

# Neue Entwicklungen der Quantenmechanik (QM)

## Fr 19.04.13 - Überblick über die Veranstaltung

Betreuer: Francesco Giacosa

## Fr 26.04.13 - Allgemeine Einführung in die QM als physikalische Theorie: Was ist die Standard Interpretation?

Betreuer: Francesca Sauli

### Allgemeinen Einführung:

Hauptunterschiede zwischen der Quantentheorie und der klassischen Physik dar. Festlegung folgender Begriffe im Rahmen der Quantentheorie: Reiner Zustand, Gemenge, Präparations-, Transformations- und Messapparat, selektive und nicht-selektive Messungen.

### Literatur:

- Audretsch [2]: Erste Fassung der Postulate (reine Zustände abgeschlossener Quantensysteme), S. 23-36.
- Zeilinger [30]: S. 9-65.
- Hey, Walters [12]: S. 15-32.

### Struktur einer physikalischen Theorie:

Begriffe: Physikalische Theorie = mathematischer Formalismus + Grundbereich + Abbildungsprinzipien, Interpretationen physikalischer Theorien, Modellvorstellungen, Bilder und Beschreibungsweisen der Wirklichkeit.

**Literatur:**

- Audretsch [2]: Die Struktur physikalischer Theorien, S. 39-43.
- Jammer [13]: Interpretations, S. 9-17.
- Schrödinger [22]: Der erkenntnistheoretische Wert pñhysikalischer Model-  
lvorstellungen, Band IV, S. 288-294.
- Heisenberg [11]: Sprache und Wirklichkeit in der modernen Physik, S.  
160-180.

**Fr 03.05.13 - Messproblem**

Betreuer: Francesca Sauli

**Inhalt:**

Von-Neumann-Messung. Kollaps der Wellenfunktion, Quantensprünge, Superposition, statistische Interpretation, Heisenbergsches Gammamikroskop, Unschärferelation, Stern-Gerlach Experiment. Nicht-lokale und verallgemeinerte Messungen.

**Literatur:**

- Audretsch [2]: Nicht-lokale Messungen, S. 156-161. Verallgemeinerte Messungen, S. 213-227.
- 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 10.05.13 - EPR & Verschränkung**

Betreuer: Francesca Sauli und Francesco Giacosa.

**EPR:**

Ursprünglichen Artikel von Einstein, Podolsky und Rosen und die darauf folgende Antwort von Bohr. BEPR: EPR-Experiment mit Spin-Systeme.

**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

**Verschränkung:**

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 17.05.13 - Dekohärenz**

Betreuer: Francesco Giacomini.

Vortragender: Pia Huber

**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 24.05.13 -Everett & Bohm**

Betreuerin: Francesca Sauli.

Vortragender: Fabian Schubert (Bohm).

**Vortrag zu Everett:**

Stellen Sie den ursprünglichen Artikel von Everett und die darauf folgende Kommentare 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.

**Vortrag zur Bohmsche Mechanik:**

Stellen Sie den ursprünglichen Artikel von Bohm vor.

**Literatur:**

- Passon [17]: *Bohmsche Mechanik*.
- 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

**Fr 31.05.13 - GRW & Penrose**

Betreuer: Francesco Giacomini.

Vortragende: Lisa Olbrich.

**Vortrag:**

Fassen Sie die angegebene Literatur zusammen.

**Literatur:**

- Bassi and Ghirardi, [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 07.06.13 - Bellsche Ungleichungen & Kochen-Specker-Theorem**

Betreuer: Francesca Sauli.

Vortragender: Christopher Cozabar (Bellsche Ungleichungen)

### **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.

### **Vortrag zum Kochen-Specker-Theorem:**

Stellen Sie den einfachen Beweis des Satzes von Kochen und Specker, den Adán Cabello 1996 gefunden hat.

#### **Literatur:**

- O. Gühne und M. Kleinmann[10]: Auf den Kontext kommt es an, S. 25-30;
- A. Cabello *et al.*, Phys. Rev. A **212**, 183 (1996).

## **Fr 14.06.13 - Zeno-Effekt, Zerfall und Quantum Bits**

Betreuer: Francesco Giacosa.

Vortragende: Steffi Hartmann.

### **Vortrag zum Zeno-Effekt:**

Projektmessungen 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 Francesco Giacosa.

**Literatur:**

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

## **Fr 21.06.13 - Nobelpreisträger 2012: Haroche und Wineland**

Betreuer: Francesco Giacosa.

Vortragender: Igor Vinograd (Haroche).

Vortrag: ???

## **Fr 28.06.13 - Physik und Informationstechnologie - Teil I**

### **Verzögerte Wahl, Quantenradierer, Kryptographie und Quantenkryptographie**

Betreuer: Francesca Sauli.

Vortragende: Fiona Faber (Quantenkryptographie).

#### **Vortrag zum Quantenradierer:**

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.

#### **Vortrag zur Quantenkryptographie:**

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

**Literatur:**

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

## Fr 05.07.13 - Physik und Informationstechnologie - Teil II

### *Quantencomputer und Quantum Simulations*

Betreuer: Francesco Giacosa.

Vortragender: Harald Meixner.

#### **Vortrag zum *Quantencomputer*:**

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

## Fr 12.07.13 - *Quantum Biology*

### Rezeption der Quantenmechanik in den Neurowissenschaften und *Quantum Biology*

Betreuer: Francesca Sauli

Vortragender: Fabian Müller (Quantum Biology)

#### **Vortrag zu der Rezeption der Quantenmechanik in den Neurowissenschaften:**

Erklären Sie einer der 3 vorgeschlagenen Anwendungen der QM auf das Körper-Geist-Problem.

#### **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,
- [10] Gühne Otfried, Kleinmann Matthias,  
*Auf den Kontext kommt es an*,  
aus: Physik Journal 12 (2013) Nr. 2, S. 25-30.
- [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's 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 ob-  
servation 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.