

Quantenphysik in der Sekundarstufe I

Atome und Atomhülle

Inhalt

Voraussetzungen

1. Der Aufbau der Atome
2. Größe und Dichte der Atomhülle
3. Die verschiedenen Zustände der Atomhülle
4. Die Anregung von Atomen mit Photonen
5. Die Rückkehr in den Grundzustand
6. Die Halbwertszeit der angeregten Zustände
7. Die Anregung von Atomen mit Elektronen
8. Anwendungen (Gase als Lichtquellen)

Voraussetzungen

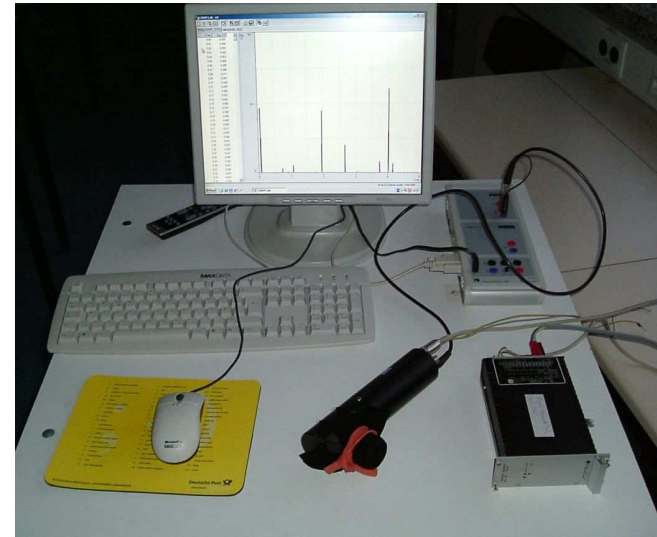
Dem Lernenden sollte bekannt sein:

- Licht ist eine elektro-magnetische Welle
- Licht verhält sich aber auch wie ein Stoff: Es besteht aus *Photonen*
- Die Energie eines Photons ist proportional zur Frequenz der elektromagnetischen Welle:

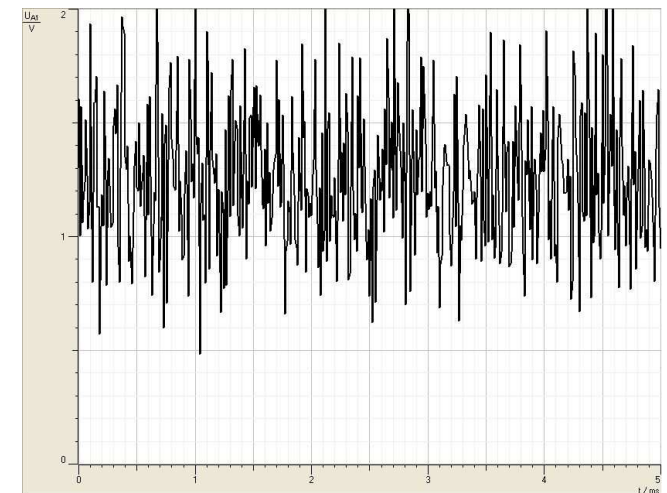
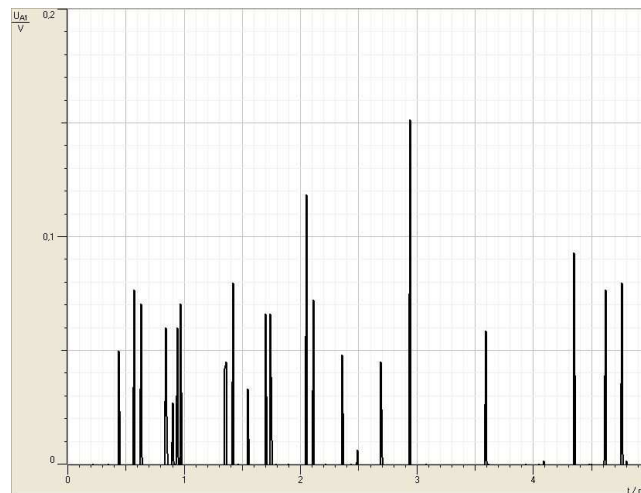
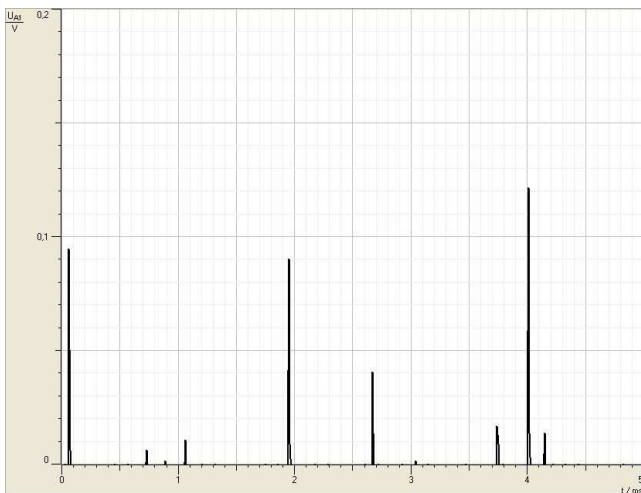
$$E_{\text{Photon}} = h \cdot f = h \cdot c / \lambda$$

Voraussetzungen

Nachweis von Einzelphotonen mit dem Photomultiplier



Signal bei zunehmender Lichtmenge:



1. Der Aufbau der Atome

- Die Stoffe um uns bestehen aus *Atomen*
- Es gibt gut 100 verschiedene Atome (sog. Elemente)
- Setzt man Atome zusammen erhält man *Moleküle*
- Die große Zahl verschiedener (Rein-)Stoffe ergibt sich aus unzähligen Kombinationen von Atomen zu Molekülen

1. Der Aufbau der Atome

- Atome sind kugelförmig
- insgesamt elektrisch neutral
- bestehen aus einem Kern und einer Hülle

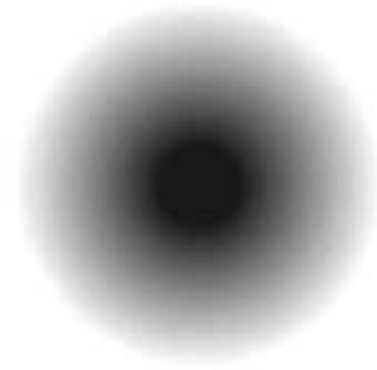
Atomkern:

- sehr klein (Durchmesser etwa $1/50\,000$ des Atomdurchmessers)
- sehr schwer (etwa 99,9% der Gesamtmasse des Atoms)
- elektrisch positiv geladen
- Elementarteilchen: Protonen und Neutronen
- Protonenzahl bestimmt Atomart (Ordnungszahl)

1. Der Aufbau der Atome

Atomhülle:

- elektrisch negativ geladen
- besteht aus *Elektronium*
- kugelsymmetrisch, mit nach außen abnehmender Dichte
- Radius etwa 10^{-10} m (Kugel mit 90% des Elektroniums)
- Elementarportion: Elektron
- Anzahl der Elektronen ist gleich Protonenzahl



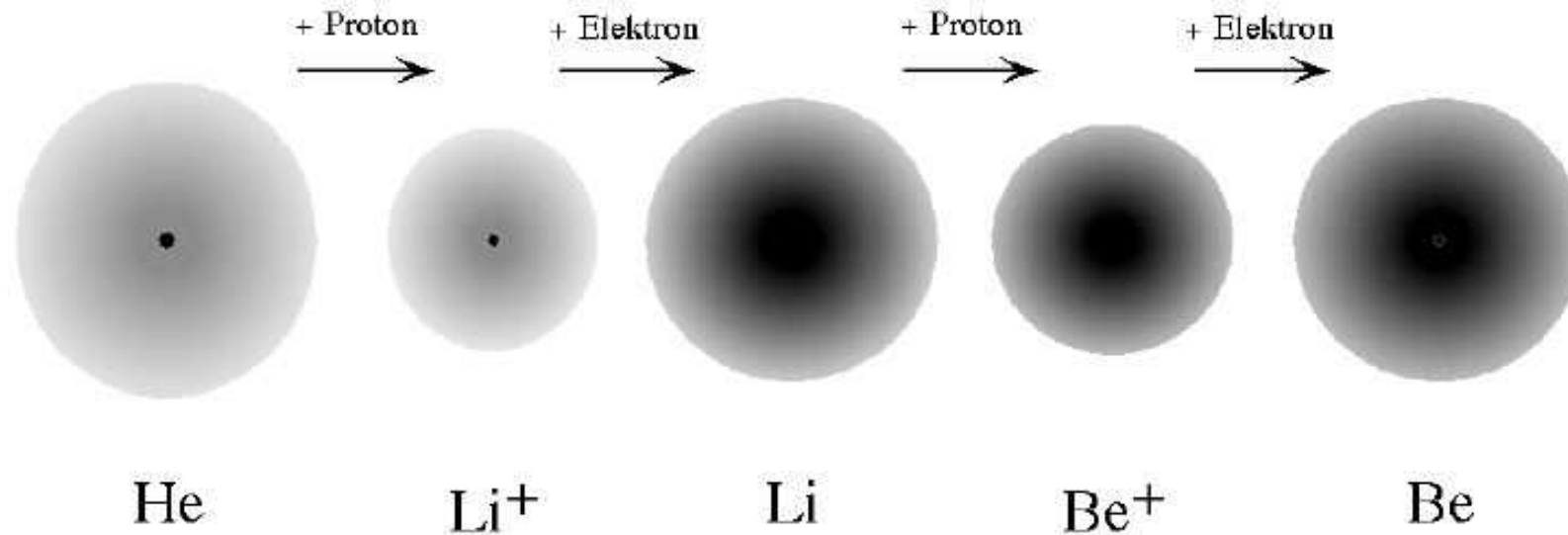
1. Der Aufbau der Atome

	Masse	elektrische Ladung	magnetisch
Elektron	$0,9 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$	$-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	stark
Proton	$1700 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$	$+1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$	schwach
Neutron	$1700 \cdot 10^{-30} \text{ kg}$	0	schwach

Die magnetischen Wirkungen der Elektronen können sich kompensieren:

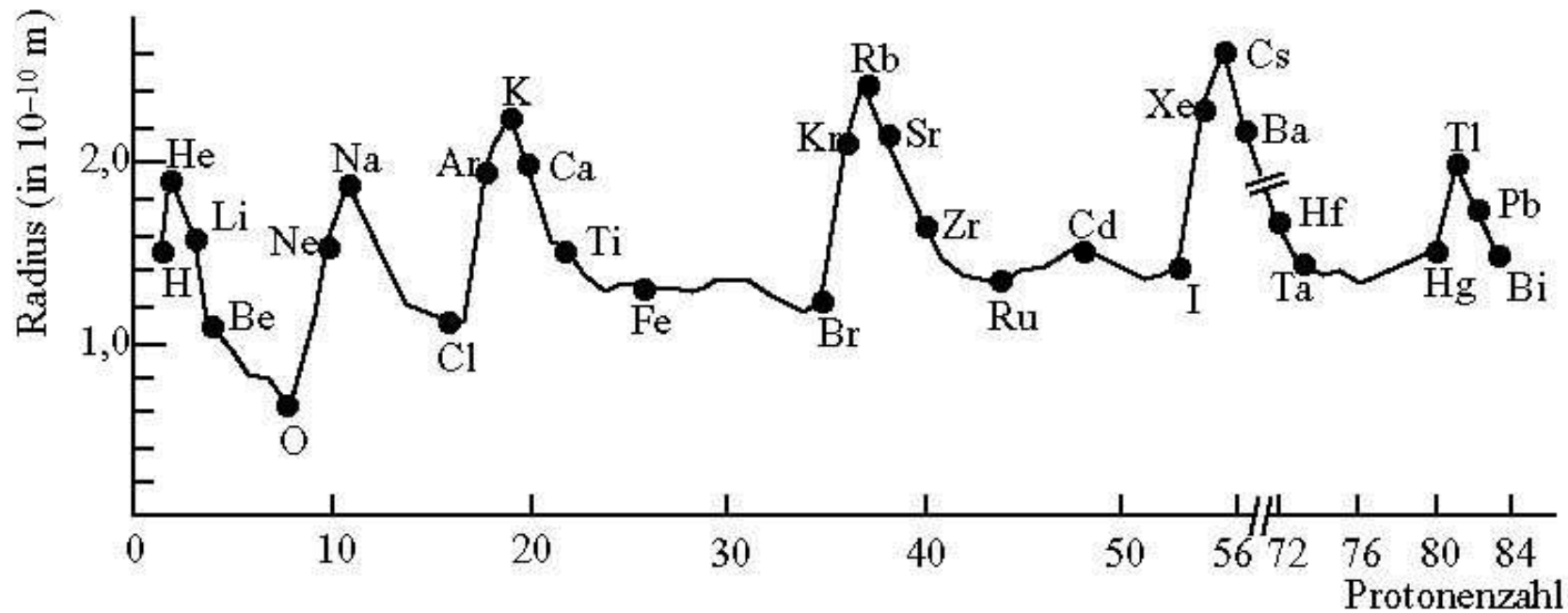
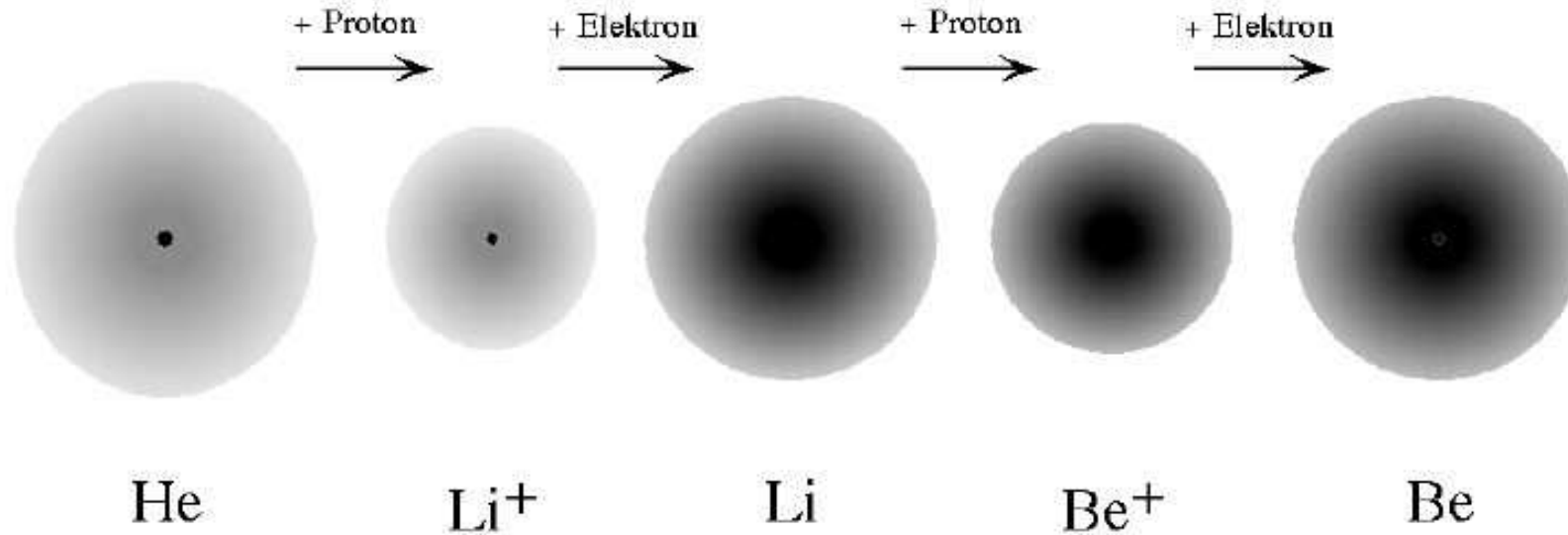
- innerhalb der Atomhülle;
- innerhalb eines Moleküls;
- innerhalb von Molekülgruppen.

2. Größe und Dichte der Atomhüllen



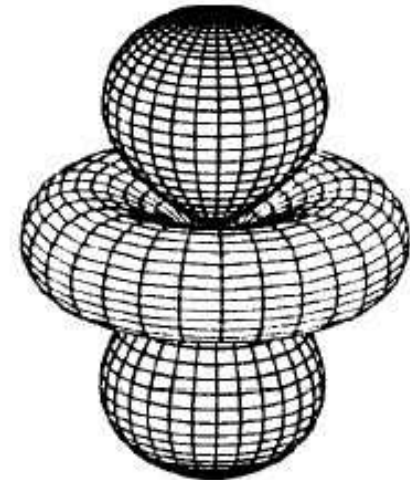
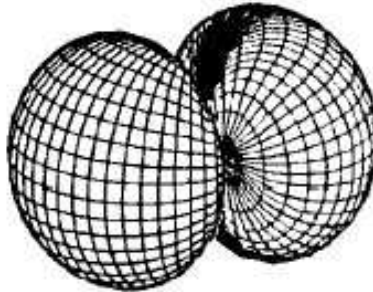
Der Radius der meisten Atome weicht nur wenig von 10^{-10} Meter ab. Sehr große Unterschiede gibt es dagegen bei der Dichte des Elektroniums in den Atomhüllen.

2. Größe und Dichte der Atomhüllen



3. Die verschiedenen Zustände der Atome

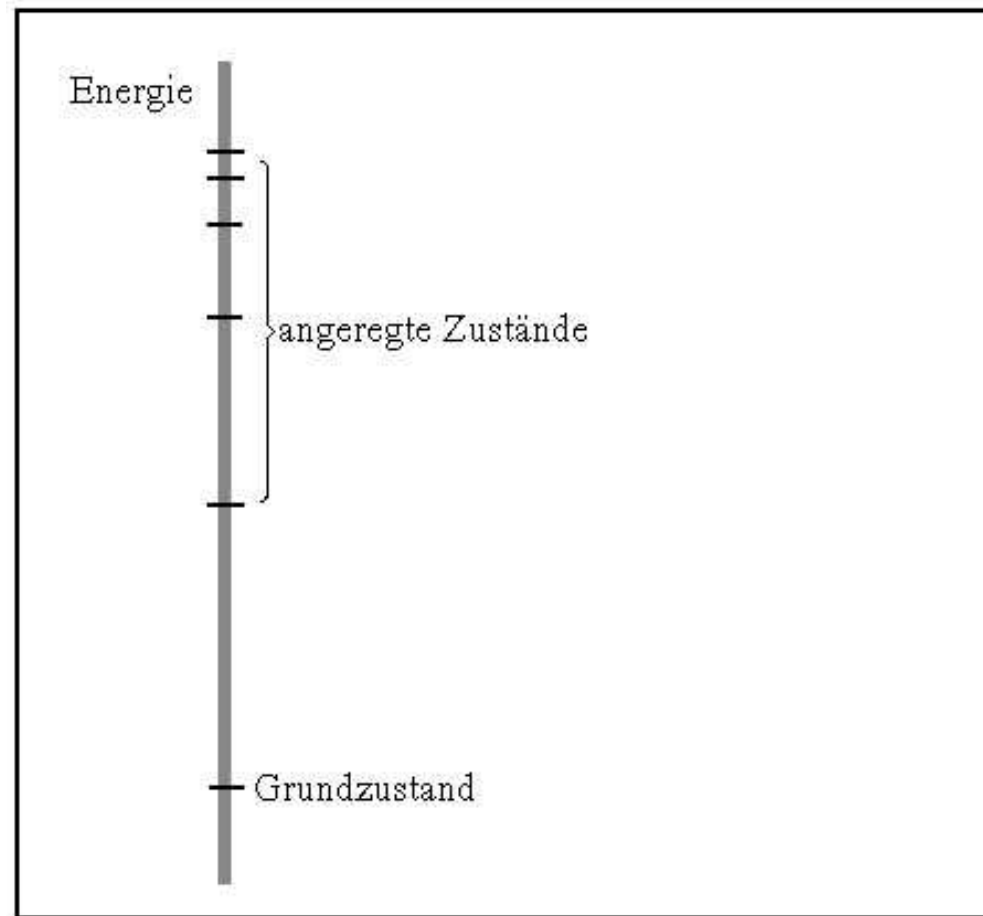
- Atome sind nur im Grundzustand kugelrund
- Wie Luftballons kann man Atome verformen, zum verformen des Elektroniums benötigt man Energie
- In manchen Formen können die Atome „einrasten“
Man erhält einen *angeregten Zustand*



- Zur Anregung kann man das Atom z.B. mit Photonen oder Elektronen beschießen.

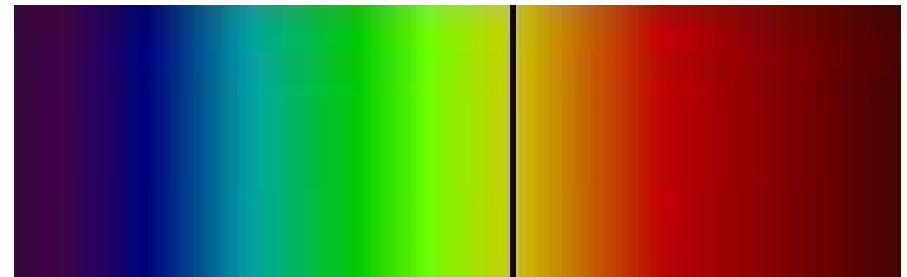
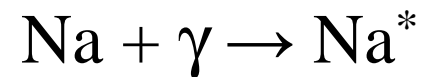
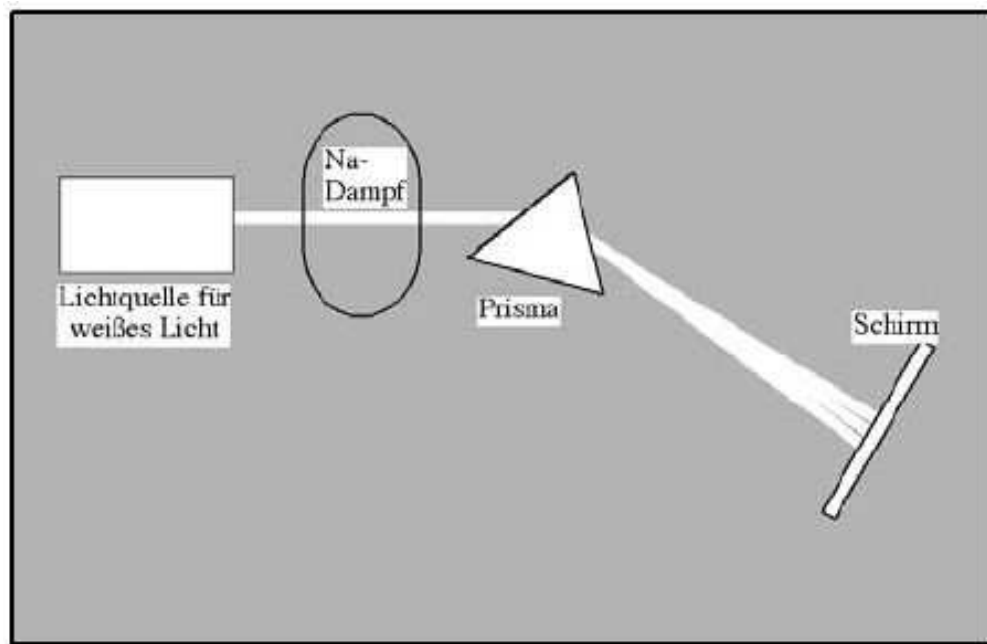
3. Die verschiedenen Zustände der Atome

- Ein ruhendes Atom kann nur ganz bestimmte Energiemengen speichern
- Energieleiter:



4. Die Anregung von Atomen mit Photonen

- Photonen mit passender Energie können Atome anregen. Die Photonen werden dabei absorbiert.
- Experiment: Anregung von Natrium-Dampf

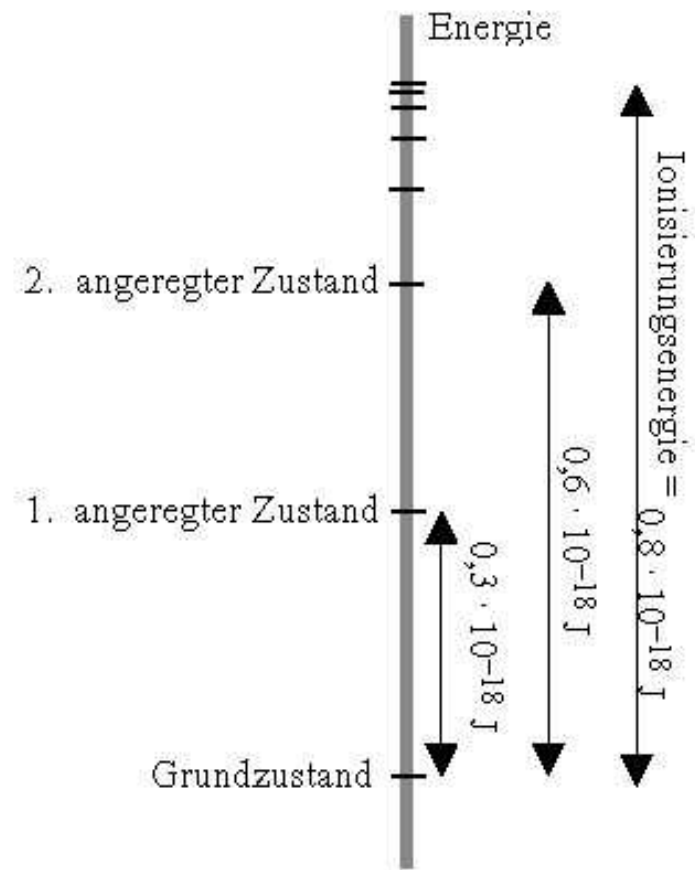
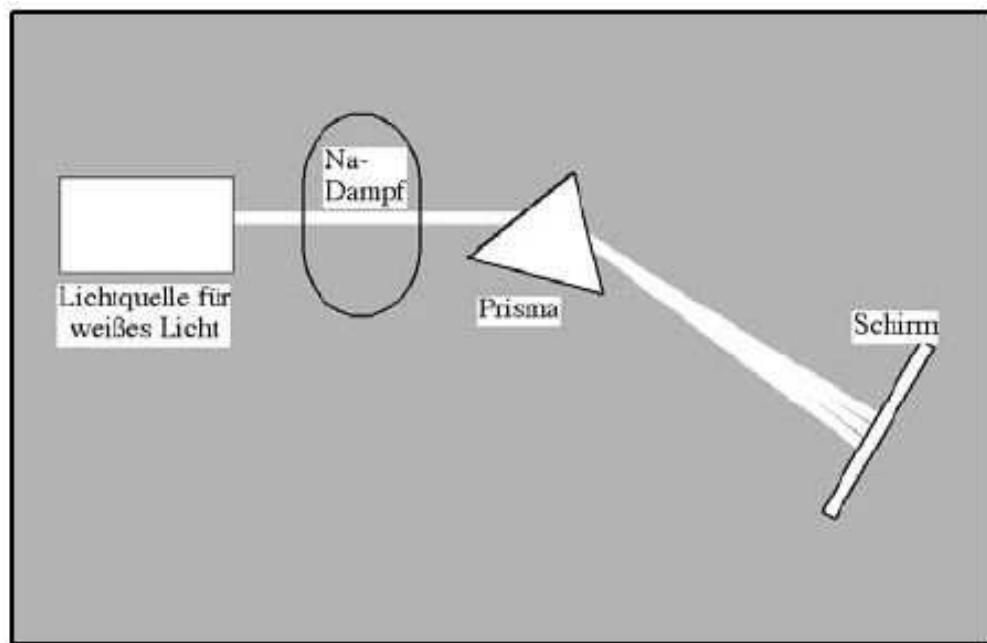


Im Spektrum fehlt Licht der Wellenlänge $\lambda = 589 \text{ nm}$

4. Die Anregung von Atomen mit Photonen

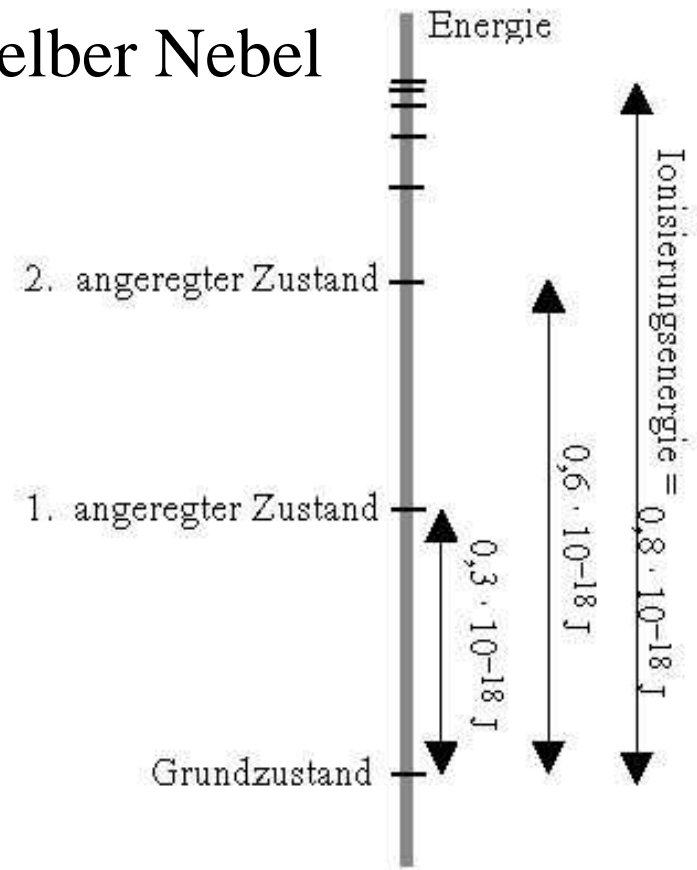
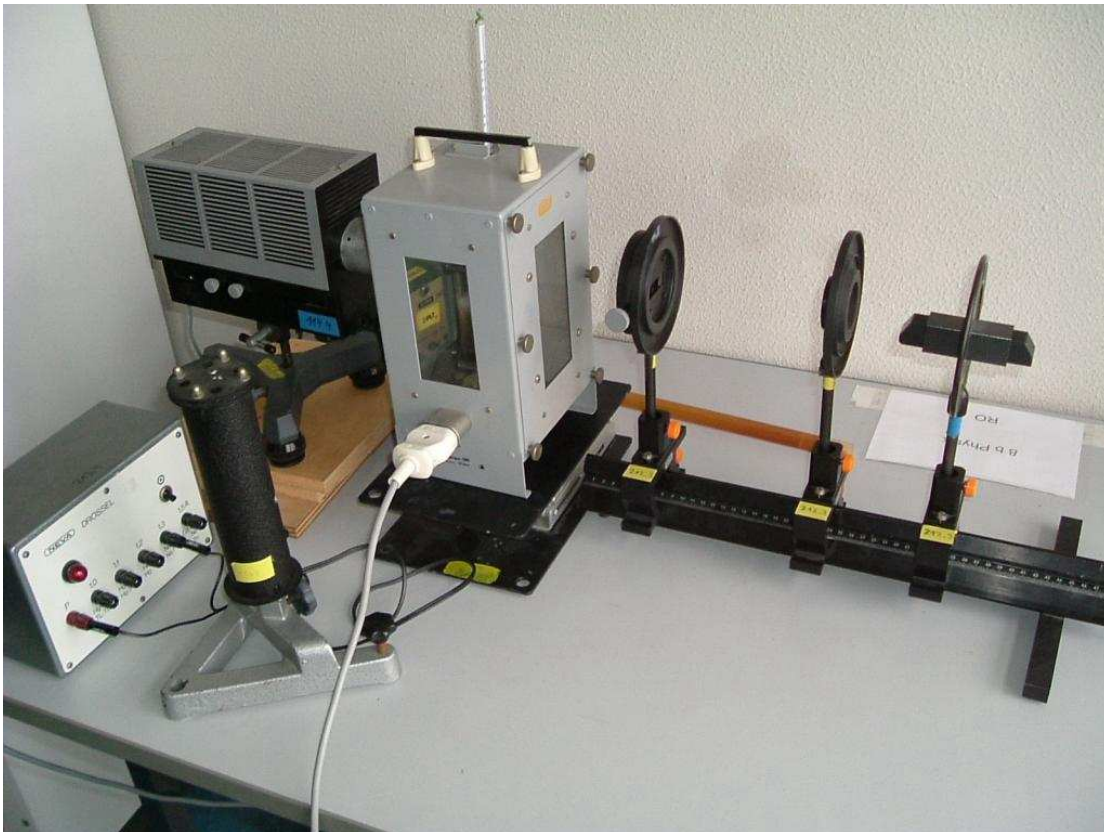
- Wellenlänge $\lambda = 589 \text{ nm}$

$$\Rightarrow \text{Photonenenergie } E_{\text{Photon}} = h \cdot f / \lambda \approx 0,3 \cdot 10^{-18} \text{ J}$$



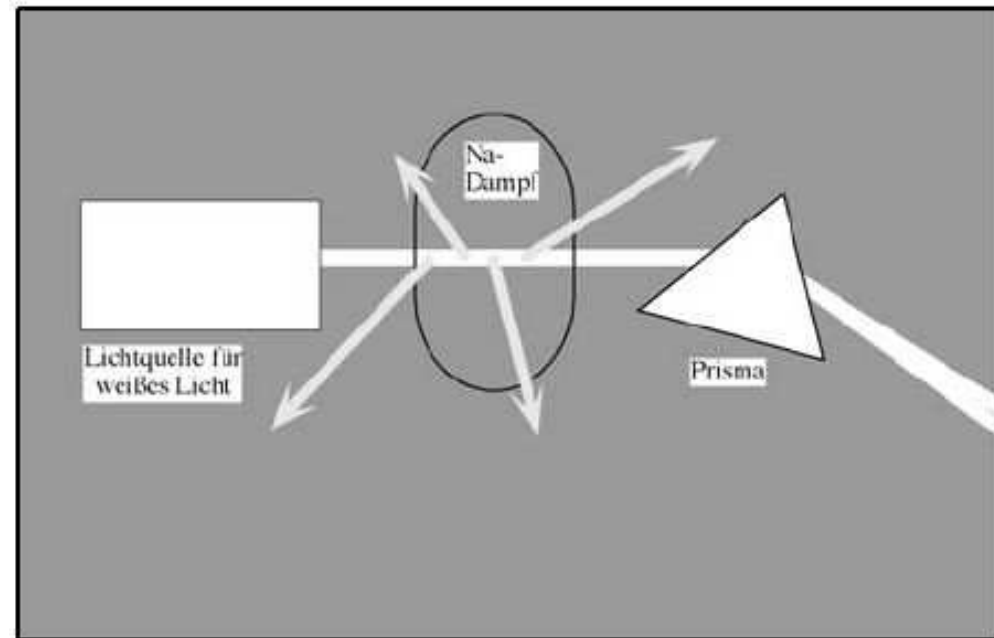
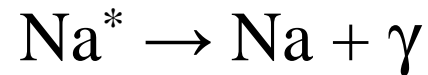
4. Die Anregung von Atomen mit Photonen

- Die meisten Photonen können nicht absorbiert werden
- Folgerung: Gase sind durchsichtig
- Beleuchtung mit Na-Dampf Lampe: gelber Nebel



5. Die Rückkehr in den Grundzustand

- Reaktion kann in umgekehrter Richtung ablaufen:



- höher angeregte Atome können in einem oder mehreren Schritten in den Grundzustand zurückkehren
- \Rightarrow Beim Rückgang in den Grundzustand emittiert ein angeregtes Atom ein Photon oder mehrere Photonen

6. Die Halbwertszeit der angeregten Zustände

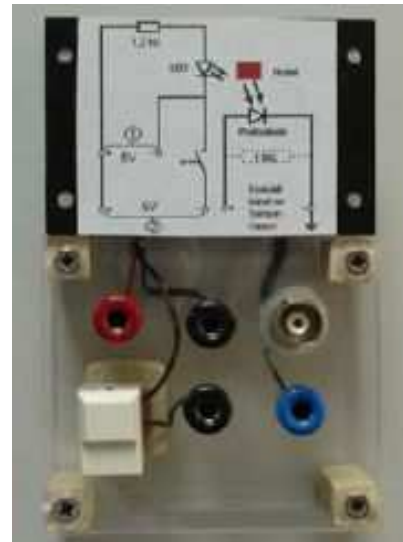
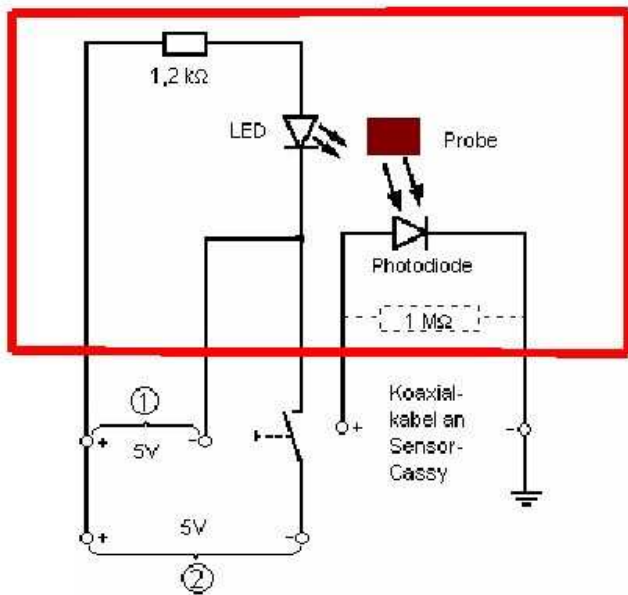
Wie lange bleibt ein Atom im angeregten Zustand?

- Wann ein bestimmtes angeregtes Atom ein Photon emittiert, lässt sich nicht vorhersagen.
- Die Halbwertszeit sagt uns, wann die Anzahl der Atome im angeregten Zustand auf die Hälfte abgenommen hat.
- Folgerung: Die Zahl der Atome in einem angeregten Zustand nimmt exponentiell ab.
- Ein typischer Wert der Halbwertszeit ist 10^{-8} Sekunden.
- Modellexperimente: Würfeln / Sprungscheiben

6. Die Halbwertszeit der angeregten Zustände

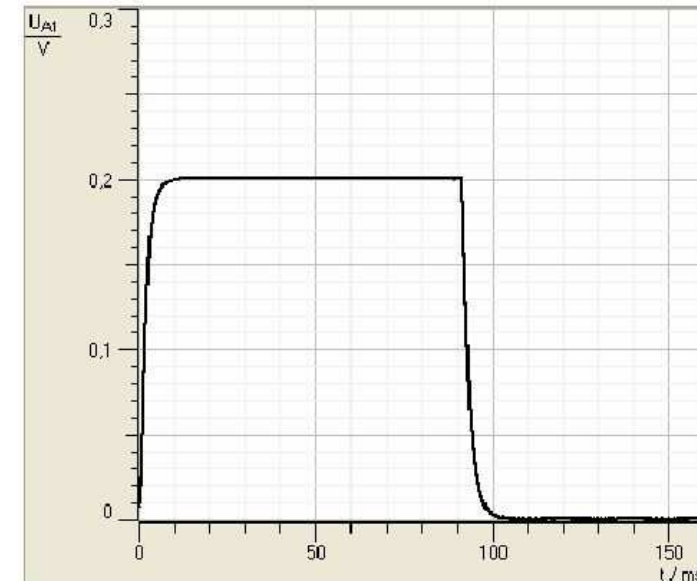
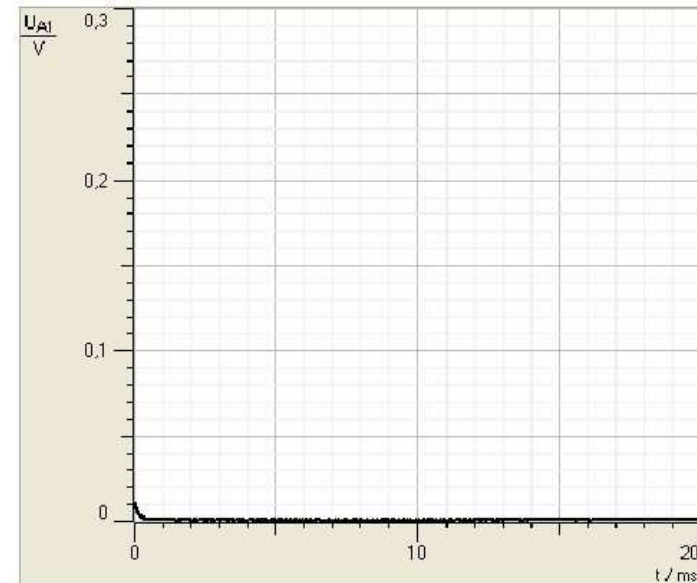
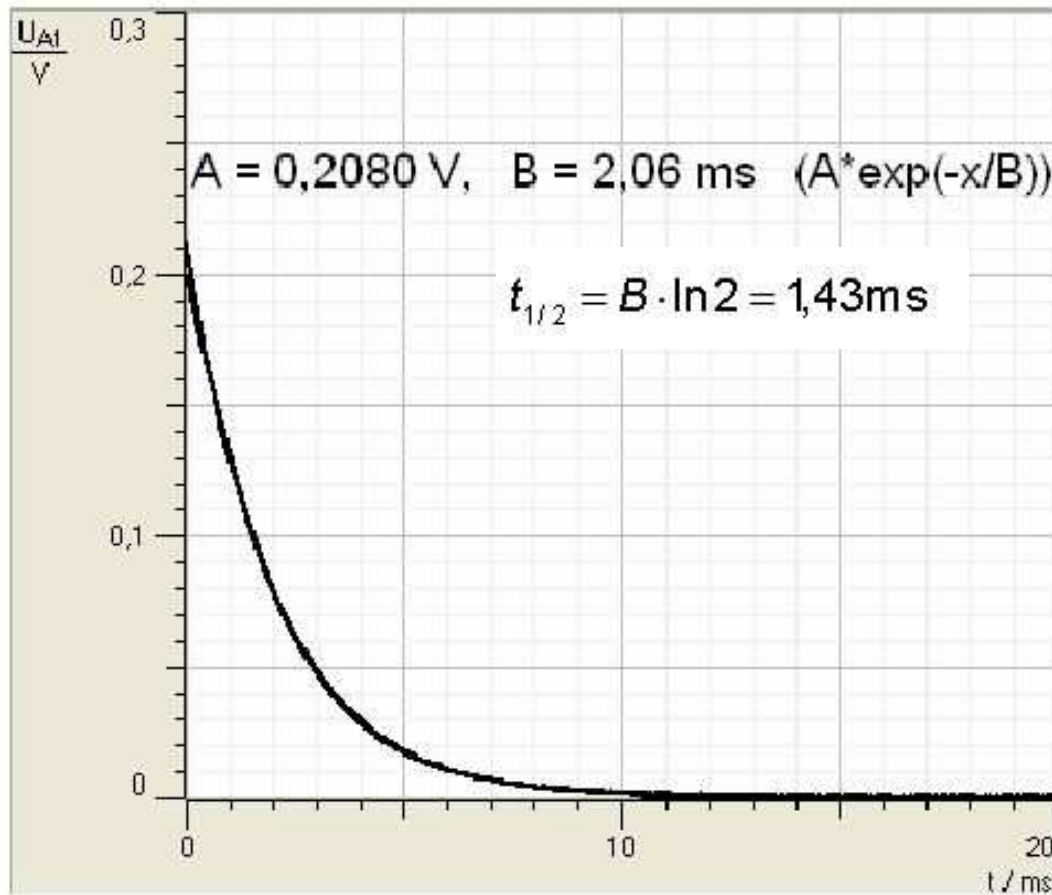
Ein Experiment zur Messung der Halbwertszeit elektronisch angeregter Zustände:

- verwendet werden Laser-Materialien (lange HWZ)
- Anregung mit einer hellen LED
- Messung der Intensität des emittierten Lichts nach Abschalten der LED mit einer Photodiode



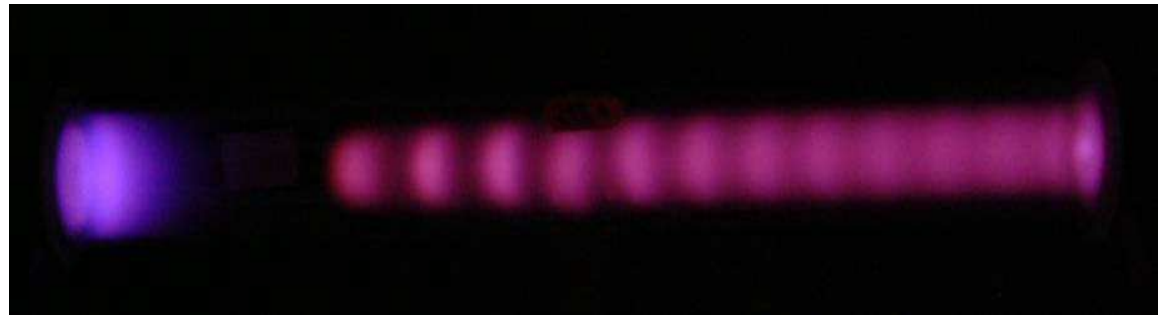
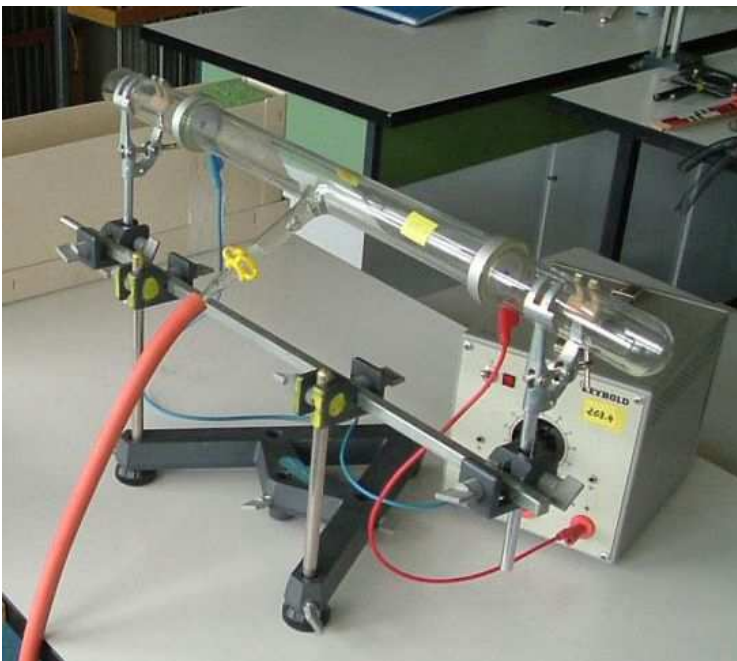
6. Die Halbwertszeit der angeregten Zustände

Ergebnisse:



7. Die Anregung von Atomen mit Elektronen

- Atome können mit schnellen Elektronen angeregt werden.
- Klassisches Oberstufen-Experiment: Franck-Hertz-Versuch
- schönes Experiment für Mittelstufe: Gasentladung in Luft



8. Anwendungen (Gase als Lichtquellen)

Leuchtstoffröhren

- In Leuchtröhren werden Atome mit Elektronen angeregt. Beim Rückgang in den Grundzustand emittieren die Atome Photonen.
- Ein Leuchtstoff auf der Innenseite der Röhre absorbiert das zunächst entstehende UV-Licht und erzeugt sichtbares Licht.

Die Spektren von Gasen

- Jedes Gas emittiert Licht mit bestimmten, für das Gas typischen Wellenlängen. Die Spektren von Gasen sind deshalb leicht voneinander zu unterscheiden.
- Experiment: Gasentladungsröhren mit Geradsichtprismen betrachten

8. Anwendungen (Gase als Lichtquellen)

Warum Flammen leuchten

- Atome können durch den Zusammenstoß mit anderen Atomen oder Molekülen, z. B. in einer Flamme, angeregt werden.

Beispiel: Natrium (gelb) oder Lithium (rot)

- Bei chemischen Reaktionen können angeregte Atome und Moleküle entstehen.

Beispiel: blaue Bunsenbrennerflamme

$$\text{CO} + \text{O} \rightarrow \text{CO}_2^*$$
$$\text{CO}_2^* \rightarrow \text{CO}_2 + \gamma$$

- Gelbe Kerzenflamme: Glühen unverbrannter Rußteilchen