

## Lexikon der Grundlegenden Metrologischen Begriffe

**© Copyright by RADWAG Elektronische Waagen**

Radom 2023

Auflage I

RADWAG Elektronische

Waagen

26-600 Radom, ul. Torunska 5

Tel. 48 48 3848800, Fax 48 48 3850010

E-Mail: [radom@radwag.pl](mailto:radom@radwag.pl)

<http://www.radwag.com>

## INHALTSVERZEICHNIS

1.	EINSTELLUNG .....	5
2.	AKKLIMATISIERUNG .....	6
3.	Messfehler .....	7
4.	ZULÄSSIGER GRENZFEHLER .....	7
5.	SYSTEMATISCHER FEHLER .....	8
6.	ZUFÄLLIGER FEHLER .....	8
7.	HAUSHALTSUNSICHERHEIT .....	8
8.	Gewicht .....	9
9.	WIEGEZEIT .....	10
10.	EMPFINDLICHKEIT .....	11
11.	Genauigkeit .....	12
12.	DIGITALER WIEGEPRÜFER .....	13
13.	DRIFT .....	14
14.	ZEICHEN FÜR DIE LEGALISIERUNG VON WAAGEN .....	15
15.	GMP – GUTE HERSTELLUNGSPRAXIS .....	16
16.	Benannte Stelle .....	17
17.	Kalibrierung .....	17
18.	KILOGRAMM .....	18
19.	Linearität .....	19
20.	Gewicht .....	20
21.	MINDESTGEWICHT .....	21
22.	UMWELTMODUL DER WAAGE .....	22
23.	ÜBERWACHUNG DER WIEGEQUALITÄT .....	23
24.	MESSUNSICHERHEIT .....	24
25.	MINDESTBELASTUNG .....	25
26.	ZENTRIZITÄTSABWEICHUNG .....	26
27.	GEWICHT .....	27
28.	PERSONAL .....	28
29.	WAAGEREAKTION .....	29
30.	MESSPRÄZISION .....	30
31.	BALANCE-AUFLÖSUNG .....	31
32.	AUFTRIEBSKRAFT .....	32
33.	KONSISTENZ MESSUNG .....	33
34.	THERMOGRAVIMETRIK .....	34
35.	Gewicht .....	35
36.	FEUCHTERANALYSATOR .....	36
37.	VALIDIERUNG .....	37
38.	ARBEITSBEDINGUNGEN DER WAAGE .....	38
39.	MATERIALFEUCHTIGKEIT .....	39
40.	KALIBRIERUNG .....	40
41.	GEWICHTSSTANDARD .....	41
42.	WIEGEBEREICH .....	42
43.	RUNDUNG DER WIEGEERGEBNISSE .....	42



## EINSTELLUNG

Eine Reihe von Tätigkeiten, durch die ein Messgerät bestimmungsgemäß betrieben wird. Bei elektronischen Waagen erfolgt die Korrektur der Waagenempfindlichkeit durch den Vergleich des Wiegeergebnisses des internen Justiernormals mit seinem Referenzwert. Solche Vergleiche werden in automatischen Zyklen durchgeführt, die durch Temperatur- und Zeitänderungen gesteuert werden, oder halbautomatisch, gesteuert durch den Bediener.

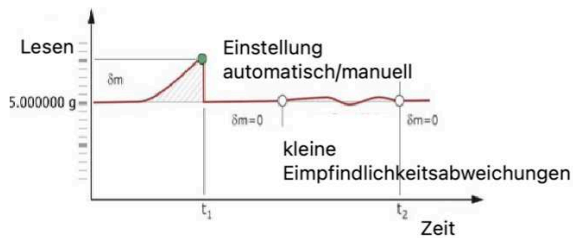


Abbildung 1. Prinzip der Justierung

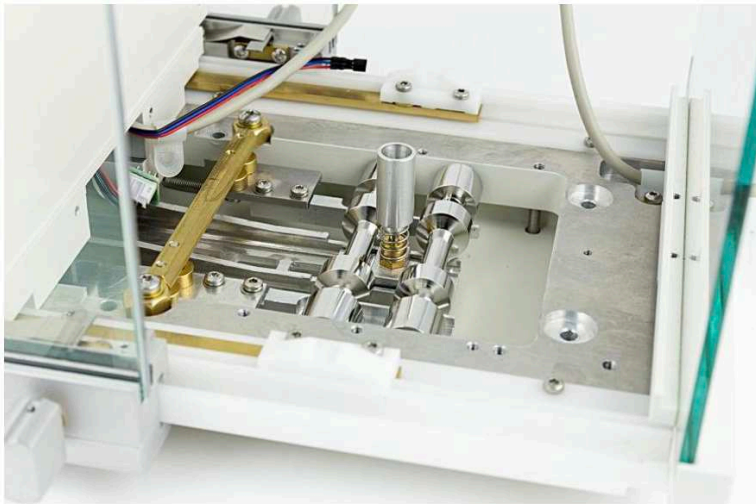


Abbildung 2. Automatisches Justiersystem für Waagen der XA-Serie

## AKKLIMATISIERUNG

Der Prozess der Stabilisierung einer elektronischen Waage, nachdem sie an das Netzwerk angeschlossen wurde und ein erheblicher Temperatur- oder Feuchtigkeitsunterschied zwischen der Waage und der Umgebung, in der sie verwendet werden soll, besteht. Die Akklimatisierungszeit hängt von der Auflösung der Waage und dem Temperaturunterschied zwischen der Waage und der Arbeitsumgebung ab. In der Praxis beträgt die Akklimatisierungszeit der Waage etwa 12 Stunden. Es ist möglich, die Waage während der Stabilisierung zu verwenden, jedoch sollte ihre mögliche Variabilität während der Akklimatisierung berücksichtigt werden.

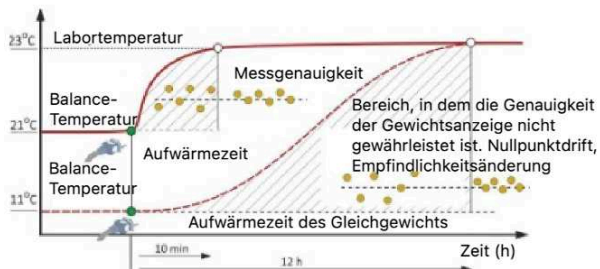


Abbildung 3. Prozess der Gleichgewichtsakklimatisierung



Abbildung 4. Kontrolle der Umgebungsbedingungen – Mikrowaage MYA 5,5Y



## Messfehler

Der Messfehler ist die Differenz zwischen dem Messergebnis und dem tatsächlichen Wert der Messgröße.

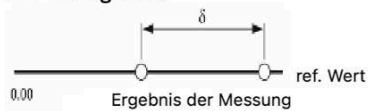


Abbildung 5. Bestimmung des Fehlers bei der Massenmessung

## ZULÄSSIGE FEHLERGRENZE

Die maximal zulässige positive oder negative Differenz zwischen der Anzeige der Waage und dem entsprechenden korrekten Wert, wie durch die Referenzgewichtseinheit (Referenzwert) oder die Anforderungen des Herstellers definiert. Jede Laborwaage unterliegt einer Inspektion durch die QC-Abteilung, die die Messwerte der Waage mit den bei Radwag geltenden Grenzwerten vergleicht.



Abbildung 6. Analysenwaage XA 82/220.5Y – messtechnische Dokumentation

## SYSTEMATISCHER FEHLER

---

Der systematische Fehler ist eine Komponente des Messfehlers, die bei wiederholten Messungen konstant bleibt oder sich auf vorhersehbare Weise ändert. Der Referenzwert für den systematischen Messfehler ist der tatsächliche Wert des Messnormal mit vernachlässigbarer Messunsicherheit oder eine konventionelle Größe. Zur Kompensation bekannter systematischer Messfehler kann eine Messkorrektur eingesetzt werden.

Quelle: Internationales Vokabular der Metrologie – Grundlegende und allgemeine Konzepte und zugehörige Begriffe (VIM). 2007

## ZUFÄLLIGER FEHLER

---

Zufälliger Fehler ist eine Komponente des Messfehlers, die sich bei wiederholten Messungen unvorhersehbar ändert. Bei einer einzelnen Messung handelt es sich um die Differenz zwischen dem Messergebnis und dem Mittelwert einer unendlichen Anzahl von Messergebnissen derselben Messgröße, die unter Wiederholbarkeitsbedingungen durchgeführt wurden.

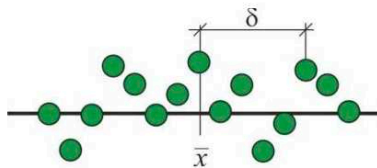


Abbildung 7. Zufälliger Messfehler

Quelle: Internationales Vokabular der Metrologie – Grundlegende und allgemeine Konzepte und zugehörige Begriffe (VIM). 2007

## HAUSHALTSUNSICHERHEIT

---

Eine Sammlung aller Faktoren, die die Genauigkeit des Wiegevorgangs beeinflussen. Berücksichtigt werden Waagenparameter wie Ablesereinheit, Wiederholbarkeit der Ablesungen etc., die Beurteilung kann sich aber auch auf andere Bereiche erstrecken, sofern diese wichtige Informationen enthalten. Das Unsicherheitsbudget sollte nur diejenigen Komponenten umfassen, die einen signifikanten Einfluss auf die Massenmessung haben.



## GEWICHT

Die Schwerkraft, die ein anderer Körper, z. B. die Erde, auf einen bestimmten Körper ausübt. Zwei beliebige Körper ziehen sich gegenseitig mit einer Kraft an, die direkt proportional zum Produkt ihrer Massen und umgekehrt proportional zum Quadrat des Abstands zwischen ihnen ist (das Gesetz der universellen Gravitation).

Jede elektronische Waage misst die Schwerkraft, mit der das Wiegegut von der Erde angezogen wird. Die Schwerkraft variiert je nach Breitengrad und Höhe über dem Meeresspiegel, weshalb eine Justierung der Waage nach dem Transport zum Einsatzort erforderlich ist.

$$F = m \cdot g$$

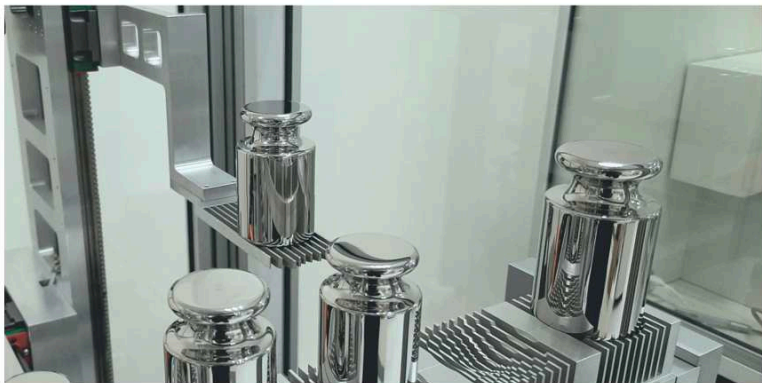


Abbildung 8. Vergleich der Massestandards im Automatikmodus

### **Kommentar**

Aufgrund der Dichteunterschiede zwischen Massestandards (ca.  $8\text{g/cm}^3$ ) realen Proben ist die Masse realer Proben die sogenannte Vertragsmasse. Wenn Sie die Dichte der gewogenen Probe kennen, können Sie deren wahre Masse mit den Waagen der 5Y-Serie bestimmen.

## WIEGEZEIT

Unter Wiegezeit versteht man die Zeit, die benötigt wird, um einen bestimmten Messzyklus abzuschließen. Dazu gehören Tätigkeiten wie das Öffnen des Wiegeraums, das Auflegen der Last auf die Waagschale, das Schließen des Wiegeraums, die Übernahme des Wiegeergebnisses, das Öffnen des Wiegeraums und das Entfernen der Last die Waagschale.

Die Stabilisierungszeit ist die Zeit, nach der das Wiegeergebnis der Probe im Akzeptanzbereich liegt. Der Akzeptanzbereich wird durch die maximale Abweichung des Wiegeergebnisses bestimmt, die unter Berücksichtigung der Qualitätsanforderungen bei der Massenmessung akzeptiert werden kann.



Abbildung 9. Waage AS 220.X2 – Messung der Flüssigkeitsmasse

### **Kommentar**

Aufgrund der individuellen Eigenschaften und Fähigkeiten der Bediener ist es schwierig, die Vorgänge beim Aufsetzen der Last auf die Pfanne abzuschätzen. Die tatsächliche Stabilisierungszeit der Probe hängt nicht wesentlich von ihrer Masse ab. Durch Ändern der Waagenparameter, beispielsweise des Wiegeprofils, können Sie kürzere Stabilisierungszeiten erreichen. Beachten Sie jedoch, dass eine Erhöhung der Stabilisierungsgeschwindigkeit normalerweise zu einer Verschlechterung der Wiegegenauigkeit führt.

## EMPFINDLICHKEIT

Die Empfindlichkeit einer elektronischen Waage ist der Quotient aus der Änderung der Messsystemanzeige ( $\Delta R$ ) und der entsprechenden Wertänderung der Messgröße ( $\Delta m$ ).

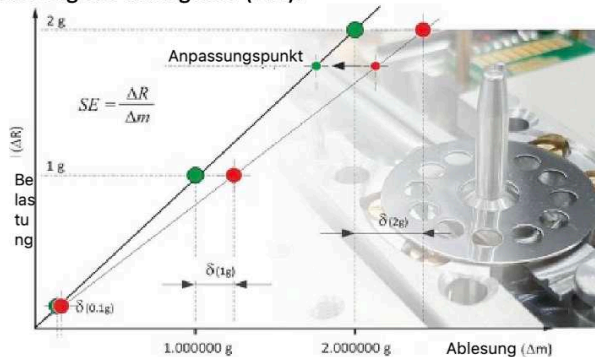


Abbildung 10. Empfindlichkeitseinstellung mittels Waagenjustierung – Ansicht des internen Justierstandards der Mikrowaagen der MYA 5Y-Serie

Aufgrund der Unvollkommenheit der Messmethoden und -instrumente schwankt die Empfindlichkeit der Waage um den Zielwert. Die Empfindlichkeit wird beim Anpassen der Skala automatisch oder halbautomatisch angepasst.

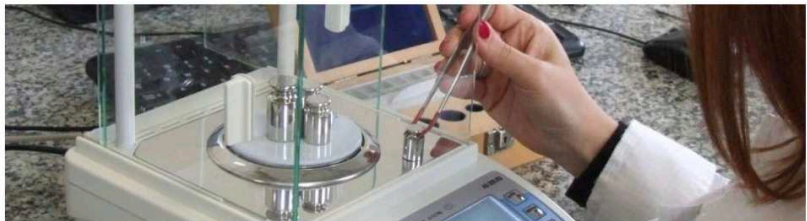


Abbildung 11. Balance-Empfindlichkeitskontrolle mit Massenstandards – QC Radwag

## Genauigkeit

Genauigkeit ist der Grad der Übereinstimmung zwischen dem Testergebnis und dem angenommenen Referenzwert. Genauigkeit ist ein qualitatives, kein quantitatives Konzept und kann nicht numerisch ausgedrückt werden. Eine Messung kann als genau bezeichnet werden, wenn der mit der Messung verbundene systematische und zufällige Fehler einen akzeptablen Wert hat – er liegt innerhalb der definierten Grenzen.

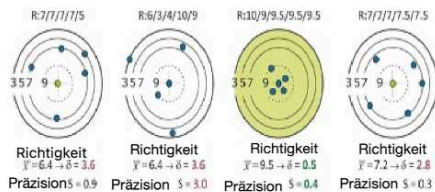


Abbildung 12. Systematischer Fehler (Richtigkeit) und zufälliger Fehler (Präzision) einer Messreihe

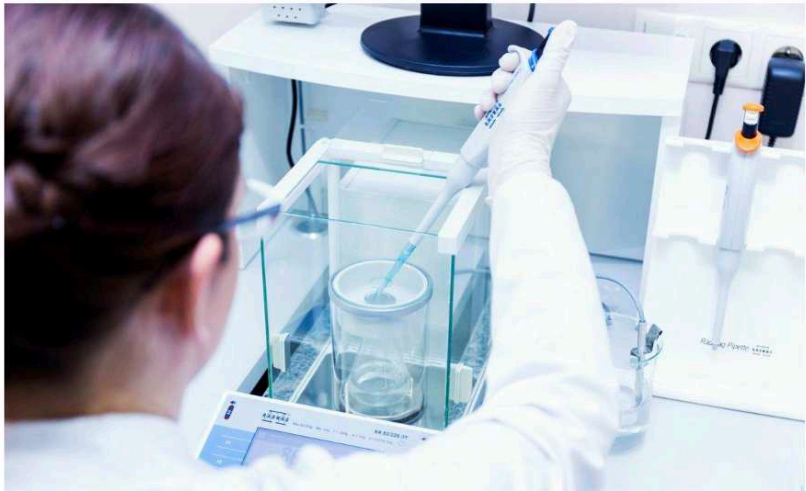


Abbildung 13. Kontrolle des Volumens von Kolbenhubpipetten – Bewertung systematischer und zufälliger Fehler

## DIGITALER WIEGERPRÜFER

Die Vorbereitung der Waage für den Gebrauch ist der erste Schritt für eine genaue Gewichtsmessung. Digital Weighing Auditor ist eine fortschrittliche Wiegeanwendung, die den Status der Waage online überwacht und über die Notwendigkeit von Anpassungen und Nivellierungen sowie über übermäßige Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen in der Arbeitsumgebung informiert. Alle Informationen werden in der Datenbank erfasst und können abgerufen werden (Audit Trail).



Abbildung 14. AP 12.5Y – Volumenkontrolle von Kolbenhubpipetten im Automatikmodus

Die Überwachung des Waagenbetriebs ist nicht nur bei herkömmlichen Messungen erforderlich, sondern auch bei jedem anderen Prozess, der Massenmessungen verwendet, z. B. Überprüfung des Volumens von Kolbenpipetten, Kontrolle prozentualer Abweichungen vom Standard, Bestimmung der Probedichte usw.

### **Kommentar**

Die DWA-Funktion ist eines der Elemente des sogenannten Audit Trail, der die Sicherheit und Zuverlässigkeit der Daten garantiert. Mit dieser Lösung können Sie den Ablauf der Massenmessung, Dateneingabe, Berichterstellung und Vornahme erheblicher Änderungen an den Waageneinstellungen nachbilden. Es wird von der Pharmaindustrie gemäß den FDA-Vorschriften (21 CFR Part 11) gefordert, kann aber in jedem Qualitätsmanagementsystem eingesetzt werden.



## DRIFT

Die Schwankungen der Anzeigen der Waage während des Gebrauchs und die Abweichung der Nullanzeige der Waage können während der Akklimatisierung beobachtet werden. Dieser Prozess verschwindet nach Erreichen der thermischen Stabilisierung. Unter Drift des Wiegeergebnisses versteht man die Schwankung der Anzeigen der Waage bei Belastung der Waagschale mit einer Last. Instabilitätsquellen sind: Prozesse der Feuchtigkeitsaufnahme durch die Probe, das Auftreten unausgeglichener elektrostatischer Ladungen auf den Oberflächen der Wiegeproben, übermäßige Luftbewegung, Bodenvibration.



Abbildung 15. Statische Elektrizität bei der Filtermassenmessung – DJ-04 Ionisator

## **Kommentar**

Die Schwankung der Skalanzeige (Drift) bei typischen Wägungen ist ein ungünstiges Phänomen, das minimiert werden sollte. In manchen Fällen kann die Dynamik, also die Drift von Prozessen wie Sorption und Desorption, durch die Möglichkeit der automatischen Übermittlung von Wiegeergebnissen untersucht werden. Mit professionellen Analysenwaagen der XA.5Y-Serie ist die Erfassung selbst kleinster Massenänderungen möglich.



## ZEICHEN FÜR DIE LEGALISIERUNG VON WAAGEN

Skalenverifizierungseinheit (e) – konventioneller Wert, der zur Bewertung und Klassifizierung von Skalen verwendet wird. Der Begriff stammt aus dem gesetzlichen Messwesen der OIML. Der kleinste Wert der Legalisierungseinheit beträgt 1 mg ( $10^{-3}$ g) und ist somit die kleinste Masse des Gewichts, die hergestellt werden kann (OIML R111-1).



Abbildung 16. Ausschnitt aus der Darstellung der Mikrowaagen MYA 5,5Y

Der Wert der Einheit (d) von Laborwaagen kann im Bereich von  $10^{-4} \div 10^{-7}$  liegen und ist deutlich kleiner als der Wert der gesetzlichen Einheit. Diese Abhängigkeit zwingt zur Verwendung anderer Methoden bei der Überprüfung der Genauigkeit von Skalenangaben. Besonders deutlich wird dies bei Mikrowaagen und Ultramikrowaagen – die Fehler von Massennormalen und die Unsicherheit ihrer Bestimmung können zu groß sein.

0.000000g

The image shows the number '0.000000g' with two boxes highlighting the digits '0' and '0' at the 4th and 6th decimal places. Above the 4th decimal place box is the letter 'e', and above the 6th decimal place box is the letter 'd'.

Abbildung 17. Verifizierungs- (e) und Ablesediagramm (d) von Mikrowaagen der MYA-Serie

## GHP – GUTE HERSTELLUNGSPRAXIS

GMP – Good Manufacturing Practice, eine Reihe von Standards, die in der industriellen Produktion verwendet werden und eine hohe Qualität des Endprodukts garantieren. Sie gewährleisten auch die Kontrolle über die Qualität und Herkunft der Rohstoffe. GMP-Standards wurden ursprünglich für die Pharmaindustrie entwickelt, werden mittlerweile aber auch von Kosmetikunternehmen, Herstellern von Nahrungsergänzungsmitteln etc. verwendet.



Abbildung 18. Beispiel eines Skalenanpassungsberichts

### **Kommentar**

Bei Massenmessungen bedeutet GMP die Prüfbarkeit aller mit dem Wiegen verbundenen Prozesse wie Protokollierung, Messung, Drucken, Datenübertragung und Berichterstellung. Jedes Prozesselement ist einem bestimmten Bediener und der Zeit zugeordnet, in der der Prozess gestartet und abgeschlossen wurde.

## Benannte Stelle

Eine von den zuständigen Behörden jedes Mitgliedsstaats der Europäischen Union benannte Organisation, die Aufgaben wahrnimmt, die sich aus den Bestimmungen der einzelnen Richtlinien des neuen Konzepts ergeben. Auf Wunsch des Herstellers prüft die benannte Stelle die Übereinstimmung der Waagen mit den gesetzlichen Anforderungen. Stellt Baumusterprüfbescheinigungen für Waagen und die sog. aus Prüfzeugnisse für Messgeräte (Messgeräte), die zum Bau von Waagen und Wiegesystemen verwendet werden können. Die europäischen benannten Stellen sind NMI (Niederlande), PTB (Deutschland), LNE (Frankreich), CMI (Tschechische Republik), GUM (Polen) usw.

## Kalibrierung

Kalibrierung, ein Begriff, der historisch mit dem Prozess der Justierung einer Waage identifiziert wurde (siehe Justierung). Es hat seinen Ursprung vermutlich im englischen Wort **Calibration**, was Kalibrierung bedeutet, also die Bestimmung der Abweichungen eines Messgerätes. Bei der Kalibrierung elektronischer Waagen werden in der Regel keine Korrekturen an der Empfindlichkeit der Waage vorgenommen, sodass die Anzeigen der Waage nicht wirklich angepasst werden.



Abbildung 19. Unterschied zwischen Justierung (Kalibrierung) und Kalibrierung

## KILOGRAMM

Früher handelte es sich um eine Masse eines Iridium-Platin-Zylinders mit einem Durchmesser gleich seiner Höhe, der in Sèvres bei Paris gelagert wurde. Leider wurden im Laufe der Jahre erhebliche Schwankungen in der Masse des Standards festgestellt, was Wissenschaftler dazu veranlasste, eine neue Formel zu entwickeln, die die Masse von 1 kg beschreibt. Derzeit verwendet die Definition von 1 kg das Plancksche Wirkungsquantum und die technische Definition wird mit dem sogenannten umgesetzt Wattgewichte.

Kilogramm-Definition – eine Masseneinheit, Symbol kg, wird definiert, indem der feste numerische Wert der Planckschen Konstante  $h$  verwendet wird, der  $6,626\,070\,15 \times 10^{-34}$  beträgt, ausgedrückt in der Einheit Js, die gleich  $\text{kg m}^2 \text{s}^{-1}$  ist, wobei das Metrum und die Sekunde definiert sind, sind durch  $c$  und  $\Delta \nu_{\text{Cs}}$  gegeben .

$$m = \frac{UI}{gv}$$

wobei:  $U$  – Spannung;  $I$  – aktuell;  $g$  – Erdbeschleunigung  
 $v$  – Geschwindigkeit der Spulenbewegung

### Kommentar

Um die Maßeinheit 1 kg nachzubilden, werden zwei Versuche durchgeführt, der erste mit einer Belastung, wenn ein Strom  $I$  durch eine stationäre Spule fließt. Dabei wird die elektrodynamische Kraft, die zwischen zwei Spulen mit gewickeltem Draht auftritt, gemessen und anschließend zur Berechnung herangezogen die jetzige. Gemessen wird der in den Spulen fließende Strom, der benötigt wird, um die Waage bei Belastung mit Masse in der Gleichgewichtslage zu halten. Auf diese Weise lässt sich das Massennormal über die Stärke des Magnetfeldes reproduzieren.

$$w = m \cdot g = B \cdot L \cdot I$$

Dynamisches Experiment, ohne Last – die gleiche Spule bewegt sich im gleichen Magnetfeld mit bekannter Geschwindigkeit  $v$ , und es fließt kein Strom durch die Spule. Wenn sich eine Drahtspule mit einer bekannten Geschwindigkeit  $v$  in einem Magnetfeld  $w$  bewegt, dann entsteht nach dem Faradayschen Gesetz der elektromagnetischen Induktion an den Enden des Drahtes eine Spannung  $U$ .

$$U = B \cdot L \cdot v$$

## Linearität

Abweichung der tatsächlichen Waagenlinearitätskennlinie von der Geraden, die die ideale Waagengleichung beschreibt. In der Praxis gibt es keine idealen Waagen, daher sind die Waagenkennlinien nie eine gerade Linie. Der Produktionsprozess strebt danach, solche Eigenschaften zu erreichen.

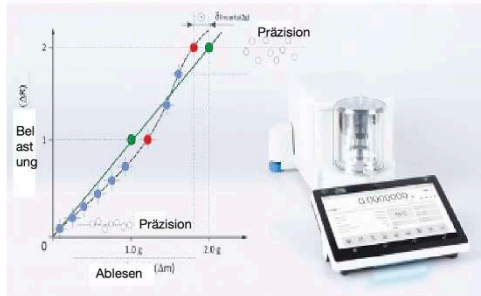


Abbildung 20. Hypothetische Linearitätskurve einer Mikrowaage

### Kommentar

Der in den technischen Daten der Waage angegebene Linearitätsfehler ist die größte aufgezeichnete Abweichung über den gesamten Messbereich. Die Linearität wird mit zertifizierten Massestandards bestimmt – dieser Parameter kann nicht mit einer realen Probe bestimmt werden. Abhängig von der Auflösung der Waage können verschiedene Methoden zur Linearitätsprüfung verwendet werden.

## Gewicht

Ein Maß für die Trägheit, also die Tendenz eines Körpers, in Ruhe zu bleiben oder sich mit einer bestimmten Geschwindigkeit zu bewegen. Im Allgemeinen wird darunter die Menge an Materie und Energie verstanden, die in einem physischen Objekt angesammelt ist – **sie hat einen konstanten Wert** und hängt nicht von seinem Standort ab. Die Masse im Wiegeprozess kann aufgrund der Feuchtigkeitsaufnahme, z. B. beim Wiegen von Pulvern, Schwankungen aufweisen. Wenn das Phänomen der statischen Elektrizität auftritt, zeigt die Masse der Wiegeprobe eine zunehmende oder abnehmende Drift in der Anzeige, →siehe Drift.



Abbildung 21. Komparator der WAX-Serie – Bestimmung der Masse des Gewichts

### Kommentar

Entgegen der landläufigen Meinung ist die Masse kein Ausdruck der Menge an Materie, die nach dem Internationalen Einheitensystem in Mol angegeben wird.



## MINDESTENSGEWICHT

Mindestgewicht der sogenannten Probe MSW – das ist der Wert, der den Beginn des Wiegebereichs jeder Waage bestimmt. Messungen unterhalb dieser Schwelle gelten als ungenau. Zur Bestimmung des Hausmülls wird die folgende Beziehung verwendet:

$$MSW = 2000 \cdot S$$

Wo:

S – Standardabweichung aus einer Reihe von 10 Messungen

Der Zustand, der MSW beschreibt, ergibt sich direkt aus den Anforderungen von USP 41 „Weighing on the analytical balances“ und Ph. Euro. 1.2.7. wo die Voraussetzung für die Genauigkeit der Wiege kleiner Massen gegeben ist.

$$K = \frac{1,5^*}{M} \leq 0,10\% \rightarrow \frac{2 \cdot S}{m} \leq 0,001$$

**Kommentar**

Die kleinstmögliche Standardabweichung aus einer Messreihe beträgt 0,41 d, sodass der kleinste Wert für MSW je nach Skaleneinheit (d) sein kann:

- d = 0,01 mg → Hausmüll = 0,41 · 0,01 mg · 2000 = 8,2 mg
- d = 0,001 mg → Hausmüll = 0,41 · 0,001 mg · 2000 = 0,82 mg
- d = 0,0001 mg → Hausmüll = 0,41 · 0,0001 mg · 2000 = 0,082 mg



Abbildung 22. MSW-Funktion in Skalen der 5Y-Serie

### UMWELTMODUL DER WAAGE

Grundlegende Umgebungsparameter (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Druck, Bodenvibrationen) werden automatisch durch die internen Sensoren der Waage gesteuert. Die Ermittlung der Grenzwerte und der Änderungsdynamik dieser Werte bei gleichzeitiger Visualisierung ist ein ergonomisches und effizientes Arbeitsmittel.



Abbildung 23. XA 82/220.5Y-Waage mit einem zusätzlichen Umgebungsbedingungsensoren

Es besteht auch die Möglichkeit, externe Sensoren an das Menü der Waage anzuschließen, die direkt am Arbeitsplatz Informationen über die Umgebungsbedingungen im Labor liefern.

## ÜBERWACHUNG DER WIEGEQUALITÄT

Das Funktionsprinzip jeder Waage besteht darin, die Kraft zu messen, mit der die Erde die gewogene Last anzieht. Zusätzliche Stöße, die durch falsches Auflegen der Last auf die Waagschale entstehen, können die Messgenauigkeit erheblich beeinträchtigen. Dies ist besonders wichtig beim Abwiegen kleiner Substanzportionen. Die neuesten Lösungen der Waagen der 5Y-Serie überwachen die Dynamik der Ladelasten und informieren den Benutzer über die Qualität dieses Prozesses. Das rote Symbol zeigt an, dass die Auswirkung beim Auftragen der Probe zu groß war.



Abbildung 24. Automatische Beurteilung der Qualität des Wiegevorgangs

### **Kommentar**

Die Schlagsignalisierung ist nicht gleichbedeutend mit dem Auftreten eines Messfehlers, sondern eine Information über die Notwendigkeit, die Fähigkeit zum Auflegen von Proben auf die Waagschale zu verbessern oder die im Labor verwendete Methode zu überprüfen, z. B. durch die Einführung einer Automatisierung

## MESSUNSICHERHEIT

Die Messunsicherheit ist ein nicht negativer Parameter, der die Streuung des Werts einer Größe charakterisiert, der der gemessenen Größe zugeordnet ist und auf der Grundlage der erhaltenen Informationen berechnet wird\*). Die Messunsicherheit vom Typ A wird durch die Standardabweichung einer Messreihe definiert und dient zur Beurteilung der Genauigkeit beim Wiegen kleiner Proben.

$$u(x) = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{(n - 1)}}$$

Die Unsicherheit vom Typ B wird unter Berücksichtigung aller relevanten Informationen zum Massenmessprozess geschätzt, wie z. B. Linearitätsfehler, Zentritätsfehler, Fehler am Messpunkt usw. Jedes Ergebnis der Massenmessung einer Probe sollte zusammen mit seiner Unsicherheit angegeben werden.

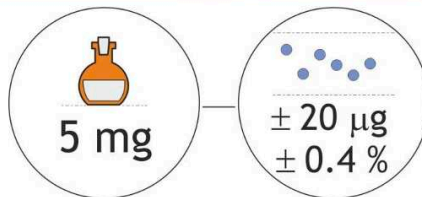


Abbildung 25. Messunsicherheit

\*) – Internationales Vokabular der Metrologie – Grundlegende und allgemeine Konzepte und zugehörige Begriffe (VIM), 3. Auflage.

## MINDESTBELASTUNG

Gemäß den Bestimmungen der OIML R 76 ist die Mindestlast der Lastwert, unterhalb dessen die Wiegeergebnisse mit übermäßigen relativen Fehlern belastet sein können. Der Wiegebereich jeder Waage reicht von minimaler bis maximaler Last. Nach dem gesetzlichen Messwesen wird der Wert der Mindestmasse durch die Beziehung zur Einheit der Waage bestimmt, abhängig von der Genauigkeitsklasse der Waage:

- Min = 100d (Genauigkeitsklasse I)
- Min = 50d oder 20d (Genauigkeitsklasse II)



Abbildung 26. Mindestlast auf der Waage

### **Kommentar**

PN-EN 45501:2015 „Messtechnische Fragen nichtselbsttätiger Waagen“ ist eine Norm, die alle Anforderungen im Zusammenhang mit der Konstruktion, dem Betrieb und der Kennzeichnung von Waagen beschreibt, die im Bereich der gesetzlichen Messtechnik eingesetzt werden können.

## ZENTRIZITÄTSABWEICHUNG

Zentrierabweichung gem OIML R76 wird mithilfe eines Massestandards bestimmt

$\frac{1}{4}$  der Maximallast der Waage in der Mitte jedes der 4 Segmente der Waagschale. Der Wiegefehler des Massennormals sollte geringer sein als der maximal zulässige Fehler für die aufgebrachte Last.

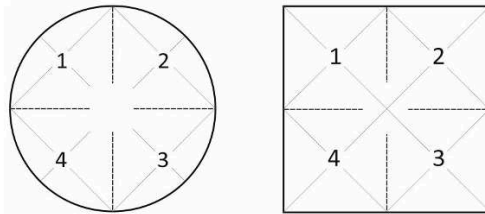


Abbildung 27. Kontrollpunkte für Zentritätstests

Die differenzielle Zentritätsabweichung \*) ist die Differenz, die zwischen der Anzeige auftritt, wenn der Standard außerhalb der Mitte der Waagschale platziert wird, und der Anzeige, wenn derselbe Standard genau in der Mitte der Waagschale platziert wird.



Abbildung 28. Zentritätstest der XA 220.5Y-Waage

++) I-CAL-GUI-018/v4.0/2015-10-01



## GEWICHT

Gewichte sind Messgeräte, die als Maßnormale dienen. Ihre Spezifikationen sind in Dokumenten wie OIML R111, Gewichte der Klassen  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $M_1$ ,  $M_{1-2}$ ,  $M_2$ ,  $M_{2-3}$  und  $M_3$  definiert. Teil 1: Metrologische und technische Anforderungen“, ASTM E617-18 „Standard Specification for Laboratory Weights and Precision Mass Standards“.

OIML – die Internationale Organisation für gesetzliches Messwesen hat messtechnische Anforderungen für Gewichte im Bereich der weltweit vorgeschriebenen Legalisierung definiert. Die Anforderungen werden hinsichtlich Genauigkeitsklassen, Material, Form, Kennzeichnung, Dichte, Magnetismus etc. spezifiziert. Gewichte werden im Bereich des gesetzlichen Messwesens eingesetzt und bedürfen als Messgeräte einer Nacheichung.

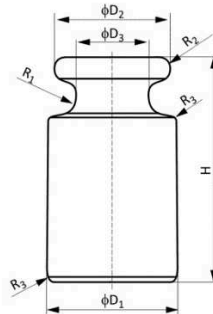


Abbildung 29. Gewicht nach OIML-  
Gesamtabmessungen

In der Praxis werden bei der Beurteilung der Funktionsweise von Waagen Massennormale verwendet, die dieselben physikalischen Eigenschaften wie Gewichte aufweisen. Massennormale haben eine spezifische Masse und die Unsicherheit ihrer Bestimmung und unterliegen nicht dem gesetzlichen Messwesen.



Abbildung 30. Satz Massenstandards

## PERSONAL

Die besten Ergebnisse werden erzielt, wenn sich das Personal der Bedeutung der durchgeführten Tätigkeiten bewusst ist und gleichzeitig die Messmöglichkeiten und -grenzen kennt, die sich aus der verwendeten Messmethode und den verwendeten Geräten ergeben. Bei Massenmessungen kommt es auf die Wiegetechnik und die Fähigkeit an, das Messergebnis richtig einzuschätzen. Die von Radwag hergestellten Analysen- und Mikrowaagen ermöglichen die Messung der Masse von Proben von mehreren Milligramm (mg) mit einer Genauigkeit von mehreren Mikrogramm ( $\mu\text{g}$ ). Ein scheinbar einfacher Prozess kann durch viele äußere Faktoren gestört werden.



Abbildung 31. Personal – gute Wiegepraxis

Der Erwerb entsprechender Fähigkeiten zur korrekten Durchführung von Massenmessungen erfolgt nur durch praktische Tests, Wissen ist etwas völlig anderes als Fertigkeiten. Vor diesem Hintergrund bietet Radwag die Möglichkeit, an zyklischen theoretischen und praktischen Schulungen teilzunehmen.

## WAAGEREAKTION

Die Fähigkeit der Waage, auf kleine Laständerungen zu reagieren. Die Reaktionsschwelle ist der Wert der kleinsten Zusatzbelastung, die bei sanftem Aufsetzen bzw. Entfernen von der Unterlage eine spürbare Veränderung der Indikation hervorruft. Die Reaktion der Waage kann wichtig sein, wenn sehr kleine Substanzmengen dosiert werden oder bei Prozessen, bei denen Schwankungen der Waagenwerte beobachtet werden, wenn die Probe ständig auf der Unterlage liegt.



Abbildung 32. Dosierung von Inhaltsstoffen bei der Lackherstellung

### **Kommentar**

Eine zu geringe Erregbarkeit des Gleichgewichts kann zu übermäßigen relativen Fehlern führen. Bei typischen Wiegevorgängen, wenn die Probenmasse erheblich ist, ist die Erregbarkeit kein wichtiger messtechnischer Faktor .

## MESSPRÄZISION

Unter Messgenauigkeit versteht man die Konvergenz zwischen Angaben oder Werten von Messgrößen, die an gleichen oder ähnlichen Objekten unter bestimmten Bedingungen ermittelt wurden. Das Maß für die Messgenauigkeit ist die Standardabweichung  $S$  einer Messreihe. Anhand des  $S$ - Wertes lässt sich mit einiger Wahrscheinlichkeit feststellen, wo sich der Messwert befindet.

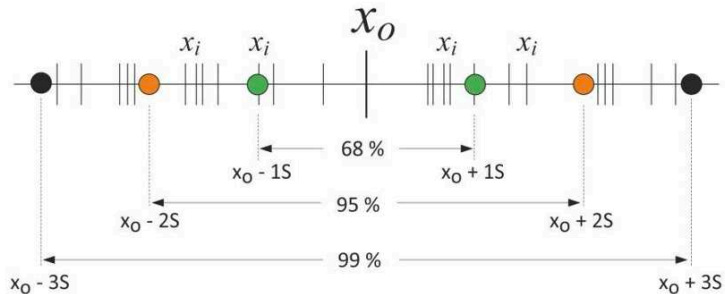


Abbildung 33. Messgenauigkeit – 3-Sigm-Regel

wobei  $x_0$  – Durchschnittswert  
 $x_i$  – Messergebnis  
 $S$  – Standardabweichung

Je kleiner der Wert der Standardabweichung ( $S$ ) ist, desto präziser ist die Messung und desto besser konzentrieren sich die Ergebnisse um den Mittelwert. Die Genauigkeit der Messung hängt davon ab

- Prüfbedingungen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Vibration),
- Größe und Form des gewogenen Objekts
- Wiegefähigkeiten (keine Auswirkungen),
- thermische Stabilität des Maßstabs und in geringem Maße
- Zentritätsfehler

## BALANCE-AUFLÖSUNG

Bei elektronischen Waagen ist die Auflösung die Differenz der Messwerte, die einer Änderung der niedrigstwertigen Ziffer um eine Einheit entspricht. Typische Auflösungen von Laborwaagen liegen im Bereich von  $10^{-2}$  bis  $10^{-7}$  g.



Abbildung 34. Kontrolle des Volumens von Kolbenhubpipetten

### **Kommentar**

Der Begriff Auflösung sollte nicht mit dem Konzept der Genauigkeit von Skalenangaben gleichgesetzt werden, die von vielen Faktoren abhängt. Einige Prozesse erfordern den Einsatz einer Waage mit einer bestimmten Auflösung, z. B. die Volumenkontrolle von Kolbenhubpipetten .

## AUFTREBSKRAFT

Die Auftriebskraft ist die Kraft, die bei Vorhandensein der Schwerkraft auf einen in einer Flüssigkeit oder einem Gas eingetauchten Körper wirkt. Die Auftriebskraft ist senkrecht nach oben gerichtet, entgegen der Schwerkraft. Der Wert der Auftriebskraft ist gleich dem Gewicht der von diesem Körper verdrängten Flüssigkeit gemäß der Beziehung:

$$F_w = \rho \cdot g \cdot V$$

Wo:  $\rho$  – Dichte des Mediums, in dem sich der Körper befindet  
(Flüssigkeit oder Gas)  $g$  – Erdbeschleunigung  
 $V$  – ist das verdrängte Flüssigkeitsvolumen, das dem Volumen des in die Flüssigkeit eingetauchten Körperteils entspricht.

Die Konsequenz der Auftriebskraft bei Massenmessungen ist die Unterscheidung zwischen der konventionellen Masse des Körpers (konventionelle Masse) und der physikalischen Masse, also der Menge an Materie, die ein bestimmter Körper hat. Wenn die physikalische Masse des Körpers bekannt ist, kann der Wert der konventionellen (konventionellen) Masse gemäß den Richtlinien der OIML D 28 „Konventioneller Wert des Ergebnisses der Wägung in Luft“ mit folgender Beziehung berechnet werden:

$$m_c = \frac{(1 - \rho_0)/\rho}{(1 - \rho_0)/\rho_c}$$

wo:  $m_c$  – Vertragsgewicht (konventionell)  
 $\rho$  – Dichte des gewogenen Körpers  
 $\rho_0$  – Luftdichte  
 $\rho_c$  – Referenzstandarddichte, 8000 kg/m<sup>3</sup>



## KONSISTENZ MESSUNG

Die Eigenschaft einer Messung oder eines Maßmaßes, dass sie durch eine ununterbrochene Kette von Vergleichen, die alle bestimmte Unsicherheiten aufweisen, auf Referenzen bezogen werden kann, bei denen es sich im Allgemeinen um nationale Standards oder internationale Maßeinheiten handelt.

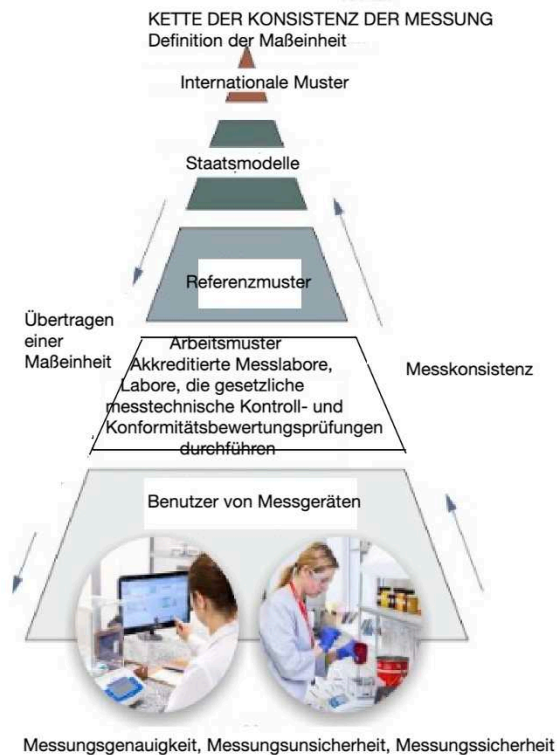


Abbildung 35. Rückverfolgbarkeit bei Massenmessungen

## THERMOGRAVIKMETRIK

Eine Technik zur Bestimmung des Masseverlusts einer Probe, der beim kontrollierten Erhitzen auftritt. Dabei werden der Gewichtsverlust der Probe, der Trockenmassegehalt und die Luftfeuchtigkeit berechnet und eine Trocknungskurve erstellt. Die Thermogravimetrie als physikalisches Verfahren ist die Grundlage für den Betrieb von Feuchtemessgeräten, mit denen der Wassergehalt bzw. die Trockenmasse verschiedener Produkte schnell bestimmt werden kann.



Abbildung 36. Thermogravimetrie – Mikrowellen-Feuchtheitsanalysator PMV 50.5Y

### **Kommentar**

Die Prüfung des Wassergehalts mit Feuchtemessgeräten erfordert eine Validierung. Dies ist ein wesentliches Element, das sicherstellt, dass die verwendete Methode genau ist und austauschbar mit Referenzmethoden verwendet werden kann.

## Gewicht

---

Ein Messgerät zur Bestimmung der Masse eines Körpers mithilfe der auf den Körper wirkenden Schwerkraft. Der Begriff „Masse“ wird im Sinne von „konventionelle Masse“ oder „konventioneller Wert des Wiegeergebnisses in Luft“ gemäß OIML R111 oder D28 verwendet. Mit der Waage können auch andere Größen, Größen, Parameter oder Eigenschaften bestimmt werden, die von der Masse abhängen.



Abbildung 37. Nichtselbsttätige Waage PS 1000.X2 mit Massestandards

Es kann im manuellen Modus (nichtautomatische Waage) oder im automatischen Modus in der Produktionslinie arbeiten und ist dann mit zusätzlichen Geräten zur Etikettierung und Auswahl kontrollierter Produkte ausgestattet.



Abbildung 38. Automatische Waage mit Zuführ- und Sortiersystem

## FEUCHTERANALYSATOR

Ein Messgerät, das gleichzeitig die Funktionen des Wiegens und Erhitzens der Probe übernimmt. Anhand des Gewichtsverlustes wird der Wasser- bzw. Trockenmassegehalt im geprüften Produkt ermittelt. Die Methode unter Verwendung eines Feuchtigkeitsanalysators erfordert eine Validierung, d. h. den Nachweis der Korrelation des Ergebnisses des Wassergehalts mit dem Ergebnis des Wassergehalts, das mit anerkannten (standardisierten) Methoden ermittelt wurde.



Abbildung 39. Feuchtigkeitsanalysator – Messung des Wassergehalts

### Kommentar

Die Genauigkeit der Massenmessanzeigen wird durch interne Justierung oder externe Justierung (unter Verwendung eines Massennormal) sichergestellt. Der Anpassungsprozess für die Wassergehaltsprüfung ist nicht obligatorisch, da das Funktionsprinzip des Feuchtigkeitsanalysators darin besteht, die Probenmasse (nass/trocken) differenziell zu messen. Die Trocknungstemperatur wird im Werk eingestellt und erfordert keine regelmäßige Korrektur.

## VALIDIERUNG

Hierbei handelt es sich um eine Aktivität, die darauf abzielt, auf dokumentierte Weise und im Einklang mit den Grundsätzen der Guten Herstellungspraxis zu bestätigen, dass Verfahren, Prozesse, Geräte, Materialien, Aktivitäten und Systeme tatsächlich zu den geplanten Ergebnissen führen. Bei Waagen umfasst die Validierung eine objektive Kontrolle ihrer messtechnischen Parameter und das Kontrollergebnis wird mit den Grenzwerten – Benutzeranforderungen – verglichen.

Bei Trocknungsprozessen ist Validierung die Optimierung von Trocknungsparametern mit dem Ziel, die angenommene Präzision und Genauigkeit der Analyse zu erreichen. Dabei muss der Feuchtigkeitsreferenzwert der Probe bekannt sein.

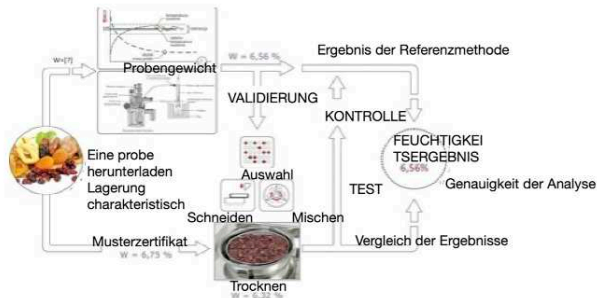


Abbildung 40. Validierung für Wassergehaltsmessungen

## ARBEITSBEDINGUNGEN DER WAAGE

Bei elektronischen Waagen mit hoher Auflösung ist die Stabilität von Temperatur und Luftfeuchtigkeit in der Arbeitsumgebung wichtig. Dies sind zwei Schlüsselfaktoren, die einen erheblichen Einfluss auf die Genauigkeit der Massenmessung haben. Darüber hinaus gibt es weitere direkt und indirekt mit der Arbeitsumgebung verbundene Bereiche, die sich negativ auf die Qualität des Prozesses auswirken können.

Abhängig von der Art der zu prüfenden Probe kann der Einfluss von Faktoren wie Vibrationen des Substrats, Feuchtigkeitsaufnahme durch die Probenstruktur, Auftreten von unausgeglichenen statischen Ladungen, Magnetismus, übermäßiger Luftbewegung, Massenschwankungen infolge von Feuchtigkeitsdesorption, usw. können berücksichtigt werden.

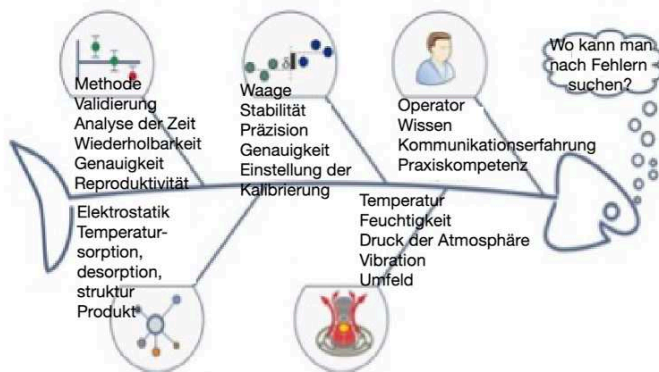


Abbildung 41. Einflussfaktoren auf den Massenmessungsprozess.

Ein Faktor, der normalerweise mit dem Prozess der Massenmessung oder der Vorbereitung einer Probe für die Analyse zusammenhängt, ist für die Wiegegenauigkeit wichtig.



## GEWICHTSSTANDARD

Die relative Luftfeuchtigkeit eines Materials (Probe) ist das Verhältnis der im Material enthaltenen Wassermasse zur Masse des nassen Materials. Die automatische Bestimmung der relativen Luftfeuchtigkeit erfordert den Einsatz eines Feuchtigkeitsanalysators, der die Masse einer nassen Probe und die Masse der Probe nach dem Trocknen bei einer bestimmten Temperatur bestimmt.

$$in_{REL} = \frac{m_w - m_d}{m_w} \times 100 \% m$$



Abbildung 42. Vorbereiten der Probe zum Trocknen

Die absolute Luftfeuchtigkeit ist das Verhältnis der im Material enthaltenen Wassermasse zur Masse des vollständig getrockneten Materials.

$$w_{ABS} = \frac{m_w - m_d}{m_d} \times 100 \%$$

### **Kommentar**

Beim Erhitzen der Proben mit einem Feuchtigkeitsanalysator werden alle flüchtigen Bestandteile aus der Probenstruktur entfernt. Der Feuchtigkeitsgehalt des Materials ist die Summe aller Bestandteile, die bei einer bestimmten Trocknungstemperatur entfernt werden können.

## KALIBRIERUNG

Eine Reihe von Aktivitäten, die die Beziehung zwischen den Werten der durch die Skala angezeigten Messgröße und den entsprechenden Werten der durch den Messstandard dargestellten physikalischen Größen herstellen. Zu den Kalibrierungsmerkmalen gehören Messfehler, Messunsicherheit und Messkonsistenz.

## GEWICHTSSTANDARD

<p><b>RADWAG Wagi Elektroniczne Witold Lewandowski</b>                  26-600 Radom, ul. Toruńska 5  <b>CENTRUM METROLOGII, BADAŃ I CERTYFIKACJI - LABORATORIUM POMIAROWE</b>                  26-600 Radom, ul. Starowiejska 17A                  tel. /38/ 386 64 70; fax /48/ 385 00 11</p>	
	 AP 069 
<p>Calibration laboratory accredited by                  Polish Centre for Accreditation, a signatory to EA MLA and ILAC MRA                  that include recognition of calibration certificates.                  Accreditation No AP 069.</p>	
<h3>CALIBRATION CERTIFICATE</h3>	
Date of issue: 17 June 2021	Certificate No: 6076/2252/21
Page: 1 / 2	
<p><b>OBJECT OF CALIBRATION</b></p>	<p>Non-automatic electronic weighing instrument - single range                  Manufacturer RADWAG Wagi Elektroniczne                  Type / symbol MYA 5.4Y                  Serial No 702517                  Capacity Max 5,1 g                  Scale interval <i>d</i> 1 mg</p>
<p><b>APPLICANT</b></p>	<p>RADWAG Wagi Elektroniczne                  ul. Toruńska 5, 26-600 Radom</p>
<p><b>USER</b></p>	
<p><b>PLACE OF CALIBRATION</b></p>	<p>RADWAG Wagi Elektroniczne Laboratorium Pomiarowe                  ul. Starowiejska 17A, 26-600 Radom</p>
<p><b>CALIBRATION METHOD</b></p>	<p>Calibration Procedure: PW 01 rev. XIII of 28 February 2018</p>
<p><b>ENVIRONMENTAL CONDITIONS</b></p>	<p>Air temperature: ( 22,59 + 22,94 ) ± 0,20 °C                  Relative humidity: ( 54,3 + 56,3 ) ± 1,1 %</p>
<p><b>DATE OF CALIBRATION</b></p>	<p>17 June 2021</p>
<p><b>TRACEABILITY</b></p>	<p>This certificate is issued under the agreement EA MLA in the field of calibration and provides traceability of measurement results to the International System of Units (SI)</p>
<p><b>CALIBRATION RESULTS</b></p>	<p>The results have been presented on page 2 of this certificate including uncertainty of measurement.</p>
<p><b>UNCERTAINTY OF MEASUREMENT</b></p>	<p>Uncertainty of measurement has been evaluated in compliance with EA-4/02 M:2013                  The expanded uncertainty assigned corresponds to a coverage probability of 95 %                  and the coverage factor <i>k</i> = 2.</p>
	
<p>This certificate may be presented or copied as whole document only</p>	

Abbildung 43. Beispiel eines Kalibrierzertifikats

Ein Massennormal ist ein Messgerät, das dazu dient, eine Maßeinheit zu definieren, umzusetzen, aufrechtzuerhalten oder zu reproduzieren. Die Form des Massennormals kann beliebig sein, allerdings muss das Material des Standards die Stabilität seiner Masse im Laufe der Zeit gewährleisten, es muss über eine Identifikation, ein Kalibrierzertifikat mit Informationen zur Aufrechterhaltung der Messkonsistenz und der geschätzten Messunsicherheit verfügen. Massennormale können nicht als Gewichte im Sinne des gesetzlichen Messwesens verwendet werden. Bei Massennormalen ist die grundlegende Klassifizierung die während ihrer Kalibrierung geschätzte Messunsicherheit.



Abbildung 44. Massenstandards im automatischen Zyklus prüfen

### **Kommentar**

In regelmäßigen Abständen sollten die Massestandards durch Neukalibrierung überprüft werden, um ihre tatsächliche Masse anhand des Kohlenstoffs des Referenzstandards zu bestimmen.

Der Bereich zwischen der Mindestlast (Min) und der Höchstlast (Max) der Waage. In der Praxis kann der Schwellenwert für das Wiegen kleiner Massen höher liegen, da er durch die Anforderungen an die erforderliche Wiegegenauigkeit bestimmt wird, →siehe Mindestmasse.

### RUNDUNG DES WIEGEEERGEBNISSES

Jede elektronische Waage misst die Probenmasse mit einer viel höheren Auflösung als auf dem Display der Waage dargestellt. Daher wird jedes Ergebnis auf den Wert der Skaleneinheit (d) gerundet.



Abbildung 45. Gewichtung der XA-Serie – Rundung des Ergebnisses

### **Kommentar**

Um eine „genauere“ Messung der Probenmasse zu erhalten, ist die Verwendung einer Waage mit einem kleineren Einheitswert erforderlich. Es muss der Grundsatz beibehalten werden, dass die Genauigkeit der Messung mit abnehmendem Wert der Einheit zunimmt



**RADWAG ELEKTRONISCHE WAAGEN**

26-600 Radom, ul. Torunska 5

Tel. 48 48 3848800, fax 48 48 3850010

e-mail: [radom@radwag.pl](mailto:radom@radwag.pl), <http://www.radwag.com>