

Aus dem Unterricht der Sek II: Zum Wesen der Quantenphysik

Atom- und Quantenphysik

1. Modell und Theorie	
– zwei Methoden der Beschreibung physikalischer Vorgänge	3
1.1 Die Beschreibung eines Vorgangs mit einem Modell	3
1.2 Die Beschreibung eines Vorgangs mit einer Theorie	3
1.3 Die Grenzen von Modellen	4
1.4 Erlaubte und nichterlaubte Fragen	5
2. Transporte mit Wellen und Transporte mit Materie	5



3. Photonen	6
3.1 Photochemische Reaktionen	6
3.2 Lichtportionen in der Zeit	6
3.3 Lichtportionen im Raum	7
3.4 Interferenz und Statistik	7
3.5 Die Größe von Photonen	8
3.6 Energie und Impuls von Photonen	8
4. Elektronen	10

5. Die Quantentheorie	11
5.1 Daten gehen hinein und Daten kommen heraus	11
5.2 Die Quantentheorie	12
5.3 Die Psi-Funktion	12

6. Das Atom – stationäre Zustände	13
6.1 Die Dichte des Elektroniums	13
6.2 Größe und Dichte der Atomhüllen	15
6.3 Die stationären Zustände der Atome	16
6.4 Die Energie des Elektrons in stationären Zuständen – das Termschema	17
6.5 Die Stromdichte des Elektroniums	18

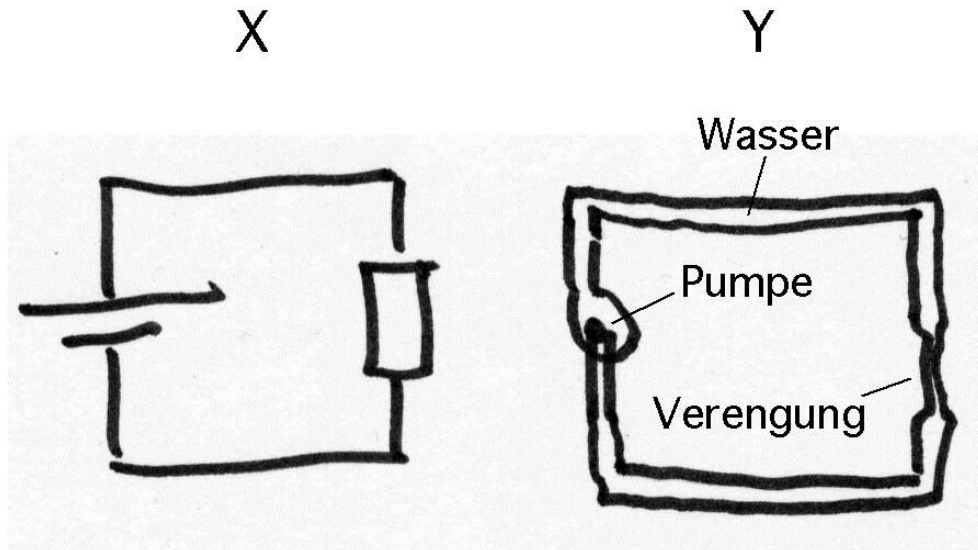
7. Übergänge im Atom – nichtstationäre Zustände	19
7.1 Übergänge zwischen stationären Zuständen	19
7.2 Der Emissionsvorgang	19
7.3 Schnelle und langsame Übergänge	20
7.4 Emission und Statistik	21

8. Atome mit mehreren Elektronen	21
8.1 Die Elektronenorbitale in größeren Atomen	21
8.2 Der Spin	21
8.3 Noch einmal die Psi-Funktion	22

9. Die Spektren von Gasen	23
9.1 Die Anregung mit Licht	23
9.2 Die Anregung von Atomen mit Elektronen	24
9.3 Gase als Lichtquellen	24
9.4 Die Spektren von Gasen	26
9.5 Warum Flammen leuchten	27

1. Modell und Theorie – zwei Methoden der Beschreibung physikalischer Vorgänge

1.1 Die Beschreibung eines Vorgangs mit einem Modell



Man kann einen physikalischen Vorgang, für den man keine direkte Anschauung hat, durch ein Modell beschreiben.

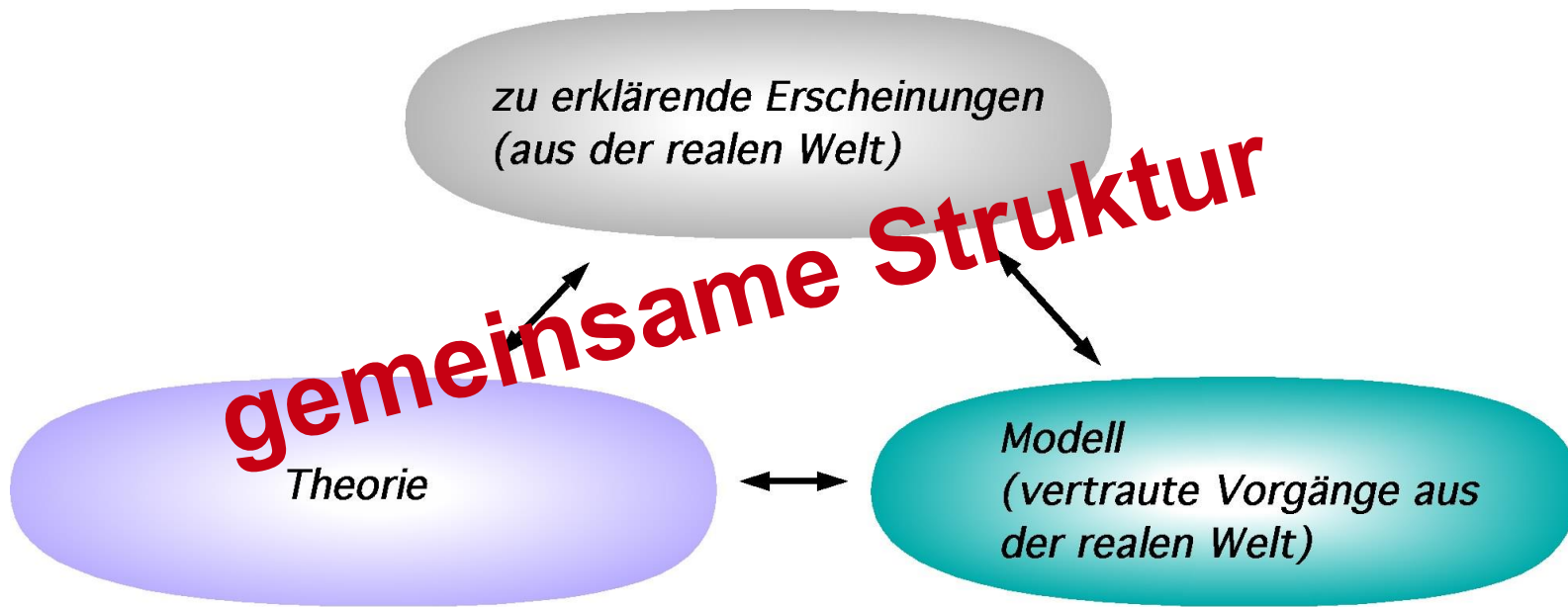
Das Modell ist ein System, das uns vertraut ist.

Modelle sind nicht falsch oder richtig, sondern nur mehr oder weniger zweckmäßig.

1.2 Die Beschreibung eines Vorgangs mit einer Theorie

Eine Theorie beschreibt einen physikalischen Vorgang mathematisch, d.h. mit Hilfe von Gleichungen.

1.3 Die Grenzen von Modellen



Für manche physikalischen Vorgänge lässt sich kein passendes Modell finden, wohl aber eine funktionierende Theorie. Solche Vorgänge erscheinen uns als unanschaulich.

1.4 Erlaubte und nichterlaubte Fragen

Eine Frage kann sinnlos sein, auch wenn sie naheliegend ist.

2. Transporte mit Wellen und Transporte mit Materie

Materie ist quantisiert, Licht zeigt Interferenz.

Auch Licht ist quantisiert, und auch Materie zeigt Interferenz.

Atom- und Quantenphysik

1. Modell und Theorie	
– zwei Methoden der Beschreibung physikalischer Vorgänge	3
1.1 Die Beschreibung eines Vorgangs mit einem Modell	3
1.2 Die Beschreibung eines Vorgangs mit einer Theorie	3
1.3 Die Grenzen von Modellen	4
1.4 Erlaubte und nichterlaubte Fragen	5
2. Transporte mit Wellen und Transporte mit Materie	5

3. Photonen	6
3.1 Photochemische Reaktionen	6
3.2 Lichtportionen in der Zeit	6
3.3 Lichtportionen im Raum	7
3.4 Interferenz und Statistik	7
3.5 Die Größe von Photonen	8
3.6 Energie und Impuls von Photonen	8
4. Elektronen	10

5. Die Quantentheorie	11
5.1 Daten gehen hinein und Daten kommen heraus	11
5.2 Die Quantentheorie	12
5.3 Die Psi-Funktion	12



6. Das Atom – stationäre Zustände	13
6.1 Die Dichte des Elektroniums	13
6.2 Größe und Dichte der Atomhüllen	15
6.3 Die stationären Zustände der Atome	16
6.4 Die Energie des Elektrons in stationären Zuständen – das Termschema	17
6.5 Die Stromdichte des Elektroniums	18

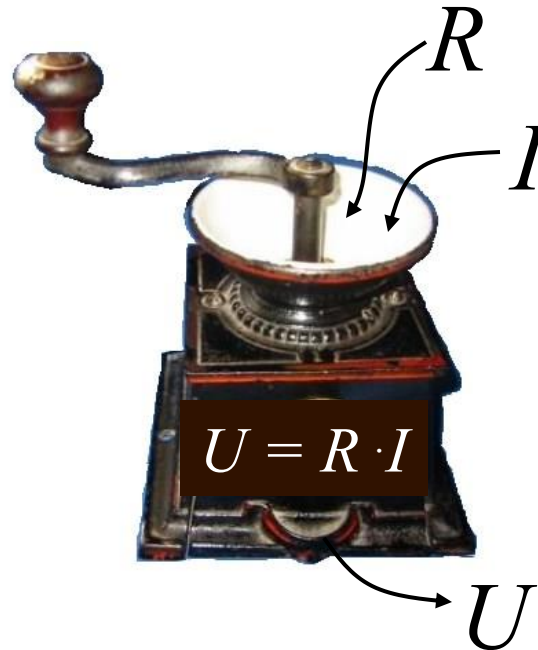
7. Übergänge im Atom – nichtstationäre Zustände	19
7.1 Übergänge zwischen stationären Zuständen	19
7.2 Der Emissionsvorgang	19
7.3 Schnelle und langsame Übergänge	20
7.4 Emission und Statistik	21

8. Atome mit mehreren Elektronen	21
8.1 Die Elektronenorbitale in größeren Atomen	21
8.2 Der Spin	21
8.3 Noch einmal die Psi-Funktion	22

9. Die Spektren von Gasen	23
9.1 Die Anregung mit Licht	23
9.2 Die Anregung von Atomen mit Elektronen	24
9.3 Gase als Lichtquellen	24
9.4 Die Spektren von Gasen	26
9.5 Warum Flammen leuchten	27

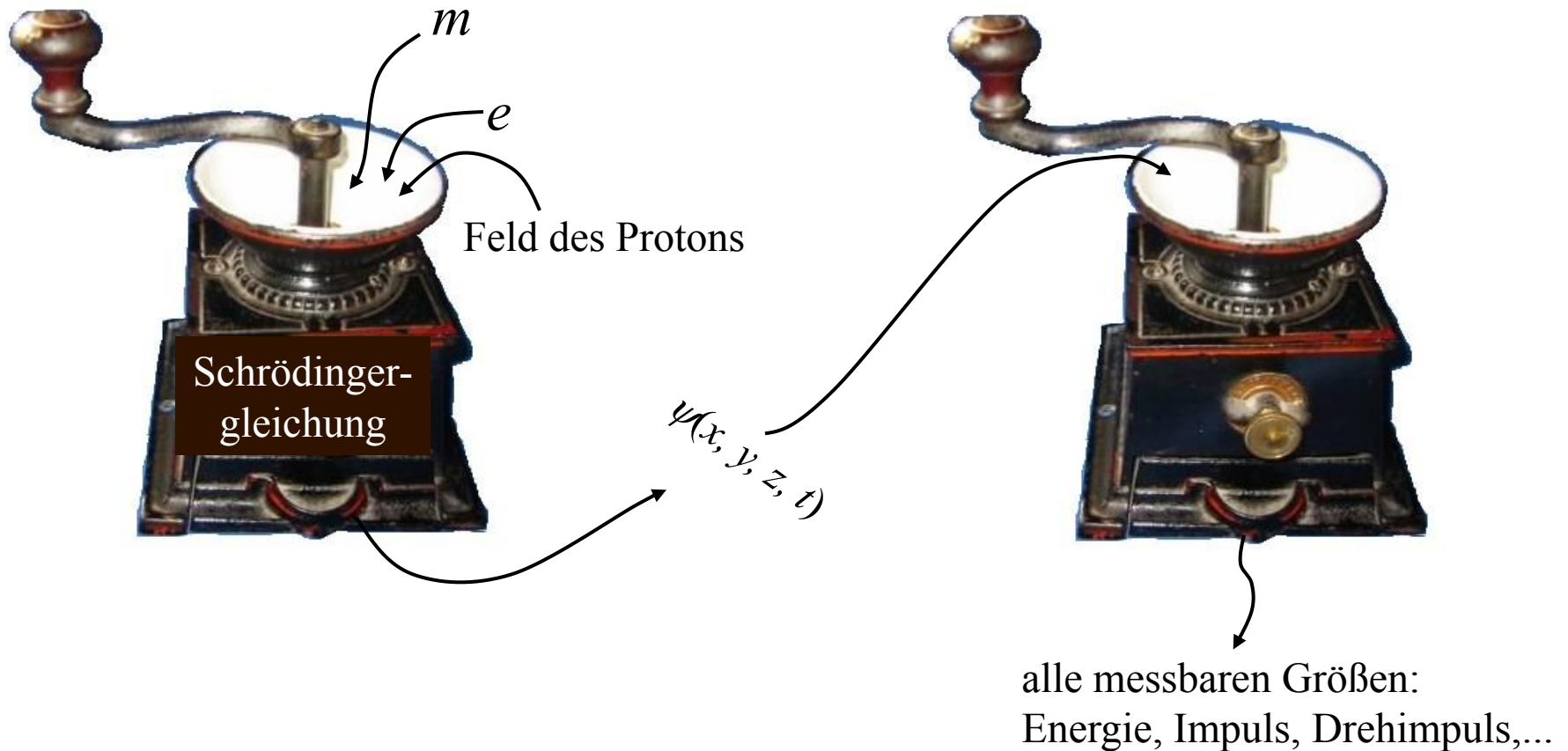
5. Die Quantentheorie

5.1 Daten gehen hinein und Daten kommen heraus



Theorie: System von Gleichungen und Sätzen.
Man steckt bekannte Daten hinein und bekommt
gewünschte Daten heraus.

5.2 Die Quantentheorie



Die Quantentheorie löst ein Problem in zwei Schritten:

1. Berechnung der Psi-Funktion aus den eingegebenen Daten;
2. Berechnung der gewünschten Daten aus der Psi-Funktion.

5.3 Die Psi-Funktion

$$\rho_E(x, y, z, t) = \frac{\epsilon_0}{2} |\vec{E}(x, y, z, t)|^2$$

$$\rho(x, y, z, t) = \psi^2(x, y, z, t)$$

$$\rho_m = m \cdot \rho = m\psi^2$$

Elektronium

$$\rho_e = -e \cdot \rho = -e\psi^2$$

Das Quadrat der Psi-Funktion ist ein Maß für die Massendichte und die Ladungsdichte des Elektroniums.

1. Modell und Theorie	
– zwei Methoden der Beschreibung physikalischer Vorgänge	3
1.1 Die Beschreibung eines Vorgangs mit einem Modell	3
1.2 Die Beschreibung eines Vorgangs mit einer Theorie	3
1.3 Die Grenzen von Modellen	4
1.4 Erlaubte und nichterlaubte Fragen	5
2. Transporte mit Wellen und Transporte mit Materie	5

3. Photonen	6
3.1 Photochemische Reaktionen	6
3.2 Lichtportionen in der Zeit	6
3.3 Lichtportionen im Raum	7
3.4 Interferenz und Statistik	7
3.5 Die Größe von Photonen	8
3.6 Energie und Impuls von Photonen	8
4. Elektronen	10

5. Die Quantentheorie	11
5.1 Daten gehen hinein und Daten kommen heraus	11
5.2 Die Quantentheorie	12
5.3 Die Psi-Funktion	12

6. Das Atom – stationäre Zustände	13
6.1 Die Dichte des Elektroniums	13
6.2 Größe und Dichte der Atomhüllen	15
6.3 Die stationären Zustände der Atome	16
6.4 Die Energie des Elektrons in stationären Zuständen – das Termschema	17
6.5 Die Stromdichte des Elektroniums	18

7. Übergänge im Atom – nichtstationäre Zustände	19
7.1 Übergänge zwischen stationären Zuständen	19
7.2 Der Emissionsvorgang	19
7.3 Schnelle und langsame Übergänge	20
7.4 Emission und Statistik	21

8. Atome mit mehreren Elektronen	21
8.1 Die Elektronenorbitale in größeren Atomen	21
8.2 Der Spin	21
8.3 Noch einmal die Psi-Funktion	22

9. Die Spektren von Gasen	23
9.1 Die Anregung mit Licht	23
9.2 Die Anregung von Atomen mit Elektronen	24
9.3 Gase als Lichtquellen	24
9.4 Die Spektren von Gasen	26
9.5 Warum Flammen leuchten	27



6. Das Atom – stationäre Zustände

6.5 Die Stromdichte des Elektroniums

$$\text{Massenstromdichte} = \frac{\text{Massenstromstärke}}{\text{durchströmte Fläche}}$$

$$\text{elektrische Stromdichte} = \frac{\text{elektrische Stromstärke}}{\text{durchströmte Fläche}}$$

6.6 Drehimpuls und Magnetismus von Atomen

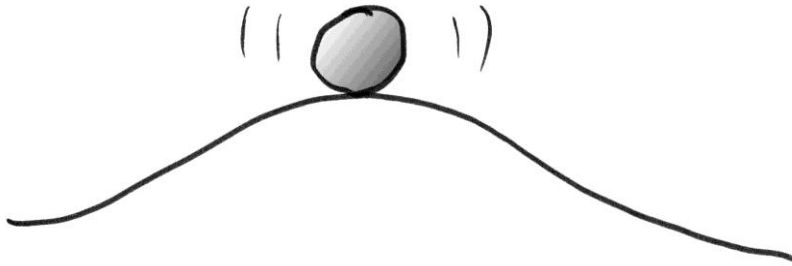
In manchen Zuständen bildet das Elektronium eine Strömung mit kreisförmigen Stromlinien.

In manchen Zuständen hat das Elektronium des Atoms Drehimpuls. Der Wert dieses Bahndrehimpulses ist ein ganzzahliges Vielfaches von $h/2\pi$. Der Drehimpuls ist quantisiert.

In Zuständen, in denen das Elektronium strömt, ist das Atom magnetisch.

7. Übergänge im Atom – nichtstationäre Zustände

7.1 Übergänge zwischen stationären Zuständen



$$i \rightarrow k \quad E_i \rightarrow E_k \quad E = E_i - E_k \quad f = \frac{E_i - E_k}{h}$$

7.2 Der Emissionsvorgang

Während des Übergangs eines Atoms aus einem Zustand höherer in einen Zustand niedrigerer Energie, führt die elektrische Ladung des Elektroniums Schwingungen aus. Das Atom wirkt als Antenne. Die Schwingungsfrequenz ist gleich der Frequenz des emittierten Lichts.

7.3 Schnelle und langsame Übergänge

Bei verschiedenen Übergängen strahlt das Atom unterschiedlich stark.

7.4 Emission und Statistik

Sind von einem Ausgangszustand mehrere Endzustände erreichbar, so finden die verschiedenen Übergänge mit bestimmten Wahrscheinlichkeiten statt.

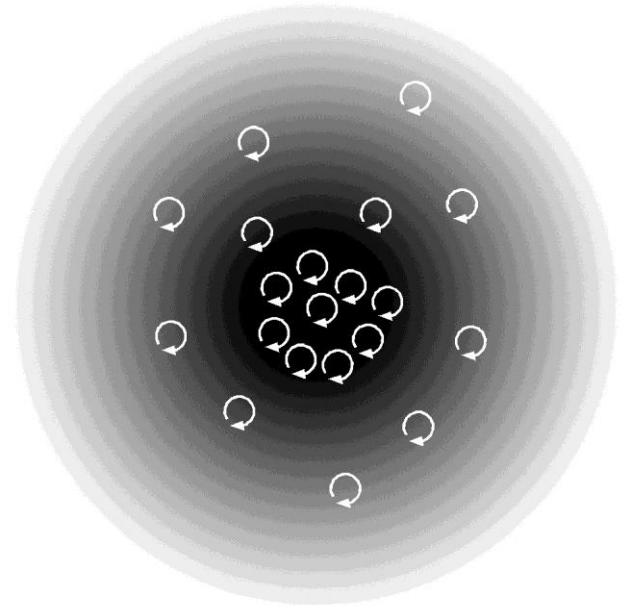
8. Atome mit mehreren Elektronen

8.1 Elektronenorbitale in größeren Atomen

Ein Orbital kann nur von zwei Elektronen besetzt werden.

8.2 Der Spin

Die Elektronen eines Atom befinden sich in verschiedenen Zuständen. Zwei Elektronen, die dasselbe Orbital besetzen, unterscheiden sich im Spin.



8.3 Noch einmal die Psi-Funktion