

AUSZUG



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Entwicklung und Evaluation von Unterrichtseinheiten
zum Thema Messunsicherheiten“

verfasst von / submitted by

Hannah Loidl, BEd

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree
of

Master of Education (MEd)

Wien, 2021 / Vienna 2021

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 199 500 523 02

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Masterstudium Lehramt Sek (AB) Lehrverbund
UF Bewegung und Sport Lehrverbund
UF Physik Lehrverbund

Betreut von / Supervisor:

Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf

Mitbetreut von / Co-Supervisor:

Mag. Dr. Clemens Nagel

4 Vorstellung des Unterrichtskonzepts

Der Unterrichtsentwurf wurde für die Sekundarstufe I entworfen, kann aber durchaus auch zu Beginn der Sekundarstufe II als einführende Einheit in das wissenschaftliche Arbeiten (z. B. im Zuge eines Laborunterrichts) eingesetzt werden. Es umfasst zwei Unterrichtsstunden, die gleichzeitig als zwei Phasen gesehen werden können, siehe auch Tabelle 2.

Tabelle 2: Übergeordnete und vertiefte Lernziele in den beiden Unterrichtseinheiten zum Thema Messunsicherheiten. Die Key Ideas sollen die Learning-Outcomes am Ende konkret verbalisieren.

	Übergeordnetes Ziel	Vertiefende Lernziele	Key Ideas
Phase 1 (Einheit 1)	Thematisieren der Vertrauenswürdigkeit einer Messung (Einführung in das Konzept Messunsicherheiten)	<ul style="list-style-type: none"> • Erklären können, warum eine Messung immer eine gewisse Unsicherheit hat. • Die Vertrauenswürdigkeit verschiedener Messergebnisse einschätzen und vergleichen können. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Die einzelnen Messungen einer Messreihe sind meistens nicht ident. ✓ Der Mittelwert einer Messreihe ist der Wert, der dem wahren Wert am nächsten kommt. Je mehr Messungen man macht, desto näher kommt der Mittelwert an den wahren Wert heran.
Phase 2 (Einheit 2)	Festigen der Erkenntnisse und Ergebnissicherung	<ul style="list-style-type: none"> • Ein Ergebnis vollständig (Mittelwert + Streuung) angeben können. • Verschiedene Quellen für Unsicherheiten aufzählen und sie bei der Beurteilung der Vertrauenswürdigkeit miteinbeziehen können. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Je kleiner die Spannweite einer Messreihe, desto vertrauenswürdiger ist das Ergebnis. Man sagt dann: „Die Messung hat eine kleine Messunsicherheit.“ ✓ Unsicherheiten einer Messung haben verschiedene Ursachen: <ul style="list-style-type: none"> • zufällig unterschiedliche Messergebnisse • Genauigkeit des Messgerätes

In der ersten Phase sollen die Schüler*innen anhand eines Experiments, welches in Form von Gruppenarbeiten durchgeführt wird, auf die Vertrauenswürdigkeit ihrer Messung hingeführt werden. Dadurch sollen erste Überlegungen in Richtung eines Konzepts von Messunsicherheiten angestoßen werden. Mittels gezielt gestellter Aufgaben werden die Schüler*innen auf Typ A- und Typ B-Messunsicherheiten und bei leistungsstärkeren Klassen auch auf den Fehler einer Messung geführt. In der zweiten Phase wird auf das Experiment zurückgegriffen und dadurch die *Bedeutung* des Mittelwerts und die Notwendigkeit der Angabe einer Messunsicherheit konkret erarbeitet. Bei der Auswertung und mathematischen Lösung der Aufgaben, kann durch geschicktes Eingreifen der Lehrperson, welche über Schwierigkeiten und den Leistungsstand ihrer Schüler*innen Bescheid weiß, der Fokus auf

die *Bedeutung* des Mittelwerts, beispielsweise für den Vergleich verschiedener Messungen, beibehalten werden. Lückentexte zwischendurch sollen das Gelernte festigen und ein Concept Cartoon am Ende der Unterrichtseinheiten eine Anwendung des neuen Wissens ermöglichen.

Die beiden finalen Unterrichtseinheiten sollen in den nächsten beiden Kapiteln näher beleuchtet werden. Alle erstellten Arbeitsblätter können dem Anhang dieser Arbeit entnommen und für die Durchführung der Unterrichtseinheiten in der eigenen Klasse kopiert werden. Die Detailplanung in Rasterform wird ebenfalls zur Verfügung gestellt.

4.1 Einstieg in die Thematik der Messunsicherheiten

In der Vorbereitung für die erste Unterrichtsstunde müssen von der Lehrperson die notwendigen Unterrichtsmaterialien vorbereitet werden. Auf einem großen Poster (z. B. Flipchart-Papier) wird ein Zahlenstrahl, siehe Abbildung 15, gezeichnet und dieses verdeckt im Klassenzimmer oder in einer angrenzenden Physiksammlung aufgehängt. Pro Gruppe wird ein Gefäß, bereits gefüllt mit 500 ml Wasser, ein extra Behälter für abgeschöpftes Wasser sowie ein kleiner Messbecher auf den Arbeitstischen benötigt, siehe dazu auch Abbildung 13.



Abbildung 13: Plastikgefäß mit 500 ml Wasser und kleinem Messbecher als Versuchsaufbau für jede Schülergruppe.

Pro Schüler*in wird außerdem eine Kopie des Arbeitsblatts Messunsicherheiten – Experiment benötigt. Weiters müssen die Hinweiskärtchen von der Lehrperson ausgedruckt und am Lehrertisch bereitgestellt werden (ca. 3 Stück pro Kärtchen). Die Hinweiskärtchen können selbstständig von den Schüler*innen eingesetzt werden, wenn sie bei einer Aufgabenstellung nicht weiter wissen.

Zu Stundenbeginn erklärt die Lehrperson kurz das zu bearbeitende Experiment, sodass ab dem Zeitpunkt der Gruppenarbeiten möglichst alle Fragen geklärt sind und die Schüler*innen eigenständig arbeiten können. Ziel des Experiments ist es, die Menge des Wassers im Plastikbehälter zu bestimmen. Durch Abschöpfen und Ablesen der Wassermenge im Messbecher fertigen die Schüler*innen eine Messreihe an. Die einzige Bedingung für die Durchführung ist, dass das Plastikgefäß nicht über die Tischkante gekippt werden darf und mit mindestens einer Ecke den Tisch berühren muss. Nachdem das Wasser aus dem ursprünglichen Behälter geschöpft wurde, soll die Menge an Wasser berechnet werden. Anschließend bewerten die Schüler*innen auf einer Skala am Arbeitsblatt, einzeln oder in der Kleingruppe, wie vertrauenswürdig ihre Messung ist, siehe Abbildung 14. Die nächsten beiden Aufgaben führen die Schüler*innen auf die Messunsicherheit des Messbechers, ehe das Ergebnis der Wassermenge der Gruppe auf dem präparierten Zahlenstrahl-Poster eingezeichnet wird. Die unterschiedlichen Ergebnisse am Zahlenstrahl sollen die Lernenden zum Nachdenken über verschiedene Ursachen für die variierenden Ergebnisse anregen und damit auf Quellen für Unsicherheiten der Messung hinführen. Abschließend verknüpft ein „Je-Desto Satz“ die Vertrauenswürdigkeit einer Messung mit dem Begriff *Messunsicherheit*. Besonders schnelle Schüler*innen können als Zusatzaufgabe auch die Menge an übrig gebliebenem Wasser abschätzen (= Messfehler), die Bedeutung des gemachten Fehlers diskutieren und überlegen, wie man ihn am Zahlenstrahl korrigieren könnte (Skala wird durch den geschätzten Fehler verbessert).

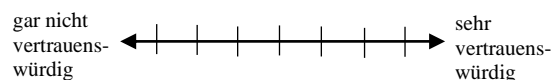


Abbildung 14: Skala zur Einschätzung der Vertrauenswürdigkeit einer Messung.

Nach Beendigung der Einzelarbeiten und wenn alle Gruppen ihre Ergebnisse am Zahlenstrahl eingezeichnet haben, werden im Plenum Überlegungen zum Experiment und zur Auswertung angestellt. Dazu wird der Zahlenstrahl am Poster nun mit der Klasse besprochen und der wahrscheinlich wahre Wert diskutiert. An dieser Stelle wird den Lernenden außerdem verraten, dass sich am Anfang des Experiments die ‚exakt‘ gleiche Menge an Wasser in den Gefäßen jeder Gruppe befand. Optimalerweise führen die Überlegungen auf den geschätzten Mittelwert der Ergebnisse, welcher am Zahlenstrahl mit einem Farbstift markiert werden soll. Im Zuge dessen wird außerdem eine Glockenkurve von der Lehrperson eingezeichnet, siehe Abbildung 15.

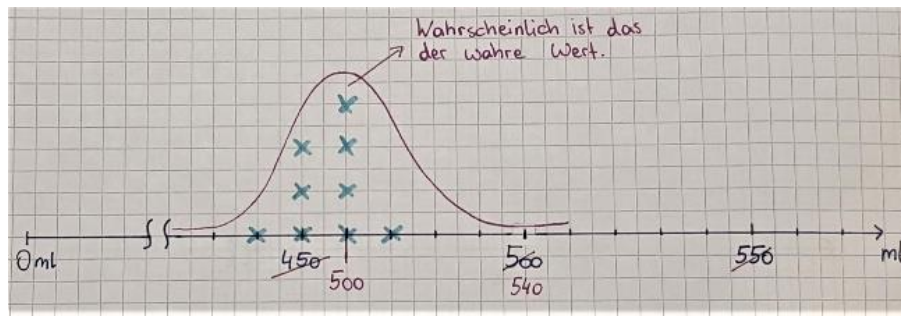


Abbildung 15: Zahlenstrahl mit beispielhaften Ergebnissen. Der wahre Wert liegt wahrscheinlich in der Mitte der Glockenkurve. Der Fehler der Messung wurde auf der Skala korrigiert.

Für das Unterrichtsgespräch im Plenum können die folgenden Leitfragen herangezogen werden:

- Warum haben wir nun X unterschiedliche Ergebnisse?
- Wer hat recht? Haben alle recht? Hat keiner recht?
- Welcher Wert ist wahrscheinlich der wahre Wert?

Sollte auch der Fehler von einigen Gruppen thematisiert worden sein, so könnten die nachfolgenden Leitfragen auch diesen aufgreifen:

- Hat eine Gruppe einen Fehler bei der Messung entdeckt?
- Ist einer Gruppe Wasser im Gefäß übriggeblieben?
- Wie könnte man den gemachten Fehler korrigieren?

Eine Kopie des Posters mit den Messergebnissen aller Gruppen, dem eingezeichneten Mittelwert und ggf. Fehler stellt in der nächsten Einheit die Basis für die weiteren Aufgaben dar.

4.2 Arbeiten mit Messunsicherheiten

Die zweite Einheit knüpft direkt an die Messergebnisse und den Zahlenstrahl der letzten Stunde an. Eine kurze Wiederholung des eingezeichneten wahrscheinlich wahren Wertes leitet auf die Berechnung des Mittelwerts aller erhaltenen Ergebnisse über. Je nachdem in welcher Schulstufe und wie leistungsstark die Klasse ist, kann der Mittelwert gemeinsam oder in Kleingruppen errechnet und verglichen werden. Dieser nun mathematisch bestimmte Mittelwert wird anschließend ebenfalls auf der Kopie des Zahlenstrahls am Arbeitsblatt eingezeichnet. Man erkennt, dass die Messergebnisse der Gruppen um den Mittelwert streuen und gleichzeitig der Mittelwert dem wahrscheinlich wahren Wert am nächsten kommt. Der Vergleich des eigenen Ergebnisses in der Gruppe mit dem berechneten Mittelwert der Klasse stößt Überlegungen zur Vertrauenswürdigkeit der eigenen Messung an. Bevor die Typ A-

Messunsicherheit in die Überlegungen miteinbezogen wird, soll noch einmal die Messunsicherheit des Messgeräts in einem Item wiederholt werden.

Die nächste Aufgabe erklärt die Spannweite anhand einer Abbildung am Arbeitsblatt. Mithilfe der Erklärung sollen die Schüler*innen selbstständig die Spannweite aller Messergebnisse der Klasse ermitteln. Darauf folgend soll ein Item die Spannweite mit der Messunsicherheit bzw. Vertrauenswürdigkeit einer Messreihe verknüpfen. Die Lernenden überlegen hierbei, ob eine kleinere Spannweite zu einer größeren oder kleineren Messunsicherheit führt. Das letzte Beispiel dieses Arbeitsblattes zeigt die Ergebnisse, also die Mittelwerte, die Typ A- und die Typ B-Messunsicherheit dreier anderer Klassen, die das gleiche Experiment durchgeführt haben. Zu ergänzen sind der Mittelwert, die Messunsicherheit des Messgeräts und der Messreihe der eigenen Klasse. Die Schüler*innen betrachten die Ergebnisse und Messunsicherheiten, ordnen anschließend die Messungen der Klassen nach ihrer Messunsicherheit und bestimmen diejenige Klasse, die das vertrauenswürdigste Ergebnis hat. Durch dieses letzte Beispiel soll den Schüler*innen bewusst werden, dass nur die Angabe von Messunsicherheiten einen fundierten Vergleich von Messergebnissen verschiedener Forschungsgruppen zulässt. Die bloße Angabe eines Mittelwerts sagt noch nichts über die Vertrauenswürdigkeit einer Messung aus und ist damit im wissenschaftlichen Sinne unbrauchbar. In einem Merkkästchen am Ende des Arbeitsblattes wird festgehalten, dass das Ergebnis einer Messung daher immer einen Messwert bzw. Mittelwert und eine Messunsicherheit beinhaltet.

Nachdem der beidseitig bedruckte Arbeitszettel durchgearbeitet wurde, können sich die Schüler*innen einen Lückentext zur Selbstkontrolle abholen. Dieser fasst die Key Ideas der Stunde zusammen und soll einerseits der Wiederholung dienen und andererseits das Verständnis einzelner Punkte vom vorherigen Arbeitsblatt überprüfen. Es empfiehlt sich, den Lückentext und evtl. ausgewählte Aufgaben vom Arbeitsblatt im Plenum zu vergleichen, bevor der ausgeteilte Concept Cartoon die Unterrichtseinheiten abschließt. Im Concept Cartoon stehen sich je zwei Schüler*innen gegenüber und treffen Aussagen über die Vertrauenswürdigkeit ihrer Messung. Dabei nehmen sie Bezug auf die verschiedenen Typen von Messunsicherheiten. Die Lernenden wiederum sollen beurteilen, welche der gegenübergestellten Schüler*innen das vertrauenswürdigere Messergebnis haben und ihre getroffene Auswahl mithilfe des neuen Wissens begründen.

4.3 Unterrichtsmaterialien

Auf den nachfolgenden Seiten werden alle erstellten Unterrichtsmaterialien für Physiklehrkräfte zur Verfügung gestellt.

- A) Messunsicherheiten – Experiment (1. Einheit)
- B) Messunsicherheiten (2. Einheit)
- C) Erkenntnisse zum Thema Messunsicherheiten (Lückentext)
- D) Messunsicherheiten für Fortgeschrittene (Zusatzaufgabe für leistungsstarke Klassen/Schüler*innen)
- E) Vertrauenswürdigkeit von Messungen (Concept Cartoon)
- F) Hinweiskärtchen zum Ausschneiden und Aneinanderkleben
- G) Detailplanung 1. Einheit
- H) Detailplanung 2. Einheit

Name: _____

Messunsicherheiten - Experiment

- 1) Auf eurem Tisch findet ihr einen Behälter mit Wasser. Eure Aufgabe ist es zu messen, wie viel Wasser sich darin befindet. Verwendet dazu den nebenstehenden kleinen Messbecher, indem ihr nach und nach Wasser aus dem Behälter schöpft. Auf der Skala des Messbechers könnt ihr ablesen, wie viel Wasser ihr erwischt habt. Notiert jeden einzelnen Wert in der untenstehenden Tabelle, um zum Schluss alle Werte für euer Ergebnis zu addieren.

Bedingungen:

- Der Behälter muss immer mit zumindest einem Punkt den Tisch berühren!
- Der Behälter darf nicht über die Tischkante gekippt werden!
- Abgeschöpftes Wasser darf nicht zurückgeschüttet werden!

Hinweis: Falls ihr in der Gruppe nicht mehr weiterwisst, könnt ihr vom Lehrertisch Hinweiskärtchen ausborgen.



Abbildung 1: Skizze des Experiments.

Messreihe:

1	ml	11	ml
2	ml	12	ml
3	ml	13	ml
4	ml	14	ml
5	ml	15	ml
6	ml	16	ml
7	ml	17	ml
8	ml	18	ml
9	ml	19	ml
10	ml	20	ml

Es befanden sich _____ ml Wasser im Behälter.

Übriggebliebenes Wasser: ca. _____ ml

- 2) Wie vertrauenswürdig, glaubst du, ist eure Messung?

gar nicht vertrauenswürdig ←—————→ sehr vertrauenswürdig

3) Wie groß ist die kleinste Menge, die ihr am Messbecher noch ablesen könnt? _____ml

Die Messunsicherheit einer Größe wird in der Physik mit einem Δ „delta“ abgekürzt.

4) Wie groß ist daher die **Messunsicherheit des Messbechers**?

Überlege zur Beantwortung dieser Frage, was der maximale Wert ist, um den du nach oben oder unten runden kannst.

$$\Delta V = \text{_____} ml$$

5) Zeichnet euer Ergebnis (in ml) auf dem Zahlenstrahl am vorbereiteten Poster bei der Lehrkraft ein. **Vergleicht** dann euren Messwert mit den Messwerten der anderen Gruppen.

6) Welche **Messunsicherheiten** könnten dazu beigetragen haben, dass die Messwerte der verschiedenen Gruppen **auf dem Zahlenstrahl verstreut** sind?

- _____
- _____
- _____

7) Wie wirken sich Messunsicherheiten auf die Vertrauenswürdigkeit einer Messung aus?

Je _____ die Messunsicherheit, desto höher ist die Vertrauenswürdigkeit einer Messung.

größer

kleiner

**) Zusatzaufgabe: Deiner Gruppe ist Wasser im Behälter übriggeblieben, das ihr unter der genannten Bedingung nicht mehr abschöpfen könntet.*

Geschätzter Fehler: _____ml

Was könnte dies für die Messwerte am Zahlenstrahl bedeuten?

Name: _____

Messunsicherheiten



Diese Werte wurden in der Klasse ermittelt:

1	ml
2	ml
3	ml
4	ml
5	ml

6	ml
7	ml
8	ml
9	ml
10	ml

11	ml
12	ml
13	ml
14	ml
15	ml

Ursprünglich wurde in jeden Behälter die gleiche Menge an Wasser (500ml) von deiner Lehrkraft eingefüllt. Messunsicherheit des verwendeten Messgeräts: $\pm 1\text{ml}$

- 1) Der **Mittelwert** einer Messreihe kommt dem **wahren Wert** einer Größe am nächsten. Daher berechnen wir den Mittelwert der Messwerte aller Gruppen.
Der errechnete **Mittelwert** des Volumens = _____ ml.
- 2) Vergleiche deinen Messwert mit dem berechneten Mittelwert. Zeichne dazu den Mittelwert am Zahlenstrahl ein.
Wie viele ml liegt dein Messwert vom Mittelwert entfernt? _____ ml
- 3) Überlege, welcher Hinweis für die **Messunsicherheit einer einzelnen Messung** mit dem Messbecher herangezogen werden könnte!
 - a. Wie groß war die Messunsicherheit deines Messwertes?
 - $\pm 1\text{ml}$, weil der Abstand zwischen zwei Strichen 2ml groß war.
 - $\pm 5\text{ml}$, weil der Abstand zwischen zwei Strichen 10ml groß war.
 - $\pm 10\text{ml}$, weil der Abstand zwischen zwei Strichen 100ml groß war.

- 4) Zur Bestimmung der **Messunsicherheit der Messreihe** ziehen wir als einfachste Methode die **Spannweite** heran. Die Spannweite beinhaltet die Messwerte aller Gruppen und wird aus der **Differenz des größten und kleinsten Wertes** einer Messreihe berechnet. Schau dir dazu die untere beispielhafte Abbildung 1 an. Berechne die Spannweite der Messreihe eurer Klasse!

Die Spannweite des Volumens = _____ ml.

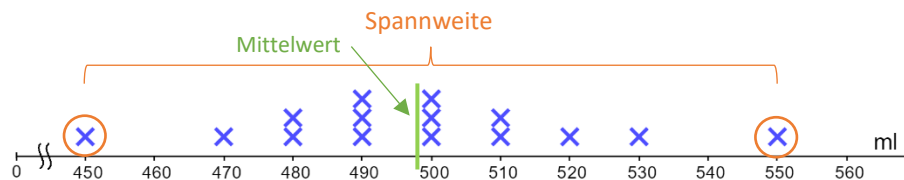


Abbildung 1: Zahlenstrahl mit ausgedachten Werten.

- 5) Schau dir noch einmal den Zahlenstrahl aus Abbildung 1 an und stelle dir vor, dass die beiden **eingekreisten Werte nicht** zur Messreihe gehören.
- Wäre die **Spannweite** der Messreihe dann größer oder kleiner?
 - Die Spannweite der Messreihe wäre **größer**.
 - Die Spannweite der Messreihe wäre **kleiner**.
 - Was bedeutet das für die **Vertrauenswürdigkeit** und **Messunsicherheit** der Messreihe?
 - Die Messreihe hat eine kleinere Messunsicherheit und ist somit vertrauenswürdiger.
 - Die Messreihe hat eine größere Messunsicherheit und ist somit weniger vertrauenswürdig.
- 6) Messunsicherheiten ermöglichen es uns, Ergebnisse vergleichen zu können. Stelle dir vor, dass eure Parallelklassen das gleiche Experiment durchgeführt haben. Die Ergebnisse kannst du in der folgenden Tabelle finden:

Klasse	Ergebnis (Mittelwert)	Messunsicherheit d. Messreihe	Messunsicherheit d. Messgeräts
Klasse X	498 ml	100 ml	5 ml
Klasse Y	505 ml	70 ml	5 ml
Klasse Z	505 ml	80 ml	5 ml
Deine Klasse			

- Ordne die Messungen der Klassen nach ihrer Messunsicherheit: _____
- Welche Klasse hatte das vertrauenswürdigste Ergebnis? _____

An diesem Beispiel kannst du erkennen, dass du durch die Angabe von Messunsicherheiten Messergebnisse miteinander vergleichen kannst.

Das Ergebnis einer Messung beinhaltet immer

- einen **Messwert oder Mittelwert** (bei einer Messreihe) und
- eine zugehörige **Messunsicherheit**.



Erkenntnisse zum Thema Messunsicherheiten

Vervollständige den Text und streiche falsche Möglichkeiten (getrennt durch ein „/“) durch.

- ✓ Die einzelnen _____ einer Messreihe sind meistens nicht ident.
- ✓ Der Mittelwert einer Messreihe ist jener besondere Wert, der dem _____ am nächsten kommt.
- ✓ Je mehr/weniger Messungen man macht, desto näher kommt der _____ an den wahren Wert heran.
- ✓ Die Messunsicherheit gibt Auskunft über die _____ einer Messung.
- ✓ Je größer/kleiner die Messunsicherheit ist, desto vertrauenswürdiger ist die Messung.
- ✓ Die Vertrauenswürdigkeit einer Messreihe kann man z. B. mit der _____ angeben.
- ✓ Je größer/kleiner die Spannweite einer Messreihe, desto weniger vertrauenswürdig ist das Ergebnis.
- ✓ Messunsicherheiten haben verschiedene Ursachen:
 - _____ z. B. wegen der Geschicklichkeit der experimentierenden Person (dargestellt durch die _____ einer Messreihe)
 - _____ (ablesbar z. B. an der Skala)
- ✓ Ein wissenschaftliches Ergebnis besteht immer aus einem Messwert oder _____ bei Messreihen und seiner _____ (z. B. Streuung der Messreihe, Unsicherheit des Messgeräts, ...).



Messunsicherheiten für Fortgeschrittene

Aus den einzelnen Werten für das Volumen wurde bereits der **Mittelwert** berechnet. Der Mittelwert einer Größe wird mit einem „ $\bar{}$ “ gekennzeichnet. Man spricht es, im Falle des Volumens zum Beispiel, „**V quer**“ aus.

$$\bar{V} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ ml}$$

☞ Die **einzelnen Messwerte** einer Messreihe **streuen um diesen Mittelwert!**

Die Spannweite dient nur als erste Abschätzung für die Messunsicherheit einer Messreihe und ist meist zu groß. Besser geeignet ist die Standardabweichung

☞ Die **Standardabweichung** gibt an, **wie weit die einzelnen Werte einer Messreihe durchschnittlich vom Mittelwert entfernt** sind.

So kannst du die Standardabweichung berechnen:

$$s = \sqrt{\frac{(V_1 - \bar{V})^2 + (V_2 - \bar{V})^2 + (V_3 - \bar{V})^2 + \dots + (V_n - \bar{V})^2}{n}}$$

Das n in der Formel ist die Anzahl der Werte einer Messreihe. Dein **Taschenrechner** hat diese Formel eingespeichert, sodass du nur die Daten eintippen musst. Auch mit einem Computerprogramm (z.B. Excel) lässt sich die Standardabweichung schnell berechnen.

Berechne nun die Standardabweichung mit deinem Taschenrechner.

Die **Standardabweichung** beträgt $s = \underline{\hspace{2cm}} \text{ ml}$.



Überlege

Das Ergebnis einer Messung beinhaltet immer einen Messwert (bzw. Mittelwert) und eine zugehörige Messunsicherheit.

- a. Welche **Messunsicherheit** war im Falle dieses Experiments größer? Kreuze an:
- Die Messunsicherheit der Messreihe (Standardabweichung) war am größten.
 - Die Messunsicherheit des Messgeräts (Messbecher) war am größten.
- b. Überprüfe, ob sich dein Messwert mit dem Mittelwert **überschneidet**, wenn du...
- ...die Messunsicherheit des Messgeräts dazuzählst oder abziehst.
 - ...die Messunsicherheit der Messreihe dazuzählst oder abziehst.

☞ Beim **Endergebnis** wird in der Wissenschaft immer die **größere** Messunsicherheit angegeben!

Vertrauenswürdigkeit von Messungen

Szene 1: Julian und Marie haben beide das gleiche Experiment durchgeführt und vergleichen nun ihre Ergebnisse. **Diskutiere** mit deiner*deinem Sitznachbar*in, ob Marie oder Julian das vertrauenswürdiger Ergebnis hat. **Begründe** deine Vermutungen!

Marie:
 $V = 970 \text{ ml}$
 $\Delta V = \pm 40 \text{ ml}$

Mein Ergebnis ist sehr vertrauenswürdig, denn die Spannweite ΔV meiner Messwerte ist sehr klein.

Mein Ergebnis ist sehr vertrauenswürdig. Ich habe sehr viele Messungen gemacht und daher kommt mein Mittelwert dem wahren Wert sehr nahe.

Julian:
 $V = 1010 \text{ ml}$
 $\Delta V = \pm 60 \text{ ml}$

Marie

Julian

Szene 2: Mia und Enya haben beide das gleiche Experiment durchgeführt und vergleichen nun ihre Ergebnisse. **Diskutiere** mit deiner*deinem Sitznachbar*in, wer die vertrauenswürdiger Messung hat. Denke auch darüber nach, ob jemand einen **Fehler** gemacht hat. **Begründe** deine Vermutungen!

Ich habe zwar ein bisschen Wasser verschüttet, aber mein Messbecher hat nur eine Messunsicherheit von $\pm 2,5 \text{ ml}$.

Ich habe sehr ordentlich gemessen und nichts verschüttet. Mein Messbecher hat aber eine Messunsicherheit von $\pm 5 \text{ ml}$.

Mia

Enya

Hinweiskärtchen (Vorder- und Rückseite zum Ausschneiden und Aneinanderkleben)

Hinweis 1

Was ist zu tun, wenn das Wasser zwischen zwei Strichen steht?



Du kannst nur so gut messen, wie es dein Messgerät erlaubt. Daher musst du dich entscheiden, ob sich das Wasser näher bei der oberen oder unteren Linie befindet.

Die größte Unsicherheit deiner Messung ist dann plus oder minus 5ml.

Hinweis 2

Was ist zu tun, wenn zum Schluss noch Wasser im Behälter geblieben ist?

Kann abgeschätzt werden, wie viel Wasser im Behälter übriggeblieben ist?

Wenn ja, wie könntet ihr vorgehen?

Was fällt dir auf, wenn du die Ergebnisse am Zahlenstrahl betrachtest und die abgeschätzte Menge Wasser im Behälter in deine Überlegungen miteinbeziehst?



Detailplanung 1. Einheit		
Zeit	Beschreibung des Ablaufs	Material
20'	<p>1. Vorbereitung des Experiments: pro Arbeitsblatt wird 1 Behälter mit 500 ml Wasser, 1 großer Behälter und 1 Messbecher bereitgestellt</p> <p>2. Das Experiment wird kurz erklärt und auf Hinweiskärtchen verwiesen, falls Schüler*innen nicht mehr weiterwissen.</p> <p>3. Schüler*innen erhalten die Arbeitsblätter und können selbstständig in Kleingruppen zu arbeiten beginnen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • AB Messunsicherheiten - Experiment • Hinweiskärtchen <p><i>Pro Gruppe:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 Gefäß mit 500ml Wasser • 1 leeres Gefäß • 1 Messbecher
10'	<p>4. Sobald eine Gruppe mit den Punkten 1 bis 4 fertig ist, zeichnen die Schüler*innen das Ergebnis ihrer Gruppen am Zahlenstrahl ein (Aufgabe 5). → Lehrperson zeigt den Schüler*innen den vorgefertigten Zahlenstrahl am Poster. (Evtl. in einem anderen Raum/Physiksammlung...)</p> <p>*) Zusatzaufgabe: Besonders schnelle Schüler*innen schätzen übriges Wasser im Behälter ab – Was könnte diese Abschätzung für die Ergebnisse am Zahlenstrahl bedeuten? Evtl. Verweis auf Hinweiskärtchen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Poster mit Zahlenstrahl • Permanentmarker • Hinweiskärtchen 2
20'	<p>5. Alle Messergebnisse sind am Zahlenstrahl eingetragen → Diskussion der Ergebnisse im Plenum:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Was fällt den Schüler*innen bei Betrachtung des Zahlenstrahls mit den verschiedenen Ergebnissen auf? • Welche Punkte sind den Schüler*innen bei Aufgabe 5) eingefallen? • Welche Messunsicherheit hat der Messbecher? <p>6. Lehrperson verrät: Alle Gruppen hatten die gleiche Menge an Wasser in ihren Behältern!</p> <p><i>Mögliche Leitfragen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Warum haben wir nun XY unterschiedliche Ergebnisse? • Wer hat recht? Haben alle recht? Hat keiner recht? • Welcher Wert ist wahrscheinlich der wahre Wert? <p>Optional</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hat eine Gruppe einen Fehler bei der Messung entdeckt? • Bzw. ist einer Gruppe Wasser im Gefäß übriggeblieben? • Wie könnte man den gemachten Fehler korrigieren? <p>Weitere Auffälligkeiten beim Experimentieren:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wurden kreative Lösungen bei der Durchführung gefunden? • Wurden genauere Messwerte, als das Messgerät erlaubt, angegeben? • Vertiefende Fragestellungen: Messunsicherheiten von anderen Messbechern/Messgeräten erfragen, ... <p>7. Gemeinsam wird der Mittelwert am Zahlenstrahl eingezeichnet (je nach Zeit nur der geschätzte oder schon der errechnete Mittelwert).</p>	
Die Arbeitsblätter und das Poster sollen in der nächsten Unterrichtsstunde wieder mitgebracht werden.		

Detailplanung 2. Einheit		
Zeit	Beschreibung des Ablaufs	Material
15'	<p>1. Zusammenfassen aller Messergebnisse und in Tabelle notieren</p> <p>2. Je nach Klasse: Mittelwert selbstständig oder im Plenum berechnen</p> <p>3. Aufgabe 2 Mittelwert am Zahlenstrahl einzeichnen → eine Diskussion des errechneten Mittelwertes und der Abweichungen der einzelnen Messergebnisse wird dringend empfohlen</p> <p><i>Mögliche Leitfragen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Wie weit liegen eure Messergebnisse vom Mittelwert entfernt? • Welche Ursachen könnten die Streuungen haben? • Wie schätzt ihr die Vertrauenswürdigkeit eurer Messergebnisse im Vergleich mit dem Mittelwert ein? • Wie müsste der Zahlenstrahl aussehen, damit ihr euren Ergebnissen mehr vertrauen würdet? • Wie schätzt ihr die Messunsicherheit, also Vertrauenswürdigkeit, eurer Messergebnisse ein? Wieso? 	<ul style="list-style-type: none"> • AB Messunsicherheiten inkl. Foto des Zahlenstrahls der letzten Stunde • Poster an der Tafel zur Diskussion von Aufgabe 2
20'-25'	<p>4. Aufgaben 3-6 werden in Einzel-/Partnerarbeit gelöst (<i>leistungsstarke Schüler*innen</i> erhalten das AB für Fortgeschrittene zur Berechnung der Standardabweichung)</p> <p>5. Wer fertig ist, holt sich den Erkenntniszettel zur Überprüfung des Verständnisses</p> <p>6. Vergleich der Lösungen – je nach Klasse vor oder nach dem Erkenntniszettel</p> <p>7. Schnelle Schüler*innen holen sich den Concept Cartoon als Abschluss</p> <p>8. Alternativ kann der Concept Cartoon im Plenum besprochen werden</p>	<ul style="list-style-type: none"> • AB Messunsicherheiten für Fortgeschrittene • AB Erkenntnisse zum Thema Messunsicherheiten • AB Concept Cartoon
10'-15'	<p>9. <i>Leitfragen für eine abschließende Diskussion im Plenum:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Haben alle Messungen eine Messunsicherheit? <ul style="list-style-type: none"> ○ Wenn ja, woran liegt das? ○ Habt ihr schon mal Messunsicherheiten bei Messungen entdeckt? Wo? • Welche Ursachen können diese Messunsicherheiten haben? • Wozu gibt man Messunsicherheiten überhaupt an? • Warum berechnet man den Mittelwert? Ich könnte ja auch einfach alle Messergebnisse angeben, oder? 	