

Untersuchungen zur Impedanzreduktion an MA-Kavitäten durch Kurzschließen von Ringkernen

Rainer Stellnberger, Julian Buschbaum, Benjamin Northe

Betreuer: Jens Schweickhardt, M.Sc.

Fachgebietsleiter: Prof. Dr.-Ing. Harald Klingbeil



- ▶ Aufgabenstellung
- ▶ Der Messaufbau
- ▶ Simulation
- ▶ Gegenüberstellung der Messung und Simulation
- ▶ Auswertung der Kurzschlussanordnungen
- ▶ Fazit und Ausblick



Aufgabenstellung



- ▶ MA(Magnetic Alloy)-Ringkerne als Last der Kavität
- ▶ Im nicht beschleunigenden Betrieb Kavität möglichst wenig Einfluss auf den Strahl gewünscht (geringe Shuntimpedanz)
- ▶ Theorie: Kurzschlusschaltung um die Ringkerne soll deren Impedanz und damit die der gesamten Kavität reduzieren

- ▶ Parallele Messungen und Simulationen
- ▶ Parameter für Kurzschlüsse abgeleitet
 - ▶ Form
 - ▶ Abmessungen
 - ▶ Anzahl



Die Testbox

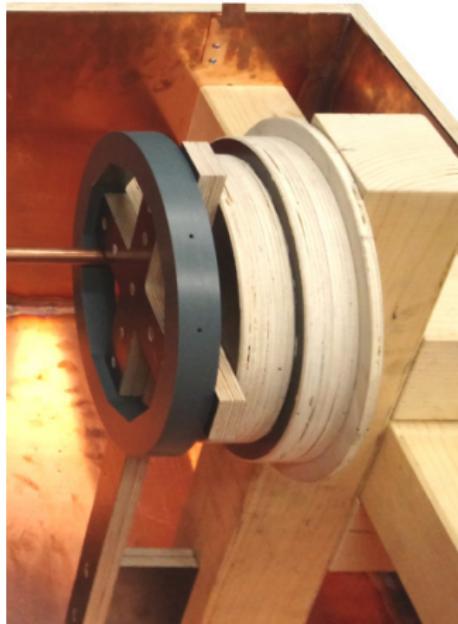


- ▶ Innen mit Kupferblech (Dicke 1 mm) ausgekleidet
- ▶ Holzkonstruktion als Ringkernhalterung
- ▶ Kupferrohr zur Einkopplung
 - ▶ Am Rand der Box mit N-Steckerausgang

Konstruktion der Ringkernhalterung



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



- ▶ Anordnung um gewünschte Messungen durchzuführen
- ▶ Ringförmige Halterung, an Innenseite Polygonzug
- ▶ Schraubenlöcher mit Gewinde in Polygon zur Fixierung
- ▶ Reproduzierbare Positionierung
- ▶ Präzise Montage

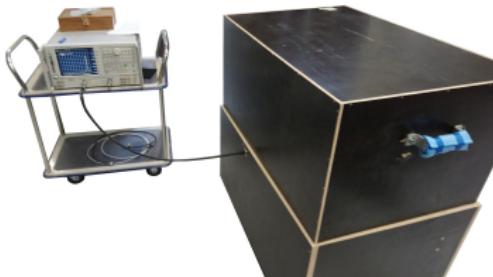
Entwurf der Kurzschlusschienen



- ▶ Lochung im unteren Teil zur Montage
- ▶ Lochungen im oberen Teil zur Kontaktherstellung
- ▶ Mehrere Variationsparameter der Form gefertigt:

Kurzschlussform			Anzahl Kurzschlüsse
Länge in z	Breite in x	Blechdicke	
160 mm	30 mm	1 mm	1-8
160 mm	20 mm	1 mm	1-2
160 mm	50 mm	1 mm	1-2
200 mm	30 mm	1 mm	1-2
250 mm	30 mm	1 mm	1-2
160 mm	30 mm	2 mm	1-2

Messaufbau

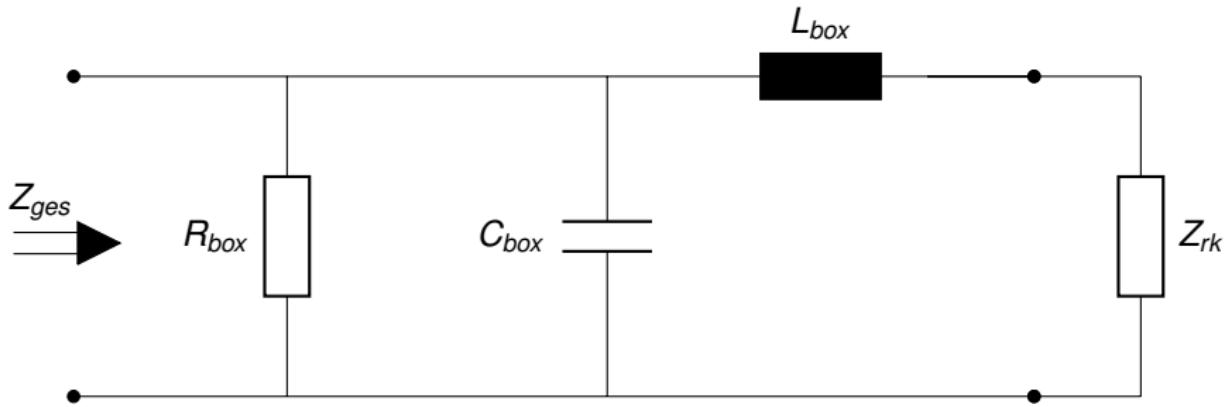


- ▶ Montage von 1-8 Kurzschlüssen
- ▶ Verschluss der Box (Störeinflüsse minimieren)
- ▶ Messung mittels Netzwerk-Analysator: S_{11} Parameter gemessen und daraus Z_{refl} der Anordnung bestimmt

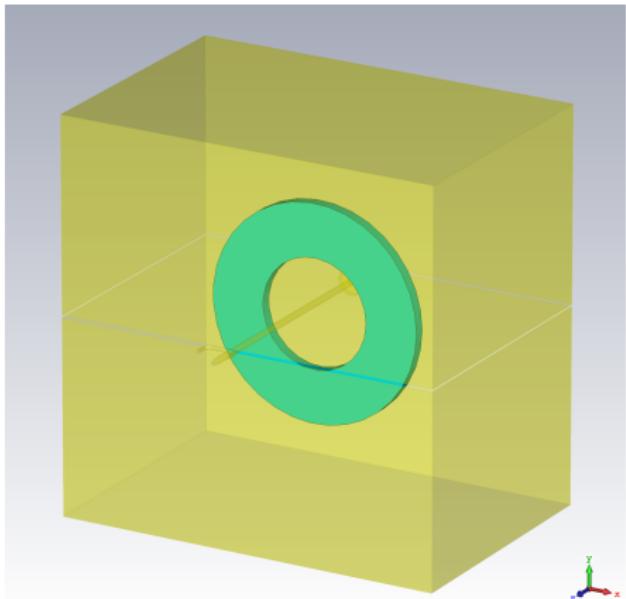
RLC-Ersatzschaltbild der Testbox mit Ringkern



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

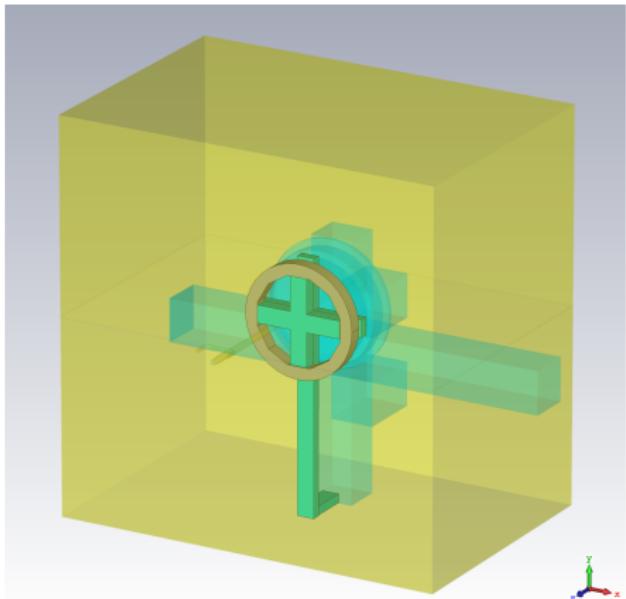


Simulation



- ▶ Erweiterung des Modells von Denys Bast
- ▶ Zur Kreuzvalidierung der Ergebnisse
- ▶ Einfache Methode weitere Anordnungen zu testen

Realitätsgerechte Anpassungen der Simulation



- ▶ Einbau von Holzkonstruktion und Ringkernhalterung in Simulationsmodell
- ▶ Mehr Füllstoff in der Testbox:
 - ▶ Geringere Resonanzfrequenz
 - ▶ Höhere Impedanz im niedrigen Frequenzbereich
- ▶ Ziel:
 - ▶ Bessere Approximation des realen Aufbaus
 - ▶ Messfehler evaluieren oder ausschließen

Ringkernmodellierung

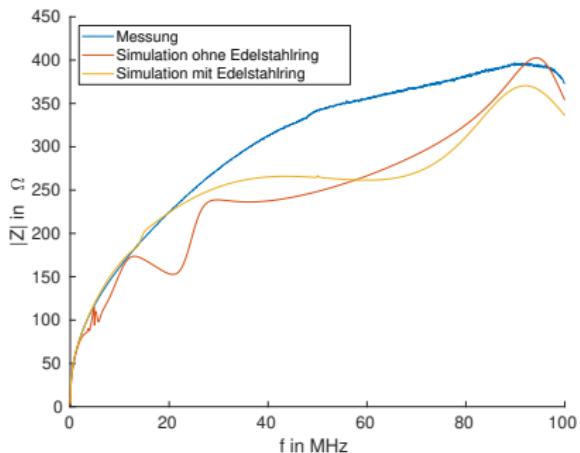
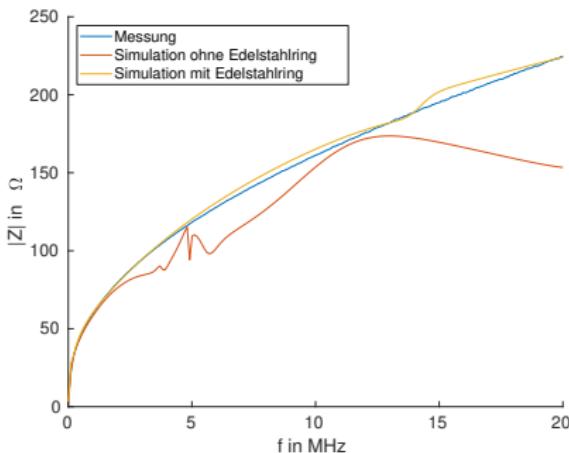


- ▶ Ringkernmaterial anhand von Messung modelliert
- ▶ Dissipatives, komplexes $\underline{\mu}_r$
- ▶ Material in CST übergeben und für Simulation verwendet

Gegenüberstellung der Simulations- und Messergebnisse (ohne Kurzschlüsse)



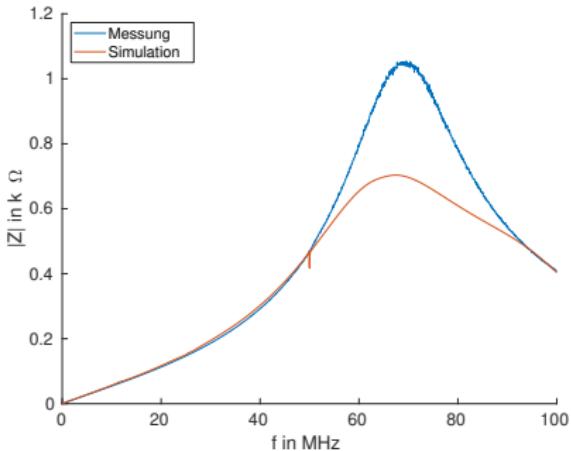
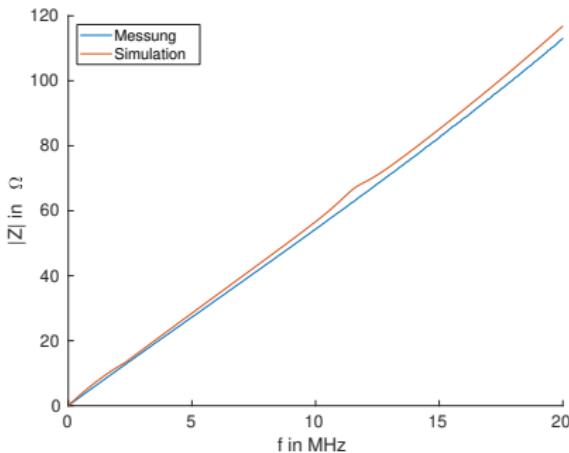
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



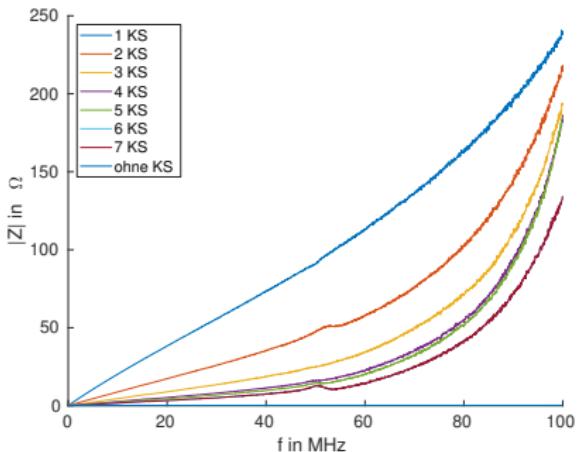
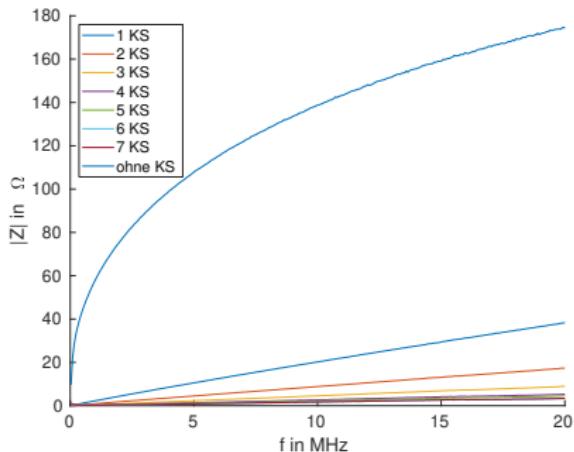
Gegenüberstellung der Simulations- und Messergebnisse (mit einem Kurzschluss)



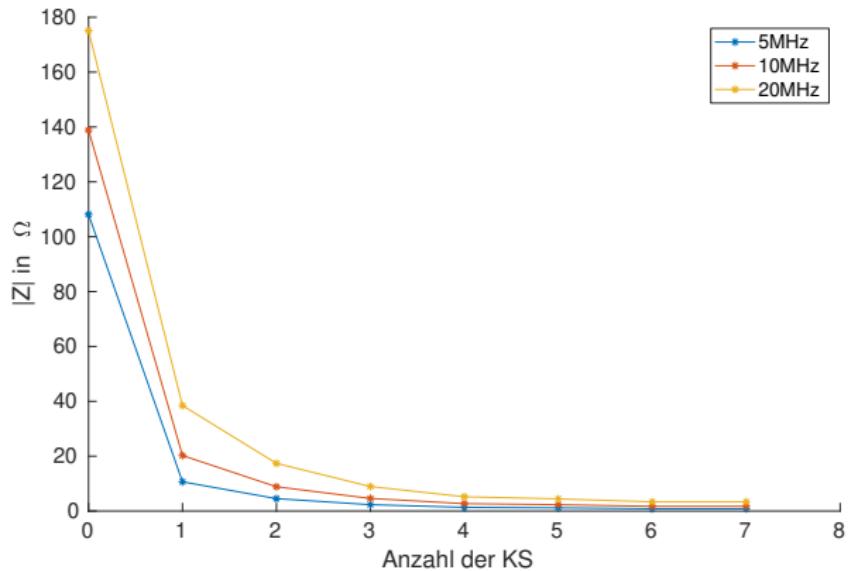
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



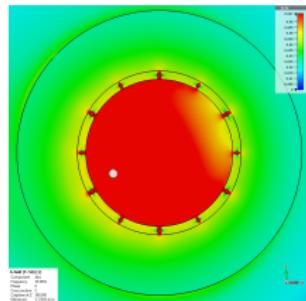
Anzahl der Kurzschlüsse



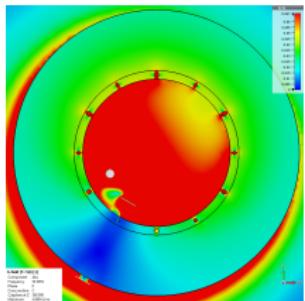
Anzahl der Kurzschlüsse



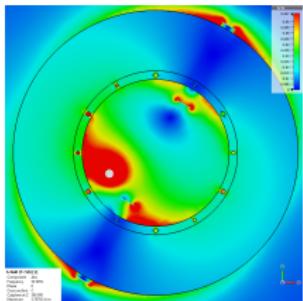
Feldverteilung für verschiedene Anzahlen an Kurzschläßen



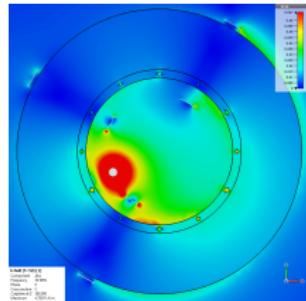
(a) kein KS



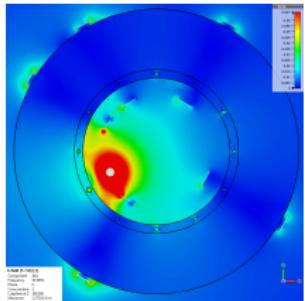
(b) 1 KS



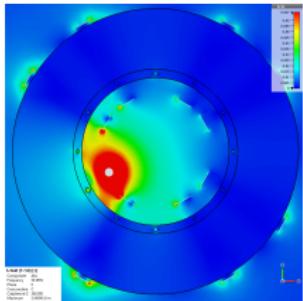
(c) 2 KS



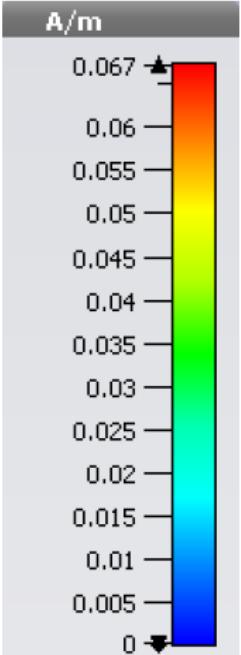
(d) 3 KS



(e) 5 KS



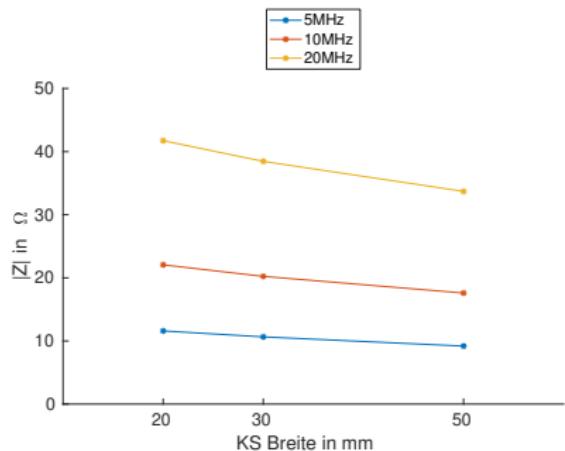
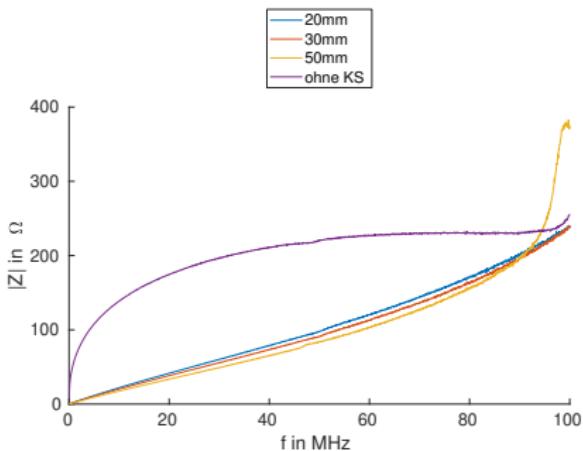
(f) 7 KS



Breite der Kurzschlüsse



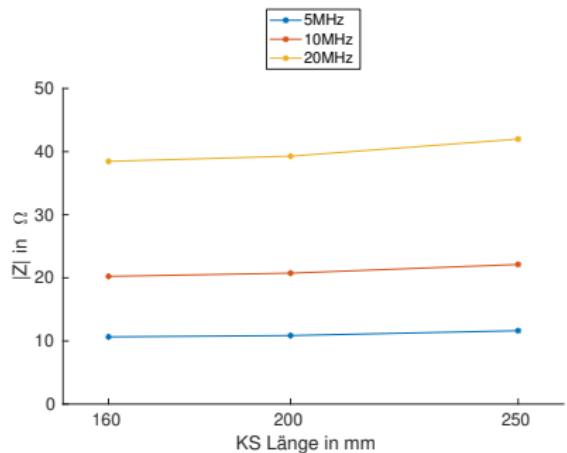
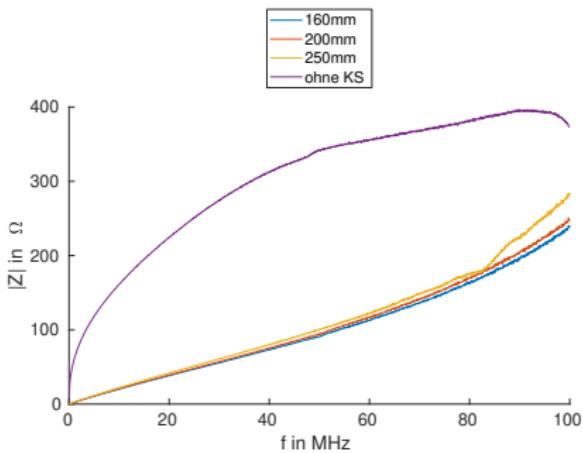
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Länge der Kurzschlüsse



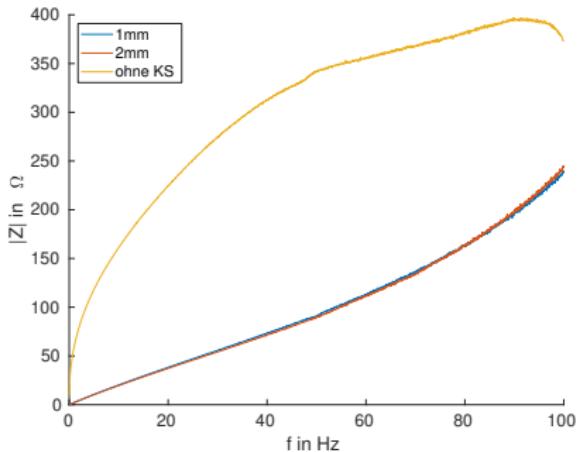
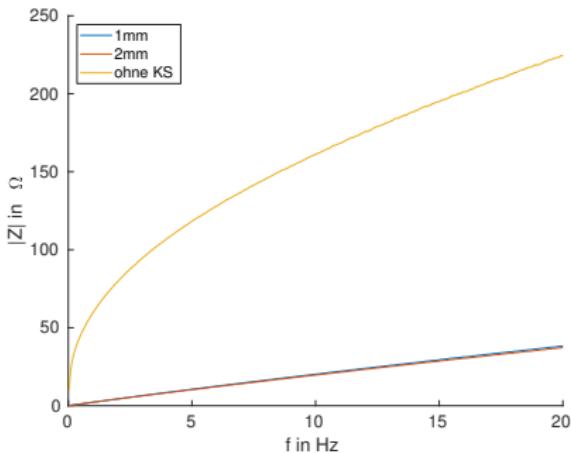
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Dicke der Kurzschlüsse



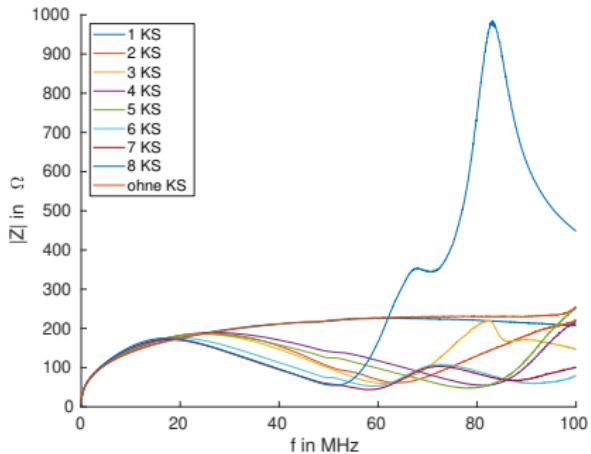
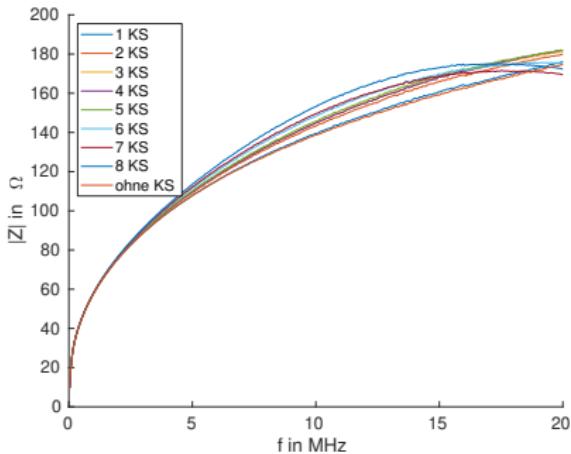
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Einfluss im Leerlauf befindlicher Schienen auf die Ringkernimpedanz



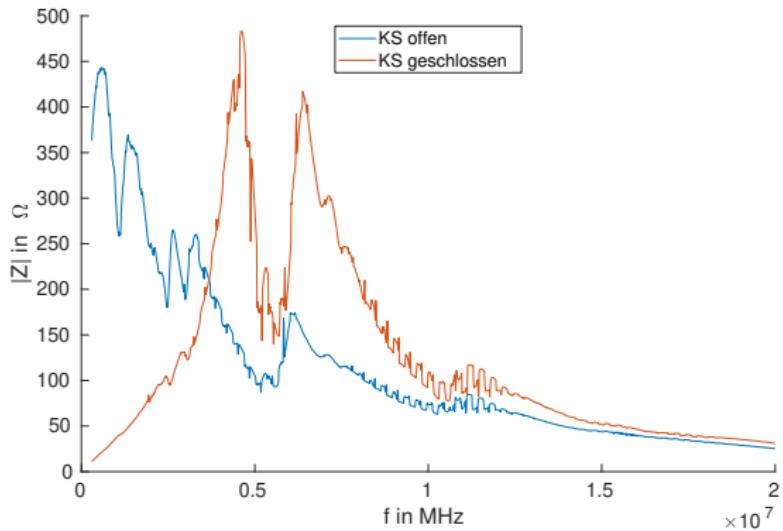
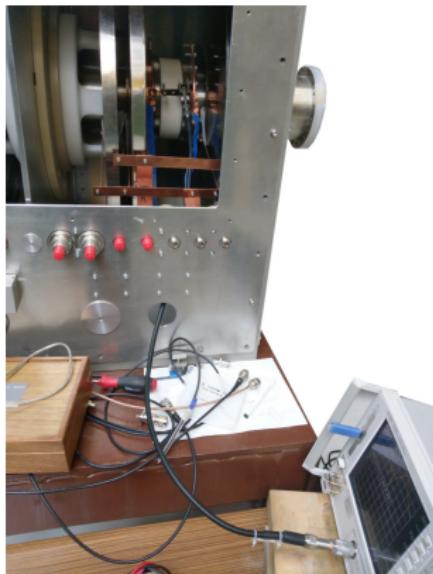
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Übertragung in die Kavität



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Zusammenfassung

- ▶ Messung Testbox
- ▶ Modifikation
- ▶ Reproduzierbare Messungen
- ▶ Simulation
- ▶ Ergebnisse quantifiziert, evaluiert



Fazit und Ausblick

- ▶ Reduktion ein Kurzschluss: **80 %**
- ▶ Reduktion sieben Kurzschlüsse: **> 98 %**
- ▶ Geringer Einfluss restlicher Parameter
- ▶ Empfehlung

Ausblick:

- ▶ Verbesserung des Simulationsmodells
- ▶ Modellierung der Kavität in CST
- ▶ Messung an der Kavität

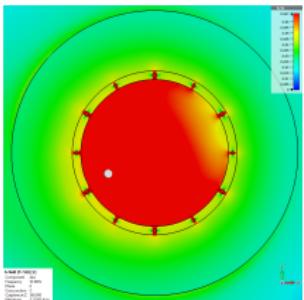


Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

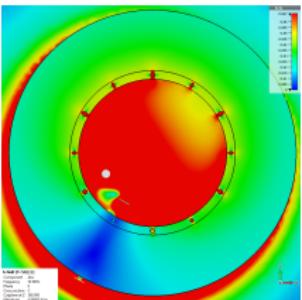
Backup: Feldbilder Breite und Länge



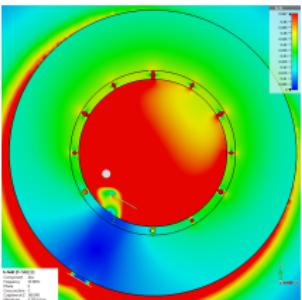
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



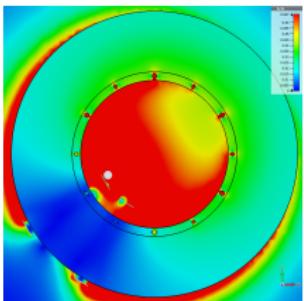
(h) kein KS



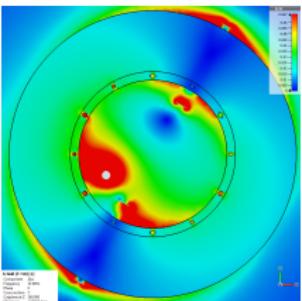
(i) 1 KS Breite 20



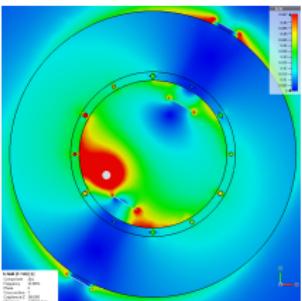
(j) 1 KS Breite 50



(k) 2 KS nah zsm.



(l) 2 KS Breite 20



(m) 2 KS Breite 50



Backup: Formel für die Ringkernimpedanz Z_{rk}

$$Z_{rk} = \frac{Z_{ges} \cdot (R_{box} + j\omega L_{box} - \omega^2 \cdot R_{box} L_{box} C_{box}) - j\omega R_{box} L_{box}}{R_{box} - Z_{ges} \cdot (1 + j\omega R_{box} C_{box})} \quad (1)$$



Backup: Simulationseinstellung

- ▶ 2te Ordnung Approximation
- ▶ Tetraeder Gitter
- ▶ Kein "Adaptive Mesh Refinement"
 - ▶ Zunächst Gitter erstellt und begutachtet
 - ▶ Größtes Gitter (ca 3 Mio Zellen) Bei Simulation mit Kern ohne Kurzschlüsse

