

Aus dem Unterricht der Sek II



www.physikdidaktik.uni-karlsruhe.de

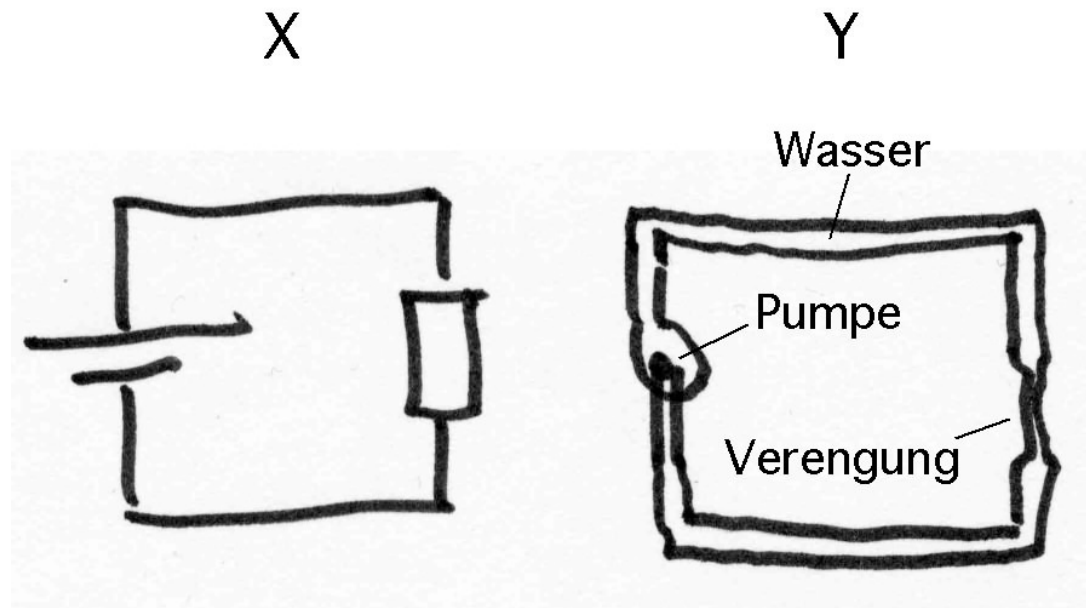
Inhaltsverzeichnis

1. Modelle in der Physik	5
1.1 Die Beschreibung eines Vorgangs mit einem Modell	5
1.2 Die Beschreibung eines Vorgangs mit einer Theorie.....	5
1.3 Die Grenzen von Modellen	6
2. Photonen und Elektronen	9
2.1 Transporte mit Wellen und Transporte mit Materie.....	9
2.2 Photochemische Reaktionen	9
2.3 Lichtportionen in der Zeit	10
2.4 Lichtportionen im Raum.....	11
2.5 Interferenz und Statistik	11
2.6 Die Größe von Photonen	11
2.7 Energie und Impuls von Photonen.....	12
2.8 Elektronen	14
3. Die Quantentheorie	17
3.1 Daten gehen hinein und Daten kommen heraus	17
3.2 Eine Theorie mit zwei Schritten	17
3.3 Die Psi-Funktion	18
4. Das Atom – stationäre Zustände	19
4.1 Die Dichte des Elektroniums.....	19
4.2 Größe und Dichte der Atomhüllen	21
4.3 Die Anregung von Atomen.....	22
4.4 Die Energie des Elektrons in stationären Zuständen – das Energietermschema.....	23
4.5 Die Stromdichte des Elektroniums.....	24
4.6 Drehimpuls und Magnetismus von Atomen	24
5. Übergänge im Atom – nichtstationäre Zustände	25
5.1 Übergänge zwischen stationären Zuständen	25
5.2 Der Emissionsvorgang.....	25
5.3 Schnelle und langsame Übergänge.....	26
6. Atome mit mehreren Elektronen	29
6.1 Elektronenorbitale in größeren Atomen	29
6.2 Der Spin.....	30
6.3 Noch einmal die Psi-Funktion	31



1. Modelle in der Physik

1.1 Die Beschreibung eines Vorgangs mit einem Modell



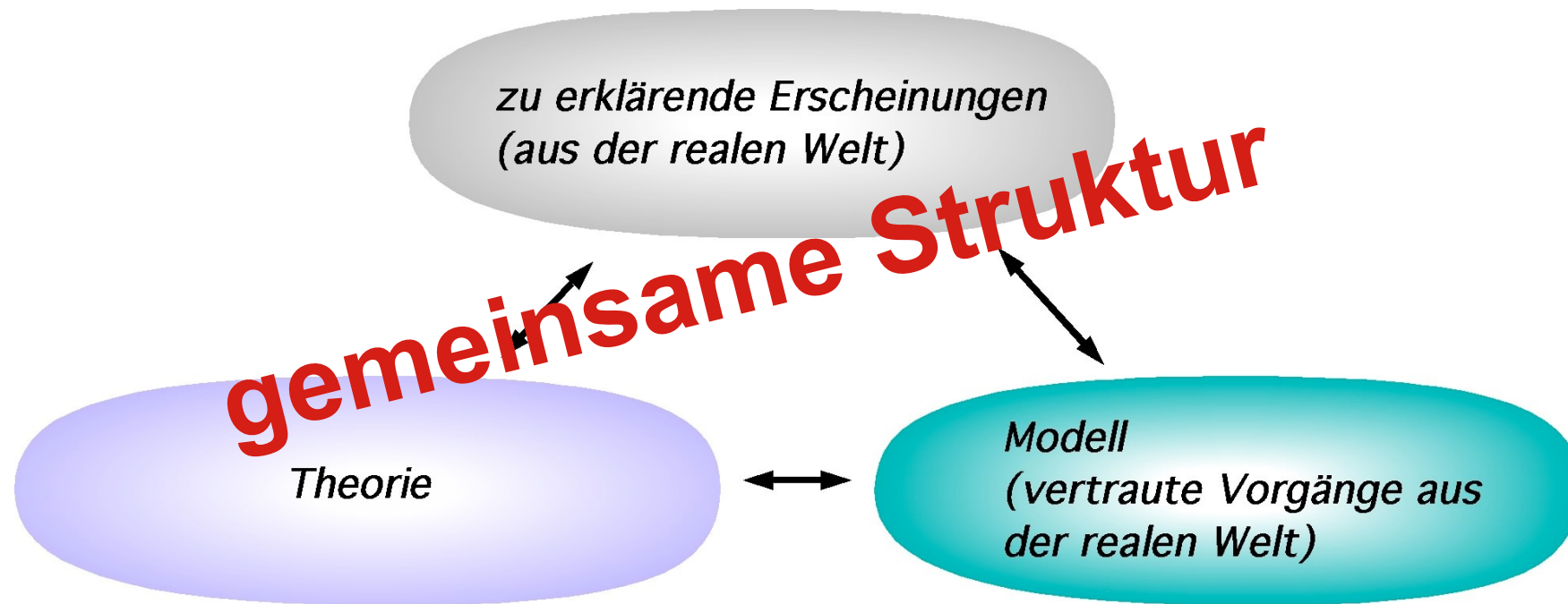
Man kann einen physikalischen Vorgang, für den man keine direkte Anschauung hat, durch ein Modell beschreiben. Das Modell ist ein System, das uns vertraut ist.

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.

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

2. Photonen und Elektronen

2.1 Transporte mit Wellen und Transporte mit Materie

Materie ist quantisiert, Licht zeigt Interferenz.

Nicht nur Materie, sondern auch Licht ist quantisiert.

Nicht nur Licht, sondern auch Materie zeigt Interferenz.

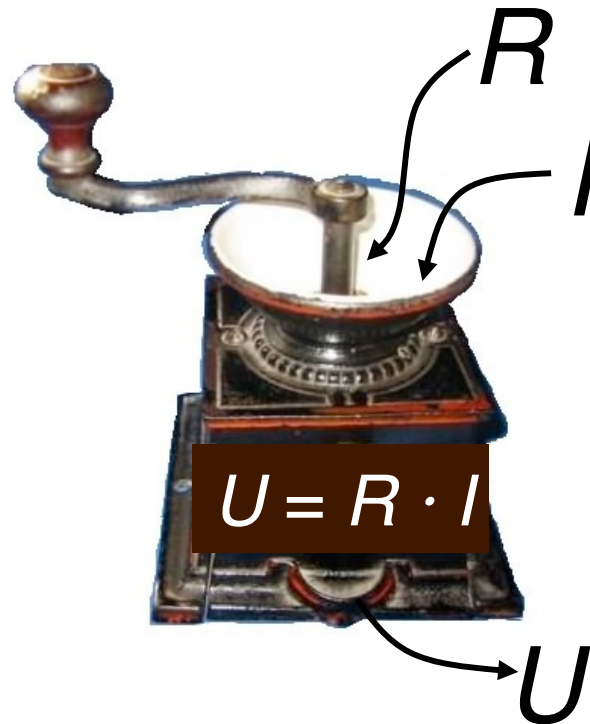
Inhaltsverzeichnis

1. Modelle in der Physik	5
1.1 Die Beschreibung eines Vorgangs mit einem Modell	5
1.2 Die Beschreibung eines Vorgangs mit einer Theorie.....	5
1.3 Die Grenzen von Modellen	6
2. Photonen und Elektronen	9
2.1 Transporte mit Wellen und Transporte mit Materie.....	9
2.2 Photochemische Reaktionen	9
2.3 Lichtportionen in der Zeit	10
2.4 Lichtportionen im Raum.....	11
2.5 Interferenz und Statistik	11
2.6 Die Größe von Photonen	11
2.7 Energie und Impuls von Photonen.....	12
2.8 Elektronen	14
3. Die Quantentheorie	17
3.1 Daten gehen hinein und Daten kommen heraus	17
3.2 Eine Theorie mit zwei Schritten	17
3.3 Die Psi-Funktion	18
4. Das Atom – stationäre Zustände	19
4.1 Die Dichte des Elektroniums.....	19
4.2 Größe und Dichte der Atomhüllen	21
4.3 Die Anregung von Atomen.....	22
4.4 Die Energie des Elektrons in stationären Zuständen – das Energiediagramm.....	23
4.5 Die Stromdichte des Elektroniums	24
4.6 Drehimpuls und Magnetismus von Atomen	24
5. Übergänge im Atom – nichtstationäre Zustände	25
5.1 Übergänge zwischen stationären Zuständen	25
5.2 Der Emissionsvorgang.....	25
5.3 Schnelle und langsame Übergänge.....	26
6. Atome mit mehreren Elektronen	29
6.1 Elektronenorbitale in größeren Atomen	29
6.2 Der Spin.....	30
6.3 Noch einmal die Psi-Funktion	31



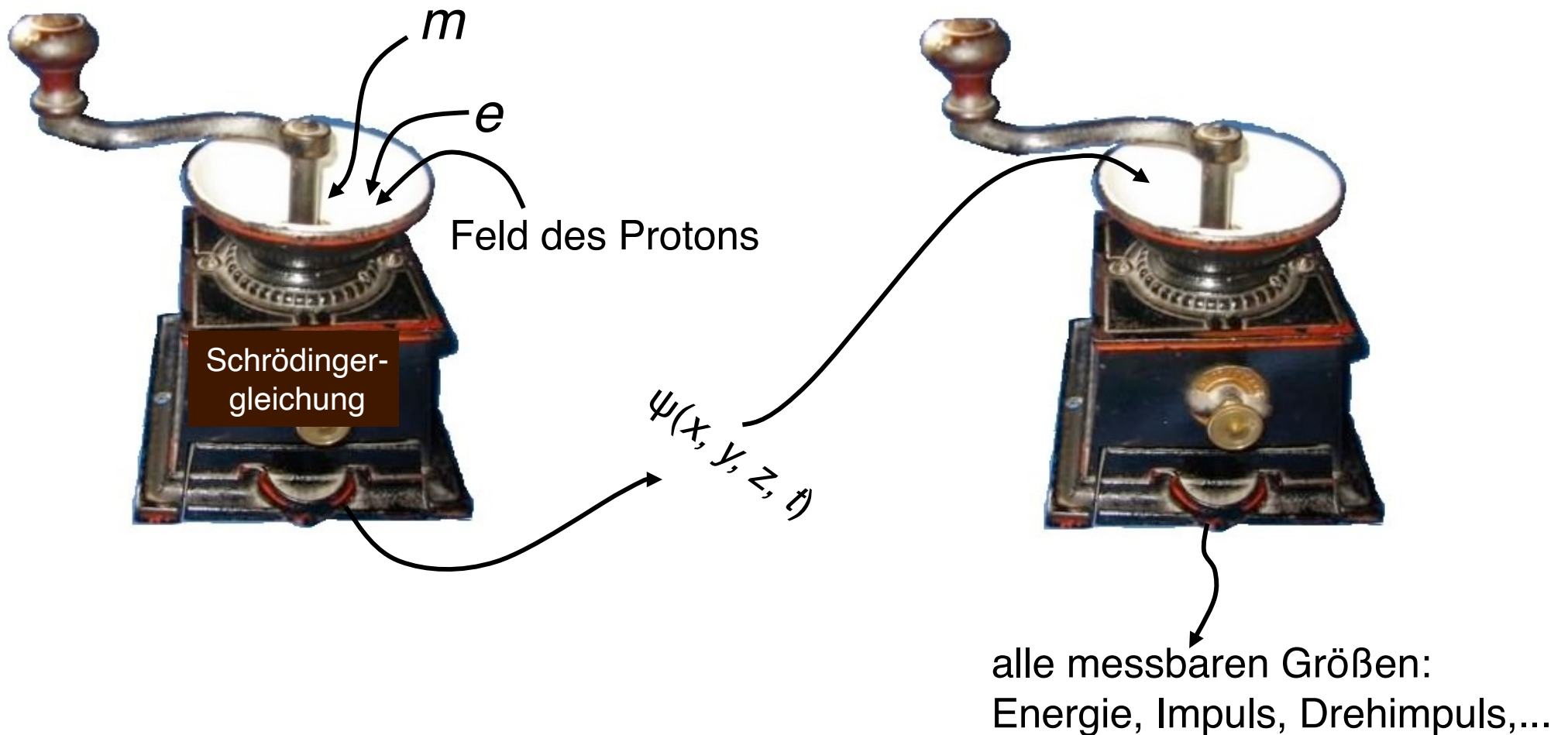
3. Die Quantentheorie

3.1 Daten gehen hinein und Daten kommen heraus



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

3.2 Eine Theorie mit zwei Schritten



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.

3.3 Die Psi-Funktion

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

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

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

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.

Inhaltsverzeichnis

1. Modelle in der Physik	5
1.1 Die Beschreibung eines Vorgangs mit einem Modell	5
1.2 Die Beschreibung eines Vorgangs mit einer Theorie.....	5
1.3 Die Grenzen von Modellen	6
2. Photonen und Elektronen	9
2.1 Transporte mit Wellen und Transporte mit Materie.....	9
2.2 Photochemische Reaktionen	9
2.3 Lichtportionen in der Zeit	10
2.4 Lichtportionen im Raum.....	11
2.5 Interferenz und Statistik	11
2.6 Die Größe von Photonen	11
2.7 Energie und Impuls von Photonen.....	12
2.8 Elektronen	14
3. Die Quantentheorie	17
3.1 Daten gehen hinein und Daten kommen heraus	17
3.2 Eine Theorie mit zwei Schritten	17
3.3 Die Psi-Funktion	18
4. Das Atom – stationäre Zustände	19
4.1 Die Dichte des Elektroniums.....	19
4.2 Größe und Dichte der Atomhüllen	21
4.3 Die Anregung von Atomen.....	22
4.4 Die Energie des Elektrons in stationären Zuständen – das Energiediagramm.....	23
4.5 Die Stromdichte des Elektroniums	24
4.6 Drehimpuls und Magnetismus von Atomen	24
5. Übergänge im Atom – nichtstationäre Zustände	25
5.1 Übergänge zwischen stationären Zuständen	25
5.2 Der Emissionsvorgang.....	25
5.3 Schnelle und langsame Übergänge.....	26
6. Atome mit mehreren Elektronen	29
6.1 Elektronenorbitale in größeren Atomen	29
6.2 Der Spin.....	30
6.3 Noch einmal die Psi-Funktion	31



4. Das Atom – stationäre Zustände

4.5 Die Stromdichte des Elektroniums

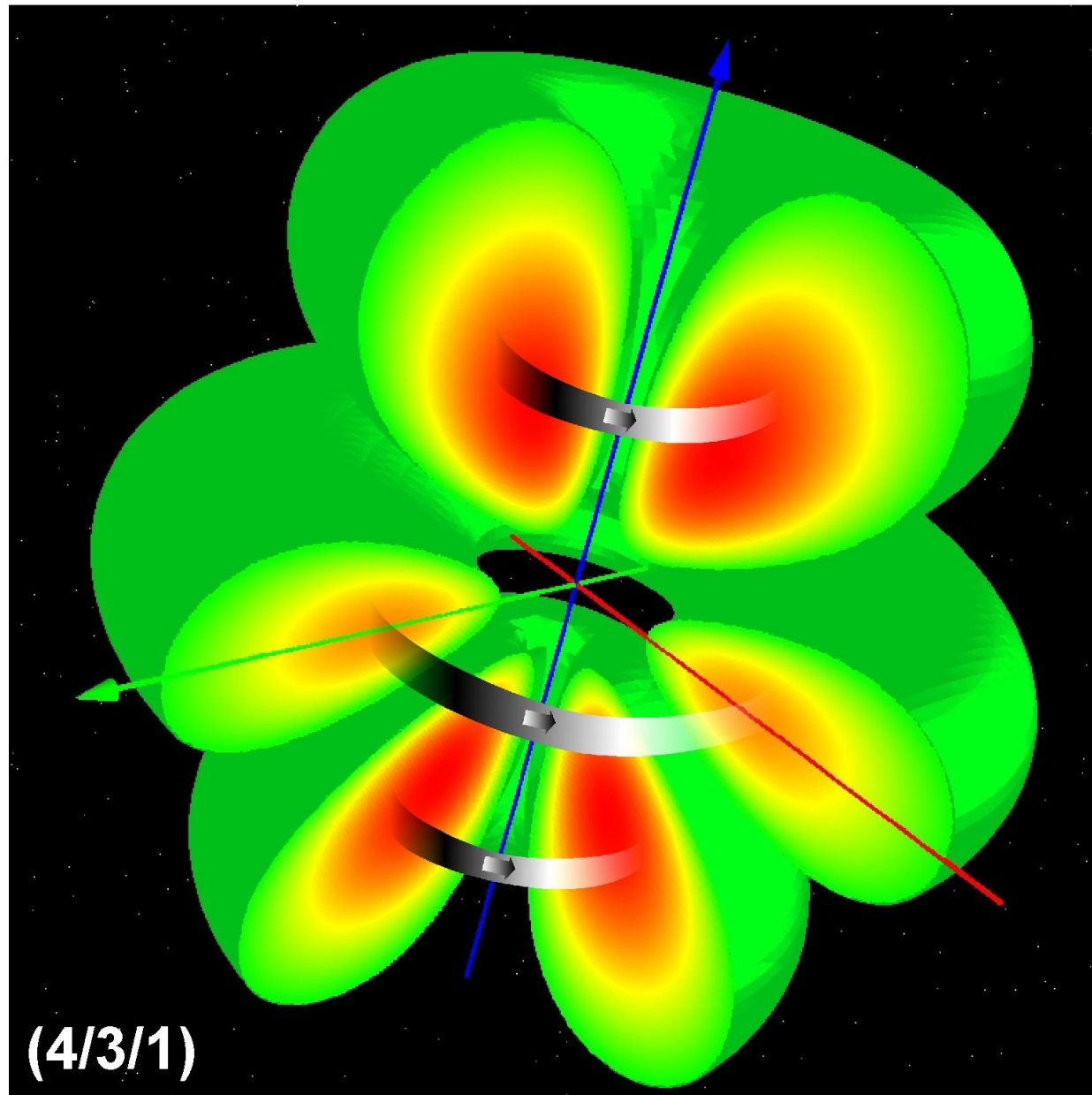
$$\text{Massenstromdichte} = \frac{\text{Massenstromstärke}}{\text{durchströmte Fläche}}$$

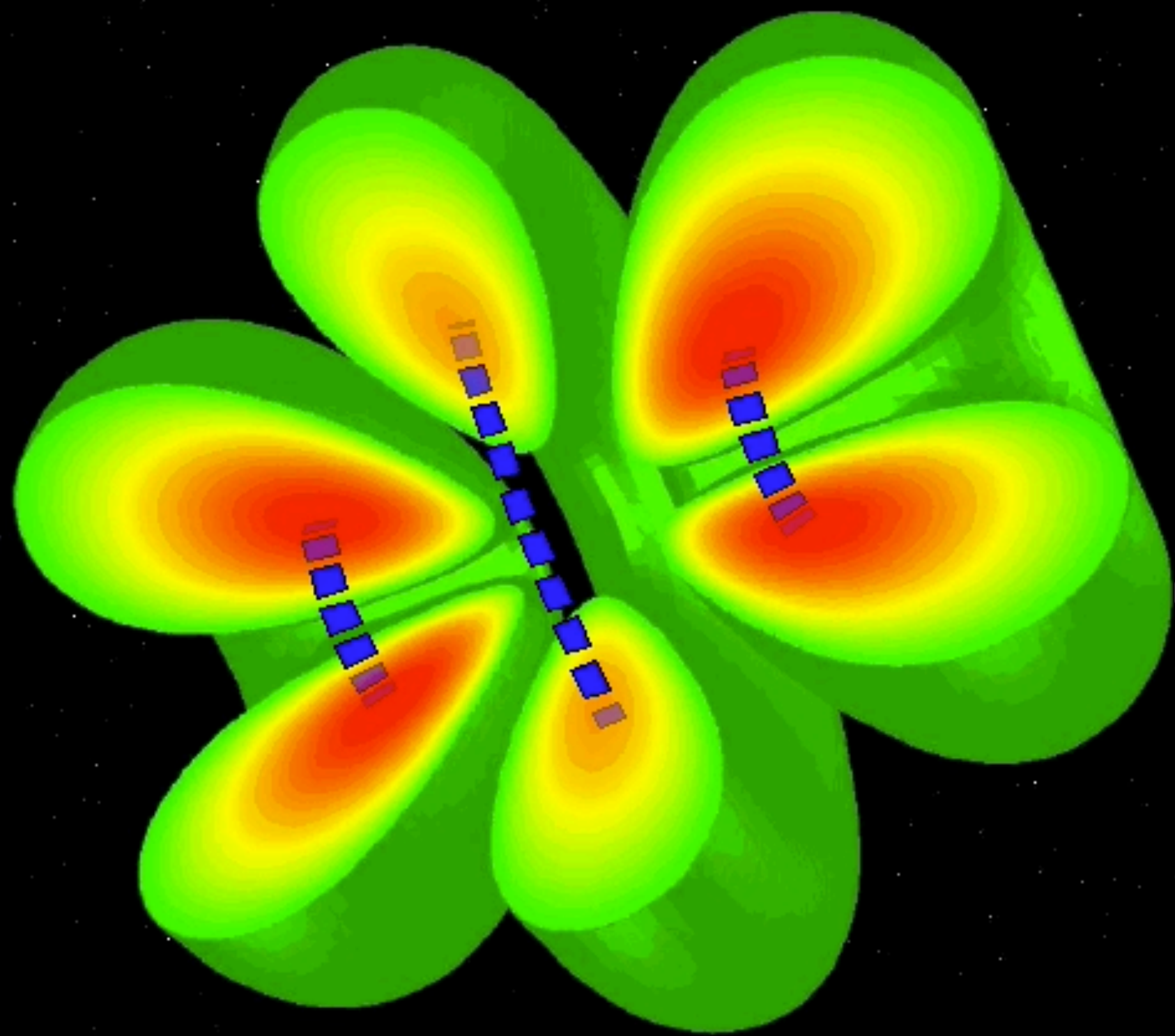
$$\text{elektrische Stromdichte} = \frac{\text{elektrische Stromstärke}}{\text{durchströmte Fläche}}$$

4.6 Drehimpuls und Magnetismus von Atomen

In Zuständen mit $m \neq 0$ bildet das Elektronium eine Strömung mit kreisförmigen Stromlinien. Unterschiedliches Vorzeichen von m bedeutet unterschiedliche Strömungsrichtung.

4.6 Drehimpuls und Magnetismus von Atomen





4.6 Drehimpuls und Magnetismus von Atomen

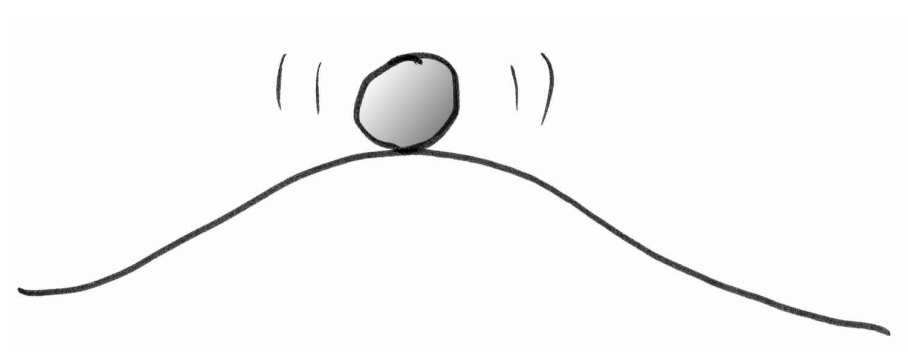
In Zuständen mit $m \neq 0$ bildet das Elektronium eine Strömung mit kreisförmigen Stromlinien. Unterschiedliches Vorzeichen von m bedeutet unterschiedliche Strömungsrichtung.

In Zuständen mit $m \neq 0$ hat das Atom Drehimpuls. Der Wert dieses Bahndrehimpulses ist ein ganzzahliges Vielfaches von $h/2\pi$. Der Drehimpuls ist quantisiert.

In Zuständen mit $m \neq 0$ ist das Atom magnetisch.

5. Übergänge im Atom – nichtstationäre Zustände

5.1 Übergänge zwischen stationären Zuständen



$$i \rightarrow k$$

$$E_i \rightarrow E_k$$

$$E = E_i - E_k$$

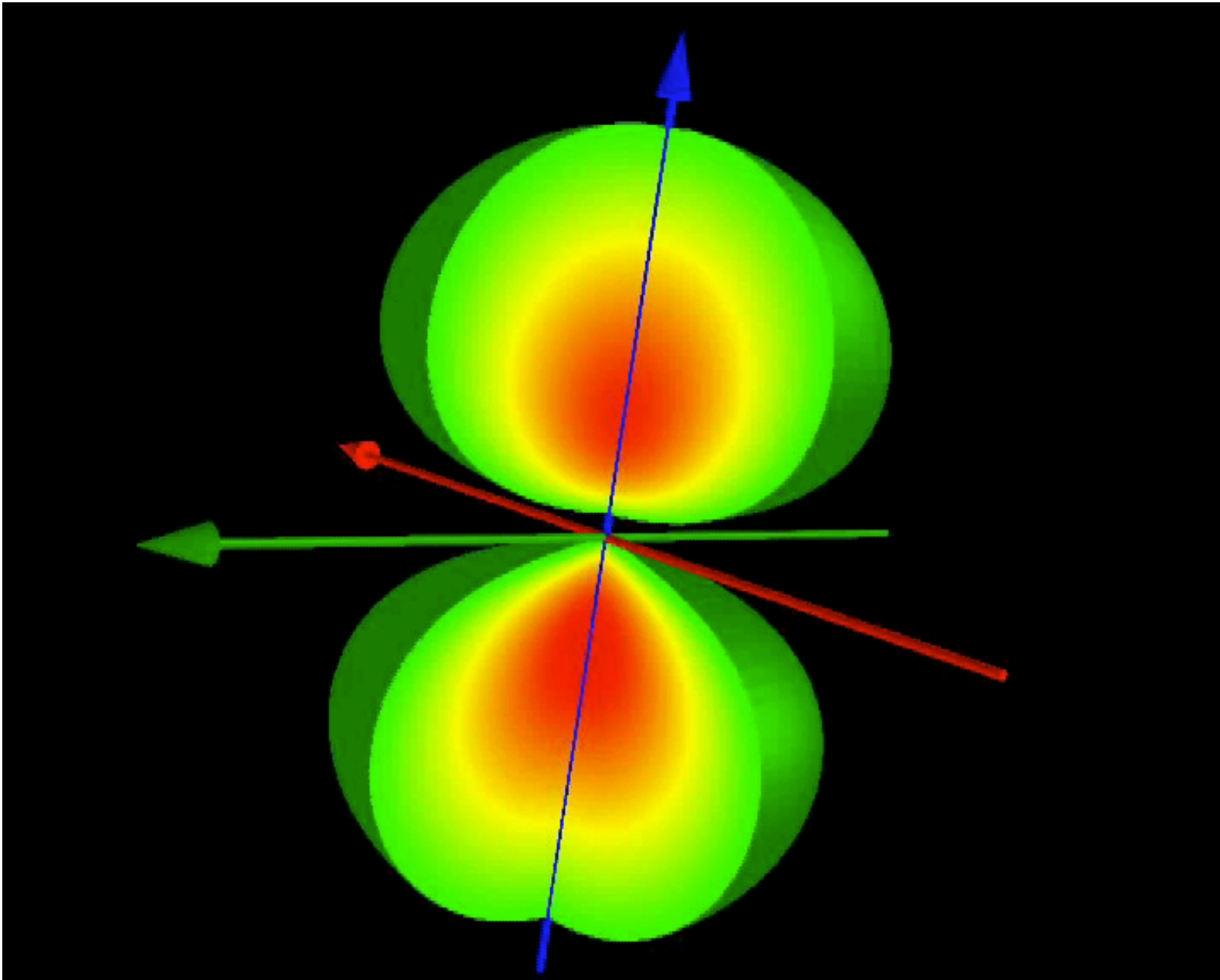
$$f = \frac{E_i - E_k}{h}$$

5.2 Der Emissionsvorgang

$$\rho_{i \rightarrow k} = (\psi_{i \rightarrow k})^2$$

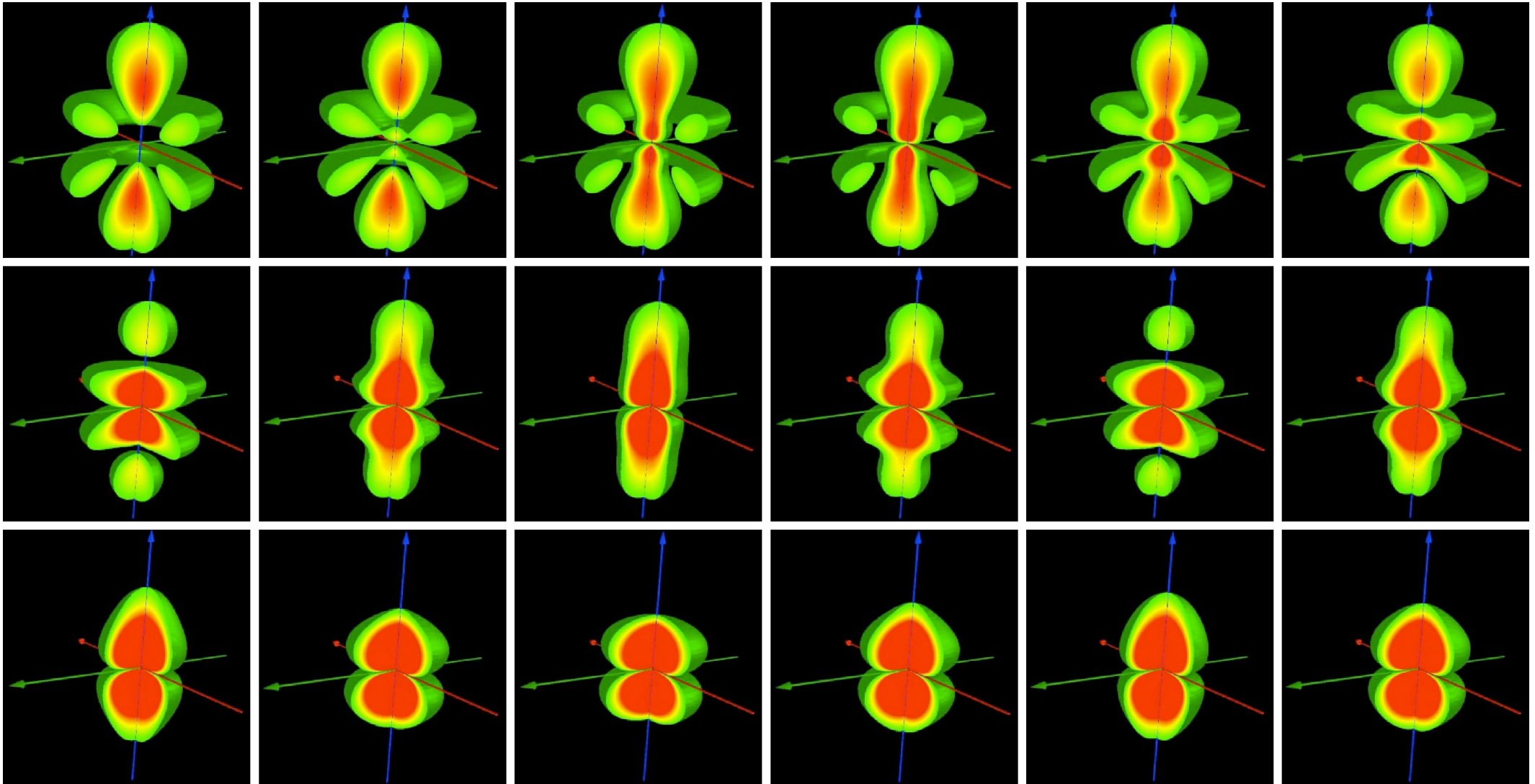
Während des Übergangs eines Atoms aus einem Zustand höherer in einen Zustand niedrigerer Energie, führt die elektrische Ladung des Elektroniums Schwingungen aus. Das Atom wirkt als Antenne. Die Schwingungsfrequenz ist gleich der Frequenz des emittierten Lichts.

5.2 Der Emissionsvorgang



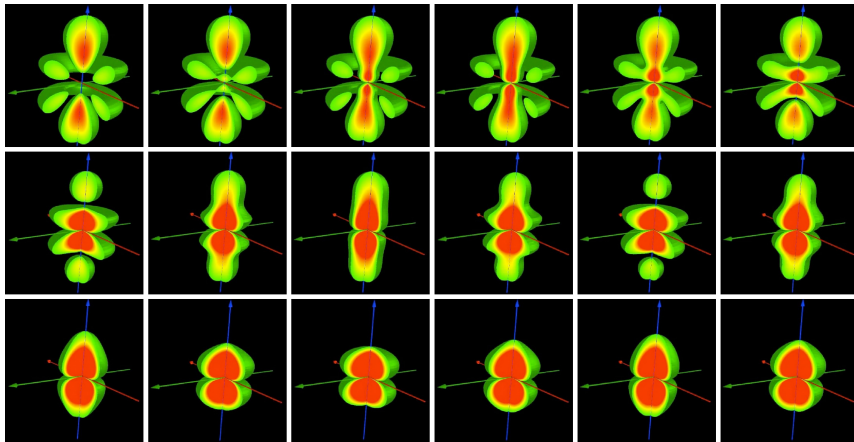
5.3 Schnelle und langsame Übergänge

Bei verschiedenen Übergängen strahlt das Atom unterschiedlich stark.



5.3 Schnelle und langsame Übergänge

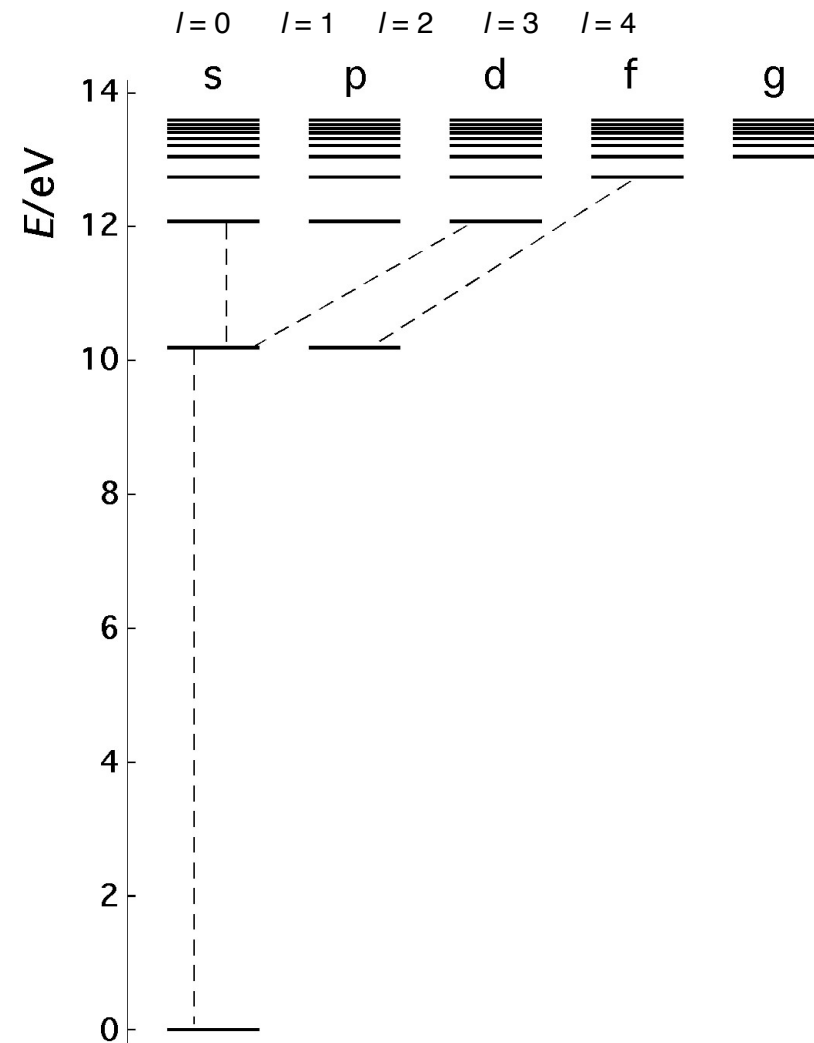
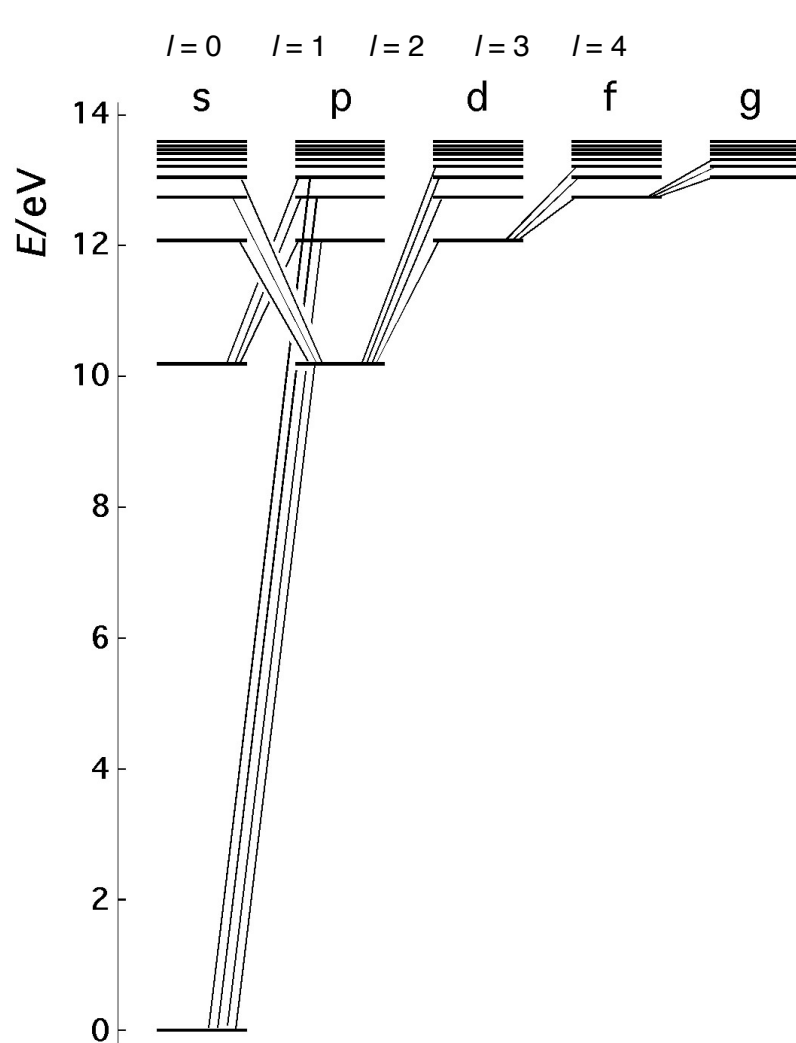
Bei verschiedenen Übergängen strahlt das Atom unterschiedlich stark.



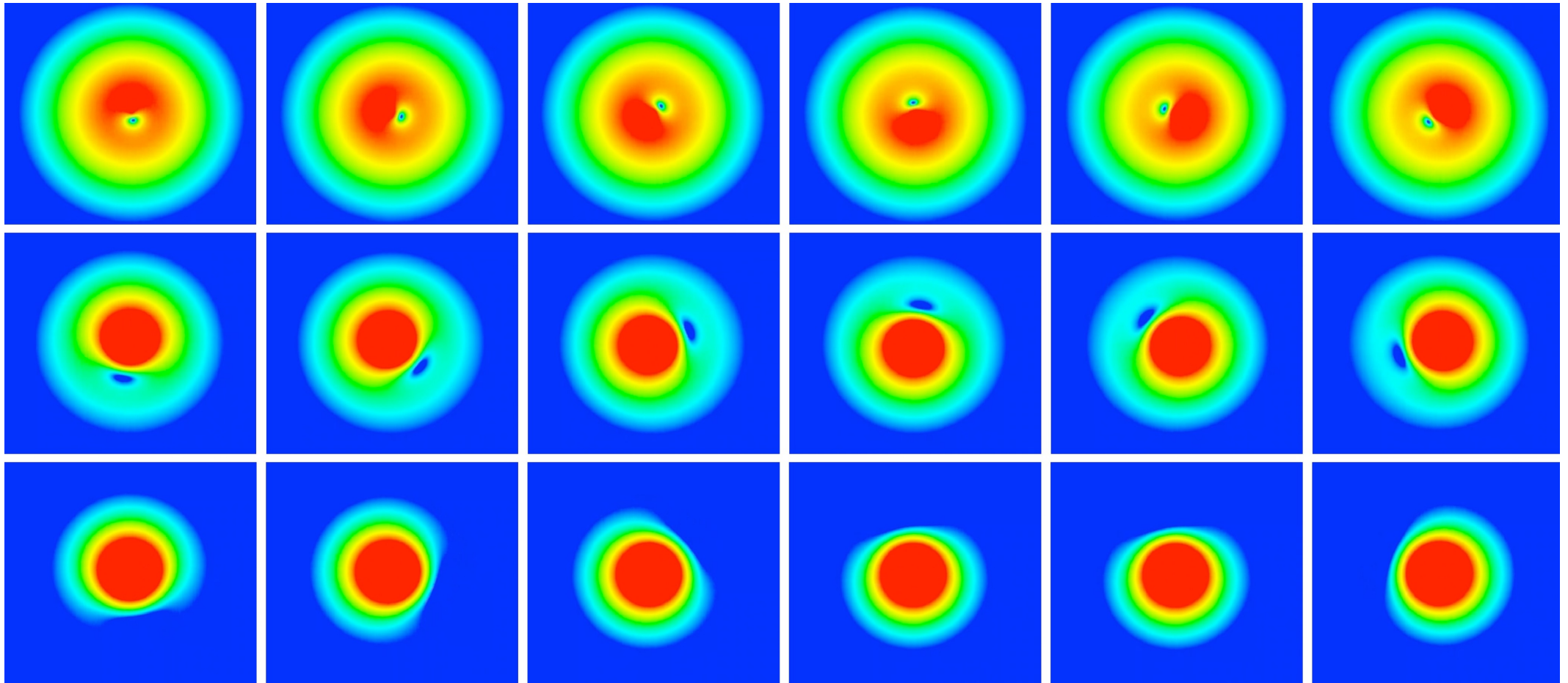
Für schnelle Übergänge ist $\Delta l = \pm 1$. Die anderen Übergänge sind sehr langsam oder finden gar nicht statt.

5.3 Schnelle und langsame Übergänge

Bei verschiedenen Übergängen strahlt das Atom unterschiedlich stark.



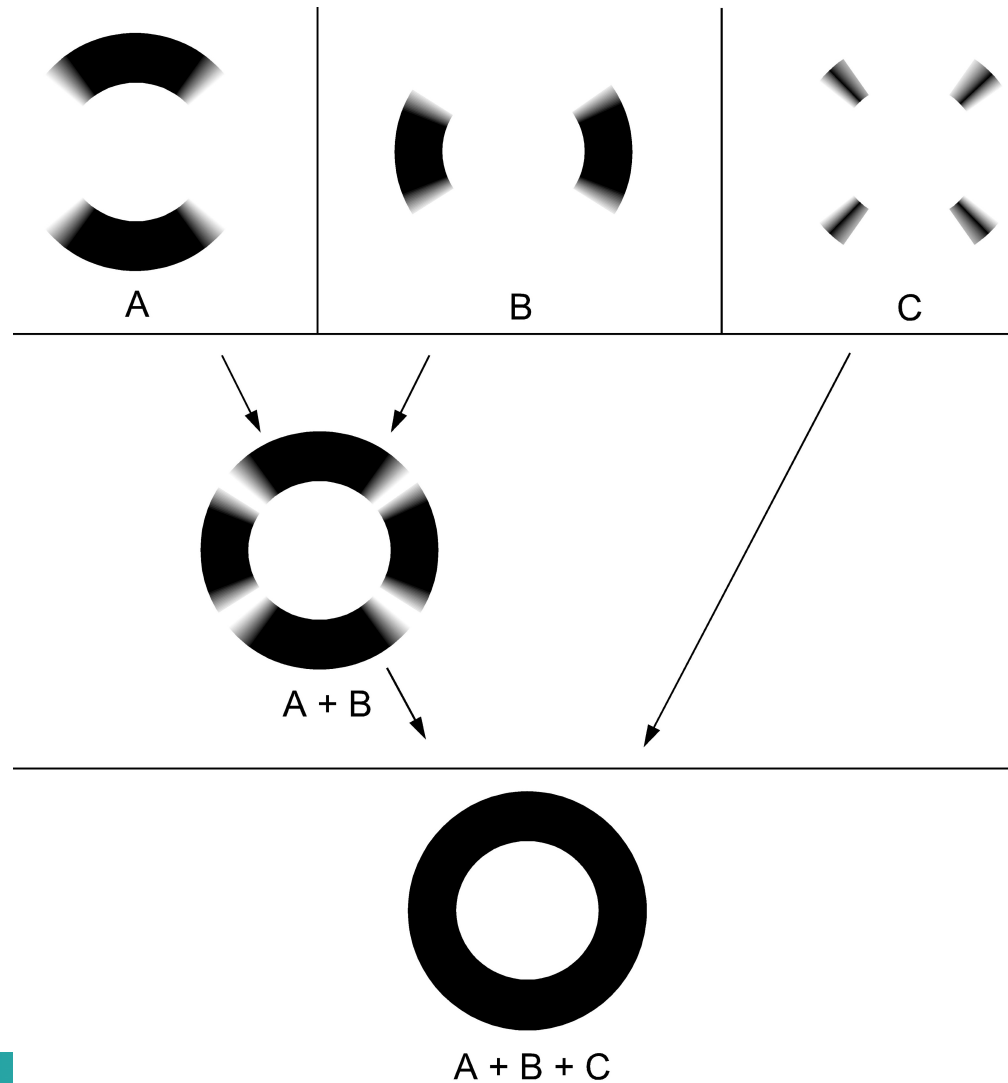
5.3 Schnelle und langsame Übergänge



6. Atome mit mehreren Elektronen

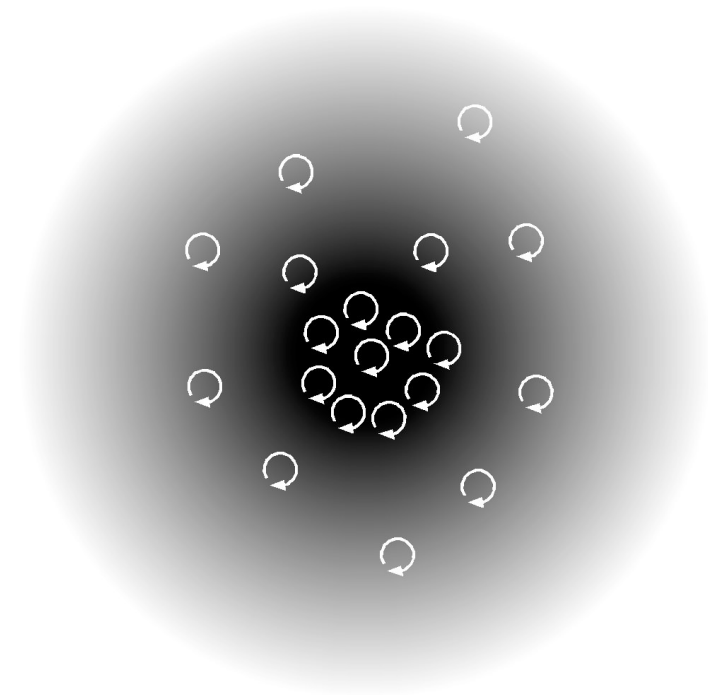
6.1 Elektronenorbitale in größeren Atomen

Ein Orbital kann nur von zwei Elektronen besetzt werden.



6.2 Der Spin

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



6.3 Noch einmal die Psi-Funktion

ENDE