

## Correct Use and Handling of Analytical and Microbalances



Correct Use and Handling of Analytical and Microbalances	3
Der richtige Umgang mit Analysen- und Mikrowaagen	13

# Contents

<b>Place of Installation of the Balance</b>	4	<b>Technical Terms</b>	10
Workspace	4	Adjustment	10
Anti-vibration Balance Table	4	Autotare/Auto zero	10
Initial Startup	4	Calibration	10
Humidity	4	Conventional mass value	10
		Drift	10
<b>Operating the Balance</b>	5	Gravitational acceleration (g)	10
Leveling the Balance	5	isoCAL	10
Calibration, Adjustment	5	Kilogram	10
Samples and Containers	5	Level indicator	10
Placing a Sample on the Balance	6	Linearity; linearity error; non-linearity	10
Weighing Procedure	6	Maximum permissible error in service	10
Care of the Balance	6	Maximum permissible error on verification	10
		Measurement uncertainty	10
<b>Physical Influences Caused by the Sample</b>	7	Minimum sample quantity acc. to USP (United States Pharmacopeia)	10
Temperature Differences	7	Motorized calibration weight	10
Moisture Absorption/Evaporation	7	Non-automatic weighing instrument (NAWI)	11
Sample Containers	8	Off-center loading error; eccentricity; eccentric loading	11
Static Electricity	8	ppm	11
Magnetic Effects	8	Readability	11
Changing the Location of the Balance	9	Repeatability	11
Air Buoyancy Correction	9	Reproducibility	11
		Resolution	11
		Response time	11
		Sensitivity	11
		Span	11
		Stabilization time	11
		Standard deviation	11
		Taring	12
		Temperature coefficient	12
		Traceability	12
		Uncertainty of measurement	12
		Verification	12
		Verification scale interval (e)	12
		Weighing instrument verifiable for legal metrology	12

# Introduction

## **Correct Use and Handling of Analytical and Microbalances**

Analytical balances (readability:  $\leq 0.1$  mg), particularly semimicro- and microbalances, are high-resolution measuring instruments, the accuracy of which depends not only on the balance itself but essentially on ambient conditions, the instruments (weights, etc.) used for measuring, inspection and test equipment, types of sample material and the handling of the equipment.

An unstable or non-repeatable readout can be caused by factors affecting the balance or the sample, such as fluctuations in temperature, evaporation effects, static electricity, magnetism, and others.

In most cases, the root of the problem is a slight change in the weight of the sample, which a high-resolution balance will always detect.

A good understanding of the disturbances that distort weighing results can be very helpful in ensuring that the conditions for the required level of precision are met, which in turn helps prevent misinterpretation of the weighing results obtained.

It is important to read the installation and operating instructions carefully, as they include important and helpful information on working with balances.

# Place of Installation of the Balance



## Workspace

### Response times too long?

### Weight values unstable? Drift?

### Unsatisfactory long-term stability?

- Avoid or minimize structural vibration and vibration caused by machinery.
- Place the balance table in a corner of the room, if possible, as this is the most stable location.
- Avoid direct sunlight; do not set up the balance on the south side of the room.
- Optimum room features: shaded windows and only one door.

- Set air conditioner to a minimal air current. If necessary, take steps to protect the equipment from drafts caused by the air conditioner.
- Ensure a constant room temperature (e.g.,  $21^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ).
- Observe the specified operating temperature range.
- Keep in mind that proximity of air conditioners, open doors, and computer/laptop ventilation fans are sources of turbulence.
- Do not set up the balance in close proximity to heat radiators, lamps or lighting fixtures.
- Rapid changes in temperature influence results of measurement.



## Anti-vibration Balance Table

### Unstable weight values?

### Poor repeatability?

- Sartorius balances have excellent filters for eliminating interference; still, transfer of vibration through walls and floors must be avoided.
- A bracket for wall mounting, special anti-vibration balance table or non-bending laboratory bench that does not have contact with the wall can provide a sufficiently stable work surface.

- Do not use the surface on which the balance rests for writing or other tasks, as the balance will react to the slightest vibration or slant.



## Initial Startup

### Balance warmup period, room temperature | "Slow and steady wins the race"

- Connect the required hardware to the data output port first, then connect the balance to power (see also installation and operating instructions). After 1 day at most, conditioning ("acclimatization") is completed and the balance will have reached a stable operating temperature.

- Preventing changes in the position of the balance in subsequent use will promote the reliability of your weighing results.
- To avoid having to warm up the balance again, leave it in standby mode rather than disconnect it from power.
- Calibrate and, if necessary, adjust the balance regularly prior to use.



## Humidity

### Precision weighing: not a "cut-and-dried" procedure

- The relative humidity at the place of installation should be between 45% and 60%. Changes in humidity can alter, for example, the air buoyancy effect on weights and samples, thus influencing the weight readout. If the humidity level is too low, static electricity may result.

- Use an ionizing blower to neutralize static electricity as needed.
- If the humidity level is particularly high, make absolutely sure to prevent condensation.

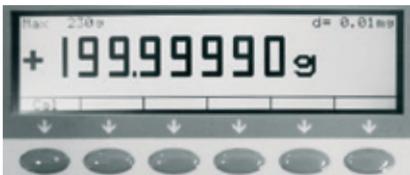
# Operating the Balance



## Leveling the Balance

**Only a level balance can deliver reliable results.**

- Adjust the feet until the level indicator shows that balance is level; operate the balance only in this position. The air bubble must be within (ideally: in the middle) of the circle on the indicator.
- After leveling the balance, perform calibration/adjustment (see below).



## Calibration, Adjustment

**Determine, evaluate and reduce deviations**

- Deviations in sensitivity/span should be determined at regular intervals (e.g., once a day) using a calibration weight.

Calibration = determination of the difference between nominal and actual values

- If tolerance limits are exceeded, the span accuracy must be adjusted.

Adjustment = minimize or eliminate the difference determined in calibration

- Calibration is additionally required any time the ambient conditions (temperature, humidity or air pressure) change or the balance has been leveled.

When the "isoCAL" feature is active, the balance performs calibration automatically for greater accuracy. This also helps to reduce long-term effects.

### Important note:

It is essential that you observe the tolerance limits of the weights used for calibration. For example, due to the permissible tolerance limits for a 200-g class E2 calibration weight, the readout may differ from the actual weight by up to  $\pm 0.30$  mg.



Warmer = lighter



Colder = heavier

## Samples and Containers

**Determine the sample weight; reduce influencing factors**

- Use the smallest possible sample container to reduce the effect of flow forces.
- Plastic materials can cause static electricity (at very low humidity, you may encounter the same problem with glass containers).
- Never touch samples or samples containers with your bare fingers (avoid leaving fingerprints). Wear gloves or use long anti-magnetic forceps.

- Condition the sample container and sample to the ambient temperature before weighing.
- Avoid fluctuations in temperature; changes in temperature can cause an unstable readout.

If the objects weighed (sample/container) are too warm, the value displayed will be too low; if too cold, then the value will be too high. (See also the installation and operating instructions.)



### Placing a Sample on the Balance

#### Reliable results: a "central" topic

- Center the sample as precisely as possible. If the load is not in the middle of the weighing pan (off-center or eccentric loading), the weight readout might be slightly skewed (off-center loading error).



### Weighing Procedure

#### A smooth, steady pace improves accuracy

- Always close the draft shield before reading the result.
- Press the tare key to zero the display.
- After positioning the sample/calibration weight on the pan, wait until "g/mg" (stability indicator) is displayed.
- Note the weighing results at identical intervals (e.g., every 3 s); if necessary, set the stability parameter in the operating menu to meet your requirements.

- If more than 15 minutes have elapsed since the last individual weighing operation in a series, load the weighing pan briefly, unload it again, and then tare the balance before continuing weighing operations.



### Care of the Balance

#### Cleanliness reduces disturbances

- Keep the weighing pan and weighing chamber clean at all times.
- Use a fine brush or hand-held vacuum cleaner to remove sample residues; if necessary, remove weighing pan and shield ring for cleaning.
- Use an absorbent cloth to remove liquids.

# Physical Influences Caused by the Sample

Analytical balances, particularly semimicro-, micro- and ultra-microbalances, react to even the slightest change in ambient conditions or other physical variables. This is why even unwanted changes in physical influence quantities caused by the sample and/or container affect the readout.

Possible causes include, for example:

- Container or sample was not conditioned to the prevailing temperature
- The sample is hygroscopic or evaporating
- Container or sample is electrostatically charged
- Container or sample is magnetic.
- Gravitational acceleration
- Air buoyancy/density of the sample



## Temperature Differences

### What you see:

- Poor repeatability
- Unexpected weighing results
- The readout value drifts even though the display is stable when the balance is not loaded.

### What you can do:

- Condition the sample/container



## Moisture Absorption | Evaporation

### What you see:

- The readout increases or decreases continuously; the readout drifts even though the display is stable when the balance is not loaded.

### What you can do:

- To prevent evaporation: cover the container (e.g., with a petri dish).
- Do not handle containers/samples with bare fingers; fingerprints are hygroscopic.



Less suitable

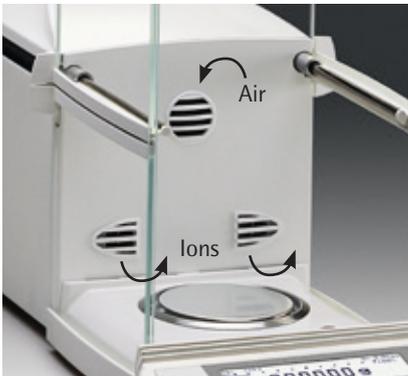
Better



Suitable

### Sample Containers

- Optimize containers as needed (e.g., provide covers).
- The weighing pan and sample container must be clean and dry.
- Graduated flasks and Erlenmeyer flasks are more suitable than beakers with wide openings.
- Use containers with small openings.
- Always use the smallest container feasible.



### Static Electricity

#### What you see:

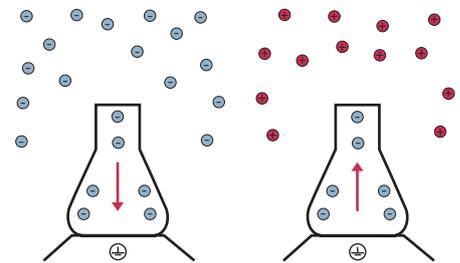
- The weight readout drifts in one direction; values are non-repeatable.

#### Problem:

- Static electricity occurs on substances or containers with low electrical conductivity and great surface area (such as plastic or glass containers, or powdered substances).
- Very low humidity

#### What you can do:

- Increase humidity
- Use a metal container or metal foil to shield the sample.
- Use an ionizing blower to neutralize static electricity on the sample. (Sartorius ME series balances are equipped with a built-in ionizer.)



### Magnetic Effects

#### What you see:

- Weight values are stable, but non-repeatable.
- Different values are displayed depending on the position of the sample on the weighing pan.

Problem: Magnetic materials in samples or containers, such as nickel, iron, steel, etc., particularly tin cans) generate force fields that act on the weighing pan and weighing chamber.

#### What you can do:

- Perform degaussing (demagnetization) before weighing.
- Use a nonmagnetic object (e.g., an upside-down beaker) to increase the distance of the sample from the weighing pan.
- Use Mumetal foil as shielding.
- Use special anti-magnetic weighing pans (available from Sartorius).

**Exercise caution when using a magnetic stirring bar.**

## Changing the Location of the Balance

### Calibrate and adjust the balance where you want to use it!

Gravitational acceleration is a significant quantity that influences weight measurement ("influence quantity").

Example (approximate values)

Degree of dependence on altitude:

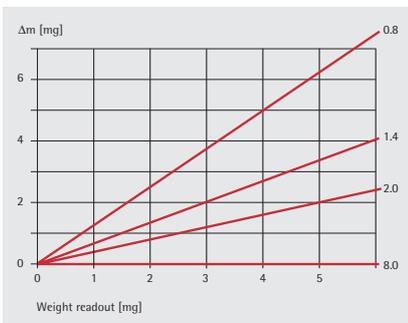
1 ppm per building story

Dependence on latitude:

92 ppm per degree of latitude

(1° equals approximately 120 km in a north/south direction)

– Just a 3-meter increase in height at the place of use, for example, affects the weighing results: with 200 g on the balance, the readout shows only 199.9997 g – a difference of 0.0003 g. This is why it is essential to adjust the balance at the place of use following initial installation or after the location of the balance has been changed.



## Air Buoyancy Correction

Archimedes' principle states that a body subject to the Earth's gravity and immersed in an encompassing medium will decrease in weight by an amount equal to the weight of the encompassing medium which it displaces. In a weighing operation, the encompassing medium is air. The average density of air is 1.2 kg per m<sup>3</sup>. A body made of steel (density: 8,000 kg/m<sup>3</sup>), for example, with a mass of 200 g weighs 30 mg less in air than it would weigh in a vacuum. A body that has a mass of 200 g but a density of just 1,000 kg/m<sup>3</sup> even loses 240 mg – approximately 1/4 g – when weighed in air.

This reduction in weight is inevitably reflected in the value displayed by a highly sensitive weighing instrument. As noted, the above examples are based on an air density of 1.2 kg/m<sup>3</sup>. Unfortunately, the density of air is subject to change over the course of the year. In particular, air pressure has a significant effect on air density, as do temperature, humidity and the composition of the air in a particular area.

The effects of these factors can be reduced by adjusting the balance to built-in or external reference weights before weighing. Reference weights have a density of about 8,000 kg/m<sup>3</sup>. The effect of sample density on weight, as described above, applies to reference weights just as to any other sample material.

Following correct calibration/adjustment of the instrument, the difference in weighing results for a body with 200 g mass and a density of 1,000 kg/m<sup>3</sup> is still 210 mg.

The corrective equation (shown on the left) must be applied for correction after calibrating/adjusting the balance with a built-in calibration weight directly prior to weighing

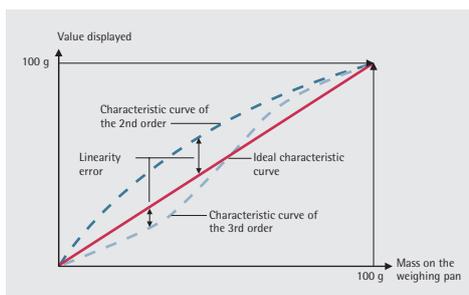
$$m = m_w * \frac{1 - \frac{\rho_a}{\rho_c}}{1 - \frac{\rho_a}{\rho}}$$

where	$m_w$	Balance readout	g, ct, etc.
	$m$	Sample mass	g, ct, etc.
	$\rho_a$	Air density during weighing	kg/m <sup>3</sup>
	$\rho$	Sample density	kg/m <sup>3</sup>
	$\rho_c$	Reference density	8,000 kg/m <sup>3</sup>

As can be seen in this equation, the quality of the correction is dependent on the knowledge of the sample density and air density. Because these density values are generally known only to within a certain range, the uncertainty of measurement must be taken into account to improve the accuracy of the correction.

# Technical Terms

<b>Adjustment</b>	Setting a weighing instrument to eliminate discrepancies between the value on the readout and the actual value for the mass on the weighing instrument (balance).
<b>Autotare/Auto zero</b>	The readout is automatically set to zero by the balance, to eliminate minor deviations and correct any slow zero point drift.
<b>Calibration</b>	Determination of the correlation between the displayed value and the true mass of the sample on the balance. Calibration does not entail making any changes within the weighing instrument.
<b>Conventional mass value</b>	The conventional weight of a body is equal to the mass of a mass standard that has a density of $8 \text{ g/cm}^{-3}$ , which keeps this body in equilibrium at $20^\circ\text{C}$ , and an air density of $1.2 \text{ mg/cm}^{-3}$ . If a body has a density of $8 \text{ g/cm}^{-3}$ , its conventional weight and its mass are identical.
<b>Drift</b>	Slow change, over time, of the readout with a constant load on the balance.
<b>Gravitational acceleration (g)</b>	The acceleration imparted to an object during free fall due to the gravitational force of the Earth. Gravitational acceleration is location-dependent; due to centrifugal force, it is slower at the equator than at the poles. It also decreases as the altitude above sea level increases. In Germany, the mean gravitational acceleration is $g = 9.81 \text{ ms}^{-2}$ .
<b>Influence quantity</b>	Quantity that is not the subject of a measurement, but that affects its result.
<b>isoCAL</b>	Most balances today come equipped with this type of fully automatic calibration/adjustment function, activated at specific or at user-defined intervals. In addition, when a defined temperature difference is exceeded, the calibration/adjustment procedure is triggered automatically. This makes it possible to ensure the accuracy of the balance without operator intervention.
<b>Kilogram</b>	International base unit of mass; defined by the mass of the international kilogram prototype in Sevres (France).
<b>Level indicator</b>	Tool for horizontal adjustment.
<b>Linearity; linearity error; non-linearity</b>	Deviation from the theoretical linear slope of the characteristic curve of two interdependent variables. If the zero point and adjustment are correct, the linearity can be determined from the positive or negative difference of the displayed value from the actual load.



**Maximum permissible error in service** Limits on the measurement error of a verified balance; may not be exceeded during operation of the balance. The maximum permissible error in service is twice the maximum permissible error on verification.

**Maximum permissible error on verification** Limits on the measurement error which may not be exceeded when a balance is verified.

**(Measurement) uncertainty** Short form for → Uncertainty of measurement

**Minimum sample quantity acc. to USP (United States Pharmacopeia)** Section 41 of the USP specifies the use of balances and weights. It states that the minimum sample weight measured on a balance may not be less than 1,000 times the uncertainty of measurement (or the uncertainty of measurement must not be greater than 0.1% the minimum sample weight). Tare loads, such as sample containers, may not be included in the calculation of the minimum sample quantity.

Determination of the minimum sample quantity must be performed and documented at the place of installation. Under good installation conditions, the minimum sample quantity for a semi-microbalance is generally 15 to 25 mg.

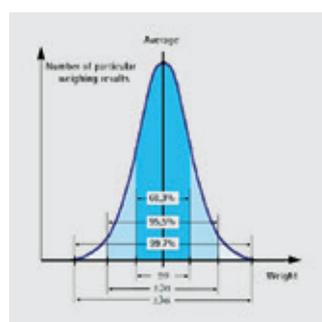
<b>Motorized calibration weight</b>	Built-in, semi- or fully automatic mechanism for calibration/adjustment of the balance for high accuracy. Because of the high accuracy of this internal method, a built-in, motorized calibration weight is preferable to an external weight.
<b>Non-automatic weighing instrument (NAWI)</b>	A non-automatic weighing instrument requires operator intervention during the weighing procedure; e.g., to place a sample on the balance or to obtain the result.
<b>Off-center loading error; eccentricity; eccentric loading</b>	Change in the value displayed when a given load is placed in different positions on the weighing pan.
<b>ppm</b>	Abbreviation for parts per million = $10^{-6}$ (e. g., 0.0001 g of 100.0000 g)
<b>Readability</b>	The smallest difference in mass that can be displayed by the balance
<b>Repeatability</b>	The ability of the balance to produce the same result repeatedly under specified test conditions when the same load is placed on the balance in the same manner multiple times in series (generally, 6 times). The $\rightarrow$ standard deviation serves as a quantitative expression of repeatability.  The measurement of the repeatability must include both the balance specifications and the ambient conditions (vibration, fluctuating air current/temperature/humidity, etc.). Operator handling of the balance is also included in the standard deviation.
<b>Reproducibility</b>	$\rightarrow$ Repeatability
<b>Resolution</b>	No standardized definition; generally used to indicate the quotient of maximum capacity and readability.  Example: a semi-microbalance with a 230 g weighing capacity and a readability of 0.01 mg has a resolution of 23,000,000 [23 million] digits.)
<b>Response time</b>	$\rightarrow$ Stabilization time
<b>Sensitivity</b>	Change in the displayed value divided by the change in load which caused it. With a correctly adjusted balance that has a digital display, the sensitivity must always be exactly 1.
<b>Span</b>	The correlation of the displayed weight value with the conventional mass value of the test weight on the balance is checked. The test weight should be traceable to a national standard, and is subject to monitoring.
<b>Stabilization time</b>	The time that elapses between completely placing the sample on the balance and obtaining the final result of the measurement. The stabilization time can be influenced by selecting a different digital filter algorithm in the balance operating menu.
<b>Standard deviation</b>	A mathematic quantity for assessment of a balance with respect to its repeatability. The standard deviations "s" is defined as

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

where:

n = number of individual results

x = arithmetic mean of the individual results  $x_i$



Example of a normal distribution:

Within	$\pm 1 s$	$\pm 1.5 s$	$\pm 2 s$	$\pm 3 s$
lie	68 %	87 %	95 %	99.7 % of all measured values

<b>Taring</b>	Sets the display to zero when a load is on the balance. This allows the display to be zeroed when an empty container is on the weighing pan, and the net weight to be read off after the container has been filled.
<b>Temperature coefficient</b>	<p>Relative alteration of a value (e.g., zero point or sensitivity) when the temperature changes; the value is divided by the amount of temperature change.</p> <p>It can be stated in ppm/K or <math>10^{-6}/K</math>;</p> <p>e.g., a temperature change of 1 Kelvin (1°C) and a temperature coefficient of <math>1 \cdot 10^{-6}/K</math> yields:</p> $\Delta m = 1 \cdot 10^{-6} K^{-1} \cdot 1 K \cdot 100 g = 0.0001 g$
<b>Traceability</b>	Characteristic of a measurement result that can be traced back to a national or international reference weight through an unbroken chain comparative weighing operations.
<b>Uncertainty of measurement</b>	<p>This indicates the range above and below the result of measurement within which the unknown, error-free result lies with a statistical certainty of generally 95%.</p> <p>Example of a weighing result indicated with the uncertainty of measurement:</p> $m = (139.27457 \pm 0.00002) g.$ <p>Sartorius technicians can determine the uncertainty of measurement at the place of use of the balance and record it on an official calibration certificate (accredited by the German Calibration Service, or DKD, in Germany for instance).</p> <p>Designation of the relative uncertainty of measurement (relative to the initial weight) is an important parameter for evaluation in the laboratory environment.</p>
<b>Verification</b>	The legally mandated evaluation of a measuring instrument to determine its conformity with legal requirements, based on both a technical examination and the labeling of the instrument.
<b>Verification scale interval (e)</b>	A value expressed in a legal unit of measurement (mg, g, kg, t, ct) used during the evaluation of the weighing instrument and referenced in defining the maximum permissible error on verification.
<b>Weighing instrument verifiable for legal metrology</b>	A balance that has been approved for verification.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Standort der Waage</b>	14	<b>Fachbegriffe</b>	20
Arbeitsraum	14	Ablesbarkeit	20
Wägetisch	14	Auflösung	20
Erste Inbetriebnahme	14	Autotara/Autozero	20
Luftfeuchtigkeit	14	Drift	20
		Ecklastfehler, Außer mittige Belastung	20
<b>Bedienung der Waage</b>	15	Eichung	20
Nivellieren der Waage	15	Eichfähige Waage	20
Kalibrieren, Justieren	15	Eichfehlergrenzen	20
Wägegefäß und Wägegut	15	Eichwert (e)	20
Aufbringen des Wägegutes	16	Einschwingzeit	20
Wägevorgang	16	Empfindlichkeit	20
Pflege der Waage	16	Fallbeschleunigung (g)	20
		isoCAL	20
<b>Physikalische Einflüsse – bedingt durch das Wägegut</b>	17	Justieren	20
Temperaturunterschiede	17	Justiergewichtsschaltung	20
Feuchtigkeitsaufnahme/Verdunstung	17	Kalibrieren	20
Probenbehälter	18	Kennwert	20
Elektrostatik	18	Kilogramm	20
Magnetische Effekte	18	Konventioneller Wägewert	20
Standortwechsel der Waage	19	Libelle, Neigungsanzeiger	20
Luftauftriebskorrektur	19	Linearitätsfehler, Nichtlinearität	21
		Messunsicherheit	21
		Messzeit	21
		Mindesteinwaage nach USP United States Pharmacopeia	21
		Nichtselbsttätige Waage	21
		ppm	21
		Reproduzierbarkeit	21
		Rückführbarkeit	21
		Standardabweichung	22
		Tarieren	22
		Temperaturkoeffizient	22
		Unsicherheit	22
		Verkehrsfehlergrenzen	22
		Wiederholbarkeit	22

# Einleitung

**Der richtige Umgang mit Analysen- und Mikrowaagen**

Analysenwaagen (Ablesbarkeit  $\leq 0,1$  mg), speziell Semimikro- und Mikrowaagen sind hochauflösende Messgeräte, deren Messgenauigkeit nicht nur von der Waage selbst, sondern wesentlich von den Umgebungsbedingungen, den verwendeten Prüfmitteln (Gewichtsstücke), dem Probenmaterial und der Handhabung abhängt.

Eine sich ändernde oder nicht reproduzierbare Gewichtsanzeige ist häufig auf Einflüsse zurückzuführen, die auf das Wägegut und die Waage einwirken (Temperaturänderungen, Verdunstung, Elektrostatik, Magnetismus etc.).

In den meisten Fällen handelt es sich um tatsächliche Änderungen des Proben gewichtes, die von einer hochauflösenden Waage angezeigt werden müssen.

Um eine Fehlinterpretation erzielter Wägeregebnisse zu vermeiden, sind Kenntnisse über Störgrößen hilfreich, um sicherzustellen, dass gute Voraussetzungen für eine ausreichende Genauigkeit von Wägewerten gegeben sind!

Bitte beachten sie die Aufstell- und Betriebsanleitungen. Diese bieten ihnen zusätzlich wichtige und hilfreiche Hinweise im Umgang mit Waagen.

# Standort der Waage



## Arbeitsraum

### Messzeiten zu lang, Wägewerte sind unruhig, driften, die Langzeitstabilität ist mäßig?

- Gebäudeschwingungen, Vibrationen von Maschinen vermeiden/minimieren.
  - Wägetisch möglichst in einer Raumecke platzieren (stabilste Position).
  - Direkte Sonneneinstrahlung vermeiden, keine Südseite wählen.
  - Abgedunkelte Fenster und nur ein Raumzugang sind optimal.
  - Klimaanlage auf geringe Luftströmung einstellen (ggf. Schutzmaßnahmen ergreifen, vor Luftströmungen schützen).
- Konstante Raumtemperatur sicherstellen (z.B.  $21^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ).
  - Spezifizierten Einsatztemperaturbereich beachten.
  - Der nahe Auslass der Klimaanlage, offene Türen, Lüfter von PC/Laptop erzeugen Turbulenzen. Bitte beachten!
  - Nähe von Heizquellen meiden; genügend Abstand von Beleuchtungskörpern halten.
  - Schnelle Temperaturschwankungen wirken sich auf das Messergebnis aus.



## Wägetisch

### Wägewerte nicht stabil, schlecht reproduzierbar?

- Sartorius Waagen haben sehr gute Filter, um Störungen zu eliminieren, trotzdem sollte die Übertragung von Wand-/ Bodenvibrationen vermieden werden.
  - Eine Wandkonsole, ein spez. Wägetisch oder ein durchbiegungsstabiler Labortisch, der von der Wand abgerückt ist, sind gut geeignet.
- Nicht auf der Aufstellfläche arbeiten oder schreiben, um Erschütterungen und kleinste Neigungsänderungen zu vermeiden.



## Erste Inbetriebnahme

### Aufwärmzeit der Waage, Raumtemperatur „Gut‘ Ding braucht Weile“

- Zunächst die notwendige Hardware an den Datenausgang der Waage anschließen, dann erst den Netzanschluss herstellen (siehe auch Aufstell- u. Bedienungsanleitung), nach spätestens einem Tag hat sich die Waage akklimatisiert und eine stabile Arbeitstemperatur eingestellt.
  - Eine Vermeidung von Positionsänderungen der Waage im weiteren Betrieb fördert die Zuverlässigkeit ihrer Wäageergebnisse.
- Waage nicht vom Netz trennen, nur Stand-by Modus einschalten, dann ist keine Aufwärmzeit mehr nötig.
  - Kalibrieren und justieren Sie die Waage vor der Benutzung regelmäßig.

## Luftfeuchtigkeit

### Der Wägevorgang – keine „trockene Sache“

- Die relative Luftfeuchte am Aufstellort der Waage sollte zwischen 45% und 60% betragen (Feuchteänderungen beeinflussen u.a. Auftriebseffekte von Gewichten und Wägegut und somit die Gewichtsanzeige). Eine zu niedrige Luftfeuchte kann elektrostatische Effekte bewirken.
- Zur Reduzierung dieser Effekte kann ein Ionisator eingesetzt werden.
  - Bei sehr hoher Luftfeuchte sollte eine Betaung unbedingt vermieden werden.



# Bedienung der Waage



## Nivellieren der Waage

### Neigungsänderungen verfälschen das Wägeresultat

- Die Waage entsprechend der Libelle mit den Stellschrauben ausrichten und in dieser Position betreiben. Die Luftblase muss innerhalb des Kreises sein, idealerweise genau in der Mitte.
- Nach Ausrichtung die Waage justieren.



## Kalibrieren, Justieren

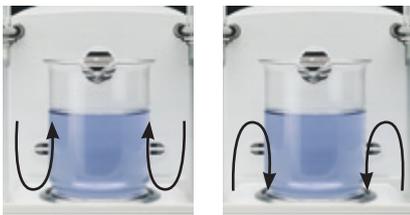
### Abweichungen feststellen, bewerten und beseitigen!

- In regelmäßigen Intervallen (z.B. täglich) sollte die Abweichung vom Sollwert mit einem Prüfgewicht festgestellt werden. Kalibrieren = Abweichung feststellen.
- Bei Toleranzüberschreitung muss die Kennwertgenauigkeit justiert werden.
- Justieren = Abweichung minimieren.
- Dies ist auch nötig, wenn sich die Umgebungsparameter (Temperatur, Luftfeuchte oder Luftdruck) verändert haben oder die Waage nivelliert wurde.

Ist die Funktion „isoCAL“ aktiviert, übernimmt die Waage automatisch diese Funktion und erhöht so die Messgenauigkeit. Langzeiteffekte werden ebenfalls minimiert.

### Achtung!

Die Toleranzen der verwendeten Prüfgewichte müssen beachtet werden! Bei Verwendung eines 200 g Klasse E2 Gewichtes kann wegen der zulässigen Gewichtstoleranz die Anzeige bis zu  $\pm 0,30$  mg differieren



Wärmer = leichter

Kälter = schwerer

## Wägegefäß und Wägegut

### Ermitteln Sie das Probengewicht, verringern Sie die Einflussfaktoren

- Kleinstmögliches Wägegefäß für die Proben verwenden (Reduzierung von Strömungskräften).
- Kunststoffmaterialien können elektrostatische Aufladung verursachen (bei geringer Luftfeuchtigkeit ist dies auch bei Glas möglich).
- Niemals Wägegefäße und Wägeobjekte mit den bloßen Fingern berühren, um Fingerabdrücke zu vermeiden. Handschuhe oder möglichst längere antimagnetische Pinzetten benutzen.

- Wägegefäß und Proben sollten vor der Wägung temperiert sein.
- Temperaturänderungen vermeiden; Temperaturunterschiede verursachen Anzeigeänderungen.

Zu warme Objekte (Wägegut/-gefäß) würden zu leicht, kältere zu schwer erscheinen. (Aufstell-/Betriebsanleitung beachten)



### Aufbringen des Wägegutes

#### Sichere Ergebnisse kommen aus der Mitte

- Das Wägegut möglichst mittig aufsetzen, unterschiedliche Platzierungen des Wägegutes oder des Prüfgewichtes auf der Waagschale (außermittige Belastung) können zu geringen Abweichungen führen.



### Wägevorgang

#### Kontinuierliche Abläufe erhöhen die Messgenauigkeit!

- Den Windschutz stets vor dem Ablesen der Anzeige schließen.
- Anzeige durch Drücken der Tara-Taste auf Null stellen.
- Nach dem Aufbringen von Probe/Prüfgewicht warten, bis das Einheitensymbol „g oder mg“ als Stabilitätsindikator in der Anzeige erscheint.

- Möglichst die Wägeregebnisse nach gleichen Zeitabständen notieren (z.B. nach jeweils 3 s) oder die Stillstandsbedingung im Waagenbetriebsprogramm auf Ihre Bedürfnisse einstellen.
- Bei längeren Pausen zwischen einzelnen Wägungen (>15 min.) sollte die Waagschale kurz be- und entlastet und anschließend die Waagenanzeige vor der Wägung tariert werden (physikalische Effekte).



### Pflege der Waage

#### Sauberkeit verringert Störeinflüsse

- Waagschale und Wägeraum stets sauber halten.
- Probenpartikel mit einem Pinsel oder Mini-Staubsauger entfernen, ggf. Waagschale und Schirmring herausnehmen.
- Flüssigkeiten mit saugfähigem Tuch aufnehmen.

# Physikalische Einflüsse – bedingt durch das Wägegut

Analysenwaagen, speziell Semimikro-, Mikro- und Ultramikrowaagen, reagieren auf kleinste Änderungen. Sie müssen deshalb auch unerwünschte physikalische Einflussgrößen anzeigen, die durch das Wägegut und/oder den Probenbehälter hervorgerufen werden.

Mögliche Ursachen sind z.B.:

- Probenbehälter oder Wägegut sind nicht temperiert.
- Das Wägegut ist hygroskopisch oder verdunstet.
- Probenbehälter oder Wägegut sind elektrostatisch geladen.
- Probenbehälter oder Wägegut sind magnetisch.
- Erdbeschleunigung.
- Luftauftrieb/Dichte des Wägegutes.



## Temperaturunterschiede

### Das sehen Sie:

- Schlechte Reproduzierbarkeit.
- Unerwartete Wägeergebnisse.
- Gewichtsanzeige „driftet“, obwohl die Anzeige bei unbelasteter Waage stabil ist.

### Das können Sie tun:

- Probe/Probenbehälter akklimatisieren.



## Feuchtigkeitsaufnahme | Verdunstung

### Das sehen Sie:

- Die Gewichtsanzeige erhöht oder verringert sich kontinuierlich, die Gewichtsanzeige „driftet“, obwohl die Anzeige bei unbelasteter Waage stabil ist.

### Das können Sie tun:

- Bei Verdunstung z.B. Abdeckung mit einer Petrischale. Dies führt zu stabileren Anzeigewerten.
- Probenbehälter/Probe nicht mit bloßen Fingern handhaben. Fingerabdrücke sind hygroskopisch.

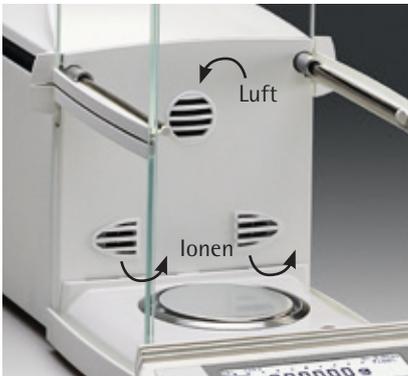


Weniger geeignet

Besser



Geeignet



### Probenbehälter

- Probenbehälter optimieren, ggf. abdecken.
- Waagschale und Wägegefäß sollten sauber und trocken sein.
- Mess- und Erlenmeierkolben sind gegenüber Bechergläsern mit großer Öffnung geeigneter.
- Möglichst Gefäße mit kleinen Öffnungen verwenden.
- Grundsätzlich sollten die Probenbehälter so klein wie möglich gewählt werden.

### Elektrostatik

#### Das sehen Sie:

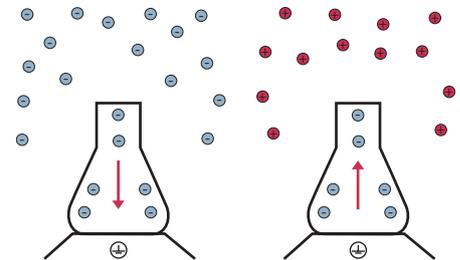
- Die Gewichtsanzeige driftet in eine Richtung, die Anzeigewerte sind nicht reproduzierbar.

#### Grund:

- Elektrostatische Aufladungen treten bei Substanzen oder Probengefäßen mit niedriger elektrischer Leitfähigkeit und großer Oberfläche auf (z.B. Kunststoffe, Glas, pulvrige Substanzen).
- Sehr geringe Raumfeuchte.

#### Das können Sie tun:

- Raumfeuchte erhöhen.
- Wägegut durch Metallbehälter oder mit Metallfolie abschirmen.
- Setzen Sie ein Ionisationsgebläse ein. Das statisch geladene Wägegut wird im Luftstrom weitestgehend neutralisiert (die Sartorius Modellreihe „ME“ verfügt über einen eingebauten Ionisator).



### Magnetische Effekte

#### Das sehen Sie:

- Die Wägewerte sind stabil, aber nicht reproduzierbar.
- Je nach Position des Wägegutes auf der Waagschale werden andere Werte angezeigt.

Grund: Magnetische Wägegüter und Probenbehälter (Nickel, Eisen, Stahl, etc., insbesondere Weißblechdosen) erzeugen Kraftfelder, die auf die Waagschale und Materialien im Wägeraum wirken.

#### Vorsicht beim Arbeiten mit Magnet-rührkern „Rührfisch“!

#### Das können Sie tun:

- Abhilfe schafft eine vorangegangene Entmagnetisierung.
- Abstand zur Waagschale mit nichtmagnetischem Material vergrößern (z.B. umgestülptes Becherglas).
- Mit Mu-Metallfolie abschirmen.
- Spezialwaagschalen einsetzen.

#### Das bietet Sartorius

Suszeptometer zur magnetischen Suszeptibilität und Magnetisierung

## Standortwechsel der Waage

### Justieren Sie da, wo Sie wiegen werden!

Die Schwerebeschleunigung ist eine der wesentlichsten Einflussgrößen.

Beispiel (Näherungswerte):

Abhängigkeit von der Höhe:

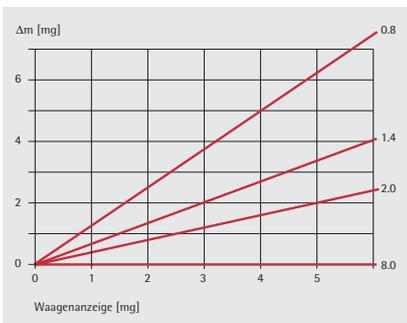
1 ppm/Stockwerk

Abhängigkeit von der geografischen Breite:

92 ppm/°

(1° sind ca. 120 km in Nord-Südrichtung)

– Eine Erhöhung des Standortes um ca. 3 m macht sich bei einer Analysenwaage bemerkbar: statt 200,0000 g werden nur noch 199,9997 g angezeigt, d.h. 0,0003 g zu wenig. Nach Neuaufstellung oder einem Wechsel des Aufstellortes muss die Waage deshalb unbedingt justiert werden.



## Luftauftriebskorrektur

Das Archimedische Prinzip besagt, dass ein Körper im Schwerfeld der Erde und in einem ihn umgebenden Medium soviel an Gewicht verliert, wie die von ihm verdrängte Menge des umgebenden Mediums wiegt.

Bei Wägungen ist das umgebende Medium die Luft. Diese hat im Mittel eine Dichte von 1.2 kg/m<sup>3</sup>. Dies bedeutet, dass z.B. ein Körper aus Stahl (Dichte 8000 kg/m<sup>3</sup>) mit einer Masse von 200 g in Luft 30 mg weniger wiegt als im Vakuum. Ein Körper mit ebenfalls 200 g Masse, aber mit einer Dichte von 1000 kg/m<sup>3</sup> verliert sogar 240 mg (ca. 1/4 g!).

Diese Gewichtsverminderung zeigt eine hochempfindliche Waage zwangsläufig an. Die obigen Beispiele beziehen sich auf eine Luftdichte von 1.2 kg/m<sup>3</sup>. Leider ist die Luftdichte im Laufe eines Jahres Schwankungen unterworfen. Insbesondere der Luftdruck beeinflusst die Luftdichte enorm, aber auch die Temperatur, die Luftfeuchtigkeit und die Zusammensetzung der Luft.

Man kann diese Einflüsse reduzieren, indem man die Waage vor der Wägung mit einem internen oder externen bekanntem Normal justiert. Gewichtsnormale haben aber eine Dichte von ca. 8000 kg/m<sup>3</sup>. Die oben beschriebenen Einflüsse durch die unterschiedliche Dichte des Wägegutes können auch durch diese Justierung nicht eliminiert werden.

Nach einer korrekten Justierung ist die Abweichung des Wäageergebnisses eines Körpers mit 200 g Masse, Dichte 1000 kg/m<sup>3</sup> immer noch 210 mg!

Es gilt die Korrekturformel (wenn die Waage unmittelbar vor der Wägung mit dem internen Justiergewicht justiert wurde):

Mit $m_w$	Waagenanzeige	g, ct,...
$m$	Masse des Wägegutes	g, ct,...
$\rho_a$	Luftdichte bei der Wägung	g/m <sup>3</sup>
$\rho$	Dichte des Wägegutes	kg/m <sup>3</sup>
$\rho_c$	Normdichte	8000 kg/m <sup>3</sup>

Aus der Gleichung wird ersichtlich, dass die Qualität der Korrektur von der Kenntnis der Dichte des Wägegutes und der Luftdichte abhängt. Da man diese Dichten im allgemeinen nur in bestimmten Grenzen kennt, bleibt nur die Berücksichtigung in Unsicherheitsbetrachtungen.

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

# Fachbegriffe

<b>Ablesbarkeit</b>	Kleinste an der Waage ablesbare Massedifferenz.
<b>Auflösung</b>	Nicht eindeutig genormter Begriff. Umgangssprachlich für den Quotienten aus Höchstlast und Ablesbarkeit genutzt.  Beispiel: eine Semimikrowaage mit 230 g Wägebereich und einer Ablesbarkeit von 0,01 mg hat eine Auflösung von 23.000.000 (23 Mio.) Zifferschritten.
<b>Autotara/Autozero</b>	Kleine Abweichungen vom Nullpunkt werden automatisch von der Waage auf Null gesetzt, sodass eine langsame Nullpunktsdrift der Waage korrigiert wird.
<b>Drift</b>	Langsame, zeitliche Änderung der Anzeige der Waage bei konstanter Belastung.
<b>Ecklastfehler, Außermittige Belastung</b>	Anzeigeänderung beim Aufsetzen derselben Last auf unterschiedliche Stellen der Waagschale.
<b>Eichung</b>	Eichung ist die gesetzlich vorgeschriebene Konformitätsbewertung eines verwendeten Messgerätes zur Feststellung der Übereinstimmung mit den gesetzlichen Anforderungen auf der Grundlage einer technischen Prüfung sowie die Kennzeichnung des Messgerätes.
<b>Eichfähige Waage</b>	Waage, die behördlich zur Eichung zugelassen ist.
<b>Eichfehlergrenzen</b>	Grenzen für die Messabweichung einer Waage, die bei der Eichung nicht überschritten werden dürfen.
<b>Eichwert (e)</b>	In gesetzlichen Masseinheiten (mg, g, kg, t, ct) ausgedrückter Wert, der bei der Einstufung der Waage verwendet wird und auf den sich die Eichfehlergrenzen beziehen.
<b>Einschwingzeit</b>	Zeitdauer zwischen dem vollständigen Auflegen des Wägegutes und dem Erreichen der endgültigen Resultatsanzeige. Sie kann durch die Auswahl verschiedener digitaler Filteralgorithmen im Waagenbetriebsmenü beeinflusst werden.
<b>Empfindlichkeit</b>	Änderung des angezeigten Wertes dividiert durch die sie verursachende Änderung der Belastung der Waage. Bei einer korrekt justierten Waage mit Digitalanzeige muss die Empfindlichkeit immer exakt 1 betragen.
<b>Fallbeschleunigung (g)</b>	Beschleunigung eines Körpers beim freien Fall aufgrund der Erdanziehungskraft. Die Fallbeschleunigung ist ortsabhängig. Am Äquator ist sie wegen der Fliehkraft kleiner als an den Polen. Darüber hinaus nimmt sie mit der Höhe über NN ab. In Deutschland ist der Mittelwert der Fallbeschleunigung $g = 9,81 \text{ ms}^{-2}$ .
<b>isoCAL</b>	Moderne Waagen sind mit einer vollautomatischen Kalibrier-/Justierfunktion ausgestattet. Die Aktivierung wird nach Ablauf fest vorgegebener oder frei wählbarer Zeitspannen ausgelöst. Zusätzlich wird bei Überschreitung einer vorgegebenen Temperaturdifferenz der Kalibrier-/Justiervorgang automatisch ausgelöst. Auf diese Weise ist die Genauigkeit der Waage auch ohne Eingriff des Anwenders dauerhaft sichergestellt.
<b>Justieren</b>	Einstellen oder Abgleichen einer Waage, um die Abweichungen zwischen dem angezeigten und dem wahren Massewert zu beseitigen.
<b>Justiergewichtsschaltung</b>	Eingebaute, halb- oder vollautomatische Vorrichtung zum Justieren der Waage für hohe Genauigkeiten. Die Verwendung ist wegen der höheren Genauigkeit und Stabilität einer externen Justierung vorzuziehen.
<b>Kalibrieren</b>	Ermitteln des Zusammenhangs zwischen dem angezeigten Wert und dem wahren Massewert. Beim Kalibrieren erfolgt kein verändernder Eingriff in die Waage.
<b>Kennwert</b>	Bei der Kennwertbestimmung wird die Übereinstimmung des angezeigten Wägewertes mit dem konventionellen Wägewert des aufgelegten Prüfgewichtes verglichen. Das Prüfgewicht sollte rückführbar auf ein nationales Normal sein und einer Überwachung unterliegen.
<b>Kilogramm</b>	Internationale Basiseinheit für die Masse. Definiert durch die Masse des Internationalen Kilogramm-Prototyps in Sevres (Frankreich).
<b>Konventioneller Wägewert</b>	Der konventionelle Wägewert eines Körpers ist gleich der Masse eines Massennormals der Dichte $8 \text{ g cm}^{-3}$ , das diesem Körper bei $20^\circ\text{C}$ und einer Luftdichte von $1,2 \text{ mg cm}^{-3}$ das Gleichgewicht hält. Für Körper der Dichte $8 \text{ g cm}^{-3}$ sind der konventionelle Wägewert und die Masse identisch.

<b>Libelle, Neigungsanzeiger</b>	Hilfsmittel zur Feststellung der korrekten Ausrichtung der Waage.
<b>Linearitätsfehler, Nichtlinearität</b>	Abweichung vom theoretisch linearen Verlauf der Kennlinie. Bei korrektem Nullpunkt und korrekter Justierung kann der Linearitätsfehler durch die positive oder negative Abweichung des angezeigten Wertes von der tatsächlichen Belastung ermittelt werden.
<b>Messunsicherheit</b>	<p>Die Messunsicherheit gibt den Bereich um das ermittelte Messergebnis an, innerhalb dessen das unbekannte, fehlerfreie Ergebnis mit einer statistischen Sicherheit von üblicherweise 95% liegt.</p> <p>Beispiel für die Angabe des Messergebnisses und der Messunsicherheit:</p> $m = (139,27457 \pm 0,00002) \text{ g.}$ <p>Die Messunsicherheit kann vor Ort durch Sartorius Techniker ermittelt und in offiziellen Kalibrierscheinen protokolliert werden (z.B. in Deutschland vom DKD – Deutscher Kalibrier Dienst – akkreditiert).</p> <p>Die Angabe der relativen Messunsicherheit (bezogen auf die Einwaage) ist ein wichtiger Beurteilungsparameter im Labor.</p>
<b>Messzeit</b>	Entspricht der Einschwingzeit.
<b>Mindesteinwaage nach USP United States Pharmacopeia</b>	<p>In Abschnitt 41 der USP wird der Einsatz von Waagen und Gewichten spezifiziert. Es heißt, dass die minimalen Einwaagen, die auf den Waagen getätigt werden, nicht kleiner als das 1000fache der Messunsicherheit sein dürfen (bzw. die Messunsicherheit nicht größer sein darf als 0,1% der minimalen Einwaage). Taralasten, wie z.B. Einwaagegefäße, dürfen nicht zur minimalen Einwaage hinzugerechnet werden.</p> <p>Es wird gefordert, die Bestimmung der minimalen Einwaage (Mindesteinwaage) am Aufstellort der Waage durchzuführen und zu dokumentieren. Unter guten Aufstellbedingungen liegt die Mindesteinwaage einer Semimikrowaage i.d.R. zwischen 15–25 mg.</p>
<b>Nichtselbsttätige Waage</b>	Eine nichtselbsttätige Waage ist eine Waage, die das Eingreifen eines Benutzers während des Wägevorganges erfordert, z.B. um die zu messende Last auf den Lastträger aufzubringen oder um das Ergebnis zu erhalten.
<b>ppm</b>	Abkürzung für parts per million = $10^{-6}$ (z.B. 0,0001 g von 100,000 g)
<b>Reproduzierbarkeit</b>	<p>Fähigkeit der Waage, unter spezifizierten Prüfbedingungen, übereinstimmende Ergebnisse anzuzeigen, wenn dieselbe Last mehrfach (i.d.R. 6 mal) auf gleiche Weise auf die Waagschale aufgesetzt wird. Als quantitative Angabe kann z.B. die Standardabweichung verwendet werden.</p> <p>Die Messung der Reproduzierbarkeit bildet, neben den Waagenspezifikationen, auch die Umgebungsbedingungen ab (Vibrationen, Luftzug-, Temperatur-, Feuchteschwankungen etc.). Auch die Handhabung durch den Bediener geht in die Standardabweichung ein.</p>
<b>Rückführbarkeit</b>	Eigenschaft eines Messergebnisses, durch eine ununterbrochene Kette von Vergleichsmessungen auf ein nationales oder internationales Normal bezogen zu sein.

---

**Standardabweichung**

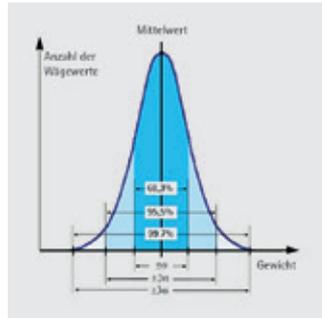
Rechengröße zur Beurteilung einer Waage hinsichtlich ihrer Reproduzierbarkeit oder Wiederholbarkeit. Die Standardabweichung der Einzelwerte „s“ ist definiert als

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

Darin ist:

n = Anzahl der Einzelergebnisse

x = arithmetisches Mittel aus den Einzelergebnissen  $x_i$



Beispiel einer Normalverteilung:

Innerhalb von	± 1 s	± 1,5 s	± 2 s	± 3 s
liegen	68 %	87 %	95 %	99,7 %

aller Messwerte.

---

**Tarieren**

Nullsetzen der Anzeige bei belasteter Waagschale. Dadurch kann die Anzeige, z.B. bei einem leeren Gefäß, auf Null zurückgesetzt und beim anschließenden Befüllen jeweils der Nettowert abgelesen werden.

---

**Temperaturkoeffizient**

Relative Änderung eines Wertes (z.B. Empfindlichkeit) bei Temperaturänderung dividiert durch die Größe der Temperaturänderung.

Er wird angegeben z.B. in ppm/K bzw.  $10^{-6}/K$

Das bedeutet: Bei einer Temperaturänderung von 1 Kelvin ( $1^\circ C$ ) und einem Temperaturkoeffizienten von  $1 \cdot 10^{-6}/K$  ergibt sich eine Empfindlichkeitsänderung

$$\Delta m = 1 \cdot 10^{-6} K^{-1} \cdot 1 K \cdot 100 g = 0,0001 g$$

---

**Unsicherheit**

Kurzform für Messunsicherheit.

---

**Verkehrsfehlergrenzen**

Grenzen für die Messabweichung einer geeichten Waage, die beim Gebrauch der Waage nicht überschritten werden dürfen. Die Verkehrsfehlergrenzen betragen das Doppelte der Eichfehlergrenzen.

---

**Wiederholbarkeit**

Fähigkeit der Waage, unter hinreichend konstanten Prüfbedingungen übereinstimmende Ergebnisse anzuzeigen, wenn dieselbe Last mehrfach auf praktisch gleiche Art und Weise auf den Lastträger aufgesetzt wird.



Sartorius Lab Instruments GmbH & Co. KG  
Weender Landstrasse 94-108  
37075 Goettingen, Germany

Phone +49.551.308.0  
Fax +49.551.308.3289

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



Specifications subject to change without notice.  
Printed in Germany on paper that has been  
bleached without any use of chlorine.  
W/sart-244  
Publication No.: W--0135-a13106  
Order No.: 98648-014-11