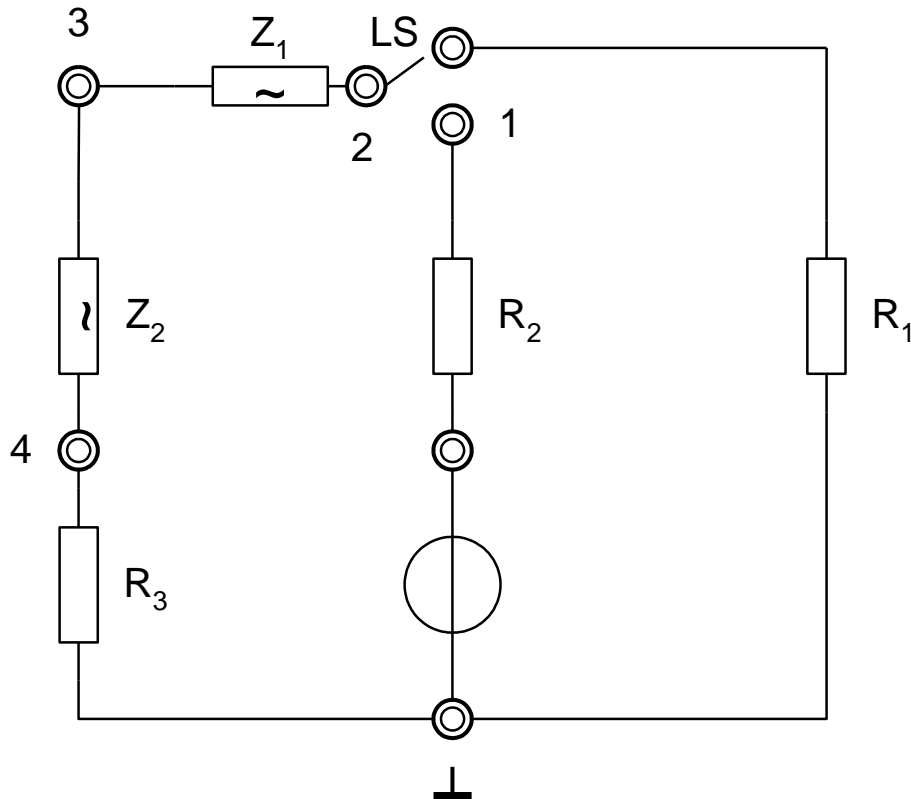


1 Organisatorisches

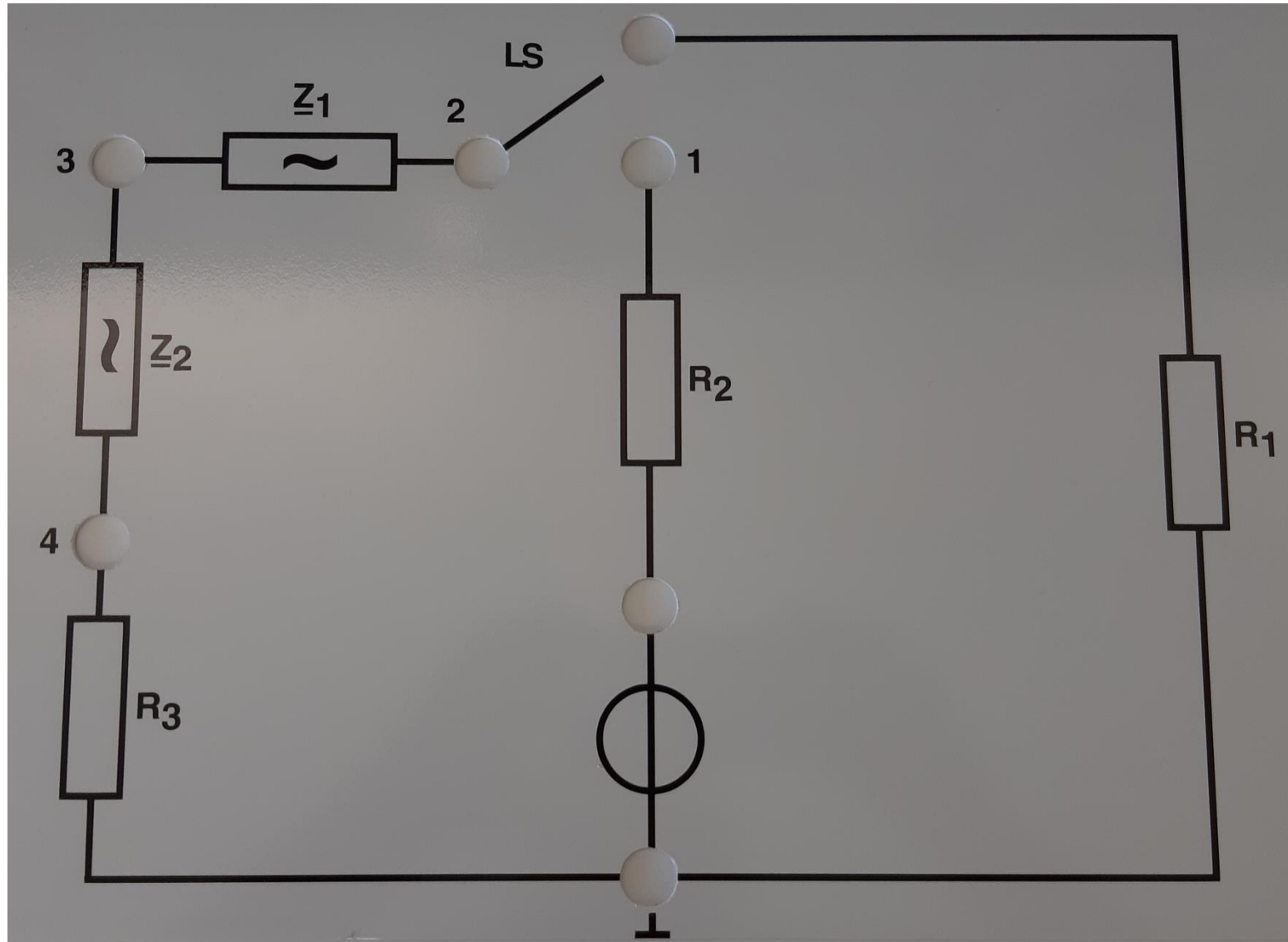
- ✓ Vorbetrachtungen
- ✓ Protokollabgabe: spätestens 2 Wochen nach Versuchsdurchführung per Mail beim Laboringenieur:
W.Menzel@hszg.de
- ✓ Dateiname: Einreichername.pdf oder Einreichername.docx (z.B. **Schmidt.pdf**)
- ✓ Protokollrückgabe: per Mail an den Einreicher
- ✓ Nachweisführung der erfolgreichen Teilnahme: durch das testierte Protokoll

Schaltvorgänge

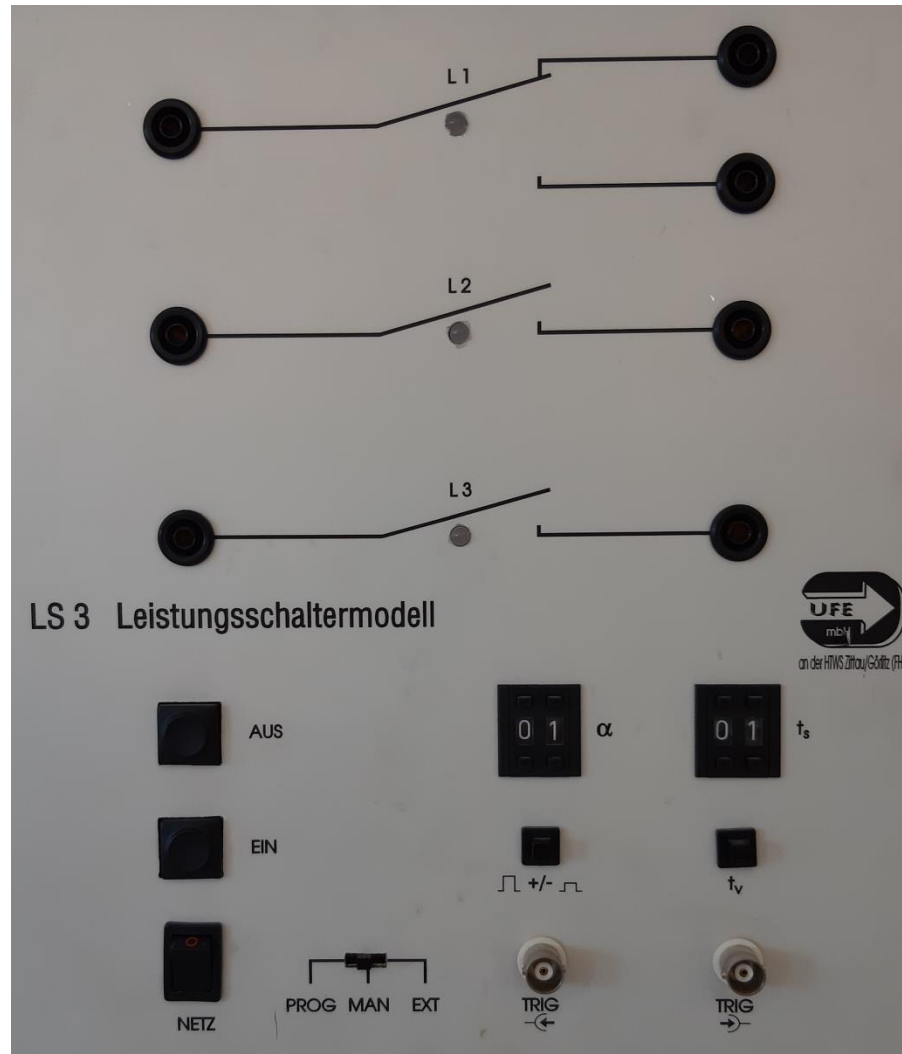


- 5.1 Schaltvorgänge am Kondensator
 - Einschalten bei Gleichspannung
 - Ausschalten bei Gleichspannung
 - Einschalten bei Wechselspannung
 (i_C (Messpunkt „4“), u_C (Messpunkt „2“) und $u_{q\sim}$ (Messpunkt „1“))
- 5.2 Schaltvorgänge an der Spule
 - Einschalten bei Gleichspannung
 - Ausschalten bei Gleichspannung
 - Einschalten bei Wechselspannung
 (i_L (Messpunkt „4“), u_L (Messpunkt „2“) und $u_{q\sim}$ (Messpunkt „1“))
- 5.3 Schaltvorgänge am Reihenschwingkreis
 - Einschalten bei Gleichspannung
 - Ausschalten bei Gleichspannung
 - aperiodischer Grenzfall
 (u_C (Messpunkt „3“) und i (Messpunkt „4“))

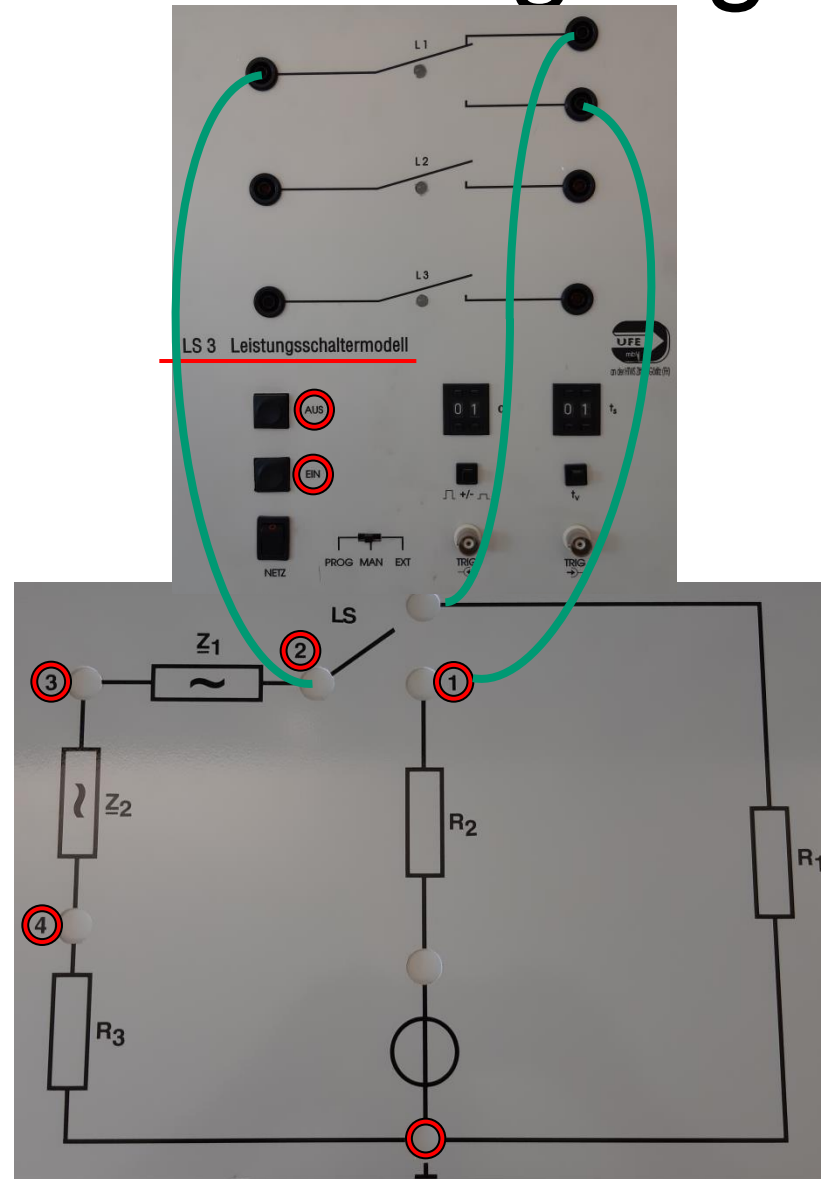
Schaltvorgänge



Schaltvorgänge



Schaltvorgänge



Spannungs-(Strom-)versorgung



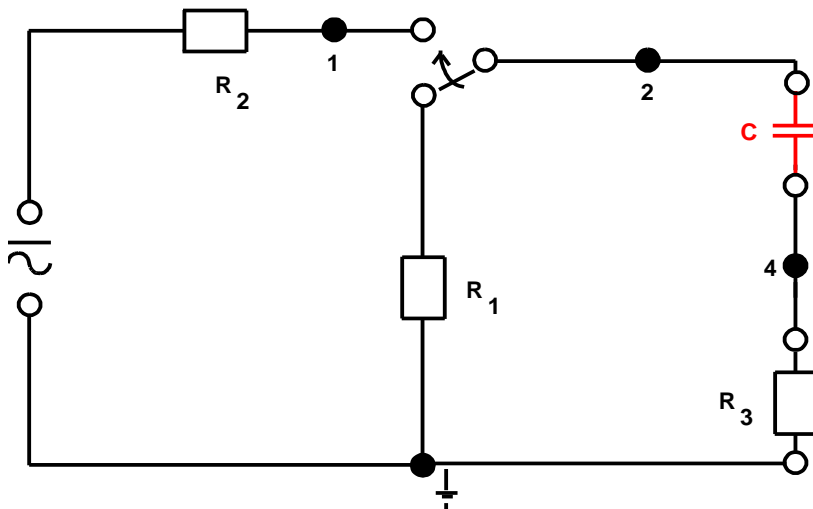
Hinweis: - 1. Netzscharter einschalten

- 2. Stromversorgung „DC“ zuschalten
- 3. Spannung „DC“ einstellen

Wird nur eine Wechselspannung benötigt, entfallen die Punkte 2 und 3!

Schaltvorgänge

- 5.1 Schaltvorgänge am Kondensator
 - Einschalten bei Gleichspannung
 - Ausschalten bei Gleichspannung
 - Einschalten bei Wechselspannung



Schaltung 1 (RC-Schaltung)

(i_C (Messpunkt „4“), u_C (Messpunkt „2“) und u_{q-} (Messpunkt „1“))

5.1 Schaltvorgänge am Kondensator

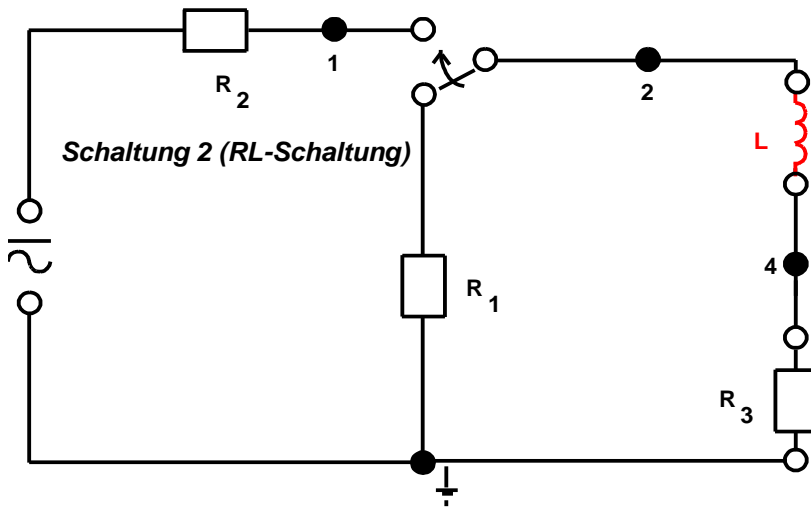
$$\underline{Z}_1 = 1/(j\omega C) \text{ mit } C = 10 \mu\text{F}$$

$$\underline{Z}_2 = 0$$

Einschalten	Ausschalten	Einschalten
Spannungsquelle: 12 V (DC)	Spannungsquelle: 12 V (DC)	Spannungsquelle: 6 V (AC)
Bauelementewerte: $R_1 = R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ $R_3 = 100 \Omega$	Bauelementewerte: $R_1 = R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ $R_3 = 100 \Omega$	Bauelementewerte: $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ $R_2 = 500 \Omega$ $R_3 = 100 \Omega$
Messbereichseinstellung am Oszillografen: Kanal A: 0,5 V/Teilung Kanal B: 5 V/Teilung Zeit: 10 ms/Teilung		Messber. am Oszillogr.: Kanal A: 2 V/Teilung Kanal B: 5 V/Teilung Zeit: 20 ms/Teilung

Schaltvorgänge

- 5.2 Schaltvorgänge an der Spule
 - Einschalten bei Gleichspannung
 - Ausschalten bei Gleichspannung
 - Einschalten bei Wechselspannung



(i_L (Messpunkt „4“), u_L (Messpunkt „2“) und $u_{q\sim}$ (Messpunkt „1“))

5.2 Schaltvorgänge an der Spule

$$\underline{Z}_1 = j\omega L \text{ mit } L = 10 \text{ H}$$

$$\underline{Z}_2 = 0$$

Einschalten

Ausschalten

Einschalten

**Spannungsquelle:
12 V (DC)**

**Spannungsquelle:
12 V (DC)**

**Spannungsquelle:
6 V (AC)**

Bauelementewerte:

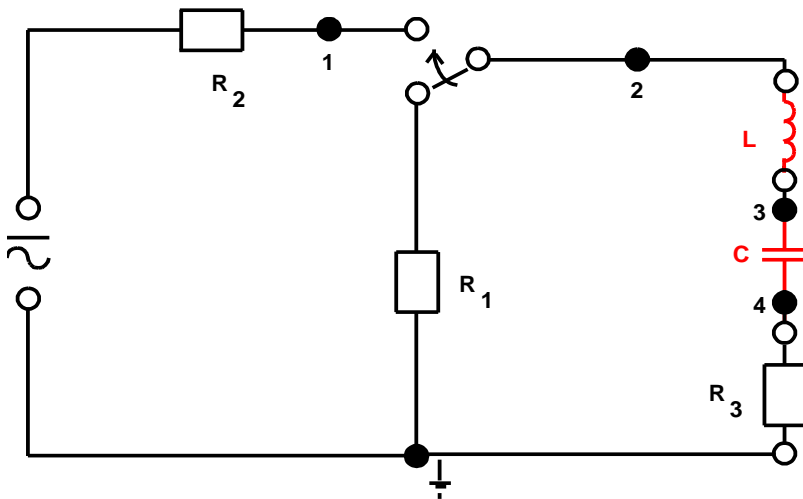
$$\begin{aligned} R_1 &= 1 \text{ k}\Omega \\ R_2 &= 500 \text{ }\Omega \\ R_3 &= 500 \text{ }\Omega \end{aligned}$$

Messbereichseinstellung am Oszillografen:
Kanal A: 2 V/Teilung
Kanal B: 5 V/Teilung
Zeit: 10 ms/Teilung

Messber. am Oszillogr.:
Kanal A: 2 V/Teilung
Kanal B: 5 V/Teilung
Zeit: 20 ms/Teilung

Schaltvorgänge

- 5.3 Schaltvorgänge am Reihenschwingkreis
 - Einschalten bei Gleichspannung
 - Ausschalten bei Gleichspannung
 - aperiodischer Grenzfall(u_C (Messpunkt „3“ und i (Messpunkt „4“)



Schaltung 3 (RLC-Schaltung)

5.3 Schaltvorgänge am Reihenschwingkreis

$$\underline{Z}_1 = j\omega L \text{ mit } L = 10 \text{ H} \quad \underline{Z}_2 = 1/(j\omega C) \text{ mit } C = 10 \mu\text{F}$$

Einschalten

Ausschalten

Spannungsquelle:
12 V (DC)

Bauelementewerte:

$$R_1 = 0 \Omega$$

$$R_2 = 0 \Omega$$

$$R_3 = 50 \Omega$$

Bauelementewerte

(aperiodischer Grenzfall):

$$R_1 = 0$$

$$R_2 \approx \dots \text{ k}\Omega$$

$$R_3 = 50 \Omega$$

Bauelementewerte:

$$R_1 = 0 \Omega$$

$$R_2 = 0 \Omega$$

$$R_3 = 50 \Omega$$

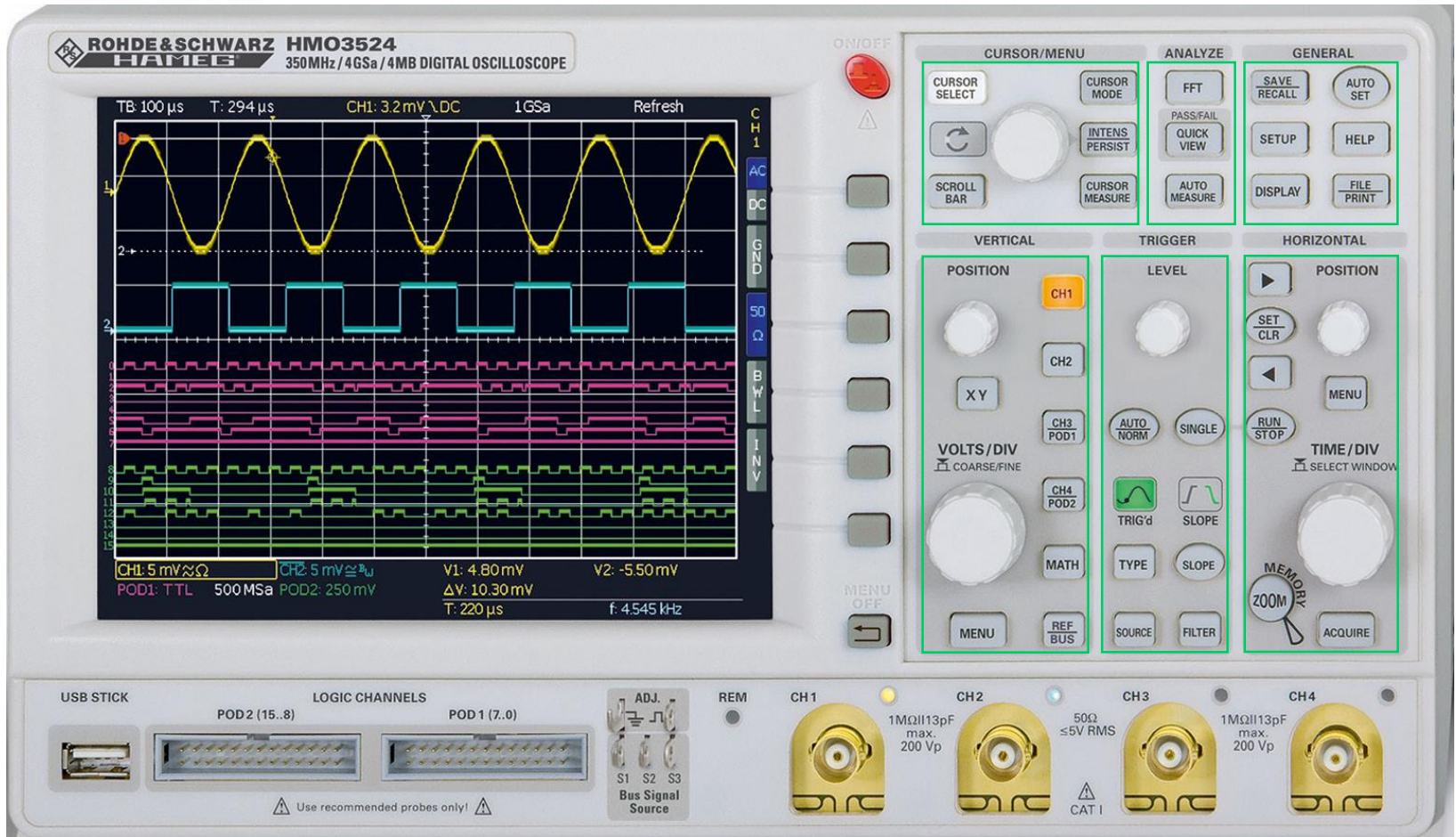
Messbereichseinstellung am Oszillografen:

Kanal A: 0,5 V/Teilung

Kanal B: 5 V/Teilung

Zeit: 50 ms/Teilung

Digital Oszilloskop HMO 2524

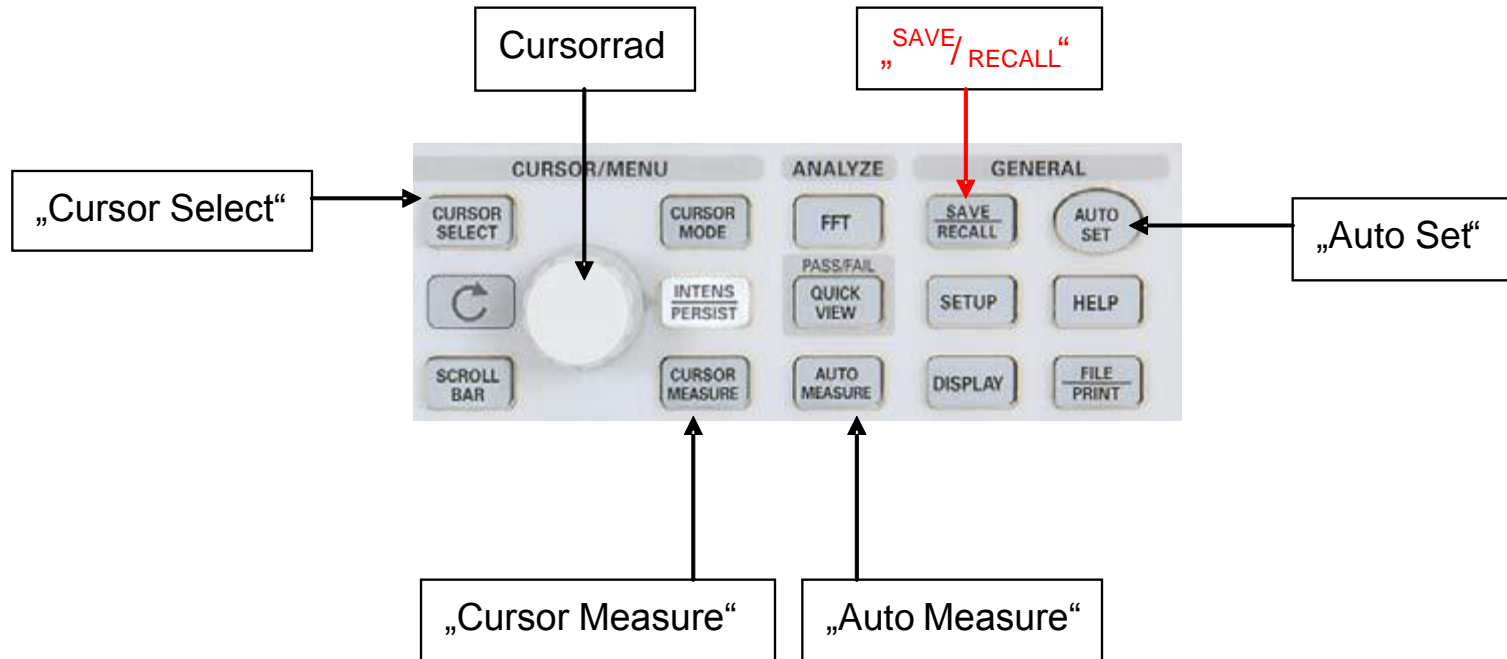


Frontansicht des HMO2524

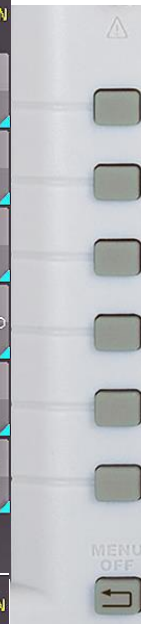
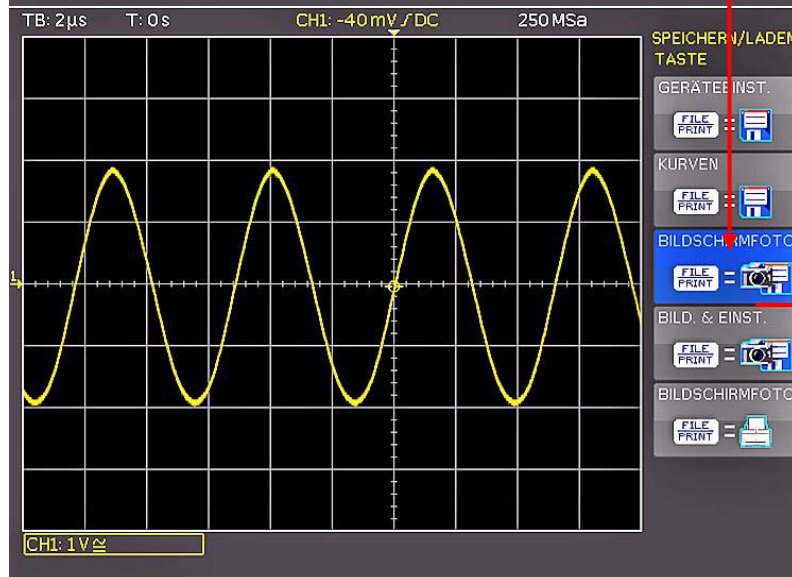
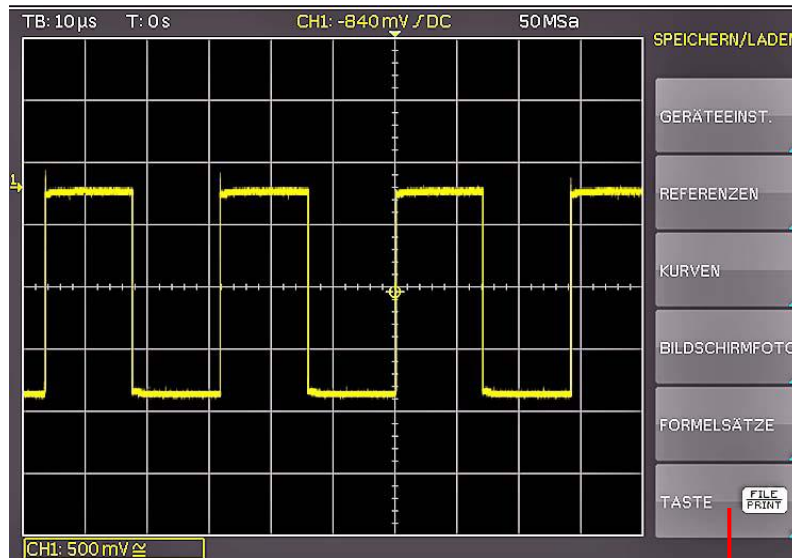
Bedienungsanleitung zum Aufruf der „setup“-Dateien für die Kennliniendarstellung und Abspeichern von Daten auf USB-Stick

Grundbedingung: USB - Stick mit FAT -Formatierung

- Stick vorn anstecken
- „^{SAVE}/RECALL“ Taste (rechts oben) betätigen



→ Menü öffnet sich

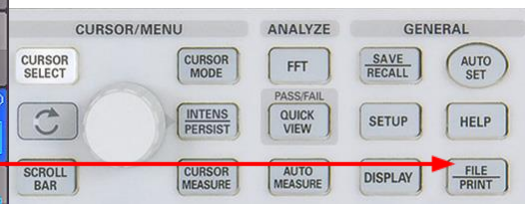


Softmenütasten

Geräteeinstellungen:
Im Softmenü GERÄTEEINST.
können die aktuellen
Geräteeinstellungen
gespeichert oder bereits
gespeicherte Einstellungen
geladen werden.

Def. Speichertaste

„Menu Off“





Triggerung

Die grundlegenden Triggermodi sind mit der Taste AUTO/NORM direkt umschaltbar. Wenn der Auto-Modus aktiviert ist, leuchtet die Taste nicht. Drückt man die Taste, so wird der NORMAL-Modus aktiviert und die Taste wird mit einer roten LED hinterleuchtet.

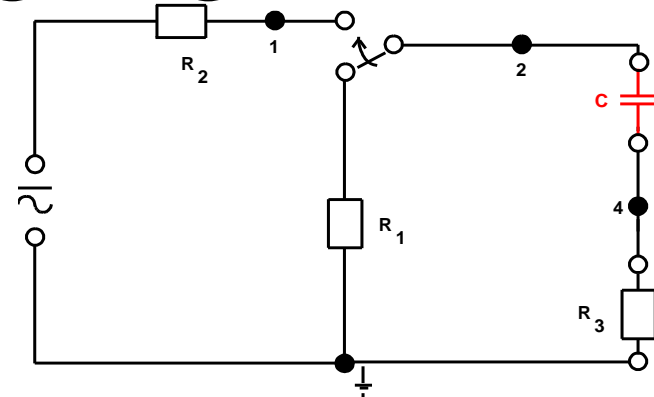
Im NORMAL-Modus wird nur dann ein Signal erfasst und dargestellt, wenn eine Triggerbedingung erfüllt wird. Wenn kein neues Signal anliegt, welches die eingestellte Triggerbedingung erfüllt, so wird das letzte getriggerte Signal angezeigt.

Möchte man sicherstellen, dass man nur ein Signal, welches die Triggerbedingung erfüllt, aufnimmt und anzeigt, so muss dieser Modus durch Drücken der Single-Taste aktiviert werden. Diese Taste leuchtet weiß, wenn der SINGLE-Modus aktiv ist. Damit ist das Erfassungs- und Triggersystem des HMO eingeschaltet und die RUN/STOP-Taste blinkt.

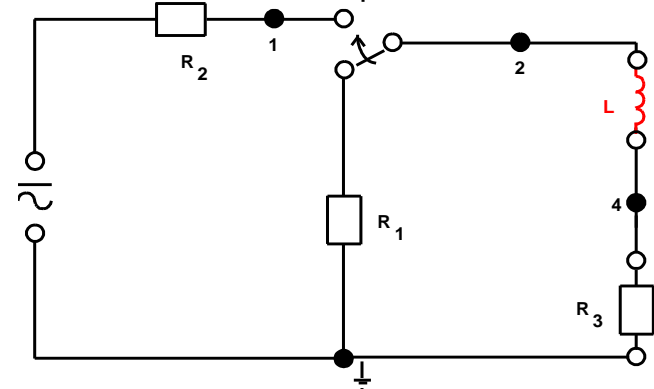
Tritt die Triggerbedingung ein, löst das Triggersystem aus, der Speicher wird gefüllt und das Oszilloskop geht anschließend in den STOP-Modus (erkennbar an dem dauerhaft roten Aufleuchten der RUN/STOP-Taste).

Schaltvorgänge

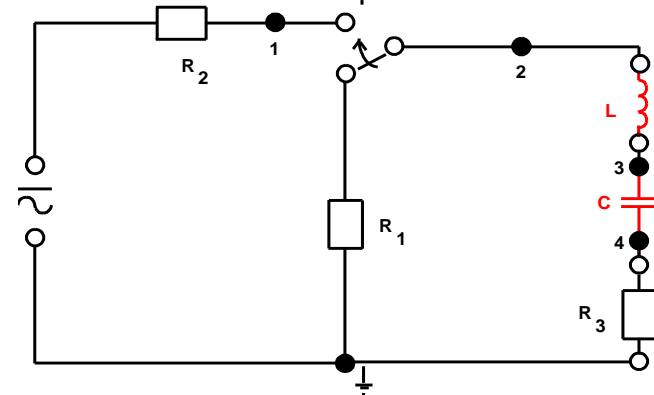
- 5.1 Schaltvorgänge am Kondensator
 - Einschalten bei Gleichspannung
 - Ausschalten bei Gleichspannung
 - Einschalten bei Wechselspannung
 (i_C (Messpunkt „4“), u_C (Messpunkt „2“) und u_{q-} (Messpunkt „1“))



- 5.2 Schaltvorgänge an der Spule
 - Einschalten bei Gleichspannung
 - Ausschalten bei Gleichspannung
 - Einschalten bei Wechselspannung
 (i_L (Messpunkt „4“), u_L (Messpunkt „2“) und u_{q-} (Messpunkt „1“))



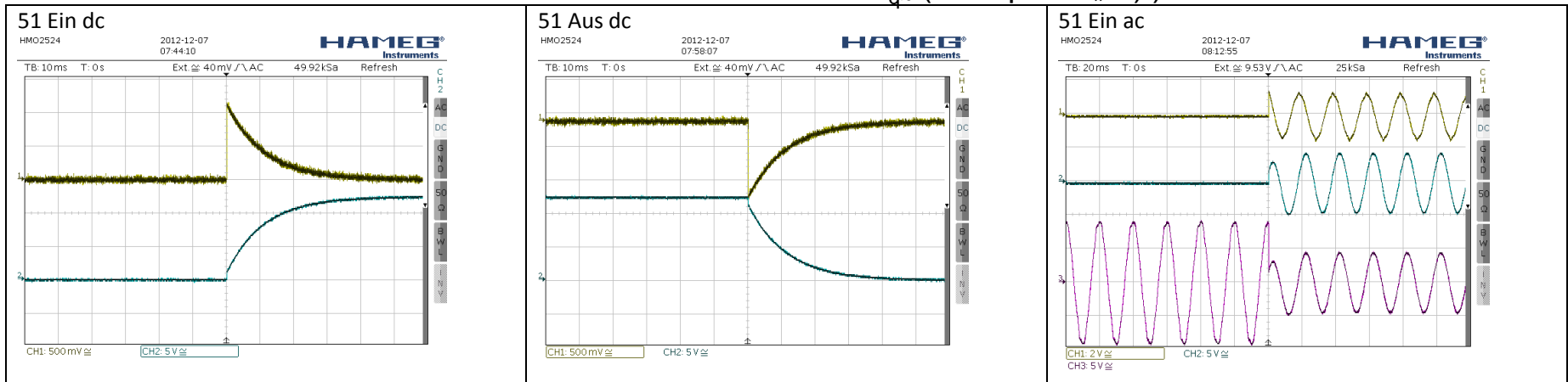
- 5.3 Schaltvorgänge am Reihenschwingkreis
 - Einschalten bei Gleichspannung
 - Ausschalten bei Gleichspannung
 - aperiodischer Grenzfall
 (u_C (Messpunkt „3“ und i (Messpunkt „4“)



Vertiefung

Schaltvorgänge

- 5.1 Schaltvorgänge am Kondensator
 - Einschalten bei Gleichspannung
 - Ausschalten bei Gleichspannung
 - Einschalten bei Wechselspannung
- (i_c (Messpunkt „4“), u_c (Messpunkt „2“) und $u_{q\sim}$ (Messpunkt „1“))



Allgemein: $\tau = R * C$

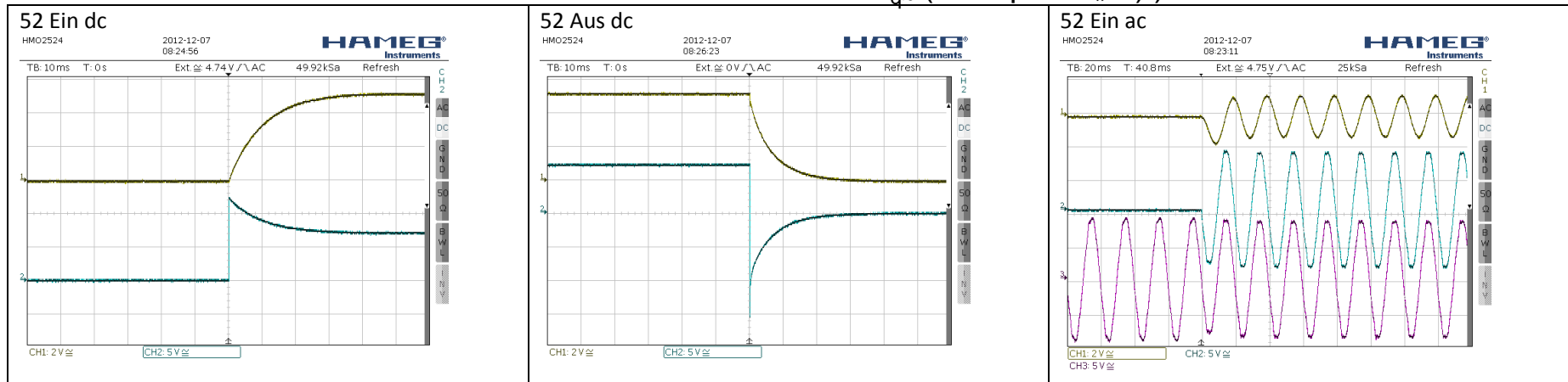
Einschalten: $\tau = (R_2 + R_3) * C =$

Ausschalten: $\tau = (R_1 + R_3) * C =$



Schaltvorgänge

- 5.2 Schaltvorgänge an der Spule
 - Einschalten bei Gleichspannung
 - Ausschalten bei Gleichspannung
 - Einschalten bei Wechselspannung
- (i_L (Messpunkt „4“), u_L (Messpunkt „2“) und $u_{q\sim}$ (Messpunkt „1“))



Allgemein: $\tau = \frac{L}{R}$

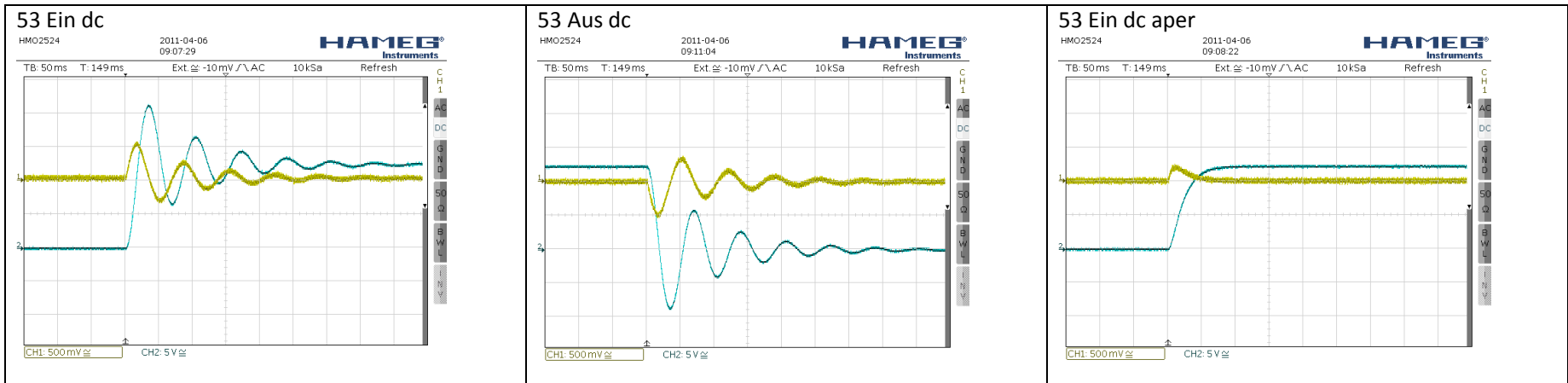
Einschalten: $\tau = \frac{L}{R_2 + R_S} =$

Ausschalten: $\tau = \frac{L}{R_1 + R_S} =$



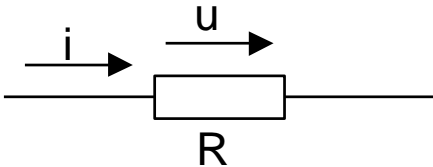
Schaltvorgänge

- 5.3 Schaltvorgänge am Reihenschwingkreis
 - Einschalten bei Gleichspannung
 - Ausschalten bei Gleichspannung
 - aperiodischer Grenzfall(u_C (Messpunkt „3“ und i (Messpunkt „4“)



Schaltverhalten der idealen Grundschaltelemente R, C, L

Schaltverhalten des Widerstandes



$$u = R i$$

$$i(t) = I \cdot 1(t)$$

$$u(t) = R I \cdot 1(t)$$

$$u(t) = U \cdot 1(t)$$

Stromsprung

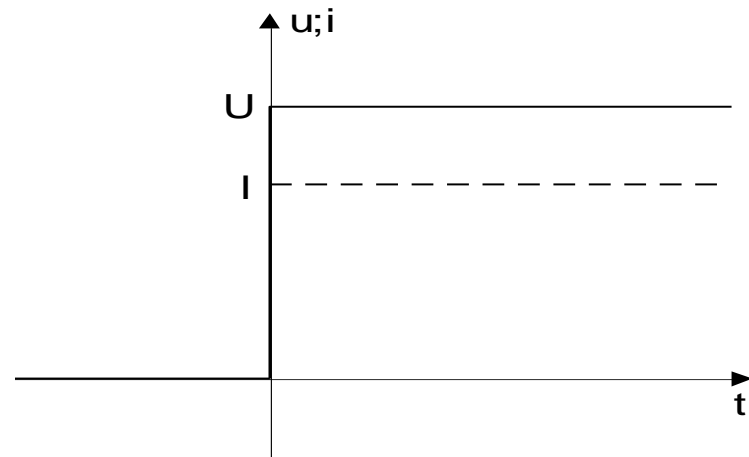
$$R I = U$$

$$i = \frac{u}{R}$$

$$u(t) = U \cdot 1(t)$$

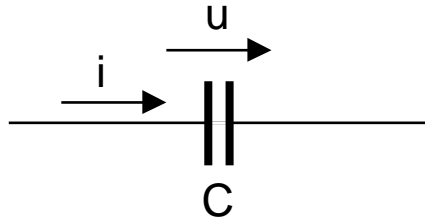
Spannungssprung

$$i(t) = \frac{U \cdot 1(t)}{R} = I \cdot 1(t) \quad \frac{U}{R} = I$$



	$t < 0$	$t = +0$	$t > 0$
i	0	I	I
u	0	U	U

Schaltverhalten des Kondensators

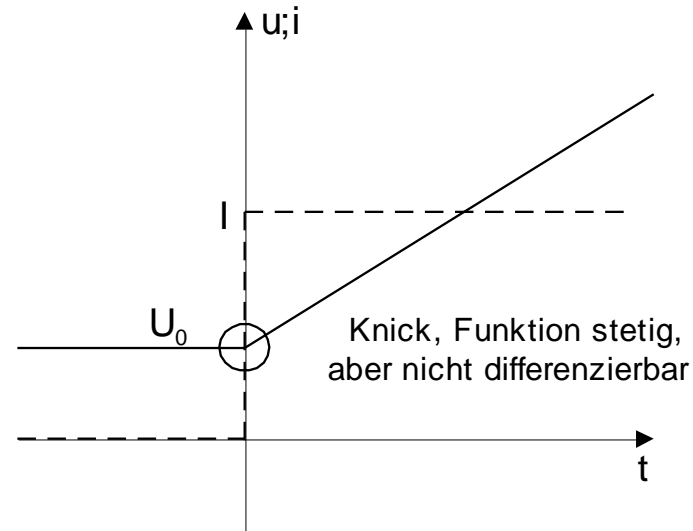


$$i = C \cdot \frac{du}{dt} \quad du = \frac{1}{C} \cdot i dt$$

$$i(t) = I \cdot 1(t) \quad \text{Stromsprung}$$

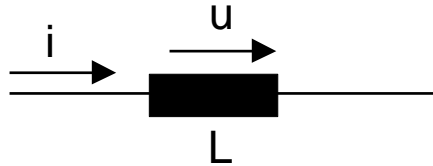
$$u = \frac{1}{C} \cdot \int_0^t i \cdot dt + U_0 = \frac{I}{C} \cdot t + U_0$$

$$u(t < 0) = u(t = +0)$$



	$t < 0$	$t = +0$	$t \gg 0$
i	0	I	I
u	U_0	U_0	$\frac{I}{C} \cdot t + U_0$

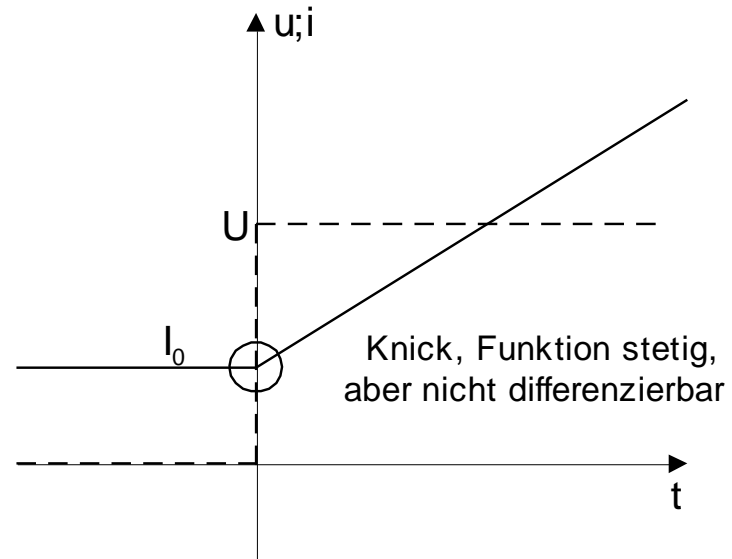
Schaltverhalten der Spule



$$u = L \cdot \frac{di}{dt} \quad di = \frac{1}{L} \cdot u dt$$

$u(t) = U \cdot 1(t)$ Spannungssprung

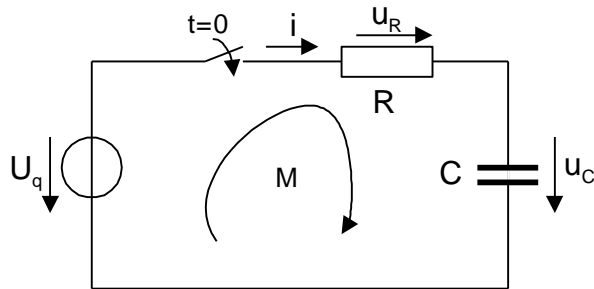
$$i = \frac{1}{L} \int_0^t u \cdot dt + I_0 = \frac{U}{L} \cdot t + I_0$$



$$i(t < 0) = i(t = +0)$$

	$t < 0$	$t = +0$	$t > 0$
u	0	U	U
i	I_0	I_0	$\frac{U}{L} \cdot t + I_0$

Lösung der Differenzialgleichungen am Beispiel der Kondensatorladung



Maschensatz für $t \geq 0$:

$$-U_q + u_R + u_C = 0$$

$$u_R + u_C = U_q$$

$$u_R = i R \quad i = C \cdot \frac{du_C}{dt} \quad du_C = \frac{1}{C} \cdot i dt$$

Spannung:

$$R \cdot C \cdot \frac{du_C}{dt} + u_C = U_q \quad \lambda = -\frac{B}{A} = -\frac{1}{RC} = -\frac{1}{T}$$

$T = RC$ Zeitkonstante (τ)

$$u_C(t) = \frac{(u_C(+0) - u_C(t=0)) \cdot e^{-\frac{t}{T}} + u_C(t=0)}$$

$$u_C(t) = \frac{(0 - U_q) \cdot e^{-\frac{t}{T}} + U_q}{\quad} \quad \underline{\underline{u_C(t) = U_q \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right)}}$$

	$t < 0$	$t = +0$	$t > 0$
i	0	$i = \frac{U_q}{R}$	0
u_R	0	U_q	0
u_C	0	0	U_q

Strom:

$$\frac{du_R}{dt} + \frac{du_C}{dt} = R \cdot \frac{di}{dt} + \frac{i}{C} = 0 \quad \lambda = -\frac{B}{A} = -\frac{1}{RC} = -\frac{1}{T}$$

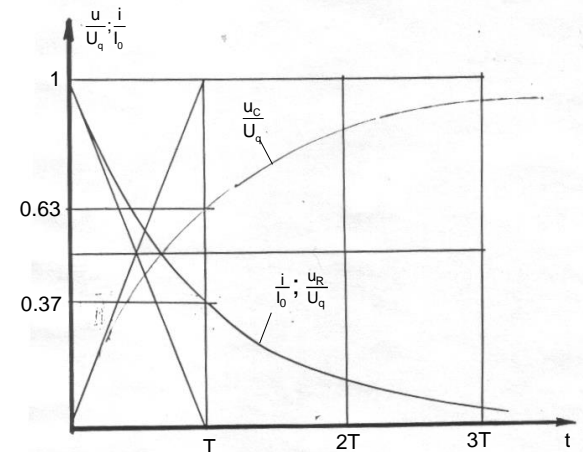
$T = RC$ Zeitkonstante (τ)

$$i(t) = \frac{(i(+0) - i(t=0)) \cdot e^{-\frac{t}{T}} + i(t=0)}$$

$$i(t) = \frac{\left(\frac{U_q}{R} - 0\right) \cdot e^{-\frac{t}{T}} + 0}{\quad} \quad \underline{\underline{i(t) = \frac{U_q}{R} e^{-\frac{t}{T}}}}$$

$$u_R(t) = i(t) \cdot R = U_q \cdot e^{-\frac{t}{T}}$$

t	0	$T = RC$	$2T$	$3T$	$5T$
$e^{-t/T}$	1	0.368	0.135	0.050	0.007
$1 - e^{-t/T}$	0	0.632	0.865	0.950	0.993



Kondensator laden, entladen, umladen 1/6 – 6/6: Vollständige Übersicht über alle Betriebsfälle

<https://www.youtube.com/watch?v=dbBqTePiuew&list=PLRaUKINSppacmhGLPYefcsr6gWPp8Hblq>

<https://www.youtube.com/watch?v=0OaQcFHxxvU&list=PLRaUKINSppacmhGLPYefcsr6gWPp8Hblq&index=2>

<https://www.youtube.com/watch?v=-OtMo6NydZQ&list=PLRaUKINSppacmhGLPYefcsr6gWPp8Hblq&index=3>

<https://www.youtube.com/watch?v=0S7PbtMrJX0&list=PLRaUKINSppacmhGLPYefcsr6gWPp8Hblq&index=4>

<https://www.youtube.com/watch?v=PNCLeTUMhz4&list=PLRaUKINSppacmhGLPYefcsr6gWPp8Hblq&index=5>

<https://www.youtube.com/watch?v=nSzCa5MEKFk&list=PLRaUKINSppacmhGLPYefcsr6gWPp8Hblq&index=6>

https://www.youtube.com/watch?v=_ejdHug95q8&list=PLRaUKINSppacmhGLPYefcsr6gWPp8Hblq&index=7

<https://www.youtube.com/watch?v=vMoAcyPMUSw&list=PLRaUKINSppacmhGLPYefcsr6gWPp8Hblq&index=8>

<https://www.youtube.com/watch?v=LIWdyZ57hco&list=PLRaUKINSppacmhGLPYefcsr6gWPp8Hblq&index=9>

<https://www.youtube.com/watch?v=fkB863sewPg&list=PLRaUKINSppacmhGLPYefcsr6gWPp8Hblq&index=10>

Spule laden und entladen

Aufladevorgang Spule, Spannung und Strom beim Einschalten | Gleichstromtechnik #18

<https://www.youtube.com/watch?v=nFEVgntHJ4o>

Entladevorgang Spule, Ausschaltvorgang, Strom und Spannung | Gleichstromtechnik #19

<https://www.youtube.com/watch?v=FGjoEKe85w4>