



Instrumentelle Bioanalytik

Trennverfahren

Prof. Dr. Mircea Tric

SS 2026

Organisatorisches

Lehrform: Seminaristischer Unterricht (→ Praktikum im 7.Semester)

Vorlesungszeiten: Dienstags um 10-11:30 Uhr

Dauer: 1,5 SWS (ca. 70 min)

Skript (Moodle) Kurs: BT6 Instrumentelle Bioanalytik - Trennverfahren (Tric)
Passwort: Potentiometrie



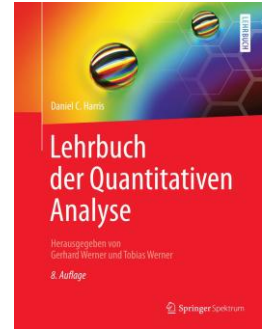
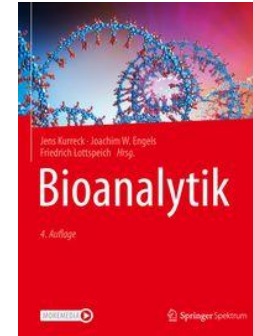
Klausur

- Typ:** Schriftliche Prüfung (Taschenrechner, Lineal)
- Termin:** Juli 2026
- Dauer:** Dauer 120 min
- Punkte:** 40/100 Punkten für Trennverfahren
- Anmeldung:** Für alle Prüfungen erforderlich!

Lernhilfsmittel

Lernhilfsmittel:

- J. Kurreck, J. Engels, F. Lottspeich, **Bioanalytik**, Springer-Spektrum, 2022
- D. C. Harris, **Lehrbuch der Quantitativen Analyse**, Springer-Spektrum, 2013
- D. A. Skoog, J. J. Leary, Instrumentelle Analytik, Springer, 2013
- M. H. Gey, Instrumentelle Analytik und Bioanalytik, Springer-Spektrum, 2021



Inhalt

- **Fehlerbetrachtung**
- **Grundlagen der chromatographischen Trennung**
- **Flüssigchromatographie (HPLC)**
 - - Gerätekomponenten (Pumpen, Detektoren, Trennsäule,)
 - - Trennverfahren (Adsorption, Ionenaustausch, Gelpermeation,)
- **Gaschromatographie (GC)**
 - - Gerätekomponenten (Trennsäule, Injektor, Detektoren)
 - - Spezielle GC-Techniken (Säulenschaltung, Headspacetechnik,)
- **Elektrophoretische Verfahren:**
 - - SDS-Gelelektrophorese
 - - Isoelektrische Fokussierung
 - - Kapillarelektrophorese
- **Quantifizierungsverfahren**

Allgemeinwissenschaftliches Wahlpflichtfach

Lehrveranstaltung:	Planetary Sciences (AWP, 2 SWS)
Sprache:	Englisch
Klausur:	Englisch/Deutsch
Studiengänge:	Biotechnologie, Applied Informatics
Semester:	Nur im Sommersemester
Voraussetzungen:	≥ 4.Semester



Why Planetary Sciences?

Why Planetary Sciences?

Planetary Sciences tracks the **origin** of all things – from the **Big Bang** to the origin of our **Galaxy, planetes** and **life** on **Earth** through deep geological time to present day.

This course integrates principles from **physics, chemistry, biology, and geology** for a comprehensive understanding of the **Earth's system**, allowing us to **learn from the past**, comprehend the **present**, and shape the **future** of our planet.



Content

Part I (5 Lectures)

The night sky

Search for life (Goldilocks' zone, Drake equation)

The origin of the Universe and the elements (Big Bang, stellar evolution)

Part II (4 Lectures)

The Origin of our Solar System

Planets in the Solar System

Spaceflight

Part III (5 Lectures)

Evolution of Earth and Life (endosymbiotic theory, extinction events)

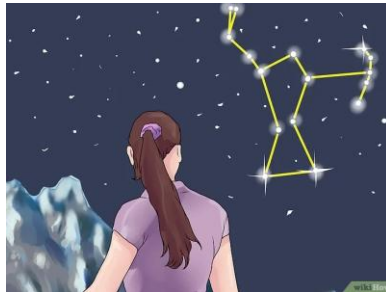
Climate change (natural and human factors)



Excursion

Excursion date:

Tbd



Sternwarte Pellhausen

Location

N 48.39381195600551°

E 11.676782311238064°



Planetary Sciences

AWP: Allgemeinwissenschaftliches Wahlpflichtfach

Sommersemester:

Zeit: Mittwochs, 14-15:30 Uhr

Raum: A1.406



Einführung

Aufgabenstellung und Bedeutung der Analytik

Aufgabe der analytischen Chemie:

Ermittlung von *qualitativen / quantitativen Zusammensetzung* von chemischen **Stoffgemischen**

Trennmethoden:

a) Instrumentelle Methoden:

Ausnutzung der **physikalischen Eigenschaften** einzelner **Stoffe**, um ein Probengemisch in seine **Bestandteile** zu trennen, z.B. mittels Chromatographie, Elektrophorese (6./7.Semester)

b) Nass-chemische Methoden:

Durch gezielte **chemische Reaktionen** werden einzelne Stoffgruppen z.B. **gravimetrisch** oder **titrimetrisch** erfassbar (2. Semester)

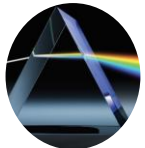
Systematik der Analysemethoden



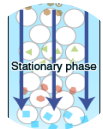
Analytische Chemie



Instrumentelle Analytik



Optische Methoden



Trennmethoden



Elektroanalytische Methoden



Ermittlung der **qualitativen** und **quantitativen Zusammensetzung** von Stoffen direkt aus **physikalischen Eigenschaften** des Probenmaterials



Chemische Analytik
(Nass-chemische Methoden)



Gravimetrische Methoden
(Fällungsreaktion)



Volumetrische Methoden
(Titration)



Stoffspezifisches Messsignal über **chemische Umsetzungen** des Probenmaterials

Einteilung der Instrumentellen Analytik

Instrumentelle Analytik:

Entwicklung von Methoden zur Untersuchung von qualitativer und quantitativer **Zusammensetzung** von Stoffen **oder** deren **Strukturaufklärung**.

Qualitative Analyse: **Was** ist in der **Probe?** (z.B. Drogenanalytik)

Für eine **spektroskopische Charakterisierung** sollte eine Substanz in **möglichst reiner Form** vorliegen
(→ häufig Trennverfahren benötigt)

Quantitative Analyse: **Wie viel** von dem **Stoff** (Analyt) ist in der Probe?

Je nach Fragestellung sowohl **Trennverfahren** als auch **spektroskopische Verfahren** geeignet

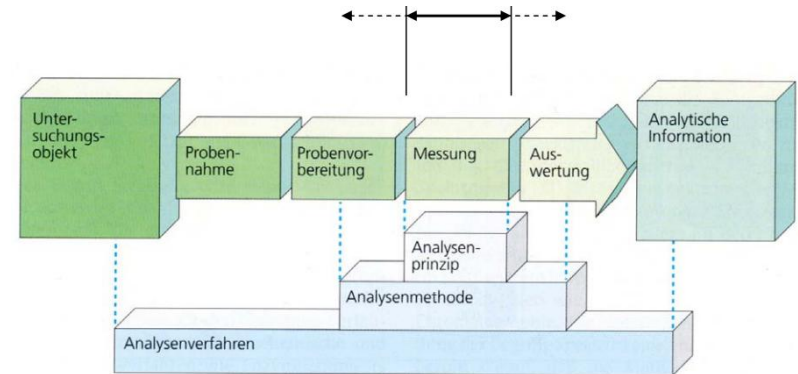
Analysenverfahren

Analytisches Problem:

- Was soll gemessen werden?
- Wie hoch ist die zu erwartende Konzentration?
- In welcher Matrix soll die Messung erfolgen?

Entwicklung einer Analysenstrategie

- Welches Analysenverfahren ist geeignet?
(Sensitivität, Selektivität, Verfügbarkeit, Personal, Kosten)
- Probenmenge/Probenanzahl, Zusammensetzung (Matrix), Konzentrationsbereich?
- Wie Robust soll das Verfahren sein?
- Welche Qualitätsparameter (Genauigkeit etc.) müssen erfüllt werden?



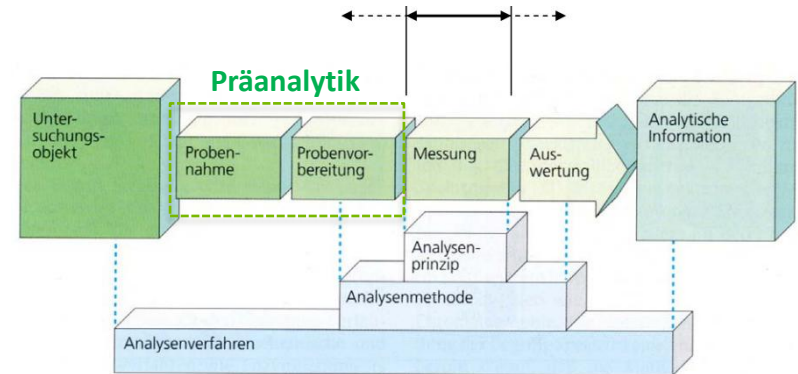
Literaturrecherche oder Entwicklung eines neuen Verfahrens

Fehlerbetrachtung

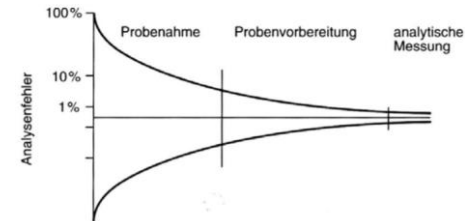
Präanalytik

Fehler in der Präanalytik:

- Fehler bei der Probenahme (Identität?, repräsentativ?)
- Fehler beim Probentransport und Lagerung (Stabilität → Temperatur?, Licht?)
- Fehler bei der Probenvorbereitung (z.B. Verlust während Extraktion, Kontamination)



Analysenfehler in der Analytik:



Messgröße, Messwert, Messergebnis

Messgröße

- Physikalische oder chemische Größe (z.B. **Leitfähigkeit, Lichtintensität, Stoffmenge** etc.)

Messwert

- **Ergebnis** eines **einzelnen Messvorgangs**

Messergebnis

- **Mittelwert** der Messwerte

Richtigkeit

Wahrer Wert μ (ausgespr. „mü“) (engl. True Value):

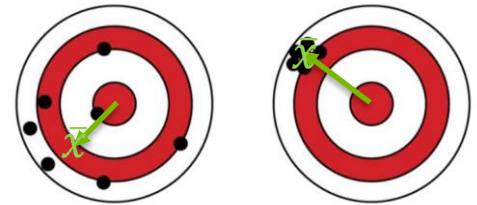
Ideeller (unbekannter) Wert

Richtiger Wert:

Der mit den besten verfügbaren Messverfahrenen bestimmte Wert
(zertifizierter Referenzwert)

Richtigkeit (engl. Trueness):

Maß für die Übereinstimmung des **Messergebnisses** \bar{x} mit dem richtigen
(wahren) Wert



Richtigkeit

Relative Abweichung R

(prozentualer Fehler, % error)

$$R(\%) = \frac{|\bar{x}_{ist} - x_{Soll}|}{x_{Soll}} \cdot 100\%$$

Wiederfindungsrate WfR (Recovery)

$$WfR(\%) = \frac{\bar{x}_{ist}}{x_{Soll}} \cdot 100\%$$

Fehlertypen

Fehler werden in drei Typen unterteilt:

1. **Grobe Fehler**
2. Systematische Fehler (systematische Abweichungen)
3. Statistische (zufällige) Abweichungen



Grobe Fehler

1) Grobe Fehler:

- Fehler dieser Art sind **nicht statistischer Natur** (unterliegen nicht dem Zufall)
- Damit behaftete **Messungen** sind zu **verwerfen**
- Entstehen z.B. bei der Verwendung von **defekten** Messvorrichtungen, beim **falschen Ablesen** einer Skala

Dagegen hilft:

Werte **vergleichen** und auf **Plausibilität** prüfen!

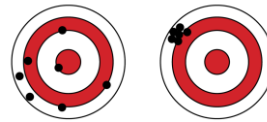
Typischer **Eisengehalt**
von frischem Spinat:
2,7 - 3,5 mg pro 100 g



Fehlertypen

Fehler werden in drei Typen unterteilt:

1. Grobe Fehler
2. **Systematische Fehler**
3. Statistische (zufällige) Abweichungen



Messwert = wahrer Wert \pm systematischer Fehler \pm zufällige Abweichungen



Systematische Fehler

2) Systematische Fehler

Systematische Fehler **betreffen** die **Richtigkeit** → ergeben ein falsches Analyseergebnis

Wiederholung verringert den systematischen Fehler nicht!

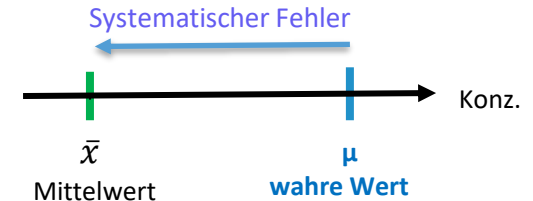
→ verschieben die Messwerte systematisch in **eine Richtung**

→ Fehler ist **reproduzierbar** zu groß/klein

→ **schwer** zu **erkennen**

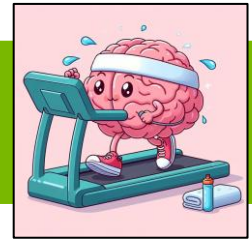
→ können bei Kenntnis des Fehlers korrigiert werden

Ein Maß für die Richtigkeit ist die **relative Abweichung R** und die **Wiederfindungsrate (WFR)**



Ursachen für systematische Fehler

Wie erkennen?



Potentielle Ursachen für systematische Fehler

- Mangelnde Reinheit der verwendeten Chemikalien
- Mangelnde Reinheit der verwendeten Gefäße und Pipetten
- Falsche Gerätekalibrierung
- Mangelnde Wartung der Geräte
- Matrix-Effekte (Störeinflüsse)
- Verschleppungen (Kontaminationen)
- Die Stichprobe ist nicht repräsentativ



Systematische Fehler erkennen

Systematische Fehler erkennen:

- Analyse von **Blindproben** (Probe ohne Analyt)
- Analyse von Proben mit **bekanntem Gehalt (NIST-Standard)**
→ Analyt liegt in einem zertifizierten Bereich (gemessen mit sehr genauen Messgeräten)
- Verwendung einer **Referenzmethode** (z.B. orthogonale Messmethoden)
- Vergleich mit anderen Laboren (Teilnahme an **Ringversuchen**)
→ dient als Qualitätssicherungsmaßnahme

Metrologieinstitute:

NIST: National Institute of Standards and Technology

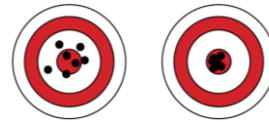
PTB: Physikalisch-Technische Bundesanstalt



Fehlertypen

Fehler werden in drei Typen unterteilt:

1. Grobe Fehler
2. Systematische Fehler
3. **Statistische (zufällige) Abweichungen**
(auch zufälliger Fehler genannt)



Messwert = wahrer Wert (\pm systematischer Fehler) \pm zufällige Abweichungen



Experiment zu statistischen Abweichungen

Schätzen Sie das Gewicht des Apfels

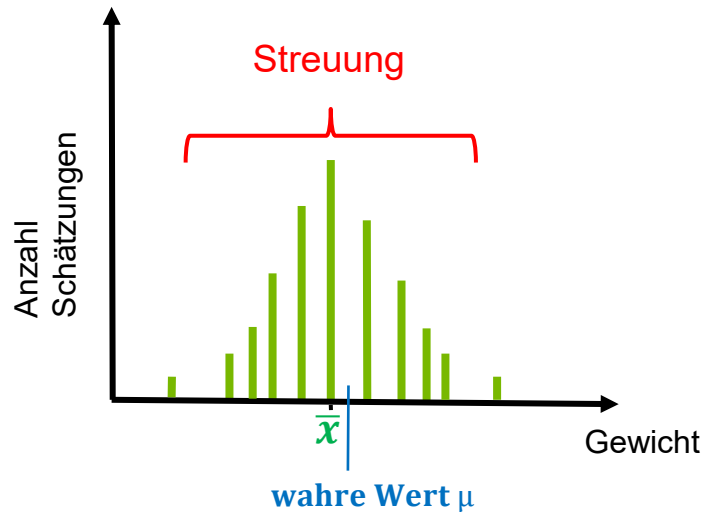


Zu hoch geschätzt	Zu niedrig geschätzt



Experiment zum statistischen Fehler

Schätzungen streuen (i.d.R.) symmetrisch um den Mittelwert



Messunsicherheit



Messergebnis: 1,2436 g \pm 0,0001 g

4 sichere
Stellen

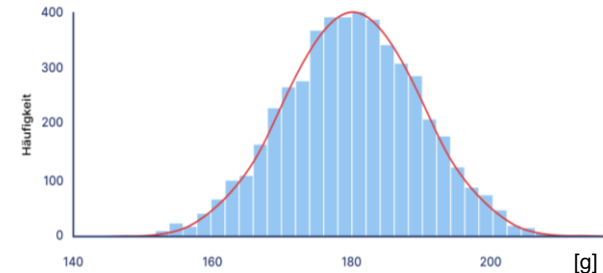
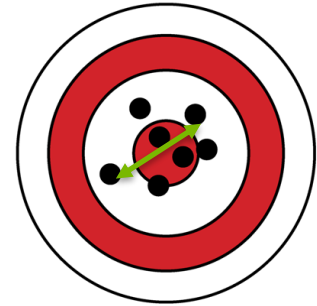
Erste unsichere Stelle
(\rightarrow Schätzwert)



Statistische Abweichungen

3) Statistische Abweichungen

- Zufällige Abweichungen sind **statistisch verteilt**, d.h. mit gleicher Wahrscheinlichkeit mal zu groß und mal zu klein
- Betreffen die **Präzision**
Präzision: Beschreibt die **Reproduzierbarkeit (Streuung)** von Messwerten
- Können **nicht** verhindert werden
→ z.B. Temperaturschwankungen, Rauschen des Detektors/Lichtquelle)
- Wird durch **häufiges Messen verringert**
(→ deshalb Mehrfachmessungen)
- Zufällige Abweichungen ergeben ein **unsicheres Analyseergebnis**, aber **kein Mangel an Analysenleistung!**

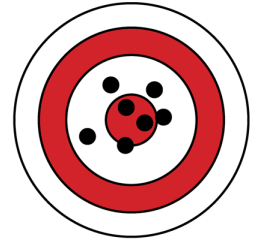


Messunsicherheit

Das **Analysenergebnis** besteht aus einem Schätzwert für den wahren Wert (**Mittelwert**) und einer **Messunsicherheit Δx**

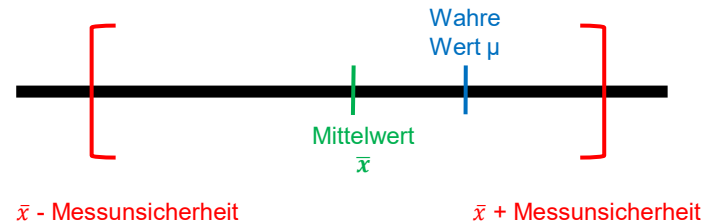
Analysenergebnis: **Mittelwert \pm Messunsicherheit**

12,35 mL \pm 0,02 mL \rightarrow absolute **Messunsicherheit**



Der **wahre Wert μ** (bzw. der nächste Messwert) wird in einem, durch die **Messunsicherheit** definierten, **Vertrauensintervall** vermutet.

(üblicherweise mit einer **Wahrscheinlichkeit** von **68 %** oder **95 %**)



Angabe der Messunsicherheit

- **Absolute Messunsicherheit:**

Ungenauigkeit beim Ablesen einer Bürette

Bsp.: 12,35 ± 0,02 mL

- **Relative Messunsicherheit:**

$$\text{Prozent. relative Messunsicherheit} = \frac{\Delta x}{\bar{x}} \cdot 100 \%$$

Bezug des absoluten Fehlers auf den Messwert

Bsp.: 12,35 mL ± 0,2 %

Beachte bei der Angabe der absoluten Unsicherheit

Die Messunsicherheit entscheidet darüber, wie viele Dezimalstellen im Ergebnis angegeben werden!

Die Messunsicherheit mit max. **1-2 signifikanten Stellen** angeben.

Beachte bei der Angabe der relativen Unsicherheit:

Die Messunsicherheit mit max. **1-2 signifikanten Stellen** angeben

Statistischer Fehler

Zufallsfehler betreffen die Präzision

Die Präzision beschreibt die **Reproduzierbarkeit** eines Messergebnisses bei Mehrfachmessungen

Standardabweichung

Ein **Maß** für die **Streuung** der **Messwerte** um den **Mittelwert** und damit die Präzision (Reproduzierbarkeit)

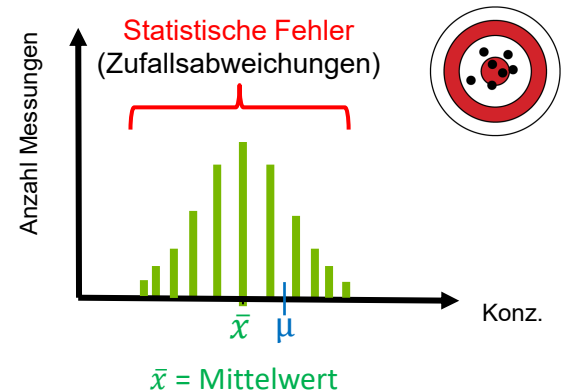
Empirische Standardabweichung SD:

Reflektiert die Wahrscheinlichkeit für die Streuung einzelner Messwerte.

Maß für die **Reproduzierbarkeit**. Je kleiner die SD desto kleiner die Streuung.

Variationskoeffizient (relative Standardabweichung):

$$V_K = \frac{SD}{\bar{x}} \cdot 100\%$$



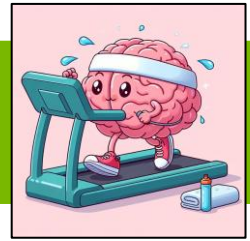
$$SD = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

n Anzahl der Messungen

x_i Messwert i

\bar{x} Mittelwert der Messreihe

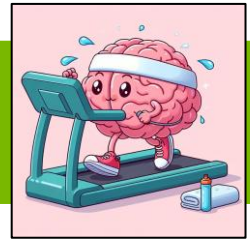
Übung



Bei der mehrmaligen Wägung derselben Probe wurden folgende Werte gemessen:
26,518 g, 26,526 g, 26,504 g, 26,511 g, 26,534 g

Berechnen Sie den Mittelwert, die Standardabweichung und die relative Standardabweichung (Variationskoeffizient) für die Messreihe!

Übung



Dieselbe Probe wie zuvor wurde auf einer anderen Waage (gleichen Typs) nochmals gewogen, dabei ergaben sich:

26,499 g, 26,494 g, 26,500 g, 26,497 g

- Wie groß sind Mittelwert und Standardabweichung in diesem Fall?
- Auf welcher Waage waren die Messungen präziser?
- Was könnte die Ursache für die Abweichung zwischen den beiden Mittelwerten sein?

Analytische Qualität

Richtigkeit (Trueness):

Maß für die Übereinstimmung des **Mittelwertes** mit dem richtigen Wert. Wird durch die **Widerfindung** bestimmt.

Präzision (Precision):

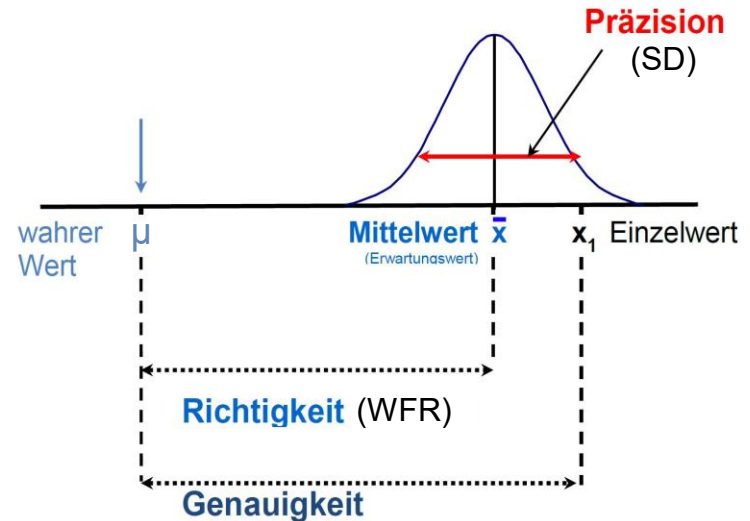
Maß der Übereinstimmung (**Streuung, Präzision**) von Messergebnissen aus einer **Serie** von **Messungen** desselben Analyten. Wird durch die **Standardabweichung** charakterisiert.

Genauigkeit (Accuracy):

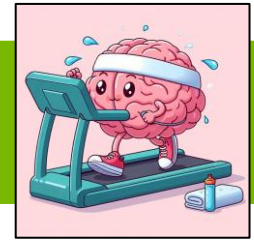
Maß für den **Gesamtfehler** bei einer Analyse und damit ein Oberbegriff für **Richtigkeit** und **Präzision**.

Wie nah ist eine **einzelne** Messung am wahren Wert (bzw. Referenzwert)?

Ein Messgerät ist **genau**, wenn es sowohl eine **hohe Präzision** als auch eine **hohe Richtigkeit** besitzt.

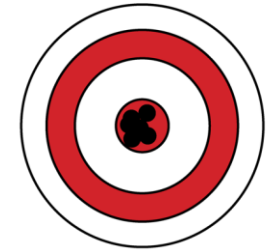
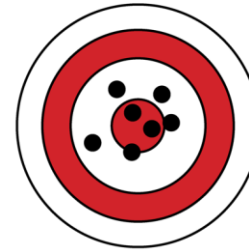
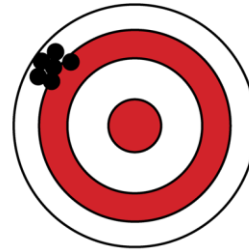


Übung



Übung:

Beurteilen Sie die **Richtigkeit**, **Präzision** und **Genauigkeit** für jede Zielscheibe



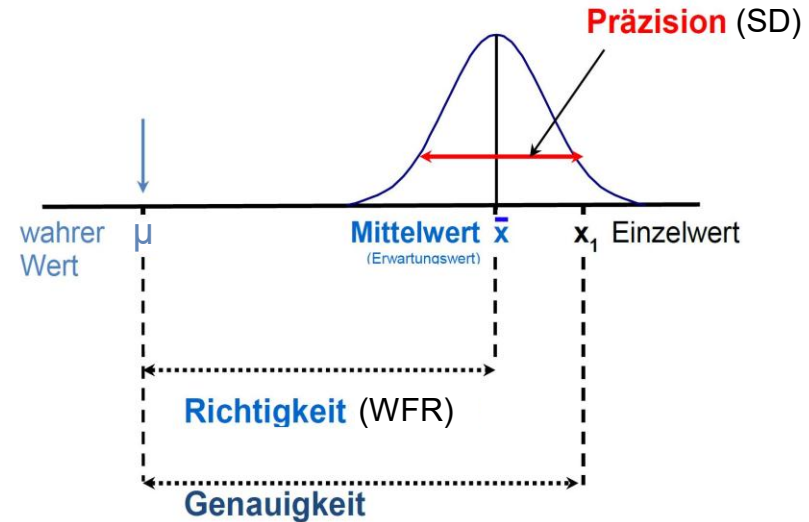
Zusammenfassung

Systematischer Fehler:

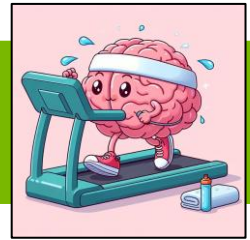
- Betrifft die Richtigkeit
- bei mehrmaligem Messen gleich
- oft nicht leicht zu erkennen
- durch viele Messungen nicht zu verringern

Statistische Abweichungen:

- Betrifft die Präzision
- verschieden groß
- Streuung der Messergebnisse
- Einfluss vermindern durch viele Messungen



Verständnisfragen



Verständnisfragen

1. Sie stehen vor der Aufgabe eine Analysenmethode auszuwählen. Nach welchen Kriterien treffen Sie die Auswahl?
2. Mit welchen analytischen Kenngrößen kann man die Qualität einer Analysenmethode beschreiben?
3. Welche Fehlerarten gibt es?
4. Wie kommen diese Fehler zustande? Geben Sie ein Beispiel für jede Fehlerart.
5. Wie kann man feststellen, ob ein jeweiliger Fehler vorliegt und wie groß dieser ist?
6. Was versteht man unter Richtigkeit und Präzision?
7. Wie werden Messergebnisse angegeben? Geben Sie ein Beispiel an.

Wichtiger Hinweis

Dieses Skript ist als unterstützende Lernhilfe nur zum persönlichen Gebrauch von Studierenden des Studienganges Biotechnologie (Bachelor) an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf freigegeben.

Jede unbefugte Vervielfältigung und **Verbreitung**, sei es in Papierform oder in elektronischer Form, ist urheberrechtlich **verboten**.

