

# Neue Entwicklungen der Quantenmechanik (QM)

## Fr 20.04.12 - Allgemeine Einführung in die QM

Betreuerin: Francesca Sauli.

Kurze Einführung in die QM, Postulate der QM und Standard-Interpretation.

### Vortrag:

Stellen Sie die Hauptunterschiede zwischen der Quantentheorie und der klassischen Physik dar. Erklären Sie außerdem folgende Begriffe im Rahmen der Quantentheorie: Wellen- und Teilchendualismus, Unschärferelation, Wahrscheinlichkeit, physikalische Theorie = mathematischer Formalismus + Grundbereich + Abbildungsprinzipien, Interpretationen physikalischer Theorien, Modellvorstellungen, Bilder und Beschreibungsweisen der Wirklichkeit.

### Literatur:

- Zeilinger [30]: S. 9-65.
- Hey, Walters [12]: S. 15-32.
- Audretsch [2]: "Die Struktur physikalischer Theorien", S. 39-43.
- Jammer [13]: "Interpretations", S. 9-17.
- Schrödinger [22]: "Der erkenntnistheoretische Wert physikalischer Modellvorstellungen", Band IV, S. 288-294.
- Heisenberg [11]: "Sprache und Wirklichkeit in der modernen Physik", S. 160-180.

## Fr 27.04.12 - Messproblem

Betreuerin: Francesca Sauli.

### Vortrag:

Veranschaulichen Sie die Quantenmechanische Messung anhand des Doppelspaltexperiments. Erklären Sie folgende Begriffe: Kollaps der Wellenfunktion, Quantensprünge, Superposition, statistische Interpretation, Heisenbergsches Gammamikroskop, Unschärferelation, *structural and circumstantial measurement*, Stern-Gerlach Experiment.

**Literatur:**

- Audretsch [2]: "Erste Fassung der Postulate (reine Zustände abgeschlossener Quantensysteme)", S. 23-36.
- Omnès [16]: "The Problems of Measurement Theory", S. 60-81.
- Audretsch [1]: "Eine andere Wirklichkeit: Zur Struktur der Quantenmechanik und ihrer Interpretation".
- Sakurai [20]: "Measurements, Observables, and the Uncertainty Relations", S. 23-35.

**Fr 04.05.12 - EPR & Verschränkung**

Betreuerin: Francesca Sauli.

**Vortrag zur EPR:**

Stellen Sie den ursprünglichen Artikel von Einstein, Podolsky und Rosen und die darauf folgende Antwort von Bohr vor.

**Literatur:**

- Einstein, Podolsky, Rosen [9]: "Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?"
- Bohr [5]: "Kann man die quantenmechanische Beschreibung der physikalischen Wirklichkeit als vollständig betrachten?"
- Passon [17]: "Lokalität, Realität, Kausalität and all that", S. 57-75.
- Zeilinger "Einsteins Spuk" S. 195-209

**Vortrag zur Verschränkung:**

Erklären Sie folgende Begriffe: EPR-Korrelationen in Abgrenzung zu klassischen Korrelationen, Schmidt-Zerlegung und -Zahl, Erzeugung verschränkter Zustände.

**Literatur:**

- Audretsch [2]: "Verschränkte Systeme" S. 129-141.
- Zeilinger "Einsteins Spuk" S. 195-209

**Fr 11.05.12 - Bellsche Ungleichungen & Kochen-Specker-Theorem**

Betreuer: Francesco Giacosa.

**Vortrag zur Bellsche Ungleichungen:**

Stellen Sie die Experimenten dar, die im Laufe des 20. Jh. verwirklicht worden sind, um die Bellsche Ungleichungen nachzuweisen (siehe Aspect). Erklären Sie dann ausführlich das Experiment von Weihs et al. in der Gruppe von Zeilinger.

**Literatur:**

- Passon [17]: "Lokalität, Realität, Kausalität and all that", S. 57-75.
- Zeilinger "Einsteins Spuk" S. 195-209

**Fr 18.05.12 - Zeno Effekt & Zerfall**

Betreuer: Francesco Giacosa.

**Vortrag zum Zeno-Effekt:**

Projektionsmessungen greifen in die dynamische Entwicklung eines Quantensystems besonders stark ein. Erklären Sie wie durch eine Sequenz von Projektionsmessungen möglich ist, die Entwicklung völlig einzufrieren oder aber dem Zustand eine willkürliche Entwicklung aufprägen.

**Literatur:**

- Sakurai, "Modern Quantum Mechanics", Supplement II: "Non-Exponential Decay" S. 481-486.
- Silagadze, [24] "Zeno meets modern science".
- Audretsch, [2] "Manipulation der Zustandsbewegung durch projektive Messungen" S. 37-38.

**Vortrag zum Zerfall:**

Erklären Sie den Zerfall anhand des Skripts von Herr Dr. Giacosa.

**Literatur:**

- Giacosa Francesco: "Non Exponential Decay and Zeno Effect".
- Sakurai, "Modern Quantum Mechanics", Supplement II: "Non-Exponential Decay" S. 481-486.

**Fr 25.05.12 - Dekohärenz**

Betreuer: Francesco Giacosa.

**Vortrag:**

Nach einer Einführung in das Thema erklären Sie die Dekohärenz anhand eines Spin-Systems. (Siehe Omnès S. 279-281.)

**Literatur:**

- Omnès [16] "Decoherence", S. 268-322.
- Schlosshauer [21]: "Decoherence, the measurement problem, and interpretation of quantum mechanics".

**Fr 01.06.12 - Bohm & Kopenhagen & Dekohärenz**

Betreuerin: Francesca Sauli.

**Vortrag zur Kopenhagener Deutung:**

Erklären Sie das Korrespondenzprinzip und den Begriff der Komplementarität. Wie ist das Messproblem in der Kopenhagener Deutung gelöst? Wofür steht die Schrödinger Katze? Und der Freund von Wigner?

**Literatur:**

- Heisenberg [11]: "Die Kopenhagener Deutung der Quantentheorie", S. 27-42.
- Omnès [16]: "The Problems of Measurement Theory", S. 81-102.
- Sakurai, "Modern Quantum Mechanics", Supplement II - 481-486.

**Vortrag zur Bohmsche Mechanik:**

Stellen Sie den ursprünglichen Artikel von Bohm vor.

**Literatur:**

- Passon [17]:
- Bohm [4]: "A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of 'Hidden' Variables."
- O. Passon "Why isn't every physicist a Bohmian?" [quant-ph/0412119](https://arxiv.org/abs/quant-ph/0412119)

**Fr 08.06.12 - Vielwelteninterpretation**

Betreuer: Francesco Giacosa.

**Vortrag:**

Stellen Sie den ursprünglichen Artikel von Everett und die darauf folgende Bemerkung von Wheeler vor.

**Literatur:**

- Everett [10]: "'Relative State' Formulation of Quantum Mechanics".
- Wheeler [29]: "Assessment of Everetts 'Relative State' Formulation of Quantum Theory".
- DeWitt [7]: "Quantum mechanics and reality".

**Fr 15.06.12 - GRW & Penrose**

Betreuer: Francesco Giacosa.

**Vortrag:**

Fassen Sie die angegebene Literatur zusammen.

**Literatur:**

- Bassi and Girardi, [3] "Dynamical reduction models" Sections 1, 2, 5, 6-6.5, 10-10.3, 15.1.
- R. Penrose, Chapter 30 "Gravity's role in quantum state reduction" aus "The road to reality".

## Fr 22.06.12 - Verzögerte Wahl & Quantenradierer

Betreuerin: Francesca Sauli.

### Vortrag:

Stellen Sie die Artikel von Walborn vor.

### Literatur:

- Kim *et al.* [14]: "Delayed 'Choice' Quantum Eraser."
- Scully, Drühl [23]: "Quantum eraser: A proposed photon correlation experiment concerning observation and 'delayed choice' in quantum mechanics".
- Walborn *et al.* [27]: "Quantum Erasure".
- Walborn *et al.* [28]: "Double-slit quantum eraser".

## Fr 29.06.12 - Quantencomputer

Betreuerin: Francesca Sauli.

### Vortrag:

Geben Sie eine Einführung in das Thema Quanten-Computing. Erklären Sie, was ein Q-Bit ist, und welche die allgemeine Eigenschaften eines Quanten-Computers sind. Skizzieren Sie außerdem dessen Anwendungen.

### Literatur:

- Bouwmeester, Zeilinger [6]: "Basic Concepts", S. 1-14.
- Nielsen und Chang [15]: "Fundamental concepts", S. 2-59.

## Fr 06.07.12 - Kryptographie & Quantenkryptographie

Betreuer: Francesco Giacosa.

### Vortrag:

Nach einer Einführung in das Thema erklären Sie die Quantenkryptographie in der Praxis anhand der Schlüsselübertragung mit verschränkten Photonen.

### Literatur:

- Tittel *et al.*: [26] "Quantenkryptographie".

## Fr 13.07.12 - Rezeption der Quantenmechanik in den Neurowissenschaften

Betreuer: Francesco Giacosa und Francesca Sauli.

**Vortrag:**

Genaue Angaben zu diesem Talk werden noch gegeben.

**Literatur:**

- Penrose [19]: "Physik und Geist", S. 121-179, "Einwände eines schamlosen Reduktionisten", S. 211-217, "Erwiderungen von R. Penrose", 217ff.
- Eccles [8]: "Neues Licht auf das Geist-Gehirn-Problem: Wie mentale Ereignisse neuronale Ereignisse beeinflussen könnten", S. 94-136, "Quantenaspekte der Gehirntätigkeit und die Rolle des Bewußtseins", S. 212-241.
- Heim: "Quantenphysik und Freier Wille".
- Stapp [25]: "Mind, Matter and Quantum Mechanics", S. 81-117.

# Bibliography

- [1] Audretsch Jürgen,  
*Eine andere Wirklichkeit: Zur Struktur der Quantenmechanik und ihrer Interpretation.*
- [2] Audretsch Jürgen,  
*Verschränkte Systeme,*  
Weinheim, Wiley-VCH Verlag, 2005.
- [3] Bassi and Girardi,  
*Dynamical reduction models*  
Phys. Rept. 379 (2003). Pages: 257-310
- [4] Bohm David,  
*A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of "Hidden" Variables. I.*  
Phys. Rev. **85**, 166.
- [5] Bohr Niels,  
*Kann man die quantenmechanische Beschreibung der physikalischen Wirklichkeit als vollständig betrachten?*
- [6] Bouwmeester Dirk, Ekert Artur, Zeilinger Anton (Eds.),  
*The Physics of Quantum Information,*  
Springer, 2000
- [7] DeWitt Bryce S,  
*Quantum mechanics and reality,*  
Physics Today, Vol. 23, No. 9 (September 1970)
- [8] Eccles John C.,  
*How the Self Controls Its Brain,*  
Berlin/New York, Springer, 1994.
- [9] Einstein A, Podolsky B and Rosen N,  
*Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?,*  
Phys. Rev. **47** (1935) 777
- [10] Everett H III,  
*'Relative State' Formulation of Quantum Mechanics,*  
Rev. Mod. Phys. **29** (1957) 454,
- [11] Heisenberg Werner,  
*Physik und Philosophie.*  
Stuttgart, Hirzel Verlag, 1959.
- [12] Hey Tony, Walters Patrick,  
*Quantenuniversum.*  
Heidelberg, Spektrum der Wissenschaft, 1990.

- [13] Jammer, Max,  
*The Philosophy of Quantum Mechanics.*  
New York, John Wiley and Sons, 1974.
- [14] Kim, Yoon-Ho *et al.*,  
*Delayed "Choice" Quantum Eraser*  
Phys. Rev. Lett. **84** (2000) 1-5.
- [15] Nielsen Michael A., Chuang Isaac L.,  
*Quantum Computation and Quantum Information,*  
Cambridge University Press, 2000.
- [16] Omnès Roland,  
*The Interpretation of Quantum Mechanics.*  
Princeton, Princeton University Press, 1994.
- [17] Passon O,  
*Bohmsche Mechanik,*  
Verlag Harri Deutsch, 2004
- [18] Penrose Roger,  
*The Emperor' New Mind.*  
Oxford/New York/Melbourne, Oxford University Press, [2] 1990.
- [19] Penrose Roger,  
*Das Große, das Kleine und der menschliche Geist.*  
Heidelberg, Berlin, Spektrum Akademischer Verlag, 2002.
- [20] Sakurai J.J.,  
*Quantum Mechanics*
- [21] Schlosshauer Maximilian,  
*Decoherence, the measurement problem, and interpretations of quantum mechanics* Rev. Mod. Phys.,  
**76** 1267-1305, 2005
- [22] Schrödinger Erwin,  
*Gesammelte Abhandlungen.*  
Wien, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Vieweg Verlag, 1984.
- [23] Scully Marlan O., Drühl Kai,  
*Quantum eraser: A proposed photon correlation experiment concerning observation and "delayed choice" in quantum mechanics,*  
Phys. Rev. A, **25** (1982) 2208-2213.
- [24] Silagadze,  
*Zeno meets modern science,*  
Z.K. Silagadze, (Novosibirsk, IYF) . May 2005. 40pp.  
Published in Acta Phys.Polon.B36:2887-2930,2005.  
e-Print: physics/0505042
- [25] Stapp Henry,  
*Mind, Matter and Quantum Mechanics,*  
Berlin Heidelberg New York, Springer-Verlag, 2004.
- [26] Tittel Wolfgang,  
*Quantenkryptographie,*  
Physikalische Blätter 55 (1999) Nr. 6.

- [27] Walborn Stephen P. *et al.*,  
*Quantum Erasure*,  
American Scientist, Volume 91, p. 336-343.
- [28] Walborn Stephen P. *et al.*,  
*Double-slit quantum eraser*,  
Phys. Rev. A, **65** 033818 (2002) 1-6.
- [29] Wheeler J A,  
*Assessment of Everetts 'Relative State' Formulation of Quantum Theory*,  
Rev. Mod. Phys. **29** (1957) 463
- [30] Zeilinger Anton,  
*Einsteins Schleier*.  
München, Verlag C.H.Beck, 2003.