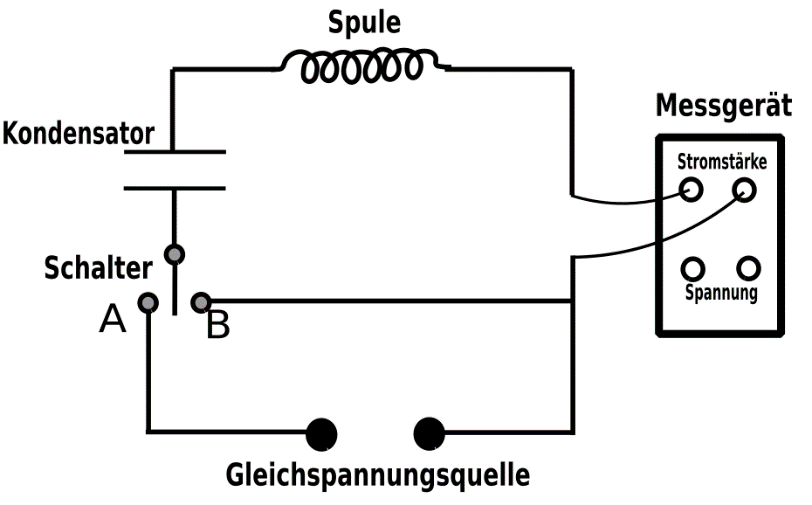
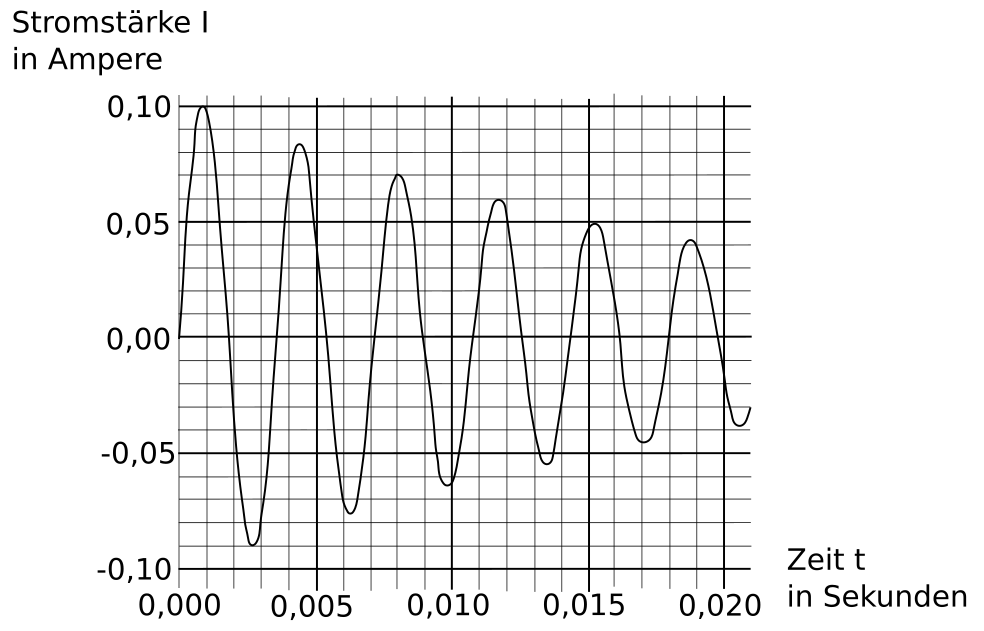
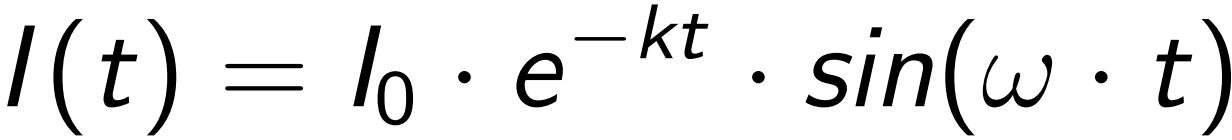
**Aufgabenzettel – Elektromagnetischer Schwingkreis**

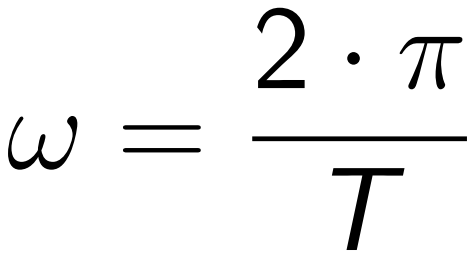
Die Abbildung zeigt eine Schaltplanzeichnung für ein Experiment, das darauf abzielt, eine gedämpfte elektromagnetische Schwingung zu generieren und aufzuzeichnen. Bevor der Versuch startet, wird der Kondensator aufgeladen, indem der Schalter S auf Position A gesetzt wird. Im Moment t = 0 wird der Schalter S nach Position B umgelegt. Die Intensität des Stroms, der durch den Schwingkreis fließt, wird mittels eines Datenerfassungssystems gemessen und die entsprechenden Ergebnisse sind im folgenden Diagramm dargestellt. Die Messapparatur beginnt automatisch mit der Aufzeichnung der Kurve, sobald der Schalter S in die gezeigte Position B umgeschaltet wird.



Nehmen Sie an, dass die Funktion der Stromstärke über die Zeit I(t) für diese gedämpfte elektromagnetische Schwingung mit guter Annäherung beschrieben werden kann durch:



mit



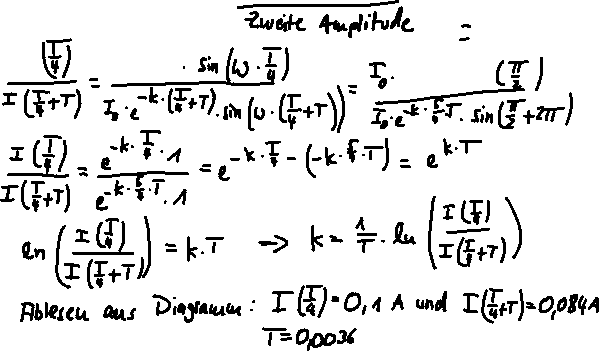
**a)** Bestimmen Sie die Schwingungsdauer T der gedämpften elektromagnetischen Schwingung mithilfe des Diagramms.



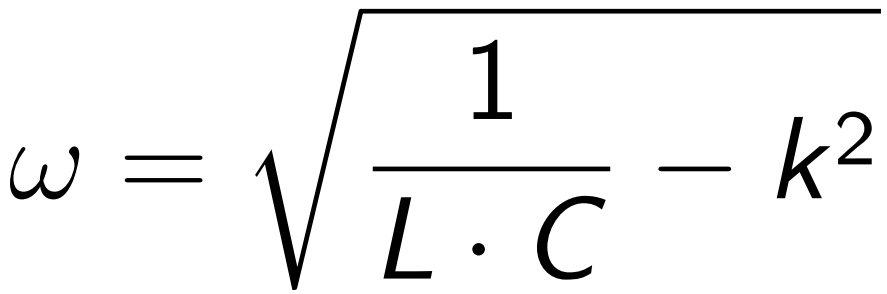
**b)** Ermitteln Sie den Dämpfungsfaktor k mithilfe des Diagramms und erläutern Sie, warum das von Ihnen angewandte Verfahren korrekt ist.

[Kontrollergebnis: k = 48 s-1]

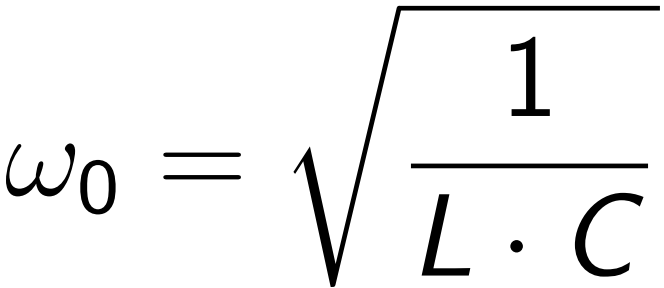
Anmerkung: Der Vorfaktor I0​ ist unbekannt und I0 stellt zudem nicht die erste Amplitudenhöhe dar.



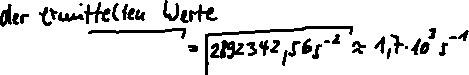
Für die Kreisfrequenz ω einer **gedämpften** elektromagnetischen Schwingung gilt der Zusammenhang



Für die Kreisfrequenz ω0 einer **nicht gedämpften** elektromagnetischen Schwingung gilt hingegen

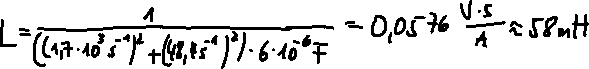


**c)** Bestimmen Sie auf Basis der bisher gesammelten Messdaten und Ergebnisse den Unterschied zwischen ω und ω0 und beurteilen Sie das erhaltene Ergebnis.

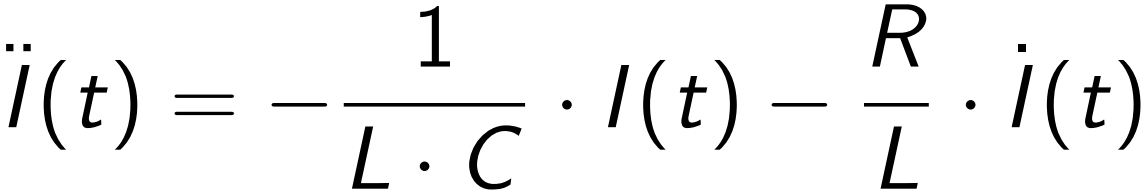


**d)** Bestimmen Sie die Induktivität L der Spule unter Verwendung der bislang erfassten Messwerte und Ergebnisse. [Kontrollergebnis: L ≈ (56 ± 2) mH ]

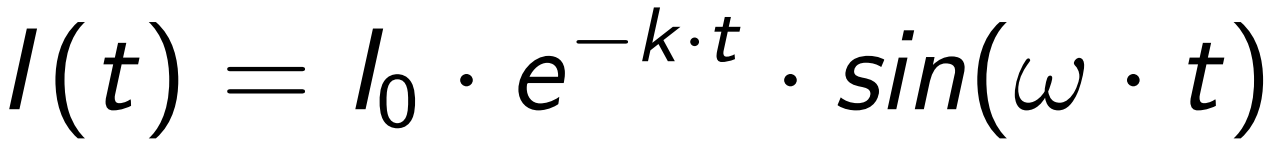
Anmerkung: Die Kapazität des Kondensators beträgt C = 6 μF.



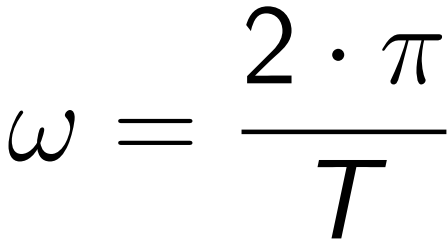
Die Beziehungen für ω und ω0 lassen sich durch theoretische Überlegungen ableiten. Die Differentialgleichung, die zu jedem Zeitpunkt I(*t)* die Funktion der Stromstärke für die gedämpfte elektromagnetische Schwingung beschreibt, lautet:



Eine mögliche Lösung dieser DGL ist folgende Stromstärke-Zeit-Funktion



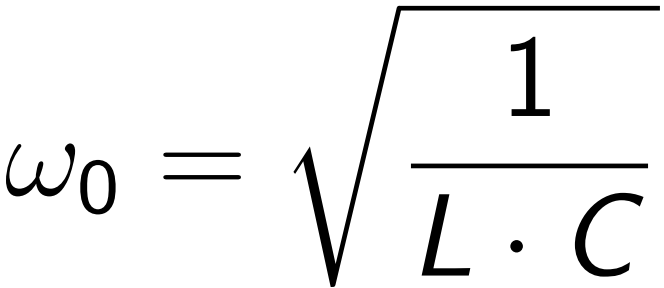
mit



**e)** Leiten Sie die zuvor genannte Differentialgleichung her, indem Sie die an den Komponenten des Schwingkreises entstehenden Spannungen sowie deren Gesamtsumme betrachten.

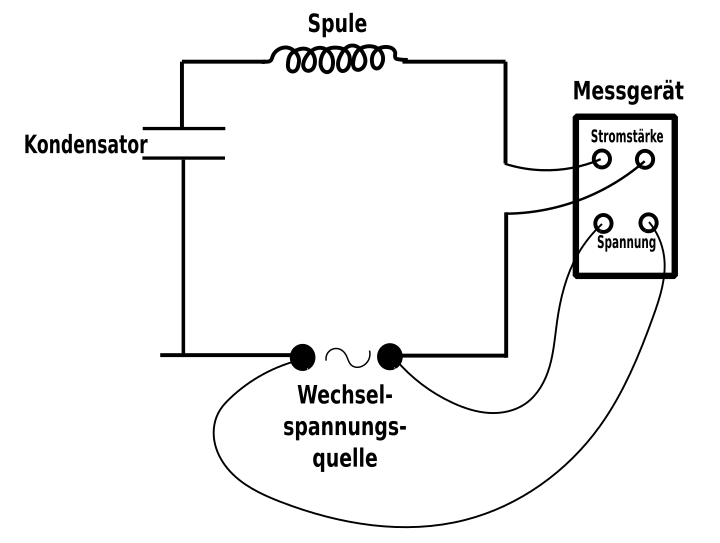


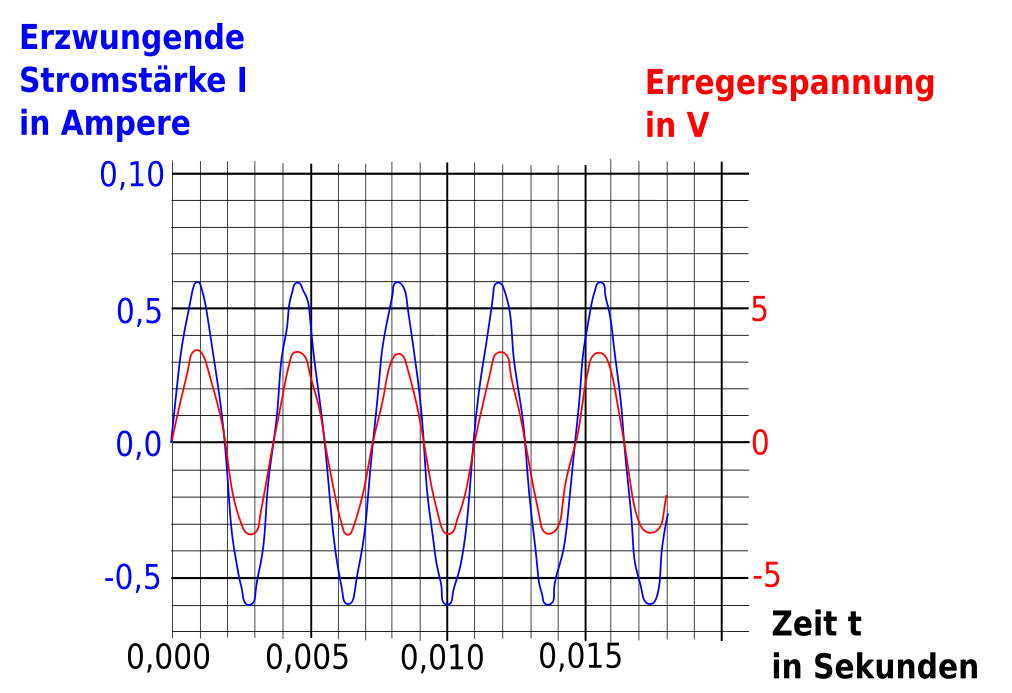
**f)** Für den Fall einer ungedämpften Schwingung (R = 0 und k = 0 s-1), leiten Sie die Beziehung



her, indem Sie die Differentialgleichung nutzen und den vorgeschlagenen Lösungsansatz für die Strom-Zeit-Funktion anwenden.



  
Um eine elektromagnetische Schwingung mit gleichbleibender Amplitude zu erzielen, ersetzt man die Gleichspannungsquelle durch eine Wechselspannungsquelle mit variabler Frequenz *f*. Die folgenden zwei Diagramme veranschaulichen die zeitlichen Verläufe der Erregerspannung *UErreger* und der durch die Erregerfrequenz *fres* induzierten Stromstärke-Zeit-Funktion *Ierzwungen* beides abgebildet in einer phasengerechten Anordnung. Hierbei steht *UErreger* für die Spannung an der Wechselspannungsquelle und *Ierzwungen*​ für die Stromstärke im Schwingkreis.



**g)** Definieren Sie die Konzepte „erzwungene Schwingung“ und „Resonanz“.

Wenn ein System, das schwingen kann (in diesem Fall ein R-L-C-Serienkreis), von einer externen Quelle (hier eine Wechselspannungsquelle) periodisch angeregt wird, beginnt es, mit der gleichen Frequenz wie die Anregung zu schwingen, nachdem es eine kurze Zeit eingeschwungen ist. Im gegebenen Beispiel schwingt die Stromstärke als Funktion der Zeit, *I*(*t*), immer mit derselben Frequenz *f* wie die erregende Spannung *U*(*t*). Die Amplitude dieser erzwungenen Schwingung, also die Amplitude von *I*(*t*), erreicht ein Maximum, wenn die Frequenz der erregenden Spannung *U*(*t*) mit der Eigenfrequenz der freien Schwingung übereinstimmt. Diesen Zustand bezeichnet man als Resonanz.

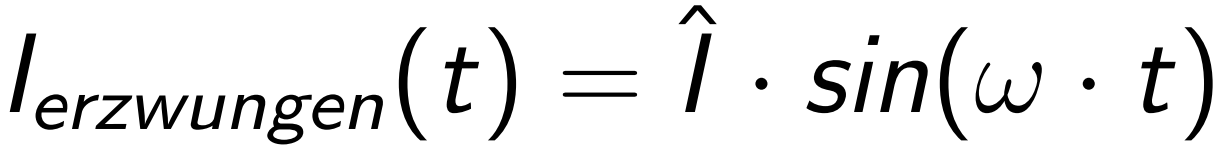
**h)** Nennen Sie mindestens ein Merkmal, das darauf hindeutet, dass das vorherige Diagramm unter Resonanzbedingungen aufgenommen wurde. Beachten Sie: Die Spule und der Kondensator sind in den Experimentieranordnungen von Aufgabe a) und g) gleich.

Bei Resonanz entsprechen sich die Frequenz *f* und die Schwingdauer *T* der erzwungenen Schwingung exakt jenen der freien Schwingung. Diese Gleichheit der Werte lässt sich direkt aus den Diagrammen in den Abbildungen a) und g) ablesen, wo für die Schwingdauer jeweils ein Wert von T =0,0036Sekunden festgestellt wird.

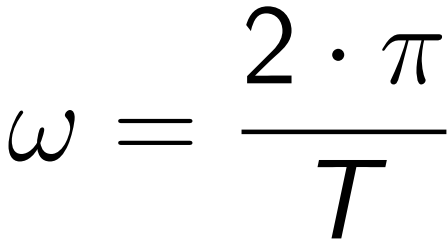
**i)** Erklären Sie, wie sich die Stromstärke *I* im vorherigen Diagramm verändert, wenn die Erregerfrequenz *f* verringert oder erhöht wird, während die Amplitude der anregenden Wechselspannung gleichbleibt.

Wenn man die Frequenz *f* der anregenden Wechselspannung stetig verringert oder erhöht, nimmt die Amplitude der erzwungenen Schwingung *I*(*t*) in beiden Situationen kontinuierlich ab. Die Amplitude erreicht ihren maximalen Wert ausschließlich im Zustand der Resonanz.

Die Funktion der Stromstärke I über die Zeit t für diese erzwungene Schwingung lässt sich mit



mit



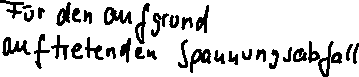
darstellen (vorherige Abbildung). Der durch die Induktivität *L* der Spule verursachte Spannungsabfall folgt der Zeitabhängigkeit



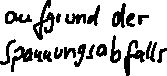
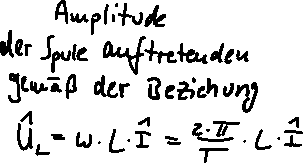
**j)** Leiten Sie die beiden vorgegebenen Beziehungen



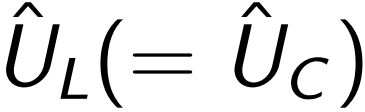
her.



**k)** Berechnungen zeigen, dass im betrachteten Resonanzfall die Amplituden von UL(t) und UC(t) identisch sind. Ermitteln Sie die Amplitude der aufgrund der Induktivität *L* der Spule hervorgerufenen Spannung UL(t) oder die Amplitude der am Kondensator auftretenden Spannung UC(t).



**l)** Deuten Sie das Ergebnis für



im Kontext des spezifischen Resonanzfalles.

Die Spannungsamplituden UL und UC liegen beide bei nahezu 60 Volt und übertreffen somit die Amplitude der Gesamtspannung (Erregerspannung), die laut Messdiagramm nur etwa 3,5 Volt beträgt, erheblich. Dies erscheint auf den ersten Blick überraschend, da in einem geschlossenen Stromkreis normalerweise die Gesamtheit der Einzelspannungen der an der Spannungsquelle anliegenden Gesamtspannung entspricht. Der Schlüssel zum Verständnis liegt jedoch darin, dass die Spannungen an UL(t) und UC(t) ihre Höchstwerte zu verschiedenen Zeitpunkten erreichen. Die Phasenverschiebung zwischen beträgt genau 180° bzw. eine halbe Periodendauer (T/2), was zur Folge hat, dass die Summe ihrer Spannungen zu jedem Zeitpunkt Null ergibt, da ihre Amplituden gleich groß sind. Dieses Phänomen, das im Resonanzfall auftritt, wird auch als Resonanzüberhöhung bezeichnet.