

Der elektrische Leitungsvorgang in Gasen und im Vakuum

Gase sind unter Normalbedingungen (normaler Druck, normale Temperatur, geringe elektrische Feldstärke) Isolatoren; die Gasmoleküle bzw. die Atome der Edelgase sind elektrisch neutral und können nicht zur Stromleitung beitragen. Um ein Gas leitend zu machen, müssen in ihm Ladungsträger erzeugt werden. Dies kann auf verschiedene Weise geschehen.

Man unterscheidet zwischen einer ***unselbständigen*** und einer ***selbständigen Elektrizitätsleitung*** in Gasen.

Bei der unselbständigen Entladung werden die erforderlichen Ladungsträger durch äußere Einwirkungen erzeugt, die mit dem Transport der erzeugten Ladungsträger nichts zu tun haben. Es werden die dann nur vorhandenen Ionen und Elektronen in einem elektrischen Feld nur beschleunigt.

Es gibt aber auch Vorgänge in Gasen, bei denen durch die Bewegung im elektrischen Feld selbst erst die Ionen und Elektronen gebildet und beschleunigt werden. Man spricht dann von der selbständigen Elektrizitätsleitung.

Die unselbständige Elektrizitätsleitung in Gasen

Hierbei werden Ladungsträger durch ***thermische Ionisation*** und durch ***Stoßionisation*** freigesetzt.

Unter thermischer Ionisation eines Gases versteht man den Prozess der Abtrennung eines Elektrons aus dem Atom bzw. Molekül, indem man dem Gas Wärme zuführt.

Dabei entsteht ein positiv geladenes Ion und ein Elektron.

Unter Stoßionisation versteht man die Ionisation von Gasteilchen durch deren Zusammenstoß mit schnell bewegten Elektronen oder anderen Gasteilchen.

Die entstehenden Ionen und Elektronen werden durch ein elektrisches Feld beschleunigt, wodurch es zu einer lawinenartig anwachsenden Zahl von Stoßprozessen kommt. Dabei entstehen positive Ionen und freie Elektronen.

Um Atome oder Moleküle zu ionisieren, muss eine vom Gas abhängige ***Ionisierungsenergie*** aufgebracht werden.

Die Energiezufuhr kann durch starke elektrische Felder, durch radioaktive Strahlung oder durch entsprechende Wärmeenergie erfolgen.

Die selbständige Elektrizitätsleitung in Gasen

Auch in der Luft sind immer einige, z.B. durch Höhenstrahlung erzeugte Ladungsträger vorhanden. Unter dem Einfluss eines elektrischen Feldes erreichen diese Ionen und Elektronen nur eine geringe Geschwindigkeit, denn sie werden schon nach kurzen Wegstrecken mit Luftmolekülen elastisch zusammenstoßen, ohne diese zu ionisieren. Es kommt also nicht immer zur Stoßionisation, da die Ladungsträger dazu eine bestimmte kinetische Energie benötigen, die sie beim Durchlaufen des elektrischen Feldes aufnehmen müssen. Diese Ionisationsenergie beträgt z.B. für Helium $24,6\text{eV}$.

In einem elektrischen Feld der Stärke E erhält ein Elektron beim Durchlaufen einer ***Beschleunigungsstrecke*** s die Energie $E_{kin} = e \cdot U = e \cdot E \cdot s$. Als Beschleunigungsstrecke s steht die freie Weglänge l zwischen den Molekülen zur Verfügung.

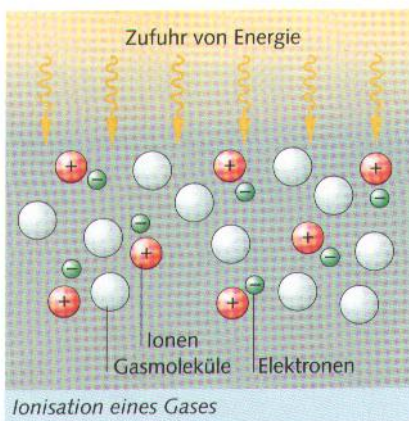
Das ist die Strecke, die ein Elektron zwischen zwei Stößen durchschnittlich zurücklegt. Das Elektron erhält somit die Energie $E_{kin} = e \cdot E \cdot l$.

Bei normalen Luftdruck sind die Gasmoleküle so dicht gedrängt, so dass die mittlere freie Weglänge zwischen den Molekülen sehr klein ist ($ca. 5 \cdot 10^{-8} \text{ m}$).

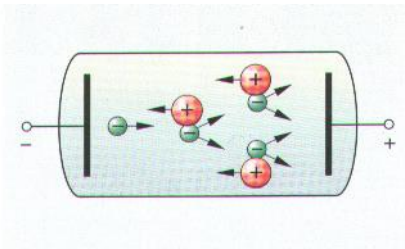
Wir können nun auf zweierlei Wegen erreichen, dass die Ionen die zur Stoßionisation nötige Energie $E_{kin} = e \cdot E \cdot l$ erhalten; entweder erhöhen wir die Feldstärke, oder wir versuchen, die mittlere freie Weglänge zu vergrößern, indem das Gas verdünnt wird, d.h. der Gasdruck wird verringert.

Im ersten Fall ist es dann auch bei normalem Druck möglich, einen Stromfluss durch das Gas aufrecht zu erhalten. Die bei der Stoßionisation entstehenden positiven Ionen werden durch das elektrische Feld so beschleunigt, dass sie beim Aufprall auf die Kathode zusätzliche Elektronen auslösen. Die dafür benötigte Energie stammt sowohl aus der kinetischen Energie der Ionen als auch aus der Energie, die bei der Neutralisation der Ionen frei wird.

Technisch genutzt wird diese Art der Elektrizitätsleitung in *Hochdruckdampflampen*.



Bei der selbständigen Elektrizitätsleitung in Gasen werden die beweglichen Ladungsträger beim Leitungsvorgang selbst erzeugt. Schnelle Elektronen bewirken Stoßionisation an neutralen Molekülen. Ionen lösen beim Aufprall auf die Kathode Elektronen aus ihr heraus.



Ein Gas wird bei verminderten Druck elektrisch leitend, wenn die Entstehung einer Ladungsträgerlawine erreicht werden kann. Die Stromleitung setzt als selbständige Entladung plötzlich ein. Ladungsträger sind Ionen und Elektronen.