OTTO VON GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG

FAKULTÄT FÜR NATURWISSENSCHAFTEN

Wer misst, misst Mist?

Messunsicherheiten im Physikunterricht

Workshopheft – gerne während des Vortrags ausfüllen, danach als Unterrichtsübersicht nutzen

Drei Leitfragen

(1) Was bedeutet es, eine physikalische Größe zu messen?
(2) Wann sind Messunsicherheiten für eine Schlussfolgerung entscheidend?
(3) Wie kann ich das Thema auf unterschiedlichen Niveaus in meinen Unterricht integrieren?

Startposition: Wie sehr stimmen Sie mit den folgenden Aussagen überein?

Aussage	Gar nicht	Eher nicht	Teils/ teils	eher	absolut
Eine gute Messung nähert sich immer weiter dem einen "wahren Wert" an.	■	☐	☐	☐	☐
Wenn Messwerte streuen, wurde schlecht gemessen.	■	☐	☐	☐	☐
"Zufälliger Fehler" und "systematischer Fehler" sind die passenden Fachbegriffe.	■	☐	☐	☐	☐
Messunsicherheiten sollte man bei jedem Schulexperiment quantitativ bestimmen.	■	☐	☐	☐	☐

Dieses Heft finden Sie unter:
physikdidaktik.ovgu.de/Tools+f%C3%BCr+die+Lehre/Messunsicherheiten.html

CC BY-NC 4.0

Vom Messen zum Messergebnis

(1) WAS MESSE ICH?	(2) WER ERHALTE ICH?	(3) WOHER KOMMT DIE UNSICHERHEIT?
MESSGRÖßE Was genau soll unter welchen Bedingungen mit welchem Verfahren bestimmt werden?	MESSWERT ein einzelner Wert mit Einheit BESTWERT beste Schätzung aus einem oder mehreren Messwerten MESSERGEBNIS Bestwert ± Messunsicherheit	TYP A aus statistischer Analyse wiederholter Messwerte TYP B aus anderen Informationen (z.B. Auflösung, Datenblatt, Abschätzung)

Begriffe auseinanderhalten können!

Begriff	Kernidee	Beispiel / Stichwort
MESSUNSICHERHEIT	beschreibt die Variabilität und damit die Präzision des Messergebnisses	Streuung wiederholter Zeitmessung
MESSABWEICHUNG	Differenz zwischen Bestwert und Referenzwert	Bestwert der Dichtemessung minus Literaturwert
SYSTEMATISCHER EFFEKT	Einfluss der Versuchsbedingungen, der eine Messabweichung hervorruft; bekannte Effekte können korrigiert werden	Nullpunktversatz eines Sensors
MESSFEHLER	vermeidbares Fehlverhalten, z. B. falsche Bedienung oder falsche Notiz	Falsche Skala abgelesen
REFERENZWERT	vereinbarter Vergleichswert, z. B. Literaturwert	Literaturwert der Erdbeschleunigung *g*

Klassische Begriffe vs. GUM-orientierung

Alt: "zufälliger Fehler"	Neu: als Unsicherheit / Streuung behandeln
Alt: "systematischer Fehler"	Neu: Messabweichung bzw. systematischer Effekt

Typ A und Typ B bezeichnen die Art der Unsicherheitsbestimmung - nicht zwei Fehlerarten.

Wann brauche ich Messunsicherheiten?

Funktion der Messdaten	Beispiele	Konsequenz
qualitativ / illustrativ	Phänomen zeigen; Trend sichtbar machen; bekannten Zusammenhang plausibilisieren	quantitative Bestimmung nicht zwingend - Rolle der Daten transparent machen
quantitativ / Evidenz	Wert bestimmen; Werte vergleichen; Hypothese prüfen; funktionalen Zusammenhang beurteilen	Unsicherheit berücksichtigen - sie begrenzt die Tragweite der Schlussfolgerung

Vom Messergebnis zur Aussage

(4) WIE QUANTIFIZIERE ICH?	(5) WAS DARF ICH SCHLIESSEN?	(6) WIE VERBESSERE ICH DIE MESSUNG?
SCHULISCHE PROGRESSION 1 Maximalabstand 2 Extremwerte ausschließen 3 mittlere 50 % 4 mittlere absolute Abweichung (MAD) 5 Standardabweichung	DATEN ALS ILLUSTRATION Sie zeigen / plausibilisieren z.B. einen Trend / Kennlinienverlauf DATEN ALS EVIDENZ Aus ihnen soll gefolgert werden z.B. Hypothese prüfen oder Werte vergleichen Datenqualität entscheidend!	UNSICHERHEITSQUELLEN ERFRAGEN: Was dominiert? Was lässt sich verändern? Wird die Aussage dadurch eindeutig(er)?

Wie Messunsicherheiten praktisch berechnen?

Für einen harmonischen Schwinger sind die folgende Messreihe gegeben:
30,39s | 30,24s | 30,28s | 30,26s | 30,15s | 30,24s | 30,09s | 30,26s

Auftrag: Berechnen Sie:	**Rechnung / Ergebnis**
1. Mittelwert als Bestwert	$\varnothing$ = 30,23875 s ≈ 30,24 s
2. Maximalabstand als Unsicherheitsmaß	U_{max} = max | $T_i - \varnothing$ | = 0,15125 s ≈ 0,15 s
3. Messergebnis T = (Bestwert ± Unsicherheit) s	T = (30,24 ± 0,15) s

Wie verschiedene Messergebnisse interpretieren?

Zwei Messergebnisse	Auftrag
ρ_1 = (7,8 ± 0,3) g/cm³ ρ_2 = (7,5 ± 0,9) g/cm³	Sind die Ergebnisse miteinander verträglich? Begründen Sie über die Unsicherheitsintervalle. Ja. ρ_1: [7,5; 8,1] g/cm³, ρ_2: [6,6; 8,4] g/cm³. Die Intervalle überlappen. Äquivalent: |7,8−7,5| = 0,3 < 0,3+0,9 = 1,2 g/cm³.

Prüfen Sie sich selbst...

***Kurz Begriffe aufräumen** – Bitte verbinden Sie.*

Situation	Fachsprachlich eher…
Ich lese versehentlich die falsche Skala ab.	Messfehler
Meine fünf Reaktionszeiten streuen.	Messunsicherheit; Typ-A-Bestimmung möglich
Das Datenblatt begrenzt die Genauigkeit des Geräts.	Typ-B-Information zur Messunsicherheit
Ein Sensor zeigt wegen eines Nullpunktversatzes stets zu viel an.	Systematischer Effekt; ggf. Korrektur im Messmodell
Ich bilde die Differenz meines Bestwerts zum Literaturwert.	Messabweichung

Ein vollständiges Messergebnis enthält einen Bestwert UND eine Messunsicherheit.

***Fünf Niveaus, fünf Stärken, fünf Schwächen** – Ordnen Sie zu.*

Didaktische Stärke	Verfahren	Methodische Grenzen
sehr transparent; einfacher Einstieg in „Abstand vom Bestwert“	Maximalabstand	stark ausreißerempfindlich; überschätzt die Streuung häufig
macht den Einfluss von Ausreißern diskutierbar; reduziert Extremwertdominanz	Extremwerte ausschließen	Ausschluss muss begründet werden; feste Zahl ausgeschlossener Werte ist willkürlich
robuster gegen Ausreißer; auf größere Messreihen übertragbar	mittlere 50 %	ein großer Teil der Daten wird verworfen; 50 % sind eine Setzung
alle Werte gehen ein; anschaulich: mittlerer Abstand vom Mittelwert; Brücke zur SD	MAD	weniger etablierter Standard als die Standardabweichung
alle Werte gehen ein; verteilungsbezogen und wissenschaftlich etabliert	Standardabweichung	mathematisch und interpretativ anspruchsvoller; Verteilungsannahmen verstehen

Tools für Sie und Ihren Unterricht!

Reaktionszeit Messen	Daten teilen	Messdaten-Werkbank
lernen.physik.hu-berlin.de/tipp_gruen/	lernen.physik.hu-berlin.de/daten_teilen/show_graph.php	lukasmientus.github.io/messunsicherheiten/start.html