# 1 Zielsetzung

Dieser Versuch dient zur Untersuchung des Relaxionsverhalten eines RC-Kreises. Hierfür wird die Entladung eines Kondensators und eine Kondensatorspannung in Hinblick auf die Amplitude in Abhängigkeit der Frequenz genauer Betrachtet. Außerdem wird die Phasenverschiebung zwischen Generator- und Kondensatorspannung, sowie die Funktion als Integrator untersucht.

# 2 Theorie

Der Vorgang der Relaxation in einem System tritt auf, wenn dieses System aus seinem Ausgangszustand entfernt und wieder nicht-oszillatorisch in denselben zurückkehrt.
Für die Betrachtung der Relaxion wird in diesem Versuch der End- und Aufladevorgang eines Kondensators in einem RC-Glied betrachtet. Der Aufbau ist in Abbildung 1 zu sehen.

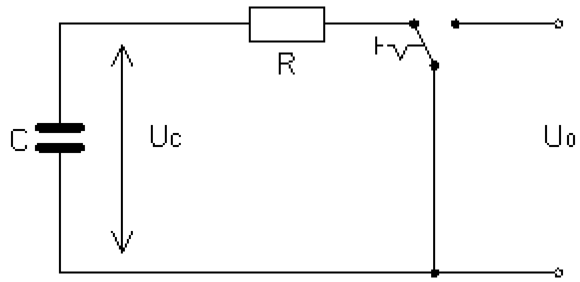


**Abbildung 1:** Schaltung eines RC-Glieds.

Für den Endladevorgang folgt aus den Kirchhoffschen Gesetzen, dass Zum Zeitpunkt $t = 0$

$$Q(0) = CU_0,$$

gilt und nach längerer Zeit

$$Q(\infty) = 0$$

gilt. Durch diese Randbedingungen ergibt sich nun die Formel:

$$Q(t) = C \cdot U_0 \cdot (1 - e^{\frac{-t}{RC}})$$

C ist die Kapazität des Kondensators, R der Widerstandsund und Q(t) die Ladung zum Zeitpunkt t.
Die Zeitkonstante RC gibt hierbei an wie schnell das System den Endzustand Q($\infty$) anstrebt.

Des Weiteren lassen sich Analogien zu mechanischen Systemen finden.
Wird ein solches mit einer Kraft mit seiner Frequenz angeregt, so steht es in direktem Bezug zu einem angeregten RC-Kreis.
Somit lässt sich der RC-Kreis als globales Beispiel betrachten, dessen Verhalten auf andere Bereiche, wie der Mechanik, übertragen werden können. So können zum Beispiel Parallelen in den Schwingungsgleichungen selber und im Verhalten bei einem Widerstand gefunden werden.

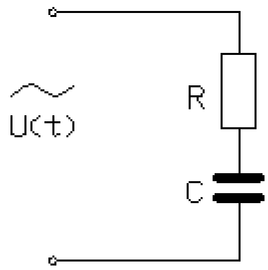


**Abbildung 2:** Schaltung eines angeregten RC-Glieds.

Unter Betrachtung eines RC-Kreises, der mit einer Wechselspannung

$$U(t) = U_0 \cos(\omega t)$$

angeregt wird, kann bemerkt werden, dass eine Phasenverschiebung zwischen der Eingangsspannung und der Spannung am Kondensator bei zunehmender Frequenz auftritt. Ist die Frequenz $\omega$ hinreichend gering, also $\omega \ll \frac{1}{RC}$, so wird die Kondensatorspannung $U_C(t)$ ungefähr gleich der Eingangsspannung $U(t)$ sein.
Durch Erhöhen der Frequenz kann eine Phasenverschiebung zwischen den beiden Spannungen erzwungen werden; das Auf- und Entladen des Kondensators bleibt über die Zeit gesehen hinter der Generatorspannung zurück.
Als Formel ergibt sich

$$\phi(\omega) = \arctan(-\omega RC) \tag{1}$$

für die Phasenverschiebung $\phi$ in Abhängigkeit von der Frequenz $\omega$.
Für niedrigere Frequenzen nähert sich die Phasenverschiebung dem Wert 0 an.
Für hohe hingegen tritt eine asymptotische Näherung an $\frac{\pi}{2}$ auf.

Auch kann mithilfe von

$$A(\omega) = \frac{U_0}{\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C^2}} \tag{2}$$

festgestellt werden, dass die Amplitude A der Kondensatorspannung bei hohen Frequenzen abnimmt.
Es gilt, dass aus $\omega \to 0$ folgt, dass $A(\omega)$ gegen $U_0$ geht und umgekehrt für $\omega \to \infty$ die Amplitude gegen 0 verläuft.
Dieses Verhalten solcher Tiefpässe ist eben dadurch charakterisiert, dass Frequenzen mit

$\omega \gg \frac{1}{RC}$ immer weiter gesperrt und $\omega \ll \frac{1}{RC}$ durchgelassen werden.
Es lässt sich außerdem zeigen, dass ein solcher RC-Tiefpass unter der Voraussetzung dass $\omega \gg \frac{1}{RC}$, also die Frequenz sehr groß ist, die zeitlich veränderliche Spannung $U(t)$ integriert.
Es gilt:

$$U_C(t) = \frac{1}{RC} \int_0^t U(t') \mathrm{d}t' \tag{3}$$