

Messtechnische Überprüfung der Heisenberg'schen Unschärferelation

Norbert Südland*

12. März 2022

Zusammenfassung

Die Heisenberg'sche Unschärferelation soll durch klassische Auswertung mikroskopischer Auflösungen überprüft werden.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.	2
1.1	Messung von Ort und Impuls.	2
1.1.1	Messung vom Ort.	2
1.1.2	Ortsunschärfe.	2
1.1.3	Messung vom Impuls.	2
1.1.4	Impulsunschärfe.	2
1.2	Produkt aus Orts- und Impulsunschärfe.	3
1.2.1	Erstes Beispiel.	3
1.2.2	Zweites Beispiel.	3
1.2.3	Drittes Beispiel.	4
2	Deutung.	5
2.1	Stillstand im Bezugssystem.	5
2.2	Ist die Zeitmessung eine Messung im Sinne von Heisenberg?	5
2.3	Was meinte Albert Einstein?	5
2.4	Welche Auswege gibt es?	6
3	Dank.	7

*Otto-Schott-Straße 16, 73431 Aalen /Württemberg, GERMANY, info@Norbert-Suedland.info

1 Einleitung.

1.1 Messung von Ort und Impuls.

1.1.1 Messung vom Ort.

Der Ort eines Teilchens kann mit dem Meterstab bestimmt werden, wenn das Teilchen mindestens eine Ausdehnung von 1 mm in jeder Raumrichtung besitzt und der Meterstab zur Abmessung eines Abstandes ausreicht. Kleinere Teilchen erfordern einen Maßstab, dessen Auflösung unter 1 mm reicht. Solche Messungen können insbesondere durch die Anwendung von Mikroskopen vorgenommen werden.

1.1.2 Ortsunschärfe.

Als *Ortsunschärfe* Δx kann in der Mikroskopie die Unsicherheit der *Ortsauflösung* x der zugehörigen Vergrößerung angesetzt werden, also ein relativer Fehler von 100 %:

$$\Delta x = x \frac{\Delta x}{x} = \Delta x. \quad (1)$$

1.1.3 Messung vom Impuls.

Der Impuls eines gerade noch sicher detektierbaren Teilchens wird indirekt gemessen, und zwar bei ruhenden Körpern durch folgendes Produkt:

$$p = m v = \rho x^3 \frac{x}{t} = \frac{\rho x^4}{t}, \quad (2)$$

$$(3)$$

mit:

p Impuls, mit Einheit $[p] = \frac{\text{kg m}}{\text{s}} = \text{N s} = \frac{\text{J s}}{\text{m}};$

ρ Dichte, mit Einheit $[\rho] = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3};$

x Ortsauflösung, mit Einheit $[x] = \text{m};$

t Zeitdifferenz ab Startzeit, mit Einheit $[t] = \text{s}.$

Hier wird die klassische Definition des Impulses genutzt, um messtechnisch zu prüfen, ob auch damit die Heisenberg'sche Unschärferelation bestätigt werden kann.

1.1.4 Impulsunschärfe.

Die maximale *Impulsunschärfe* Δp ergibt sich hier durch die *Fehlerschranke*¹:

$$\Delta p = \frac{\rho x^4}{t} \left(\frac{\Delta \rho}{\rho} + 4 \frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta t}{t} \right), \quad (4)$$

mit:

Δp Impulsunschärfe, mit Einheit $[\Delta p] = \frac{\text{kg m}}{\text{s}} = \text{N s} = \frac{\text{J s}}{\text{m}};$

$\Delta \rho$ Dichteunschärfe, mit Einheit $[\Delta \rho] = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3};$

Δx Ortsunschärfe, mit Einheit $[\Delta x] = \text{m};$

Δt Zeitunschärfe, mit Einheit $[\Delta t] = \text{s}.$

¹[1987BSGZZ], Abschnitt 2.1.2.2., Seite 100

1.2 Produkt aus Orts- und Impulsunschärfe.

1.2.1 Erstes Beispiel.

Als erstes Beispiel wird ein im Mikroskop erkennbares Teilchen aus dem *Solnhofener Plattenkalk* betrachtet, welcher recht gut erhalten geblieben ist. Genauere Messungen können das hier vorgestellte Beispiel vertiefen.

Das Teilchen habe die Auflösung $x = 1 \mu\text{m}$ und bestehe aus Kalkstein der Dichte² $\rho = (2800 \pm 100) \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Das *Mindestalter* t des Kalksteins wird nach dem israelischen Kalender durch das Ende der *Sündflut*³ angegeben und beträgt im Jahre 2022 nach Christus wegen Fehlen des Jahres Null mindestens $(2021 + 2449 - 1) \text{ a} = 4469 \text{ a}$ mit $365,2421875 \frac{\text{d}}{\text{a}}$ und $24 * 3600 \frac{\text{s}}{\text{d}}$ aus der Erkenntnis⁴, die zur Gregorianischen Kalenderreform des Julianischen Kalenders und noch genaueren Ansätzen geführt hat.

Die Fehlerschranke für die Auflösung x beträgt $\Delta x = x$, für die Dichte ρ sind es $\Delta \rho = 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, und für die Datierung sind es etwa 10 a. Dies ergibt folgendes Produkt aus Impulsunschärfe Δp und Ortsunschärfe Δx in *klassischer Auswertung*:

$$\begin{aligned} \Delta p \cdot \Delta x &\leq \frac{2800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot (1 \mu\text{m})^5}{4469 \text{ a} \cdot 365,2421875 \frac{\text{d}}{\text{a}} \cdot 86400 \frac{\text{s}}{\text{d}}} \left(\frac{200}{2800} + 4 + \frac{10}{4469} \right) = \\ &= 8,088 \cdot 10^{-38} \text{ J s} \leq \frac{\hbar}{2} = 5,273 \cdot 10^{-35} \text{ J s}. \end{aligned} \quad (5)$$

Das Ergebnis (5) steht im Widerspruch zur Heisenberg'schen Unschärferelation⁵. Selbst bei einem Größtfehler von jeweils 100 % wäre diese Schranke unterboten! Allen Interessierten sei geraten, eine beliebige Probe aus den Versteinerungen auf die Existenz mikroskopischer Details von höchstens $1 \mu\text{m}$ Auflösung zu überprüfen.

1.2.2 Zweites Beispiel.

Datierung ist die überhaupt schwierigste Aufgabe in der Wissenschaft, deshalb darf man da auch falsch liegen. Im Rahmen des *Pluralismus* beziehungsweise der *weltanschaulichen Neutralität*⁶ lohnt es sich, die soeben durchgeführte Rechnung für eine Auflösung von $x = \Delta x = 10 \mu\text{m}$ und ein Alter laut *Historischer Geologie* von etwa 150 Millionen Jahren bei einem Größtfehler von jeweils 100 % anzusetzen. Dies ergibt:

$$\begin{aligned} \Delta p \cdot \Delta x &\leq \frac{2800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot (10 \mu\text{m})^5}{150 \cdot 10^6 \text{ a} \cdot 365,2421875 \frac{\text{d}}{\text{a}} \cdot 86400 \frac{\text{s}}{\text{d}}} (1 + 4 + 1) = \\ &= 3,549 \cdot 10^{-37} \text{ J s} \leq \frac{\hbar}{2} = 5,273 \cdot 10^{-35} \text{ J s}. \end{aligned} \quad (6)$$

Das Ergebnis (6) steht im Widerspruch zur Heisenberg'schen Unschärferelation⁷.

²[1979Schu], Abschnitt *Kalkstein*, Seite 130

³[2022SW], datiert auf 2454 ± 5 vor Christus

⁴[1987Zem], Abschnitt 2.7, Seite 30

⁵[2004HMS], Gleichung (8–35), Seite 536

⁶*Neutralität* erscheint als Teilmenge der *Toleranz*.

⁷[2004HMS], Gleichung (8–35), Seite 536

1.2.3 Drittes Beispiel.

Es wird berichtet, dass Getreide aus einer Grabkammer der ägyptischen Pharaonen problemlos in der Neuzeit gekeimt habe. Die Erforschung der Genetik ist inzwischen so weit, dass bekannt ist, dass eine erfolgreiche Vermehrung vor allem bei unversehrttem Zellkern zu erwarten ist. In einem Zellkern werden die einzelnen Bausteine der Genetik durch *Wasserstoffbrücken* auf ihrer Position gehalten und können sich bei der Zellteilung nach geordneten Regeln auseinander bewegen und wieder zusammenfügen. Die genaue Atomgröße ist immer wieder umstritten, deshalb verwenden die Chemiker weiterhin die Einheit Mol für die Stoffmenge.

Mit einem Rasterelektronenmikroskop hat der Verfasser im Sommer 1991 bei der Firma Carl Zeiss in Oberkochen ein Wolfram-Atom, das er auf der Spitze einer Nadel durch Ätztechnik isoliert hatte, vermessen und fotografiert. Es ergab sich dabei ein Nadelspitzenradius von etwa 5 nm, der für diesen Werkstoff nicht unterboten werden konnte. Nun darf angenommen werden, dass die genetischen Bausteine eine ähnliche Größe wie ein Wolfram-Atom besitzen, woraus Strukturen von 10 nm Abmessung auf jeden Fall erhalten geblieben sein müssen, damit die Biologie der Zellteilung aussichtsreich sein kann. In der Literatur gibt es auch weitaus kleinere Angaben⁸ für Atomradien im Pikometerbereich, also mindestens 10-mal kleiner.

Aus diesen Überlegungen würde nach der *klassischen Auswertung* durch die Heisenberg'sche Unschärferelation ein *Höchstalter* t für die Reproduzierbarkeit einer Zelle folgen, wobei hier zur Abschätzung als größte Dichte die Dichte von Osmium⁹ eingesetzt wird:

$$t \leq \frac{\rho x^5}{\frac{\hbar}{2}} = \frac{2\rho x^5}{\hbar} = \frac{4\pi\rho x^5}{h} = \quad (7)$$

$$= \frac{4 \cdot \pi \cdot 22590 \text{ kg} \cdot (10 \text{ nm})^5}{\text{m}^3 \cdot 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Js}} = 0,0428 \text{ s} = 42,8 \text{ ms}. \quad (8)$$

Das Ergebnis (8) erschüttert nicht die Biologie an sich, sondern die Heisenberg'sche Unschärferelation, welche den *Stillstand* im Bezugssystem nicht zu kennen scheint.

⁸[1974Christ], Seite 347

⁹[2004GT], Tabelle 14.1, Seite 14–2

2 Deutung.

2.1 Stillstand im Bezugssystem.

Folgende Gesichtspunkte sollten berücksichtigt werden:

- Die Vorstellung, man müsse¹⁰ bei kleinen Abständen immer quantenmechanisch rechnen und denken, zerstört die Möglichkeit einer unabhängigen Überprüfung der Ergebnisse.
- Der *Stillstand* im zugehörigen Bezugssystem ermöglicht prinzipiell die genaueste Bestimmung von Ort und relativem Impuls Null. Da die Null nie exakt gemessen werden kann, deutet sich hier an, dass bei Richtigkeit der Heisenberg'schen Unschärferelation dieselbe einen massiv verstellten Maßstab besitzt.
- *Stillstand* im eigentlichen Sinne meint vor allem, dass ein Teilchen nach einer *beliebigen* Zeit an einem Ort wiedergefunden werden kann, an dem es zuvor schon einmal festgestellt wurde. Diese Vorgabe ist eine notwendige Voraussetzung für alle Stoffwechselfvorgänge in einer lebenden Zelle. Der Einfluss langsamer Bewegungen, wie Erddrehung oder die Bewegung der Erde um die Sonne, kann hier zu einem begleitenden Pseudo-Bezugssystem mit vernachlässigbaren *Scheinkräften* genähert werden.
- Der Impuls ist klassisch das Produkt aus Masse und Geschwindigkeit.
- Die Masse ist das Integral der Dichteverteilung über einem betrachteten Volumen.
- Die im Mikroskop beobachtbare *Auflösung* gibt das kleinste, mit dieser Methode detektierbare Teilchen vor, welches in einen Festkörper eingebettet sein darf.

2.2 Ist die Zeitmessung eine Messung im Sinne von Heisenberg?

Dieser Einwand lautet, dass das Teilchen im Mikroskop nicht generell während der angegebenen Zeitdauer vermessen wird. Dem steht entgegen, dass über die angegebene Zeitdauer eine Temperaturstrahlung im Körper und eine Diffusion von Wärme und sogar Material stattfinden kann. Heisenberg erwartet offenbar für derart kleine Abmessungen keine ernsthafte Detektierbarkeit mehr. Seine Theorie entstand zur Zeit des Lichtmikroskops und kennt auch noch nicht die Ergebnisse der modernen Genetik.

2.3 Was meinte Albert Einstein?

Bereits im Jahre 1927 stellte Albert Einstein angesichts der neu vorgestellten Quantenmechanik nach Heisenberg und Schrödinger auf einer Fachtagung fest:

Das kann nicht ganz der wahre Jakob sein: Der Alte würfelt nicht.

Dieses Zitat ist sein bekanntester und immer wieder umstrittener Ausspruch.

¹⁰Wer oder was zwingt dazu?

2.4 Welche Auswege gibt es?

Jede Theorie und auch jedes Denkmodell kann nur widerlegt werden, wenn entsprechende Widerlegungskriterien angegeben und erfüllt werden. Die Vertreter der Quantenmechanik nach Heisenberg und Schrödinger sind somit aufgefordert, anhand der ihnen zugänglichen Messwerte zu belegen, dass die Heisenberg'sche Unschärferelation ohne Anpassung des Planck'schen Wirkungsquantums h beziehungsweise von Diracs Konstante $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ zu den angegebenen Messwerten passt.

Die in der Quantenmechanik angesetzte Behauptung, der Impuls sei proportional zu einem Gradienten, wurde bislang nicht messtechnisch belegt. Es kann also sein, dass sich der Widerspruch auflöst, wenn zwischen *klassischem*¹¹ und *quantenmechanischem* Impuls sauber unterschieden wird.

Es gehört zur Fairness in jedem *Diskurs*, dass die Vertreter einer in Frage gestellten Lehrauffassung genügend Zeit und Möglichkeit erhalten, um auf die aufgezeigten Einwände sinnvoll reagieren zu können. Eine rein philosophische Idee, die als unwiderlegbar eingeführt oder festgelegt wird, beschreibt dagegen mitunter keine messbare Wirklichkeit.

Spätestens seit Galileo Galilei entscheidet in der Physik nicht ein Prüfer, sondern ein Experiment über Richtigkeit.

Ein deutsches Sprichwort besagt:

Gut Ding will Weile haben.

¹¹ *Isaac Newton* als Begründer dieses Ansatzes lebte in der Zeit des Barock.

3 Dank.

Der Verfasser dankt Hannes Risken (Ulm /Donau), Rainer Kimmich (Ulm /Donau), Theo Friedrich Nonnenmacher (Ulm /Donau) und vielen anderen für die Diskussion. Für Rückfragen steht der Verfasser gerne zur Verfügung.

Literatur

- [1974Christ] (Hans Rudolf) Christen: *Struktur Stoff Reaktion*, Schulbuch Sekundarstufe I von Diesterweg Salle Sauerländer, (1974)
- [1979Schu] (Walter) Schumann: *Mineralien + Gesteine*, BLV Verlagsgesellschaft München Bern Wien, 2. Auflage, (1979)
- [1987BSGZZ] (Il'ja Nikolaevič) Bronstein, (Konstantin Adol'fovič) Semendjajew, (G.) Grosche, (V.) Ziegler, (D.) Ziegler: *Taschenbuch der Mathematik*, Gemeinschaftsausgabe Verlag Nauka, Moskau und BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig, 23. Auflage, (1987)
- [1987Zem] (Heinz) Zemanek: *Kalender und Chronologie*, R. Oldenbourg Verlag München Wien, 4. Auflage, (1987), ISBN 3-486-20447-5
- [2004GT] (W. F.) Gale, (T. C.) Totemeier: *Smithells Metals Reference Book*, Elsevier Butterworth Heinemann, 8. Auflage, (2004)
- [2004HMS] (Ekbert) Hering, (Rolf) Martin, (Martin) Stohrer: *Physik für Ingenieure*, Springer Berlin usw., 9. Auflage, (2004)
- [2022SW] (Norbert) Südland, (Eckhard) Walter: *Zeittafel zur Bibel*, Selbstverlag mit Historik-Programm in QBASIC, Stand: (2022), auch unter:
<http://www.Norbert.Suedland.info/Inhalt.htm#Historik=Zeitrechnung>