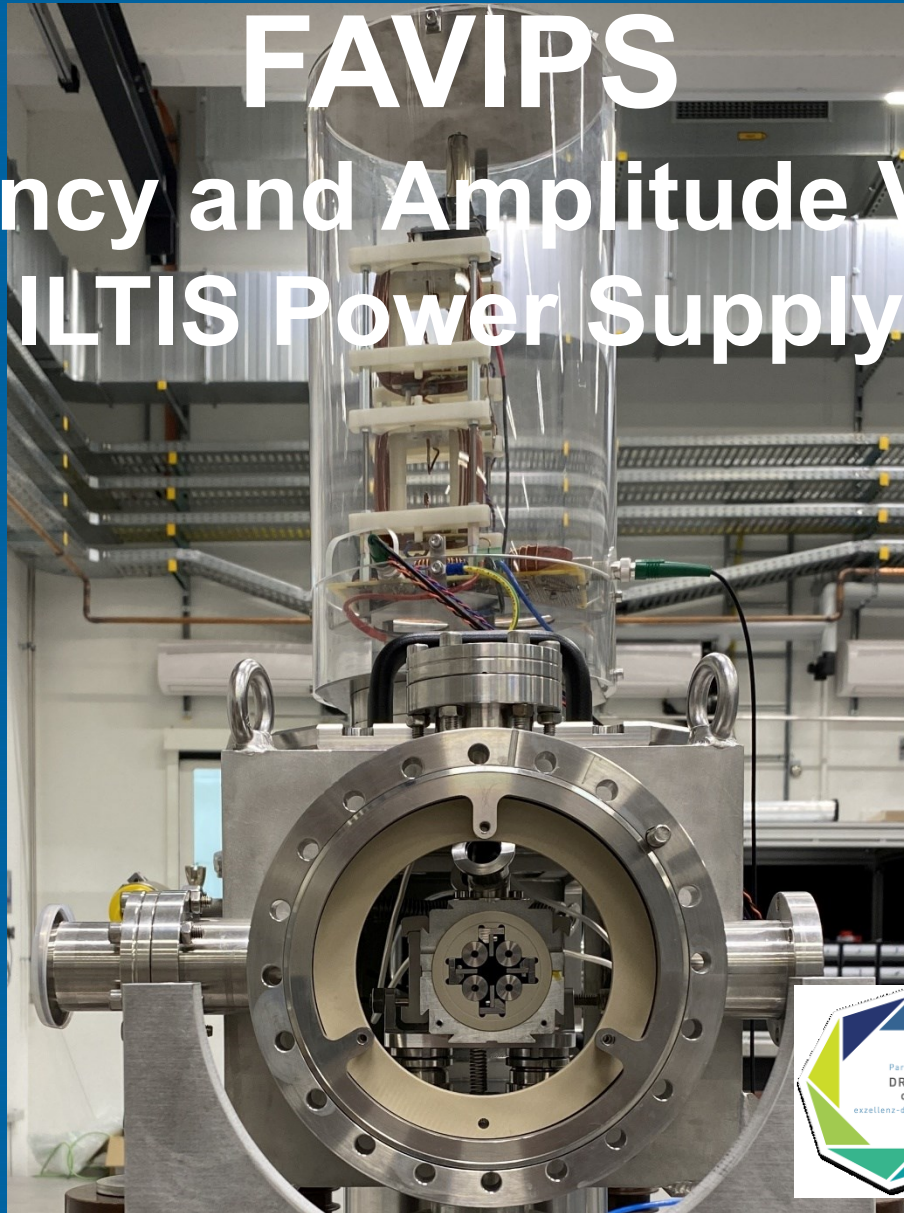


FAVIPS

Frequency and Amplitude Variable ILTIS Power Supply

Timo Kirschke
Helmholtz-Zentrum
Dresden-Rossendorf
Abteilung FWFE
t.kirschke@hzdr.de
24.03.2025



HZDR

HELMHOLTZ
ZENTRUM DRESDEN
ROSSENDORF

FAVIPS – Inhalt

- FAVIPS – wozu?
 - Aufgaben
 - bisherige Lösung
- Teilentwicklungen
 - Schwingkreis
 - Spannungsmessung
- Funktionsprinzip
 - Baugruppen
 - Funktionen
- Fragen

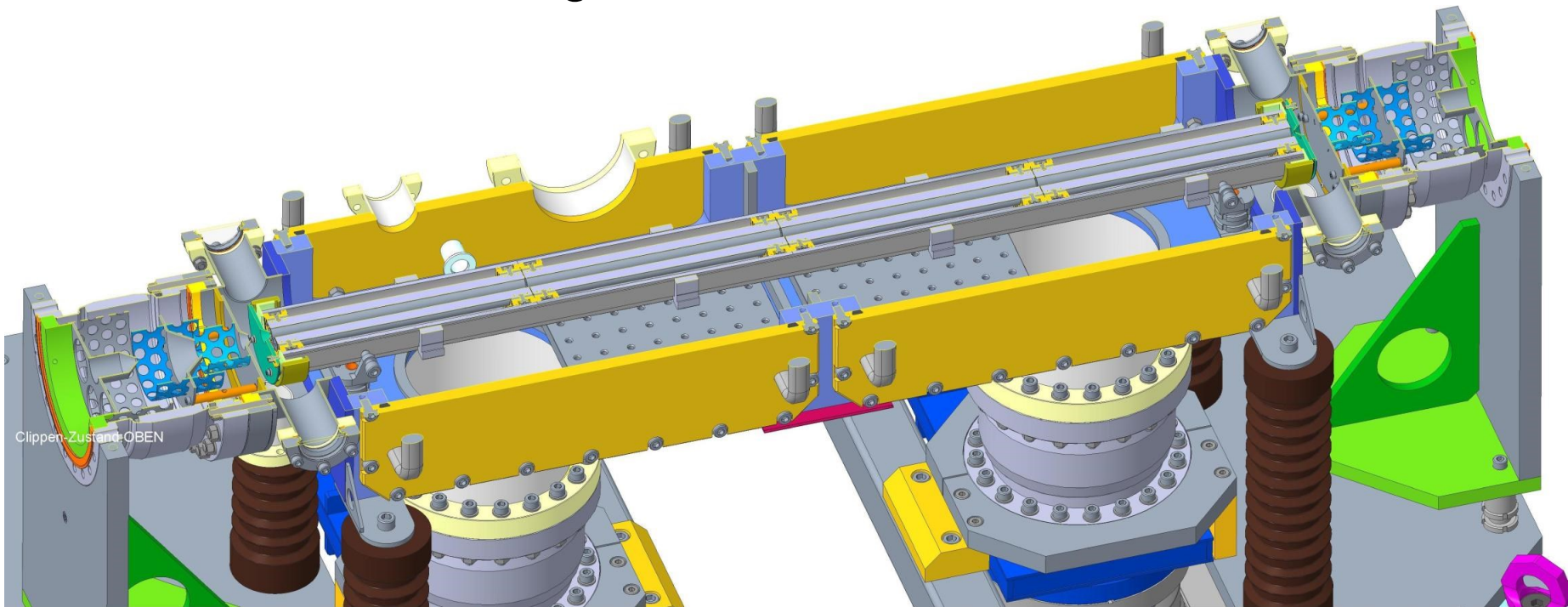
FAVIPS – Aufgaben

- Versorgung des Quadrupols (QP) mit Wechselspannung
- Spannungsbereich $(50\text{Vpp}) < V_{\text{AC}} < 1000\text{Vpp}$
- Frequenzbereich $1\text{MHz} \leq f \leq 6\text{MHz}$
- Dauerbetrieb möglich, für evtl. Langzeitversuche
- Frequenzeinstellung möglichst kleinteilig, ggf. analog
- Monitorausgang 1:100 oder 1:1000 für Oszi (Spannungsmessung am QP)
- QP mit Ansteuerung liegt auf Hochspannung $\sim 30\text{kV}$
- Steuerung über SPS/Kontrollsystem (realisiert von Markus Meyer, Jonas Gorgis, FWFI)

ILTIS – Ion Linear Trap for Isobar Suppression innerhalb der AMS-Anlage HAMSTER

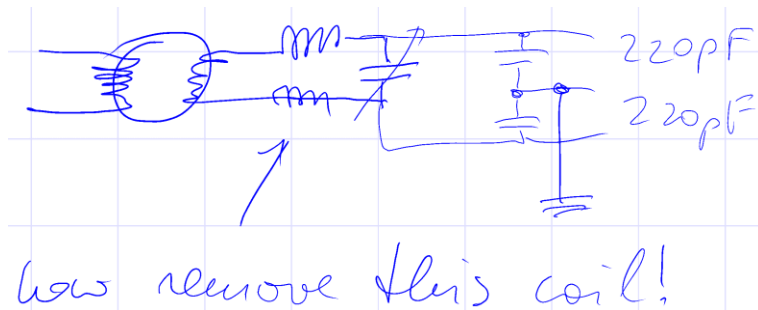
Design: Stefan Findeisen, FWFM

QP: 4 Segmente elektrisch parallel, in Al-Trägerrohr,
PEEK-Isolatoren, abgedichtet



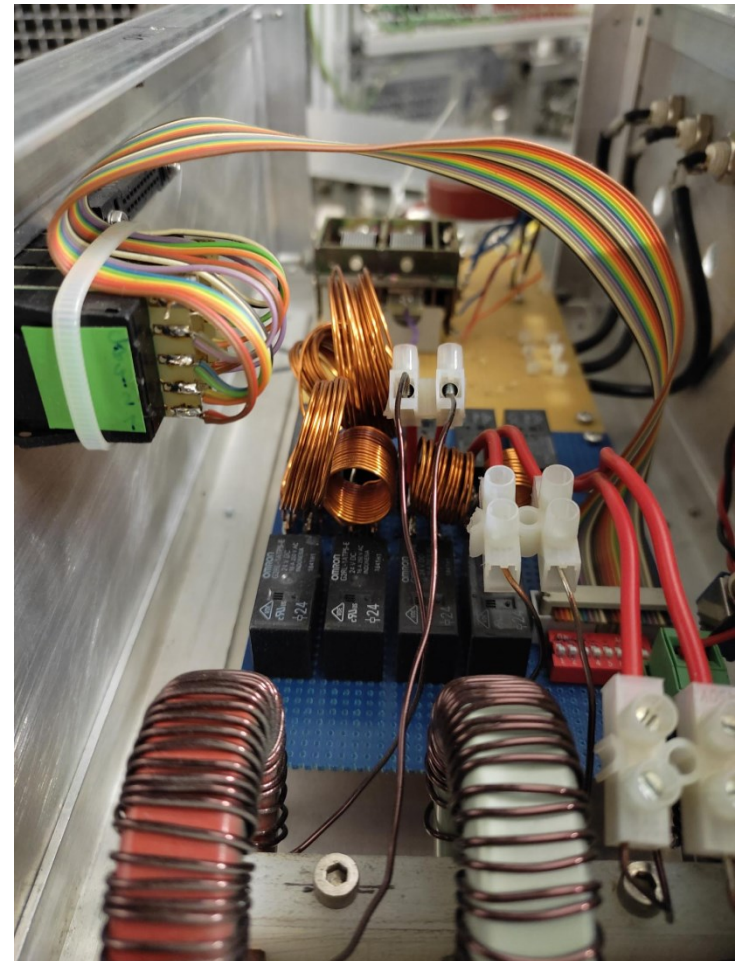
Bisherige Anwendung – VERA (TU Wien)

- Vorschlag vom Anwender:
RF-Generator → RF-Verstärker
→ Trafo → Schaltinduktivitäten
→ RFQ

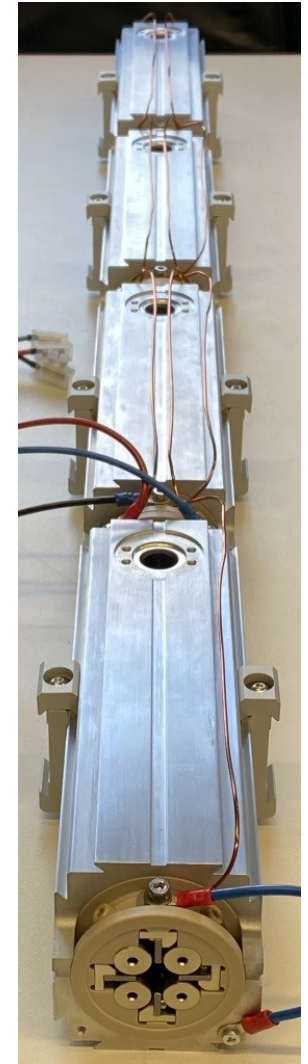
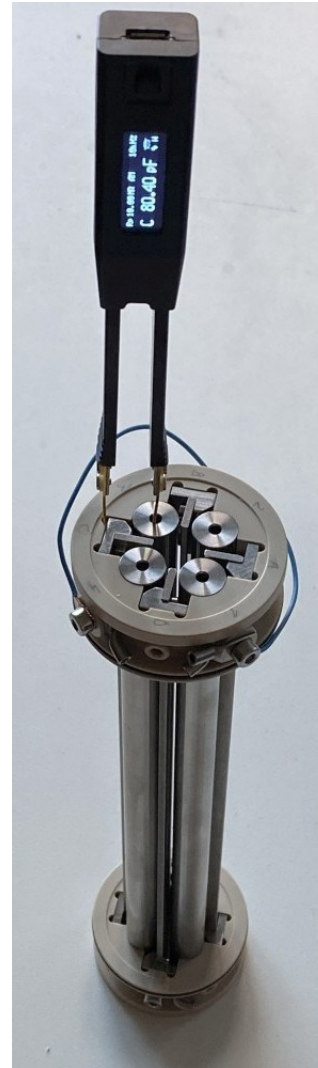
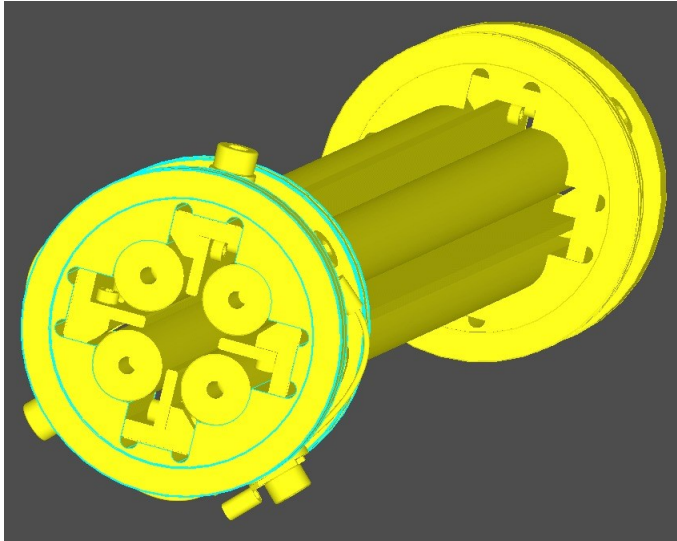


Nachteile:

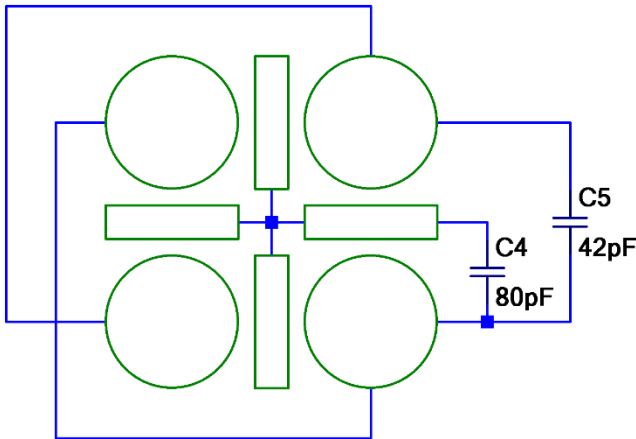
- endliche Frequenzauflösung (Quantisierung)
- viele RF-belastete Relaiskontakte



Quadrupol – effektive Kapazität 1

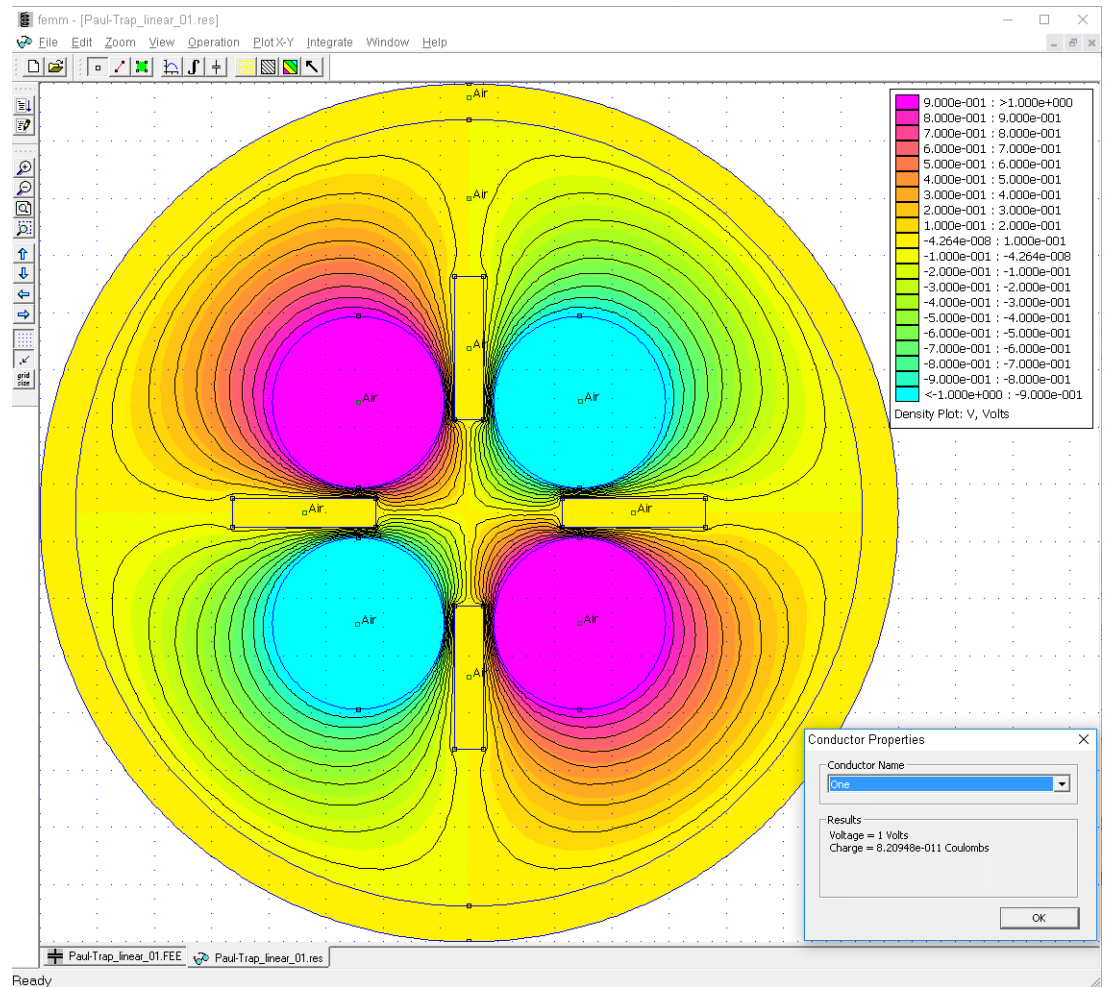


Quadrupol – effektive Kapazität 2

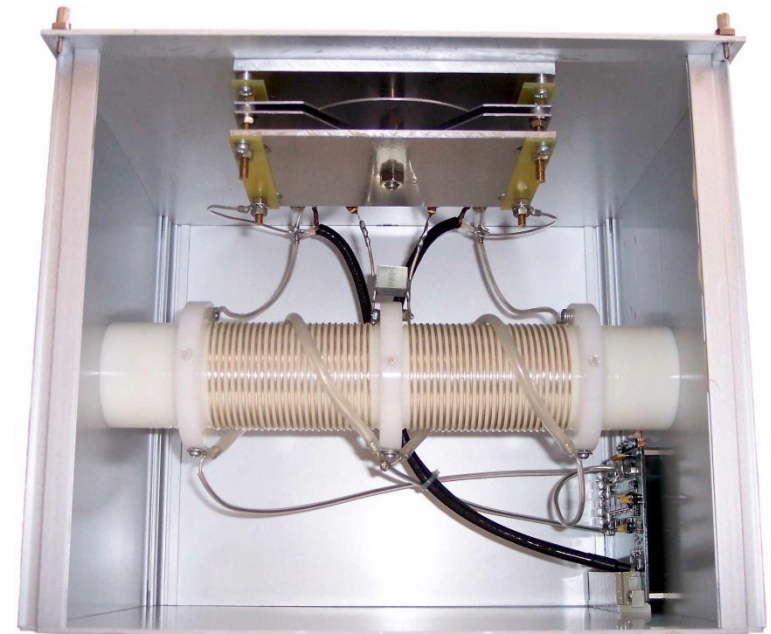
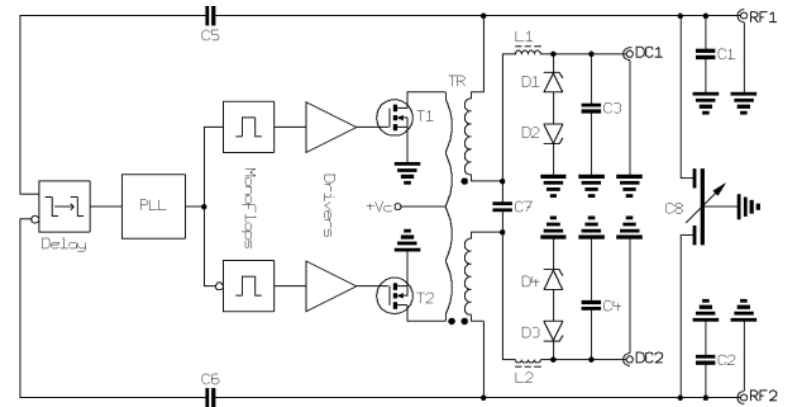
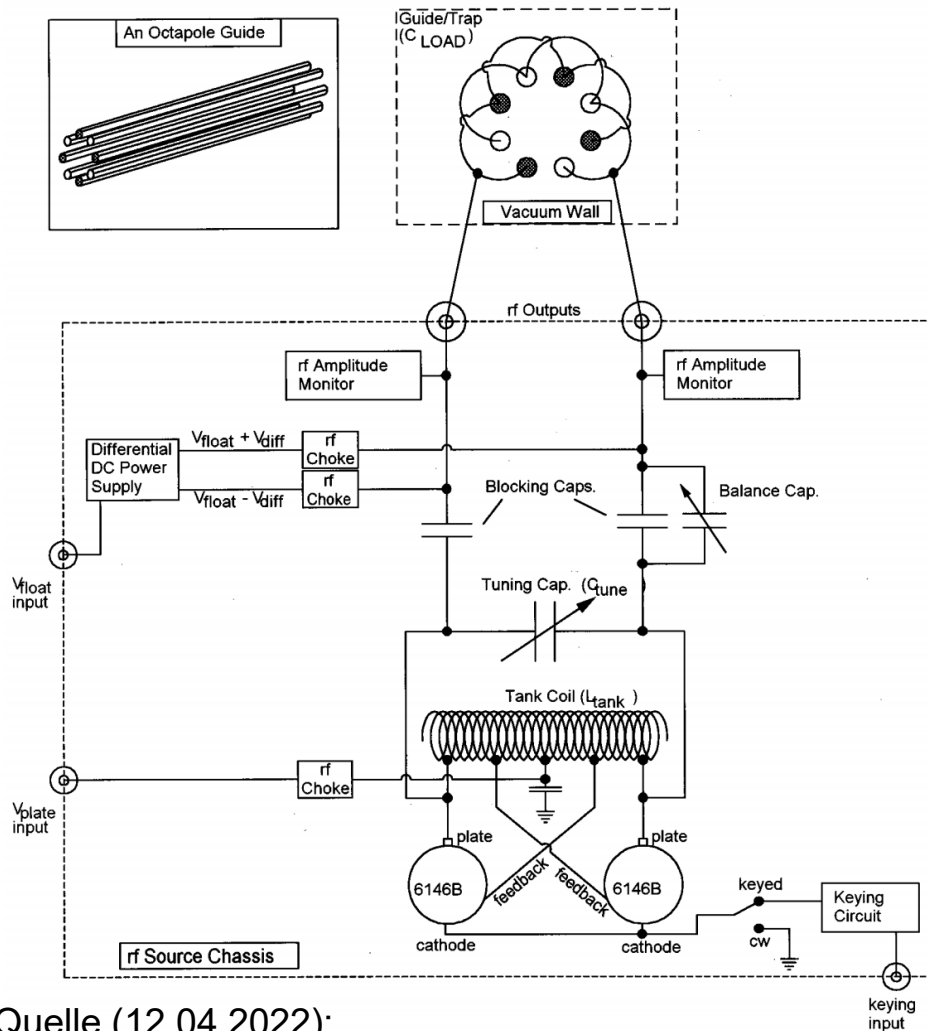


Quadrupol-Länge
1 Teil = 236,5mm

Gesamtkapazität
(alle 4 Segmente
elektrisch parallel):
 $4 * 82\text{pF} = 328\text{pF}$.



FAVIPS – Ansteuerung: z.B. Baxandall – Osc.



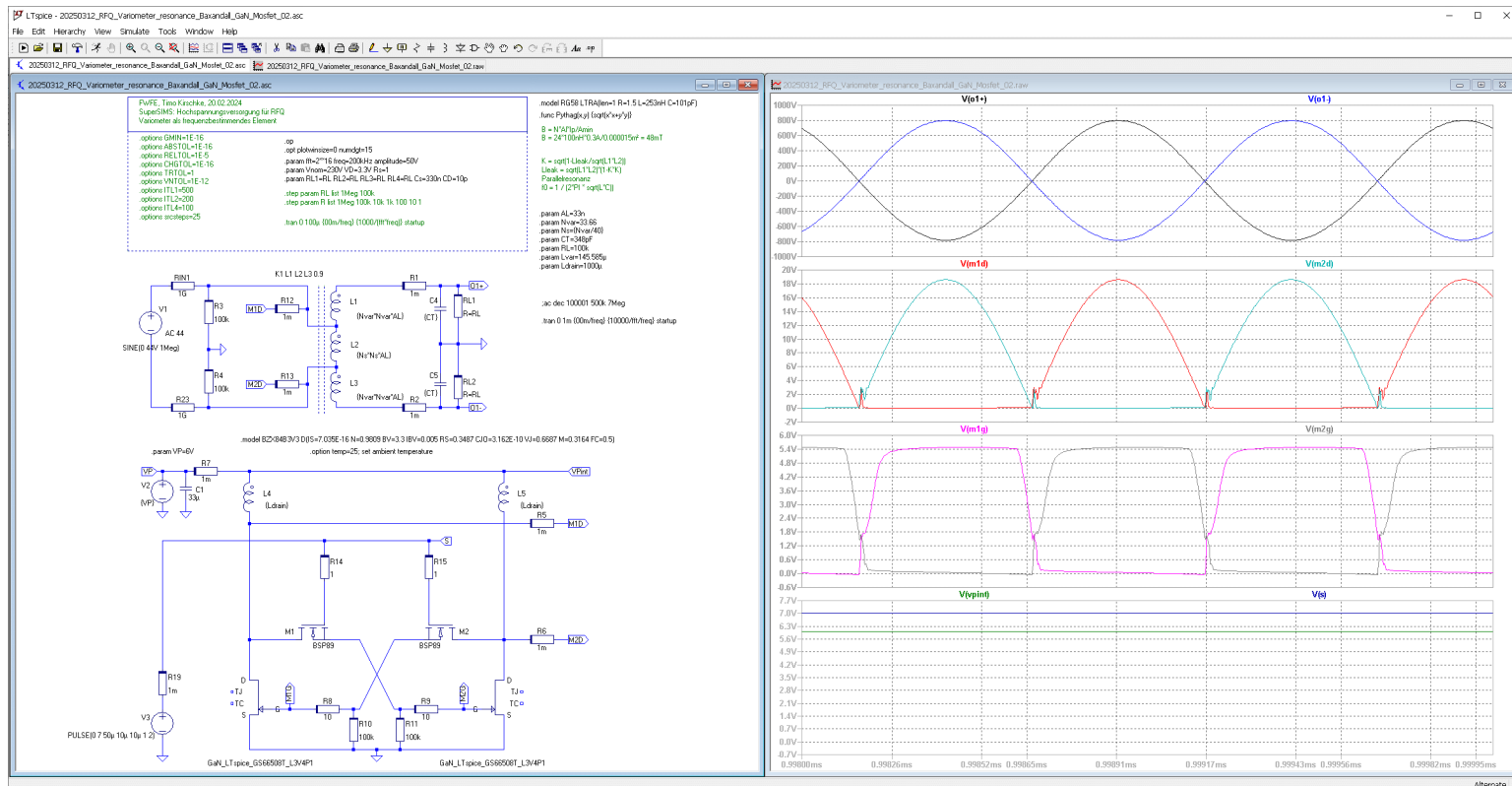
Quelle (12.04.2022):
https://www.researchgate.net/publication/228669416_Compact_radio-frequency_power_supply_for_ion_and_particle_guides_and_traps

Quelle: CGC Instruments, Ivo Cermak

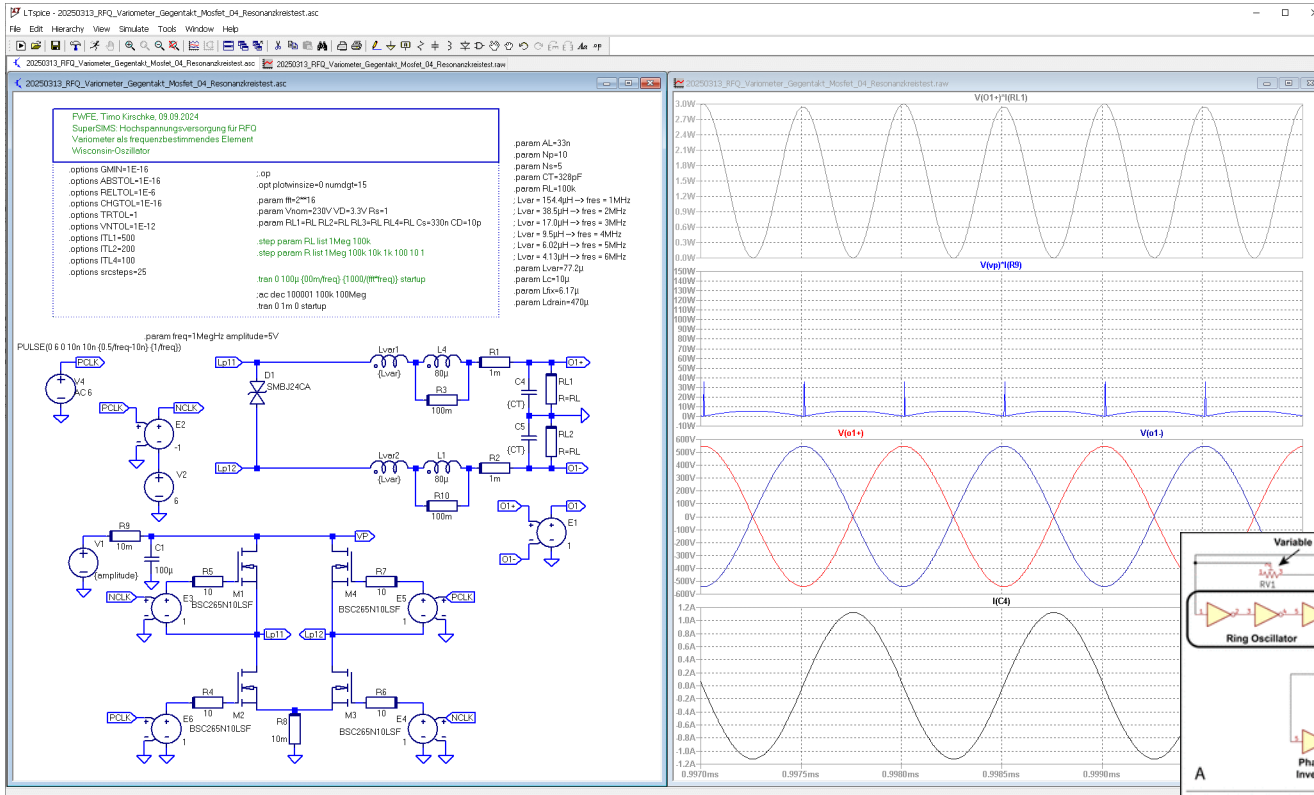
FAVIPS – Simulation Baxandall

Elegante Methode zur Ansteuerung

Aber: Symmetrie und feste Kopplung in dieser (Mosfet-)Variante zwingend, vorerst für Realisierung nicht weiter verfolgt



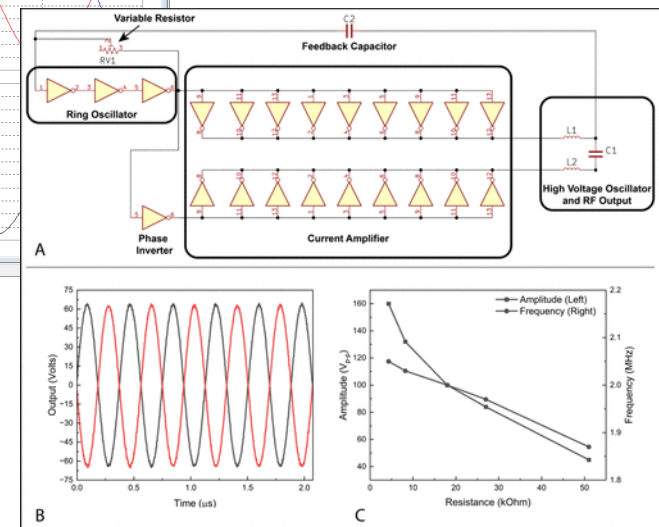
FAVIPS – Wisconsin Oszillator (?)



vorerst für
Realisierung nicht
weiter verfolgt

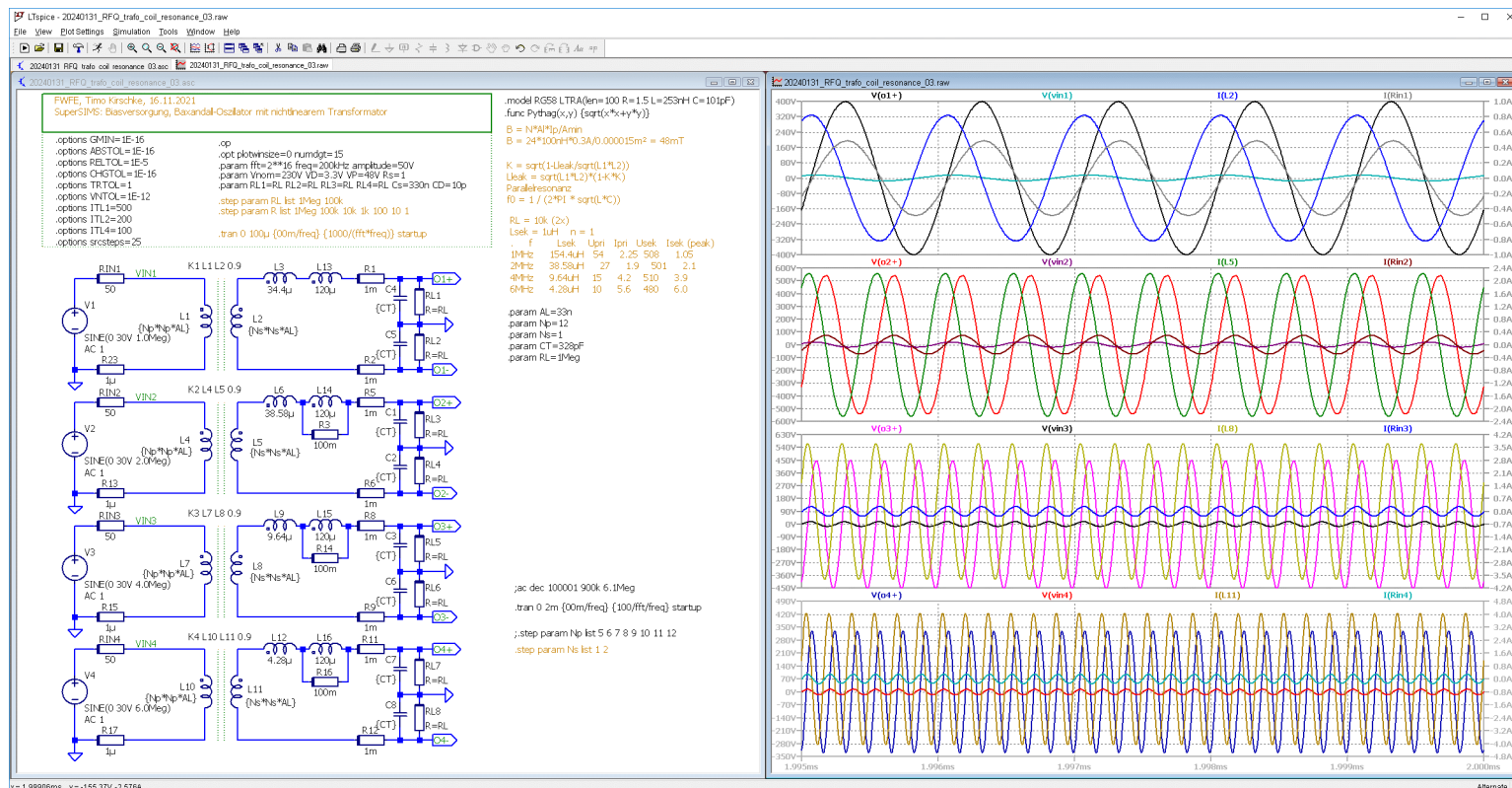
z.B.
[https://pubs.acs.org/
doi/10.1021/
jasms.4c00410](https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jasms.4c00410)

- berücksichtigend einfach und anschwingsicher
- gute Symmetrie (Gleichlauf) nötig, weil QP gegen Masse arbeitet, (wie bei vielen anderen untersuchten Ansteuerungen auch, $\pm 10\%$ sind schon katastrophal)
- alle resonanten Designs sind in Amplitude und Verlusten stark güteabhängig



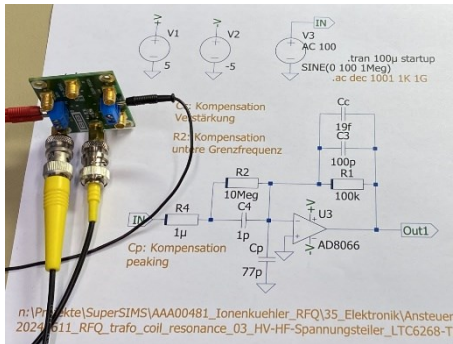
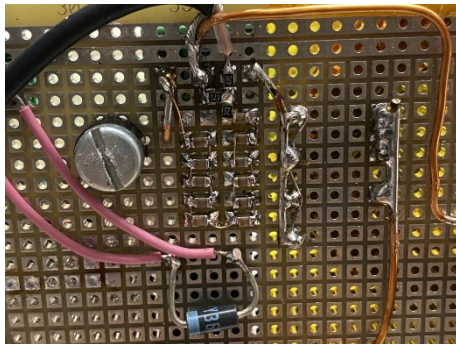
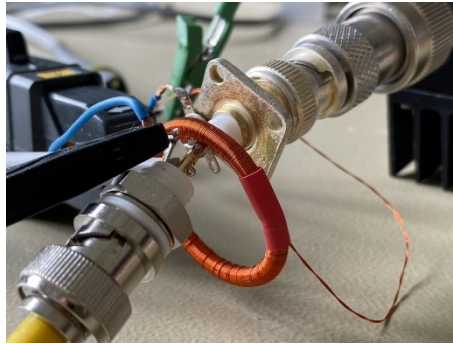
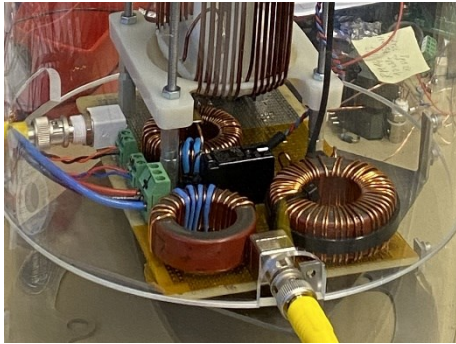
FAVIPS – „Strom“einspeisung

- relativ „weiche“ Ansteuerung
- niedrige $n_{\text{sek}} \rightarrow$ geringe Sekundärspannung
- geringerer Einfluss des Übertrager-Primärkreises
- Nachteil des asymmetrischen Designs: Sekundärwicklung sieht vollen CM-Hub



Berechnungen: Dr. Gerald Wedel

FAVIPS – Spannungsmessung am QP 1



Anforderung:

- Monitoring der QP-Spannung in Bild und Zahl → Oszilloskop

Möglichkeiten (Beispiele)

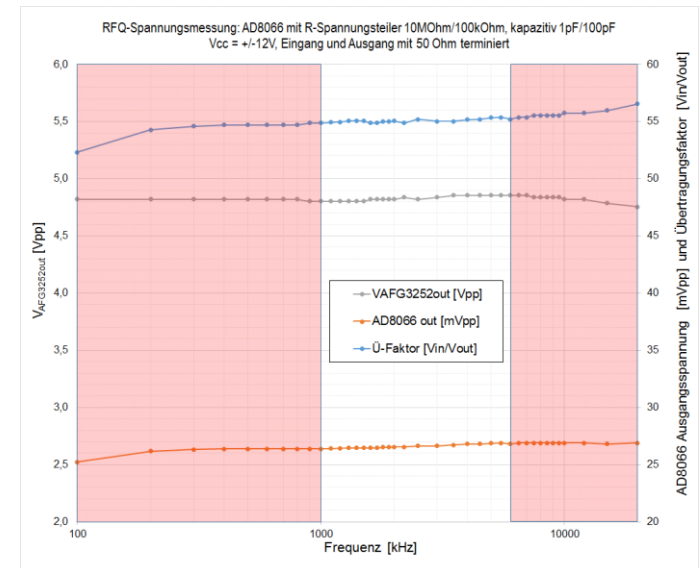
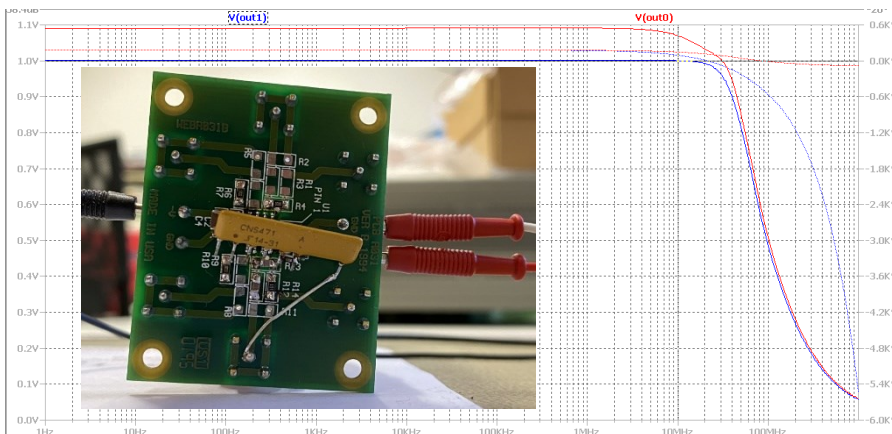
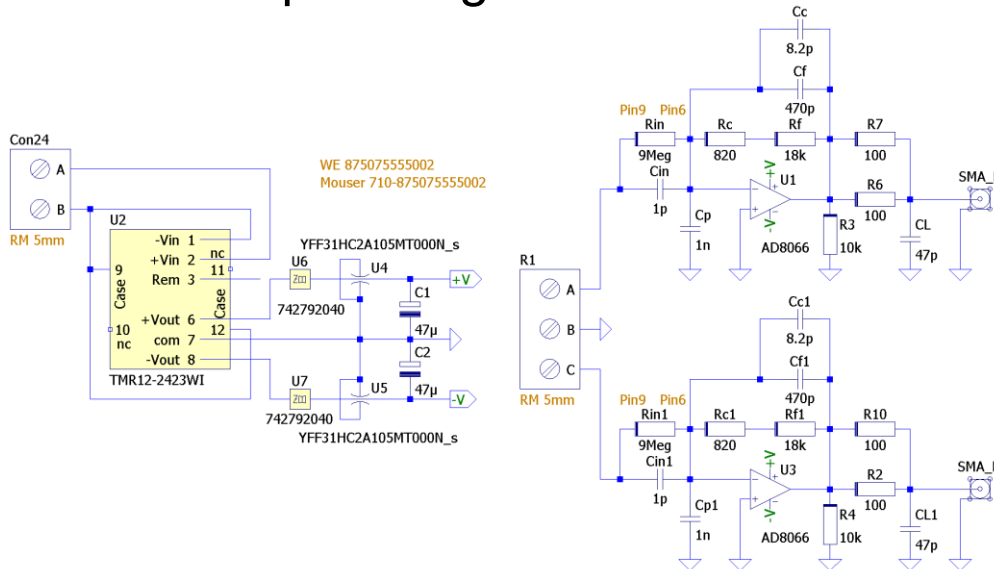
- C-Spannungsteiler
- Netzwerk mit Kabelanpassung
- Oszi-Standardtastköpfe
- Hochspannungstastkopf (Tektronix P5205A)
- Strommessung, wenn Zusammenhang Strom/Spannung im Schwingkreis definiert/bekannt
- N2893A current probe
- Aktiver Spannungsverstärker

FAVIPS – Spannungsmessung am QP 2

Auswahl:
Aktiver Spannungsverstärker

Viele Designs:

- (stark) frequenzabhängig
- eingeschränkter Frequenzbereich
- abhängig von der Kabellänge
- erfordern zusätzliche Elektronik
- belasten die Messspannung durch f-abhängige Impedanz

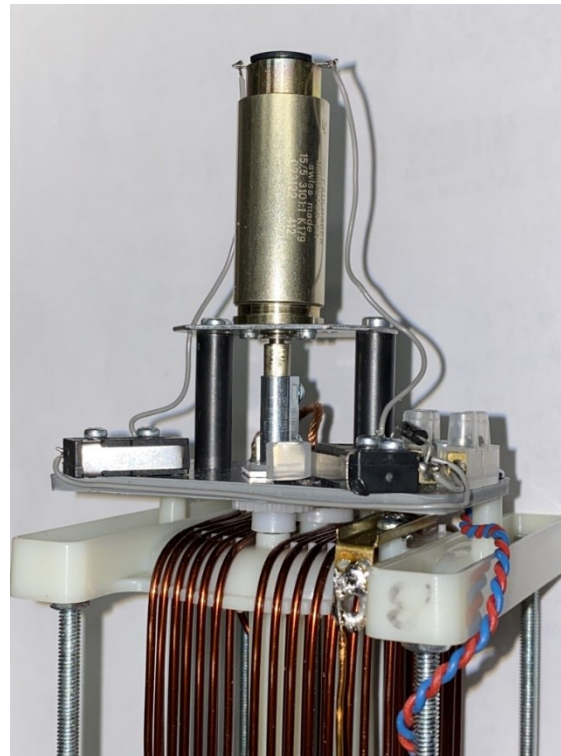
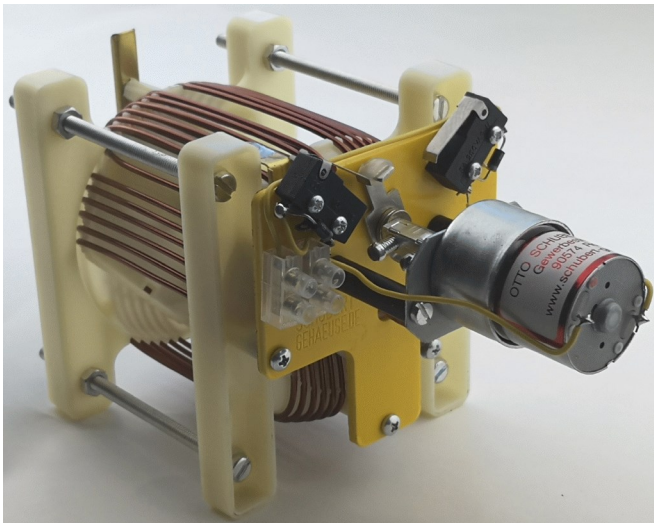


FAVIPS – Umbau Variometer-Antrieb

Lieferzustand: einfacher
Getriebemotor
Anlauf ~6V
Lauf unruhig
Verstellgeschwindigkeit für
Variometer ungünstig hoch

Faulhaber 1319T024SR mit
Getriebe 15/5, 3101:1
Glockenankermotor
Anlaufspannung <1V
Gleichlauf exzellent
minimale Drehzahl:
 $<0,2 \text{ min}^{-1} \triangleq 300 \text{ s/Umdrehung}$.

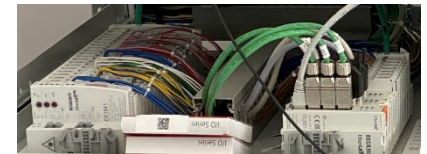
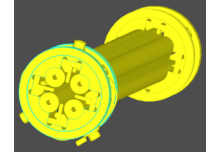
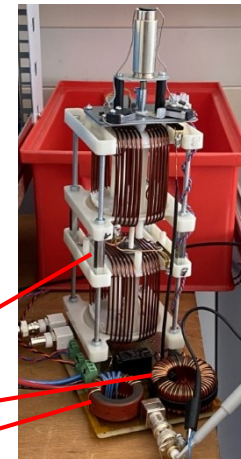
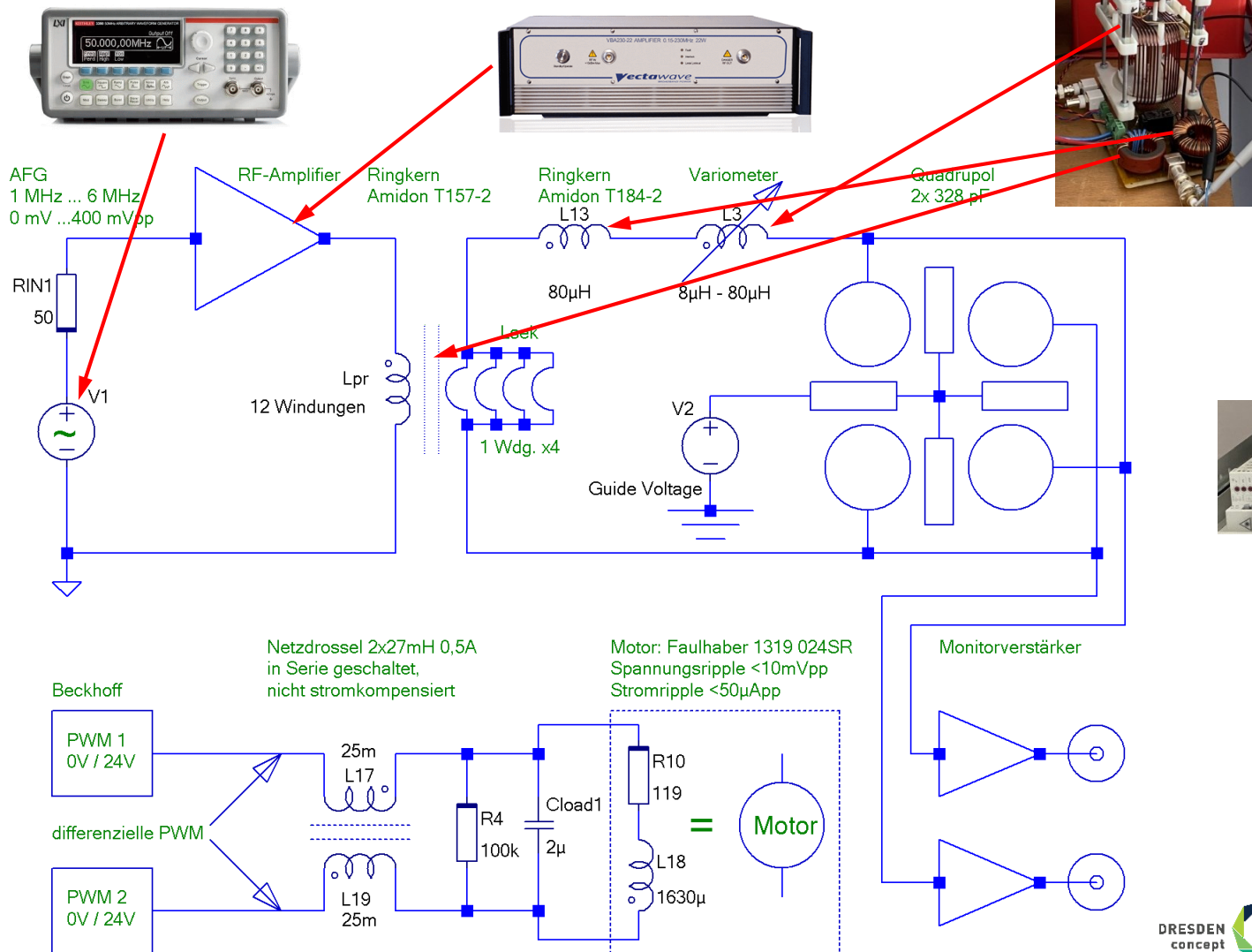
Zwei Beckhoff-Klemmen
EL2502:
- Klemme 1 liefert 20kHz
mit duty cycle 50%
- Klemme 2 liefert 20kHz
mit duty cycle 1%...90%
(nutzbar ab ~5%)
→ $U_{\text{outeff}} \sim \pm 12 \text{ V}$



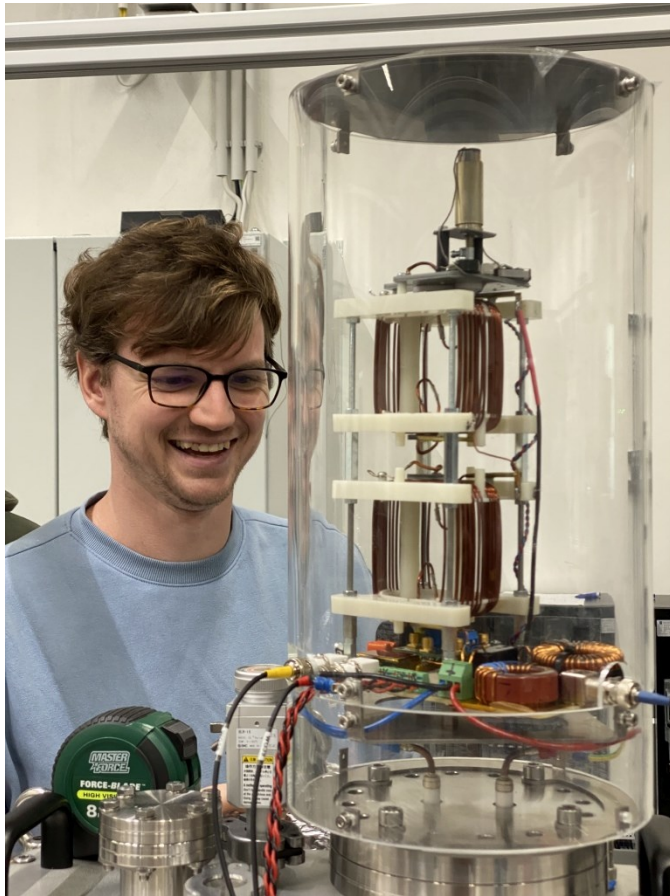
Filter sollte direkt an
Klemmen platziert werden
Spannungsripple $< 10 \text{ mV}_{\text{pp}}$
Stromripple $< 50 \mu\text{A}_{\text{pp}}$



FAVIPS – Prinzipianordnung



FAVIPS – zuguterletzt

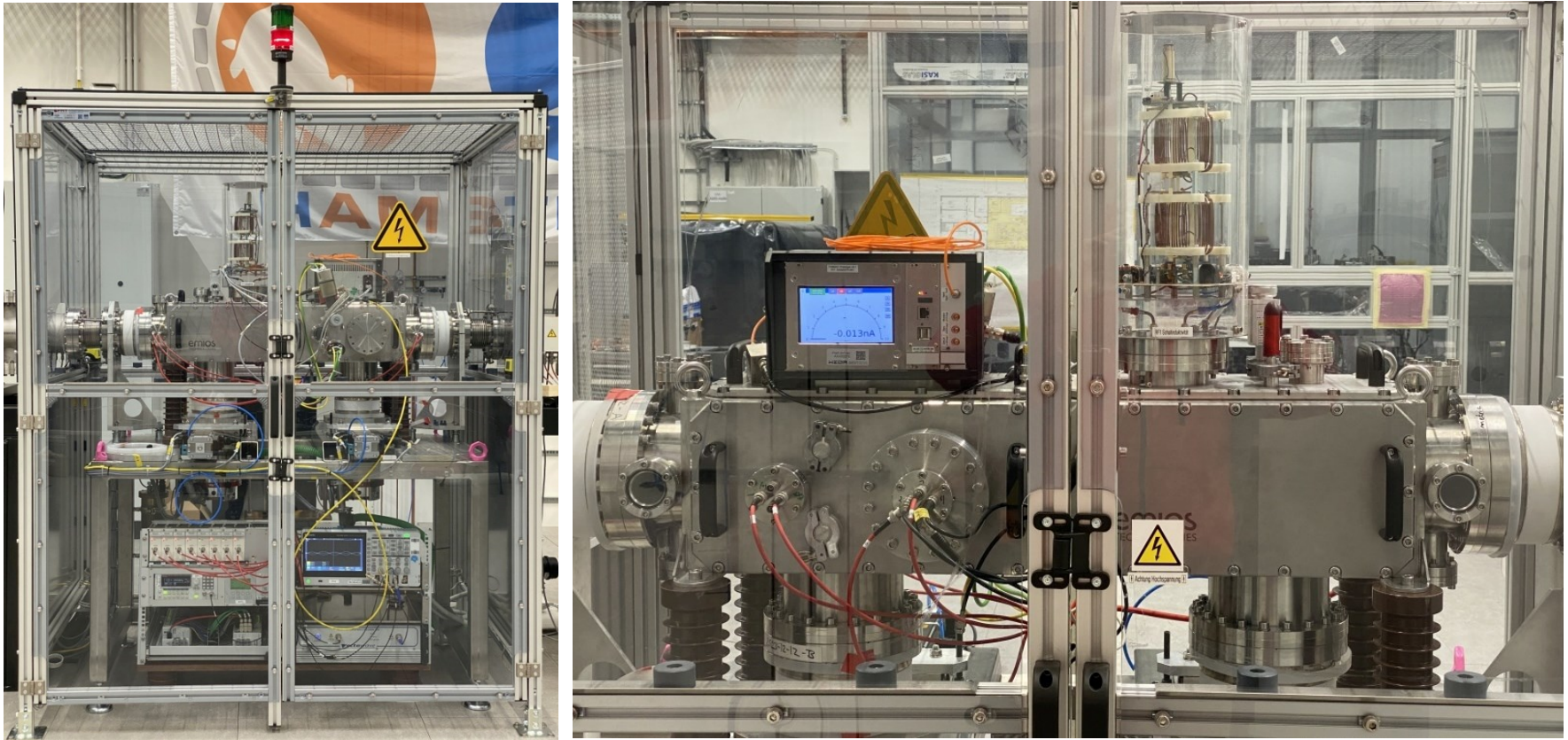


Mögliche Optimierungen:

- selbstschwingende Ausführung → Einsparung von AFG, RF-Amp, keine „doppelte“ Frequenzeinstellung
- höhere Leistung wegen noch nicht verstandener Einbuße durch anscheinend geringe Gesamtgüte
- Erweiterung des Frequenzbereiches
- Einsparung der Zusatzinduktivität → Selbstbau-Variometer?
- ordentlicherer Aufbau

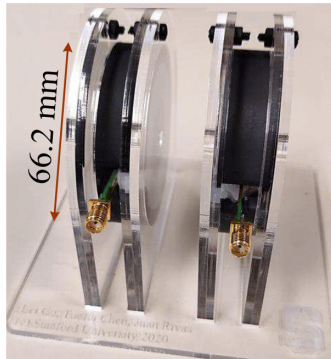
Das Wichtigste jedoch: zufriedene Anwender!

FAVIPS – Fragen, Anregungen, Hinweise...

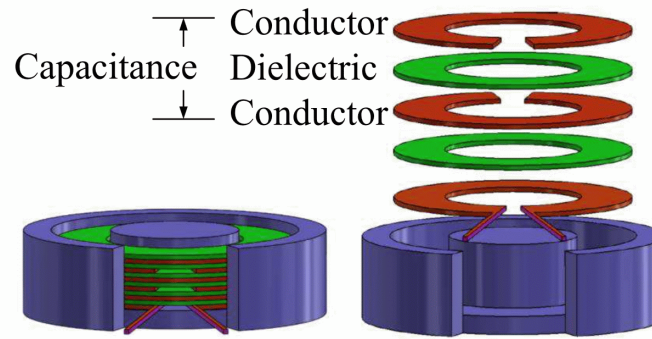


Betrieb am ILTIS - mit FAMEIO zur Strommessung
Dankeschön! Besonders auch an alle Helfer und Tippgeber!
...und bleiben Sie bitte gesund!

FAVIPS – Zusatzfrage: alternatives Variometer



(a)



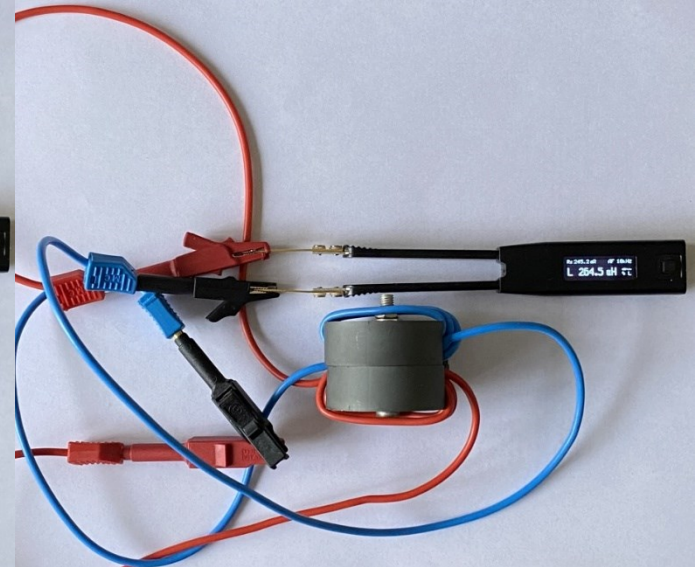
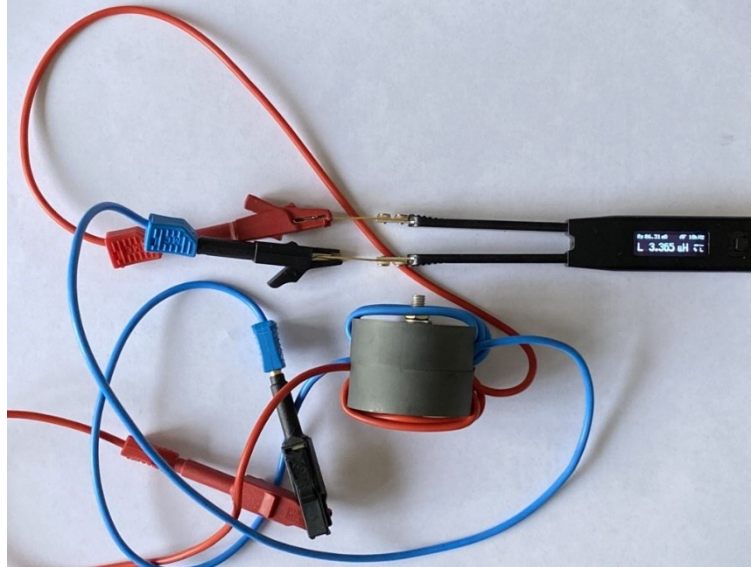
(b)

Fig. 2: Implemented coils in this Letter. (a) Coils, with a diameter of 6.6 cm. (b) Multi-layer self-resonant structure (MSRS) internal architecture, with an integrated capacitance and thin foil layers [29].

L. Gu, G. Zulauf, A. L. F. Stein, P. A. Kyaw, T. Chen and J. M. Rivas Davila, "6.78 MHz Wireless Power Transfer with Self-Resonant Coils at 95% DC-DC Efficiency," in IEEE Transactions on Power Electronics, doi: 10.1109/TPEL.2020.3014042.

Fair-Rite hat keine Formen in geeignetem Material vorrätig. Verfasser reagierten bisher nicht auf Emails.

→ Quelle für große P-Kerne mit kleinem μ_i ? Selbst basteln?

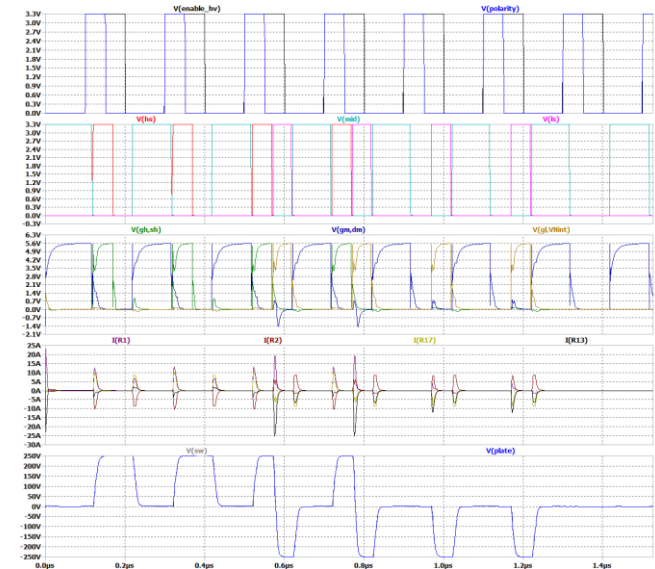
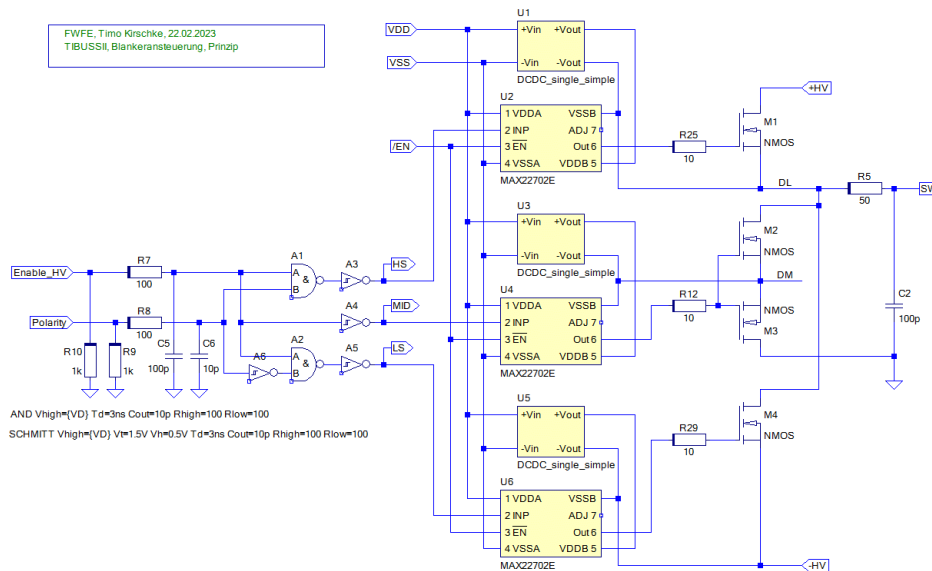
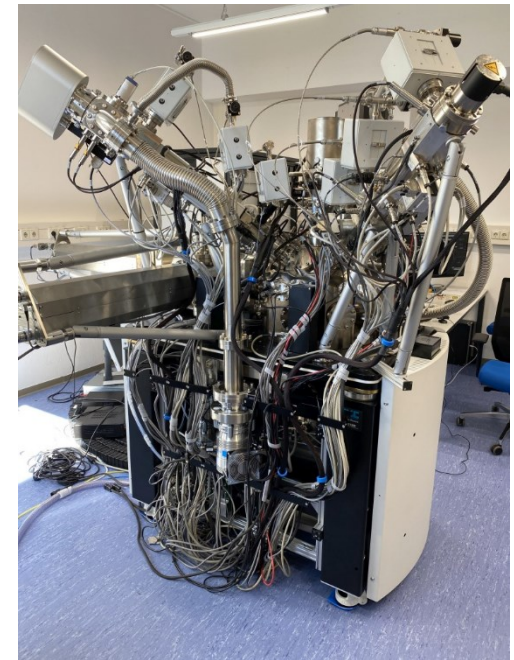


Mit hochpermeablen Kernen stetiger Einstellbereich
 $3,5\mu\text{H} < L < 265\mu\text{H}$ möglich (im Beispiel)

TIBUSSII – Fast Blanker

Single Ion Implantation

- statisches Design - Last dynamisch 50 Ω , statisch $\infty\Omega$
- $V_{max} \pm 250V$
unipolar möglich, aber Design gibt bipolar her
- Funktion:
Strahl soll nach dem Blanken innerhalb kürzester Frist stabil in Achse sein
- Aufgabe:
Einschwingen auf GND $\pm 5mV$ in $<100ns$, besser (viel) weniger



Horowitz, Hill: Art of Electronics X-Chapter, Fig. 3x.115
und einige konkretere Emails...

TIBUSSII – Fast Blanker

Ansteuerung über MM-LWL/VCSEL

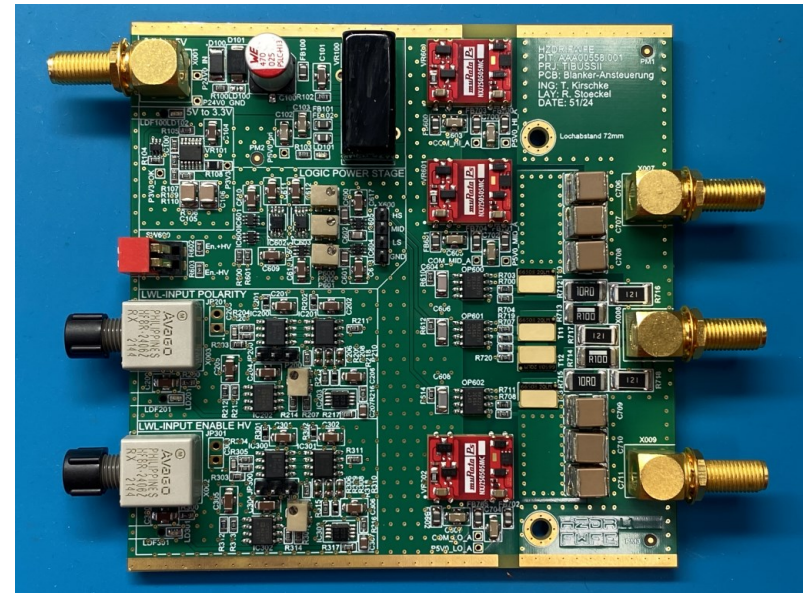
- Realisierung mit GaN-FET-Endstufe
- Verhalten ähnlich “gutmütig” wie Simulation
- Flanken ~20ns, Einschwingen aperiodisch(?)

Problem:

Dynamikbereich: $250\text{V}/5\text{mV} = 94\text{dB}$

Oszilloskop „sieht“ das nicht.

→ Wie lässt sich Einschwingen messen?



Wiederholrate 5MHz möglich: mit Kühlkörper
100kHz ohne Kühlkörper, f_{max} t.b.d.