



MAßNAHMEN ZUR NACHTRÄGLICHEN ENTSTÖRUNG

Christian Koch
Field Application Engineer

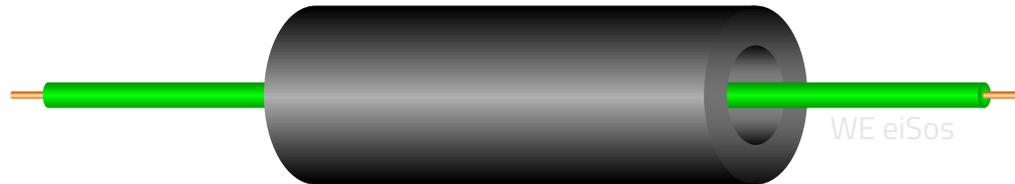
WÜRTH ELEKTRONIK MORE THAN YOU EXPECT

- Klappferrite
- Absorber Folien
- Kompletfilterlösungen
- Schirmung

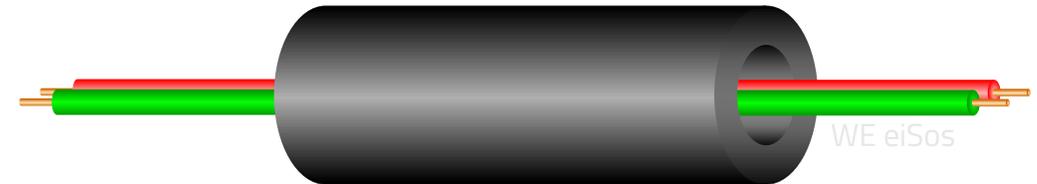


Grundlagen

Anwendungsvarianten



- Einzelader:
 - Dämpfung des Gleich- und Gegentaktstromanteils
 - Gefahr der **Sättigung** des Ferritmaterials

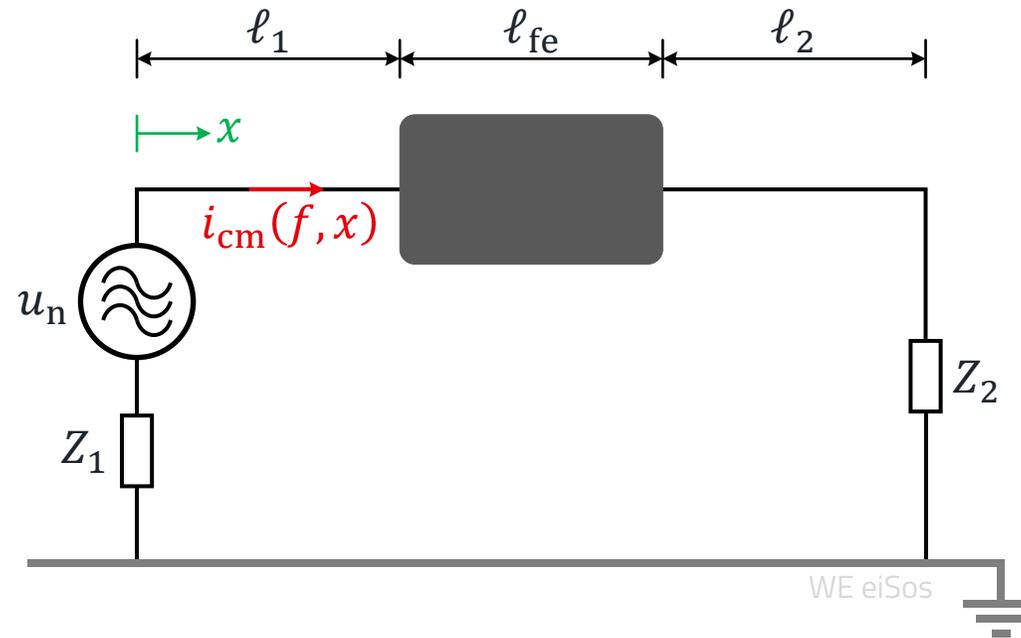


- Hin- und Rückleiter:
 - Dämpfung des Gleichtaktstromanteils
 - Wirkung des Nutzsignals hebt sich auf
 - Sättigung des Ferritmaterials nur bei zu großer Gleichtaktstromamplitude und zu kleiner Kernquerschnittsfläche

Grundlagen

Wirkmechanismus

- Die **Stromverteilung** entlang des Kabels ist mit oder ohne Ferrit **frequenz- und ortsabhängig**.
- Durch **Reflexionen** an den Kabelenden und am Ferrit kommt es zu **Maxima** und **Minima** im Stromverlauf, vor und hinter dem Ferrit.
- Die Amplitude des **abgestrahlten Feldes** ist proportional zur Amplitude des Stromes.

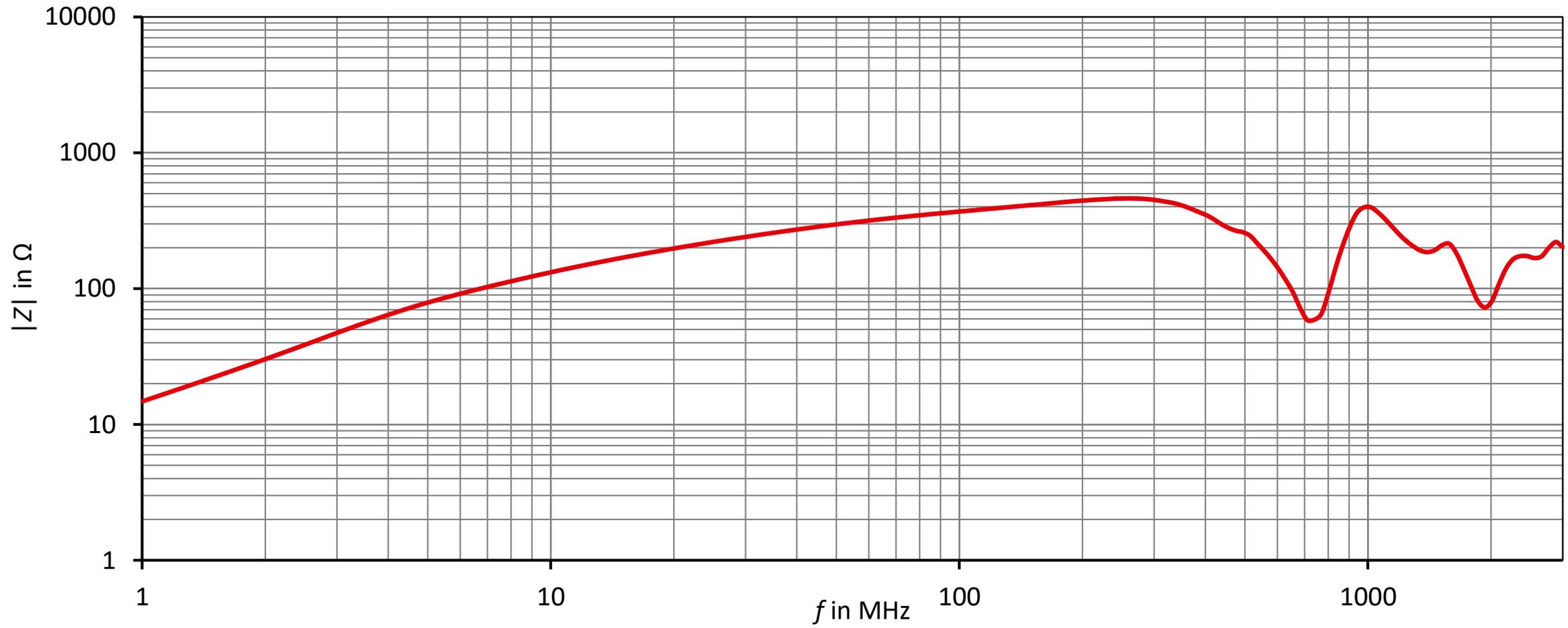


$$\underline{Z}_1 = \frac{1}{j\omega C_1}$$

$$\underline{Z}_2 = \frac{1}{j\omega C_2}$$

Grundlagen

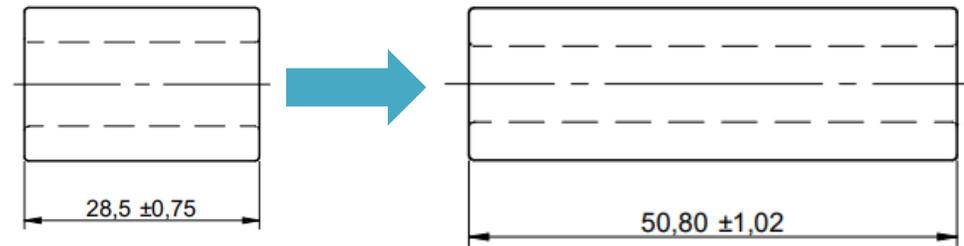
Bauteilcharakterisierung – Impedanz



Grundlagen

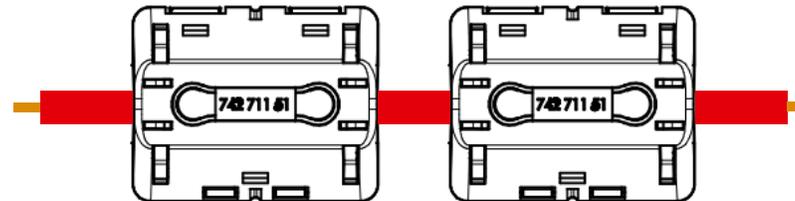
Erhöhung der Dämpfung

- Wähle einen längeren Kabelferrit.



- Nimm zwei oder mehr Ferrite in Reihe.

$$|Z| \propto N_{\text{sleeve}}$$



- Erhöhe die Anzahl der Durchführungen.

$$|Z| \propto N_{\text{turn}}^2$$



1 Turn



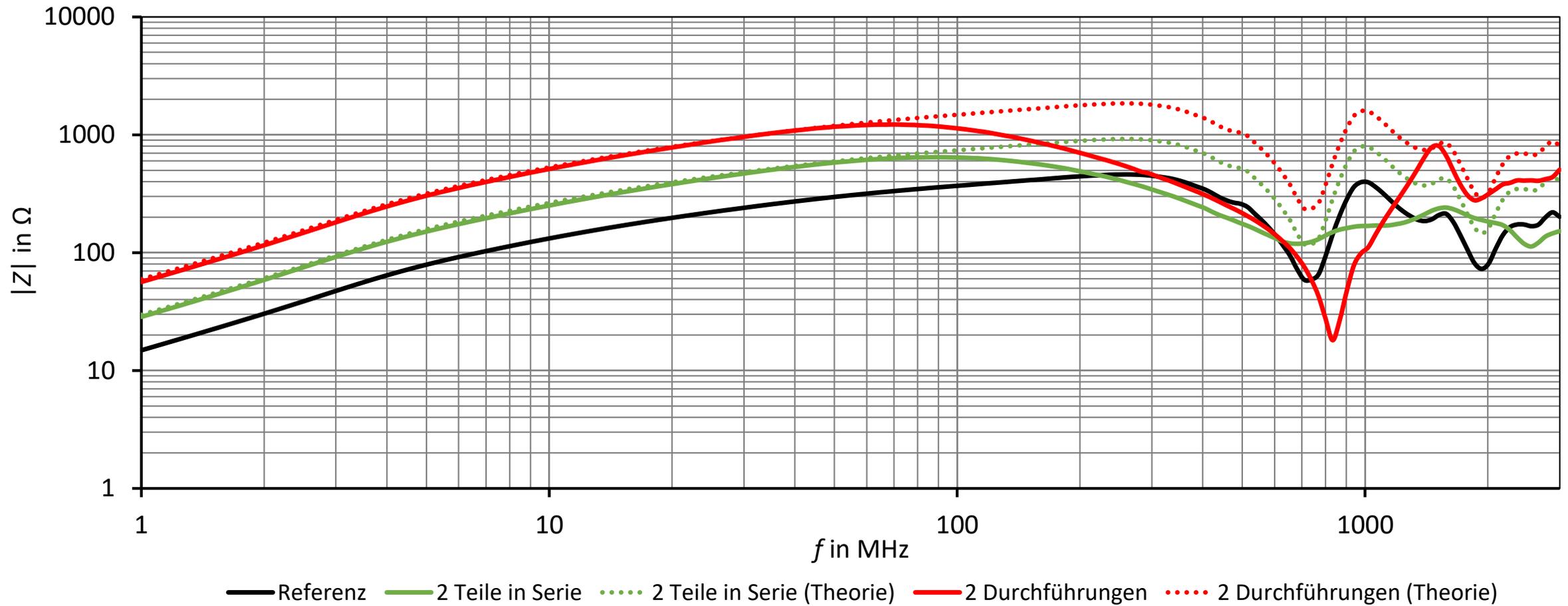
2 Turns



3 Turns

Grundlagen

Erhöhung der Dämpfung – Beispiel



Klappferrite

WE-STAR-TEC & WE-STAR-TEC LFS



- **WE-STAR-TEC:**

- Material: **NiZn** ($\mu_{r,i} = 620$)
- 6 Größen
- Kabeldurchmesser: 3,5...25mm

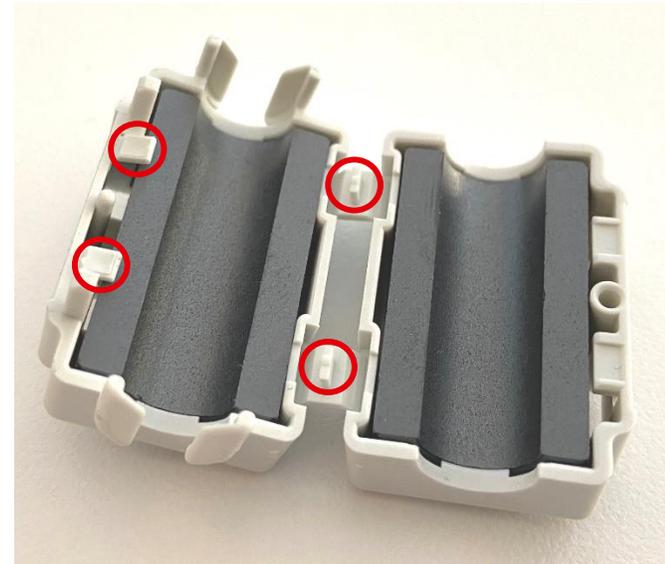
- **WE-STAR-TEC LFS:**

- Material: **MnZn** ($\mu_{r,i} = 5000$)
- 6 Größen
- Kabeldurchmesser: 3,5...25mm

Klappferrite

WE-STAR-GAP

- War weltweit erster Klappferrit mit **definiertem Luftspalt** (0,8mm) zwischen den Kernhälften
- **NiZn**-Kern ist identisch zu dem der **WE-STAR-TEC** Serie (2 Größen)
- Deutlich **geringere Dämpfung** als beim **WE-STAR-TEC**
- Geringeres Risiko von Sättigung bei **hohen Gleichtaktstromamplituden**



Klappferrite

WE-STAR-RING

- Für Einzelkabel mit **großem Durchmesser** oder für **Kabelbündel**
- 4 Größen
- **Befestigungsmöglichkeit** (Schraube)
- Material: NiZn ($\mu_{r,i} = 620$)
- Innendurchmesser: 8...27mm



Klappferrite

Weitere Serien



■ WE-SPLITRING:

- Material: NiZn ($\mu_{r,i} = 620$)
- Befestigung mit Kabelbinder
- Kabeldurchmesser:
7,8...26,5mm



■ WE-NCF:

- Material: NiZn ($\mu_{r,i} = 620$)
- Befestigung mit Schraube
- Kabeldurchmesser:
7,8...26,5mm



■ WE-SFA:

- Material: NiZn ($\mu_{r,i} = 620$)
- Flachkabel, Stromschienen
- Metall- oder Kunststoffclip

Einteilige Formen

Übersicht



- WE-TOF (NiZn)
- WE-AFB (NiZn)
- WE-AFB LFS (MnZn)



- WE-SAFB (NiZn)



- WE-RIB (NiZn)



- WE-FLAT (NiZn)

Einteilige Formen

Ferrithülsen mit AEC-Q200

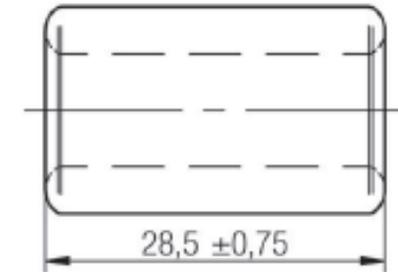
■ WE-AEFA

- 19 Größen
- Material: NiZn ($\mu_{r,i} = 620$)
- Kabeldurchmesser: 3,3...12,5mm
- Temperaturbereich: $-55^{\circ}\text{C} \dots +150^{\circ}\text{C}$



■ WE-TEFA

- 8 Größen
- Material: MgZn ($\mu_{r,i} = 800$)
- Kabeldurchmesser: 7,5...15,5mm
- Temperaturbereich: $-55^{\circ}\text{C} \dots +140^{\circ}\text{C}$

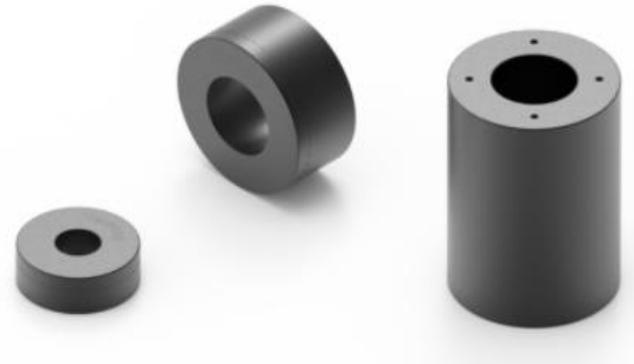


Einteilige Formen

Ferrithülsen mit AEC-Q200

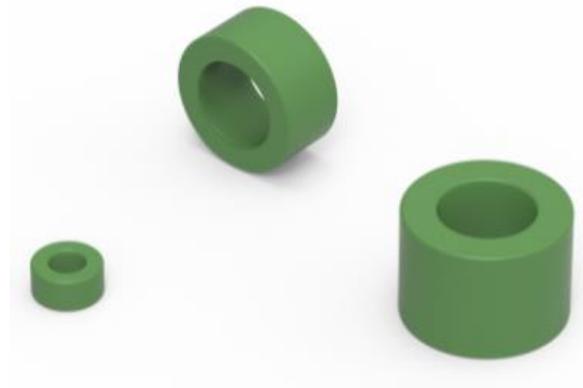
■ WE-AENA

- 11 Größen
- Material: **Nanokristallin** ($\mu_{r,i} = 30000$)
- Kabeldurchmesser: 5,2...15,2mm
- Temperaturbereich: $-40^{\circ}\text{C} \dots +125^{\circ}\text{C}$



■ WE-TEMA

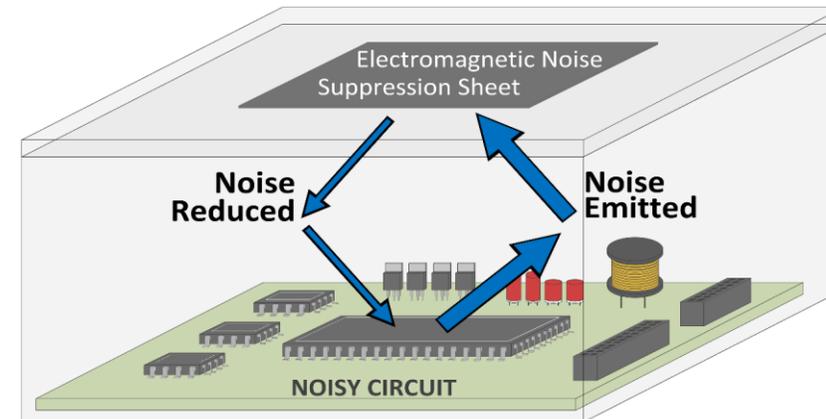
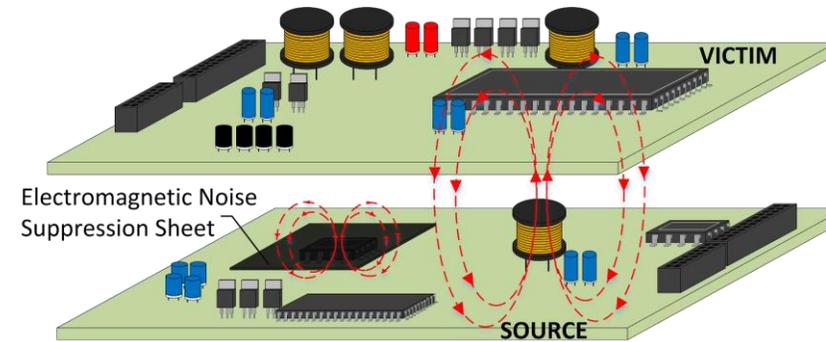
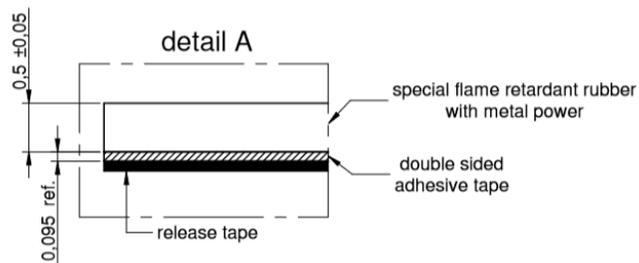
- 6 Größen
- Material: **MnZn** ($\mu_{r,i} = 6000$)
- Kabeldurchmesser: 2,1...38,1mm
- Temperaturbereich: $-55^{\circ}\text{C} \dots +150^{\circ}\text{C}$



Schirmungslösungen

Platine/Gehäuse

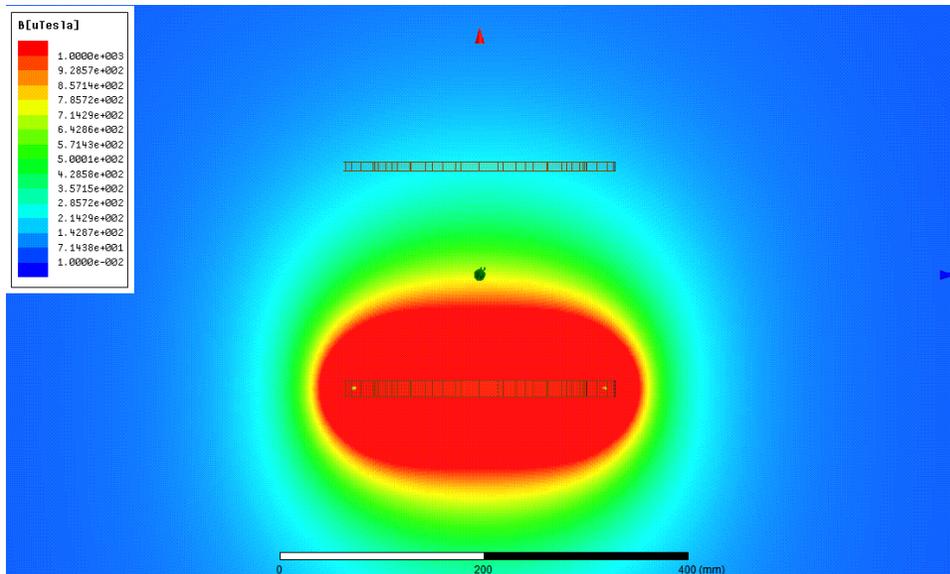
- **Flexible Absorberfolie WE-FAS** mit Klebefläche zur Anbringung auf der Platine oder am Gehäuse
- Wirkungsweise → **Reflexion** und **Absorption** im Nah- und Fernfeld



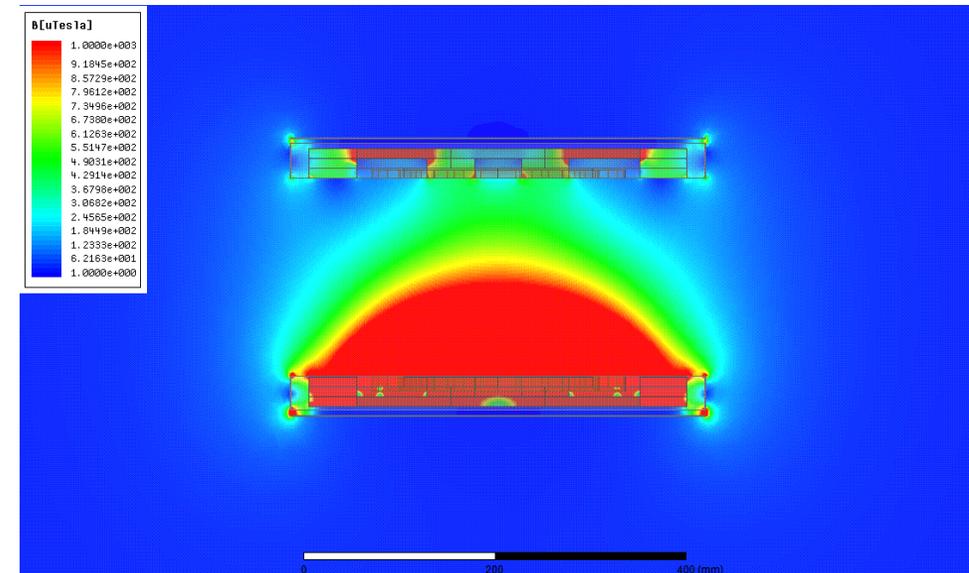
Schirmungslösungen

Platine/Gehäuse

- Effizienzsteigerung bei Drahtlosladespulen



Ohne zusätzliche Ferritfolie

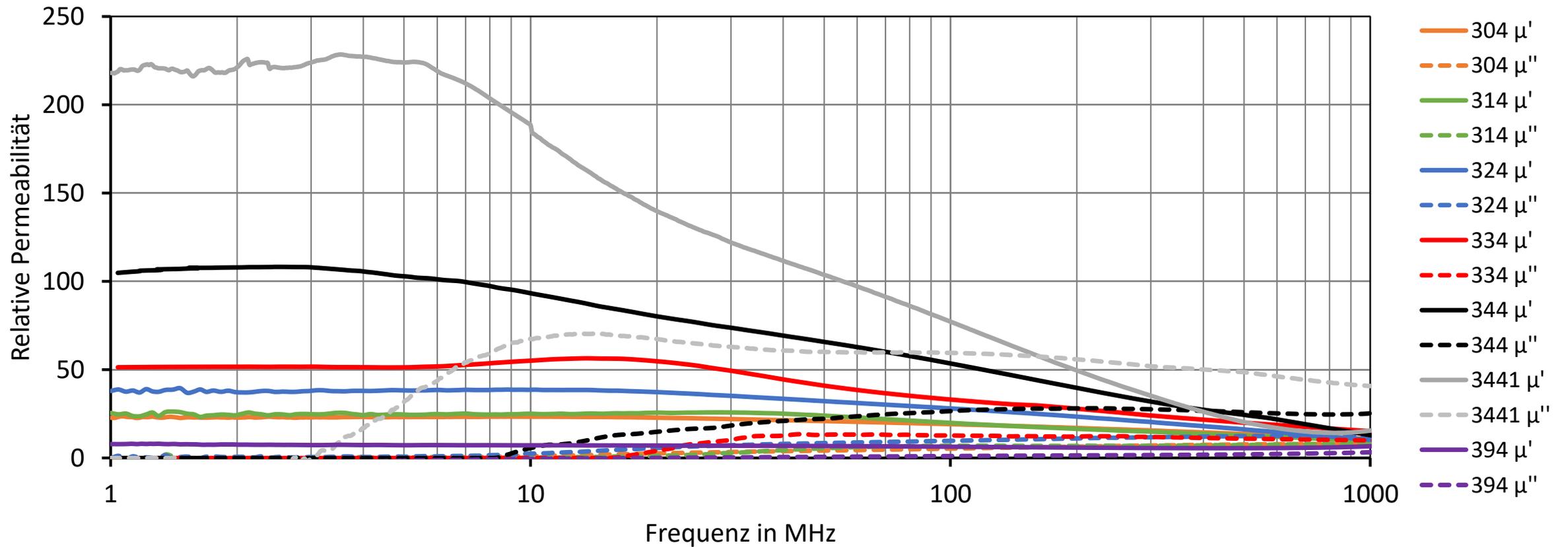


Mit zusätzlicher Ferritfolie

Schirmungslösungen

Platine/Gehäuse

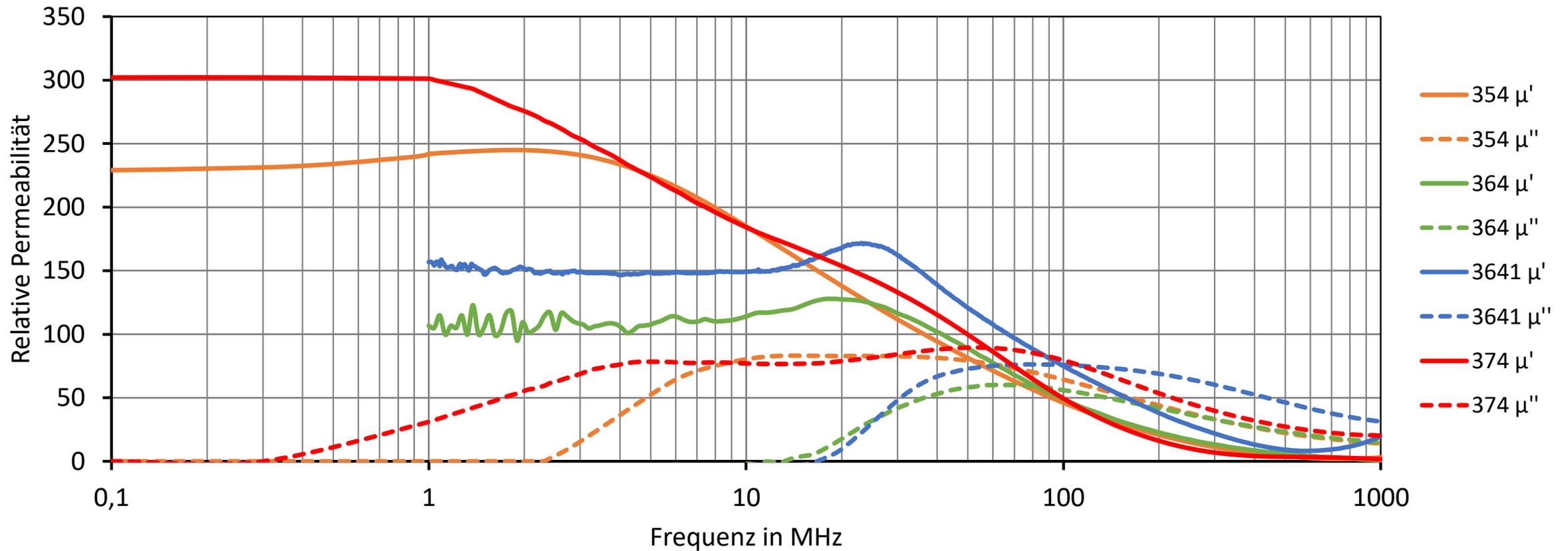
- Komplexe relative Permeabilität der WE-FAS Materialien:



Schirmungslösungen

Platine/Gehäuse

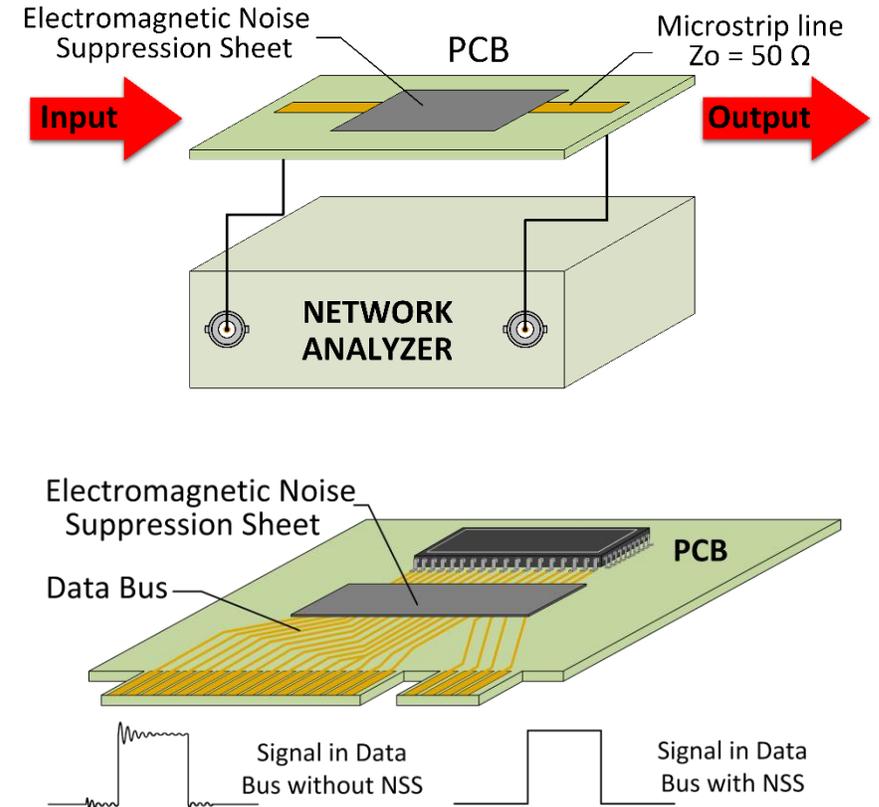
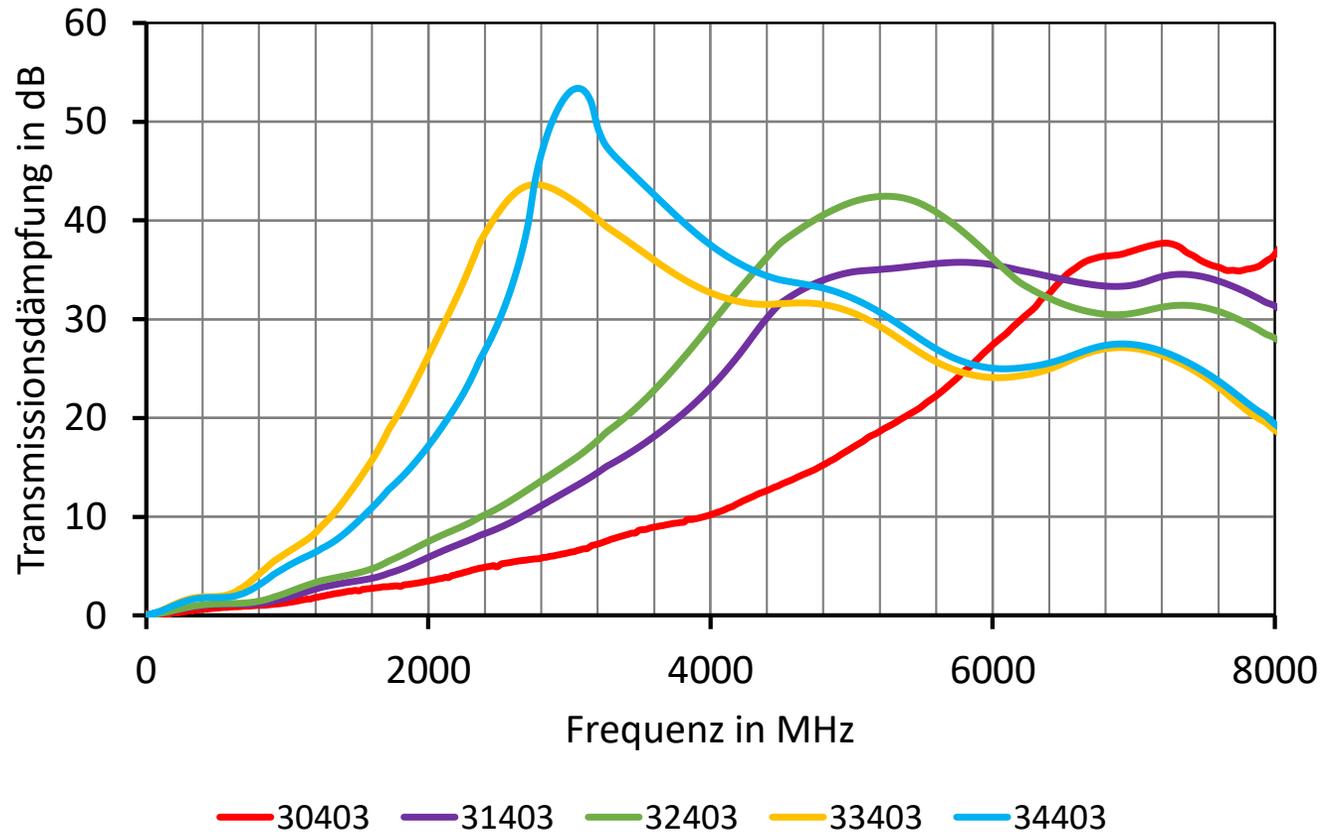
- Komplexe relative Permeabilität der WE-FSFS Materialien:



Schirmungslösungen

Platine/Gehäuse

- Transmissionsdämpfung der **WE-FAS EMI** abhängig vom **Material** (Dicke: 0,3mm):



WE-CLFS Complete Line Filter Solution

- UR: 250 V (AC/DC)
- 1-Phase Filter
- Climatic Category 25/100/21
(von -25 bis +100°C / 21 Tage Feuchteprüfung)
- Flachsteckverbinder (max. 20A)
- Chassis Mounting (M4)
- Certifications:

Single-Stage



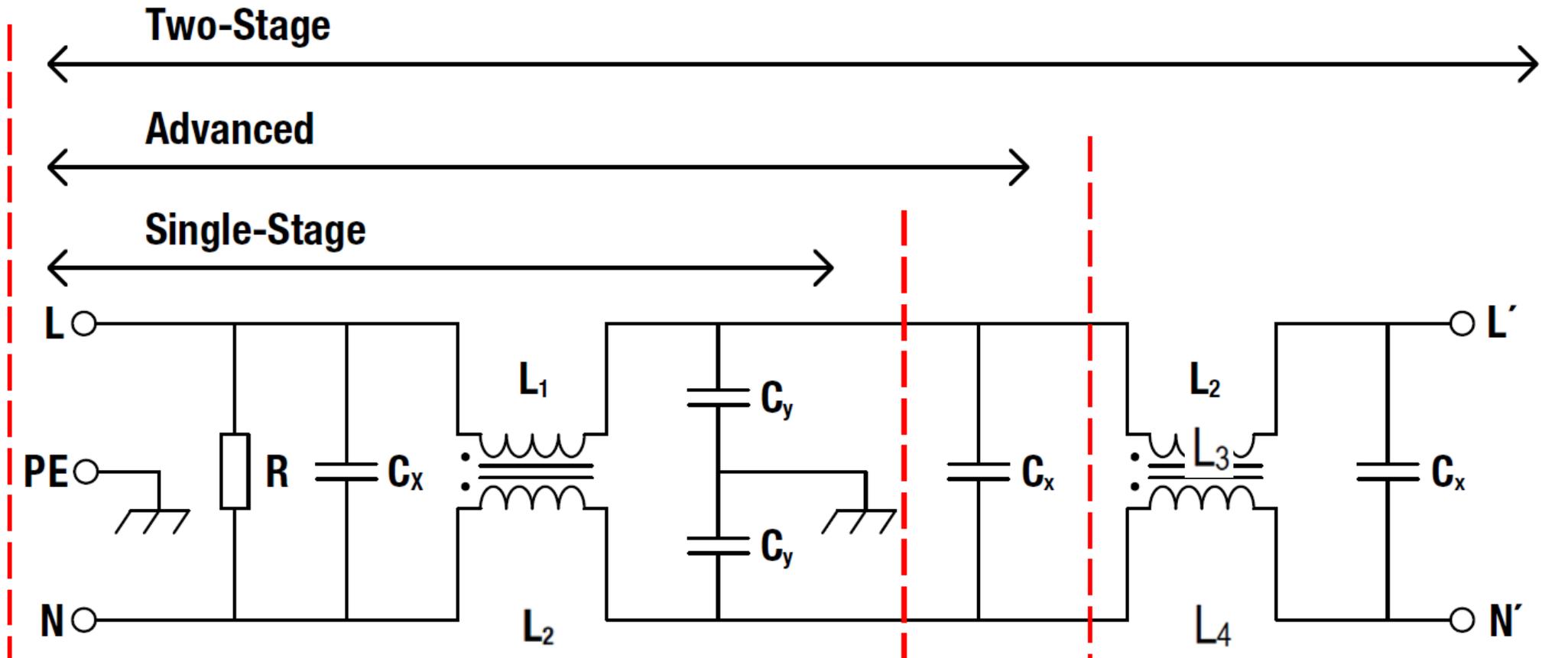
Single-Stage
Advanced



Two-Stage



WE-CLFS Complete Line Filter Solution

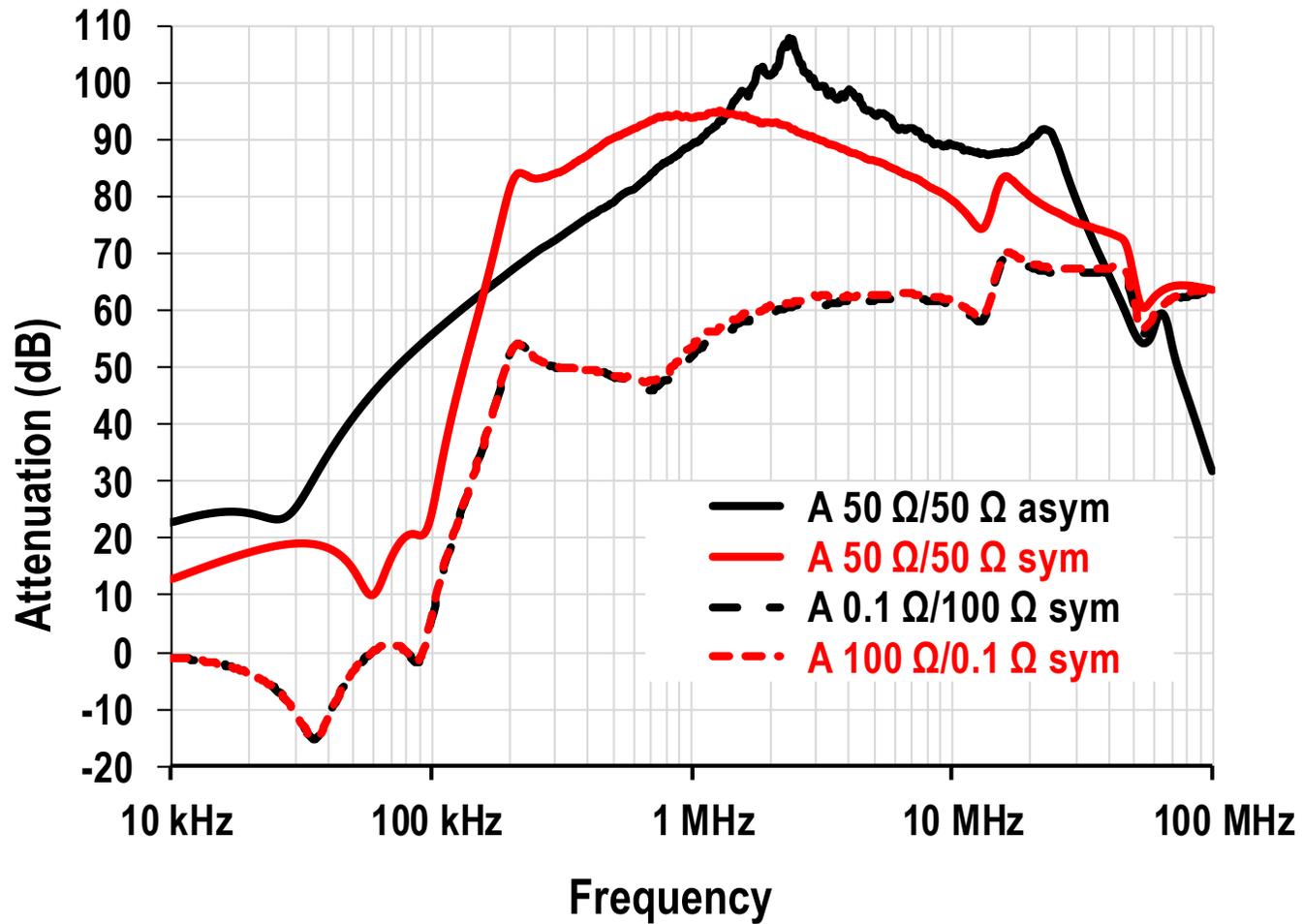


WE-CLFS Complete Line Filter Solution

WE-Article number	Rated Current I_r [A]	Inductance L1 and L2 [mH]	Y-Capacitors C_y [nF]	X-Capacitors C_x [μ F]	bleeding resistor R [kOhm]
810912001	1.5	20	2.2	0.22	1000
810912003	3	10	3.3	0.33	1000
810912006	6	10	3.3	0.33	1000
810912008	8	6	4.7	0.47	680
810912010	10	6	4.7	0.47	680
810912012	12	2.2	6.8	0.68	470
810912014	14	2.2	6.8	0.68	470
810912020	20	1	10	1	330

- Bei der Erhöhung des Nennstroms ist weiterhin eine stabile Performance gefordert. Folgende Effekte treten auf:
 - Induktivität sinkt: dickerer Draht auf gleichem Kern weniger Turns sind möglich
 - C_Y steigt um die sinkende Nenninduktivität zu kompensieren
 - C_X steigt um die sinkende Streuinduktivität zu kompensieren
 - R sinkt um $\tau=RC < 1$ einzuhalten

WE-CLFS Complete Line Filter Solution

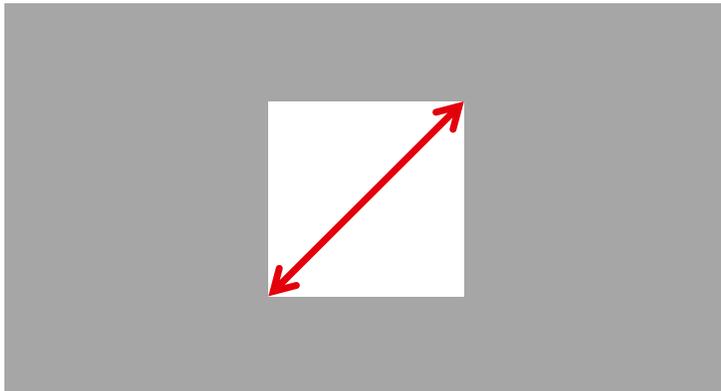


Grundlagen

- **Warum lässt sich ein niederfrequentes Magnetfeld im Nahfeld nicht mit dünnem Alublech (z.B. 0,1mm) abschirmen?**
 - 1. Eine Rahmen(Loop) Antenne hat im Nahfeld eine geringe Impedanz, somit ist die Reflexionsdämpfung der Schirmung schlechter
 - 2. Durch die geringere Frequenz ist die Eindringtiefe ins Material größer, somit wird ein dickere Abschirmung benötigt
 - 3. Nur wenn das Abschirmmaterial eine ausreichend hohe Permeabilität (z.B. von 300) hat, kann es gezielt Magnetfelder umleiten

Schirmöffnungen

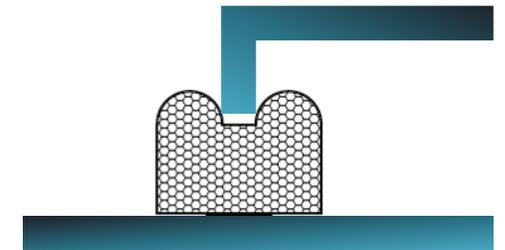
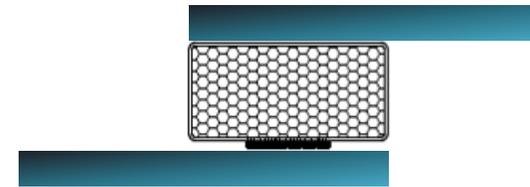
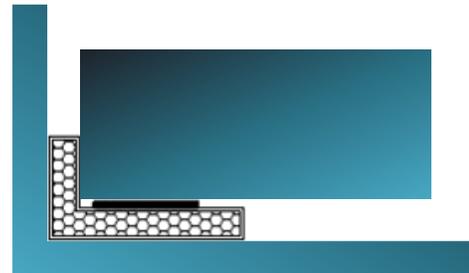
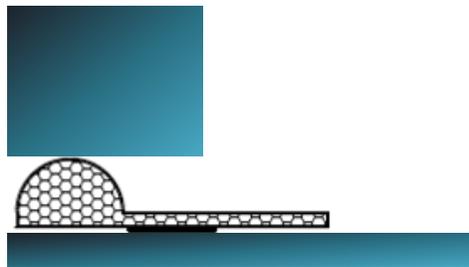
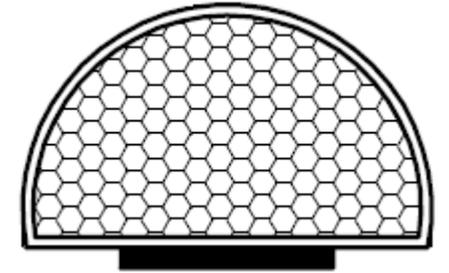
- Die Grenze der **messtechnischen Bestimmung** der Schirmdämpfung liegt bei ca. 120 dB.
- Kein realer Schirm ist perfekt, d.h. vollständig geschlossen.
- **Öffnungen** im Schirm wirken sich stärker auf die magnetische als auf die elektrische Schirmdämpfung aus.
- Bei hohen Frequenzen ist der **Reduktion** der Schirmdämpfung durch Leckagen mehr Bedeutung zu schenken als der **theoretischen** Schirmdämpfung eines Materials.
- Die **maximale lineare Dimension** einer Öffnung ist entscheidend, nicht deren Fläche.



Schirmungslösungen

Gehäuseübergang WE-LT

- Leitende Textildichtung besteht aus einem **Schaumstoff**, der von einem **Nickel-Kupfer-Gewebe** umschlossen ist. An einer Seite befindet sich ein doppelseitiges Klebeband.
- Maximal erzielbarer Schutzgrad: IP54
- Brandschutz in Bahnanwendungen → EN 45545-2:2013+A1:2015 → R22/R23
- Anwendungsbeispiele:



Schirmungslösungen

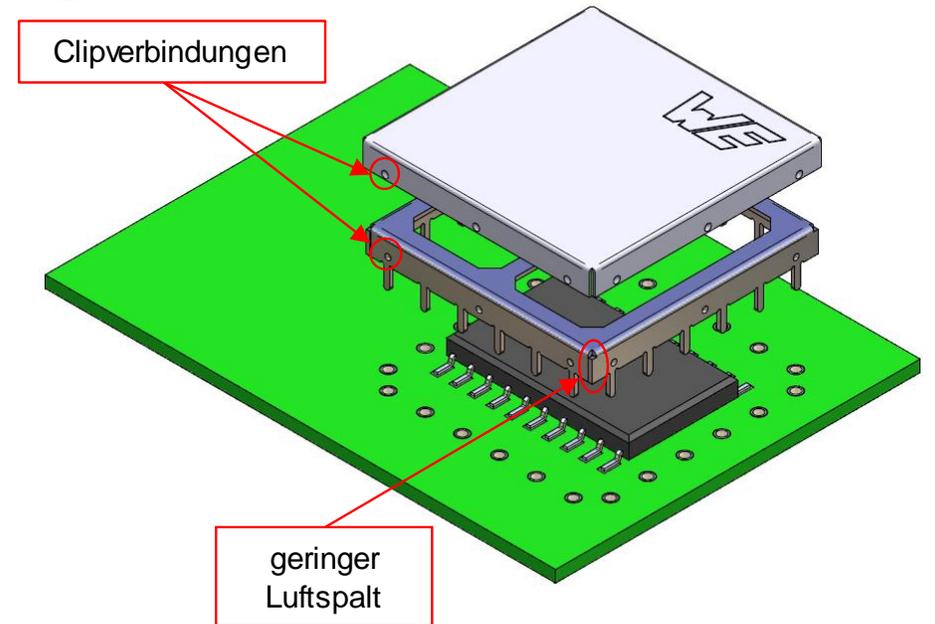
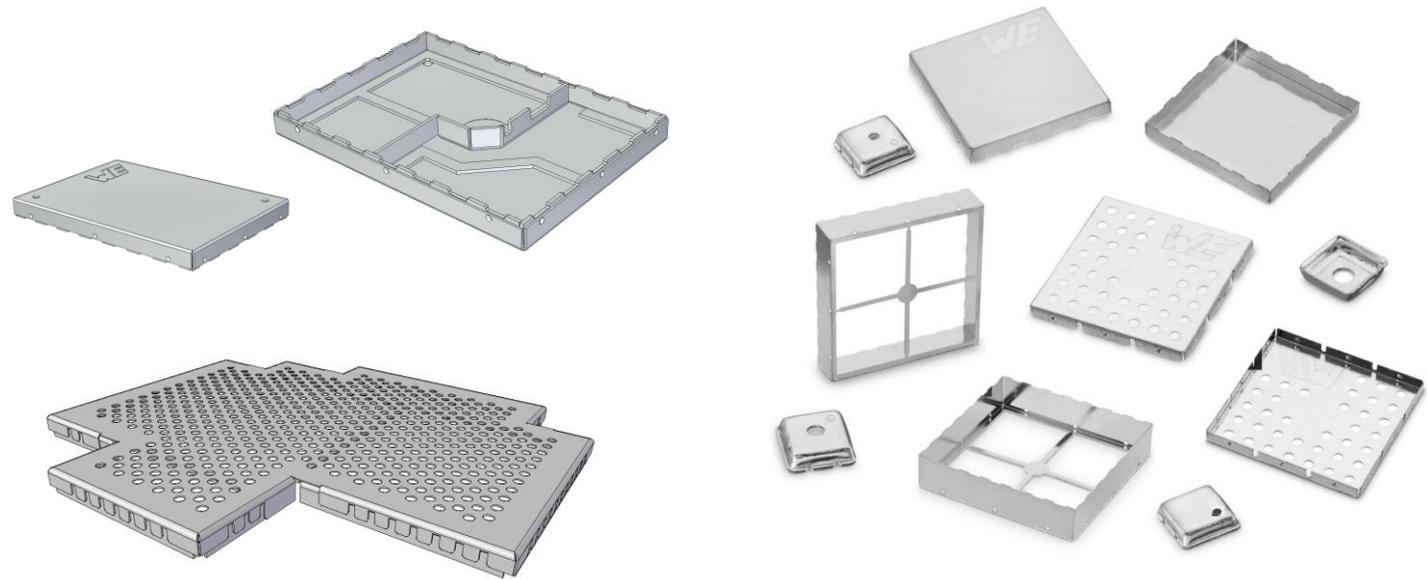
Platine WE-SHC

- Abschirmgehäuse für die lokale Entstörung
- Rahmen + Deckel Lösung (Two-piece solution)
- Deckel Lösung (One-piece solution)
- Tiefziehteil
- Varianten: SMD und THT
- technische Zeichnung im DXF oder STP. Format

- **Verwendete Materialien:**

- Weißblech
- Neusilber

- **SMT Klammern:**



Schirmungslösungen

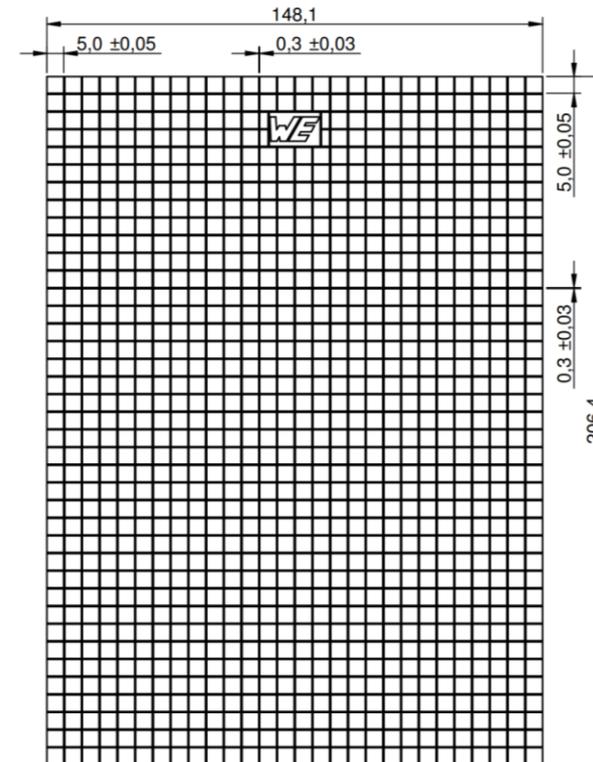
Platine

- Do-it-yourself Schirmgehäuse:
 - Verzinnte Stahlplatte (0,2mm)
 - Quadratisches Raster (5mm)



ShieldDIY

Do it yourself Custom Shielding Cabinets



Etching depth is 0,1 mm

Schirmungslösungen

Masseanbindung

- Leitfähige Gehäuseteile und Masseflächen einzelner Platinen sollten **niederimpedant** miteinander verbunden werden.
- **Mechanische** Varianten der Verbindung:



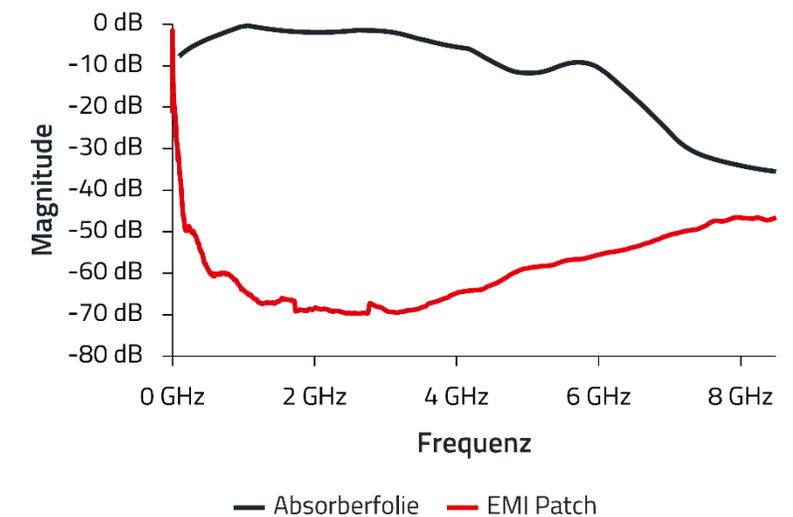
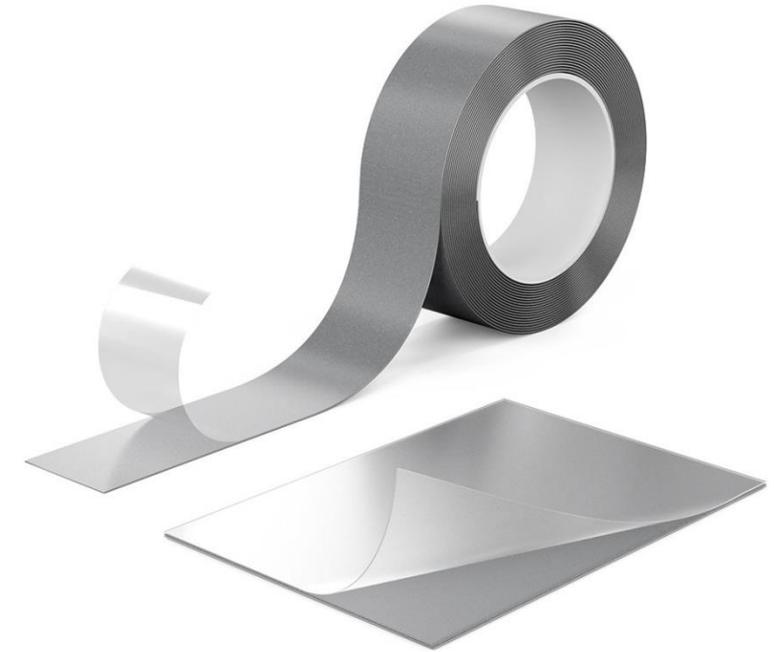
Abstandsbolzen



Erdungsband

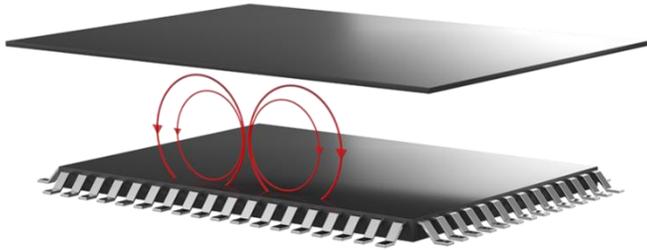
WE-EMIP EMI Patch

- WE-FAS mit integrierter Aluminiumschicht, vereint die Vorteile einer EMI-Absorberfolie mit denen eines Abschirmbands.
- Merkmale:
 - Höhere Dämpfung als bei herkömmlichen Absorberfolien.
 - Lösung für breitbandige Störer
 - Perfekt anpassbare Lösung für Tests, EMV-Labore und für die Endprodu
- Anwendungen:
 - Hohe Dämpfung von EMI und Wärmeableitung
 - Nicht isolierte Version für GND-Verbindung und Massebezugsfläche
 - Gute Absorption auch bei Hochfrequenztechnologien (5G, IoT, ...) oder Ics

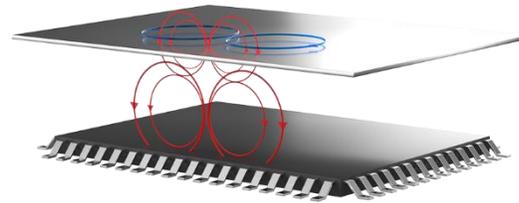


WE-EMIP EMI Patch

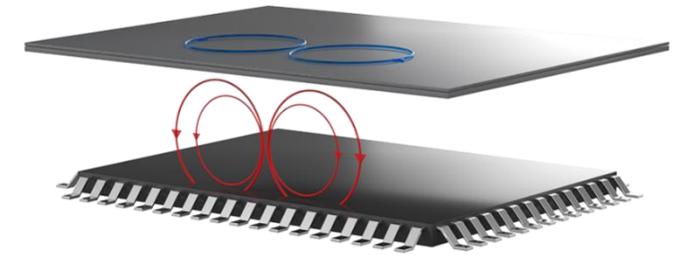
How it works



- Wird die Absorberschicht alleine verwendet, dämpft sie die elektromagnetischen Störungen.



- Die Metallschicht dämpft ebenfalls elektromagnetische Störungen! Induzierte Wirbelströme wirken dem eigentlichen Störfeld entgegen.



- Die Kombination des Metalls mit der Absorberschicht verhindert Rückstrahlung.
- Die im Nahfeld gemessene elektromagnetische Abstrahlung wird stark reduziert.

Schirmungslösungen

Übersicht

