

Wägefibel



Erfahrung
Besseres Wägen
Fehlerfreie Bedienung
Genauere Resultate

Wägefibel

Richtiges Wägen
mit Laborwaagen

METTLER TOLEDO

Richtiges Wägen mit Laborwaagen

Einleitung	5
Standort der Waage	6
Bedienung der Waage	8
Physikalische Einflüsse	12
Fachbegriffe	20
GWP® – Gute WägePraxis™	30

Einleitung

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

Der technologische Fortschritt in der Elektronik erlaubte, 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 Mikro-, Semimikro- 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.

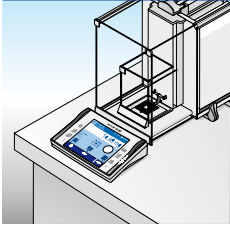
Mit der vorliegenden Information möchten wir auf die wichtigsten Punkte hinweisen, die bei der Arbeit mit Mikro-, Semimikro- und Analysenwaagen beachtet werden müssen, wenn Wägeresultate von hoher Qualität verlangt sind.

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.

Standort der Waage

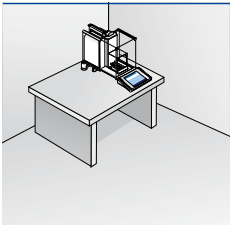
Die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit von Wäageergebnissen ist eng mit dem Standort der Waage verbunden. Beachten Sie die nachfolgend aufgeführten Punkte, damit Ihre Waage unter den besten Bedingungen arbeiten kann:



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 Wägetisch betritt. 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

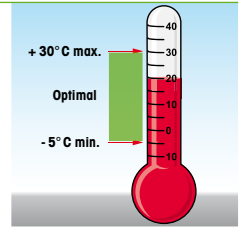
- Erschütterungsarm
- Frei von Zugluft

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.

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.

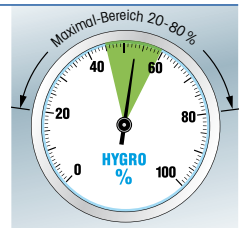
METTLER TOLEDO Waagen mit „FACT“ (vollautomatische motorische Selbstjustierung) können den restlichen Temperaturdrift weitgehend kompensieren. Lassen Sie „FACT“ daher immer eingeschaltet.



Luftfeuchte

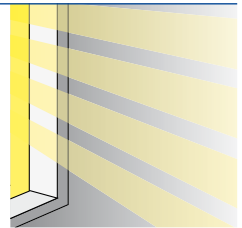
- Die relative Feuchtigkeit (% rF) liegt idealerweise zwischen 45 und 60 %. Der Messbereich 20 bis 80 % rF sollte auf keinen Fall unter- oder überschritten werden.

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



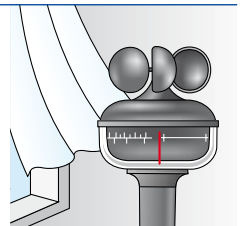
Licht

- 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.



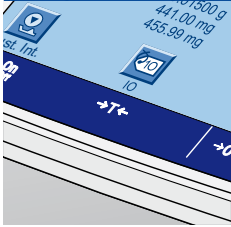
Luft

- 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. Passanten verursachen in der Regel einen Luftzug am Wägeort.



Bedienung der Waage

Mikro-, Semimikro-, 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.



TIPP: 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.



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

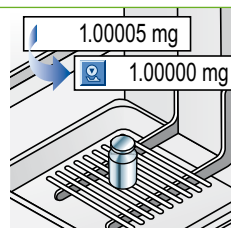


- Die Excellence Plus mit der eingebauten Niveauekontrollautomatik "LevelControl".

¹⁾ GxP Good Laboratory Practice (GLP) oder Good Manufacturing Practice (GMP)

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.

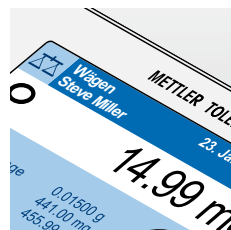
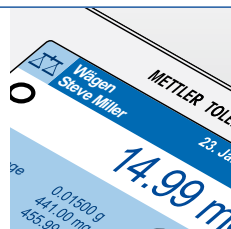


- TIPP:** Möchten Sie, dass die Justage zum Beispiel nach einer Temperaturveränderung vollautomatisch durchgeführt wird, lohnt sich die Anschaffung von Waagen mit "FACT". Bei diesen Modellen erfolgt das
- Justieren selbsttätig. Damit können Sie auch das Zeitintervall für routinemässige Überprüfungen vergrössern.

Ablesen

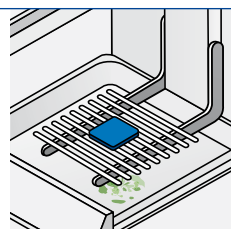
- Beachten Sie zu Beginn jeder Wägung die exakte Nullpunktanzeige. Nullen Sie gegebenenfalls, um Nullpunktfehler zu vermeiden.
- Lesen Sie das Resultat erst nach Erlöschen des kleinen runden Kreises links oben in der Waagenanzeige ab. Über diese Stillstandskontrolle wird das Wägeergebnis freigegeben.

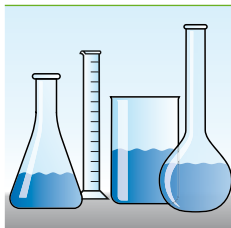
- TIPP:** Eine weiter verbesserte Stillstandskontrolle bietet die Excellence Plus Linie. Diese Waagen stellen instabile Messwerte in **Blau** dar. Tritt Stabilität ein, wechselt die Anzeige sofort zu **Schwarz** und der Kreis links oben verschwindet. So erkennen Sie ein stabiles Wägeergebnis zuverlässiger,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





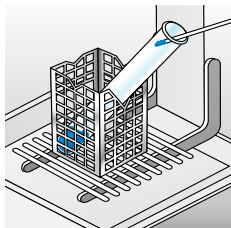
Wägegefäß

- 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.

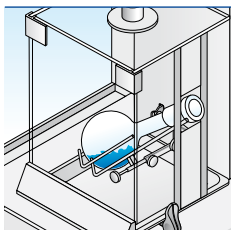
Elektrisch nichtleitende Materialien wie Glas und Kunststoff können sich elektrostatisch aufladen. Dies kann zu drastischen Verfälschungen des Wäageergebnisses führen. Sorgen Sie deshalb für entsprechende Gegenmassnahmen (mehr dazu auf Seite 14: Elektrostatik).

- Wägegefäß und Wägegut sollten die gleiche Temperatur wie die Umgebung aufweisen. Temperaturunterschiede können zu Luftströmungen führen, die das Wägeresultat verfälschen (siehe Seite 7: Temperatur). Lassen Sie das Wägegefäß nach der Entnahme aus einem Trocknungs- 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 ungünstigen Einfluss auf den Wägevorgang.

Taragefäßshalter
"ErgoClip Basket".



TIPP: Verschiedene Taragefäßshalter bieten optimale Voraussetzungen für störungsfreie und sichere Einwaagen (siehe Abbildungen).



Rundmesskolben auf speziellem
Taragefäßshalter "ErgoClip Flask"
und "MinWeigh Door".

Windschutz

- Öffnen Sie die Windschutztüren nur so weit wie nötig. So bleibt das Klima im Wägeraum konstant und das Wägeresultat wird nicht beeinflusst.
- Stellen Sie Waagen, die einen automatischen und konfigurierbaren Windschutz besitzen wie die Instrumente der Excellence Plus Familie, auf minimale Öffnung des Windschutzes ein.

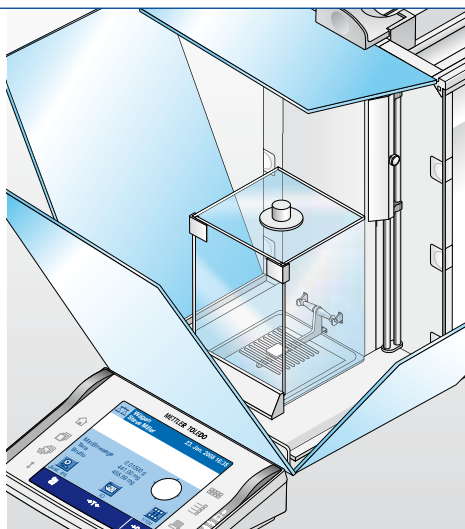
TIPP: Wenn Sie auch unter schwierigsten Bedingungen bedeutend einfacher und genauer messen möchten, empfehlen wir spezifisches Zubehör für unsere Excellence und Excellence Plus Waagenfamilien.

- Selbst bei sehr kleinen Einwaagen mit engen Toleranzen und ungünstigen Umgebungsbedingungen erhalten Sie beste Ergebnisse. Unsere Sonderwindschutztüre "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 Gitterlaminierungen auszeichnet – stabilisiert die Wägung so gut, dass die Windschutztüre bei 4stelligen Analysenwaagen während der Wägung in der Regel geöffnet bleiben kann.

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 fuselfreie Lappen
- Pinseln Sie Verunreinigungen nicht in allfällige Öffnungen.
- Entfernen Sie vor dem Reinigen erst alle abnehmbaren Teile wie etwa die Waagschale.



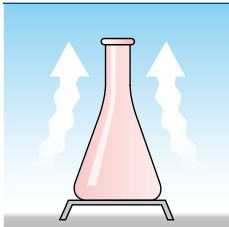
TIPP: Bei den Analysenwaagen Excellence und Excellence Plus können Sie alle Windschutzscheiben zur Reinigung in einer Geschirrspülmaschine einzeln entfernen.

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 physikalischen Einflüssen. Als häufigste Ursachen gelten:

- Einflüsse des Wägeguts
- Umgebungseinflüsse am Standort der Waage
- Feuchtaufnahme oder -abgabe des Wägeguts
- Elektrostatisch geladene Wägegüter oder Gefäße
- Magnetische Wägegüter oder Gefäße

Im nachfolgenden Kapitel gehen wir näher auf diese Einflüsse ein, erklären die Gründe dafür und beschreiben Massnahmen zur Abhilfe.



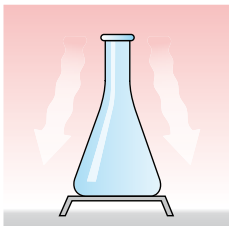
Temperatur

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 Wägegeßes. Die am Gefäß entlang streichende 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 auspro-

bieren: 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. (Handscheiss 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

Problem

Die Gewichtsanzeige eines Wägegutes driftet permanent in eine Richtung.

Mögliche Ursachen

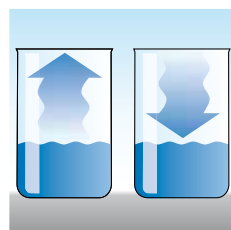
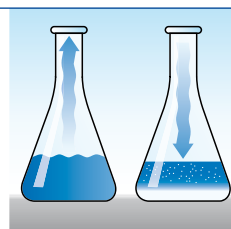
Sie messen den Gewichtsverlust von flüchtigen Stoffen (z.B. die Verdunstung von Wasser) oder die Gewichtszunahme hygroskopischer Wägegüter (Feuchtigkeitsaufnahme aus der Luft).

Beispiel

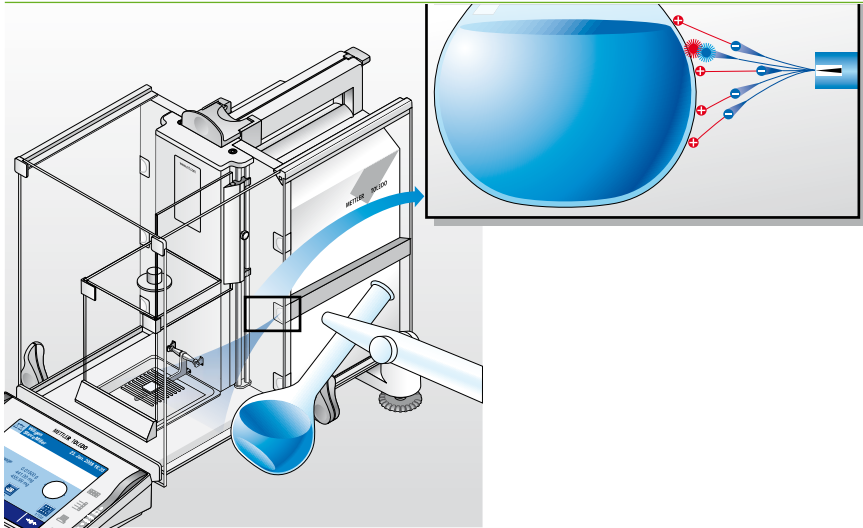
Mit Alkohol oder Silika-Gel können Sie diesen Effekt nachstellen.

Abhilfe

Verwenden Sie saubere und trockene Wägegefäße 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.



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



Elektrostatik

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

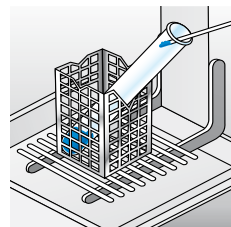
- Luftfeuchte erhöhen
Das Problem tritt bevorzugt im Winter in beheizten Räumen auf. In klimatisierten Räumen kann die entsprechende Einstellung der Klimaanlage Abhilfe (45-60 % rel. Feuchte) erwirken.
- Elektrostatische Kräfte abschirmen
Stellen Sie das Wägegefäß in einen metallischen Halter.
- Andere 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.

Bemerkung: Waage und damit auch die Waagschale sollten immer geerdet sein. Alle METTLER TOLEDO Waagen mit dreipoligen Netzsteckern sind automatisch geerdet.



TIPP: Der Taragefäßhalter "ErgoClip Basket" leitet Elektrostatik optimal ab und verhindert somit die beschriebenen Probleme wirkungsvoll bei Tubes und Reagenzgläsern.

Taragefäßhalter
"ErgoClip Basket".



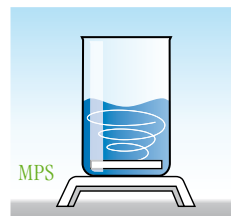
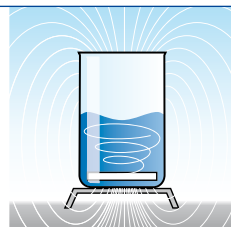
Magnetismus

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

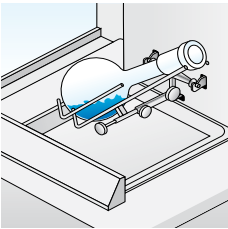
Sie wägen ein magnetisches Material. Magnetisierte und magnetisch permeable Gegenstände ziehen einander gegenseitig an. Die entstehende zusätzliche Kraft wird fälschlicherweise als Last interpretiert. Praktisch alle Gegenstände aus Eisen (Stahl) sind magnetisch stark permeabel (ferromagnetisch).



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, hilft auch, das Wägegut mittels einer unmagnetischen Unterlage weiter von der Waage zu entfernen (z.B. Becherglas, Aluminiumständer). Dieselbe Wirkung hat eine Gehängedurchführung. Diese so genannte Unterflurwägevorrichtung ist bei den meisten METTLER TOLEDO Mikro-, Semimikro-, Analysen- und Präzisionswaagen standardmässig integriert. METTLER TOLEDO verwendet vorzugsweise nichtmagnetische Werkstoffe, um diesen Effekt von vorne herein auszuschliessen.

Taragefässhalter "ErgoClip Flask" für Waagen der Linie Excellence und Excellence Plus.



- ! TIPP: 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".

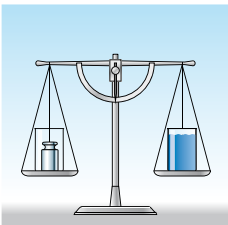


Statischer Auftrieb Effekt

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

Grund: «Das Gewicht 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.

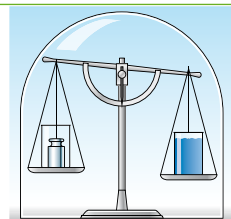


Beispiel

Legen wir eine 100 g Referenzmasse in ein Becherglas auf eine Balkenwaage und füllen anschliessend in ein gleiches Becherglas auf der anderen

Waagschale soviel Wasser ein, bis der Wägebalken im Gleichgewicht ist, so haben beide Wägegüter, in Luft gewogen, das gleiche Gewicht.

Verschliessen 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 hatte. 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/cm³ 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. Bsp. Rückwägungen oder Vergleichswägungen sollten Sie Luftdruck, Luftfeuchte und Temperatur kontrollieren und die Luftauftriebskorrektur wie folgt berechnen:

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/m³

ρ Dichte des Wägegutes

c konventionelle Körperdichte (8000 kg/m³)

W Wägewert (Anzeige der Waage)

Beispiel

Anzeige der Waage 200.0000 g

Luftdruck 1018 hPa

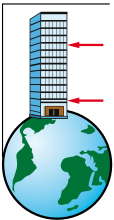
Relative Luftfeuchte 70 %

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

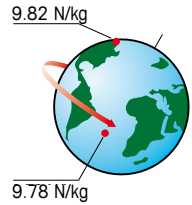
Effekt

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.



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

¹⁾ 1 d = 1 Digit = ein Ziffernschritt



TIPP: "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 Wägeguts 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

¹⁾ DIN Deutsches Institut für Normung

²⁾ OIML Organisation Internationale de Métrologie Légale

eingehalten werden und die Material- und Oberflächenqualität dieser internationalen Empfehlung entsprechen. **www.oiml.com**

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.

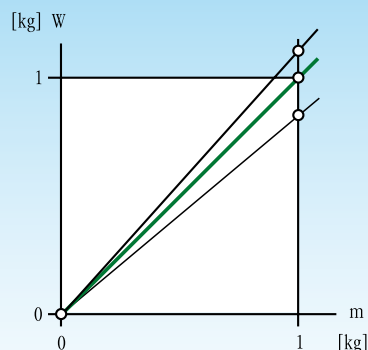
Empfindlichkeit

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.

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

Der Temperaturkoeffizient lässt sich wie folgt berechnen:

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

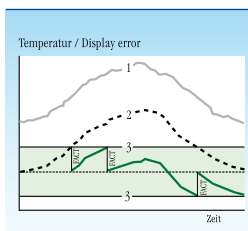
Darin ist ΔS die Änderung der Empfindlichkeit und ΔT die Temperaturänderung. Die Empfindlichkeitsänderung ΔS ist gleich der Resultatsänderung ΔR geteilt durch die Wägelast m , bzw. nach dem Trieren durch die Einwaage. Mit diesen Angaben lässt sich die Abweichung des Messresultats bei einer bestimmten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

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

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:
Würde die Last dagegen nur 100 mg betragen, also 1000 Mal weniger,

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

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 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.

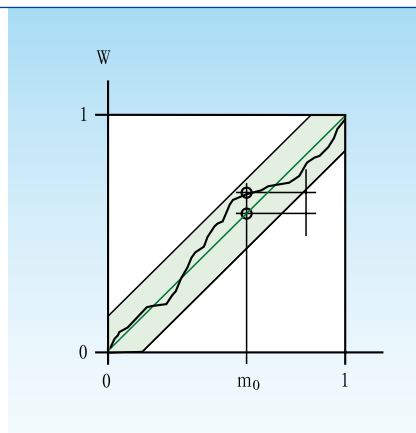


TIPP: Die Excellence und Excellence Plus Semimikro- und Analysenwaagenfamilie verfügt über zwei interne Gewichte. Das heisst, beim Justieren wird nicht nur die Empfindlichkeit, sondern auch die Nicht-Linearität getestet.

Linearität (Nicht-Linearität)

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 Nicht-Linearität die Breite des Bandes, innerhalb dessen 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, bei unveränderten Bedingungen, übereinstimmende Messwerte anzuzeigen ([OIML¹⁾ R 76 1] T.4.3).

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

¹⁾ OIML Organisation Internationale de Métrologie Légale

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) vom Wägegut und zum Teil von der Erfahrung der wägenden Person abhängig.

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

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

Den Mittelwert und die Wiederholbarkeit dieser Messreihe wollen wir nun 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 $\bar{x} = 27.514667 \text{ g}$.

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

Als Mass für die Wiederholbarkeit t wird die Standardabweichung s verwendet. Die Wiederholbarkeit der Messreihe beträgt demnach $s = 0.0095 \text{ mg}$. 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 $x - u < x < x + u$

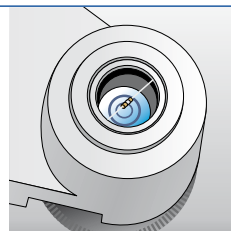
In unserer Messreihe wird $u \approx 2\text{ s} \approx 2 \times 0.01\text{ mg} = 0.02\text{ mg}$, so dass wir das Wägeresultat mit $x \pm u = 27.51467\text{ g} \pm 0.02\text{ mg}$ angeben können. Mit der in vorstehender Messreihe verwendeten Waage beträgt daher der kleinste für diese Last überhaupt 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 sind jeweils auf die übergeordneten Normale zurückgeführt.

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.

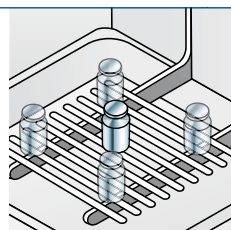


TIPP: Die Excellence Plus Waage besitzt "LevelControl", eine vollautomatische Nivellierungsüberwachungsautomatik. Die Automatik meldet und dokumentiert sofort, wenn die Waage ausserhalb der Nivellierung ist. Dies erhöht die Messsicherheit und schliesst Fehler durch die risikobehaftete, visuelle Kontrolle 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 genau mittige Platzierung des Wägegutes.



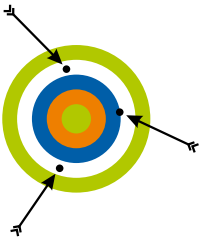
Die offizielle Bezeichnung der Eckenlast lautet: "Abweichung bei aussermittiger Belastung".

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

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 ([ISO¹⁾ 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 ([ISO¹⁾ 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.

¹⁾ ISO International Standards Organization

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.



TIPP: METTLER TOLEDO Service bietet in den meisten Ländern auf Kundenwunsch die genannten Messunsicherheitsbestimmungen vor Ort.

Minimaleinwaage

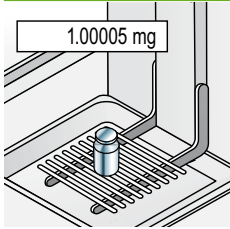
Die Minimaleinwaage gibt den Hinweis, dass das Messresultat bei Unterschreitung dieser Grösse eine zu grosse relative Abweichung zur Folge hat.



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

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

²⁾ GUM Guide of Uncertainty of Measurement ³⁾ ISO International Standards Organization

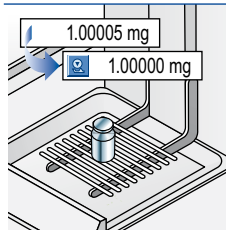


Kalibrierung

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



TIPP: Die METTLER TOLEDO Excellence und Excellence Plus Waagen dokumentieren die jeweilige Abweichungen auf dem Display oder senden sie extern auf 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.



TIPP: Die METTLER TOLEDO Excellence und Excellence Plus Waagen dokumentieren die jeweilige 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 Guter WägePraxis™ (www.mt.com/GWP).

GWP® – Good Weighing Practice™

GWP®

Good Weighing Practice™

Der Wägestandard

Entwickelt mit dem Know-how von METTLER TOLEDO, ist GWP® der einzige globale Standard für effizientes Life Cycle Management für Wägesysteme mit wissenschaftlichem Ansatz. Alle auf GWP® basierenden Services und Produkte stehen in direktem Bezug zu Ihren Bedürfnissen – von der Auswahl der richtigen Wägeeinstrumente bis hin zu angemessenen Verifizierungsverfahren.



Entwickelt mit Schweizer Präzision und Qualitätsanforderungen und für alle Märkte weltweit: GWP® garantiert die Sicherheit und Qualität Ihrer Produkte. Es werden alle Anforderungen der aktuellen Wägequalitätsstandards abgedeckt und METTLER TOLEDO hilft Ihnen, daraus eine effiziente Wägepraxis zu entwickeln. Mit GWP® erzielen Sie konsistente Wägenauigkeit, Kosteneffizienz und sind bereit für Audits.

GWP® Leistungsverifizierung bietet Antworten auf folgende Fragen:

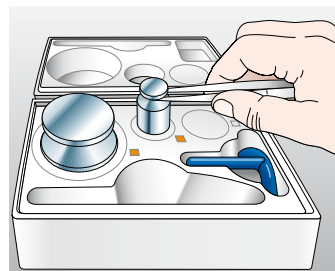
- Welches sind die Best Practices beim Wägen?
- Wie sollte meine Waage getestet werden?
- Wie häufig sollten Routinetests und Kalibrierungen durchgeführt werden?
- Wie kann ich Zeit- und Kostenaufwand minimieren?

Regelmässige Wartung und Kalibrierung Ihrer Laborwaage durch einen autorisierten Servicetechniker wird empfohlen, um konsistent genaue Wägeergebnisse zu erzielen. Vorbeugende Wartung verlängert ausserdem die Lebensdauer Ihrer Waage.



Für den Zeitraum zwischen den Wartungen empfiehlt GWP® Routinetests mit zertifizierten externen Gewichten. Die GWP® Excellence Firmware auf den Waagen der XS/XP Linie informiert die Bediener sobald Tests oder Dokumentationen ausstehen.

- ! TIPP: 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.



Mit den "CarePac" Gewichtssätzen sind Sie immer auf der sicheren Seite

Weitere Informationen zur Good Weighing Practice™ finden Sie unter **www.mt.com/GWP**.

A

Ablesbarkeit	20
Ablesen	9
Arbeitsraum	6

E

Eckenlast	25
Einschalten	8
Elektrostatik	14
Empfindlichkeit	21

F

FACT	22
Feuchtigkeitsaufnahme/Verdunstung	13

G

Genauigkeit	20
Genauigkeitsklassen von Prüfgewichten	20
Gravitation	18
GWP® (Gute WägePraxis™)	30
GWP® Excellence	31

J

Justieren	9, 28
-----------	-------

K

Kalibrierung	28
--------------	----

L

Licht	7
Linearität (Nicht-Linearität)	23
Luft	7
Luftfeuchte	7

M

Magnetismus	15
Messunsicherheit	27
Minimaleinwaage	27

N

Nivellieren	8, 25
-------------	-------

P

Pflege der Waage	11
Präzision	26
proFACT	23

R

Reproduzierbarkeit	26
Richtigkeit	26
Rückführbarkeit	25

S

Statischer Auftrieb	16
---------------------	----

T

Temperatur	7, 12
Temperaturkoeffizient der Empfindlichkeit	21

V

Verdunstung	13
-------------	----

W

Waagschale	9
Wägegefäß	10
Wägetisch	6
Wiederholbarkeit	23
Windschutz	10

	Mettler Toledo AG CH-8606 Greifensee, Schweiz Tel. +41-44-944 22 11 Fax +41-44-944 30 60
Australien	Mettler-Toledo Ltd. , Port Melbourne, Victoria 3207 Tel. (03) 9644 57 00, Fax (03) 9645 39 35
Belgien	Mettler-Toledo s.a. , B-1932 Zaventem Tel. (02) 334 02 11, Fax (02) 334 03 34
Brasilien	Mettler-Toledo Ltda. , 06455-000 Barueri/São Paulo Tel. (11) 4166 -7400, Fax (11) 4166 -7406
China	Mettler-Toledo China , Shanghai 200233 Tel. (21) 6485 04 35, Fax (21) 6485 33 51
Dänemark	Mettler-Toledo A/S , DK-2600 Glostrup Tel. (43) 270 800, Fax (43) 270 828
Deutschland	Mettler-Toledo GmbH , D-35353 Giessen Tel. (0641) 50 70, Fax (0641) 507 128
France	Mettler-Toledo SAS , F-78222 Viroflay Tel. (01) 3097 17 17, Fax (01) 3097 16 16
Grossbritannien	Mettler-Toledo Ltd. , Leicester, LE4 1AW Tel. (0116) 235 70 70, Fax (0116) 236 6399
Hongkong	Mettler-Toledo (HK) Ltd. , Kowloon Tel. (852) 2744 1221, Fax (852) 2744 6878
Indien	Mettler-Toledo India Pvt Ltd , Mumbai 400 072 Tel. (22) 4291 0111 Fax (22) 2857 5071
Italien	Mettler-Toledo S.p.A. , I-20026 Novate Milanese Tel. (02) 333 321, Fax (02) 356 29 73
Japan	Mettler-Toledo K.K. , Tokio 110-0008 Tel. (3) 5815 5155, Fax (3) 5815 5525
Kanada	Mettler-Toledo Inc. , Ontario, Kanada Tel. 800-METTLER, Fax (905) 681-8036
Kasachstan	Mettler-Toledo Central Asia , 050009 Almaty Tel. (07) 727 2980833, Fax (07) 7272980835
Korea	Mettler-Toledo (Korea) Ltd. , Seoul 137-130 Tel. 82 -2 -3498 -3500, Fax 82 -2 -3498 -3555
Kroatien	Mettler-Toledo, d.o.o. , HR-10000 Zagreb Tel. 01 29 58.633, Fax 01 29 58 140
Malaysia	Mettler-Toledo (M) Sdn. Bhd. , 40150 Selangor Tel. +60 -3 -7844 5888, Fax +60 -3 -784 58 773

Mexiko	Mettler-Toledo S.A. de C.V. , Mexiko C.P. 06430 Tel. (55) 5547 5700, Fax (55) 5547 2128
Niederlande	Mettler-Toledo B.V. , NL-4004 JK Tiel Tel. (0344) 638 363, Fax (0344) 638 390
Norwegen	Mettler-Toledo A/S , N-1008 Oslo Tel. 22 30 44 90, Fax 22 32 70 02
Österreich	Mettler-Toledo GmbH. , A-1230 Wien Tel. (01) 604 19 80, Fax (01) 604 28 80
Polen	Mettler-Toledo, Sp. z o.o. , PL-02-822 Warszawa Tel. (22) 545 06 80, Fax (22) 545 06 88
Russland	Mettler-Toledo C.I.S. AG , 101000 Moskau Tel. (495) 651 98 86, Fax (499) 272 22 74
Schweden	Mettler-Toledo AB , S-12008 Stockholm Tel. (08) 702 50 00, Fax (08) 642 45 62
Schweiz	Mettler-Toledo (Schweiz) GmbH , CH-8606 Greifensee Tel. (044) 944 45 45, Fax (044) 944 45 10
Singapur	Mettler-Toledo (S) Pte. Ltd. , Singapur 139959 Tel. 65-6890 0011, Fax 65-6890 0012
Slowakei	Mettler-Toledo , SK-83103 Bratislava Tel. (02) 4444 12 20-2, Fax (02) 4444 12 23
Slowenien	Mettler-Toledo, d.o.o. , SI-1261 Ljubljana – Dobrunje Tel. (01) 547 4900, Fax (01) 542 0252
Spanisch	Mettler-Toledo S.A.E. , E-08908 Barcelona Tel. 902 32 00 23, Fax 902 32 00 24
Taiwan	Mettler-Toledo Pac Rim AG , Taipeh Tel. (2) 2657 8898, Fax (2) 2657 0776
Thailand	Mettler-Toledo (Thailand) Ltd. , Bangkok 10320 Tel. 66-2-723 0300, Fax 66-2-719 6479
Tschechische Republik	Mettler-Toledo, spol. s.r.o. , CZ-10000 Praha 10 Tel. 272 123 150, Fax 272 123 170
Ungarn	Mettler-Toledo Kft. , H-1139 Budapest Tel. 06 1 288 4040, Fax 06 1 288 4050
USA	Mettler-Toledo, LLC , Columbus, OH 43240 Tel. 800-METTLER, Fax (614) 438 4900
Vietnam	Mettler Toledo Vietnam LLC. , Ho-Chi-Minh-Stadt Tel. +84 -8 -3551 -5924, Fax +84 -8 -3551 -5923
Für alle anderen Länder	Mettler Toledo AG Postfach VI-400, CH-8606 Greifensee Tel. +41-44-944 22 11, Fax: +41-44-944 31 70



www.mt.com

Mehr Informationen

Mettler-Toledo AG

Laboratory & Weighing Technologies
CH-8606 Greifensee, Switzerland

Technische Änderungen vorbehalten
© 07/2012 Mettler-Toledo AG
Printed in Switzerland 720905