hüllkurve ermöglicht den Ausgleich der den Gesamtfehler verursachenden Einzelfehler zwecks Erzielung der gewünschten Genauigkeit.

Max. zulässige Wägezellenfehler

Die für jede Genauigkeitsklasse zulässigen maximalen Wägezellenfehler bei eingestelltem Nullsignal der jeweiligen Wägezelle bei minimaler Totlast bezogen auf die maximale Anzahl der Eichwerte. Die nachstehende Tabelle zeigt die Fehlergrenzen nach den Angaben auf den Datenblättern von Revere Transducers. "TK Kennwert" und "Zusammengesetzter Fehler" werden so auf einander abgestimmt, dass die Wägezellen mit der Toleranzhüllkurve nach OIML R60 übereinstimmen. S=Nennkennwert, entspricht direkt E_{max} .

Genauigkeit		C1	C2	C3	C4	C5
Zusammengesetzter Fehler	%S	≤ ± 0,0300	≤ ± 0,0230	≤ ± 0,0200	≤ ± 0,0150	≤ ± 0,0100
Nichtwiederholbarkeit	%S	≤ ± 0,0200	≤ ± 0,0100	≤ ± 0,0100	≤ ± 0,0090	≤ ± 0,0070
Nullsignalrückkehr nach Belastung	%S	≤ ± 0,0500	≤ ± 0,0250	≤ ± 0,0167	≤ ± 0,0125	≤ ± 0,0100
Kriechfehler (30 Minuten)	%S	≤ ± 0,0490	≤ ± 0,0245	≤ ± 0,0245	≤ ± 0,0184	≤ ± 0,0147
Kriechfehler (20-30 Minuten)	%S	≤ ± 0,0105	≤ ± 0,0053	≤ ± 0,0053	≤ ± 0,0039	≤ ± 0,0032
TK Kennwert	%S/5°C	≤ ± 0,0085	≤ ± 0,0060	≤ ± 0,0055	≤ ± 0,0045	≤ ± 0,0035

Anmerkung: Die OIML-Empfehlung R60 gibt die maximal zulässigen Fehler in Teilungswerten bzw. Mindestteilungswerten an. Die maximal zulässigen Fehler, die den zusammengesetzten Fehler ergeben, entsprechen denen nichtselbsttätiger Waagen bei einem Faktor von 0,7 (p-Faktor). Eine Kopie der Empfehlung steht auf Anfrage zur Verfügung.

EN 45501, ANFORDERUNGEN AN WÄGEZELLEN

Nach Abschnitt 4.12 der Vorschrift EN 45501 (OIML R76) müssen Wägezellen in Übereinstimmung mit der Internationalen Empfehlung OIML R60 geprüft sein. Diese Wägezellen können drei Gerätegruppen zugeordnet werden:

1) Einbereichswaagen:

Geräte mit einem Meßbereich.

2) Mehrbereichswaagen:

Geräte mit zwei oder mehr Meßbereichen mit unterschiedlichen Nennlasten und unterschiedlichen Skalenintervallen für denselben Lastaufnehmer, wobei sich jeder Bereich von Null bis zur Nennlast erstreckt.

3) Mehrteilungswaagen:

Geräte mit einem in mehrere Teilbereiche untergliederten Meßbereich, wobei jeder Teilbereich eine andere Teilung hat. Der Gewichtsbereich wird sowohl für abnehmende als auch für zunehmende Lasten in Abhängigkeit von der Last automatisch bestimmt.

Die wichtigsten eichtechnischen Begriffe für Waagen sind:

Übersetzungsverhältnis:

Das Reduktionsverhältnis eines Hebelwerkes wird bestimmt durch:

$$R = FM / FL$$

wobei:

FM die auf die Gesamtanzahl der Wägezellen einwirkende Last

FL die auf den Lastaufnehmer einwirkende Last (Plattform) darstellt.

Nennlast (Max):

Obere Grenze des spezifizierten Meßbereiches ohne Berücksichtigung der additiven Tarahöchstlast.

Mindestauslastung (Min):

Untere Grenze des spezifizierten Meßbereiches, unter der der gemessene Gewichtswert einen überhöhten relativen Fehler aufweisen kann.

Teilungswert (d):

Wert in Gewichtseinheiten zur Angabe:

- der Differenz zwischen zwei aufeinander folgenden Skalenstrichen bei analoger Anzeige, bzw
- der Differenz zwischen zwei aufeinander folgenden Anzeigewerten bei digitaler Anzeige.

Eichwert (e):

Wert in Gewichtseinheiten für die eichtechnische Zuordnung einer Waage.

Anmerkung: Bei den meisten digitalen Waagen ist "e" gleich "d". Der Skalenteilungswert sollte in folgender Form angegeben werden: $1 \cdot 10^k$, $2 \cdot 10^k$ bzw. $5 \cdot 10^k$, wobei k eine positive oder negative ganze Zahl bzw. gleich Null ist.

Anzahl der Eichwerte (n):

Quotient aus Nennlast und Eichwert bei Einbereichswaagen:

$$n = Max / e$$

1) ANFORDERUNGEN FÜR EINBEREICHSWAAGEN

1.1 Die Wägezellen-Nennlast entspricht:

$$E_{max} \geq Q * Max * R / N$$

wobei:

E_{max} : Wägezellen-Nennlast

N : Anzahl der Wägezellen

R : Übersetzungsverhältnis

Q : Korrekturfaktor

Der Korrekturfaktor $Q > 1$ dient der Korrektur möglicher Einflüsse exzentrischer Belastung, der Totlast des Lastaufnehmers (Waage), des Bereichs für die Einschalt-Nullstelleinrichtung und ungleicher Lastverteilung. Genauer gesagt, die Gesamtnennlast aller Wägezellen sollte mindestens gleich der Nennlast der Waage, einschließlich Totlast der Wägekonstruktion und Gesamteinfluß auf Nullstellung und Nullpunktnachführung sein. Der Gesamteinfluß von Nullstelleinrichtung und Nullpunktnachführung sollte maximal 4%, und derjenige der Einschalt-Nullstelleinrichtung höchstens 20% der Nennlast betragen. Außerdem sollten folgende Bedingungen für exzentrische Belastung berücksichtigt werden:

- Bei einem Gerät mit einem Lastaufnehmer mit n Auflagepunkten und $n \geq 4$ soll jeder Auflagepunkt mit dem Bruchteil $1/(n-1)$ der Summe aus Nennlast und additiver Tarahöchstlast belastet werden.
- Bei einem Gerät mit einem Lastaufnehmer, der minimaler exzentrischer Belastung unterliegt (z.B. Tank, Dosierbehälter) ist jeder Lastauflagepunkt mit einer Last von einem Zehntel der Summe aus Nennlast und additiver Tarahöchstlast zu prüfen.

Bei Anwendung der obigen Überlegungen auf eine Plattformwaage mit einer Nennlast von 1500kg und einer Totlast von 100 kg errechnet sich die Nennlast der einzelnen Wägezelle bei Verwendung von vier Wägezellen folgendermaßen:

Exzentrizität geprüft bei $1/(n-1)*Max = 1/3*1500 \approx 500\text{kg}$.

Totlast-Gewichtsverteilung gleich $100/n = 100/4 = 25\text{kg}$.

Nullstellung/-nachführung: $(24\% \text{ of } 1500)/n = 360/4 = 90\text{kg}$.

Die Wägezellen-Nennlast (E_{max}) sollte mindestens $500+25+90 = 615\text{kg}$ betragen.

1.2 Die maximale Anzahl der Wägezellen-Teilungswerte soll folgende Bedingung erfüllen:

$$n_{lc} \geq n$$

Für jede Wägezelle soll die maximale Anzahl der Teilungswerte n_{lc} nicht unter der Anzahl der Eichwerte des Anzeigers liegen. So z.B. gehören zu einem Anzeiger mit 3000d Genauigkeitsklasse ③ mindestens Wägezellen der Klasse C3.

1.3 Der Mindesteichwert der Wägezelle soll folgende Bedingung erfüllen:

$$v_{min} \leq e * R / \sqrt{N}$$

Der Mindesteichwert v_{min} soll nicht größer sein als der Eichwert e multipliziert mit dem Übersetzungsverhältnis R des Hebelwerkes und dividiert durch die Quadratwurzel der Anzahl N der Wägezellen. Diese Formel kann folgendermaßen umgeschrieben werden:

$$e \geq v_{min} * \sqrt{N} / R$$

Beispiel: Eine Plattformwaage mit einer Nennlast von 1500 kg wird auf vier Wägezellen vom Typ SSB-C3-1t mit $v_{\min} = E_{\max}/10000$ installiert.

- 1) Die Wägezellenkapazität stimmt mit Punkt 1.1 überein (siehe Berechnungsbeispiel).
- 2) Die maximale Anzahl der Teilungswerte sollte mindestens gleich der maximalen Anzahl der Wägezellenteilungswerte sein. Folglich beträgt die maximale Anzahl der Teilungswerte 3000.
- 3) Der Mindestwert für e berechnet sich anhand der Formel in 1.3 folgendermaßen:

$$e \geq v_{\min} \cdot \sqrt{N} / R \Rightarrow e \geq 1000 \cdot 2 / 8333 \cdot 1 \Rightarrow e \geq 0.240 \Rightarrow e = 0.5 \text{ kg}$$

Zur Gewährleistung der Kompatibilität muß das Ausgangssignal pro Skalenteilschritt beim Mindestsignalpegel für den Anzeiger geprüft werden. Das Ausgangssignal pro Skalenteilschritt (in μV) berechnet sich folgendermaßen:

$$U_E \cdot S \cdot \text{Max} \cdot 1000 / (N \cdot E_{\max} \cdot n)$$

wobei:

U_E : Speisespannung

S : Wägezellenkennwert

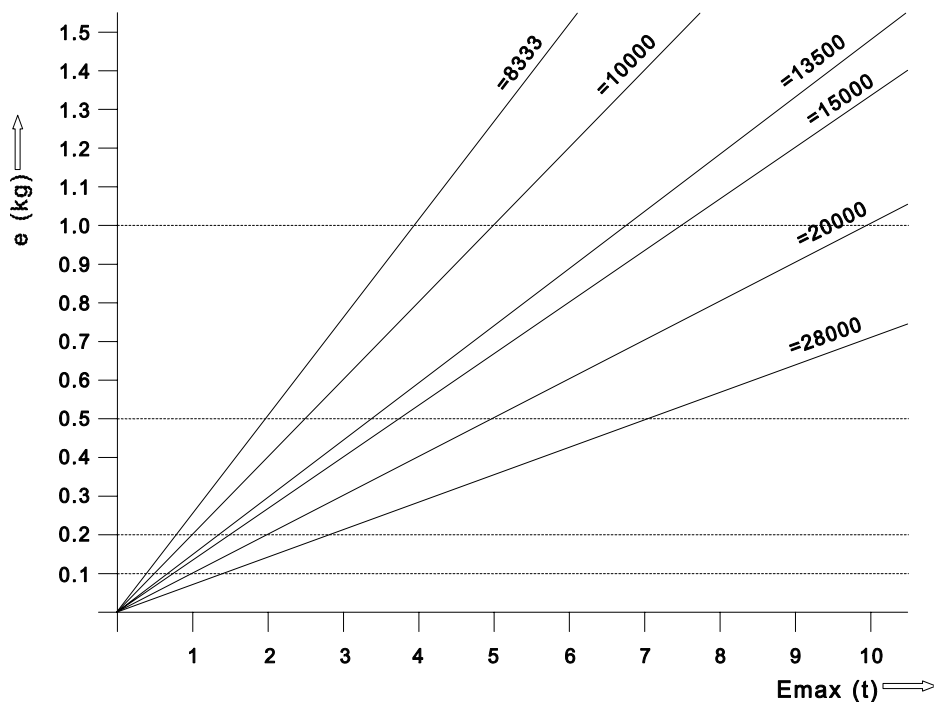
N : Anzahl der Wägezellen

n : Anzahl der Skalenteilschritte

Der Kennwert der Wägezelle vom Typ SSB beträgt 2 mV/V. Das Ausgangssignal pro Skalenteil-schritt bei einer Speisespannung von 10 V für das oben erwähnte Beispiel ist:

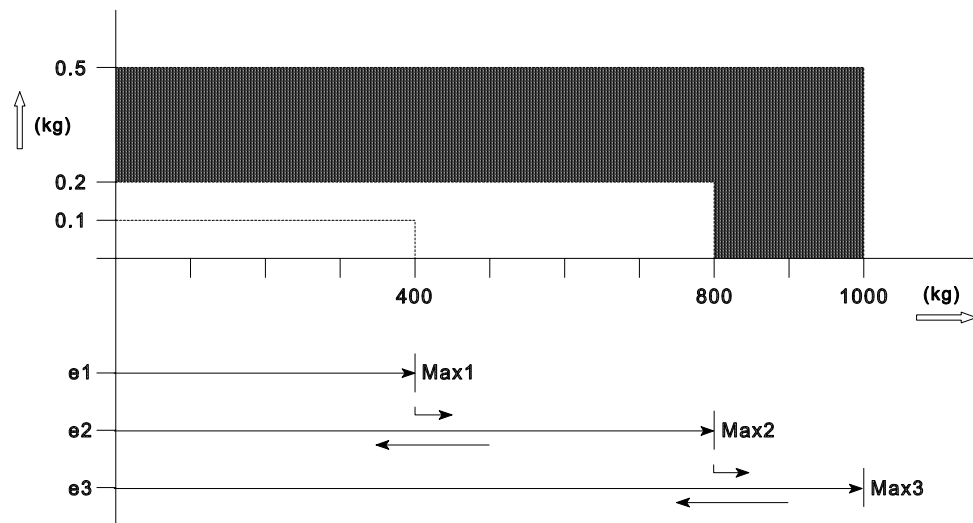
$$10 \cdot 2 \cdot 1500 \cdot 1000 / (4 \cdot 1000 \cdot 3000) = 2.5 \mu\text{V}$$

Das nachstehende Diagramm veranschaulicht den Mindestwert für e im Verhältnis zur Wägezellen-Nennlast (E_{\max}) bei einem Wägebraufbau mit vier Wägezellen (Übersetzungsverhältnis $R=1$).



2) ANFORDERUNGEN FÜR MEHRBEREICHSWAAGEN

Bei Mehrbereichswaagen wird jeder einzelne Bereich wie eine Einbereichswaage behandelt. Das Umschalten zwischen den Gewichtsbereichen während der Belastung der Waage ist nur bei steigendem Eichwert zulässig. Unzulässig ist außerdem das Hinüberwechseln in einen niedrigeren Bereich nach Tarierung bzw. durch Benutzung einer voreingestellten Vorlast. Das folgende Diagramm veranschaulicht das Prinzip einer Mehrbereichswaage mit drei Bereichen:



Die Anforderungen an Wägezellen sind:

2.1 Die Nennlast errechnet sich folgendermaßen:

$$E_{max} \geq Q * Max_r * R / N$$

2.2 Die maximale Anzahl der Wägezellenteilungswerte muß folgende Voraussetzung erfüllen:

$$n_{lc} \geq n$$

2.3 Der Mindesteichwert der Wägezelle muß folgende Voraussetzung erfüllen:

$$v_{min} \leq e_1 * R / \sqrt{N}$$

2.4 Die Nullsignallrückkehr der Wägezelle nach Belastung muß die folgende Voraussetzung erfüllen:

$$DR \leq e_1 * R / N$$

bzw. bei unbekanntem DR (besondere Angabe auf der R60-Bescheinigung) sollte folgende Voraussetzung erfüllt sein :

$$n_{lc} \geq 0.4 * Max_r / e_1$$

wobei:

n_i Anzahl der Skalenteilschritte für den Bereich i ($i=1, 2$, usw.)

Max_r Nennlast des höchsten Bereiches

e_1 Eichwert des kleinsten Meßbereiches

Beispiel: Eine Plattformwaage mit einer Nennlast von 1000kg wird auf vier Wägezellen vom Typ HCB-C4-0,5t mit $v_{\min} = E_{\max} / 13500$ gelagert.

1) Das Exzentrizitätsverhalten wird anhand folgender Formel geprüft:

$$Max_r / (n-1) = (1/3) * 1000 \approx 325kg$$

Dies liegt weit unter der Wägezellennennlast und ist damit akzeptabel.

2) Die Anzahl der Eichwerte soll kleiner gleich 4000 sein.

3) Der Mindesteichwert kann folgendermaßen berechnet werden:

$$e_1 \geq v_{\min} * \sqrt{N} / R \Rightarrow e_1 \geq 500 * 2 / 13500 \Rightarrow e_1 \geq 0.074kg$$

Somit ist e_1 gleich 0,1 kg.

4) Da in der Bescheinigung kein Wert für DR angegeben ist, kann folgende Formel benutzt werden:

$$n_{lc} \geq 0.4 * Max_r / e_1 \Rightarrow n_{lc} \geq 0.4 * 1000 / 0.1 \Rightarrow n_{lc} \geq 4000$$

Daher können folgende Bereiche benutzt werden:

0 → 400kg mit $e = 0,1kg$ (4000 Teilschritte)

0 → 800kg mit $e = 0,2kg$ (4000 Teilschritte)

0 → 1000kg mit $e = 0,5kg$ (2000 Teilschritte)

Auf diesen Werten basiert das Diagramm auf der vorigen Seite.

Mehrbereichswaagen müssen folgende Voraussetzungen erfüllen:

Bei einer Mehrbereichswaage darf die Abweichung bei der Rückkehr von Max_i zum Nullpunkt höchstens $0,5 e_1$ betragen. Außerdem darf die Abweichung der Anzeige vom Nullpunkt bei der Rückkehr zum Nullpunkt nach einer Belastung größer Max_1 und unmittelbar nach Umschalten zum niedrigsten Bereich für die Dauer von 5 Minuten nicht größer als e_1 sein.

Bei Nullsetzen eines Meßbereiches müssen die höheren Meßbereiche ebenfalls zu Null gesetzt werden, wenn bei Belastung der Waage in einen höheren Meßbereich umgeschaltet werden kann.

Beim Trieren sollen ebenfalls die höheren Bereiche tariert werden, wenn bei Belastung der Waage in einen höheren Meßbereich umgeschaltet werden kann.

Ein vorgegebener Vorlastwert kann nur in einen Meßbereich mit einem höheren Skaleneichwert übernommen werden, muß in diesem Falle jedoch auf den letzteren auf- oder abgerundet werden.

Wägezellen für Mehrbereichswaagen

Wägezellen für Mehrbereichswaagen sollten vorzugsweise einen hohen γ -Wert (E_{\max}/v_{\min}) aufweisen. Revere Transducers unterscheidet in den neuesten Bescheinigungen (Wägezellentypen HCB und RLC) zwischen den einzelnen Ausführungen für Mehrbereichswaagen. Beispiel:

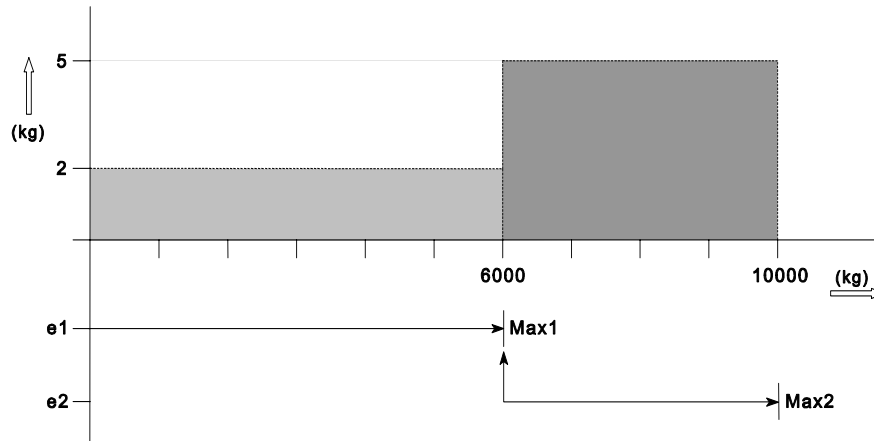
HCB-C3 $v_{\min} = E_{\max} / 10000$

HCB-C3MR $v_{\min} = E_{\max} / 20000$

3) ANFORDERUNGEN FÜR MEHRTEILUNGSWAAGEN

Eine Mehrteilungswaage hat einen in mehrere Teilbereiche mit unterschiedlichen Skalenteilungen untergliederten Meßbereich. Der Meßbereich wird bei abnehmender und zunehmender Last automatisch durch die Last bestimmt.

Eine Mehrteilungswaage bietet dem Endanwender auf Grund ihrer Teilmeßbereiche höhere Flexibilität im Vergleich zu Mehrbereichswaagen. Das Überwechseln in einen niedrigeren Teilbereich nach Tarieren bzw. durch Benutzen eines vorgegebenen Vorlastwertes ist möglich. Das nachstehende Diagramm veranschaulicht das Prinzip einer Mehrteilungswaage mit zwei Teilbereichen:



Die Anforderungen für Wägezellen sind:

3.1 Die Nennlast muß folgende Voraussetzung erfüllen:

$$E_{max} \geq Q * Max_r * R / N$$

3.2 Die maximale Anzahl Wägezellenteilungswerte muß folgende Bedingung erfüllen:

$$n_{lc} \geq n$$

3.3 Der Mindesteichwert der Wägezellen muß folgende Bedingung erfüllen:

$$v_{min} \leq e_1 * R / \sqrt{N}$$

3.4 Die Rückkehr des Nullsignales nach Belastung Wägezelle muß folgende Bedingung erfüllen:

$$DR \leq 0.5 * e_1 * R / N$$

bzw. bei unbekanntem DR (auf der R60-Bescheinigung separat angegeben) sollte folgende Lösung gesucht werden:

$$n_{lc} \geq Max_r / e_1$$

wobei:

n_i Anzahl der Eichwerte für einen Teilbereich i (i=1, 2, usw.)

Max_r Nennlast des höchsten Teilbereiches

e_1 Eichwert des kleinsten Teilbereiches

Wägezellen für Mehrteilungswaagen

Die Wägezelle Typ RLC von Revere Transducers ist in zwei Ausführungen erhältlich, die speziell für Mehrteilungswaagen bescheinigt sind. Diese Ausführungen tragen die Kurzbezeichnung RLC-C3MI6 bzw. RLC-C3MI7.5. Daten:

$$C3MI6DR = \frac{1}{2}E_{\max}/6000 \quad v_{\min} = E_{\max} / 7000$$

$$C3MI7.5 \quad DR = \frac{1}{2}E_{\max}/7500 \quad v_{\min} = E_{\max} / 7000$$

Beispiel: Eine Plattformwaage mit einer Nennlast von 10t wird auf vier Wägezellen vom Typ RLC-C3MI7.5-3.5t mit $v_{\min} = E_{\max} / 7000$ und $DR = \frac{1}{2}E_{\max}/7500$ gelagert.

1) Das Exzentrizitätsverhalten wird anhand folgender Formel geprüft:

$$Max_r / (n-1) = 10000 / 3 \approx 3250kg$$

Dieser Wert liegt weit unter der Nennlast der Wägezelle und ist damit akzeptabel.

2) Die Anzahl der Eichwerte für jeden Teilbereich darf höchstens 3000 betragen.

3) Der Mindesteichwert kann anhand folgender Formel berechnet werden:

$$e_1 \geq v_{\min} * \sqrt{N} / R \Rightarrow e_1 \geq 3500 * 2 / 7000 \Rightarrow e_1 \geq 1kg$$

Daher muß e_1 mindestens 1,0 kg sein.

4) DR wird als $\frac{1}{2}E_{\max}/7500$ angegeben. Daher lautet die Formel:

$$DR \leq 0.5 * e_1 * R / N \Rightarrow 1750 / 7500 \leq 0.5 * e_1 * 1 / 4 \Rightarrow e_1 \geq 1.87 \Rightarrow e_1 = 2kg$$

Folgende Teilbereiche sind zulässig:

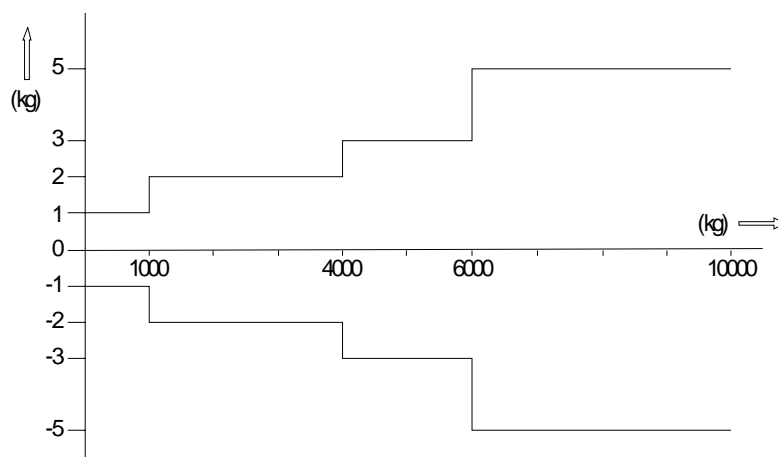
0 → 6000kg mit $e_1 = 2$ kg (3000 Teilschritte)

6000 → 10000kg mit $e_2 = 5$ kg (2000 Teilschritte)

Auf diesen Werten beruht die Skizze auf der vorigen Seite.

Die Fehlerhüllkurve für die oben erwähnte Waage ist:

0 e_1 → 500 e_1	≈	0 → 1000kg max. Fehler, $\pm 0,5 e_1 \approx \pm 1kg$
500 e_1 → 2000 e_1	≈	1000 → 4000kg max. Fehler, $\pm 1,0 e_1 \approx \pm 2kg$
2000 e_1 → 3000 e_1	≈	4000 → 6000kg max. Fehler, $\pm 1,5 e_1 \approx \pm 3kg$
1200 e_2 → 2000 e_2	≈	6000 → 10000kg max. Fehler, $\pm 1,0 e_2 \approx \pm 5kg$



Durch Anwendung der Formel 3.3 und 3.4 kann man folgende Werte für e_1 erhalten:

Wägezellen- Nennlast E_{max} (kg)	Typ C3MI6; $\frac{1}{2}E_{max}/6000$		Typ C3MI7.5; $\frac{1}{2}E_{max}/7500$		Empfohlene Nennlast Max_r (kg)	
	e_1 (kg) 3WZ	e_1 (kg) 4WZ	e_1 (kg) 3WZ	e_1 (kg) 4WZ	3WZ-Behälter	4WZ-Plattform
500	0,5	0,5	0,2	0,5	1000	1000
1000	0,5	1	0,5	1	2500	2500
2000	1	2	1	2	5000	5000
3500	2	5	2	2	8000	10000
5000	5	5	2	5	12000	12500

Zweites Beispiel: ein Wägebehälter mit einer Nennlast von 5000 kg ist auf drei Wägezellen Typ RLC-C3MI6-2t mit $v_{min} = E_{max} / 7000$ gelagert.

Der kleinste Skaleneichwert (e_1) aus der obigen Tabelle beträgt 1 kg. Daher können folgende Bereiche benutzt werden:

- 0 → 3000 kg mit $e = 1$ kg (3000 Teilschritte)
- 3000 → 5000 kg mit $e = 2$ kg (1000 Teilschritte)

Mehrteilungswaagen müssen folgende Bedingungen erfüllen:

Bei einer Mehrteilungswaage darf die Abweichung nach der Rückkehr zum Nullpunkt bei stabilisierter Anzeige nach Entfernen einer Last, die während einer halben Stunde auf die Waage eingewirkt hat, $0,5 e_1$ nicht überschreiten.

Der maximale Vorlast darf nicht größer als Max_1 sein, und der angezeigte oder ausgedruckte Nettowert muß auf den Skaleneichwert der Waage für denselben Nettogewichtswert gerundet werden.

Durch genauere Wägezellen und empfindlichere Anzeiger ist der Anwendungsbereich für Mehrteilungswaagen allerdings kleiner geworden.

Die auf der vorigen Seite erwähnte Wägebehälter-Anwendung beispielsweise könnte ebenfalls mit drei Wägezellen vom Typ RLC-C5-2t realisiert werden. Zur Zeit sind die meisten Wägezellen von Revere Transducers standardmäßig für C4 zugelassen. Die Wägezelle 9102 ist für C5 mit $v_{min} = E_{max} / 15000$ und die Wägezelle RLC ist für C6 mit $v_{min} = E_{max} / 28000$ zugelassen!

Mehrteilungswaagen bieten jedoch den Vorteil eines stärkeren Signales pro Teilschritt ($\mu V/d$) und weiterer Fehlergrenzen am oberen Meßbereichsende. Dies ist für Anwendungen mit Kraftnebenschlüssen, d.h. für Wägebehälter, von besonderem Interesse.

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

Revere Transducers Europe

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



Gebietsvertretungen in Deutschland, Frankreich und Großbritannien