

Nachschlag

Ergänzend zu unserem umfassenden WunderWelt-Katalog haben wir den **Nachschlag** mit praxisnahen Tipps für Labor-Einsteiger und -Profis entwickelt.

Ich bin **Tina**, die METTLER TOLEDO Coachess für exzellente Forschung, und begleite Sie auch auf den folgenden Seiten mit Basiswissen und Tipps für den Laboralltag.



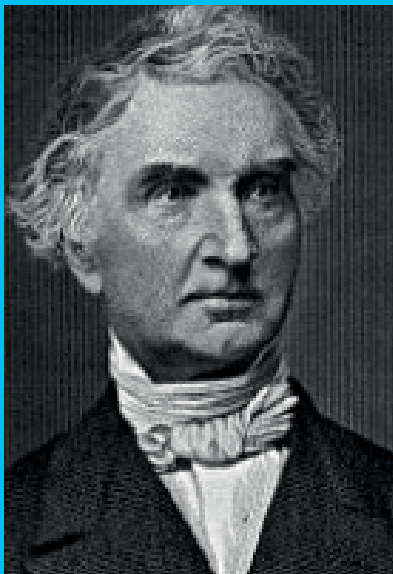
Alles über die METTLER TOLEDO academia excellence initiative erfahren Sie im Internet unter

www.mt.com/academia-wunderwelt



Wägefibel

Richtiges Wägen mit Laborwaagen



Von **Justus von Liebig** stammt die Bemerkung: «Die Waage, dieses unvergleichliche Instrument, das alle Beobachtungen und Entdeckungen fest hält, das Zweifel besiegt und die Wahrheit ans Licht stellt, das uns zeigt, dass wir uns geirrt haben, oder dass wir uns auf dem wahren Wege befinden». Ehe man sich aber unbeschwert ans Wägen macht, ist es ratsam, sich die dabei am häufigsten auftretenden Probleme und Fehlerquellen zu vergegenwärtigen.

- Erfahrung
- Besseres Wägen
- Fehlerfreie Bedienung
- Genaue Resultate



Unser umfangreiches Waagenprogramm gibt's auf den Seiten 16–197.

Wägen ist eine der häufigsten Arbeiten im Labor. Moderne Ultramikro-, Mikro-, Analysen- und Präzisionswaagen sind heute so perfektioniert worden, dass im Allgemeinen auf spezielle Wägeräume verzichtet werden kann.

Der technologische Fortschritt in der Elektronik erlaubte es, die Bedienung erheblich zu vereinfachen, die Wägezeiten stark zu verkürzen und die Waagen so anpassungsfähig zu machen, dass sie heute direkt in einen Produktionsprozess integriert werden können. Dieser Fortschritt birgt allerdings die Gefahr in sich, dass Störeinflüsse der Umgebung zu wenig beachtet werden. Es handelt sich dabei meist um physikalische Effekte, die für Ultramikro-, Mikro- und Analysenwaagen messbar sind und von ihnen nicht unterdrückt werden dürfen, da es sich dabei um tatsächliche Gewichtsveränderungen handelt (z.B. langsame Verdunstung, Feuchtigkeitsaufnahmen) oder um Kräfte, die auf das Wägegut und die Waagschale wirken (z.B. Magnetismus, Elektrostatik) und von der Waage ebenfalls als Gewichtsveränderungen erkannt werden.

Mit der vorliegenden Information möchten wir auf die wichtigsten Punkte hinweisen, die bei der Arbeit mit Ultramikro-, Mikro- und Analysenwaagen beachtet werden müssen, wenn Wägeresultate von hoher Qualität verlangt werden.

Nach kurzen Hinweisen auf den Standort und die sachgemäße Bedienung der Waagen werden die Störeinflüsse durch die Umwelt auf die Gewichtsbestimmung im Einzelnen diskutiert. Die meisten dieser Einflüsse sind durch eine sich langsam verändernde Gewichtsanzeige (Drift) erkennbar. Da auch die richtige Interpretation der technischen Daten für die Beurteilung eines Wägeresultates äußerst wichtig ist, werden zum Schluss die gebräuchlichsten Fachbegriffe erklärt.

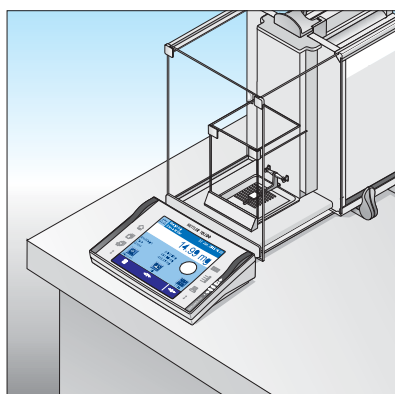
Unser Tipp

Das beim Springer Verlag erschienene Wägelexikon, bietet auf 253 Seiten umfangreiche Informationen. Das Lexikon können Sie exklusiv bei uns erwerben.



Standort der Waage

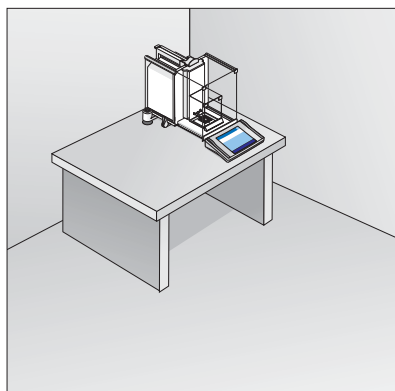
Die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit von Wägeregebnissen ist eng mit dem Standort der Waage verbunden. Beachten Sie die nachfolgend aufgeführten Punkte, damit Ihre Waage unter den besten Bedingungen arbeiten kann:



Wägetisch

- Stabil (Labortisch, Laborkorpus, Steintisch).
Ihr Wägetisch sollte sich beim Abstützen nicht durchbiegen und möglichst keine Vibrationen übertragen.
- Antimagnetisch (keine Stahlplatte).
- Gegen statische Aufladungen geschützt (kein Kunststoff oder Glas).
- Einmalige Befestigung
Der Wägetisch sollte entweder auf dem Boden stehen oder an der Wand befestigt werden. Beide Befestigungsarten gleichzeitig übertragen Erschütterungen von Wand und Boden.
- Für die Waage reserviert.

Aufstellungsort und Wägetisch müssen so stabil sein, dass sich die Waagenanzeige nicht ändert, wenn man auf den Tisch drückt oder den Wägeplatz betrifft. Verzichten Sie auf weiche Unterlagen wie z. B. Schreibmatten. Im Hinblick auf die Positionierung der Waage sollten Sie den Standort direkt über den Tischbeinen bevorzugen, da hier die geringsten Schwingungen auftreten.



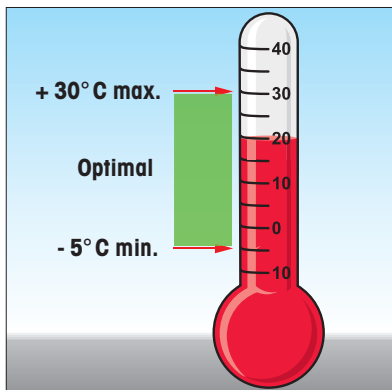
Arbeitsraum

- Erschütterungsarm.
- Frei von Zugluft.

Platzieren Sie den Wägetisch in einer Ecke eines Raumes. Hier befinden sich die vibrationsärmsten Orte eines Gebäudes. Der Zutritt zum Raum sollte idealerweise über eine Schiebetür erfolgen, um den Einfluss der Türbewegung zu reduzieren.

- Halten Sie die Raumtemperatur möglichst konstant. Wägeregebnisse sind temperaturabhängig (typische Drift: 1-2 ppm/°C).
- Wägen Sie nicht in der Nähe von Heizkörpern oder Fenstern.

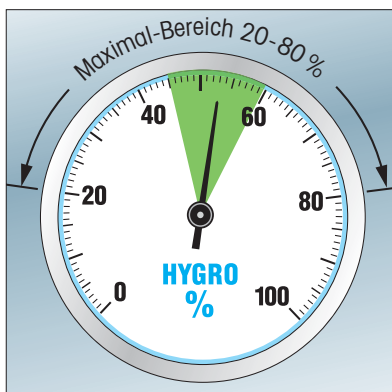
METTLER TOLEDO Waagen mit «FACT» (vollautomatische motorische Selbstjustierung) können den restlichen Temperaturdrift weitgehend kompensieren. Lassen Sie «FACT» daher immer eingeschaltet.



Temperatur

- Halten Sie die Raumtemperatur möglichst konstant. Wägeresultate sind temperaturabhängig (typische Drift: 1-2 ppm/°C).
- Wägen Sie nicht in der Nähe von Heizkörpern oder Fenstern.

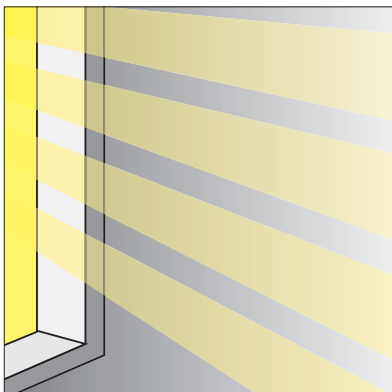
METTLER TOLEDO Waagen mit «FACT» (vollautomatische motorische Selbstjustierung) können den restlichen Temperaturdrift weitgehend kompensieren. Lassen Sie «FACT» daher immer eingeschaltet.



Luftfeuchte

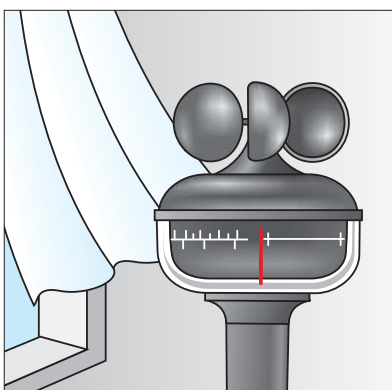
- Die relative Feuchtigkeit (% rF) liegt idealerweise zwischen 45 und 60 %. Der Messbereich 20 bis 80 % rF sollte auf keinen Fall unter- oder überschritten werden.

Bei Mikrowaagen empfiehlt sich eine ständige Überwachung. Veränderungen sollten (wenn möglich) immer korrigiert werden.



Licht

- Platzieren Sie die Waage möglichst an einer fensterfreien Wand. Direkte Sonnenbestrahlung (Wärme) beeinflusst das Wägergebnis.
- Platzieren Sie die Waage in ausreichendem Abstand von Beleuchtungskörpern, um Wärmestrahlung zu vermeiden. Dies gilt insbesondere bei Glühlampen. Verwenden Sie Leuchtstoffröhren.

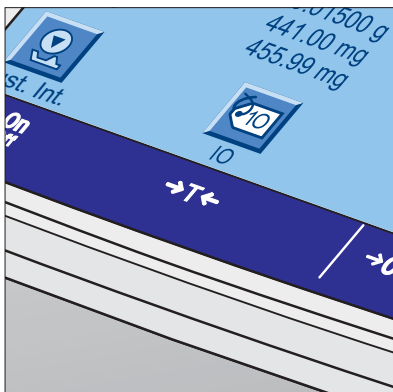


Luft

- Platzieren Sie die Waage nicht im Luftstrom von Klimaanlage oder Geräten mit Ventilatoren wie Computer oder große Laborgeräte.
- Platzieren Sie die Waage in ausreichendem Abstand zu Heizkörpern. Neben der möglichen Temperaturdrift können dort auch starke Luftströmungen stören.
- Platzieren Sie die Waage nicht neben einer Tür.
- Vermeiden Sie stark frequentierte Orte. Passanten verursachen in der Regel einen Luftzug am Wägeort.

Bedienung der Waage

Ultramikro-, Mikro-, Analysen-, und Präzisionswaagen sind Messinstrumente von höchster Präzision. Wenn Sie die nachfolgenden Tipps beherzigen, erhalten Sie zuverlässige Wägeresultate.



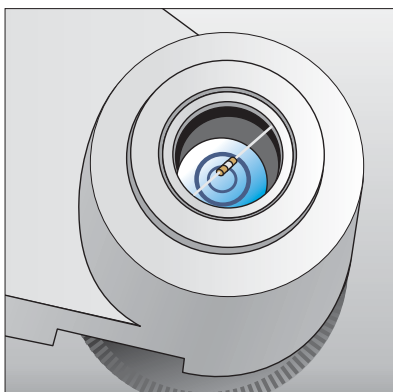
Einschalten

- Trennen Sie die Waage nicht vom Stromnetz und lassen Sie sie immer eingeschaltet. So kann sich in der Waage ein thermisches Gleichgewicht einstellen.
- Wenn Sie die Waage ausschalten, benutzen Sie dafür die Anzeigetaste (bei älteren Modellen die Tarataste). Die Waage befindet sich dann im Standby-Mode. Die Elektronik steht weiterhin unter Strom und es ist keine Aufwärmzeit nötig.

Beim ersten Anschließen an das Stromnetz empfehlen wir unterschiedliche Aufwärmzeiten. Diese betragen für:

- Mikrowaagen bis zu 12 Stunden,
- Semimikrowaagen und Analysenwaagen ca. 6 Stunden,
- Präzisionswaagen ca. 3 Stunden.

Beachten Sie unabhängig von diesen Richtwerten auf jeden Fall die in der Bedienungsanleitung angegebenen Minimalzeiten.



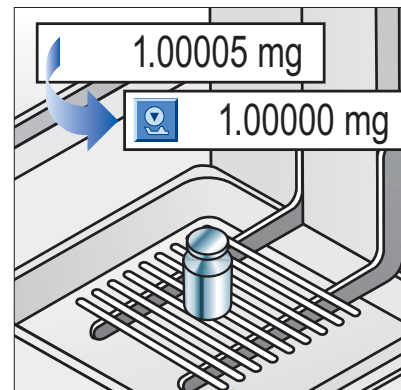
Nivellieren

- Richten Sie die Waage aus.
Prüfen Sie dazu, ob sich die Luftblase der Libelle im Zentrum befindet. Korrekturen können Sie an den Stellfüßen vornehmen.
Anschließend müssen Sie die Empfindlichkeit der Waage justieren. Das exakte Vorgehen ist in der Bedienungsanleitung der Waage beschrieben.

Wenn Sie die richtige Nivellierung der Waage jederzeit sicherstellen und dies auch dokumentieren möchten, um zum Beispiel die Anforderungen nach GxP¹⁾ zu erfüllen, empfehlen wir die Waagenfamilie Excellence Plus mit der eingebauten Niveauekontrollautomatik «LevelControl».

Justieren

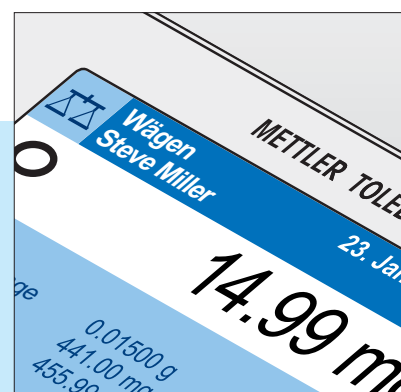
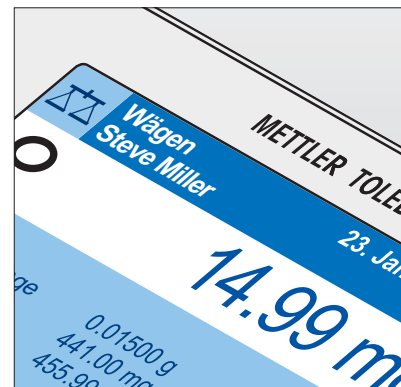
- Justieren Sie die Empfindlichkeit der Waage regelmäßig, vor allem dann, wenn Sie
 - die Waage zum ersten Mal in Betrieb nehmen,
 - nach Standortwechseln,
 - nach dem Nivellieren,
 - nach großen Temperatur-, Feuchtigkeits- oder Luftdruckveränderungen.



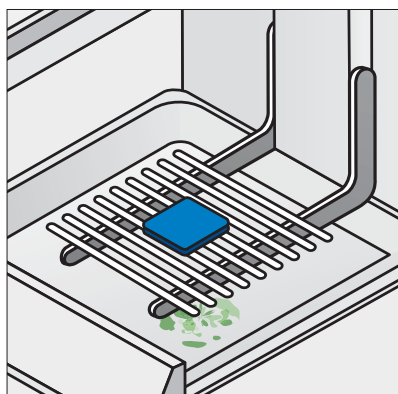
Möchten Sie, dass die Justage zum Beispiel nach einer Temperaturveränderung vollautomatisch durchgeführt wird, lohnt sich die Anschaffung von Waagen mit «FACT». Bei diesen Modellen erfolgt das Justieren selbsttätig. Damit können Sie auch das Zeitintervall für routinemäßige Überprüfungen vergrößern.

Ablesen

- Beachten Sie zu Beginn jeder Wägung die exakte Nullpunktanzeige. Nullen Sie gegebenenfalls, um Nullpunktfehler zu vermeiden.
- Lesen Sie das Resultat erst nach Erlöschen des kleinen runden Kreises links oben in der Waagenanzeige ab. Über diese Stillstandskontrolle wird das Wäageergebnis freigegeben.

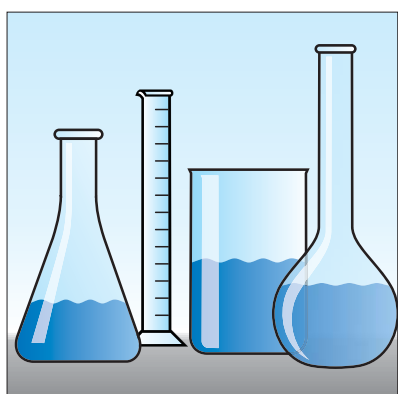


Eine weiter verbesserte Stillstandskontrolle bietet die Excellence Plus-Linie. Diese Waagen stellen instabile Messwerte in **Blau** dar. Tritt Stabilität ein, wechselt die Anzeige sofort zu **Schwarz** und der Kreis links oben verschwindet. So erkennen Sie ein stabiles Wäageergebnis zuverlässiger, schneller und sicherer.



Waagschale

- Platzieren Sie das Wägegut immer in die Mitte der Waagschale. So vermeiden Sie Eckenlastfehler.
- Belasten Sie bei Mikro- und Semimikrowaagen die Waagschale nach längerer Pause (>30 min) zuerst einmal kurz, um den so genannten Erstwägeeffekt auszuschalten.



Wägegefäß

- Verwenden Sie das kleinstmögliche Wägegefäß.
- Vermeiden Sie Wägegefäße aus Kunststoff, wenn die Luftfeuchte unter 30–40 % liegt. Unter diesen Bedingungen besteht ein erhöhtes Risiko für elektrostatische Aufladung.

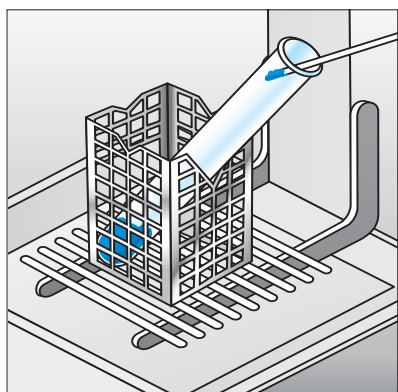
Elektrisch nichtleitende Materialien wie Glas und Kunststoff können sich elektrostatisch aufladen. Dies kann zu drastischen Verfälschungen des Wägeregebnisses führen. Sorgen Sie deshalb für entsprechende Gegenmaßnahmen (mehr dazu auf Seite 483: Elektrostatik).

- Wägegefäß und Wägegut sollten die gleiche Temperatur wie die Umgebung aufweisen. Temperaturunterschiede können zu Luftströmungen führen, die das Wägeresultat verfälschen (siehe Seite 481: Temperatur).

Lassen Sie das Wägegefäß nach der Entnahme aus einem Trocknungsofen oder Geschirrspüler abkühlen, bevor Sie es in die Waage stellen.

- Wenn möglich, stellen Sie das Wägegefäß nicht mit den Händen in den Wägeraum, um die Temperatur und Luftfeuchte von Wägeraum und Wägegefäß nicht zu verändern. Dies hätte einen ungünstigen Einfluss auf den Wägevorgang.

Taragefäßhalter «ErgoClip Basket»



Verschiedene Taragefäßhalter bieten optimale Voraussetzungen für störungsfreie und sichere Einwaagen (siehe Abbildung «ErgoClip Basket»).

Tipp

Wenn Sie auch unter schwierigsten Bedingungen bedeutend einfacher und genauer messen möchten, empfehlen wir spezifisches Zubehör für unsere Excellence und Excellence Plus-Waagenfamilien. Selbst bei sehr kleinen Einwaagen mit engen Toleranzen und ungünstigen Umgebungsbedingungen erhalten Sie beste Ergebnisse. Unsere Windschutztür «MinWeigh Door» ist zum Beispiel perfekt für den Einsatz in Wägekabinen konzipiert, bietet aber auch bei «normalen» Wägebedingungen Vorteile. Die Wiederholbarkeit der Nettoablesung lässt sich damit etwa um den Faktor zwei verbessern!

Die Benutzung der Waagschale «SmartGrid» – die sich durch Gitterlaminiierungen auszeichnet – stabilisiert die Wägung so gut, dass die Windschutztüre bei 4-stelligen Analysenwaagen während der Wägung in der Regel geöffnet bleiben kann.

«SmartGrid»



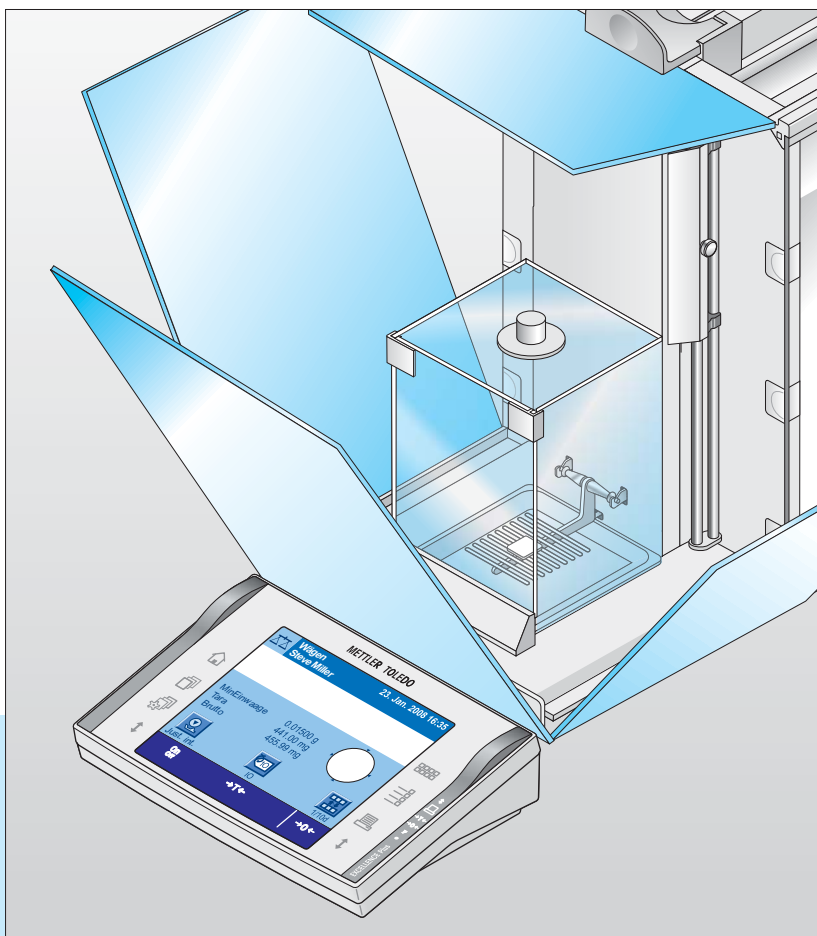
«MinWeigh Door»



Pflege der Waage

- Halten Sie Wägeraum und Waagschale sauber.
- Setzen Sie zum Wägen ausschließlich saubere Wägegefäße ein.
- Als Pflegemittel genügen einfache Fensterputzmittel.
- Verwenden Sie zum Reinigen fusselfreie Lappen.
- Pinseln Sie Verunreinigungen nicht in eventuelle Öffnungen.
- Entfernen Sie vor dem Reinigen erst alle abnehmbaren Teile wie etwa die Waagschale.

Bei den Analysenwaagen Excellence und Excellence Plus können Sie alle Windschutzscheiben zur Reinigung in einer Geschirrspülmaschine einzeln entfernen.



Physikalische Einflüsse

Stabilisiert sich die Gewichtsanzeige nicht, driftet das Resultat langsam in eine Richtung oder werden ganz einfach falsche Werte angezeigt, liegen die Ursachen häufig in unerwünschten physikalische Einflüssen. Als häufigste Ursachen gelten:

- Einflüsse des Wägegutes.
- Umgebungseinflüsse am Standort der Waage.
- Feuchtigkeitsaufnahme oder -abgabe des Wägegutes.
- Elektrostatisch geladene Wägegüter oder Gefäße.
- Magnetische Wägegüter oder Gefäße.



Temperatur

Problem

Die Gewichtsanzeige eines Wägegutes driftet in eine Richtung.

Mögliche Ursachen

Die Waage ist noch nicht lange genug an die Stromversorgung angeschlossen.

Ein Temperaturgefälle zwischen Wägegut und Umgebung sorgt für Luftströmungen entlang des Wägegefäßes. Die am Gefäß entlangstreichende Luft erzeugt eine nach oben oder unten gerichtete Kraft. Das Wägeresultat weicht daher vom richtigen Wert ab. Diesen Effekt nennt man dynamischen Auftrieb. Er klingt erst ab, wenn sich ein Temperaturgleichgewicht eingestellt hat.

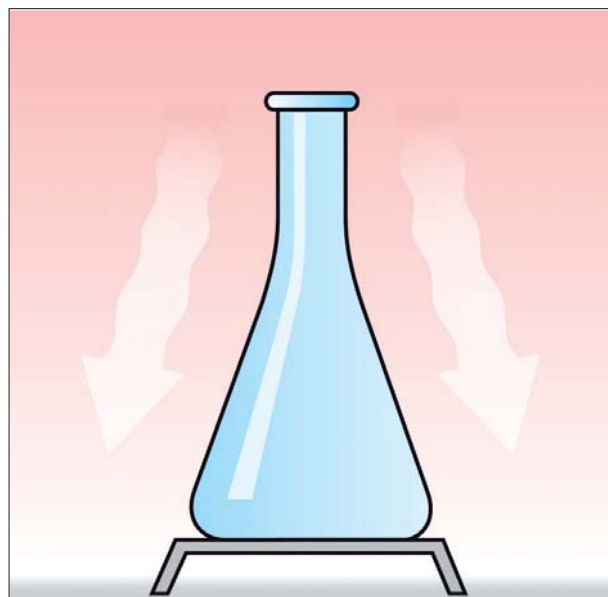
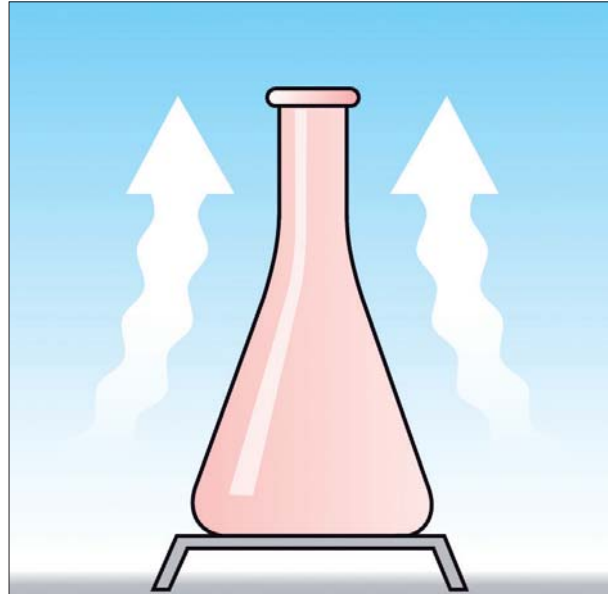
Es gilt: Ein kalter Gegenstand erscheint schwerer, ein warmer Gegenstand leichter. Dieser Effekt kann speziell bei Rückwägungen mit Semimikro-, Mikro- und Ultramikrowaagen zu Problemen führen.

Beispiel

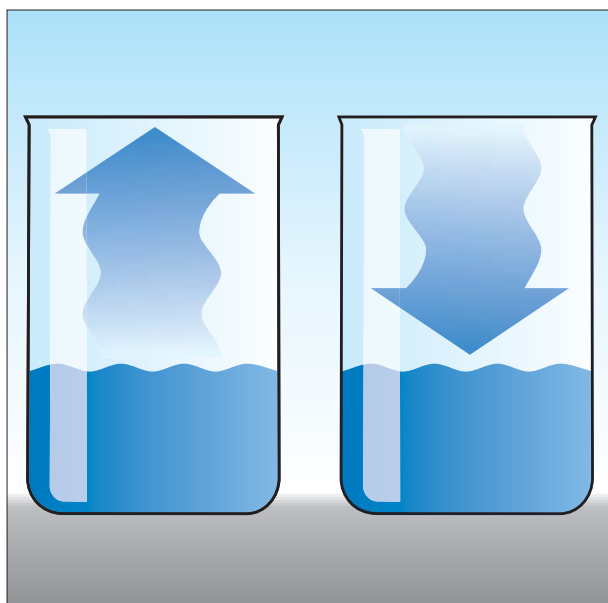
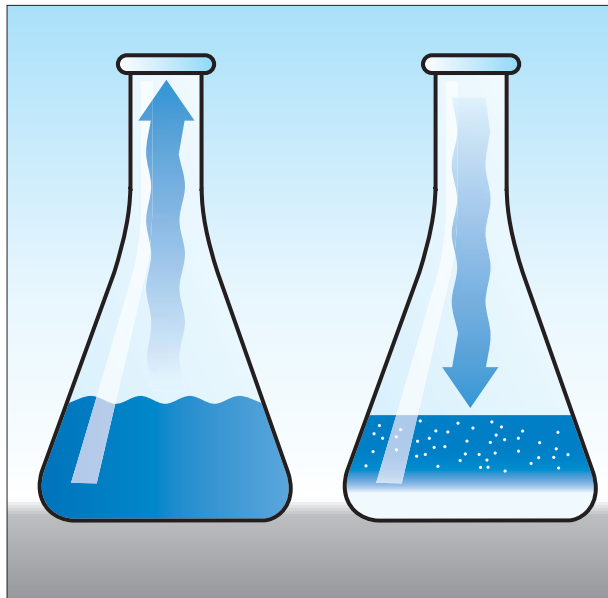
Mit folgendem Experiment können Sie den dynamischen Auftrieb ausprobieren: Wägen Sie einen Erlenmeyerkolben oder ein ähnliches Gefäß und notieren Sie das Gewicht. Halten Sie das Gefäß ca. eine Minute in der Hand und wiederholen Sie die Wägung. Wegen seiner höheren Temperatur und des entstehenden Temperaturgefälles erscheint das Gefäß leichter. (Handschweiß spielt bei diesem Test keine Rolle. Die Probe würde dadurch sogar noch schwerer.)

Abhilfe

- Keine Proben direkt aus dem Trockner bzw. Kühlschrank wägen.
- Wägegut an die Temperatur des Labors oder Wägeraums akklimatisieren.
- Probenbehälter mit Zange halten.
- Nicht mit der Hand in den Wägeraum greifen.
- Probengefäße mit kleiner Öffnung wählen.



Feuchtigkeitsaufnahme/Verdunstung



Bei einer größeren Öffnung der Wägefäße steigt das Risiko von Messfehlern durch Verdunstung oder Kondensation.

Problem

Die Gewichtsanzeige eines Wägegutes driftet permanent in eine Richtung.

Mögliche Ursachen

Sie messen den Gewichtsverlust von flüchtigen Stoffen (z.B. die Verdunstung von Wasser) oder die Gewichtszunahme hygroskopischer Wägegüter (Feuchtigkeitsaufnahme aus der Luft).

Beispiel

Mit Alkohol oder Silika-Gel können Sie diesen Effekt nachstellen.

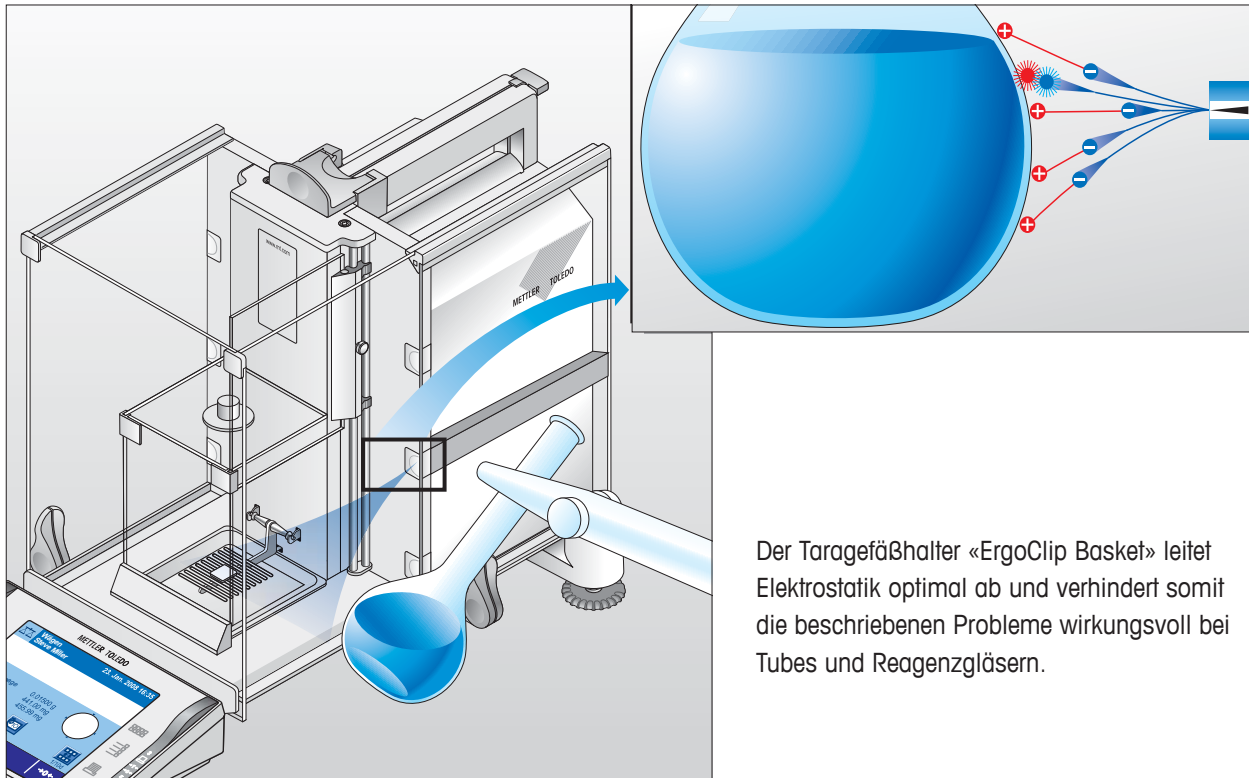
Abhilfe

Verwenden Sie saubere und trockene Wägefäße und halten Sie die Wägeplattform frei von Verschmutzungen oder Tropfen. Die Verwendung von Gefäßen mit kleinen Öffnungen schafft ebenso Abhilfe wie das Aufsetzen von Deckeln. Verzichten Sie auf Kork oder Kartonunterlagen für Rundkolben. Diese können in erheblichem Maß Feuchtigkeit aufnehmen oder abgeben. Metallische Dreieckshalter oder die entsprechenden «ErgoClips» für die Excellence- und Excellence-Plus Waagenfamilie verhalten sich dagegen neutral.

**Unser umfangreiches
Waagenprogramm
gibt's auf den
Seiten 16–197.**



Elektrostatik



Der Taragefäßhalter «ErgoClip Basket» leitet Elektrostatik optimal ab und verhindert somit die beschriebenen Probleme wirkungsvoll bei Tubes und Reagenzgläsern.

Problem

Die Wägung zeigt jedes Mal ein anderes Ergebnis an. Die Gewichtsanzeige driftet; sie lässt sich kaum wiederholen.

Mögliche Ursachen

Ihr Wägegefäß oder die Probe hat sich elektrostatisch aufgeladen. Materialien mit niedriger elektrischer Leitfähigkeit wie etwa Glas, Kunststoffe, Pulver oder Granulate können elektrostatische Ladungen nicht, oder nur sehr langsam (über Stunden) abfließen lassen. Ausgelöst wird die Aufladung in erster Linie durch Berührung oder Reibung während der Behandlung bzw. des Transports von Behälter oder Material. Trockene Luft mit einer Luftfeuchte unter 40 % erhöht das Risiko dieses Effektes.

Die Wägefehler entstehen durch die elektrostatische Kraft zwischen dem Wägegut und der Umgebung. Dies kann vor allem bei Mikro-, Semimikro- und Analysenwaagen zu den geschilderten Wägeabweichungen führen.

Beispiel

Ein sauberes Glas oder Kunststoffgefäß, das mit einem Baumwolltuch leicht gerieben wird, zeigt diesen Effekt sehr deutlich.

Abhilfe

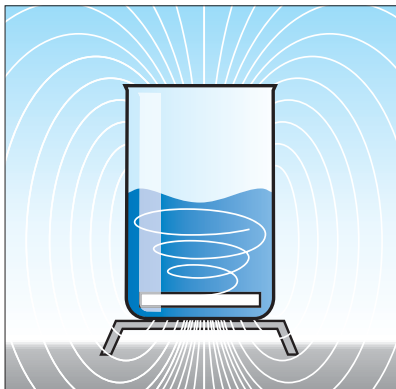
- Luftfeuchte erhöhen.
Das Problem tritt bevorzugt im Winter in beheizten Räumen auf. In klimatisierten Räumen kann die entsprechende Einstellung der Klimaanlage Abhilfe (45-60 % rel. Feuchte) schaffen.
- Elektrostatische Kräfte abschirmen.
Stellen Sie das Wägegefäß in einen metallischen Halter.
- Andere Wägegefäße verwenden.
Kunststoff und Glas laden sich schnell auf und sind daher ungünstig. Metall ist besser geeignet.
- Antistatik-Pistolen verwenden.
Die im Handel erhältlichen Produkte sind allerdings nicht in allen Situationen wirkungsvoll.
- Externe oder interne Antistatik-Kit's von METTLER TOLEDO verwenden.

Waage und damit auch die Waagschale sollten immer geerdet sein.

Alle METTLER TOLEDO Waagen mit dreipoligen Netzsteckern sind automatisch geerdet.

Antistatik-Zubehör ab Seite 152.

Magnetismus



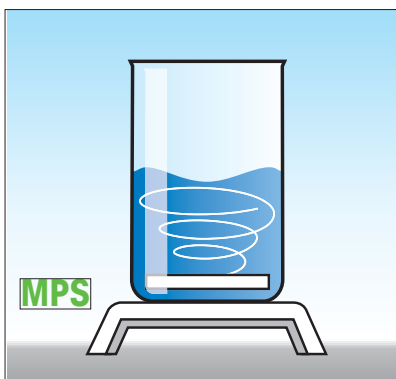
Problem

Ein Wägegut liefert je nach Position auf der Waagschale unterschiedliche Messergebnisse. Das Resultat lässt sich kaum wiederholen. Die Anzeige bleibt aber stabil.

Mögliche Ursachen

Sie wägen ein magnetisches Material. Magnetisierte und magnetisch permeable Gegenstände ziehen einander gegenseitig an. Die entstehende zusätzliche Kraft wird fälschlicherweise als Last interpretiert.

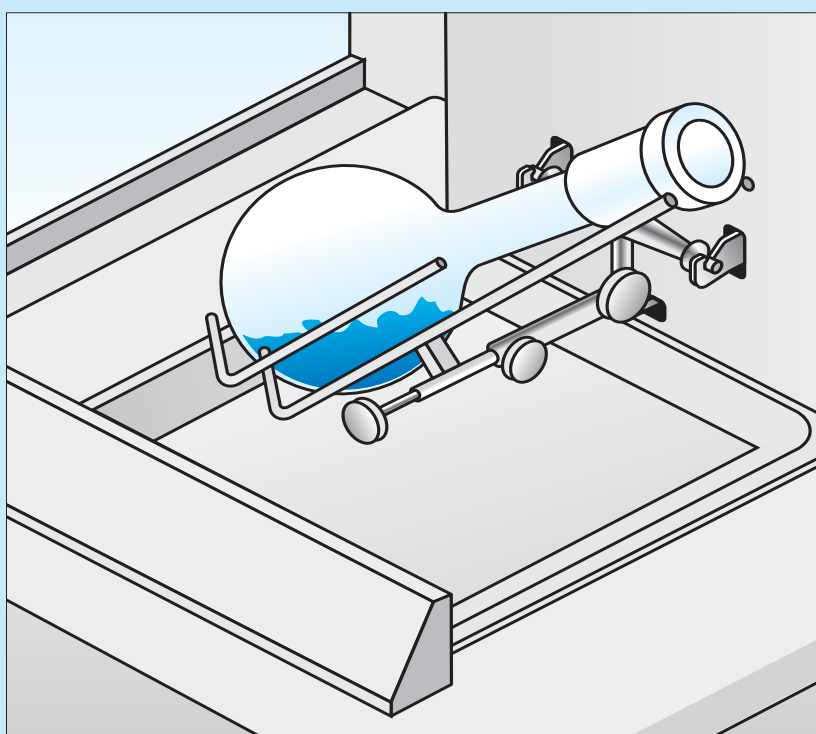
Praktisch alle Gegenstände aus Eisen (Stahl) sind magnetisch stark permeabel (ferromagnetisch).



Abhilfe

Wenn möglich, schirmen Sie magnetische Kräfte ab, indem das Wägegut z.B. in ein Gefäß aus Mu-Metall-Folie gelegt wird. Da die Kraft mit wachsendem Abstand abnimmt, ist es hilfreich, das Wägegut mittels einer unmagnetischen Unterlage weiter von der Waage zu entfernen (z.B. Becherglas, Aluminiumständer).

Zum Wägen von mittleren und großen Magneten mit Präzisionswaagen empfehlen wir zusätzlich eine «MPS-Waagschale» (Magnetic-Protection-System).



Für Analysenwaagen empfehlen wir, einen Dreieckshalter zu verwenden. Er vergrößert den Abstand des Magneten zur Waagschale. Für Waagen der Linie Excellence und Excellence Plus bieten wir dafür spezielle «ErgoClips».

**Taragefäßhalter
«ErgoClip Flask»
für Waagen der Linien
Excellence und
Excellence Plus.**

Statischer Auftrieb

Effekt

Ein Wägegut besitzt an der Luft und im Vakuum nicht das gleiche Gewicht.

Grund

«Der Auftrieb eines Körpers ist gleich dem Gewicht des von ihm verdrängten Mediums» (Gesetz des Archimedes). Mit diesem Gesetz lässt sich erklären, warum ein Schiff schwimmt, ein Ballon fliegt oder die Gewichtsanzeige eines Wägegutes vom Luftdruck abhängig ist.

Das Medium, das unsere Wägegüter umgibt, ist Luft. Die Luftdichte beträgt etwa 1.2 kg/m^3 (abhängig von Temperatur und Luftdruck). Der Auftrieb des Wägegutes (Körpers) beträgt also 1.2 kg pro Kubikmeter seines Volumens.

Beispiel

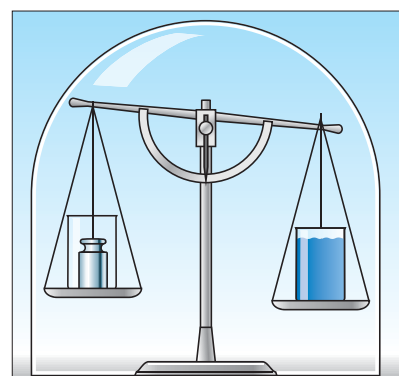
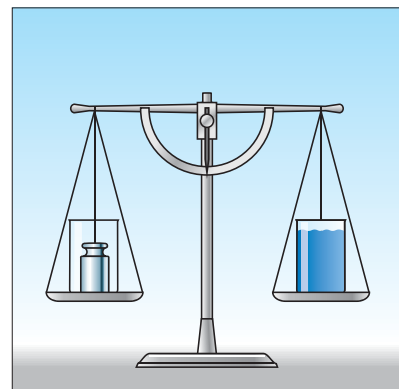
Legen wir eine 100 g Referenzmasse in ein Becherglas auf eine Balkenwaage und füllen anschließend in ein gleiches Becherglas auf der anderen Waagschale so viel Wasser ein, bis der Wägebalken im Gleichgewicht ist, so haben beide Wägegüter, in Luft gewogen, das gleiche Gewicht. Verschieben wir danach die Balkenwaage mit einer Glasglocke und erzeugen darin ein Vakuum, neigt sich der Wägebalken auf die Seite mit dem Wasser, da das Wasser wegen seines größeren Volumens mehr Luft verdrängt und somit einen größeren Auftrieb erfahren hat. Im Vakuum entfällt nun dieser Auftrieb. Es befinden sich also im Vakuum mehr als 100 g Wasser auf der rechten Seite.

	Referenzgewicht	Wasser
Gewicht in Luft	100 g	100 g
Dichte	8000 kg/m^3	1000 kg/m^3
Volumen	12.5 cm^3	100 cm^3
Auftrieb	15 mg	120 mg
Gewicht in Vakuum	100.015 g	100.120 g

Abhilfe

Die Empfindlichkeit der Waage wird mit Referenzgewichten der Dichte 8.0 g/cm^3 justiert. Werden Wägegüter mit davon abweichender Dichte eingewogen, entsteht ein Luftauftriebsfehler. Besteht der Anspruch auf große relative Messgenauigkeit, empfiehlt es sich, das angezeigte Gewicht entsprechend zu korrigieren.

Bei Wägungen an verschiedenen Tagen wie z.B. Rückwägungen oder Vergleichswägungen sollten Sie Luftdruck, Luftfeuchte und Temperatur kontrollieren und die Luftauftriebskorrektur wie folgt berechnen: (nächste Seite)



Vorgehen zur Bestimmung der Masse eines Wägegutes:

$$\rho_a = \frac{0.348444 p - h(0.00252 t - 0.020582)}{273.15 + t}$$

1. Luftdichte berechnen

p	Luftdichte in kg/m ³
P	Luftdruck in hPa (= mbar) (Stationsdruck verwenden)
h	relative Luftfeuchte in %
t	Temperatur in °C

2. Masse des Wägegutes bestimmen (Luftauftrieb korrigieren)

$$m = \frac{1 - \frac{\rho_a}{\rho_c}}{1 - \frac{\rho_a}{\rho}} W$$

m	Masse
a	Luftdichte in kg/m ³
p	Dichte des Wägegutes
c	konventionelle Körperdichte (8000 kg/m ³)
W	Wägewert (Anzeige der Waage)

Beispiel

Anzeige der Waage 200.0000 g

Luftdruck 1018 hPa

Relative Luftfeuchte 70 %

Temperatur 20 °C

Dichte des Wägegutes 2600 kg/m³

$$\rho_a = \frac{0.348444 \cdot 1018 - 70 (0.00252 \cdot 20 - 0.020582)}{273.15 + 20} = 1.2029 \text{ kg/m}^3$$

$$m = \frac{1 - \frac{1.2029 \text{ kg/m}^3}{8000 \text{ kg/m}^3}}{1 - \frac{1.2029 \text{ kg/m}^3}{2600 \text{ kg/m}^3}} 200 \text{ g} = 200.0625 \text{ g}$$



Gravitation

Effekt

Ändert sich die Höhe, erhält man andere Wägewerte. So ändert sich zum Beispiel die Gewichtsanzeige, wenn eine Wägung 10 m höher erfolgt (Wechsel vom 1. Stockwerk in das 4. Stockwerk eines Gebäudes).

Grund

Zur Bestimmung der Masse eines Körpers misst die Waage die Gewichtskraft, d.h. die Anziehungskraft (Gravitationskraft) zwischen der Erde und dem Wägegut. Diese Kraft ist im Wesentlichen von der geografischen Breite des Aufstellungsorts und von der Höhe über dem Meeresspiegel (Abstand vom Erdzentrum) abhängig.

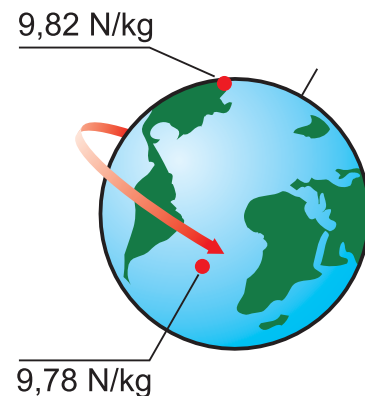
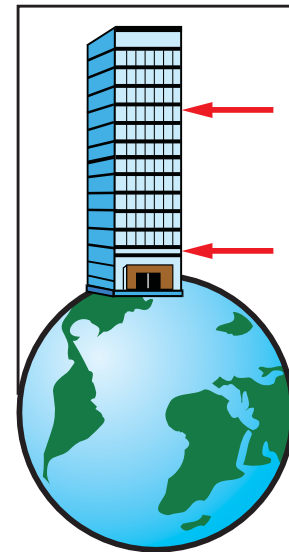
Dabei gilt

1. Je weiter ein Gewicht vom Erdzentrum entfernt ist, desto kleiner wird die darauf wirkende Gravitationskraft. Sie nimmt mit dem Quadrat der Entfernung ab.

$$F_G = G \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

2. Je näher ein Ort am Äquator liegt, desto größer ist die Zentrifugalbeschleunigung, die er durch die Erddrehung erfährt. Die Zentrifugalbeschleunigung wirkt der Anziehungskraft (Gravitationskraft) entgegen.

Die Pole sind am weitesten vom Äquator entfernt und haben den geringsten Abstand zum Erdzentrum. Hier ist die auf eine Masse wirkende Kraft am größten.



Beispiel

Bei einem 200 g Gewicht, das im 1. Stockwerk genau 200.00000 g anzeigt, ergibt sich folgende Gewichtsveränderung im 4. Stockwerk (10 m höher):

$$200 \text{ g} \frac{r_{\text{Erde}}^2}{(r_{\text{Erde}} + \Delta)^2} = 200 \text{ g} \frac{(6\,370\,000 \text{ m})^2}{(6\,370\,010 \text{ m})^2} = 199.99937 \text{ g}$$

Abhilfe

Nivellieren und justieren Sie die Waage nach jedem Standortwechsel vor dem ersten Gebrauch.

Waagen mit eingebautem «FACT» (vollautomatische motorische Selbstjustierung) führen diese Justage selbstständig durch.

METTLER TOLEDO Waagen der Reihe Excellence und Excellence Plus haben «FACT» serienmäßig integriert.

Fachbegriffe

Ablesbarkeit

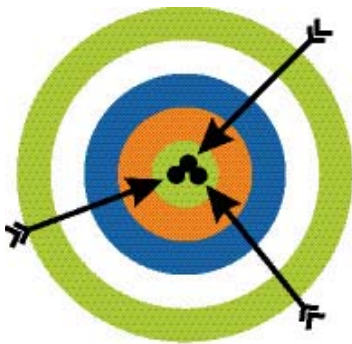
Als Ablesbarkeit einer Waage wird die kleinste an der Anzeige ablesbare Differenz zweier Messwerte bezeichnet. Bei einer Digitalanzeige ist dies der kleinste Ziffernschritt, auch Teilungswert genannt.

Standard-Ablesbarkeiten (oder Teilungswerte) von verschiedenen Waagentypen

Ultramikrowaagen	1d ¹⁾	= 0.1 µg	= 0.0000001 g	7-stellig
Mikrowaagen	1d	= 1 µg	= 0.000001 g	6-stellig
Semimikrowaagen	1d	= 0.01 mg	= 0.00001 g	5-stellig
Analysenwaagen	1d	= 0.1 mg	= 0.0001 g	4-stellig
Präzisionswaagen	1d	= 1 g bis 1 mg	= 1 g bis 0.001 g	0- bis 3-stellig

¹⁾ 1d = 1 Digit = ein Ziffernschritt

«DeltaRange» oder «DualRange» Waagen zeichnen sich durch zwei unterschiedliche Ablesbarkeiten aus. Damit stellen sie gegenüber einer Einbereichswaage eine preislich interessante Alternative dar.



Genauigkeit

Qualitative Bezeichnung für das Ausmaß der Annäherung von Ermittlungsergebnissen an den Bezugswert, wobei letzterer je nach Festlegung oder Vereinbarung der wahre, der richtige oder der Erwartungswert sein kann [DIN¹⁾ 55350-13].

Oder kurz: **Wie nahe kommt die Anzeige einer Waage an das tatsächliche Gewicht eines Wägegutes heran.**

Genauigkeitsklassen von Prüfgewichten

Zusammenfassung verschiedener Gewichtsstücke in Klassen gleicher Genauigkeit. Durch die Empfehlung der Gewichtsklasse nach OIML²⁾ R111 wird sichergestellt, dass die Fehlergrenzen entsprechend der Gewichtsklassifizierung eingehalten werden und die Material- und Oberflächenqualität dieser internationalen Empfehlung entsprechen.

Qualitätsmanagement-Normen verlangen im Rahmen der Prüfmittelüberwachung, dass Waagen in bestimmten Intervallen mit rückführbaren Gewichten kalibriert bzw. justiert werden. Hierfür müssen zertifizierte Gewichte mit einer entsprechenden Genauigkeitsklasse verwendet werden.

www.oiml.com

¹⁾ DIN Deutsches Institut für Normung

²⁾ OIML Organisation Internationale de Métrologie Légale

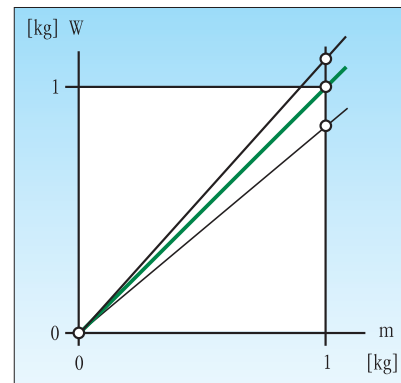
Empfindlichkeit

Änderung der Ausgangsgröße eines Messgeräts, dividiert durch die zugehörige Änderung der Eingangsgröße ([VIM] 5.10)¹⁾.

Bei einer Waage die Änderung des Wägewerts ΔW , geteilt durch die sie verursachende Belastungsänderung Δm

$$S = \frac{\Delta W}{\Delta m}$$

Die Empfindlichkeit gehört zu den bedeutsamen Spezifikationen einer Waage. Die spezifizierte Empfindlichkeit einer Waage versteht sich im Allgemeinen als globale Empfindlichkeit (Steilheit), gemessen über den Nennbereich.



Empfindlichkeit zwischen Wägewert W und Last m , am Beispiel einer Waage mit einem Nennbereich von 1 kg. Die mittlere Linie zeigt die Kennlinie einer Waage mit korrekter Empfindlichkeit (Steilheit). Die obere Kennlinie ist zu steil (zu große Empfindlichkeit, überhöht dargestellt), die untere zu wenig steil (zu kleine Empfindlichkeit).

Temperaturkoeffizient der Empfindlichkeit

Die Empfindlichkeit ist temperaturabhängig. Der Grad an Abhängigkeit wird über die reversible Abweichung des Messwerts unter dem Einfluss einer Temperaturänderung in der Umgebung ermittelt. Angegeben wird sie durch den Temperaturkoeffizienten der Empfindlichkeit (TC) und entspricht der prozentualen Abweichung der Gewichtsanzeige (bzw. der Einwaage) pro Grad Celsius. Der Temperaturkoeffizient der Empfindlichkeit beträgt bei einer XP-Waage beispielsweise 0.0001 %/°C. Dies bedeutet, dass sich bei einer Temperaturänderung von 1 Grad Celsius die Empfindlichkeit um 0.0001 % oder ein Millionstel ändert.

Der Temperaturkoeffizient lässt sich wie folgt berechnen:

$$TC = \frac{\Delta S}{\Delta T} = \frac{\frac{\Delta R}{m}}{\Delta T} = \frac{\Delta R}{m \Delta T}$$

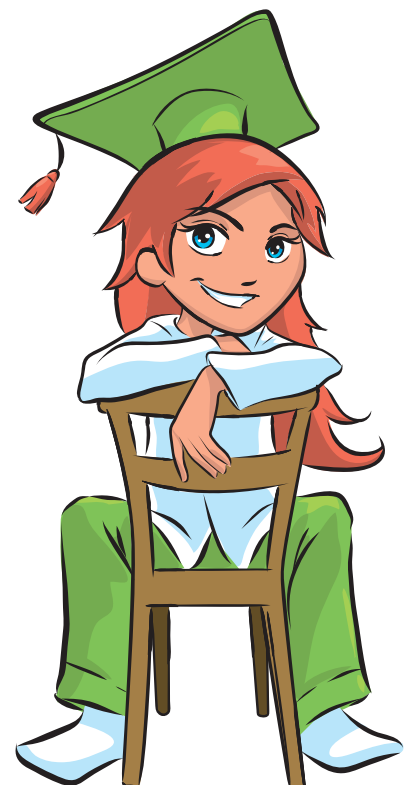
Darin ist ΔS die Änderung der Empfindlichkeit und ΔT die Temperaturänderung. Die Empfindlichkeitsänderung ΔS ist gleich der Resultatsänderung ΔR , geteilt durch die Wägelast m , bzw. nach dem Variieren durch die Einwaage. Mit diesen Angaben lässt sich die Abweichung des Messresultats bei einer bestimmten Temperaturänderung durch Umformung berechnen.

Für den Anzeigewert erhalten wird dann:

$$\Delta R = (TC \Delta T) m$$

¹⁾ VIM International Vocabulary of basic and general terms in Metrology

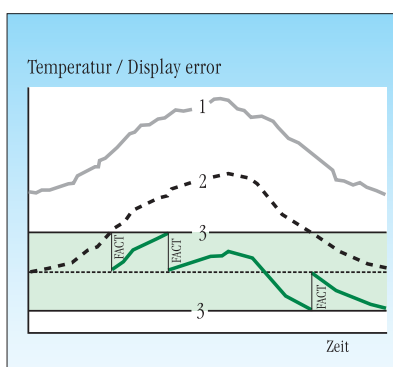
**Unser umfangreiches
Waagenprogramm gibt's
auf den Seiten 16–197.**



Wenn Sie auf der XP/XS Analysenwaage eine Last (Einwaage) von 100 g wägen, und sich die Umgebungstemperatur im Labor seit der letzten Justierung um 5 °C verändert hat, kann der Fehler im Wägeergebnis ΔR (mit dem Temperaturkoeffizienten der XP von 0.0001 %/°C) im ungünstigsten Fall folgendes Ausmaß annehmen:

$$\Delta R = (TC \Delta T) m = (0.0001 \text{ \%/}^\circ\text{C} \cdot 5 \text{ }^\circ\text{C}) 100 \text{ g} = 0.5$$

Würde die Last dagegen nur 100 mg betragen, also 1000-mal geringer sein, dann fiel auch die maximale Abweichung entsprechend kleiner aus. Sie würde dann lediglich 0.5 µg ausmachen.



FACT

Abkürzung von «Fully Automatic Calibration Technology» («FACT»). Automatische Justage der Empfindlichkeit und je nach Waagentyp auch der Linearität einer Waage. Die Justage wird bei Überschreiten einer vorgegebenen Temperaturänderung ausgelöst. Interne Gewichte werden in der Produktion durch eine «Urkalibrierung» rückführbar an internationale Massestandards angeschlossen. Bei diesem Vorgang wird die Masse des internen Gewichts durch Auflegen eines zertifizierten Gewichts ermittelt und in der Waage als Wert gespeichert.

proFACT

Abkürzung für «Professional Fully Automatic Calibration Technology» («proFACT»). Professionelle Automatische Justierung der Empfindlichkeit.

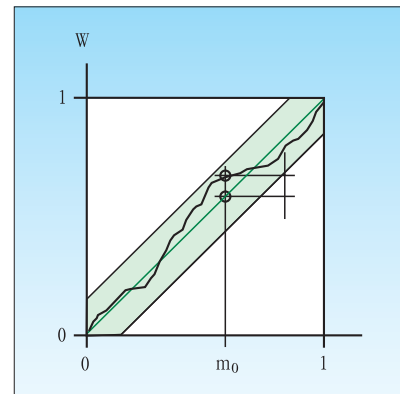
Die Excellence und Excellence Plus Semimikro- und Analysenwaagenfamilie verfügt über zwei interne Gewichte. Das heißt, beim Justieren wird nicht nur die Empfindlichkeit, sondern auch die Nichtlinearität getestet.

Linearität (Nichtlinearität)

Eigenschaft einer Waage, dem linearen Zusammenhang zwischen der aufgelegten Last m und dem angezeigten Wägewert W (Empfindlichkeit) zu folgen. Dabei stellt man sich zwischen Null- und Maximallast eine Gerade als Wägekennlinie vor (siehe: Empfindlichkeit).

Andererseits definiert die Nichtlinearität die Breite des Bandes, innerhalb der eine Plus- oder Minusabweichung des Messwerts von der idealen Kennlinie vorkommen kann.

Die Abweichung vom linearen Verlauf der Kennlinie beträgt beispielsweise bei der METTLER TOLEDO Excellence Plus Analysenwaage XP205DR maximal ± 0.15 mg über den gesamten Wägebereich von 200 g.



Wiederholbarkeit

Fähigkeit einer Waage, bei wiederholten Wägungen desselben Objektes auf die gleiche Weise und bei unveränderten Bedingungen, übereinstimmende Messwerte anzuzeigen ([OIML¹⁾ R 76 1] T.4.3).

Die Messreihe muss von demselben Bediener nach demselben Wägev erfahren, an derselben Position auf dem Lastträger, am gleichen Aufstellort, bei konstanten Umgebungsbedingungen und ohne Unterbrechung durchgeführt werden.

Die Standardabweichung der Messreihe ist ein geeignetes Maß, um den Wert der Wiederholbarkeit anzugeben. Insbesondere bei hochauflösenden Waagen ist das Maß der Wiederholbarkeit nicht nur eine von der Waage gegebene Eigenschaft. Die Wiederholbarkeit ist auch von den Umgebungsbedingungen (Luftzug, Temperaturschwankungen, Vibrationen) des Wägeguts und zum Teil von der Erfahrung der wägenden Person abhängig.

Das folgende Beispiel zeigt eine typische Messreihe, ausgeführt auf einer Analysenwaage mit einer Ablesbarkeit von 0.01 mg.

x_1	=	27.51467 g	x_6	=	27.51467 g
x_2	=	27.51466 g	x_7	=	27.51467 g
x_3	=	27.51468 g	x_8	=	27.51466 g
x_4	=	27.51466 g	x_9	=	27.51468 g
x_5	=	27.51465 g	x_{10}	=	27.51467 g

¹⁾ OIML Organisation Internationale de Métrologie Légale

Wir wollen nun den Mittelwert und die Wiederholbarkeit dieser Messreihe bestimmen

Mittelwert
$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

x_i = i-tes Resultat der Messreihe
N: Anzahl der Messungen (Wägungen), üblicherweise 10
Der Mittelwert beträgt $\bar{x} = 27.514667$ g.

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Als Maß für die Wiederholbarkeit t wird die Standardabweichung s verwendet.
Die Wiederholbarkeit der Messreihe beträgt demnach $s = 0.0095$ mg.

Die Unsicherheit des Messresultats macht etwa das Zwei- bis Dreifache der Wiederholbarkeit aus: $u \approx 2s \dots 3s$, d.h., das wahre Resultat x liegt innerhalb des Intervalls $x - u < x < x + u$

In unserer Messreihe wird $u \approx 2s \approx 2 \times 0.01$ mg = 0.02 mg, sodass wir das Wägeresultat mit $\bar{x} \pm u = 27.51467$ g ± 0.02 mg angeben können. Mit der in vorstehender Messreihe verwendeten Waage beträgt daher der kleinste für diese Last überhaupt zu erwartende Messwert 27.51465 g und der Größte 27.51469 g, was gut mit der Messreihe übereinstimmt.



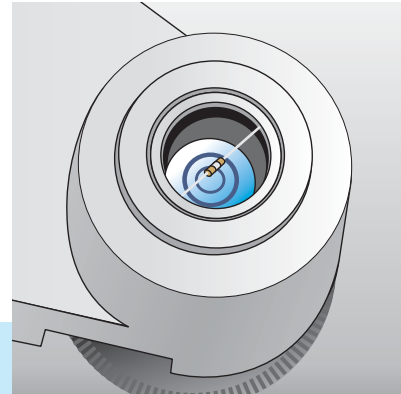
Rückführbarkeit

Die Eigenschaft eines Messergebnisses, durch eine ununterbrochene Kette von Vergleichsmessungen mit angegebenen Messunsicherheiten auf ein internationales oder nationales Normal bezogen zu sein ([VIM]¹⁾ 6.10). Die bei Massebestimmungen verwendeten Normalgewichtstücke werden jeweils auf die übergeordneten Normale zurückgeführt.

¹⁾ VIM International Vocabulary of basic and general terms in Metrology

Nivellieren

Einrichten einer Waage in ihre Bezugslage (i.d.R. waagrecht stellen), d.h., ihre Wirkungsachse parallel zur Senkrechten ausrichten. I.d.R. ist dies gleichbedeutend damit, das Gehäuse der Waage waagrecht zu stellen. Das Resultat wird um den Kosinus des Neigungswinkels verfälscht. Abhilfe: Alle Waagen besitzen die Möglichkeit, mit Stellfüßen nivelliert zu werden.



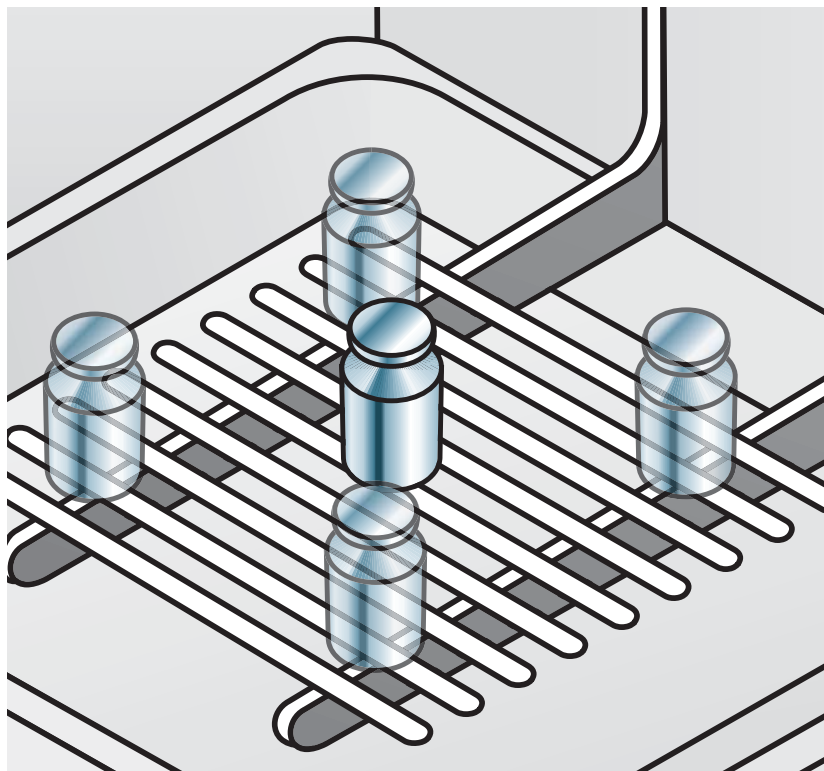
Die Excellence Plus Waage besitzt «LevelControl», eine vollautomatische Nivellierungsüberwachungsautomatik. Die Automatik meldet und dokumentiert sofort, wenn sich die Waage außerhalb der Nivellierung befindet. Dies erhöht die Messsicherheit und schließt Fehler durch die risikobehaftete, visuelle Kontrolle z. B. in einer Wägekabine aus.

Eckenlast

1. Abweichung des Messwerts durch außermittige (exzentrische) Belastung. Die Eckenlast nimmt mit dem Gewicht der Last und ihrer Entfernung vom Zentrum des Lastträgers zu.

Bleibt die Anzeige auch beim Aufsetzen derselben Last an unterschiedlichen Stellen der Waagschale konstant, dann besitzt die Waage keine Eckenlastabweichung. Achten Sie daher gerade bei hochauflösenden Waagen auf eine genaue, mittige Platzierung des Wägegutes.

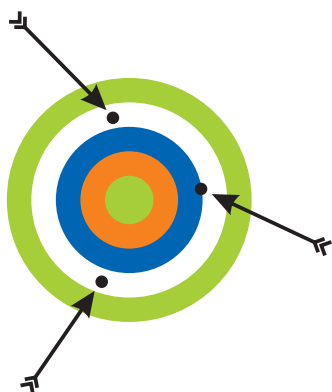
Die offizielle Bezeichnung der Eckenlast lautet: **«Abweichung bei außermittiger Belastung»**.



Reproduzierbarkeit

Ausmass der Annäherung zwischen den Messwerten derselben Messgröße, wobei die einzelnen Messungen bei unterschiedlichen Bedingungen (welche anzugeben sind) durchgeführt werden, so etwa bezüglich

- des Messverfahrens
- des Beobachters
- der Messeinrichtung
- des Messortes
- der Anwendungsbedingungen
- des Zeitpunkts

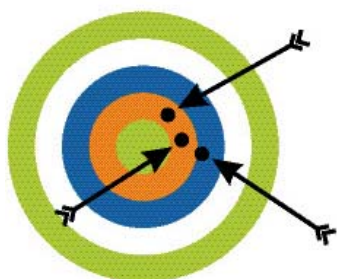


Richtigkeit

Qualitativer Begriff als Urteil über die systematische Abweichung von Messungen. Ausmaß der Übereinstimmung zwischen dem Erwartungswert (Mittelwert) einer Serie von Messwerten und dem wahren Wert des Messobjekts ([ISO]¹⁾ 5725] 3.7).

Bemerkung

Die Richtigkeit kann nur beurteilt werden, wenn mehrere Messwerte, sowie ein anerkannt richtiger Bezugswert vorliegen.



Präzision

Qualitativer Begriff als Urteil über die Streuung von Messungen. Ausmaß der Übereinstimmung von unabhängigen Messwerten unter festgelegten Bedingungen ([ISO]¹⁾ 5725] 3.12).

Die Präzision hängt nur von der Verteilung der zufälligen Abweichungen ab, nicht vom wahren Wert der Messgröße (Richtigkeit).

Beispiel

Fähigkeit eines Messgeräts, Messwerte zu liefern, die wenig streuen.

Bemerkung

Die Präzision kann nur beurteilt werden, wenn mehrere Messwerte vorliegen.

Messunsicherheit

Ein dem Messergebnis zugeordneter Parameter, der die Streuung der Werte kennzeichnet, die vernünftigerweise der Messgröße zugeordnet werden kann ([VIM]¹⁾ 3.9).

Dieser Parameter, d.h., die Messunsicherheit, wird i.d.R. ausgedrückt durch die Standardunsicherheit u oder die erweiterte Messunsicherheit U (Vertrauensbereich). Eine Anleitung zur Bestimmung der Messunsicherheit ist in GUM²⁾ enthalten. Die Messunsicherheit nach GUM erhält man durch das Summieren der quadratischen Fehlergrößen, wenn sich dieselben nicht gegenseitig beeinflussen.

Hinweis

Die Messunsicherheit kann man auf verschiedene Arten berechnen. Im Pharmabereich wird die Referenzgehaltsbestimmung oft nach U.S. Pharmakopöe ermittelt, ansonsten ist oft auch die Messunsicherheit nach ISO³⁾ 17025 vorzufinden. Letztere entspricht derjenigen des GUM.

METTLER TOLEDO Service
bietet in den meisten Ländern
auf Kundenwunsch die
genannten Messunsicher-
heitsbestimmungen vor Ort.

¹⁾ VIM International Vocabulary of basic and general terms in Metrology

²⁾ GUM Guide of Uncertainty of Measurement

³⁾ ISO International Standards Organization

Minimaleinwaage

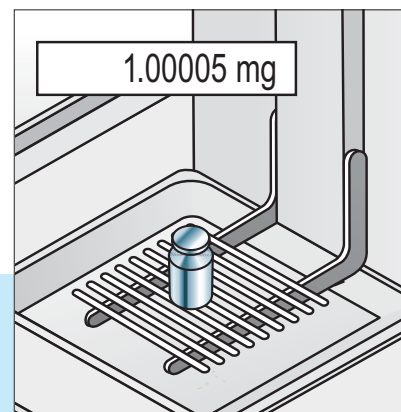
Die Minimaleinwaage gibt den Hinweis, dass das Messresultat bei Unterschreitung dieser Größe eine zu große relative Abweichung zur Folge hat.

METTLER TOLEDO Waagen der Linie Excellence Plus verfügen über die beste Wägetechnologie. Damit werden kleinste Minimaleinwaagen erreicht.

Kalibrierung

Feststellen der Abweichung zwischen Messwert und dem wahren Wert der Messgröße bei vorgegebenen Messbedingungen.

Die METTLER TOLEDO Excellence und Excellence Plus Waagen dokumentieren die jeweiligen Abweichungen auf dem Display oder senden sie extern an eine Software oder einen Drucker.

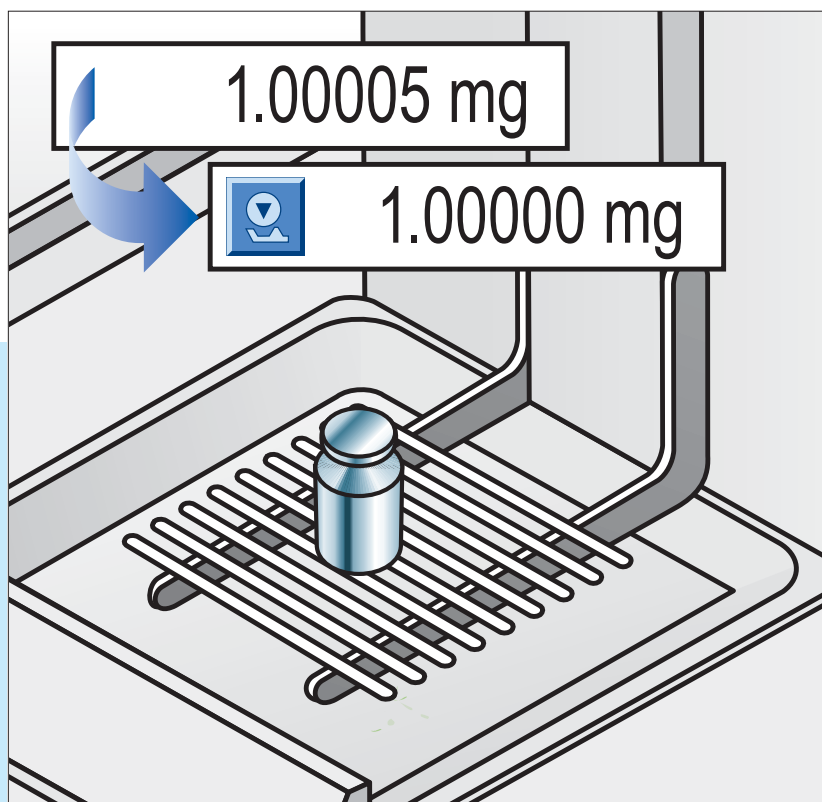


Justierung

Feststellen der Abweichung zwischen dem Messwert und dem wahren Wert der Messgröße bei vorgegebenen Messbedingungen. Anschließend ist eine Korrektur vorzunehmen.

Die METTLER TOLEDO Excellence und Excellence Plus Waagen dokumentieren die jeweiligen Abweichungen auf dem Display oder senden sie extern an eine Software oder einen Drucker. Als Software empfehlen wir «LabX balance» mit integrierter Prüfmittelüberwachung nach METTLER TOLEDO Gute WägePraxis™.

www.mt.com/GWP



GWP® Gute WägePraxis™



Das GWP®-Planetensystem

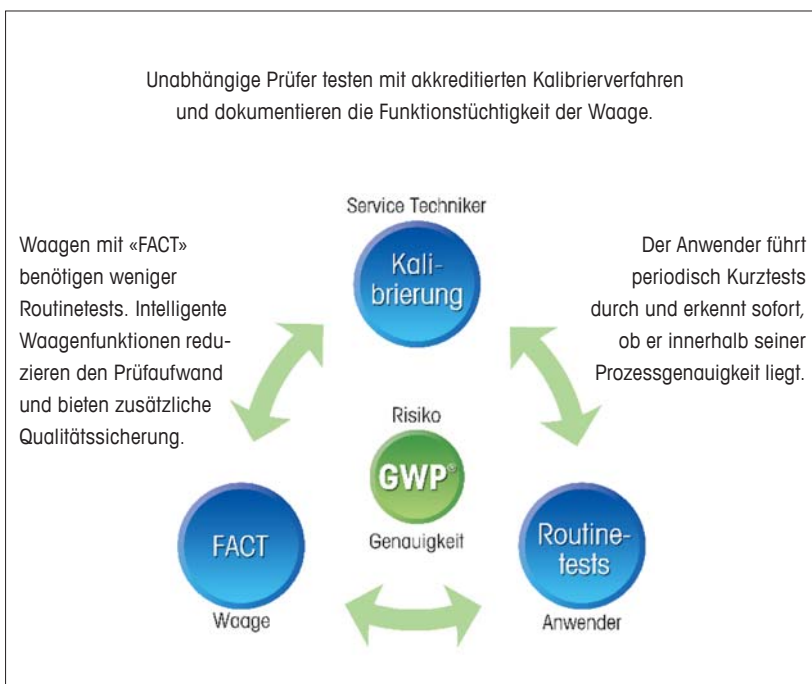
METTLER TOLEDO bietet Ihnen mit Gute WägePraxis™ (GWP®) die perfekte Lösung. Entscheiden Sie sich für GWP®, steht Ihnen ein Expertenteam bei allen wichtigen Stationen zur Seite – bei Evaluation und Auswahl der bestmöglichen Wägelösung, Inbetriebnahme und Kalibrierung sowie beim täglichen Routinebetrieb.

Mit GWP® bietet METTLER TOLEDO erstmals eine global gültige Guideline für Wäge-Systeme. Nach dieser Guideline startet GWP® ein optimal auf Ihre jeweilige Aufgabe zugeschnittenes Maßnahmenpaket. Und optimal heisst bei uns: die kostengünstigste und gleichzeitig sicherste Wäge-Lösung. Eine Abweichung zu spät oder gar nicht erkennen? Das wollen Sie sich wahrscheinlich nicht leisten. Gute WägePraxis™ steht für «Wägen ohne Wagnis», denn es geht um die Qualität und Sicherheit Ihrer Produkte.

Das GWP®-Dreieck

- Routinebetrieb
- Wie soll meine Waage geprüft werden?
- Wie häufig sollen welche Tests gemacht werden?
- Wie können Aufwände reduziert werden?

Um über Jahre eine gleich bleibende Wägegenauigkeit sicherzustellen, empfiehlt es sich, die Laborwaage regelmäßig durch einen autorisierten Servicetechniker zu warten. Gleichzeitig verlängern Sie mit dieser Maßnahme die Lebensdauer Ihrer Waage.



Zwischen den Wartungsintervallen ist eine sinnvolle Eigenkontrolle der Waage mit zertifizierten externen Gewichten durchzuführen, um eine eventuelle Messabweichung sofort festzustellen.

Für diese Routine Tests sind geeignete Prüfgewichte zu verwenden. Mit den «CarePac» Gewichtssätzen bietet METTLER TOLEDO dem Anwender ein sorgenfreies Prüfen. Diese gemäß GWP®-Guideline zugeschnittenen Gewichtssätze beinhalten für jeden Waagentyp die richtigen Gewichte, Prüftoleranzen, Wägezangen, Handschuhe und Prüfanweisungen.

Weitergehende Informationen zum Thema «Gute WägePraxis™» können Sie über www.mt.com/GWP abrufen.



Was bedeutet eigentlich Ex?

Ex ist eine Abkürzung für die ATEX-Produktrichtlinie 94/9/EG – oft inoffiziell auch als «ATEX 95» bezeichnet, wegen des relevanten Art. 95 des EG-Vertrages über den freien Warenverkehr.

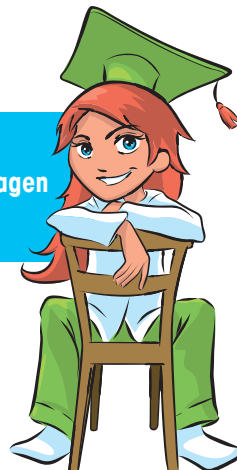


Die ATEX 95 für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen (Ex Zone 2) legt die Regeln für das Inverkehrbringen von Produkten fest, die in explosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt werden.

Explosionsgefährdet sind chemische Stoffe, die im Rahmen der gesetzlich vorgeschriebenen Gefahrstoffkennzeichnung als «Explosionsgefährlich» eingestuft sind.

Ziel dieser Richtlinie ist es die Sicherheit der Benutzer immer in den Vordergrund zu stellen. Daher muss die Ausrüstung in einer Umgebung mit Explosionsgefahr voll und ganz den geltenden Richtlinien entsprechen.

Alles zu unseren
Ex-geschützten Waagen
gib's ab Seite 76



Hart im Nehmen

Das schmutzresistente Gehäuse ermöglicht das einfache Reinigen der Oberflächen. Die robuste Konstruktion bietet einen kompletten Überlastschutz.



Touchscreen-Display

Sichere und einfache Bedienung bequem über Touchscreen mit grafischer Bedieneroberfläche.

Stativ für Terminal

Sparen Sie Platz und vermeiden Sie Verschmutzungen am Terminal durch Einsatz eines optionalen Stativs.

Excellence XS-Ex2-Waagen ermöglichen effizientes Wägen in Umgebungen der ATEX-Zone 2.

ErgoSens

Der frei platzierbare und individuell konfigurierbare ErgoSens ermöglicht eine handfreie Bedienung der Waage.



Feuchtebestimmung:

Wann Trockner, wann Karl Fischer?

Feuchte

Für den Begriff der Feuchte existiert keine allgemeingültige Definition. Oft beeinflusst das zur Feuchtebestimmung verwendete physikalische Messprinzip die Definition. Der folgende Abschnitt beschreibt die Feuchte, wie sie im Zusammenhang mit thermischen (trockenen) Bestimmungsmethoden zustande kommt.

Die Feuchte eines Materials umfasst all jene Stoffe, die sich beim Erwärmen verflüchtigen und zu einem Gewichtsverlust der Probe führen. Der Gewichtsverlust wird mit einer Waage erfasst und als Feuchtegehalt interpretiert.

Demnach fallen neben Wasser weitere Massenverluste wie zum Beispiel verdunstende organische Lösungsmittel, Alkohole, Fette, Öle, aromatische Komponenten und Zersetzungs- und Verbrennungsprodukte unter diesen Feuchtebegriff.

Auswahl der geeigneten Messmethode

Die Wahl einer zweckmäßigen Messmethode ist im Wesentlichen von folgenden Größen abhängig

- Anforderungen an Genauigkeit, Messbereich, Wiederholbarkeit, Empfindlichkeit
- Art der Bindung des Wassers
- Gewünschte Information: Wasser- oder Feuchtegehalt
- Messgeschwindigkeit
- Probenmenge
- Physikalische Eigenschaften der Probe (z.B. Zersetzungstemperatur)
- Budget
- Einfachheit (Bedienung oder Funktionalität)
- Gesetzliche Vorschriften (Referenzverfahren)
- Automatisierbarkeit
- Kalibrierbarkeit

**Trockner zur Feuchtebestimmung
finden Sie ab Seite 104 –
Karl-Fischer-Titratoren zur
Bestimmung des Wassergehalts
ab Seite 382.**



Wasser- oder Feuchtegehalt messen – warum?

Feuchte ist in den meisten Naturprodukten vorhanden. Der Wassergehalt an sich ist selten von Interesse. Vielmehr zeigt er an, ob ein Produkt bestimmte für Handel und Produktion maßgebende Eigenschaften besitzen, wie zum Beispiel:

- Lagerfähigkeit
- Klumpenbildung bei Pulvern
- Mikrobiologische Stabilität
- Fliesseigenschaften, Viskosität
- Trockensubstanzgehalt
- Konzentration oder Reinheit
- Handelsqualität (Einhaltung von Qualitätsvereinbarungen)
- Ernährungstechnischer Wert des Produkts
- Gesetzliche Konformität (Lebensmittelverordnung)

Handel und Industrie interessieren sich für den Trockensubstanzanteil von Handelswaren. Das im Produkt vorhandene Wasser wird bei der Preisfestlegung miteinbezogen. Gesetzliche Bestimmungen sowie Produktedeklarationen definieren den Unterschied zwischen natürlicher und dem Produkt zugefügter Feuchte.



Methoden der Feuchtegehaltsbestimmung

Der Feuchtegehalt beeinflusst die physikalischen Eigenschaften einer Substanz wie Gewicht, Dichte, Viskosität, Brechungsindex, elektrische Leitfähigkeit und vieles mehr.

Im Laufe der Zeit sind verschiedenartige Methoden entwickelt worden, um diese physikalischen Größen zu messen und als Feuchtegehalt zum Ausdruck zu bringen.

Die Messmethoden können logisch wie folgt in die wichtigsten Verfahren eingeteilt werden:

Thermogravimetrische Messmethoden

Infrarot- und Halogentrocknung, u.a.

Chemische Messmethoden

Karl-Fischer-Titration, u.a.

Thermogravimetrische Messmethoden

z.B. Infrarottrocknung

Prinzip

Anstelle von heißer Umluft wird bei dieser Methode das Probengut mittels direkter Infrarotstrahlung getrocknet. Die Infrarotstrahlen werden von der Probe absorbiert. Die absorbierte Energie bewirkt die gewünschte Erhitzung der Substanz.

Vorteil

Wesentlichste Vorteile dieser Methode sind das einfache Funktionsprinzip sowie die kurze Trocknungsdauer. Messresultate sind nach einigen Minuten verfügbar.

Nachteil

Zersetzung der Probe ist, wie übrigens bei allen thermischen Methoden, unter Umständen möglich. Nebst Wasser können auch andere Substanzen verdampfen.

z.B. Halogentrocknung

Prinzip

Bei dieser Methode handelt es sich um eine Weiterentwicklung der Infrarottrocknung. Die Strahlertechnologie basiert auf dem Halogenstrahlerprinzip.

Vorteil

Durch die kompakte Bauweise der Halogenstrahler erreichen diese sehr rasch die gewünschte Betriebstemperatur und können präzise geregelt werden. Das Resultat ist in der Regel eine kürzere Messdauer gegenüber den herkömmlichen Methoden sowie eine bessere Wärmeverteilung über die Probe. Die gleichmäßige Wärmeeinstrahlung auf die Probe in Kombination mit der feinen Temperaturregelung führen zu ausserordentlich gut reproduzierbaren Messresultaten.

Die Halogen Moisture Analyzer von METTLER TOLEDO sind mit einem Strahler dieser Technologie ausgerüstet. Genaue Messresultate sind mit diesem, je nach Probe und Feuchtegehalt, innerhalb von 3 - 10 Min. verfügbar.

Nachteil

Nebst Wasser können auch andere Substanzen verdampfen.

Trockner finden Sie ab Seite 104.

Chemische Messmethoden

z.B. Karl-Fischer-Titrationsen

Prinzip

Das Karl-Fischer-Verfahren wird für viele Substanzen als Referenzmethode verwendet. Es handelt sich um ein chemisch-analytisches Verfahren, welches auf der Oxidation von Schwefeldioxid in methanolisch-basischer Lösung durch Iod beruht. Im Prinzip läuft folgende chemische Reaktion ab:



Die Titration kann volumetrisch oder coulometrisch erfolgen.

Beim **volumetrischen** Verfahren wird solange eine iodhaltige Karl-Fischer-Lösung zugesetzt, bis eine erste Spur an überschüssigem Iod vorhanden ist. Die umgesetzte Iodmenge wird aus dem Volumen der iodhaltigen Karl-Fischer-Lösung mittels Bürette ermittelt.

Beim **coulometrischen** Verfahren wird das an der Reaktion beteiligte Iod durch elektrochemische Oxidation von Iodid direkt in der Titrierzelle erzeugt, bis ebenfalls eine Spur an nicht abreagierendem Iod vorliegt. Aus der dazu benötigten Strommenge kann über das Faradaysche Gesetz die erzeugte Iodmenge errechnet werden.

Anwendung

Die Karl-Fischer-Titration ist eine wasserspezifische Feuchtebestimmungsmethode, welche für Proben mit hohem Feuchtegehalt (Volumetrie), aber auch für Proben mit Wasseranteilen im ppm-Bereich (Coulometrie) geeignet ist. Ursprünglich wurde sie für nichtwässrige Flüssigkeiten konzipiert, eignet sich aber auch für Feststoffe, sofern diese lösbar sind oder wenn ihnen das Wasser durch Ausheizen im Gasstrom oder durch Extraktion entzogen werden kann.

Vorteile

Genaueres Referenzverfahren. Coulometrie auch für die Spurenanalytik und Wasserdetektion geeignet.

Einschränkung

Arbeitstechnik muss der jeweiligen Probe angepasst werden.

METTLER TOLEDO ist ein führender Hersteller von Karl-Fischer-Titrationsgeräten und bietet ein umfangreiches Sortiment an Instrumenten, Software und Zubehör an – in diesem Katalog zu finden ab Seite 382.





Halogenheizung für optimale Ergebnisse

Als erstes Unternehmen hat METTLER TOLEDO die innovative Halogenheiztechnologie auf den Markt gebracht. Die geringe Masse der Halogenlampe heizt ohne Zeitverlust auf. Der runde Halogenstrahler sorgt dabei für eine einheitliche Erwärmung der Proben. Auf diese Weise erhalten Sie innerhalb weniger Minuten reproduzierbare Ergebnisse schon ab der ersten Messung.

Stärken und Schwächen der Trocknungs-Methoden

Verfahren	Stärken	Schwächen
Infrarottrocknung	Typische Messdauer 5 ...15 Min. Einwaage großer Probenmengen möglich Einfache Handhabung, Einfachheit der Methode, Kompakte Probenlösung	Zersetzung der Probe ist möglich Substanzen, die nebst dem Wasser verdampfen
Halogentrocknung	Schnell, typische Messdauer 2...10 Min. Einwaage grosser Probenmengen möglich Einfache Handhabung, Einfachheit der Methode Vielseitig einsetzbar, Kompakte Problemlösung	Zersetzung der Probe ist möglich Substanzen, die nebst dem Wasser verdampfen
Karl-Fischer-Titrationsen		
Coulometrisch	Genaueres Referenzverfahren Für Spurenanalytik geeignet, Wasserdetektionen	Arbeitstechnik ist der jeweiligen Probe anzupassen
Volumetrisch	Genaueres Referenzverfahren, Wasserdetektionen	Arbeitstechnik ist der jeweiligen Probe anzupassen

**Trockner zur Feuchtebestimmung
finden Sie ab Seite 104 –
Karl-Fischer-Titratoren zur
Bestimmung des Wasser-
gehalts ab Seite 382.**



Komparator – höchste Rückführbarkeit

Massenkomparatoren werden hauptsächlich durch metrologische Nationalinstitute, Eichbehörden sowie staatliche und industrielle Kalibrierlabors für die Gewichtsbestimmung eingesetzt. Diese Anwendungen verlangen eine extrem hohe Auflösung.

Das Komparator-Verfahren

Die Bestimmung von Masse ist immer ein Vergleich zwischen einem Normal und einem Prüfling. Bei herkömmlichen mechanischen Waagen geschieht dies durch Anwendung von Hebel und Federn. Elektronische Waagen stellen einen Vergleich des von einem Prüfling (Wägegut) erzeugten Wägesignals mit einer «Skalierung» her. Die Skalierung wird in einem Justiervorgang durch das von einem Normalerzeugte Wägesignal auf die richtige Empfindlichkeit eingestellt. Komparatorwaagen vergleichen die Wägesignale, die bei Substitutionswägungen geliefert werden.

Die höchste Genauigkeit wird bei der Substitutionswägung erreicht.

Die Substitutionswaage ist eine Waage, bei der sich das Wägegut und die Gewichtstücke auf der gleichen Seite des Hebelarmes befinden.

Bei unbelasteter Schale halten sich die Gewichtstücke und das konstante Gegengewicht im Gleichgewicht. Wird die Schale mit dem Wägegut belastet, wird vom Gewichtssatz die entsprechende Masse in Form eines Gewichtstückes (sog. Schaltgewichte) abgehoben. Das Substitutionsprinzip (physikalisches Wägeprinzip) hat den Vorteil gegenüber der zweiarmigen Waage, dass sich die Empfindlichkeit der Waage bei zunehmender Belastung nicht verändert, da sich der Systemschwerpunkt aufgrund der annähernd konstanten Belastung des Hebelarmes kaum verschiebt. Dabei wird ein Vergleich der Nennlast vorgenommen. Ein Massevergleich besteht mindestens aus zwei Wägungen, also durch Vergleich der an den Objekten angreifenden Schwerkraft. Zur statistischen Absicherung der Ergebnisse werden die Wägungen je Objekt in der Regel mehrfach durchgeführt.

Mit anderen Worten gesagt befindet sich ein Referenzgewicht in der Komparatorwaage, welches mit dem Prüfling verglichen wird.

Massenkomparatoren: Gewichtsbestimmung von 0.1 µg bis 6000 kg

Massenkomparatoren haben mit 52 Millionen Punkten eine sehr hohe Auflösung und zeichnen sich durch höchste Wiederholbarkeit aus. Diese beiden Merkmale erlauben es, selbst bei einer minimalen Gewichtsdivergenz Vergleichswägungen zwischen einem bekannten Referenzgewicht und einem unbekanntem Prüfling durchzuführen.

Manuelle Massenkomparatoren werden für alle eichtechnischen Anwendungen, wie die Massebestimmung, Gewichtskalibrierung und Qualitätskontrolle eingesetzt, welche höchste Genauigkeit erfordern. Die manuellen Massenkomparatoren von METTLER TOLEDO decken einen Wägebereich von 1 mg bis 6000 kg ab.



Komparatorwaagen
gibt's ab Seite 96.

Beim automatisierten Massenkomparator erfolgen die Bestückung mit mehreren Gewichtsstücken vor dem Wägevorgang und das Entfernen der Gewichte nach dessen Abschluss in jeweils einem einzigen Schritt. Es ist keinerlei manuelles Eingreifen während dem automatisierten Messvorgang nötig, was die Qualität, Genauigkeit und Effizienz der Vergleichswägungen erhöht.

Neben manuellen und automatisierten Massenkomparatoren gibt es Komparatoren zur Bestimmung von Dichte, Volumen und Magnetismus von festen Körpern.



a_Komparator

Zur automatischen Bestimmung von Prüfgewichten, durch Vergleich eines Prüfgewichts mit einem Standard oder durch Abwärts-(Aufwärts-)Kalibrierung. Systeme der a_Komparator-Linie bestehen aus einer Komparatorwaage mit hoher Auflösung, einem Gewichtsmagazin und einem 3-Achsen-Roboter sowie dem Gehäuse und Regler.

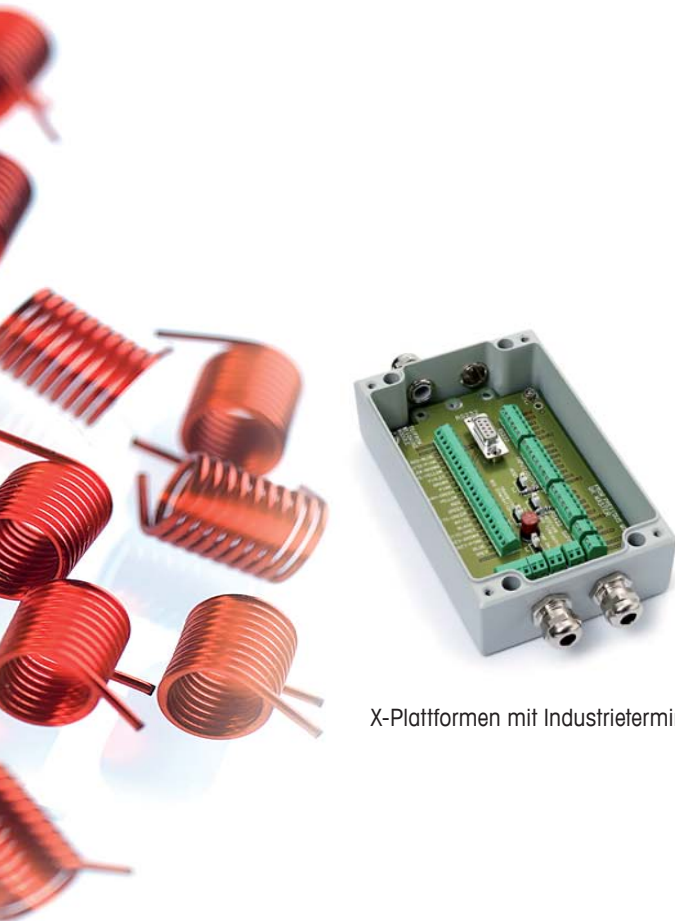


Wägeplattformen
und Messzellen
bieten wir ab
Seite 80.

AutoChem
In-situ Analytik

Dafür braucht man Messzellen

Ein stetig wachsendes Produktportfolio für «Automated Precision Weighing»-Anwendungen ist auf die Bedürfnisse des Maschinen und Anlagenbaus sowie auf Instrumente und Geräte mit integrierter Präzisionswägetechnik ausgerichtet.



X-Plattformen mit Industrieterminals

Die Masse bzw. das Gewicht ist in vielen Prozessen nach wie vor eine zentrale Messgröße zur Prozesssteuerung und für die Qualitätskontrolle.

Die schnelle, automatische und dennoch hochpräzise Gewichtsbestimmung eröffnet völlig neue Dimensionen in vielen Bereichen der Produktions- und Laborautomatisierung. Ob einfache Wägung, präzise Dosierung, spezifische Materialcharakterisierung, effiziente Füllmengen- oder Qualitätskontrolle: Präzisionswägemodule sind überall dort gefragt, wo schnell, präzise, automatisch und mit direkter Prozessanbindung gewogen werden muss.

Typische Anwendungen

Liquid Handling

Flexible Integration in vollautomatische Liquid-Handling-Plattformen dank ultrakompakter Abmessungen des Wägesensors und mit einer Auflösung bis zu 1 µg.

Material-Charakterisierung

Hochpräzise und automatische Gewichts- oder Kraftmessung für die Materialcharakterisierung mit außerordentlicher Langzeitstabilität.

Befüllen/Dosieren

Mit 38 Updates pro Sekunde und flexiblen Konfigurationsmöglichkeiten sowie im Sensor integrierter Überwachungsfunktionen mit digitalen Ausgängen sorgen für optimale Dosierprozesse.

100% Qualitäts- und Prozesskontrolle

100%-ige «In-Prozess» Präzisionswägung, die kompakt und unmittelbar am kritischen Prozessschritt integriert ist, justiert automatisch die relevanten Parameter bei extrem kurzer Wägezeit und flexibler Parametrierung sofort nach.

Automatisches Präzisionswägen

Schnelle und gleichzeitig hochpräzise Gewichtsbestimmung im Mikro- und Milligramm-Bereich in Bruchteilen von Sekunden. Und dies nahtlos integriert in automatische Prozesse.

Statistische Qualitätskontrolle (SQC)

Periodische Gewichtsmessung definierter Proben zwecks statistischer Qualitätskontrolle und Sicherstellung der Rückverfolgbarkeit ermöglichen eine effiziente «Off-Line» Prozesskontrolle.

LIMS

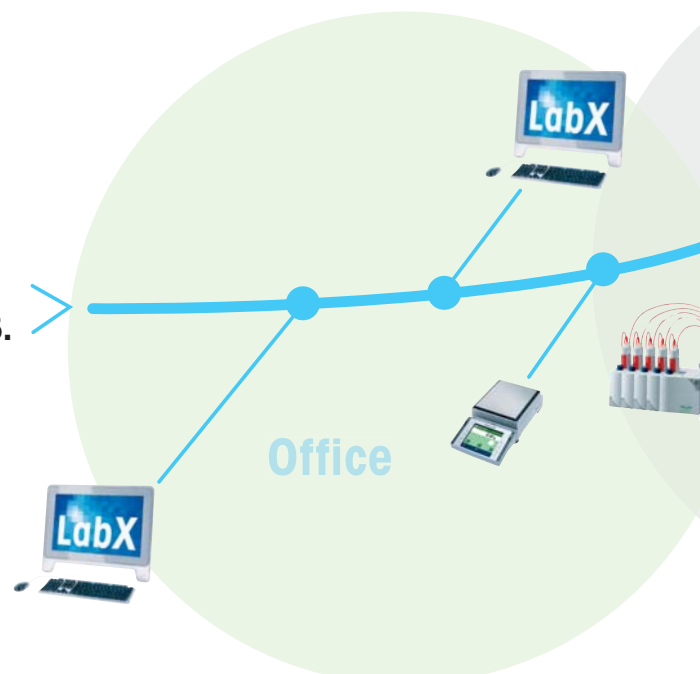
Labor-**I**nformations-**M**anagement-**S**ystem

Diese Kategorie von Softwaresystemen befasst sich mit der Datenverarbeitung im chemischen, physikalischen, biologischen oder medizinischen Labor. Prinzipiell kann man jedes Labor hier einordnen, aber in nicht allen genannten Branchen spricht man zwingend von LIMS.

Ein LIMS unterstützt alle Arbeitsabläufe im Labor und begreift das Labor als selbständige Service-Einheit, die es in das Gesamtunternehmen zu integrieren gilt. Auftrags- und Rechnungswesen, betriebswirtschaftliche Aspekte und CRM (Customer Relationship Management) können in einem LIMS daher genauso implementiert werden wie Rohdatenarchivierung und robotergestützte Automatisierung. Schnittstellen zu anderen IT-Systemen sorgen dafür, dass die Arbeitsabläufe im Labor umfassend in die Geschäftsprozesse integriert sind.



**Software
ab Seite 138.**



In der Regel werden in einem LIMS zwei Systemstränge unterschieden und umgesetzt:

- Messstrang (Messgeräte, Aufnahme und Speicherung der Messwerte aus Sensoren, etc.)
- Kontrollstrang (mathematische Verarbeitung und Auswertung der Messdaten, Probenmanagement, Abrechnung usw.)

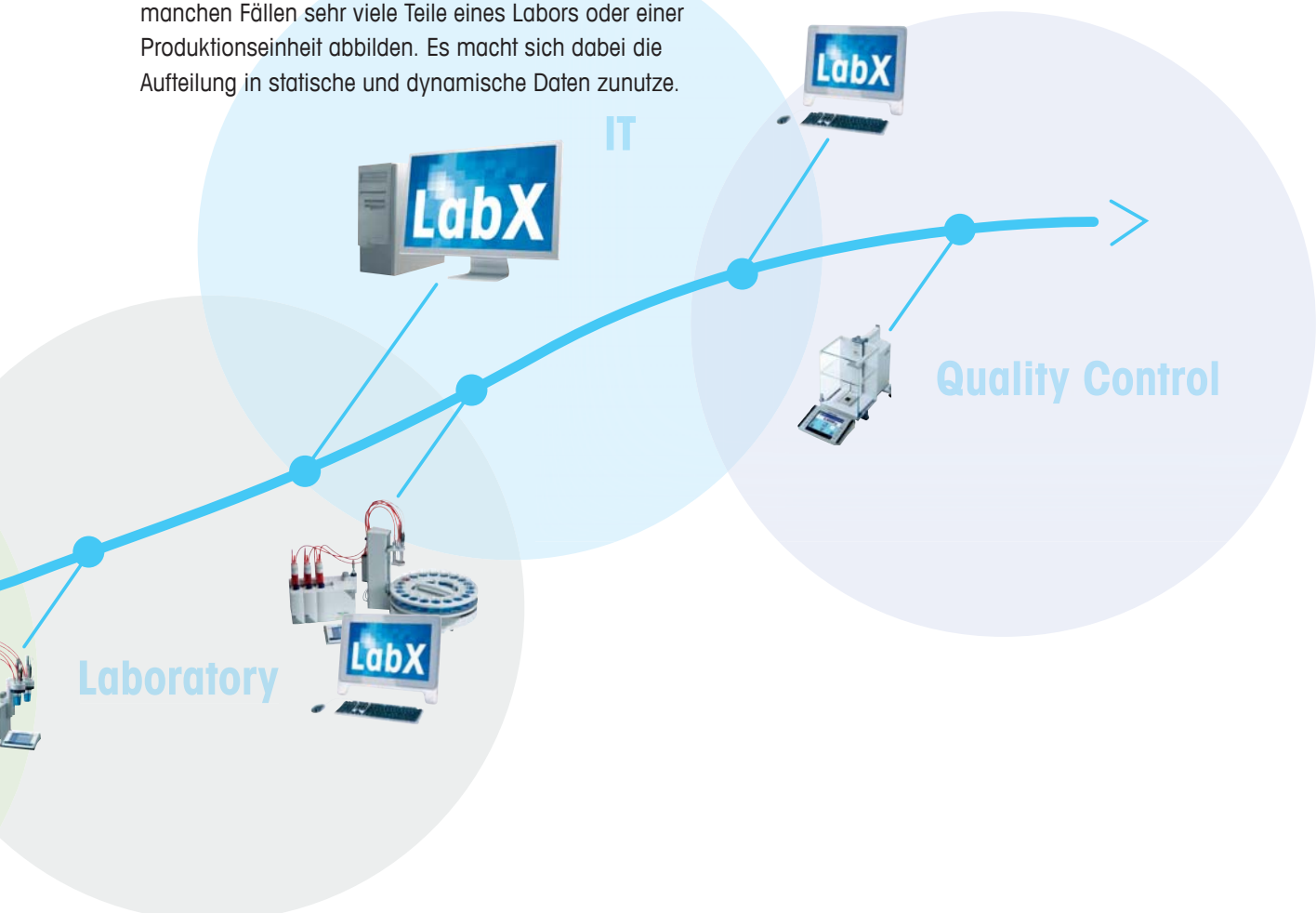
Ein LIMS besteht damit aus mindestens den Grundmodulen Messwernerfassung und Messwertauswertung. Weitere Module sorgen für die Anbindung der Hardware im Messstrang, die Anbindung der ERP-Systeme, Controllingsoftware, Datensicherungsinfrastruktur, Datenbanken, Prozessverwaltungslogik usw.

LIMS haben von der Registrierung des Probeneingangs über die Kontrolle und Begleitung des gesamten Messprozesses bis zur wirtschaftlichen Auswertung der Untersuchung eine lückenlose Prozesskette zu realisieren, was oft genug nicht ohne weiteres gelingt. LIMS können auch als verteilte Systeme realisiert werden, wenn z.B. Messcontainer extern genutzt werden oder mobile Messsysteme verwendet werden. Ein heutiges LIMS kann in manchen Fällen sehr viele Teile eines Labors oder einer Produktionseinheit abbilden. Es macht sich dabei die Aufteilung in statische und dynamische Daten zunutze.

Eine Herausforderung an die Systeme stellt dabei allerdings die Anbindung der analytischen Instrumente, bzw. deren Software in einem Labor dar.

LabX, die METTLER TOLEDO Software für Wägesysteme und Titratoren übernimmt die analytischen Daten (Rohdaten, Metadaten, Resultate) und agiert in der Folge als Übersetzer und Kontrollstelle für übergeordnete Systeme. Über eine programmierbare Schnittstelle (API) kann eine benutzerdefinierte, auch bidirektionale Anbindung an ein LIMS realisiert werden, so dass nicht nur die gewünschten Daten und Resultate am Ende der Analytik in das LIMS übertragen werden, sondern es kann auch die Analytik aus dem LIMS heraus gestartet werden.

Dabei kontrolliert LabX sämtliche Funktionen des Messinstruments, nimmt alle Daten rückführbar auf und kann diese selektiv an das LIMS weitergeben und vermindert somit die Datenflut für das LIMS.



Dichte und deren Bestimmung

Die Dichte eines Stoffes ist definiert als seine in 1cm³ enthaltene Masse in Gramm. Sie wird mit dem griechischen Buchstaben ρ (Rho) bezeichnet. Die Dichte besitzt die Dimension Masse pro Volumen und ist eine charakteristische, von Form und Größe unabhängige Eigenschaft eines Stoffes. Die Stoffe können fest, flüssig oder gasförmig sein.

Die Dichte hängt von Temperatur und Druck ab. So hat (flüssiges) Wasser bei 3,98 °C die größte Dichte. Dadurch dehnt es sich beim weiteren Abkühlen aus (sinkende Dichte führt zu Volumenausdehnung: $V = m/\rho$), was die Ursache von z.B. Frost ist. Bei zugefrorenen Seen befindet sich so auch das 3,98 °C warme Wasser am Seeboden, während kälteres Wasser mit geringerer Dichte nach oben steigt. Dies ermöglicht es Lebewesen im See zu überleben.

Körper in einer Flüssigkeit, die eine geringere Dichte als diese haben, steigen nach oben (sie schwimmen). Körper mit größerer Dichte sinken entsprechend nach unten. So schwimmt Eis auf Wasser. Es verdrängt dabei genau das Volumen an Wasser, das die gleiche Masse wie das Eis hat.

Bei gasförmigen Stoffen verhält es sich ähnlich. Ein mit Helium gefüllter Luftballon schwebt in der Luft, da das Helium bei gleichem Druck und gleicher Temperatur eine geringere Dichte als Luft hat.

Gebräuchlich ist die Angabe der relativen Dichte (spezifische Dichte), deren Wert man durch einen Vergleich mit einem Standard erhält. Als Standard eignen sich Wasser mit einem Normzustand bei 3,98 °C und die Dichte von trockener Luft bei Normalbedingung (0 °C und 1013,25 mbar = 1,2931 kg/m³).



Bestimmen Sie die Dichte mit dem **Dichte-Kit** von METTLER TOLEDO für Analysen- und Präzisionswaagen. Perfekt geeignet für feste, flüssige, poröse und viskose Substanzen.



**Zubehör für die
Dichtebestimmung
gibt's ab Seite 134.**

Für die Bestimmung der Dichte eignen sich folgende Verfahren

- **Archimedisches Prinzip**
- **Pyknometer**
Dichtebestimmung von Festkörpern durch Messen der verdrängten Flüssigkeitsvolumina.
- **Isotopenmethode**
Dichtebestimmung durch Strahlungsabsorption.
- **Biegeschwinger**
Dichtebestimmung durch Schwingungsmessung.



Das Archimedische Prinzip besagt ...

dass ein vollständig in einer Flüssigkeit eingetauchter Körper eine Auftriebskraft erfährt, die der Gewichtskraft des Volumens der verdrängten Flüssigkeit entspricht. Um die zwei Unbekannten Dichte und Volumen zu bestimmen, sind zwei Messungen erforderlich.

Taucht man einen beliebigen Körper mit dem Volumen V_K vollständig in zwei Flüssigkeiten oder Gase mit den bekannten Dichten ρ_1 und ρ_2 ein, so erfährt er die unterschiedlichen, resultierenden Gewichtskräfte F_{G1} bzw. F_{G2} . Messbar sind die resultierenden Kräfte mittels einer Waage.

Antistatik

Als Antistatika werden Stoffe oder Lösungen bezeichnet, die eingesetzt werden, um statische Aufladungen von Gegenständen zu verhindern bzw. zu minimieren.

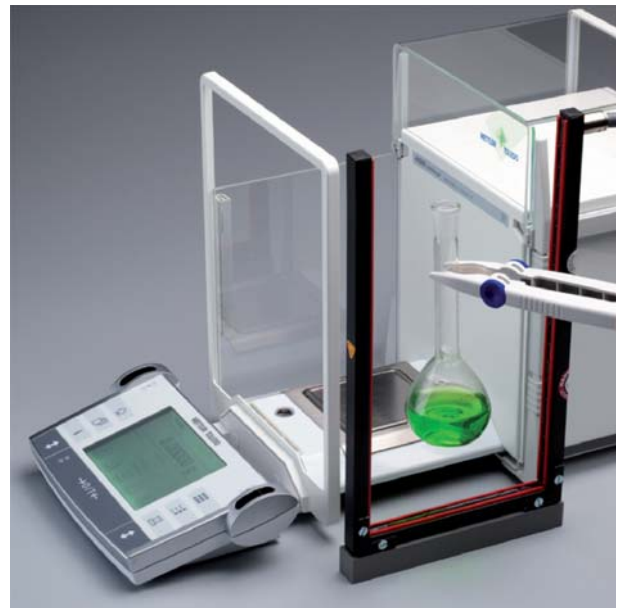
Die Elektrostatik beschreibt ruhende elektrische Ladungen, Ladungsverteilungen und die elektrischen Felder geladener Körper bzw. die Kräfte, die elektrische Ladungen aufeinander ausüben.

Elektrostatische Ladung ist einer der Hauptgründe für verfälschte Wägeresultate.

Nicht leitende Materialien wie Kunststoff oder Glas sind schnell elektrostatisch aufgeladen und können **elektro-statische Kräfte** bilden. Diese Kräfte führen zu un-stabilen Wägeresultaten, d.h., der angezeigte Wert ändert sich ständig und kommt nicht zur Ruhe.

Das Wägeresultat ist nicht nur instabil, sondern ggf. sogar falsch, da elektrostatische Kräfte Wägefehler von mehreren Milligramm (plus/minus) verursachen können!

Pulverförmige Proben werden durch elektrostatische Ladung zerstäubt oder an das Taragefäß gedrückt. Sie sind dann nicht nur schwierig zu handhaben, es besteht auch die Gefahr einer Kreuzkontaminierung. Bei toxischen oder gesundheitsgefährdenden Substanzen kann dies für den Benutzer gefährlich werden.



U-Elektrode im Einsatz an einem älterem METTLER TOLEDO Modell (AX-Baureihe)

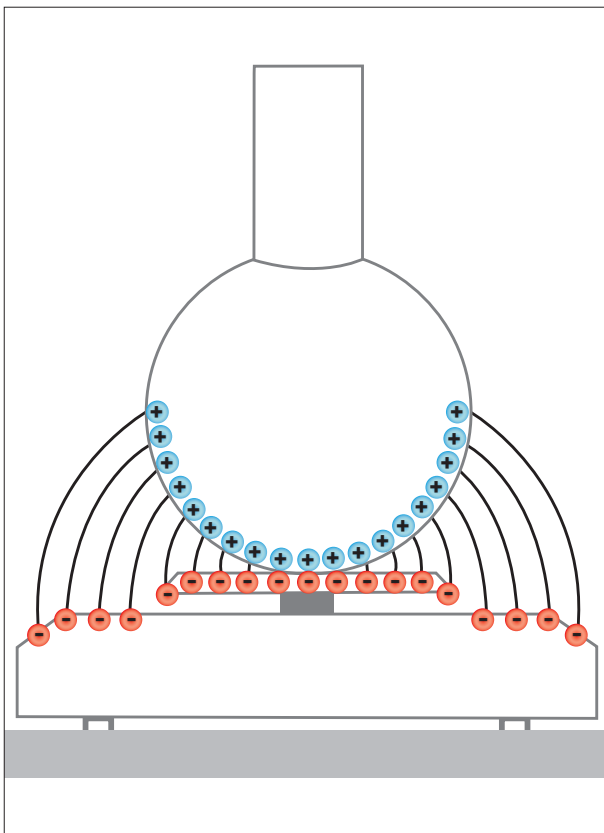
Als Lösung für diesen Effekt gibt es AntiStatik-Kits (einbaubarer Ionisator). Der Ionisator kann an 6 verschiedenen Positionen am Windschutz angebracht werden und kann entweder manuell oder automatisch als Reaktion auf das Öffnen des Windschutzes aktiviert werden.

Der Ionisator erzeugt gleichmäßig positive und negative Ionen. Durch die Hochspannung des Ionisators können elektrostatisch geladene Proben und Taragefäße innerhalb von Sekunden neutralisiert werden.

**Antistatik-Kits gibt's hier
im Katalog auf Seite 152.**

Tipp

Neben der Verwendung eines universellen AntiStatik-Kit (U-Ionisor) sorgen auch ErgoClips nachhaltig für eine Reduzierung des Effekts elektrostatischer Ladung.



Elektrostatischer Einfluss beim Wägen

Da die Waage die auf die Waagschale wirkenden Kräfte nicht nach ihrer Ursache unterscheiden kann, wird die elektrostatische Kraft als Masse interpretiert, was, abhängig von Form und Größe des Wägegutes zu beträchtlichen Falschanzeigen führen kann. (0.1 g bei Analysenwaagen sind keine Seltenheit.)

Unsere einmaligen ErgoClips finden Sie ab Seite 122.



Pipetten gravimetrisch testen

Pipetten zählen zu den wichtigsten Laborwerkzeugen.

Ihre Präzision und Richtigkeit hat maßgebliche Auswirkung auf die Qualität der Forschungsergebnisse. Um die Präzision gerade im Bereich 1 µl–1000 µl nachhaltig sicher zu stellen, müssen Pipetten von Zeit zu Zeit getestet und kalibriert werden.

Durch Verschleiß im täglichen Gebrauch und besonders nach Reparatur oder mehrmaligem Autoklavieren müssen Pipetten regelmäßig auf ihre Genauigkeit überprüft werden. Die gravimetrische Prüfung im Labor ist die Methode der Wahl zum Testen von Pipetten gemäss den Kalibrieranforderungen der Norm ISO 8655. In dieser Norm sind Ablesbarkeit und Genauigkeit der dazu erforderlichen Waage in Verbindung mit dem gewählten Volumen der zu prüfenden Pipette festgelegt.

Eingestellte Volumina des Geräts gemäss Test-Volumen	Ablesbarkeit Waage
1 µl ≤ V ≤ 10 µl	0,001 mg
10 µl < V ≤ 100 µl	0.01 mg
100 µl < V ≤ 1000 µl	0.1 mg
1 ml < V ≤ 10 ml	0.1 mg
10 ml < V ≤ 200 ml	1 mg

Aus praktischen Erwägungen kann das Nominalvolumen der Pipette zur Auswahl der Waage verwendet werden.

Die aus der gravimetrischen Prüfung erhaltenen Wägewerte sind Massewerte des abgegebenen Volumens. Um die Verdunstung der Flüssigkeit auf der Waage zu minimieren wird der Einsatz einer sogenannten Verdunstungsfalle zum gravimetrischen Testen der Pipette empfohlen.

Wie funktioniert eine Verdunstungsfalle?

Die von der Pipette aufgenommene Flüssigkeit wird mit einer geeigneten Waage in einem Spezialgefäß gewogen. Aus Flüssigkeitsgewicht und -dichte wird das Volumen berechnet und mit dem Nominalvolumen der Pipette verglichen. Die Verdunstungsfalle hält im Probenraum eine konstante Luftfeuchtigkeit von etwa 90% und unterdrückt so die Verdunstung der Flüssigkeit. Dadurch wird der Verlust von Flüssigkeit aus dem Vorratsgefäß vermieden. Die Waage registriert den korrekten Wägewert.



Verdunstungsfalle im Einsatz auf der XP205 Analysenwaage



**Waagen zur gravimetrischen
Pipetten-Kalibrierung ab Seite 114.**

**Top Infos zu unseren
Pipetten ab Seite 198.**

**Pipetten Kalibrier-Service
ab Seite 292.**

**Tipps zum richtigen Pipettieren
ab Seite 524.**

MinWeigh

Mit MinWeigh wird das kleinstmögliche Gewicht bezeichnet, bei dem das Wägeresultat noch den Prozessbestimmungen entspricht.

Off werden Einwaagen im Bereich von 1 % bis 10 % der Wägekapazität einer Waage durchgeführt. Genau in diesem Bereich ist jedoch die relative Messunsicherheit am größten.

Liegt der Wägewert unter der Mindesteinwaage, ist nicht gewährleistet, dass das Wägeresultat den Prozessbestimmungen entspricht. In einer regulierten Umgebung muss die Messserie dann wiederholt werden oder wertvolle Substanzen können verloren gehen. Im schlimmsten Fall kommt es zu einem Produktionsstopp mit hohen finanziellen Verlusten.

Die Mindesteinwaage wird durch die Bestimmungen des jeweiligen Reglements vorgegeben. (So fordert die USP-Regulierung* beispielsweise eine Genauigkeit von besser als 0,1 % bei dreifacher Standardabweichung).

Die MinWeigh-Funktion von Waagen bestimmt die zulässige Mindesteinwaage gemäß Ihren Bestimmungen. Die Mindesteinwaage wird in der eigentlichen Arbeitsumgebung, in der die Waage installiert wurde, festgelegt. Wird ein Wert unter der festgesetzten Mindesteinwaage verwendet, wird dieser in der Anzeige rot dargestellt. So werden Sie gewarnt, dass der derzeitige Wert nicht den Toleranzbestimmungen entspricht.

* USP: Pharmakopöe der USA



MinWeigh



MinWeigh muss von einem zertifizierten Servicetechniker vor Ort aktiviert werden.

Nach Programmierung der Waage stellt der Servicetechniker ein «MinWeigh-Zertifikat» aus, in dem die Testmessungen und Toleranzen sowie die entsprechenden Tara- und Mindesteinwaagewerte dokumentiert sind.



Das passende Gewicht

Gewichte sind für die optimale Unterstützung von Routineprüfungen entsprechend der Empfehlungen des Herstellers konzipiert.

Durch Anwender durchgeführte Routineprüfungen bieten wesentliche Vorteile

- Hohe Prozessgenauigkeit und begrenztes «Out-Of-Process»-Toleranzrisiko
- Empfindlichkeitsprüfung mit zwei Gewichten am oberen und unteren Bereich der Waage
- Festgelegte Gewichte zur Prüfung der Wägedaten ihres Waagenmodells

Äußere Einflüsse können die Empfindlichkeit und gelegentlich auch die Linearität elektronischer Waagen beeinflussen und so zu Unterschieden bei angezeigten und echten Werten führen.

Routineüberprüfungen von Waagen werden mit hochgenauen, qualitativ hochwertigen Gewichten, die der OIML-Empfehlung R111 entsprechen, durchgeführt. Die Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML) (dt.: Internationale Organisation für das gesetzliche Messwesen) ist eine am 12. Oktober 1955 in Paris gegründete Internationale Organisation zur Regelung der messtechnischen Belange im gesetzlichen Eichwesen.

METTLER TOLEDO bietet Gewichte in den OIML-Genauigkeitsklassen E1, E2, F1, F2, M1, M2 und M3 mit Kalibrierungszertifikaten für den Bereich von 1 mg bis 2.000 kg.



Gewichte finden Sie ab Seite 166.



OIML-Genauigkeitsklassen – Maximaler zulässiger Fehler für Gewichte (\pm in mg)

	Class E ₁	Class E ₂	Class F ₁	Class F ₂	Class M ₁	Class M ₂	Class M ₃
5 000 kg			25 000	80 000	250 000	800 000	2 500 000
2 000 kg			10 000	30 000	100 000	300 000	1 000 000
1 000 kg		1 600	5 000	16 000	50 000	160 000	500 000
500 kg		800	2 500	8 000	25 000	80 000	250 000
200 kg		300	1 000	3 000	10 000	30 000	100 000
100 kg		160	500	1 600	5 000	16 000	50 000
50 kg	25	80	250	800	2 500	8 000	25 000
20 kg	10	30	100	300	1 000	3 000	10 000
10 kg	5	16	50	160	500	1 600	5 000
5 kg	2,5	8	25	80	250	800	2 500
2 kg	1	3	10	30	100	300	1 000
1 kg	0,5	1,6	5	16	50	160	500
500 g	0,25	0,8	2,5	8	25	80	250
200 g	0,1	0,3	1	3	10	30	100
100 g	0,05	0,16	0,5	1,6	5	16	50
50 g	0,03	0,1	0,3	1	3	10	30
20 g	0,025	0,08	0,25	0,8	2,5	8	25
10 g	0,02	0,06	0,2	0,6	2	6	20
5 g	0,016	0,05	0,16	0,5	1,6	5	16
2 g	0,012	0,04	0,12	0,4	1,2	4	12
1 g	0,01	0,03	0,1	0,3	1	3	10
500 mg	0,008	0,025	0,08	0,25	0,8	2,5	
200 mg	0,006	0,02	0,06	0,2	0,6	2	
100 mg	0,005	0,016	0,05	0,16	0,5	1,6	
50 mg	0,004	0,012	0,04	0,12	0,4		
20 mg	0,003	0,01	0,03	0,1	0,3		
10 mg	0,003	0,008	0,025	0,08	0,25		
5 mg	0,003	0,006	0,02	0,06	0,2		
2 mg	0,003	0,006	0,02	0,06	0,2		
1 mg	0,003	0,006	0,02	0,06	0,2		

Information: OIML Tolerances according R 111

E1 Gewichte mit der geringsten Messunsicherheit werden bei nationalen Instituten wie der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) Braunschweig eingesetzt.

E2 Gewichte kommen bei Landeseichdirektionen zum Einsatz.

F1 und F2 Gewichte werden zur Prüfung im wissenschaftlichen und industriellen Umfeld verwendet.

Unterschieden wird des Weiteren zwischen Premium- und Standard-Line Gewichten. Premium-Line Gewichte bestehen aus einem hochwertigen Stahl-Monobloc. Standard-Line Gewichte haben eine integrierte Kammer für Justierungen des Gewichts.

Waagenkalibrierung

... wird auch als «Routinetest der Empfindlichkeit von Waagen» bezeichnet

Messinstrumente müssen regelmäßig überprüft werden, um festzustellen, ob sich durch den täglichen Einsatz die Qualität der Messergebnisse verändert hat.

Der Anwender sollte diese Tests in festgelegten Intervallen durchführen.

Waagen werden durch Auflegen eines externen Gewichtstücks getestet. Das Testgewicht muss ein gültiges Kalibrierzertifikat einer akkreditierten Kalibrierstelle haben. Die Ergebnisse der Tests sollten rückverfolgbar dokumentiert werden.

Der Routinetest mit kalibrierten Gewichten

- Mit diesem Test ist die Mindestforderung nach einer rückführbaren Referenz gemäß ISO9001 erfüllt
- Einfacher Test
- Nachweis der korrekten Funktion von FACT
(automatische Justierung anhand eines eingebauten Referenzgewichts)
- Nachweis der Toleranzeinhaltung an einem oder an mehreren Verwendungspunkten
- Ergebnisse können graphisch und statistisch ausgewertet werden

Routinetests können an verschiedenen Arbeitspunkten und für verschiedene Einwaagen durchgeführt werden. Je Testpunkt wird die Waage durch ein «Vorlastgewicht» an den typischen Arbeitspunkt gebracht und dann mit einem «Testgewicht», das einer typischen Einwaage entspricht, geprüft.

Weitere Infos zum Thema
Waagenkalibrierung
auf Seite 496 –
unserem Waagen-Service
ab Seite 176.



Immer dran denken

**Erst das externe kalibrierte
Testgewicht macht eine
Waage zu einem «Messin-
strument»!**

**Der Routinetest ersetzt
nicht die regelmäßige
Wartung und Kalibrierung
der Waage.**

