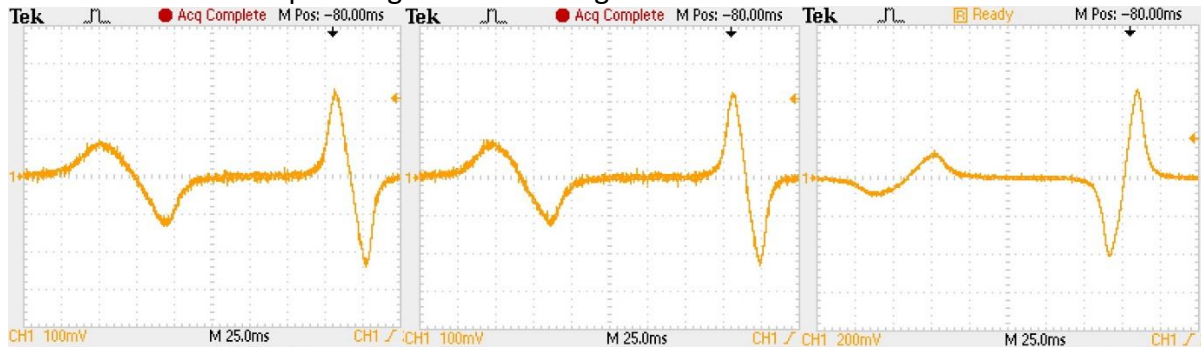


## Musterlösung zum EL2 Praktikum #02: Induktionsgesetz

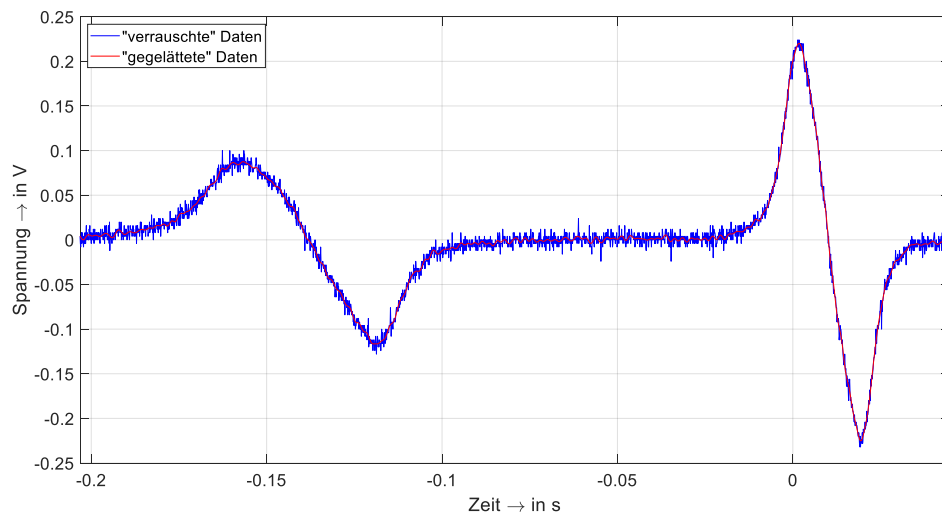
1. Die Polarität der Spannungsverläufe wird gedreht.



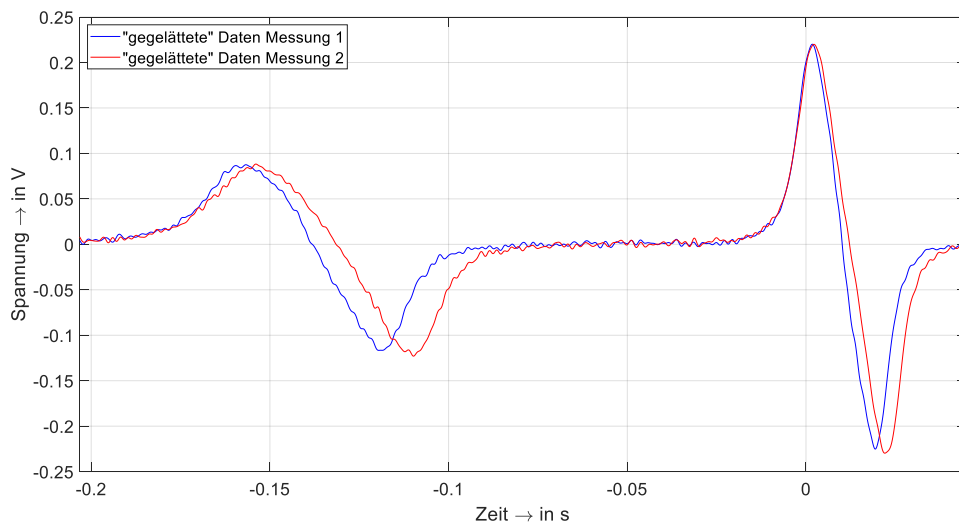
**Abbildung 1:** Links & Mitte: Messungen mit zwei Spulen à je 32 Windungen (Links: Zylindermagnet; Mitte: Quadermagnet; Rechts: Zweite Spule hat 64 Windungen (statt 32) und der Zylindermagnet wurde gedreht.

2. Die Polarität der Spannungsverläufe wird gedreht.
3. Die Spannung ist proportional zu der Anzahl Windungen.
4. Der Fluss durch die Spule ist nur abhängig vom Ort des Magneten (Geometrie), also unabhängig von der Geschwindigkeit. Bei symmetrischer Geometrie und symmetrischem Magnetfeld des Magneten muss sich die Mitte des Magneten beim Nulldurchgang der induzierten Spannung (→ «Symmetrieachse») auf der Höhe der Mitte der Spule befinden.

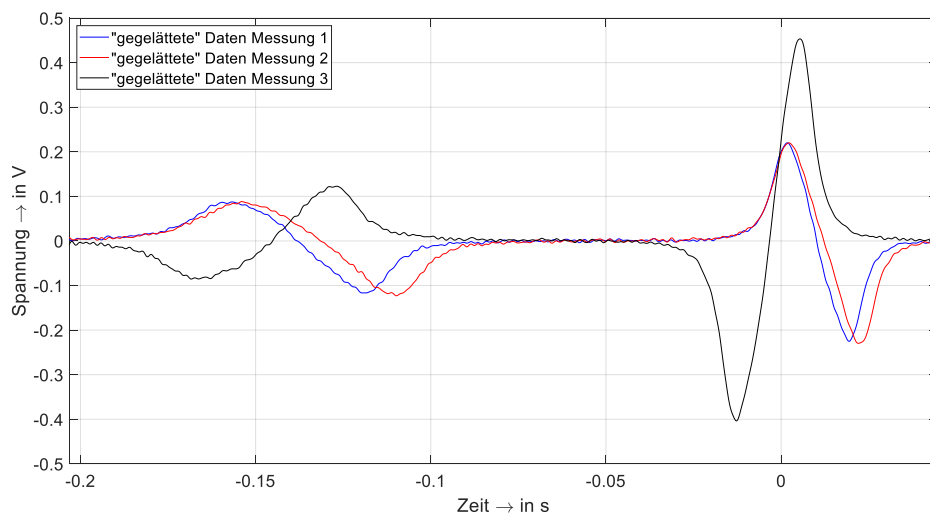
5.



**Abbildung 2:** Messung eines Spannungsverlaufs mit zwei Spulen à 32 Windungen.

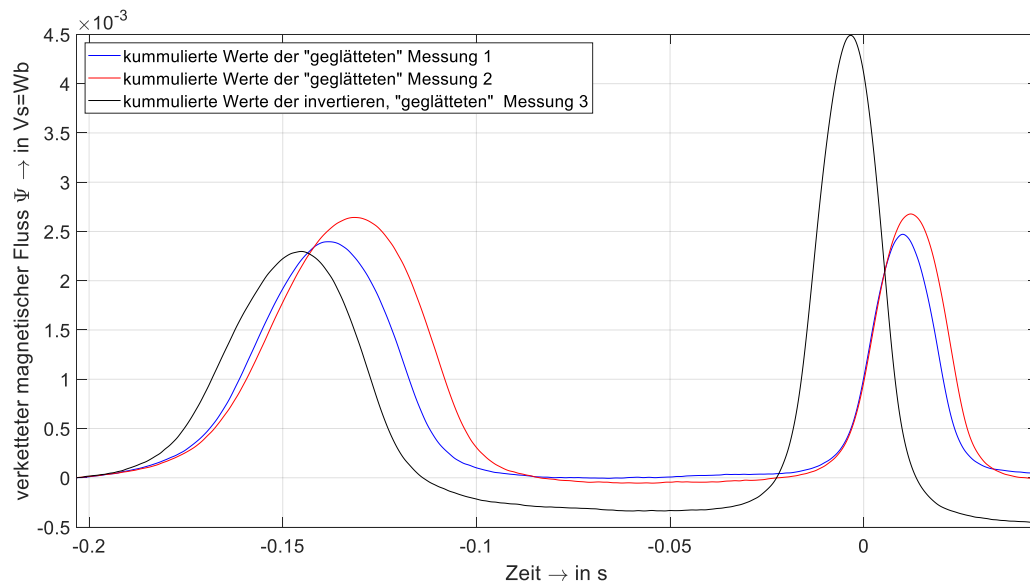


**Abbildung 3:** Zwei "identische" Messungen des Spannungsverlaufs mit zwei Spulen à 32 Windungen. Der zeitliche Versatz der beiden Messungen hängt mit dem Triggerpunkt und des Nullpunktes der Fallhöhe zusammen.



**Abbildung 4:** Messung 1 und Messung 2 sind gemäss **Abbildung 1** Abbildung 3. Bei Messung 3 wurde der Magnet umgedreht und die zweite Spule hat 64 Windungen.

6.



**Abbildung 5:** Verlauf des verketteten magnetischen Flusses  $\Psi = N \cdot \Phi$ .

Integration der Spannungs-Zeit-Kurve ergibt den Verlauf des Flusses  $\Phi$ . Der Maximalwert entspricht der Fläche unter der ersten Spannungsspitze. Da der Fluss jeweils wieder auf ca. Null zurück geht, muss die Fläche unter der zweiten (negativen) Spannungsspitze ca. gleich gross sein. Die Einheit ist Vs=Wb (Weber).

Der Wert ist ca. 2.2 mWb (und ca. 2.7 mWb) bei 32 Windungen und ca. 4.5 mWb bei 64 Windungen. Das Maximum ist gleich dem verketteten Fluss  $\Psi$  des Magneten.

7. Die Flächen unter dem positiven Spannungsverlauf der Signale der beiden Spulen sind bei gleicher Windungszahl gleich gross. Im Allgemeinen verhalten sich die Flächen proportional zur Windungszahlverhältnis (Verkettung).
8. Die magnetische Flussdichte  $B$  ist  $B = \Psi / (A \cdot N)$ , wobei  $A$  die Querschnittsfläche des Magneten ist, da das magnetische Feld nur über diese Querschnittsfläche vorhanden ist. Die Querschnittsfläche vom Zylindermagnet ist  $A = 251 \text{ (mm)}^2$  und die Fläche vom Quadermagnet ist  $A = 92.1 \text{ (mm)}^2$ . Somit ist die magnetische Flussdichte mit dem Zylindermagnet ca.  $B = 0.275 \text{ T}$  und beim Quadermagnet ca.  $B = 0.92 \text{ T}$ .
9. Die kinetische Energie ist nach ca.  $h = 30 \text{ cm}$  "freiem" Fall ca.  $W = m \cdot g \cdot h \approx 0.265 \text{ J}$  (für den 90g Magneten) und ca.  $0.118 \text{ J}$  (für den 40 g Magneten). Die elektrische Energie ist jeweils:

$$W_e = \frac{\int |u(t)|^2 dt}{R}. \text{ Bestimmen wir die Werte } W_e \text{ für die drei Messungen (Abbildung 4)}$$

erhalten wir für die beiden Messungen mit je 2 Spulen à 32 Windungen ungefähr  $W_e = 1.1 \text{ nJ}$ . Bei der Messung, wo die eine Spule 64 Windungen hatte ist der Wert ca.  $W_e = 3.2 \text{ nJ}$ . → Der elektrische Energiebezug ist gegenüber der Zunahme der kinetischen Energie vernachlässigbar.