

QM. Wellen, Amplituden und Pfadintegrale.

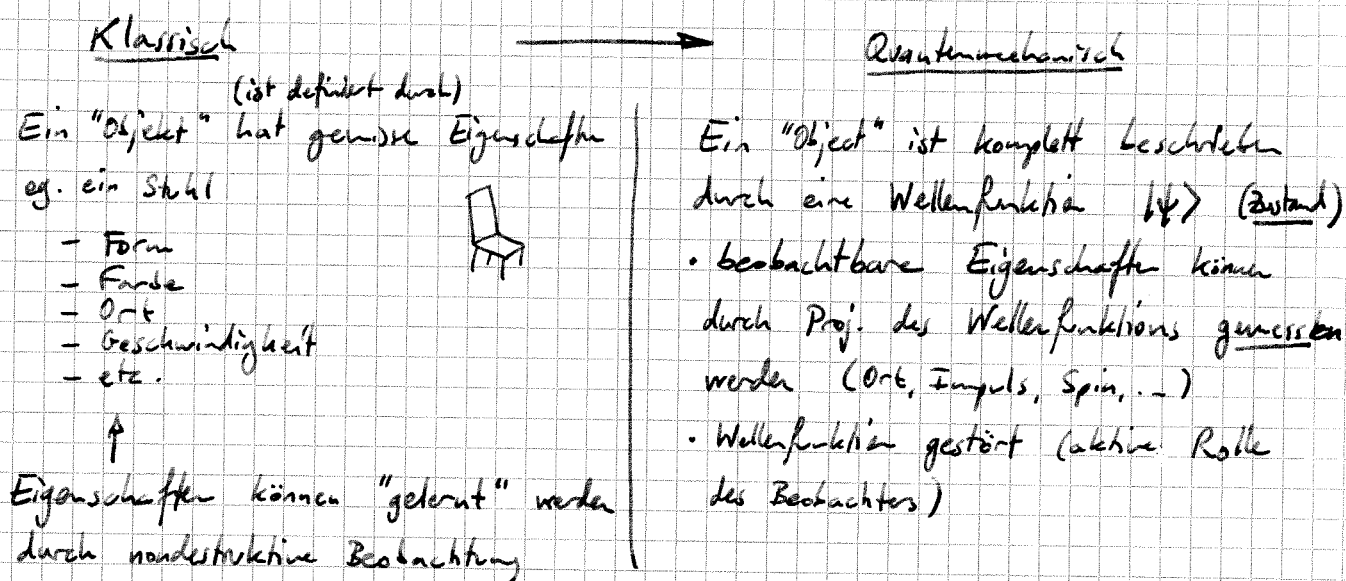
①

Experimentell \rightarrow etwas wirklich schief mit Klassische Mechanik
könnte was mit Wellen sein?

de Broglie \rightarrow Wellen-Teilchen Dualität

Schrödinger, Heisenberg, ... \rightarrow Wellenfkt, S-Gleichg, etc. \rightarrow QM.

Die QM verlangt eine neue Denkweise über "Realität" und Eigenschaften von Systemen.



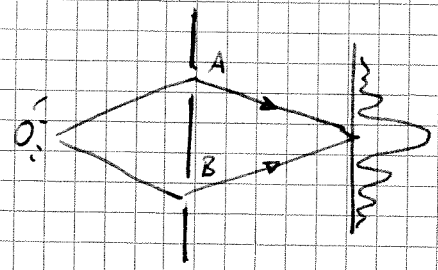
In einer quanten Messung, das zufällige Resultat "existiert" nicht vor der Messung (d.h. nirgendwo im Universum ist es geschehen, welches Resultat tatsächlich vorkommen wird) !! (EPR-Paradox \rightarrow Bells Theorem ...)

Wellenfunktion & Voraussagen der QM.

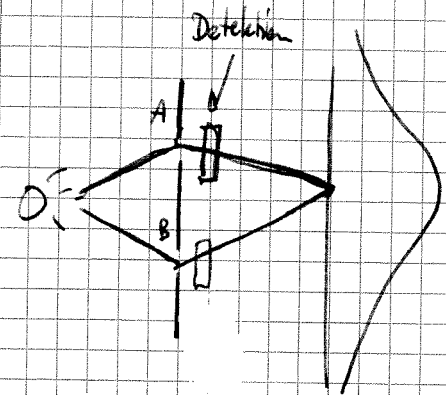
- System beschrieben durch Zustand $|\psi\rangle$ (~~eg. Wellenfunktion~~)
 \rightarrow für ein Teilchen: Wellenfunktion $\psi(x,t) \in \mathbb{C}$
- Teilchen propagiert wie eine Welle (Interferenzen, ...)
- Teilchen ist beobachtet wie ein Teilchen (einzelnes zufälliges Resultat)

Regel: für Interferenzen: zwei Alternative wege interferieren, außer wenn das System interagiert mit einem Anderen in so ein Art, das das andere System Information trägt, über welche Alternative gemauss wird.

zum Beispiel:



Alternative interferieren



Wechselwirkung mit Detektor zerstört Interferenz

[Rolle des Konzepts von Information wichtig! → siehe Quanten Informationsktheorie (nicht diese Vorlesung)

Formale Werkzeuge

- Weg $x(t)$ beiträgt $e^{iS[x]}$ ($S[x]$ = Wirkung) zur Amplitude
- Summe über alle Wege → Pfadintegral

Gegeben eine Wellenfunktion $\psi(x_1, t_1)$ am Zeit t_1 , die Wellenfunktion $\psi(x_2, t_2)$ am Zeit t_2 ist gegeben durch

$$\psi(x_2, t_2) = \int K(x_2, t_2, x_1, t_1) \psi(x_1, t_1) dx_1$$

Propagator

(wie eine α -dim Matrixmultiplikation)


$$K(x_2, t_2, x_1, t_1) = \int \mathcal{D}[x(t)] e^{iS[x]} \quad S[x] = \int_{t_1}^{t_2} dt L(x, \dot{x}, t)$$

- Komplizierte Definitionen, ∞ Integralen (!)

Darft PARS! → wir werden Sie kaum benutzen (für praktische Anwendungen)
→ Konzepte wichtig!

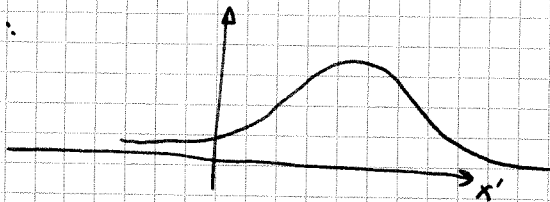
③

Bemerkung zu Formalismus: viele Formeln Kleinigkeiten versteckt! (Get used to it!) (wird noch schlimmer: QM2, QFT...)
z.B. das Mathematische Objekt $\delta[x]$ existiert nicht (als Mass)!!
(Aber dafür die Integrale sind wohl definiert und endlich durch das Limes $\lim_{N \rightarrow \infty} \prod_{i=1}^N (\int dx_i)$ mit einem Physikalischen Integral.)

Zum Beispiel: Fangen wir an mit $\psi(x, 0) =$  (z.B. Gaussische Fkt. $\psi \propto e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$)

Verwende $\int_{-\infty}^{\infty} K(x', t; x, 0) \psi(x, 0) dx =: \psi(x', t')$ um $\psi(x', t')$ an einer späteren Zeit zu rechnen. $L_0 = \dots$ (lange Rechnung)

Ergibt:



→ Wellenfunktion am Zeit t'
(z.B., für Gaussische Form: Wellenpaket verbreitert sich)