

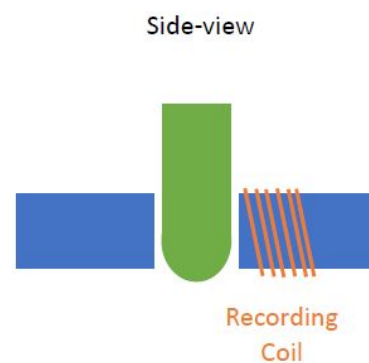
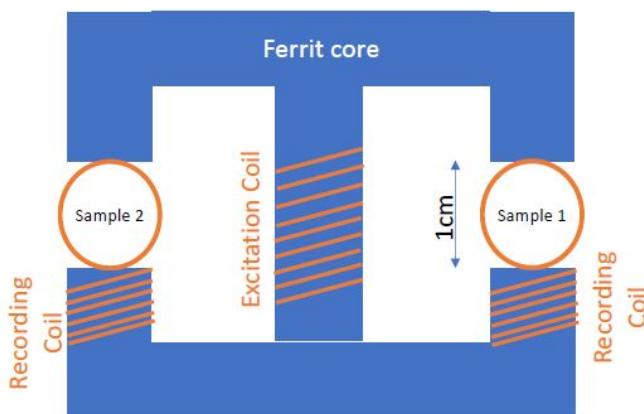
# Spektrometer für magnetische Induktionsspektroskopie (MIS)

In diesem Projekt wollen wir einen 2-Kanal-Spektrometer für magnetische Induktionsspektroskopie (MIS) für den Audio-Frequenzbereich bauen.

Wir sind Rolf Klug und Jürgen Herre, unterstützt von Reinhold Flock und Michl Tresp.

Die Idee kommt von Prof. Alexander Tournier (Univ. Witten/Herdecke), Prof. Stephan Baumgartner (Univ. Bern) und Prof. Jürgen Herre (FAU Erlangen, IIS-Fraunhofer), die damit die Eigenschaften des Wassers bzgl. magnetischem Informationsgehalt untersuchen wollen.

Die Anordnung besteht aus insgesamt 3 Spulen (einer Erregerspule und 2 Messspulen), die magnetisch durch einen E-Kern mit 3 Schenkeln so gekoppelt sind, dass der Magnetische Fluss der Erregerspule je hälftig aufgeteilt wird und getrennt durch je eine der Messspulen geleitet wird. In diesen beiden magnetischen Kreisen befindet sich jeweils unmittelbar vor der Messspule ein



Zur

Speisung der Erregerspule soll der Soundausgang eines PCs oder Notebooks o.ä. verwendet werden, damit man mit beliebigen Audio-Dateien das Magnetfeld erzeugen kann.

Zur Messwerterfassung sollen ebenfalls übliche Audio-Recorder, wie z.B. 2 Mikrofon-Eingänge von PCs oder Notebooks verwendet werden, damit man die Messdaten mit üblicher Software oder auch mit eigens programmierter Software auswerten kann.

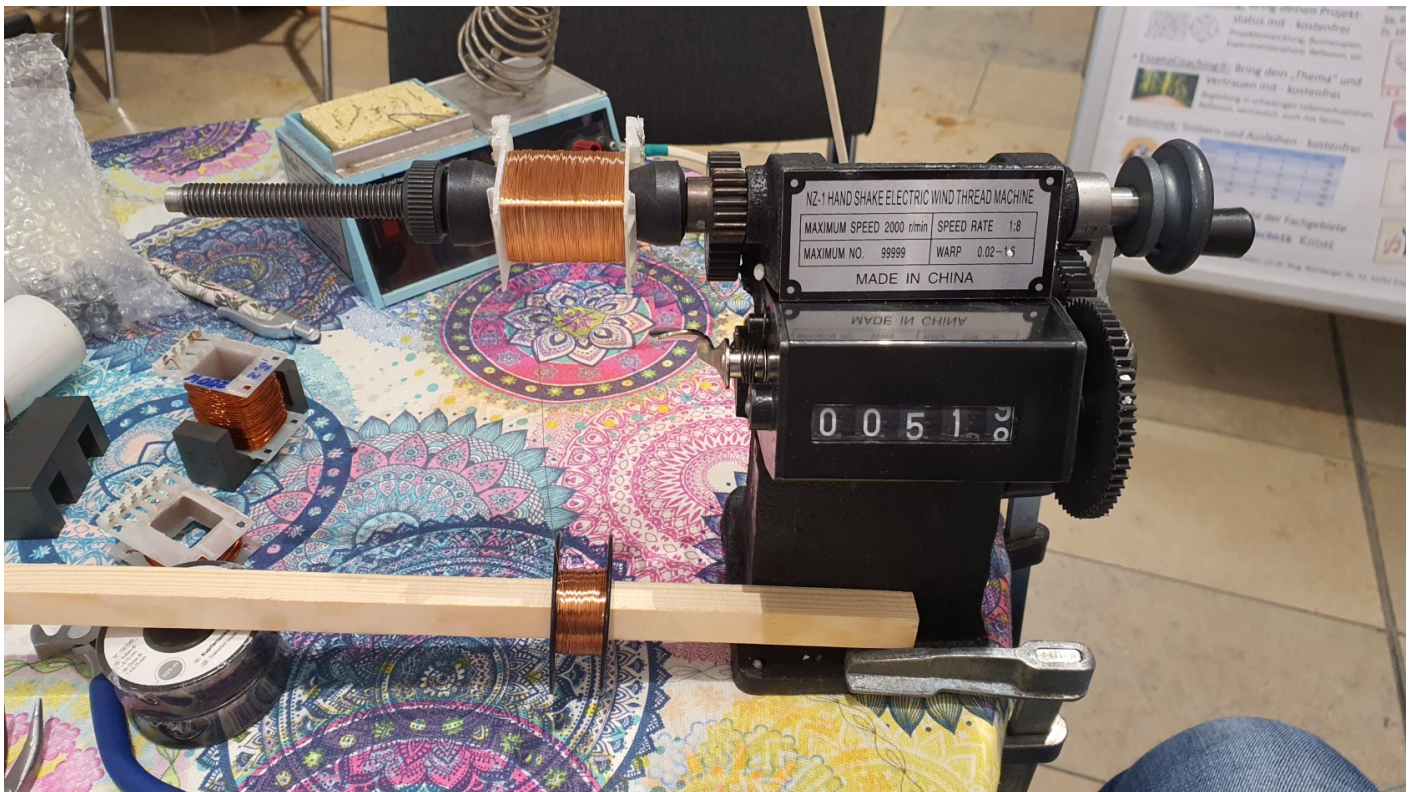
Zum Projekt gehört auch der Test bzw. die Eichung der Symmetrie der beiden Messkreise.

Im Projekt sollen die mechanischen, elektrischen und magnetischen Dimensionen experimentell variiert und geeignet festgelegt werden, mit dem Ziel, möglichst kostengünstige, handelsübliche Komponenten zu verwenden und diese anzupassen und zu kombinieren.

## Logbuch:

09.10.2023, Rolf Klug:

Gestern habe ich für den Mittelfgroßen Kern einen zweiten Satz Spulenkörper angepasst und mit 0,2mm Draht mit der Wickelmaschine von Reinhold gewickelt (Erregerspule: 1160 Wdg. 0,2mm Draht, 2 Messspulen: 580 Wdg. 0,15mm Draht).



12.09.2023, Rolf Klug:

Gestern haben Jürgen Herre und ich im ZAM die ersten Spulen-Wickel- und Induktivitäts-Mess-Versuche mit den mittelfgroßen E-Kernen gemacht. Von dem vorhandenen Draht passten 250 Windungen mit der handbetriebenen Wickelmaschine auf den Spulenkörper. Das ergab 3,2 Ohm Widerstand. Wir haben Sinus-Töne über die USB-Audio-Karte mit 100Hz, 1kHz und 5kHz im Bereich kleiner 400mV angelegt und die E-Kerne in verschiedene Positionen gebracht und jeweils Strom und Spannung gemessen. Die Audio-Karte geht bei ca. 10mA Ausgangsstrom in Begrenzung.

Experimente Rolf/Jürgen 11.9.2023					
Spulendaten:		250 Windungen 0.5mm Draht		Ohmscher Widerstand [Ohm]:	3,2
Kern	Frequenz [kHz]	Spannung [mV]	Strom [mA]	→ Scheinwiderstand [Ohm]	→ Induktivität [mH]
kein	1,00	93,00	10,00	9,30	1,39
halb	1,00	240,00	8,40	28,57	4,52
ganz	1,00	403,00	0,14	2878,57	458,14
ganz	0,10	406,00	1,37	296,35	471,63
ganz	5,00	375,00	0,02	18750,00	596,83
6mm Spalt	1,00	335,00	5,80	57,76	9,18
6mm Spalt	0,10	65,00	10,50	6,19	8,43
6mm Spalt	5,00	372,00	1,36	273,53	8,71

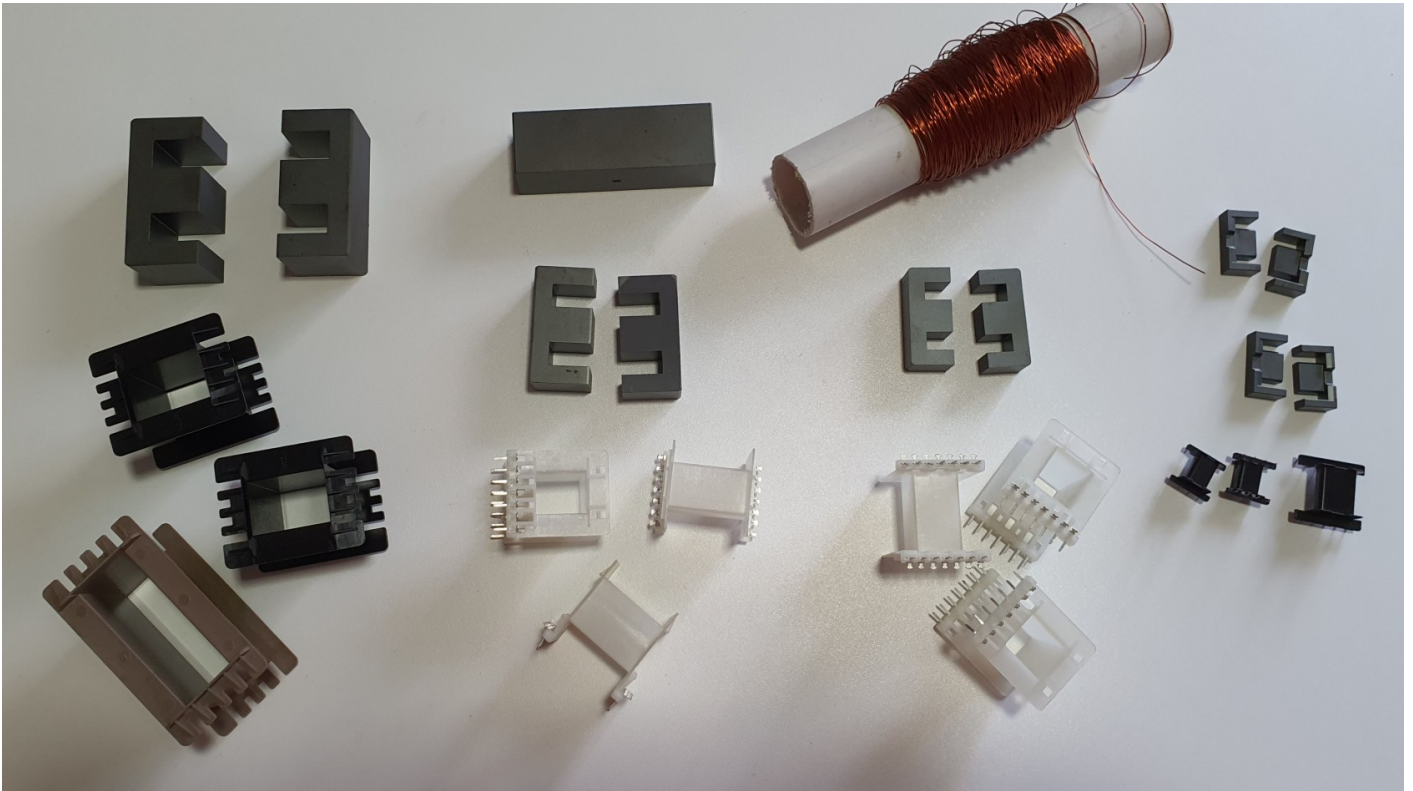
Am 08.09.2023 haben Reinhold Flock und ich die ersten Bearbeitungs-Versuche des Ferritmaterials gemacht. Beim ganz kleinen Flach-E-Kern haben wir mit dem Dremel mit Trennscheiben einen guten Schnitt und glatten Bruch erreicht. Bei dem großen I-Kern ist es uns nicht gelungen ein 21x17x12mm großes Stück herauszuschneiden. Das Ferritmaterial springt, wenn es Hitze bekommt.

Ich habe weiteres, flaches Kernmaterial bei Mouser bestellt, das sich vermutlich besser und sauberer brechen lässt. Daraus wollen wir dann einen Block 21x17x12mm zur Verlängerung des Mitteljoches aus Einzelstücken zusammenkleben. Ich habe auch bei Conrad Electronic Kupferlackdraht in den Stärken von 0.1, 0.15 und 0.2 mm bestellt, um Spulen mit etwas höherem Widerstand zu wickeln.

## 06.09.2023, Rolf Klug:

Das Material ist eingetroffen und wir starten mit dem ersten Aufbau mit den mittelgroßen E-Kernen.

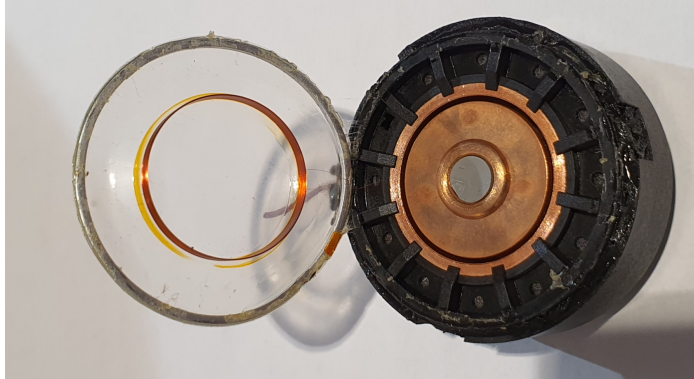
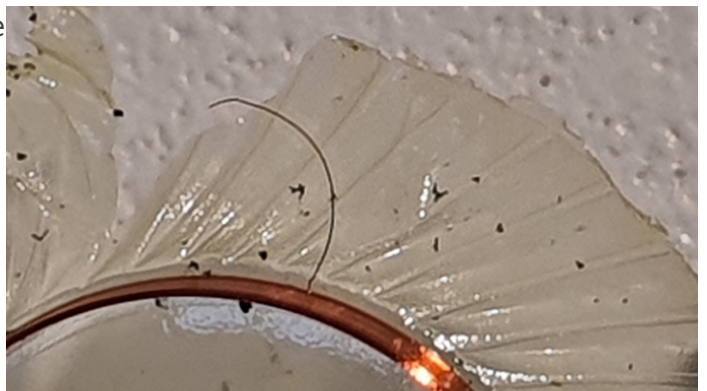




15.08.2023, Rolf Klug:

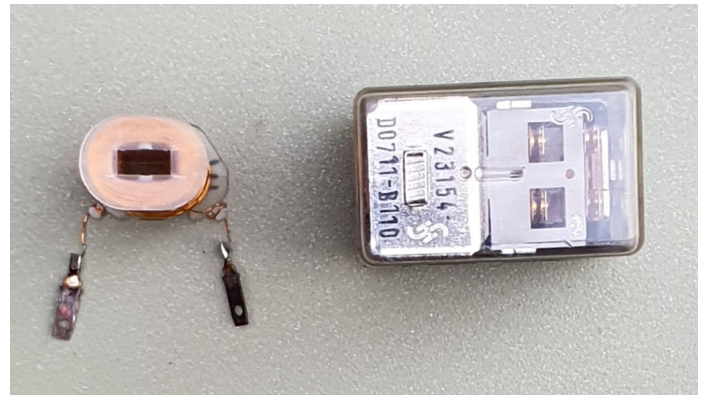
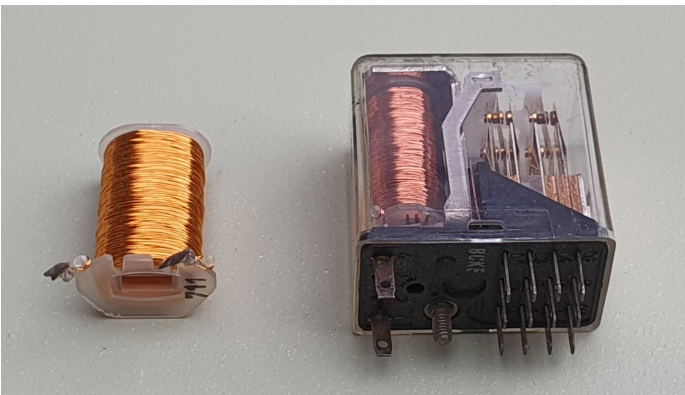
Unsere bisherigen Ideen und Recherchen bzgl. geeignetem Material ergab:

- Idee: Verwendung von Kopfhörer- oder Mikrofon-Spulen und Kombination mit einem mechanisch passenden E-Kern. Grund: Das wäre von vorn herein bzgl. Impedanz (Strom, Spannung, Leistung) kompatibel mit den Ein-/Ausgängen von Notebooks. Wir haben 2 Kopfhörerspulen und 1 Sprechfunk-Mikrofonspule seziiert/freigelegt und erkannt, dass die





- Idee: Verwendung von Relais-Spulen in Kombination mit einem geeigneten Kern, wenn man einen passenden findet. Grund: Standard-Bauteil, Leistung könnte kompatibel sein. Wir haben ein Signal-Relais zerlegt und die Spule herausgebaut. Der Relais-Kern ist so nicht verwendbar. Der Draht ist dünn, aber doch handhabbar. Der Schacht für den Kern ist nur 2,3 x 5,3 mm groß. Wir vermuten, keinen passenden Kern zu finden. => **Idee**



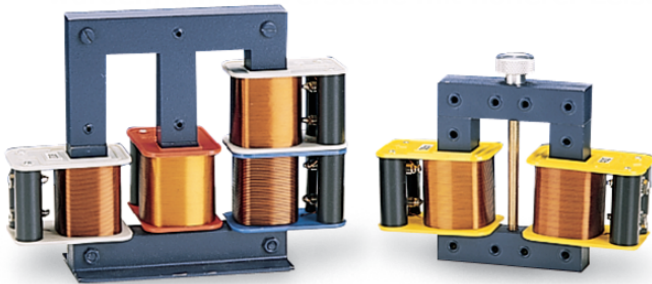
- Idee: Verwendung von Relais/Schütze vom früheren Schaltschrankbau oder Klingel-Spulen oder Elektromagnetische Aktuatoren. Diese Spulen sind etwas größer, als das o.g. Signal-Relais. **Diese Ideen wurden noch nicht weiter verfolgt. Evtl. nehmen wir das später nochmal auf.**
- Idee: Verwendung eines kleinen Drehstrom-Trafos. Entsprechende Modifikation des Kerns und der Spulen. Ein geblechter Kern wäre ausreichend für Audio-Frequenzen (es braucht nicht Ferrit zu sein). Recherche-Ergebnis: Der kleinste, verfügbare Drehstrom-Trafo hat 100 VA. Das übersteigt unsere Leistung immer noch um den Faktor 300. Unsere Leistung wird im Bereich von 200-400 mW sein. => **Idee verworfen.**



Breite: 120 mm, Gewicht: 1,75 kg

<https://www.reichelt.de/drehstromtrenntrafo-100va-400-12v-ttf-dte-100-12-p288275.html>

- Idee: Verwendung eines Trafos mit 3 Schenkeln aus dem Lehrmittel-Bedarf für Schulen. Der Kern hat ca. die selbe Größe, wie der o.g. Drehstrom-Trafo, und ist damit auch von der Leistung her zu groß. => **Idee momentan verworfen.**  
Wir würden diese Idee wieder aufgreifen, wenn wir einen Audio-Verstärker verwenden



Kern-Querschnitt: 20 x 20 mm

<https://www.pasco.com/products/lab-apparatus/electricity-and-magnetism/coils-and-cores/sf-8617>

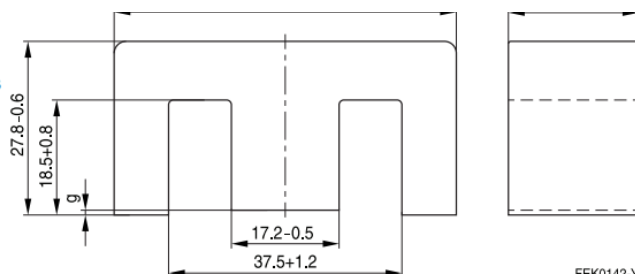
- Idee: Verwendung von Ferritkernen (EI oder EFD) und passenden Spulenkörpern. Bearbeitung des Kerns für den Luftspalt, Bearbeitung des Spulenkörpers, damit die Mess-Spulen auf die Außenschenkel passen. Wicklung der Spulen mit lackiertem Kupferdraht, ca. 0,16 mm Durchmesser. Hersteller der Kerne und Spulenkörper: TDK. Bezugsquelle:  
<https://www.mouser.de/>, z.B:  
[https://product.tdk.com/system/files/dam/doc/product/ferrite/ferrite/ferrite-core/data\\_sheet/80/db/fer/e\\_55\\_28\\_21.pdf](https://product.tdk.com/system/files/dam/doc/product/ferrite/ferrite/ferrite-core/data_sheet/80/db/fer/e_55_28_21.pdf)



■ Delivery mode:  
single units

#### Magnetic characteristics (per set)

$\Sigma l/A = 0.35 \text{ mm}^{-1}$   
 $l_e = 124 \text{ mm}$   
 $A_e = 354 \text{ mm}^2$   
 $A_{min} = 351 \text{ mm}^2$   
 $V_e = 43900 \text{ mm}^3$



Approx. weight 215 g/set

#### Ungapped

Mate- rial	$A_L$ value nH	$\mu_e$	$B_S$ mT	$P_V$ W/set	Ordering code
N27	5800 +30/-20%	1610	320 <sup>1)</sup>	< 8.00 (200 mT, 25 kHz, 100 °C)	B66335G0000X127
N87	6400 +30/-20%	1780	320 <sup>1)</sup>	< 3.80 (100 mT, 100 kHz, 100 °C)	B66335G0000X187
N97	6700 +30/-20%	1870	320 <sup>1)</sup>	< 3.34 (100 mT, 100 kHz, 100 °C)	B66335G0000X197

<sup>1)</sup> H = 250 A/m; f = 10 kHz; T = 100 °C

E 55/28/21

Accessories

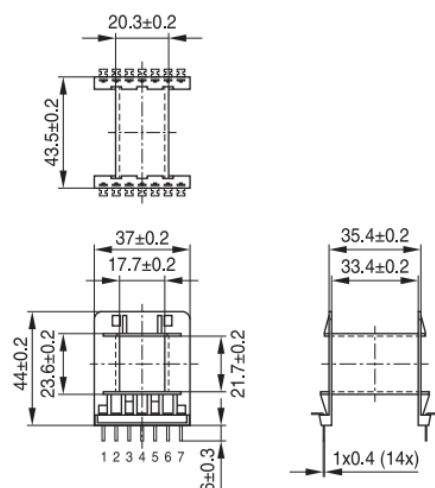
B66252

#### Coil former

Material: GFR 6 polyamide (UL 94 V-0, insulation class to IEC 60085:  
F = max. operating temperature 155 °C), color code natural  
Durethan BKV 30H [E245249 (M)], LANXESS AG

Solderability: to IEC 60068-2-20, test Ta, method 1 (aging 3): 235 °C, 2 s  
Resistance to soldering heat: to IEC 60068-2-20, test Tb, method 1B: 250 °C, 3.5 s

Se ctions	$A_N$ mm <sup>2</sup>	$l_N$ mm	$A_R$ value $\mu\Omega$	Pins	Ordering code
1	280	113	14	14	B66252B0000M001



Revision #11

Created 15 August 2023 15:13:01 by Rolf Klug

