



Elektrisches Feld: elektrische Verschiebung, Faraday-Käfig

Florian Hüttner, SS 10

Gliederung

1	Das elektrische Feld	2
1.1	Grundlagen.....	2
1.2	Die elektrische Feldstärke	2
2	Elektrische Ladungsverschiebung	2
3	Der Faraday-Käfig	3
3.1	Definition	3
3.2	Funktion.....	3
3.3	Anwendung	4

Einstieg: Eine beliebte Preis-Frage lautet: Wo ist man bei einem Gewitter am sichersten? Die Antwort ist ganz einfach: In einem geschlossenen Metall-Käfig, also zum Beispiel in einem Auto, in einem Flugzeug oder einem Haus aus Stahl-Beton. Warum das so ist, soll im Folgenden geklärt werden.



Abb. 1: Blitze am Nachthimmel [7]

Dieses Bild wurde freundlicherweise von Damian Warmula zur Verfügung gestellt.

1 Das elektrische Feld

1.1 Grundlagen

Es existieren zwei Arten von Ladungen: Positive und Negative. Elektrische Ladungen sind an Materie gebunden. Träger dieser Ladungen sind Elementarteilchen und Ladungen erzeugen Felder. Alle Körper besitzen elektrische Ladungen. Elektrisch neutrale Körper haben die gleiche Anzahl an positiven und negativen Ladungen. Negativ geladene Körper haben einen Elektronen-Überschuss und positiv geladene Körper weisen einen Elektronenmangel auf.

Elektrische Ladungen üben auf den sie umgebenden Raum eine Kraft aus. Ladungen beziehungsweise elektrische Spannungen sind also die Ursache für elektrische Felder. Ist ein elektrisches Feld zeitlich unverändert, so nennt man das Feld elektrostatisch. Im elektrischen Feld entstehen Äquipotential-Flächen und –Linien. Dies sind Flächen oder Linien auf denen gleiches elektrisches Potential herrscht.

Bei verschiedenartigen Ladungen wirken Anziehungskräfte. Gleichartige Ladungen stoßen sich ab und vereinen sich an Stellen, an denen sie den größten Abstand zueinander haben. Bei einem geschlossenen räumlichen Gebilde (Quader, Kugel) ist dies die Außenhaut, die stets dicker als die Innenhaut ist.

1.2 Die elektrische Feldstärke

Im elektrischen Feld wirkt eine Kraft „F“ auf eine Ladung „Q“. Die Richtung der Kraft wird durch Feld-Linien wiedergegeben und die Dichte solcher Feld-Linien entspricht der Feldstärke. Elektrische Feld-Linien verlaufen allgemein von + nach -. Da elektrische Felder stets mit positiv geladenen Probekörpern untersucht werden, geben elektrische Feld-Linien die Richtung der Kraft auf eine positive Probeladung an.

Die Kraft auf einen Probekörper im elektrischen Feld ist proportional zur Ladung des Probekörpers. Die elektrische Feldstärke ist eine vektorielle Größe und wird definiert als Quotient aus der Kraft, die auf einen positiv geladenen Probekörper an einem bestimmten Punkt des Feldes wirkt, und der Ladung des Probekörpers.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

2 Elektrische Ladungsverschiebung

In einem leitenden Körper sind die Ladungen verschiebbar. Im elektrischen Gleichgewicht enthält das Innere des Leiters keine Ladung, kein elektrisches Feld und keine überschüssigen Ladungen. Überschüssige Ladungen befinden sich auf der Oberfläche des Leiters. Auf der Oberfläche des Leiters kommt es zur **Influenz**. Influenz bezeichnet die Trennung von positiven und negativen Ladungen eines leitenden Körpers durch ein elektrisches Feld. Durch die Ladungsverschiebung entstehen Influenzladungen auf der Oberfläche.

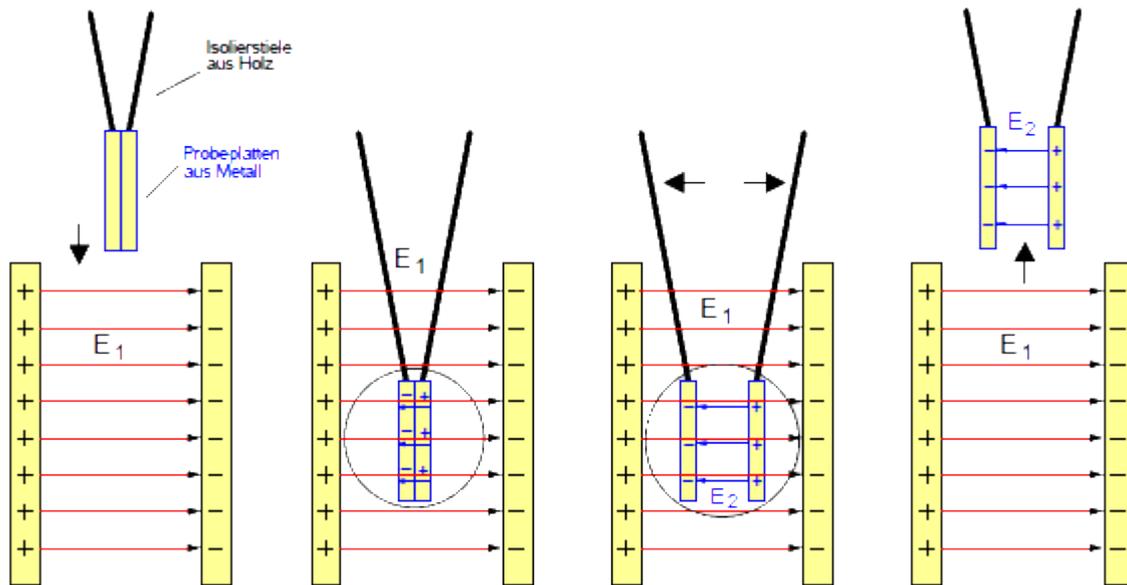


Abb. 2: Nachweis von Influenz-Ladungen [8]

Influenz-Ladungen lassen sich nachweisen, indem man zwei gleich große, an Isolierstangen befestigte Probepplatten aus Metall in ein homogenes, elektrisches Feld bringt. Zieht man die Probepplatten auseinander und nimmt sie aus dem elektrischen Feld, so zeigt sich, dass sie entgegengesetzt geladen sind. Die negativen Ladungen werden durch das elektrische Feld angezogen und auf die linke Metallplatte verschoben. Auf der rechten Platte entsteht eine gleichgroße positive Ladung. Die Ladungsverschiebung endet, wenn das zwischen den Probepplatten entstandene elektrische Feld so groß wie das elektrische Feld des Platten-Kondensators ist.

3 Der Faraday-Käfig

3.1 Definition

Der Begriff Faraday-Käfig geht auf den englischen Physiker Michael Faraday zurück (1791-1867). Als Faraday-Käfig bezeichnet man einen einfachen, metallischen Käfig, der vor elektrischen Feldern und Blitzschlägen schützt. Entscheidend bei diesem leitenden Käfig ist die **Abschirmung**. Die Quantität der Schirmwirkung kann über die Schirmdämpfung erfasst werden. Die Schirmdämpfung ist eine dimensionslose Messgröße, die die Schutzwirkung gegenüber einem magnetischen oder elektrischen Feld wiedergibt.

3.2 Funktion

Zunächst wird der Verlauf von Feldlinien zwischen zwei unterschiedlich geladenen Körpern dargestellt.

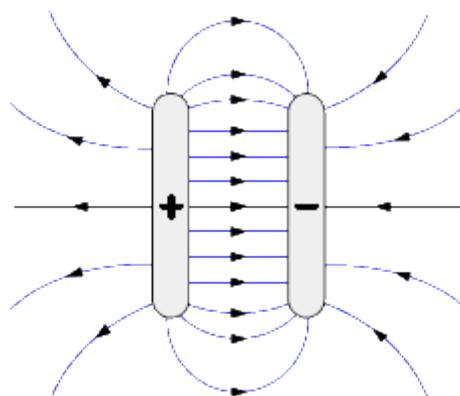


Abb. 3: Feld-Linien zwischen zwei unterschiedlich geladenen Körpern [8]

Die Feldlinien breiten sich von den Flächen in allen Richtungen aus und werden mit zunehmender Entfernung schwächer. Am stärksten sind sie zwischen den geladenen Platten, da sich die entgegengesetzten Ladungen anziehen. Im Faraday-Käfig konzentriert man sich ausschließlich auf diesen Bereich zwischen den Platten.

Wirkt auf den Faradayschen Käfig ein elektrisches Feld, so findet innerhalb des Käfigs aufgrund der starken Anziehungskräfte eine **Ladungsverschiebung** statt. Dadurch wird der Käfig ebenfalls geladen. Seine Ladung ist jedoch genau entgegengesetzt zu der Ladung zwischen den zwei geladenen Flächen. Infolgedessen heben sich die Feldlinien im Inneren des Käfigs auf. Es kommt somit zur gegenseitigen Aufhebung von elektrischen Feldern. Somit ist im Hohlraum $E = 0$ und die Ladungen befinden sich am Außenrand. Der Käfig wird abgeschirmt und ist von jeglichen Ladungseinflüssen geschützt.

Abb. 4: Ladungsverschiebung im Faradayschen Käfig [10]

Falls ein Blitz in einem Faradayschen Käfig einschlägt, zum Beispiel in einem Auto oder in einem Flugzeug, so bleiben Personen im Innenraum ungefährdet. Wird innerhalb eines Faradayschen Käfigs eine elektrische Ladung erzeugt, so bleiben Personen außerhalb des Käfigs ungefährdet.

3.3 Anwendung

Faraday-Käfige werden logischerweise angewandt, wo Einflüsse von äußeren elektromagnetischen oder elektrischen Feldern die Funktionsweise eines Gerätes negativ beeinflussen können oder wo innere elektromagnetische Felder nicht nach außen gelangen sollen.

- Autos und Flugzeuge
- Hochspannungsschutzräume aus Maschendraht (Drahtgeflecht)
- Blitzableiter und geerdete Gebäudeteile zum Blitzschutz
- Abschirmung von ganzen Räumen durch Schutzfolie (EMV-Labore)
- Abschirmung von Messräumen, elektrischen Leitungen oder Messinstrumenten
- Abschirmungskäfige bei elektrischen Hochfrequenzgeräten (Mobiltelefone, Babyfone, Fernseh- und Radiotuner)
- Metallene Garraum innerhalb des Mikrowellenofens zur Abschirmung der Umgebung

Zusammenfassung: Wirkt ein äußeres, elektrisches Feld auf einen Faradayschen Käfig, so kommt es aufgrund von elektrischen Ladungsverschiebungen zur Aufhebung des elektrischen Feldes im Inneren des Käfigs.

Abschluss: fehlt

Quellen:

1. Atkins, P. W., De Paula, J.: Physikalische Chemie. Wiley-VCH, Weinheim 2006.
2. Wedler, G.: Lehrbuch der Physikalischen Chemie. Wiley-VCH, Weinheim 2001.
3. Czeslik, C.: Basiswissen Physikalische Chemie. Teubner, Wiesbaden 2007.
4. Kretschmer, E.: Physikalische Chemie - Grundkurs. VEB, Berlin 1976.
5. http://www.tfh-wildau.de/goldmann/01_Elektrisches_Feld.pdf; [02.06.2010] (Quelle verschollen, 28.09.2020)
6. <http://photonik.physik.hu-berlin.de/Lehre/SS08exp2/Vorlesung03.pdf>; [02.06.2010] (Quelle verschollen, 28.09.2020)

7. <http://view.stern.de/de/picture/746874/>; [06.06.2010]
8. http://www1.tu-darmstadt.de/schulen/hems/Hems2002/ET/ET1-2_6.pdf;
[06.06.2010] (Quelle verschollen, 28.09.2020)
9. <http://www.youtube.com/watch?v=YZKbgprE2PU&feature=related>; [06.06.2010]
10. http://de.wikipedia.org/wiki/Faradayscher_Kaefig; [06.06.2010]