

Text 1 Expertengruppe B: Der Aufbau des Atomkerns

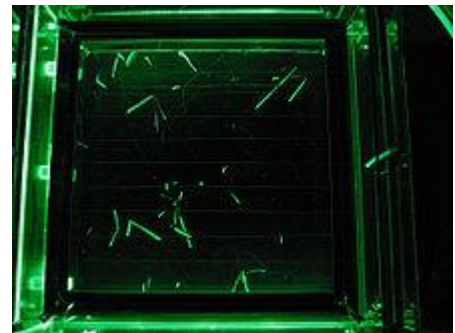
Durch Experimente mit **Gasentladungsröhren** (ähnlich den heutigen **Leuchtstoffröhren**) kam man schon im 19. Jahrhundert zu der Erkenntnis, dass Atome Teilchen enthalten, die sich bei Erwärmung oder Kollision relativ leicht ablösen und zu den Leuchterscheinungen dieser Röhren führen. Da sich diese Teilchen so leicht vom Atom lösen, ging man davon aus, dass sie sich irgendwie außen, d.h. an der Atomhülle aufhalten müssen. Durch ihr Ablenkungsverhalten in elektrischen und magnetischen Feldern schlossen Professor J. J. Thomson und sein junger Mitarbeiter **Ernest Rutherford** an der Universität Cambridge im Jahr 1896, dass diese Teilchen **sehr leicht und negativ geladen** sind. Sie nannten sie **Elektronen** nach dem griechischen Namen für **Bernstein**, der sich durch Reiben mit Katzenfell ebenfalls negativ aufladen lässt.

Nachdem der mit 37 Jahren immer noch relativ junge Mitarbeiter einen Nobelpreis für seine Arbeiten über die **Radioaktivität** gewonnen hatte, beschäftigte er sich mit der Wirkung radioaktiver Strahlen auf Gasatome. Dabei gelang es ihm, ein neues Elementarteilchen aus einem Stickstoffatom „herauszuschlagen“. Dieses Teilchen hatte fast die gleiche Masse wie das leichteste und kleinste Atom, das Wasserstoffatom, war aber viel kleiner. Außerdem besaß es die entgegengesetzte gleiche (also positive) Ladung wie das Elektron. Rutherford nannte es das **Proton** nach dem griechischen Namen für das Erste.

Die Vermutung lag nahe, dass das Wasserstoffatom aus einem schweren, positiv geladenen **Proton im Kern** und einem sehr leichten, beweglichen und negativ geladenen **Elektron in der Hülle** bestand.

Das nächstgrößere Atom, das **Heliumatom**, besitzt zwei Elektronen in der Hülle und muss zum Ladungsausgleich auch zwei Protonen im Kern aufweisen. Es sollte also ca. doppelt so schwer sein wie ein Wasserstoffatom. In Wirklichkeit ist es aber viermal so schwer! Außerdem müsste der Heliumkern wegen der positiven Ladung der beiden Protonen eigentlich auseinanderbersten. Rutherford vermutete daher, dass es zwei weitere Teilchen im Kern des Heliumatoms geben müsse, die für das erhöhte Gewicht verantwortlich sind und die beiden Protonen trotz ihrer gleichen Ladung zusammenhalten. Da diese Teilchen offensichtlich ungeladen sein mussten, nannte er sie **Neutronen**. Ihr Nachweis gelang viele Jahre später seinem Mitarbeiter **James Chadwick**.

Wie kann man Elementarteilchen sichtbar machen? Schnelle Teilchen erzeugen bei der Kollision mit Atomen Leuchterscheinungen. Dies nutzt man in **Gasentladungsröhren** (ähnlich den heutigen **Neonröhren**) oder mit **Leuchtschirmen** aus Zinksulfid (wie in alten **Fernsehern** gebräuchlich). Am eindrucksvollsten sind die Spuren, die solche Teilchen in einer Nebelkammer hinterlassen: Eine solche Nebelkammer besteht im Prinzip aus einer Wanne, in der sich warmer Alkohol kurz unterhalb der Siedetemperatur befindet. (siehe rechts) Der Raum über der Wanne ist dann mit Alkoholdampf gesättigt. Die Elementarteilchen „schubsen“ die Alkoholmoleküle auf ihrem Weg ineinander und bewirken die Bildung kleinster Nebeltröpfchen, die als **Spur** des Elementarteilchens sichtbar werden.

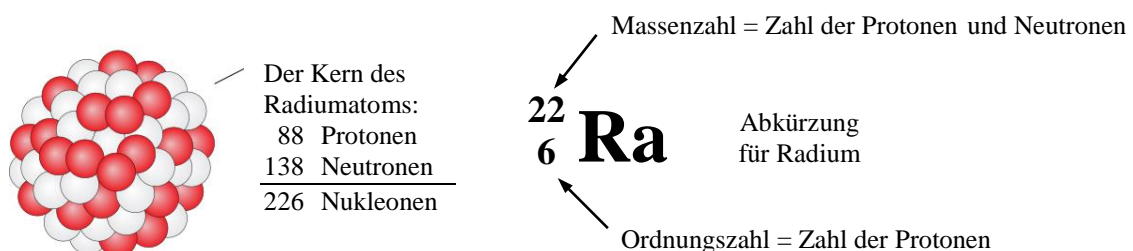


Wie kann man Elementarteilchen wiegen? Es gibt keine Waage für Elementarteilchen, aber man kann ihre Masse und Ladung anhand ihres **Ablenkungsverhaltens in elektrischen und magnetischen Feldern** berechnen. Je größer die Ladung und je kleiner die Masse, desto schneller werden die Teilchen im elektrischen Feld zwischen zwei entgegengesetzt geladenen Metallplatten. Je schneller und je schwerer sie sind, desto geringer ist ihre Ablenkung durch einen Magneten. Aus der Kombination dieser Messungen erhielt man z.B. die folgenden Angaben:

Ca. 600 Trilliarden Protonen haben eine Masse von einem Gramm.

Ca. 60 Trillionen Protonen haben eine Ladung von einer Amperesekunde.

Im Periodensystem der Elemente (PSE) kann man die Zahl der Protonen und Neutronen im Kern sowie der Elektronen in der Hülle anhand der **Massenzahl** und der **Ordnungszahl** ablesen:



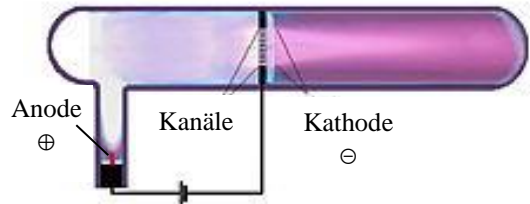
Text 2 Expertengruppe B: Isotope

Das Aussehen und Verhalten der Atome wird durch ihre **Hülle** bestimmt. Atome verhalten sich gegenüber anderen Atomen gleich, wenn sie gleich viele **Elektronen** in der Hülle und damit auch gleich viele **Protonen** im Kern besitzen. Aus diesem Grund werden die Atome im Periodensystem nach der **Ordnungszahl** (= Elektronenzahl in der Hülle = Protonenzahl im Kern) angeordnet und benannt. Bei Experimenten mit **Gasentladungsröhren** entdeckte J. J. Thomson im Jahr 1913, dass es zwei verschiedene Sorten von Neonatomen gibt.

Eine **Gasentladungsröhre** (Leuchtstoffröhre, Neonröhre) ist im Wesentlichen eine Glasröhre mit zwei eingeschmolzenen **Elektroden**, die in einer Vakuumkammer hergestellt wurde, so dass nach dem Zuschmelzen nur noch wenige Gasatome in der Röhre zurückbleiben. Legt man nun eine Spannung von mehreren tausend



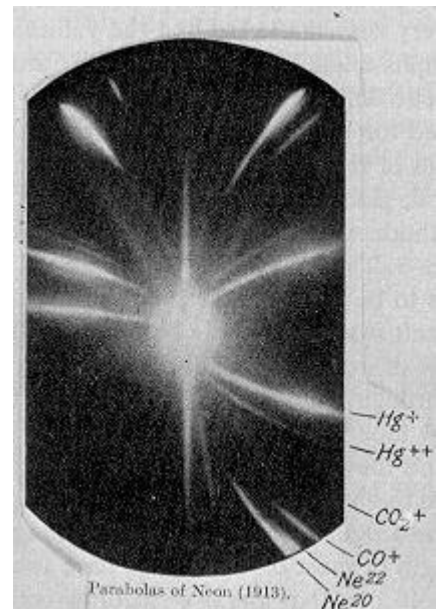
Volt an, so beginnt die Röhre zu leuchten. Die Leuchterscheinung entsteht folgendermaßen: Die



radioaktiven Strahlen der Sonne gelangen zu einem geringen Teil bis auf die Erdoberfläche und schlagen dort aus einigen Atomkernen **Protonen** heraus. Diese Atome haben dann infolge der überzähligen Elektronen in der Hülle eine **negative Ladung**. Man nennt solche geladenen Teilchen auch **Ionen**. Die herausgeschlagenen Protonen und die negativ geladenen Ionen werden durch die Anziehung bzw. Abstoßung der beiden Elektroden stark **beschleunigt** und schlagen ihrerseits bei der Kollision mit anderen Gasatomen **Elektronen** aus deren Hülle heraus. Dabei entstehen wiederum **positive Ionen**, die auch wieder beschleunigt werden, mit anderen Atomen kollidieren und schließlich in einen **Kettenreaktion** sehr viele Ionen produzieren. Wenn diese Ionen mit geringeren Geschwindigkeiten aufeinanderprallen, werden die Elektronen nicht herausgeschlagen, sondern nur **angeregt** und erzeugen dabei die typische **Leuchterscheinung**.

Bohrt man kleine Löcher („**Kanäle**“) in die negative Kathode, so schießen nur **positiv geladenen Ionen und Protonen** durch diese Löcher hindurch („**Kanalstrahlen**“) und können in dem Raum dahinter beobachtet werden:

Anhand ihres Beschleunigungs- und Ablenkungsverhaltens der Kanalstrahlen in elektrischen und magnetischen Feldern konnte J. J. Thomson die Massen der beiden Neonsorten bestimmen: 20 u für die leichtere Sorte und 22 u für die schwerere Sorte. In der Abbildung sieht man ihre Spuren rechts unten auf dem **lichtempfindlichen Film**, den Thomson an das Ende der Röhre geklebt hatte. Aufgrund des chemischen Verhaltens wusste man, dass das Neonatom 10 fast masselose Elektronen in der Hülle und 10 Protonen mit der Masse 1 u im Kern besitzt. Die beiden Neonsorten mussten also zusätzlich 10 (für Neon-20) bzw. 12 (für Neon-22) Neutronen im Kern besitzen:



$^{20}_{10}\text{Ne}$	$^{22}_{10}\text{Ne}$
10 Protonen	10 Protonen
10 Neutronen	12 Neutronen
20 Nukleonen	22 Nukleonen

Da die beiden Neonatome den gleichen Platz im Periodensystem besetzen, nannte man sie **Isotope** von griechisch **isos** = gleich und **topos** = Platz, Ort.

Allgemein bezeichnet man Atome mit **gleicher Ordnungszahl** und **verschiedener Massenzahl** als Isotope.

Die wichtigsten Isotope des **Kohlenstoffs** sind z.B.

$^{12}_6\text{C}$	$^{13}_6\text{C}$	$^{14}_6\text{C}$
6 Protonen	6 Protonen	6 Protonen
6 Neutronen	7 Neutronen	8 Neutronen
12 Nukleonen	13 Nukleonen	14 Nukleonen

Text 3 Expertengruppe B: Das Alter des Ötzi

Im Jahr 1990 entdeckten Touristen auf einem Gletscher in den **Ötztaler** Alpen in Tirol auf der österreichisch-italienischen Grenze die **mumifizierte** (d.h. vertrocknet aber ansonsten vollständig erhaltene) Leiche des so genannten Gletschermannes, der in den Medien bald nur noch als **Ötzi** bezeichnet wurde. Natürlich fragte man sich sofort, wie alt diese Leiche wohl sein mochte. War der Mann erst vor wenigen Jahren gestorben oder stammte er gar aus der Steinzeit?

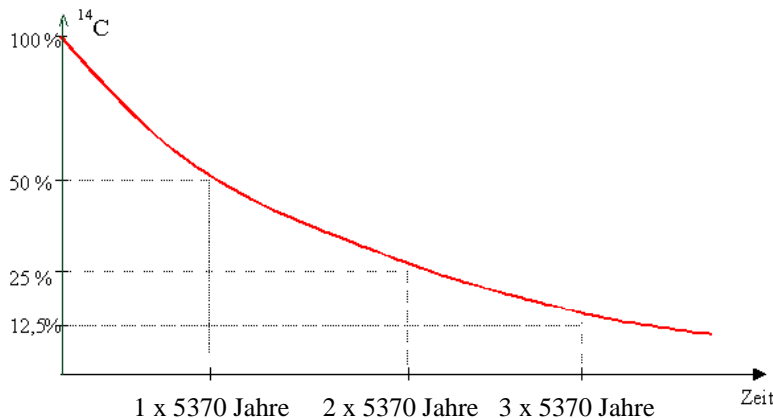
Um diese Frage zu beantworten nutzte man das Wissen über die **Isotope des Kohlenstoffs**. Wir haben gesehen, dass Kohlenstoffatome in der Natur mit den Massen

12 u (6 Protonen und 6 Neutronen),
 13 u (6 Protonen und 7 Neutronen) und
 14 u (6 Protonen und 8 Neutronen)
 vorkommen



Das schwerste Kohlenstoffisotop $^{14}_6\text{C}$ entsteht allerdings nur in den oberen Schichten der Atmosphäre durch die Wirkung der **radioaktiven Sonnenstrahlung**. Dabei wird ein positiv geladenes **Stickstoffatom** $^{14}_7\text{N}^+$ durch Beschuss mit **Neutronen** n in ein $^{14}_6\text{C}$ und ein **Proton** p^+ umgewandelt: $^{14}_7\text{N}^+ + n \rightarrow ^{14}_6\text{C} + p^+$. Das neue Kohlenstoffatom $^{14}_6\text{C}$

verbindet sich sofort mit Sauerstoff O_2 zu **Kohlenstoffdioxid** CO_2 und gelangt über die **Photosynthese** der Pflanzen in jeden lebenden Organismus.



Das $^{14}_6\text{C}$ ist nun aber selbst wieder radioaktiv und zerfällt mit einer **Halbwertszeit** von 5370 Jahren, d.h., alle 5370 Jahre ist jeweils die Hälfte des ursprünglichen Bestandes zerfallen (siehe links). In lebenden Organismen wird das zerfallene $^{14}_6\text{C}$ ständig durch neues $^{14}_6\text{C}$ aus der Atmosphäre ersetzt, so dass der Anteil von ca. 0,002 % $^{14}_6\text{C}$ am Gesamtkohlenstoff konstant bleibt. **Stirbt**

dagegen ein Organismus, so stoppt die Aufnahme von frischen $^{14}_6\text{C}$ und der $^{14}_6\text{C}$ -Anteil verringert sich gemäß der **Halbwertskurve** oben. Durch die Bestimmung des $^{14}_6\text{C}$ -Anteils kann man daher das Sterbealter einer Pflanze oder eines Tieres feststellen. Diese **Radiocarbonmethode** liefert ausreichende Genauigkeit im Bereich von 1000 bis 50 000 Jahren.

Bei dem Gletschermann ergab die Messung des $^{14}_6\text{C}$ -Gehaltes in seinem Gewebe, dass er von ca. 5250 Jahren starb.

Die Todesursache war ein Pfeil, der das Schulterblatt durchbohrte sowie ein Schlag auf den Kopf, der eventuell vom Fall auf einen Felsen herrührt. Der sterbende, ca. 45 Jahre alte und ziemlich aufwendig ausgerüstete Mann wurde dann auf den Bauch gedreht (siehe Foto oben), um die Pfeil zu entfernen. Ötzi selbst hatte das Blut von vier verschiedenen Menschen an Händen, Grasmantel und den eigenen Pfeilspitzen. Die auffälligsten Ausrüstungsgegenstände waren die **Axt** mit einer Schneide aus 99,7 % igem Kupfer, der **Feuerkit** mit mehr als 12 verschiedenen Zunderkomponenten und die sehr aufwendig gemachten **Schneeschuhe**.

Arbeitsblatt Expertengruppe B: Der Aufbau des Atomkerns

Die folgenden Aufgaben werden euch helfen, zu Experten für den Aufbau des Atomkerns zu werden. In den folgenden Stunden werdet ihr dieses Wissen an die anderen Gruppen vermitteln und ihnen bei der Bearbeitung dieses Aufgabenblattes helfen. Die Mitglieder der anderen Gruppen werden euch dafür bei der Lösung ihrer Aufgabenblätter helfen.

Aufgabe 1

Reibe zwei OHP-Folien mit Papier ab und untersuche die Paare Papier-Folie sowie Folie-Folie auf Abstoßung oder Anziehung.

Beobachtung: _____

Ergebnis: Gleich geladene Gegenstände _____

Aufgabe 2

a) Lege die Magnete mit der farbigen Seite nach oben möglichst eng beieinander auf den Tisch.

Beobachtung: _____

b) Nimm nun die 5-Cent-Stücke zu Hilfe, um die Magnete noch enger nebeneinander zu legen.

Beobachtung: _____

c) Lies den Text 1 zum Aufbau des Atomkerns und ordne die Bausteine des Modellversuchs den Nukleonen zu:

Magnet = _____ und 5-Cent-Stück = _____

d) In welcher Einheit gibt man die Masse einzelner Atome an? _____

e) Welche Teilchen sind für die Masse eines Atoms maßgeblich? _____

Aufgabe 3

Vervollständige die folgende Tabelle:

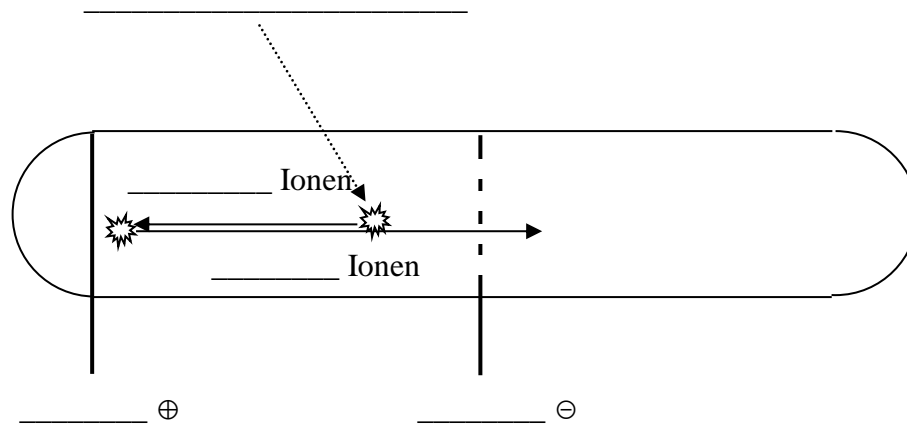
Name	Gewicht in u	Protonenzahl	Neutronenzahl
Kalium K	39	19	
Aluminium Al		13	14
Phosphor P	31	15	
Selen Se	79		45
Sauerstoff O		8	8
Fluor F	19		10
Ytterbium Y	173		103
Stickstoff N	14		7
Europium Eu	152		89
Gold Au	197	79	

Aufgabe 5

Lies den Text 2 zu Isotopen und ergänze den folgenden Text sowie die Abbildung:

Eine Gasentladungsröhre ist eine Glasröhre mit zwei eingeschmolzenen _____, die nur noch wenige Gasteilchen enthält. Die radioaktiven Strahlen der Sonne schießen immer wieder _____ aus den Kernen der Gasatome heraus. Wegen des überzähligen Elektrons in der

Hülle haben diese Gasteilchen dann eine _____ Ladung. Sie werden zur Anode hin beschleunigt und kollidieren dabei mit anderen Gasatomen. Bei _____ Geschwindigkeiten werden die Elektronen der Hülle nur angeregt und produzieren die _____, die auch in modernen Neonröhren genutzt wird. Bei höheren Geschwindigkeiten werden die Elektronen aus der Hülle _____ und es entstehen _____ Ionen. Diese werden ihrerseits zur _____ hin beschleunigt und erzeugen auf ihrem Weg weitere Leuchterscheinungen bzw. neue _____. Bohrt man nun kleine Löcher („Kanäle“) in die Kathode, so schießen die _____ Ionen („Kanalstrahlen“) durch diese Löcher hindurch und können in dem Raum dahinter beobachtet werden. Anhand ihrer Ablenkung durch magnetische und elektrische Felder kann man dann ihre _____ und ihre _____ bestimmen. Die negativ geladenen Ionen werden von der _____ abgestoßen und gelangen nicht in diesen Raum.



Bei der Untersuchung der Kanalstrahlen stellte sich heraus, dass es zwei verschiedene Arten von Neonatomen gibt. Alle Neonatome ${}_{10}\text{Ne}$ besitzen ___ Protonen und ___ Elektronen. Die Sorte ${}^{20}_{10}\text{Ne}$ besitzt ___ Neutronen, die Sorte ${}^{22}_{10}\text{Ne}$ dagegen ___ Neutronen. Da beide Atomsorten auf dem gleichen Platz im Periodensystem stehen, nannte man sie _____ nach griech. isos = gleich und topos = Ort, Platz.

Aufgabe 6

Chloratome enthalten immer genau 17 Protonen. Bei der Atommasse kommt man allerdings auf einen Durchschnittswert von 35,5 u. Wie lässt sich dies erklären?

Aufgabe 7

Was sind Isotope?

Lösungen zum Arbeitsblatt Expertengruppe B: Der Aufbau des Atomkerns

Aufgabe 1

Reibe zwei OHP-Folien mit Papier ab und untersuche die Paare Papier-Folie sowie Folie-Folie auf Abstoßung oder Anziehung.

Beobachtung: Papier und Folie ziehen sich an; die beiden Folien stoßen sich ab

Ergebnis: Gleich geladene Gegenstände stoßen sich ab; entgegengesetzt geladene ziehen sich an.

Aufgabe 2

a) Lege die Magnete mit der farbigen Seite nach oben möglichst eng beieinander auf den Tisch.

Beobachtung: Die Magnete stoßen sich ab

b) Nimm nun die 5-Cent-Stücke zu Hilfe, um die Magnete noch enger nebeneinander zu legen.

Beobachtung: Die 5-Cent-Stücke heben sie Abstoßung auf.

c) Lies den Text 1 zum Aufbau des Atomkerns und ordne die Bausteine des Modellversuchs den Nukleonen zu:

Magnet = Proton und 5-Cent-Stück = Neutron

d) In welcher Einheit gibt man die Masse einzelner Atome an? In unit u

e) Welche Teilchen sind für die Masse eines Atoms maßgeblich? Protonen und Neutronen

Aufgabe 3

Vervollständige die folgende Tabelle:

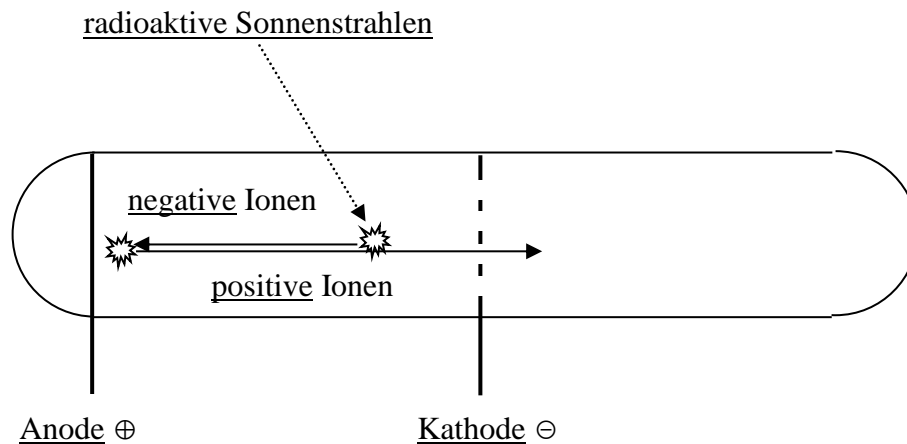
Name	Gewicht in u	Protonenzahl	Neutronenzahl
Kalium K	39	19	20
Aluminium Al	27	13	14
Phosphor P	31	15	16
Selen Se	79	34	45
Sauerstoff O	16	8	8
Fluor F	19	9	10
Ytterbium Y	173	70	103
Stickstoff N	14	7	7
Europium Eu	152	63	89
Gold Au	197	79	88

Aufgabe 5

Lies den Text 2 zu Isotopen und ergänze den folgenden Text sowie die Abbildung:

Eine Gasentladungsröhre ist eine Glasröhre mit zwei eingeschmolzenen Elektroden, die nur noch wenige Gasteilchen enthält. Die radioaktiven Strahlen der Sonne schießen immer wieder Protonen aus den Kernen der Gasatome heraus. Wegen des überzähligen Elektrons in der Hülle haben diese Gasteilchen dann eine negative Ladung. Sie werden zur Anode hin beschleunigt und kollidieren dabei mit anderen Gasatomen. Bei geringen Geschwindigkeiten werden die Elektronen der Hülle nur angeregt und produzieren die Leuchterscheinung, die auch in modernen Neonröhren genutzt

wird. Bei höheren Geschwindigkeiten werden die Elektronen aus der Hülle geschlagen und es entstehen positive Ionen. Diese werden ihrerseits zur Kathode hin beschleunigt und erzeugen auf ihrem Weg weitere Leuchterscheinungen bzw. neue Ionen. Bohrt man nun kleine Löcher („Kanäle“) in die Kathode, so schießen die positiven Ionen („Kanalstrahlen“) durch diese Löcher hindurch und können in dem Raum dahinter beobachtet werden. Anhand ihrer Ablenkung durch magnetische und elektrische Felder kann man dann ihre Masse und ihre Ladung bestimmen. Die negativ geladenen Ionen werden von der Kathode abgestoßen und gelangen nicht in diesen Raum.



Bei der Untersuchung der Kanalstrahlen stellte sich heraus, dass es zwei verschiedene Arten von Neonatomen gibt. Alle Neonatome ${}_{10}\text{Ne}$ besitzen 10 Protonen und 10 Elektronen. Die Sorte ${}^{20}_{10}\text{Ne}$ besitzt 10 Neutronen, die Sorte ${}^{22}_{10}\text{Ne}$ dagegen 12 Neutronen. Da beide Atomsorten auf dem gleichen Platz im Periodensystem stehen, nannte man sie Isotope nach griech. isos = gleich und topos = Ort, Platz.

Aufgabe 6

Chloratome enthalten immer genau 17 Protonen. Bei der Atommasse kommt man allerdings auf einen Durchschnittswert von 35,5 u. Wie lässt sich dies erklären?

Naheliegender wäre: Chlor besteht zu gleichen Teilen aus den Isotopen ${}_{35}\text{Cl}$ und ${}_{36}\text{Cl}$.

In Wirklichkeit ist es etwas komplizierter: Es besteht aus 75 % ${}_{35}\text{Cl}$ und 25 % ${}_{37}\text{Cl}$.

Aufgabe 7

Was sind Isotope?

Isotope sind Atomsorten, die sich nur in der Zahl der Neutronen unterscheiden