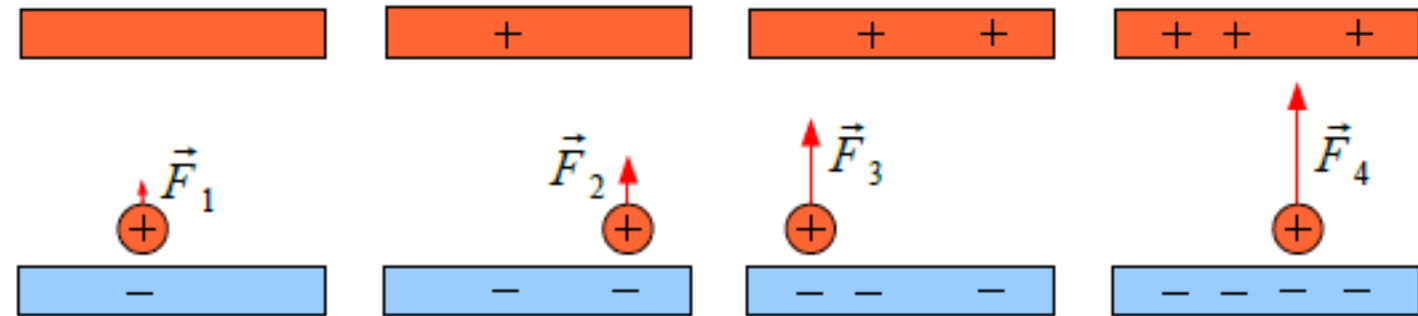


*In der Technik nutzen wir Kondensatoren auch, um Energie zu speichern und bei Bedarf wieder abzugeben. Hier ähneln sie den wohl bekannten Akkus, weichen aber in einigen Eigenschaften von diesen ab. Generell kann man sagen, dass sich Kondensatoren eher für kleinere Energiemengen eignen, diese aber im Vergleich zu Akkus sehr schnell aufnehmen und abgeben können. Um eine Formel für die gespeicherte Energie zu finden, modellieren wir den Ladevorgang dadurch, dass wir in Gedanken einzelne Ladungen (elektromechanisch) von einer Kondensatorplatte zur anderen transportieren. **Ergänze die Lücken im Text.** Bei der Umschreibung der Formel nutzen wir die Definition für die Stromstärke $I = Q/t$.*

1.4 Energie im Kondensator

Gedankenexperiment:

Wir laden einen Kondensator auf, indem wir eine Ladung q nach der anderen von einer Platte entnehmen und zur anderen Platte transportieren.



Bei jeder weiteren Ladung benötigen wir Kraft, da wir sie das Feld des bereits teilgeladenen Kondensators bewegen müssen.

Arbeit bei der Bewegung der Ladung gegen das Feld:

In der Mechanik gilt für die verrichtete Arbeit generell

das bedeutet, die Arbeit wird mit jeder weiteren Ladung

In der Mittelstufe haben wir für die elektrische Arbeit eine Formel kennengelernt:

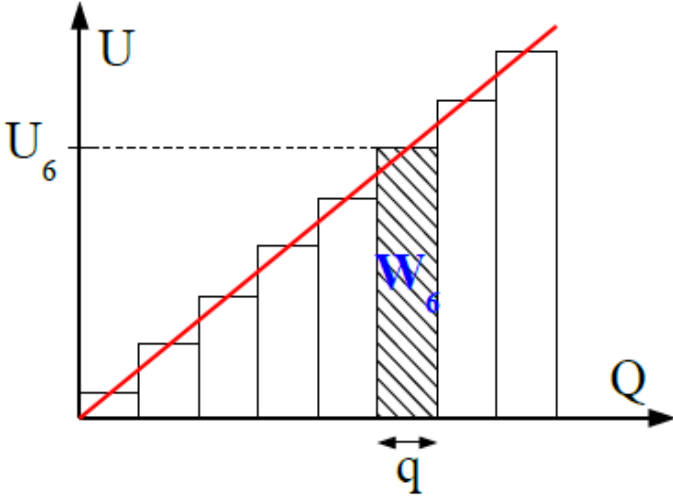
Diese lässt sich umschreiben zu:

Während Akkus während des gesamten Lade- bzw. Entladevorganges eine fast gleichbleibende Spannung aufweisen (sonst wären sie für viele Anwendungen gar nicht geeignet), verändert sich die Spannung bei Kondensatoren während des Ladens und Entladens ganz erheblich (hier rot dargestellt, Achtung: die Kurve zeigt die Entwicklung nicht zeit-, sondern ladungsabhängig). Das Problem bei der Berechnung der Gesamtarbeit (= Gesamtenergie) liegt hier darin, dass sich beim Laden die Spannung permanent ändert. Die Berechnungsmethodik, die wir hier anwenden, ist mathematisch betrachtet wieder eine Integration (so wie bei Stromkurve und Ladungsmenge).

Die zweite Formel ergibt sich mit $Q = C \cdot U$.

Spannung eines Kondensators in Abhängigkeit von der Ladungsmenge
 Beim Aufladen eines Kondensators wächst seine Spannung zu seiner Ladungsmenge, das lässt sich an der Formel erkennen.

Berechnung der Gesamtenergie für das Laden eines Kondensators
 Da sich beim betrachteten Vorgang (1. Folie) die Spannung des Kondensators (rote Kurve) mit jeder zusätzlichen Ladung , müssen wir auch die aufgewendete Arbeit für jede Ladung neu berechnen. Das Produkt $W = U \cdot q$ entspricht dabei der unter der Spannungskurve. Die gesamte Arbeit ist dann die , näherungsweise entspricht das der unter der Kurve.



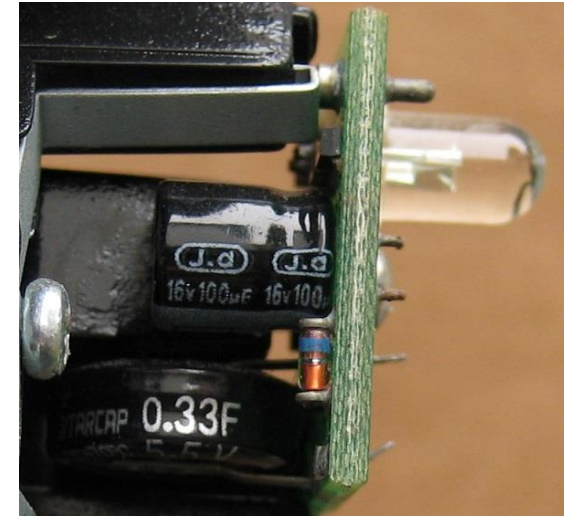
Energie im Kondensator:

oder:

*Gute Fahrradbeleuchtungen mit Dynamo warten mit einer Standlichtfunktion am Rücklicht auf. Zur Energieversorgung nutzt man hier hochkapazitive Kondensatoren (Highcaps). **Berechne für einen 0,33 F-Highcap die gespeicherte Energie bei 6,0 V. Welche Leuchtdauer berechnet man für eine LED mit 50 mW Leistung? Diskutiere die vereinfachte Berechnung und bewerte den Nutzen dieser Technik. Welche Vorteile haben hier Kondensatoren im Vergleich zu Akkus?***

*Defibrillatoren können bei Herzstillstand oder Kammerflimmern durch einen Elektroschock das Herz wieder zum richtigen Rythmus anregen. **Berechne die Kapazität eines Pufferkondensators, der bei 4,0 kV gerade die maximal zulässige Energiemenge von 360 J bereitstellt.***

Anwendung: Fahrradrücklicht mit Standlichtfunktion



Anwendung: Defibrillator

Verändert man die Platten-
geometrie (insbesondere den
Plattenabstand d), so ändert sich
auch seine Kapazität (siehe
Formel in 1.3). Dies wird sehr
gerne in kniffligen Aufgaben
genutzt, die sich mit Hilfe dieser
beiden Regeln aber leicht
bearbeiten lassen.

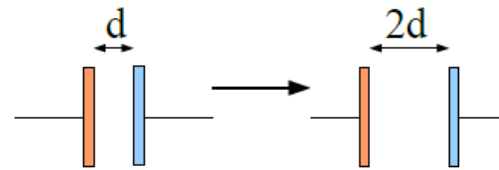
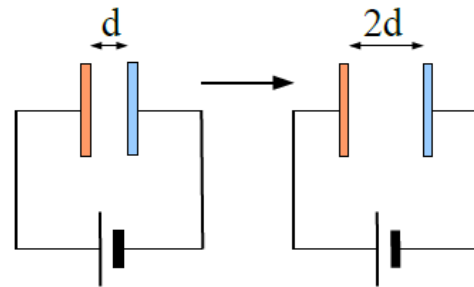
**Der Plattenabstand wird
verdoppelt, im ersten Beispiel
mit angeschlossener Strom-
quelle, im zweiten Beispiel bei
abgeklemmter Stromquelle.**

**Erläutere die Auswirkungen, die
dies auf die Größen Kapazität C ,
Ladungsmenge Q , Spannung U
und Feldstärke E , sowie auf die
gespeicherte Energie E_{el} hat.**

**Argumentiere mit den
bekannten Formeln.**

Kondensatorspielereien: Veränderung der Plattengeometrie

Verändert man die Kapazität bei angeschlossener Stromquelle, so bleibt die **Spannung gleich**. Verändert man die Kapazität bei abgeklemmter Stromquelle, so bleibt die **Ladungsmenge gleich**.



Übungsmöglichkeiten:

Auf Leifiphysik gehen jetzt zusätzlich zu den im letzten Kapitel genannten auch die unter **Teilgebiet Elektrizitätslehre - Kondensator und Kapazität - Elektrische Energie im geladenen Kondensator Aufgaben, auch das Quiz dort**. Sinn machen vor allem die leichten (grünen) Aufgaben. Auch die **Arbeitsaufträge im Buchkapitel 2.2** passen dazu (inklusive Musteraufgabe).

Selbst-Check:

- Gedankenexperiment
- Berechnung der Energie durch Integration
- Anwendungen
- Veränderung der Plattengeometrie