

Aufgabe 1: Gewitterphysik

Natürlich sind wir inzwischen Profis in Sachen Gewitter, also rechnen wir ein wenig rund um den Blitz.

Wir nehmen eine normale Gewitterlage an, sagen wir, die Basishöhe der Wolken sei $d=280\text{m}$, und die Wolke überdecke eine Grundfläche von $A=1,2\text{km}^2$. Als Durchschlagfeldstärke nehmen wir $E_0 = 1,0 \cdot 10^7 \text{ N/C}$ an.

1. Erläutere die Entstehung eines elektrischen Feldes zwischen der geladenen Wolke und dem zuvor neutralen Erdboden.
Achtung! Es soll nicht beschrieben werden, wie es zur Ladungstrennung in der Wolke kommt, sondern vielmehr, warum der anfänglich neutrale Erdboden plötzlich als geladene „Platte“ fungieren kann. Verwende Fachausdrücke!
2. Berechne die Spannung zwischen Wolke und Erdboden, die zur Auslösung eines Blitzes erforderlich ist.
3. Bestimme die Ladung, die sich auf der Unterseite der Wolke befindet. Welche Aussage kann man über die Ladungsverteilung auf dem Erdboden machen?
4. Angenommen, während der Blitzdauer fließen 40% der Ladung der Wolke ab. Welche Stromstärke entsteht dabei, wenn der Hauptblitz eine Dauer von $t=2,0\text{ms}$ hat?
5. Schätze ab, welche elektrische Leistung P dabei verrichtet wird. Achtung: Die Spannung an der Wolke nimmt zwischen Blitzanfang und -ende ab!
6. Wenn das elektrische Feld nicht allzu inhomogen ist, gilt die Beziehung

$$E = \frac{U}{d}$$

zumindest im kleinen Maßstab, also im Bereich zwischen Wolke und Erde sowieso. Welche Energie nimmt ein zweifach positiv geladenes Ion zwischen zwei Stößen mit anderen Luftmolekülen auf, wenn die mittlere freie Wegstrecke eines bewegten Teilchens in Luft unter Normalbedingungen ca. $\bar{d} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ m}$ beträgt?

Aufgabe 2: Konstruktion technischer Kondensatoren



In der Technik werden Kondensatoren zur Zwischenspeicherung von Ladung verwendet; häufig werden sie als *Rollkondensatoren* ausgeführt; dabei werden zwei sehr dünne Metallfolien durch einen dünnen Nichtleiter getrennt aufgewickelt. Gegenüber dem ebenen Plattenkondensator ergibt sich neben der kompakten Bauweise der Vorteil, dass die Kapazität C um den Faktor 2 vergrößert ist, da sich beim Rollkondensator Vorder- und Rückseiten der Folien paarweise gegenüberstehen.

Gegenstand dieser Aufgabe ist nun die Konzeption eines gerollten *Elektrolytkondensators*; der Name stammt von dem flüssigen Elektrolyten, der nach Anlegen einer Spannung beim Herstellungsprozess eine Oxidschicht auf der Metalloberfläche bildet und damit das nichtleitende Dielektrikum erzeugt. Für die Aufgabe ist nur wichtig, dass Elektrolytkondensatoren eine extrem dünne nichtleitende Trennschicht aufweisen.

Wir betrachten einen Elektrolytkondensator mit einer Kapazität von $C = 47\mu\text{F}$.

1. Die Abmessungen der verwendeten Metallfolie betragen $b \cdot l = 17\text{mm} \cdot 3,3\text{m}$.
Bestimme unter Berücksichtigung des Faktors 2 (s. Aufgabenkopf) die Dicke d der trennenden Oxidschicht, es sei hierbei $\epsilon_r = 3,3$.
2. Diskutiere die Ladungsverteilung im Kondensator, also in den Folien und im Dielektrikum.
3. Berechne die Vakuum-, Polarisations- und Gesamtfeldstärke im Dielektrikum bei $U = 12\text{V}$ sowie die Ladungsmenge q , die der Elektrolytkondensator dabei gespeichert hat.
4. Bestimme die bewegliche Ladungsdichte σ sowie die polarisierte Ladungsdichte σ_p auf den Oberflächen des Dielektrikums, jeweils bei $U = 12\text{V}$.
5. Die *Durchschlagfeldstärke* der Oxidschicht sei $E_{\text{max}} = 5 \cdot 10^8 \frac{\text{V}}{\text{m}}$. Berechne die maximale Spannung, mit der der Kondensator betrieben werden kann.