**Identität und Individualität in der Quantenmechanik**

Die [**Ontologie**](https://www.sapereaudepls.de/was-kann-ich-wissen/metaphysik/ontologie/) fragt nach der numerischen Gleichheit und Verschiedenheit ([Individuation](https://de.wikipedia.org/wiki/Individuation)) abtrakter oder empirischer [Entitäten](https://www.sapereaudepls.de/was-kann-ich-wissen/metaphysik/entit%C3%A4t/). Nicht wenige [Philosophen](https://www.sapereaudepls.de/einzeldisziplinen/philosophie/)koppeln die [Möglichkeit](https://www.sapereaudepls.de/was-kann-ich-wissen/metaphysik/m%C3%B6glichkeit/) einer Ontologie sogar vollständig an die Frage der[Identität](https://www.sapereaudepls.de/was-kann-ich-wissen/metaphysik/identit%C3%A4t/) bzw. daran, ob sich Entitäten individuieren lassen.

"No entity without identity."  
- [Willard Van Orman Quine](https://www.sapereaudepls.de/2019/01/22/willard-van-orman-quine/): Theorien und Dinge, S. 130

**Gleichartige Quantenobjekte lassen sich in vielen Fällen nicht individuieren. Sie besitzen dann zwar eine Kardinalität (Anzahl), aber keine Ordinalität (Individualität)**. Der mathematische Formalismus erlaubt in diesen Fällen zwar eine Angabe der Anzahl, aber keine Unterscheidung  der Quantenobjekten in einem System.[1] Wissenschaftstheoretiker haben versucht, dies in ein didaktisches Bild zu packen: Die Geldmenge in meinem Geldbeutel ist durch die einzelnen Münzen leibniz-individuiert, derselbe Geldbetrag auf meinem Konto ist es nicht.[2]

In vielen Lehrbüchern ist deshalb auch von "**identischen Teilchen**" die Rede, was aber aus zwei Gründen problematisch ist: **(1)** Der Ausdruck "**identisch**" ist hier sicher zunächst naheliegend, denn in der [Logik](https://www.sapereaudepls.de/was-kann-ich-wissen/logik/) sind ein Objekt A und ein Objekt B genau dann *identisch*, wenn sie *ununterscheidbar* sind. Genau diesesLeibniz-Prinzip scheint in der Quantenmechanik aber verletzt zu sein! Nicht wenige Autoren fordern deshalb sogar eine Revision der Logik oder Mengenlehre[3]. **(2)** Der Ausdruck "**Teilchen**" setzt bereits eine bestimmte Quantenontologie voraus. Auch hier wollen wir uns neutral halten und sprechen deshalb von "**ununterscheidbaren Quantenobjekten**."

"Identity is utterly simple and unproblematic. Everything is identical to itself;

nothing is ever identical to anything else except itself; nothing can ever fail to be.

And there is never any problem about what makes two things identical;

two things never can be identical."

- David Lewis: On the Plurality of Worlds, S. 192-193

Es bieten sich drei Arten der Individuation quantenmechanischer Objekte an:

**(1)** Eigenschaften.

**(2)** raumzeitliche Lokalisation.

**(3)** irreduzible metaphysische Identität.

**(1)** Betrachten wir von nun an immer zwei Elementarobjekte. Diese Wahl hat den Vorteil, dass sie die Schwierigkeiten mit zusammengesetzten Quantenobjekten (wie z.B. [Atomen](https://www.sapereaudepls.de/einzeldisziplinen/teilchenphysik/atom/)) vermeidet und wir uns auf die [**Eigenschaften**](https://www.sapereaudepls.de/was-kann-ich-wissen/metaphysik/eigenschaft/) Ruhemasse, Ladung und Spin kaprizieren können. Die Individuation von zwei verschiedenartigen Elementarobjekten, wie etwa einem [up-Quark](https://www.sapereaudepls.de/einzeldisziplinen/teilchenphysik/quarks/" \o "Quarks) und einem[Photon](https://www.sapereaudepls.de/einzeldisziplinen/teilchenphysik/photon/), bereitet keine Schwierigkeiten, da sie sich mindestens hinsichtlich einer Elementareigenschaft unterscheiden müssen (siehe: [Standardmodell](https://www.sapereaudepls.de/einzeldisziplinen/teilchenphysik/standardmodell-der-teilchenphysik/)).

**(2)** Was aber, wenn a und b *gleichartig*, also zum Beispiel beides [Elektronen](https://www.sapereaudepls.de/einzeldisziplinen/teilchenphysik/elektron/) sind? In diesem Fall können wir versuchen die **raumzeitliche Lokalisation** als ein Unterscheidungsmerkmal heranzuziehen. Habe a beispielsweise denn Raumzeit-Trajektorie y(a) und b die davon verschiedene Raumzeit-Trajektorie y(b). Dann sind a und b verschieden, da sie sich in verschiedenen Raumzeitstellen aufhalten. Arthur Schopenhauer sprach deshalb im Anschluss an [Immanuel Kant](https://www.sapereaudepls.de/blogeintr%C3%A4ge/immanuel-kant/) vom Raum als *principium individuationis*.

**(3)**Gleichartige Quantenobjekte können sich aber auch *vollständig durchdringen*, so dass sie fortan **dieselbe Raumzeitstelle** (bei ausgedehnten Objekten: Raumzeitregion) einnehmen.[2] Nicht wenige [Interpretationen der Quantenmechanik](https://www.sapereaudepls.de/einzeldisziplinen/quantenmechanik/interpretationen-der-quantenmechanik/) wie etwa die [Kopenhagener Deutung](https://www.sapereaudepls.de/einzeldisziplinen/quantenmechanik/kopenhagener-interpretation-der-quantenmechanik/) lehnen definitive Raumzeit-Trajektorien für Quantenobjekte deshalb grundsätzlich ab. Nennen wir das an der Stelle oder Region der "Durchdringung" entstehende Objekt von nun an "X". Welche [Rechtfertigung](https://www.sapereaudepls.de/was-kann-ich-wissen/erkenntnistheorie/rechtfertigung-erkenntnistheorie/) hätten wir, von X zu sagen, dass es sich aus zwei Objekten a und b – und nicht aus einem oder eintausend Objekten - zusammensetzt? Wenn a und b gleichartige Elementarobjekte sind und wenn wir ausschließlich im Sinne von (2) individuieren, müssten wir strenggenommen argumentieren, dass a und b in dem Moment ihrer vollständigen Durchdringung ihre Identität verlieren und zum Objekt X verschmelzen.

**Für gleichartige Quantenobjekte scheint deshalb weder eine Individuation im Sinne von (1) noch im Sinne von (2) möglich**.

Dies wirft schwerwiegende Fragen auf:

* In welchem Sinne können Quantenobjekte (keine) Individuen sein?
* Können nur Bosonen keine Individuen sein, da zwei Fermionen gemäß dem [Pauli-Prinzip](https://de.wikipedia.org/wiki/Pauli-Prinzip) niemals im selben Zustand sein können?
* Besteht ein **Vielteilchensystem** aus vielen Teilchen?
* Falls nein, widerlegt das die **Bündelontologie**, nach der Objekte Bündel von Eigenschaften sind? Welche Rolle spielt hier die **Tropenontologie**?
* Verletzen Quantenobjekte das (starke)**Leibniz-Prinzip?**
* Wie überzeugend ist ein **Haecceitismus** für eine Individuation im Sinne von (3)?

**Einzelnachweise**

**[1]** Holger Lyre u.a: Philosophie der Physik, S. 79 - 89

**[2]** French und Krause: Identity and Individuality in Modern Physics.

Es bleibt jedoch fraglich, ob man mathematische Verhältnisse auf die Welt abbilden darf und ob diese Analogie das wirkliche Wesen der Kardinalität erfasst.

**[3]** ebd.

**Siehe auch**

[Stanford-Enzyklopädie](https://plato.stanford.edu/entries/qt-idind/)

[Quantenlogik](https://www.sapereaudepls.de/was-kann-ich-wissen/logik/quantenlogik/)