

## Der elektrische Leitungsvorgang in Metallen

### Das Elektronengas – Modell

Wir wissen, dass alle Stoffe aus Atomen aufgebaut sind. Wir wollen dies an Hand eines Metallatoms näher untersuchen.

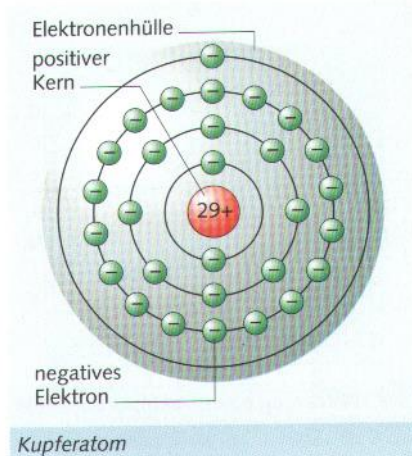
Einem einfachen Modell vom Aufbau des Atoms entsprechend besteht der Kern aus Neutronen und Protonen, die Hülle wird von Elektronen gebildet. Die Elektronen bewegen sich in bestimmten Bereichen um den Kern. Bei Metallen befinden sich in dem äußeren Bereich ein bis drei Elektronen, die relativ leicht abspaltbar sind. Das dann entstehende Metallion ist relativ stabil.

Im Metall bilden die Metallionen ein regelmäßig aufgebautes Kristallgitter. Jedes Ion befindet sich auf einen Gitterplatz, den es im allgemeinen nicht verlassen kann.

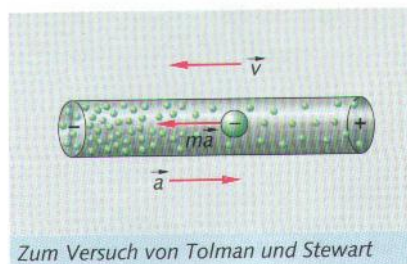
Entsprechend der *Temperatur* des Metalls führt es Schwingungen um diesen Platz aus. Zwischen den Ionen befinden sich die Elektronen, die von dem äußeren Bereich der Atomhülle abgetrennt wurden. Sie können nicht mehr einem einzelnen Atom zugeordnet werden, sondern dem ganzen Metallgitter.

*Diese freien Elektronen sind für die Leitfähigkeit des Metalls verantwortlich, man nennt sie wanderungsfähige Elektronen oder Leitungselektronen.* Den Teilchen eines Gases vergleichbar bewegen sie sich zwischen den an ihren Plätzen im Metallgitter schwingenden Metallionen. Durch die Stöße mit diesen Gitterbausteinen ergeben sich unregelmäßige Zick – Zack – Bahnen. Durch diese Ähnlichkeit mit der Bewegung von Teilchen innerhalb eines Gases sprechen wir vom **Modell Elektronengas**.

Obwohl die Elektronen im Inneren des Metalls frei beweglich sind, wirken in der Nähe der Oberfläche *elektrostatistische Kräfte* auf sie, die sie daran hindern, das Metall zu verlassen.



Die amerikanischen Physiker *Tolman* und *Stewart* haben **1917** in einem Versuch die Existenz frei beweglicher Elektronen in einem Metall nachgewiesen.



Die Idee des Experimentes lässt sich gut nachvollziehen: Wird ein Metallstab der *Länge*  $l$  in seiner Längsrichtung beschleunigt, muss auf die frei beweglichen Ladungsträger mit der *Masse*  $m$  die Trägheitskraft

$$F = -m \cdot a$$

wirken. Dadurch bleiben die Elektronen hinter der Bewegung der Gitterionen zurück. Es kommt zu einem Elektronenüberschuss am hinteren Ende des Stabes und zum Elektronenmangel am vorderen Ende, was im Inneren des Metallstabes ein *elektrisches Feld der Stärke*  $E$  erzeugt. Die nun auf die Elektronen wirkende *Kraft des elektrischen Feldes* wirkt der Trägheitskraft entgegen. Es gilt:

$$F = m \cdot a = e \cdot E. \quad (\text{e... Elementarladung})$$

Die im Stab erfolgte Ladungstrennung müsste als Spannung zwischen den Enden des Stabes zu messen sein. Daraus wiederum kann mit

$$E = \frac{U}{l} \quad l \dots \text{Länge des Leiters}$$

die Feldstärke im Stab berechnet werden. Die Polung der Spannung müsste Auskunft über das Vorzeichen der Ladung geben, während der aus beiden Gleichungen ermittelte Wert

$$\frac{e}{m} = \frac{a \cdot l}{U}$$

mit dem für Elektronen ermittelten verglichen werden könnte.

Die Spannung ist mit dieser Anordnung jedoch nicht messbar. Tolman und Stewart benutzten daher einen verbesserten Versuchsaufbau. Sie ließen eine Zylinderspule aus einem sehr langen Kupferdraht schnell um ihre Achse rotieren. Beim plötzlichen Abbremsen der Drehbewegung treten ähnliche Erscheinungen wie beim Beschleunigen eines Metallstabes auf.

Die Auswertung des Versuches zeigte, dass in allen Metallen die freien Ladungsträger **negativ** sind.

Mit dem Versuch von Tolman und Stewart war also der Nachweis erbracht, dass in einem Metall frei bewegliche Elektronen als Ladungsträger zur Verfügung stehen.

***In metallischen Leitern erfolgt der elektrische Leitungsvorgang durch frei bewegliche Elektronen.***