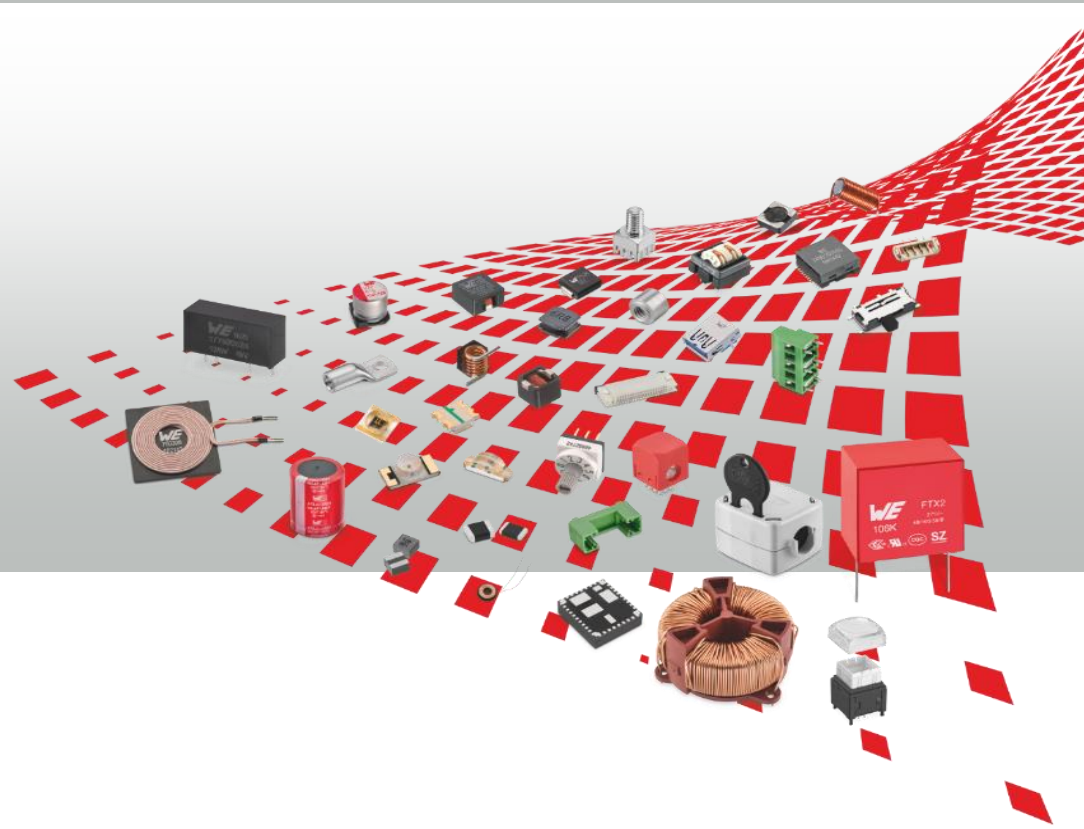


# BauteilAuswahl mit **REDEXPERT**®

more  
than you  
expect



Mario Möller

Würth Elektronik eiSos  
GmbH & Co. KG

16.04.2020

# Agenda

- Übersicht und Funktionsumfang
- RJ45 LAN-Übertrager
- Keramikkondensatoren (MLCCs)
- Stromkompensierte Drosseln
- SMD Ferrite
- Speicherinduktivitäten



# Registrierung / Anmeldung



- Eine Registrierung ist nicht erforderlich
- Auch ohne Nutzerkonto sind alle grundsätzlichen Funktionen verfügbar
- Die Registrierung ist **kostenlos** für alle Nutzer
- Mit einem Nutzerkonto können Sie **zusätzliche Funktionen** nutzen
  - Kostenloser Musterservice
  - Angebotsanfrage aus dem Tool heraus
  - Nutzen von Slidern
  - Datenanzeige über die Tabelle
- Ihre Mail-Adresse wird nur zur Bestätigung von Musterbestellungen/  
Angeboten genutzt – **nicht zu Werbezwecken**

Deutsch ▾

Anmeldung bei  
**REDEXPERT®**

Email

Passwort

**ANMELDEN**    REGISTRIERUNG

FORTFAHREN OHNE LOGIN

[Haben Sie Ihr Passwort vergessen?](#)

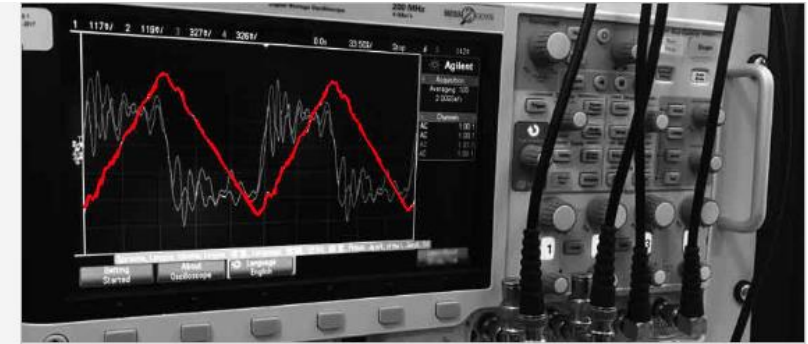
# REDEXPERT - Übersicht



Schnelle Bauteilauswahl



EMV Filter Design Werkzeuge



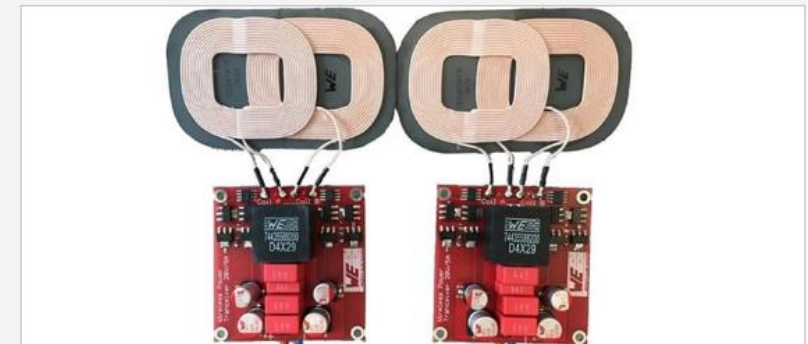
Werkzeuge für die Leistungsstufe



Sichtbare LED

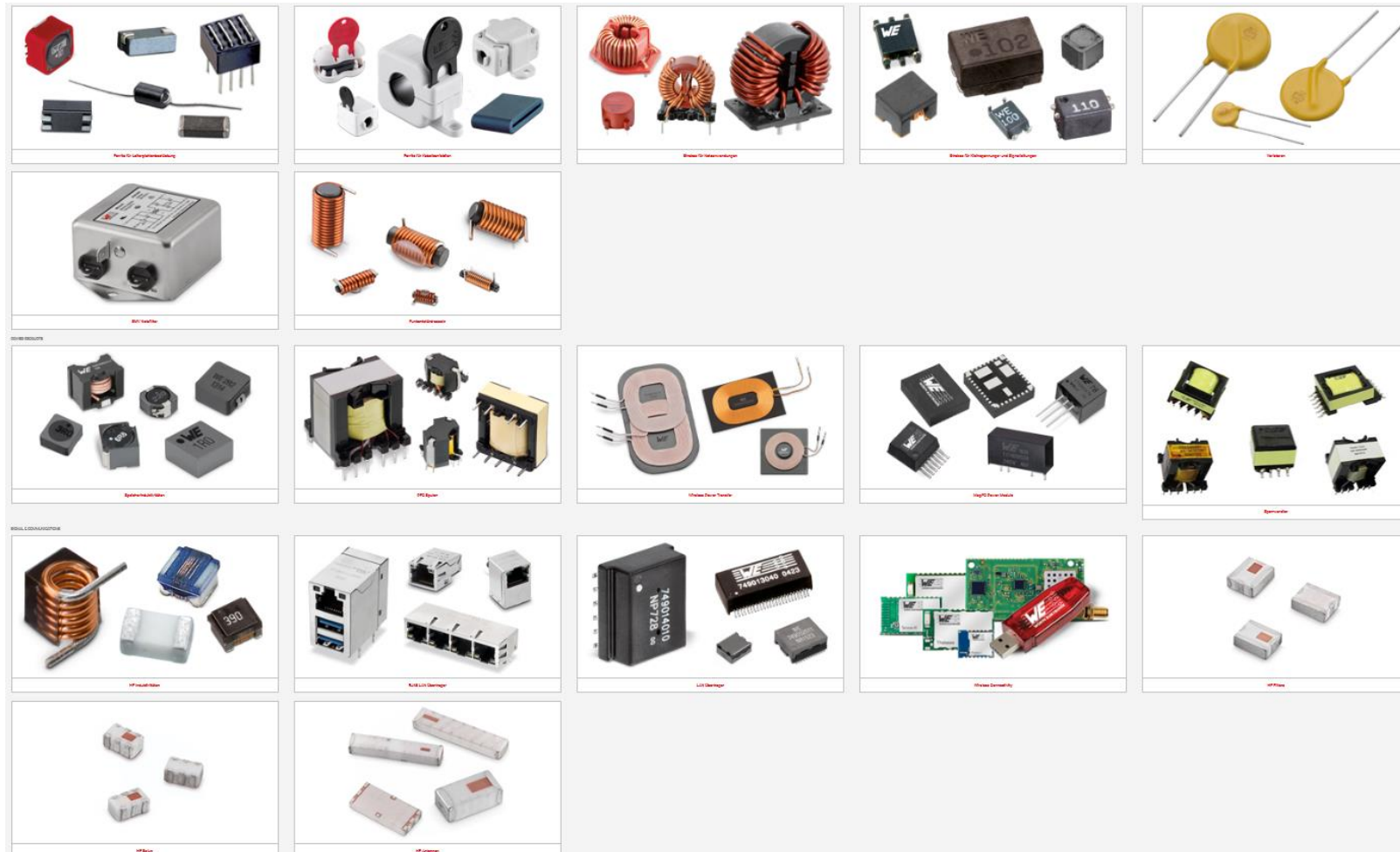


MagI<sup>3</sup>C Power Module



Wireless Power Transmission

# REDEXPERT - Übersicht



# Übersicht der Beispiele



REDEXPERT®

START | PRODUKTE | ANWENDUNG | ANLEITUNG | TEILEN

ITEMS | ANDREAS

## EMV Komponenten

4

- Ferrite für Leiterplattenbestückung
- Ferrite für Kabelkonfektion
- Strokos für Netzanwendungen
- Strokos für Kleinspannungs- und Signalleitungen
- Funkentstördrosseln
- Varistoren
- EMV Netzfilter

## Power Produkte

5

- Speicherinduktivitäten
- Mag<sup>3</sup>C Power Module
- Wireless Power Transfer
- Sperrwandler
- PFC Spulen

## Signal & Kommunikation

1

- Wireless Connectivity
- LAN Übertrager
- RJ45 LAN Übertrager
- HF Induktivitäten
- HF Filters
- HF Balun
- HF Antennen

## Kondensatoren

2

- (X-/Y-) Entstörkondensatoren
- Aluminium-Polymerkondensatoren
- Aluminium-Elektrolytkondensatoren
- Multilayer-Keramik-Chipkondensatoren (MLCCs)
- DC-Folienkondensatoren
- Superkondensatoren (EDLC)

## Optoelektronische Bauelemente

- Horticulture LEDs
- Sichtbare LEDs
- Weiße LEDs
- Ultraviolett LEDs
- Infrarot LEDs
- Photodioden
- Phototransistoren

# REDEXPERT - RJ45 LAN-Übertrager



Artikel-Nr.	Spez	X-Base-T	Anschlüsse	PoE	USB	HPLE	Fixierung	Tab	EMV Finger	T <sub>min</sub>	T <sub>Max</sub>	L	W	H	LED links	LED rechts
7499051002		100 Mbps	2x1	no	no		THT	Show parts where		85,0°C	28,					
7497110616		1,00 Gbps	1	no	2xUSB3.0		THT	Mount is equal to:		85,0°C	32,					
7497111611A		1,00 Gbps	1	no	2xUSB2.0		THT	L is from:		70,0°C	26,					
7498011001A		100 Mbps	1	no	no		SMT	<input type="text"/> mm to <input type="text"/>		70,0°C	21,					
7498011008		100 Mbps	1	no	no		SMT	<input type="text"/>		85,0°C	21,					
74980111211		100 Mbps	1	no	no		SMT	<input type="text"/>		85,0°C	25,					
7498011122AR		100 Mbps	1	no	no		SMT	<input type="text"/>		85,0°C	21,					
7498011211		100 Mbps	1	no	no		SMT	<input type="text"/>		70,0°C	21,6 mm	15,9 mm	13,5 mm	green	yellow	

Artikel-Nr. hier hin ziehen oder hier eingeben

ZUR LISTE

MEHR

Schaltplan

Mechanische Abmessungen

Empfohlenes Lötpad

# REDEXPERT - MLCCs

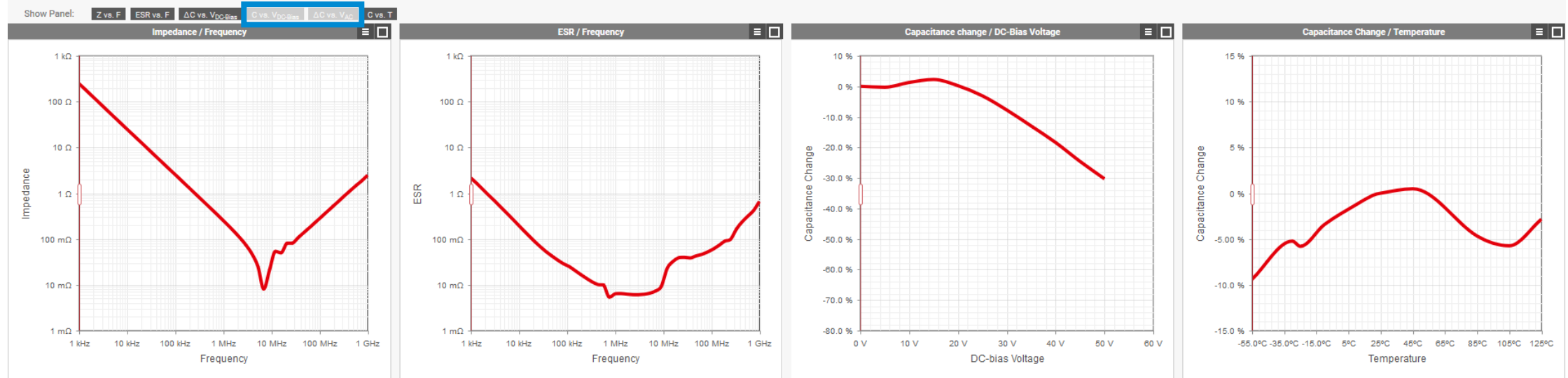


100 / 1095 items ⚙️

Order Code	Spec	Series	Description	Size	Ce...	C	Tole...	V <sub>R</sub>	R <sub>iso</sub>	DF	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	TCC	Length	Width	Height	Technical Part Number	Assemb...
885012210030		WCAP-CSGP	General Purpose	1812	X7R	680 nF	±10 %	50.0 V	> 700 MΩ	2.5 %	-55.0°C	125°C	±15%	4.50 mm	3.20 mm	2.00 mm	X7R1812684K050DFCT10000	SMT
885012210011		WCAP-CSGP	General Purpose	1812	X7R	680 nF	±10 %	25.0 V	> 700 MΩ	3.5 %	-55.0°C	125°C	±15%	4.50 mm	3.20 mm	1.25 mm	X7R1812684K025DFCT10000	SMT
885012210003		WCAP-CSGP	General Purpose	1812	X7R	680 nF	±10 %	16.0 V	> 700 MΩ	3.5 %	-55.0°C	125°C	±15%	4.50 mm	3.20 mm	1.25 mm	X7R1812684K016DFCT10000	SMT
885012210024		WCAP-CSGP	General Purpose	1812	X7R	68.0 nF	±10 %	50.0 V	> 7.40 GΩ	2.5 %	-55.0°C	125°C	±15%	4.50 mm	3.20 mm	1.25 mm	X7R1812683K050DFCT10000	SMT
885012210018		WCAP-CSGP	General Purpose	1812	X7R	6.80 nF	±10 %	50.0 V	> 10.0 GΩ	2.5 %	-55.0°C	125°C	±15%	4.50 mm	3.20 mm	1.25 mm	X7R1812682K050DFCT10000	SMT
885012210029		WCAP-CSGP	General Purpose	1812	X7R	470 nF	±10 %	50.0 V	> 1.10 GΩ	2.5 %	-55.0°C	125°C	±15%	4.50 mm	3.20 mm	1.25 mm	X7R1812474K050DFCT10000	SMT
885012210010		WCAP-CSGP	General Purpose	1812	X7R	470 nF	±10 %	25.0 V	> 1.10 GΩ	3.5 %	-55.0°C	125°C	±15%	4.50 mm	3.20 mm	1.25 mm	X7R1812474K025DFCT10000	SMT
885012210023		WCAP-CSGP	General Purpose	1812	X7R	47.0 nF	±10 %	50.0 V	> 10.0 GΩ	2.5 %	-55.0°C	125°C	±15%	4.50 mm	3.20 mm	1.25 mm	X7R1812473K050DFCT10000	SMT

Click and type or drop an Order Code here

ADD  
MORE





# Datenblätter zeigen nicht alles



## D1 Electrical Properties:

Properties	Test conditions		Value	Unit	Tol.
Capacitance	1±0.2 Vrms, 1 kHz ±10%	C	100000	pF	± 10%
Rated voltage		$U_R$	16	V (DC)	max.
Dissipation factor	1±0.2 Vrms, 1 kHz ±10%	DF	≤ 3.5%		typ.
Isolation Resistance	Apply $U_R$ for 120 s max.	$R_{ISO}$	≥ 5	GΩ	

Bauform 0805

## D1 Electrical Properties:

Properties	Test conditions		Value	Unit	Tol.
Capacitance	1±0.2 Vrms, 1 MHz ±10%	C	100000	pF	± 10%
Rated voltage		$U_R$	16	V (DC)	max.
Dissipation factor	1±0.2 Vrms, 1 MHz ±10%	DF	≤ 5%		typ.
Isolation Resistance	Apply $U_R$ for 120 s max.	$R_{ISO}$	≥ 5	GΩ	

Bauform 0402

- Nennspannung, Kapazität und Toleranz stimmen überein
- Augenscheinlich haben diese MLCCs identische Eigenschaften
- ABER: Nennwerte zeigen keine realen Bedingungen
- DC-Bias kann nicht dargestellt werden

# REDEXPERT - MLCCs



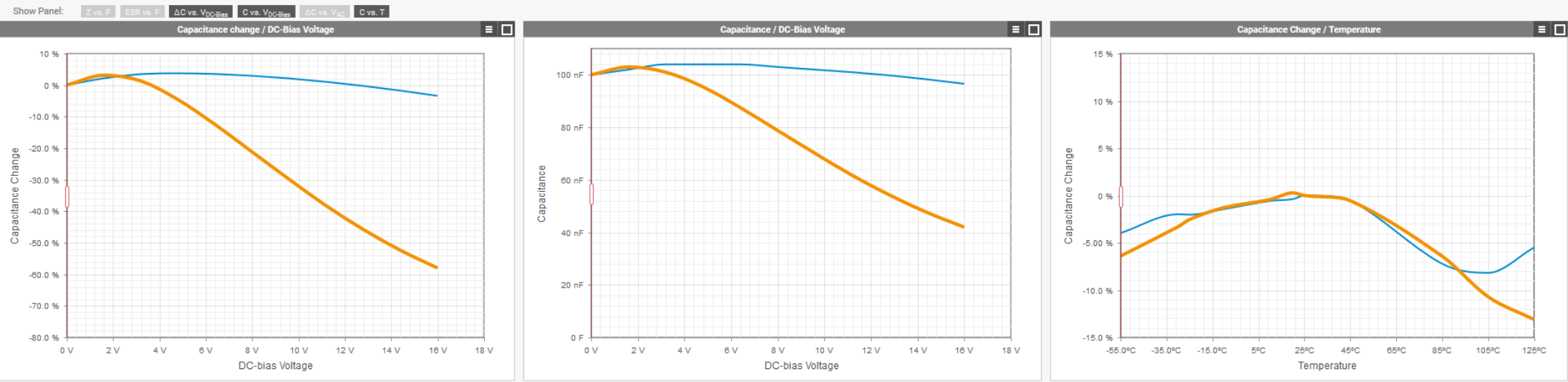
Filters: Ceramic = X7R | 100 nF ≤ C ≤ 100 nF | 16.0 V ≤ V<sub>R</sub> ≤ 16.0 V | 4 items

Order Code	Spec	Series	Description	Size	Ce...	C	Tole...	V <sub>R</sub>	R <sub>iso</sub>	DF	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	TCC	Length	Width	Height	Technical Part Number	Assemb...
885012208030		WCAP-CSGP	General Purpose	1206	X7R	100 nF	±10 %	16.0 V	> 5.00 GΩ	3.5 %	-55.0°C	125°C	±15%	3.20 mm	1.60 mm	0.800 mm	X7R1206104K016DFCT10000	SMT
<b>885012207045</b>		WCAP-CSGP	General Purpose	<b>0805</b>	<b>X7R</b>	<b>100 nF</b>	<b>±10 %</b>	<b>16.0 V</b>	<b>&gt; 5.00 GΩ</b>	<b>3.5 %</b>	<b>-55.0°C</b>	<b>125°C</b>	<b>±15%</b>	<b>2.00 mm</b>	<b>1.25 mm</b>	<b>0.800 mm</b>	<b>X7R0805104K016DFCT10000</b>	<b>SMT</b>
885012206046		WCAP-CSGP	General Purpose	0603	X7R	100 nF	±10 %	16.0 V	> 5.00 GΩ	3.5 %	-55.0°C	125°C	±15%	1.60 mm	0.800 mm	0.800 mm	X7R0603104K016DFCT10000	SMT
<b>885012205037</b>		WCAP-CSGP	General Purpose	<b>0402</b>	<b>X7R</b>	<b>100 nF</b>	<b>±10 %</b>	<b>16.0 V</b>	<b>&gt; 5.00 GΩ</b>	<b>5.0 %</b>	<b>-55.0°C</b>	<b>125°C</b>	<b>±15%</b>	<b>1.00 mm</b>	<b>0.500 mm</b>	<b>0.500 mm</b>	<b>X7R0402104K016DFCT10000</b>	<b>SMT</b>

885012207045 X WCAP-CSGP · X7R · 0805 100 nF · 16.0 V | 885012205037 X WCAP-CSGP · X7R · 0402 100 nF · 16.0 V

Click and type or drop an Order Code here

ADD MORE



# REDEXPERT - MLCCs



Filter: Ceramic = X7R | 50,0 V ≤ V<sub>R</sub> ≤ 50,0 V | Bauform = 0805 | Artikelbeschreibung = General Purpose | 24 Produkte

Artikel-Nr.	Spez	Serie	Artikelbeschrei...	Bauform	Ce...	C...	Tole...	V <sub>R</sub>	R <sub>iso</sub>	DF	T <sub>min</sub>	T <sub>max</sub>	TCC	Länge	Breite	Höhe	Technische Artikelnummer	Montage
885012207096	PDF	WCAP-CSGP	General Purpose	0805	X7R	4,7,0 nF	±10 %	50,0 V	> 10,0 GΩ	2,5 %	-55,0°C	125°C	±15%	2,00 mm	1,25 mm	0,800 mm	X7R0805473K050DFCT10000	SMT
885012207097	PDF	WCAP-CSGP	General Purpose	0805	X7R	68,0 nF	±10 %	50,0 V	> 7,40 GΩ	2,5 %	-55,0°C	125°C	±15%	2,00 mm	1,25 mm	0,800 mm	X7R0805683K050DFCT10000	SMT
<b>885012207098</b>	PDF	WCAP-CSGP	General Purpose	0805	X7R	100 nF	±10 %	50,0 V	> 5,00 GΩ	2,5 %	-55,0°C	125°C	±15%	2,00 mm	1,25 mm	0,800 mm	X7R0805104K050DFCT10000	SMT
885012207099	PDF	WCAP-CSGP	General Purpose	0805	X7R	150 nF	±10 %	50,0 V	> 3,30 GΩ	2,5 %	-55,0°C	125°C	±15%	2,00 mm	1,25 mm	1,25 mm	X7R0805154K050DFCT10000	SMT
885012207100	PDF	WCAP-CSGP	General Purpose	0805	X7R	220 nF	±10 %	50,0 V	> 2,30 GΩ	3,0 %	-55,0°C	125°C	±15%	2,00 mm	1,25 mm	1,25 mm	X7R0805224K050DFCT10000	SMT
885012207101	PDF	WCAP-CSGP	General Purpose	0805	X7R	330 nF	±10 %	50,0 V	> 1,50 GΩ	3,0 %	-55,0°C	125°C	±15%	2,00 mm	1,25 mm	1,25 mm	X7R0805334K050DFCT10000	SMT
885012207102	PDF	WCAP-CSGP	General Purpose	0805	X7R	470 nF	±10 %	50,0 V	> 1,10 GΩ	3,0 %	-55,0°C	125°C	±15%	2,00 mm	1,25 mm	1,25 mm	X7R0805474K050DFCT10000	SMT
<b>885012207103</b>	PDF	WCAP-CSGP	General Purpose	0805	X7R	1,00 µF	±10 %	50,0 V	> 100 MΩ	10 %	-55,0°C	125°C	±15%	2,00 mm	1,25 mm	1,25 mm	X7R0805105K050DFCT10000	SMT

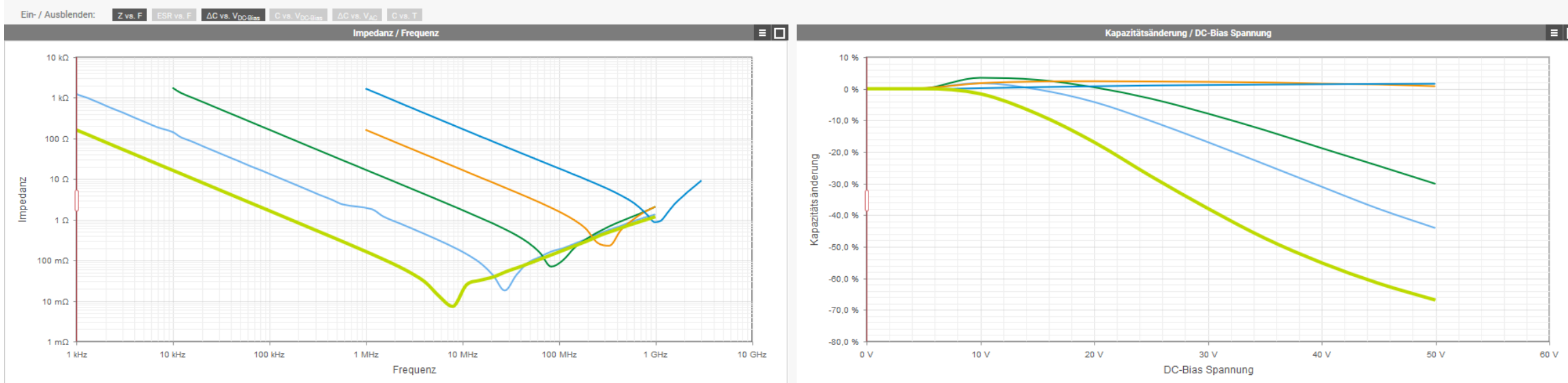
885012207080 885012207086 885012207092 885012207098 885012207103

WCAP-CSGP - X7R - 0805 100 pF - 50,0 V |
 WCAP-CSGP - X7R - 0805 1,00 nF - 50,0 V |
 WCAP-CSGP - X7R - 0805 10,0 nF - 50,0 V |
 WCAP-CSGP - X7R - 0805 100 nF - 50,0 V |
 WCAP-CSGP - X7R - 0805 1,00 µF - 50,0 V

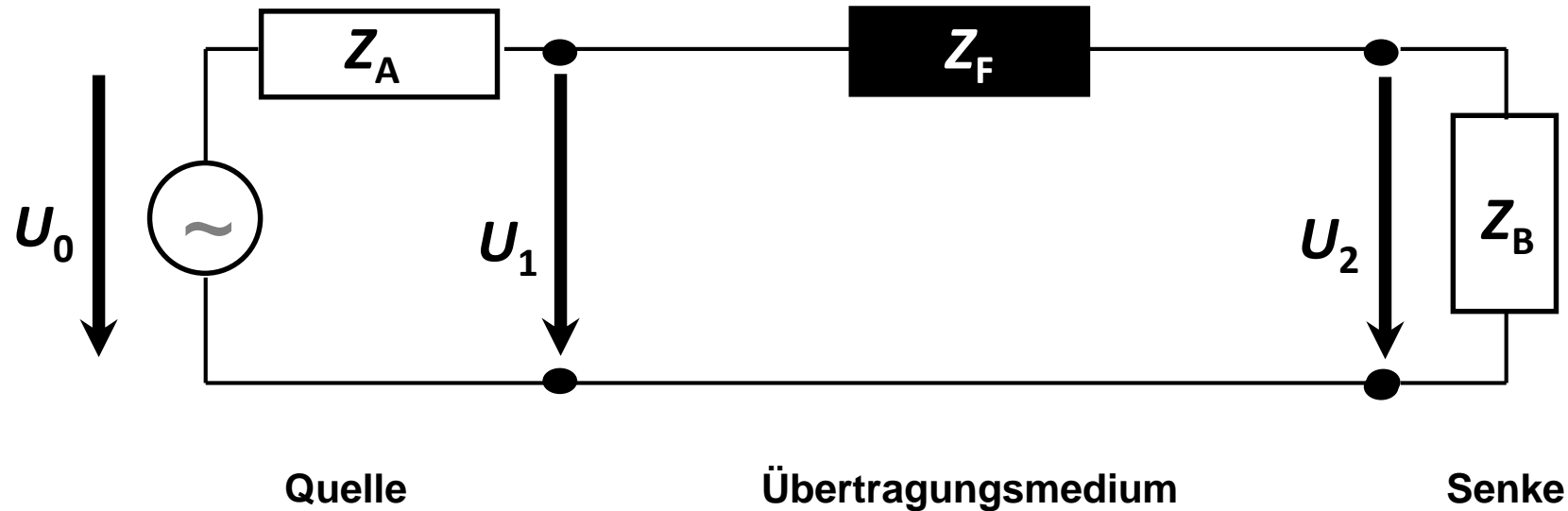
Artikel-Nr. hier hin ziehen oder hier eingeben

ZUR LISTE

MEHR



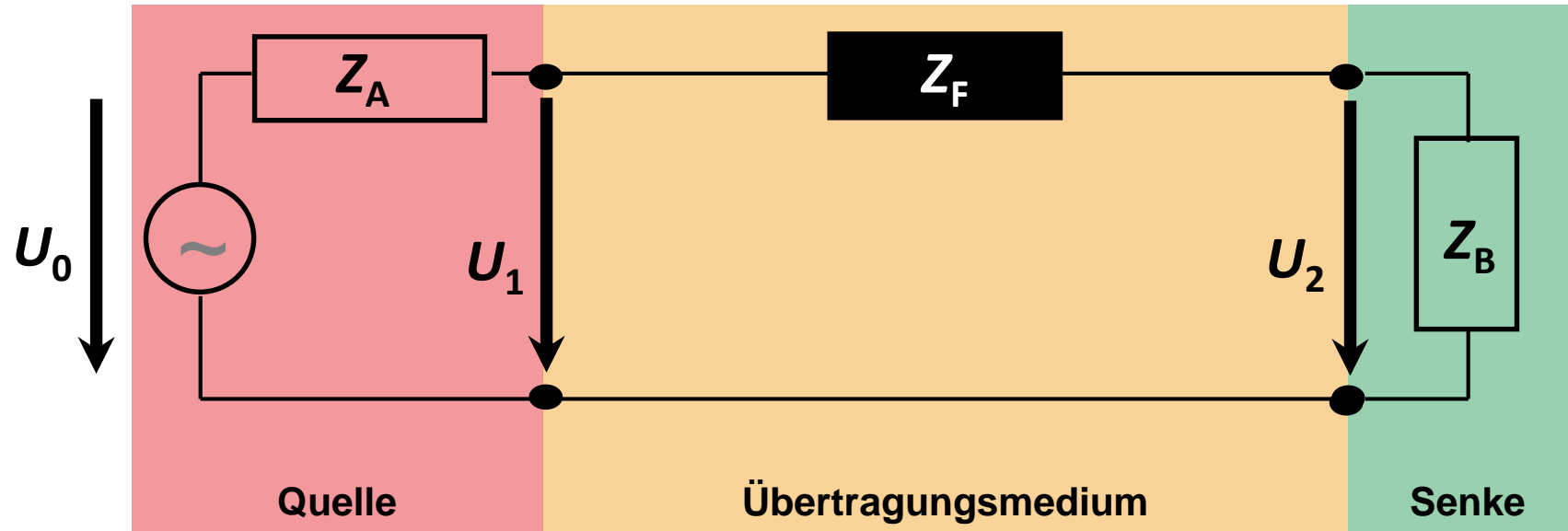
# Dämpfung durch Filterbauteile - Definition



- logarithmisches Verhältnis von Eingangs- zu Ausgangsleistung
- beschreibt die Abschwächung eines Signals über einen Signalweg

- $|A|_{dB} = 10 * \log_{10} \left( \frac{P_e}{P_A} \right) = 20 * \log_{10} \left( \frac{|U_1|}{|U_2|} \right)$

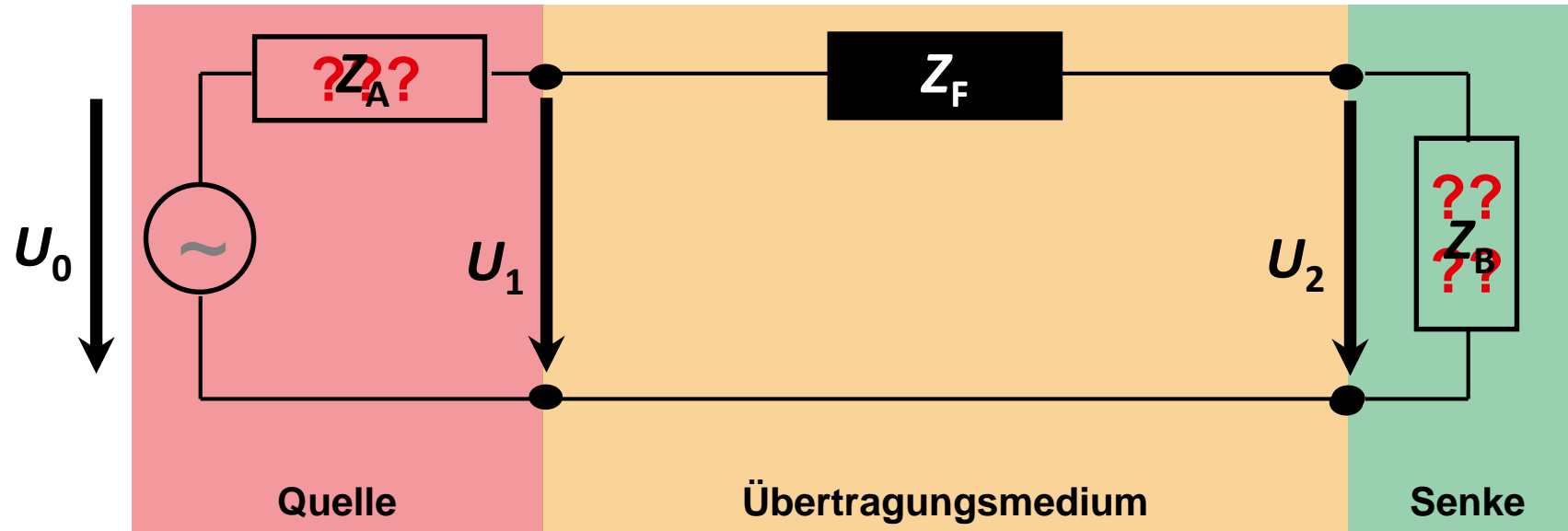
# Dämpfung durch Filterbauteile - Definition



- Gesamtsystemdämpfung:  $|A|_{dB} = 20 * \log_{10} \left( \frac{Z_A + Z_F + Z_B}{Z_A + Z_B} \right)$

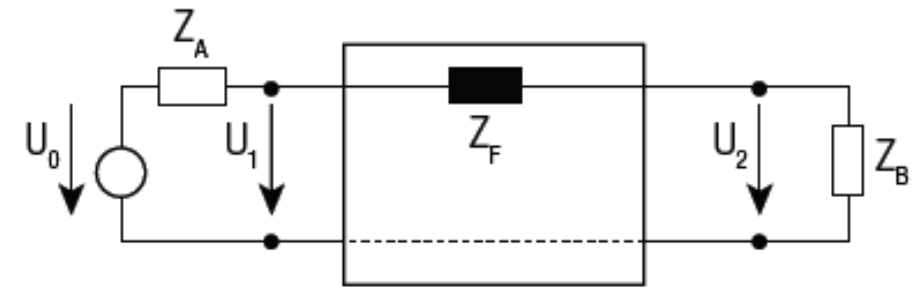
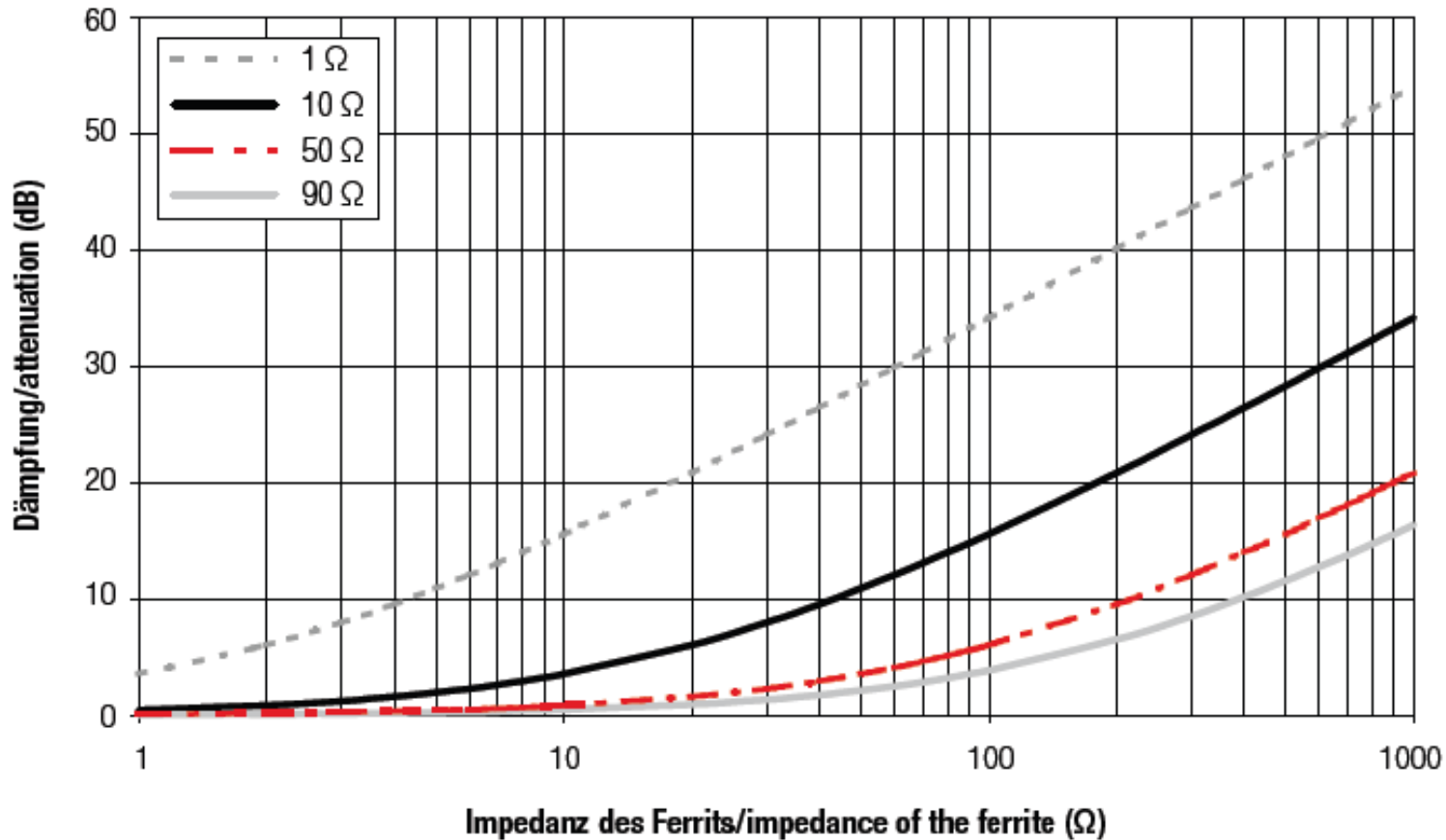
- Impedanz:  $Z_F = \left[ 10^{\frac{|A|_{dB}}{20}} * (Z_A + Z_B) \right] - (Z_A + Z_B)$

# Dämpfung durch Filterbauteile - Realität



- Erfahrungswerte für die Systemimpedanz
  - Masseebene  $1 \Omega$
  - Spannungsversorgung  $10 \Omega$
  - Clock-, Datenleitungen  $50 \dots 90 \Omega$
  - lange Datenleitungen  $90 \dots 150 \Omega$

# Nomogram



$$|A|_{dB} = 20 * \log_{10} \left( \frac{Z_A + Z_F + Z_B}{Z_A + Z_B} \right)$$

# REDEXPERT - Auswahl von Filterbauteilen



- Das „System“-Tool funktioniert bei allen Filterbauteilen gleich:
  - Ferrite für Leiterplatten
  - StroKos für Netzanwendungen
  - StroKos für Daten- und Signalleitungen
  
- Eingangsparmeter:
  - Welche Leitung soll befiltert werden? -> Systemimpedanz
  - Welche Dämpfung muss erreicht werden?
  - Bei welcher Frequenz wird diese Dämpfung benötigt?
  
- Das Tool beachtet dabei aber nur, ob die Impedanz ausreicht
- **Eigenresonanzfrequenz, Nennstrom, etc. müssen geprüft werden!**

<
System

PARAMETERS

**Applications Hints**

- Long Datasignal Lines: 90  $\Omega$
- Datasignal Lines/Clock/Video/USB: 50  $\Omega$
- Supply Voltage Lines ( $V_{CC}$ ): 10  $\Omega$
- Ground Planes (GND): 1  $\Omega$
- User defined

---

**Noise attenuation**

Att       f

---

**Z<sub>In</sub>**

Z

---

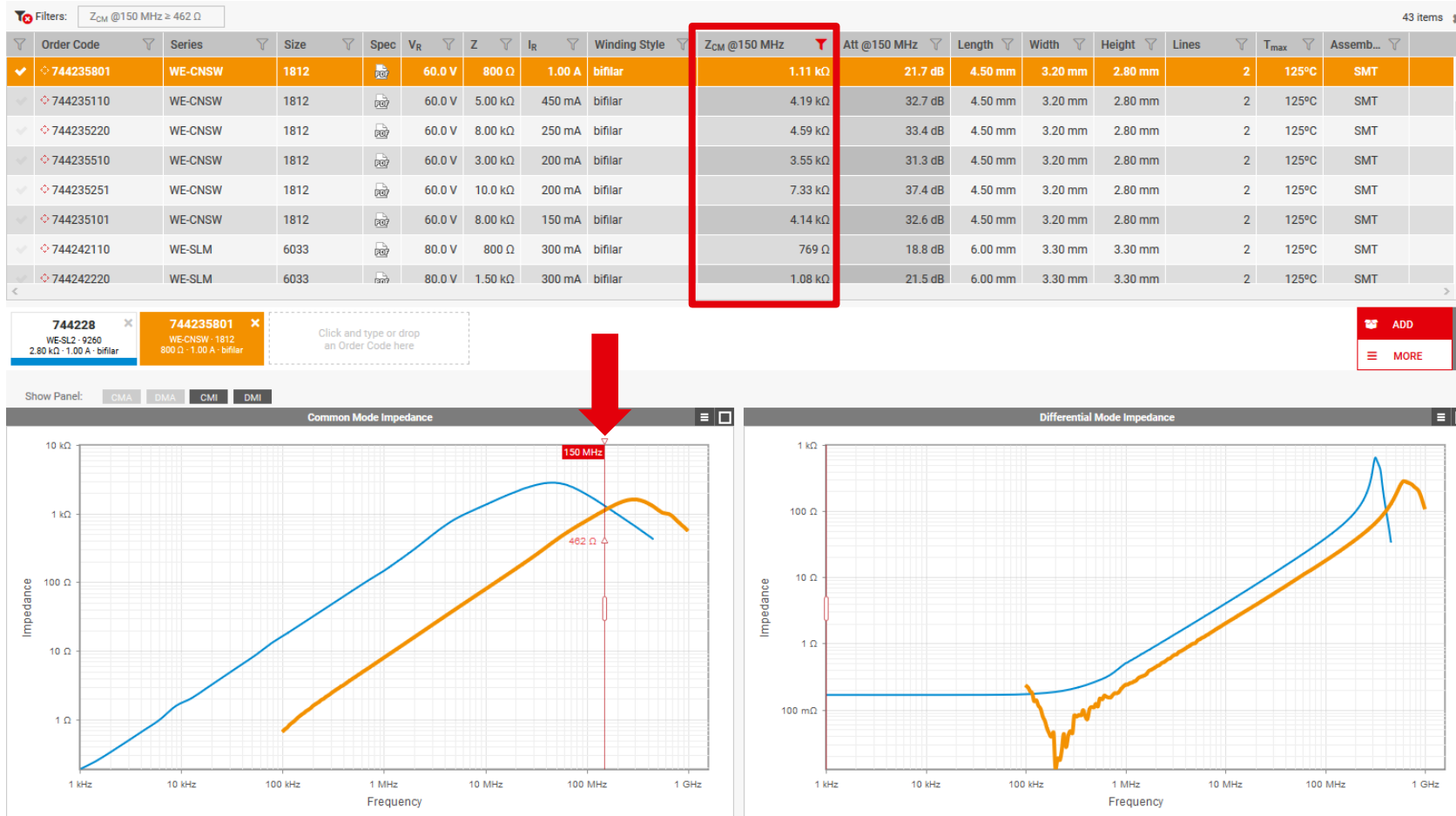
**Z<sub>Out</sub>**

Z

Display details

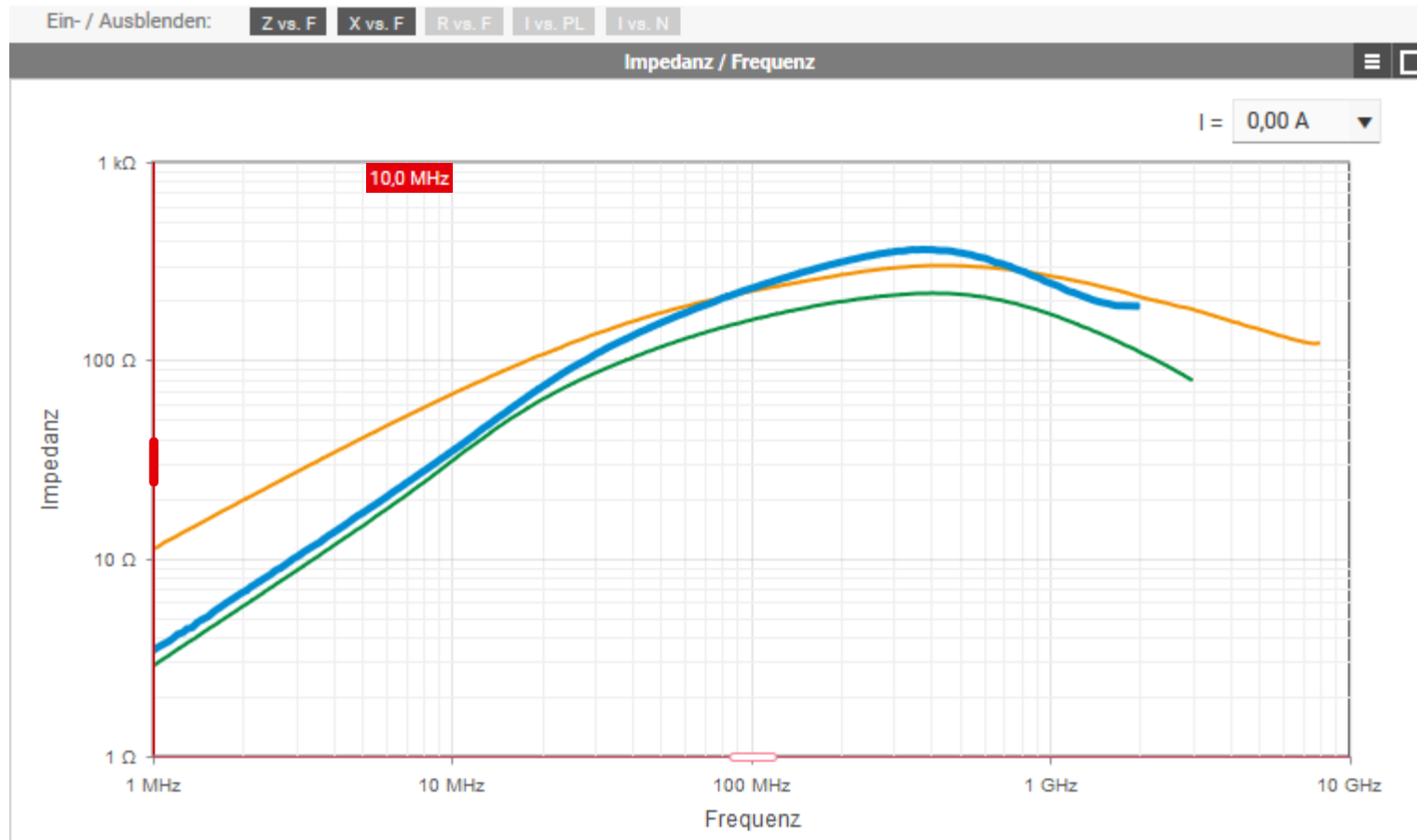


# REDEXPERT - Auswahl von Filterbauteilen



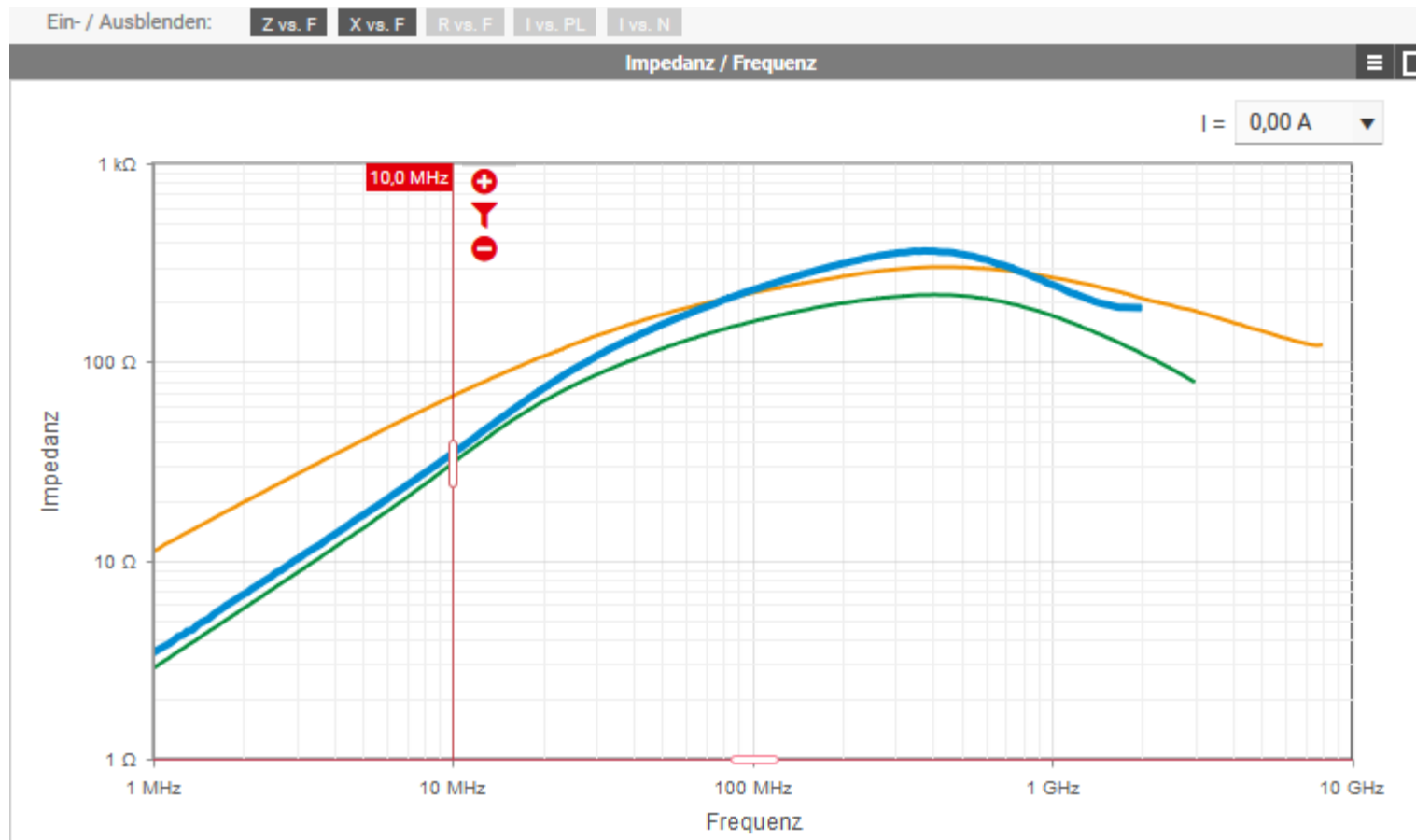
- Die StroKo in Blau hat eine höhere Nenn-Impedanz
- hat aber am relevanten Arbeitspunkt eine geringere Wirkung
- Die gelbe StroKo hat eine geringere Impedanz
- hat aber am Arbeitspunkt ihre Eigenresonanzfrequenz noch nicht überschritten

# REDEXPERT - Slider



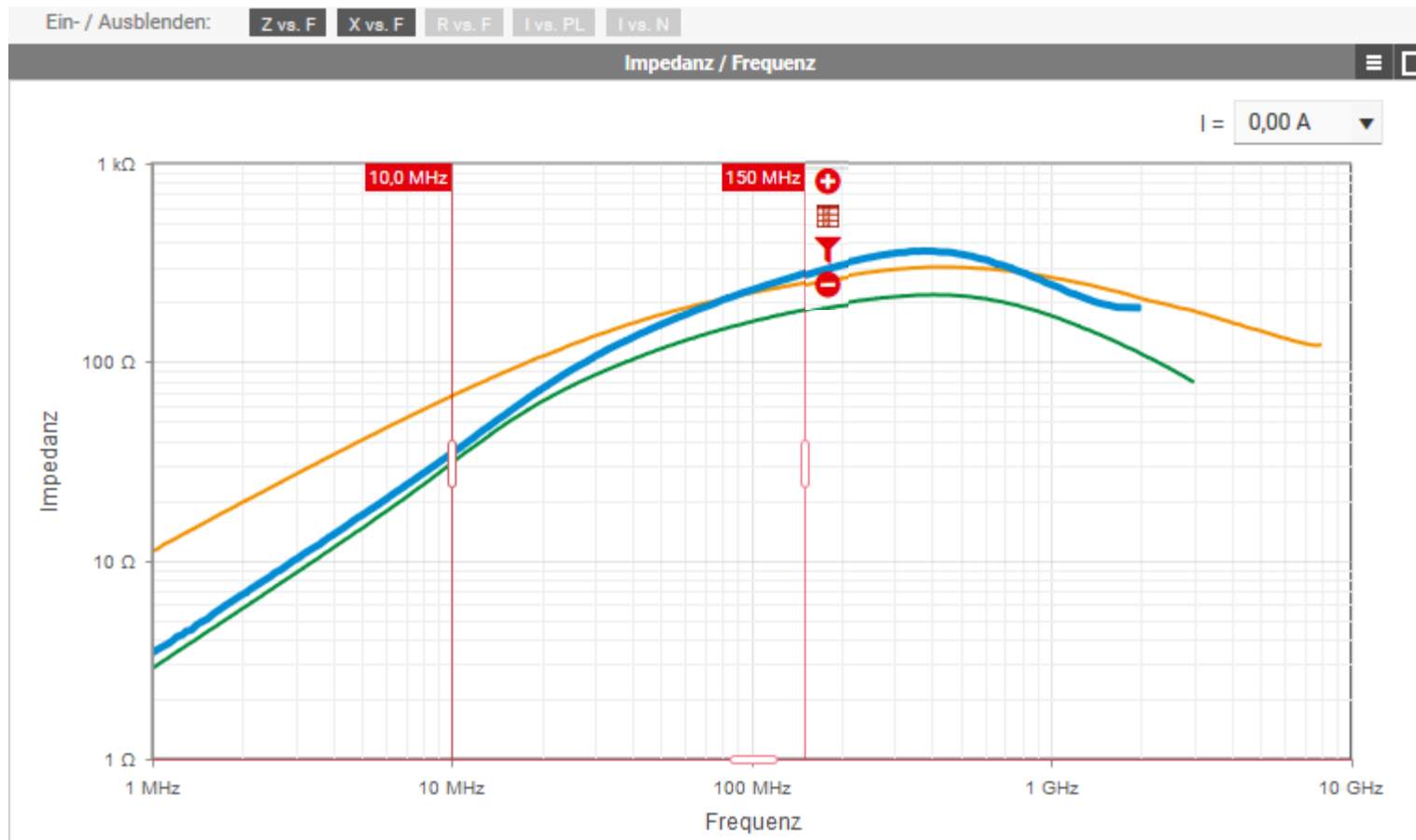
- Ist noch kein Slider im Diagramm zu sehen, kann er von links per Drag & Drop bewegt werden
- Durch einen Klick auf den roten Marker kann die Position des Sliders genau eingegeben werden

# REDEXPERT - Slider



- Bewegt man die Maus nahe an den Slider, erscheinen 3 Schaltflächen
- Das Trichter-Symbol bewirkt das gleiche, wie in der Tabelle
- Durch das „Plus“ lassen sich weitere Slider hinzufügen
- Dadurch können mehrere Punkte einer Kennlinie vorgegeben werden

# REDEXPERT - Slider

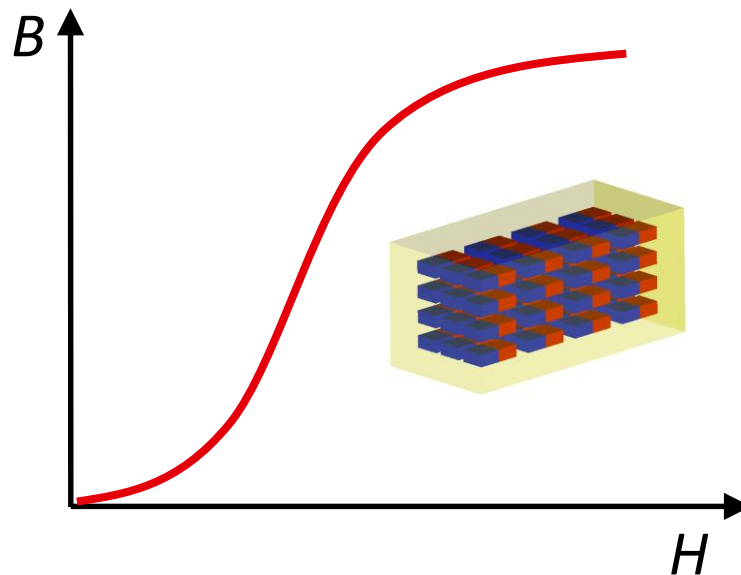


- Es kann immer nur ein Slider pro Diagramm in der Tabelle dargestellt werden
- Durch das „Tabelle“ Symbol wird ausgewählt, welcher Slider in der Tabelle dargestellt wird.
- Das „Minus“ entfernt den entsprechenden Slider

# REDEXPERT - SMD Ferrite



- Durch einen Gleichstrom werden Ferrite vormagnetisiert
  - Dadurch verringert sich die Impedanz
- Durch Angabe des Gleichstroms wieder dieser bei der Auswahl berücksichtigt



System

PARAMETER

Anwendungs-Tipps

- Lange Datenleitungen: 90  $\Omega$
- Daten- und Signalleitungen: 50  $\Omega$
- Stromversorgungen ( $V_{CC}$ ): 10  $\Omega$
- Masseflächen (GND): 1  $\Omega$
- benutzerdefiniert

Einfügedämpfung

Att 25 dB f 250 MHz **I<sub>bias</sub> 1,00 A**

Z<sub>In</sub>

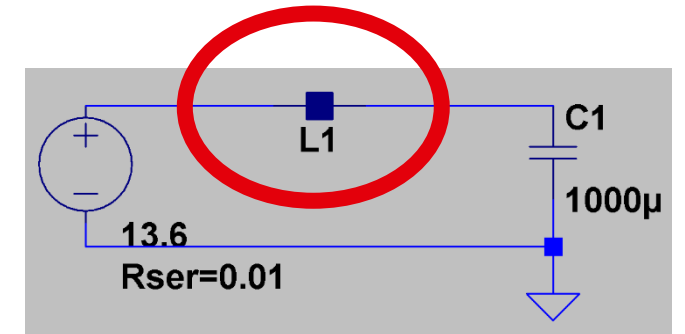
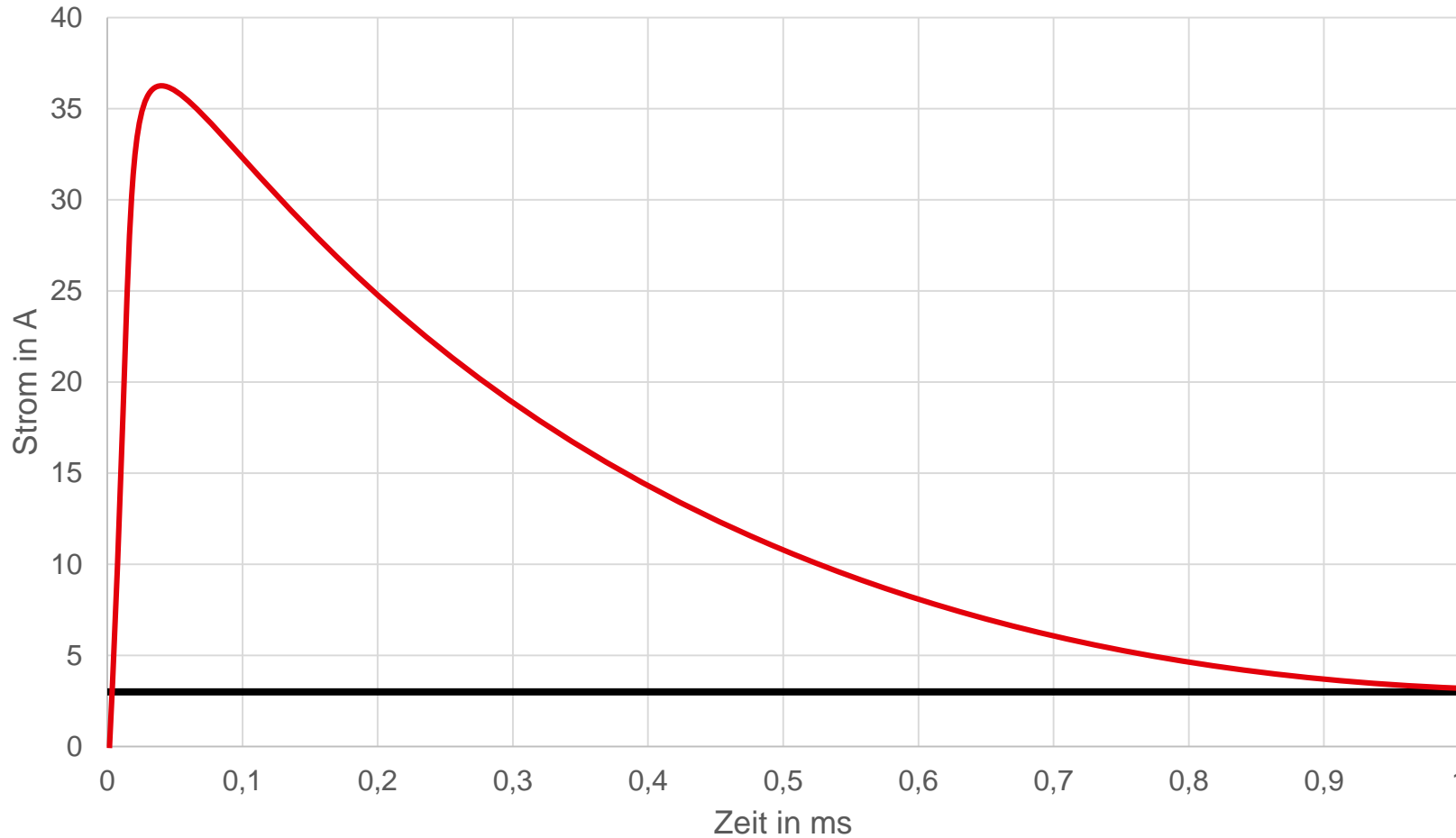
Z 10  $\Omega$

Z<sub>Out</sub>

Z 10  $\Omega$

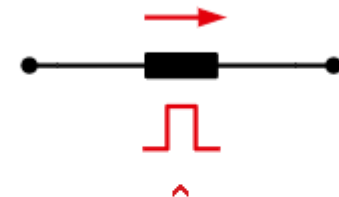
Details Anzeigen

# REDEXPERT - SMD Ferrite



< Puls

PARAMETER



**Einzelpuls**

I  Länge

---

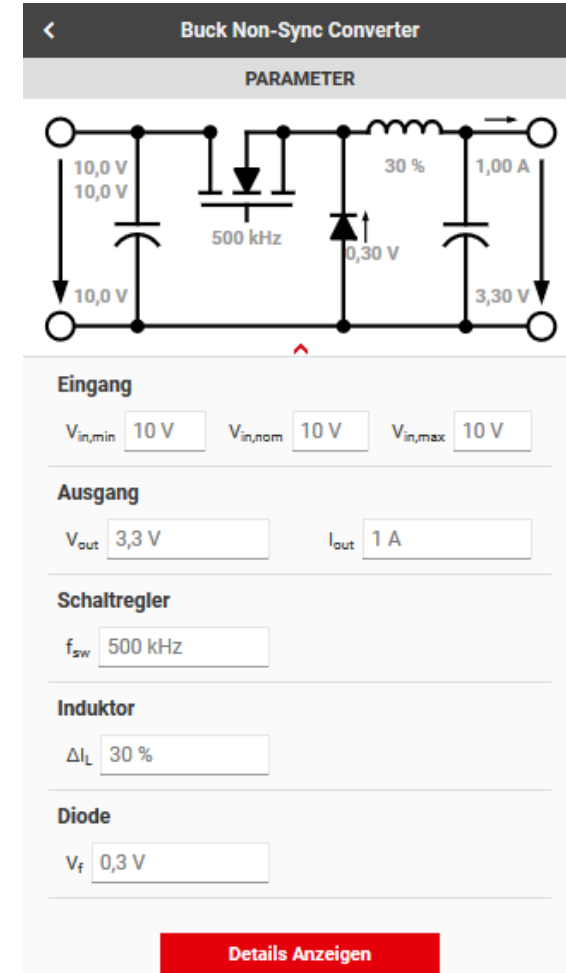
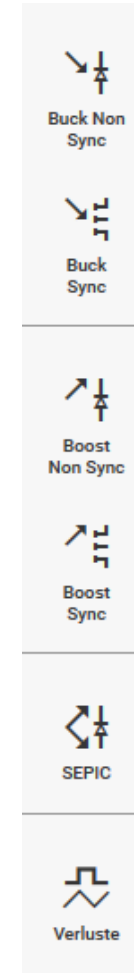
**Pulswiederholung für 8ms Pulse**

Anzahl  I

# REDEXPERT - Auswahl von Speicherdrosseln



- **REDEXPERT** bietet die Möglichkeit, Speicherdrosseln nach Applikation auszusuchen
- Dafür werden Parameter des Schaltreglers benötigt:
  - Eingangs- / Ausgangsspannung
  - Ausgangsstrom
  - Schaltfrequenz
  - Rippelfaktor (in%)
  - Diodenspannung
- **REDEXPERT** liefert nicht nur mögliche Drosseln für den Schaltregler, sondern **berechnet auch die Verluste**



# Beispiel: Texas Instruments TPS54160

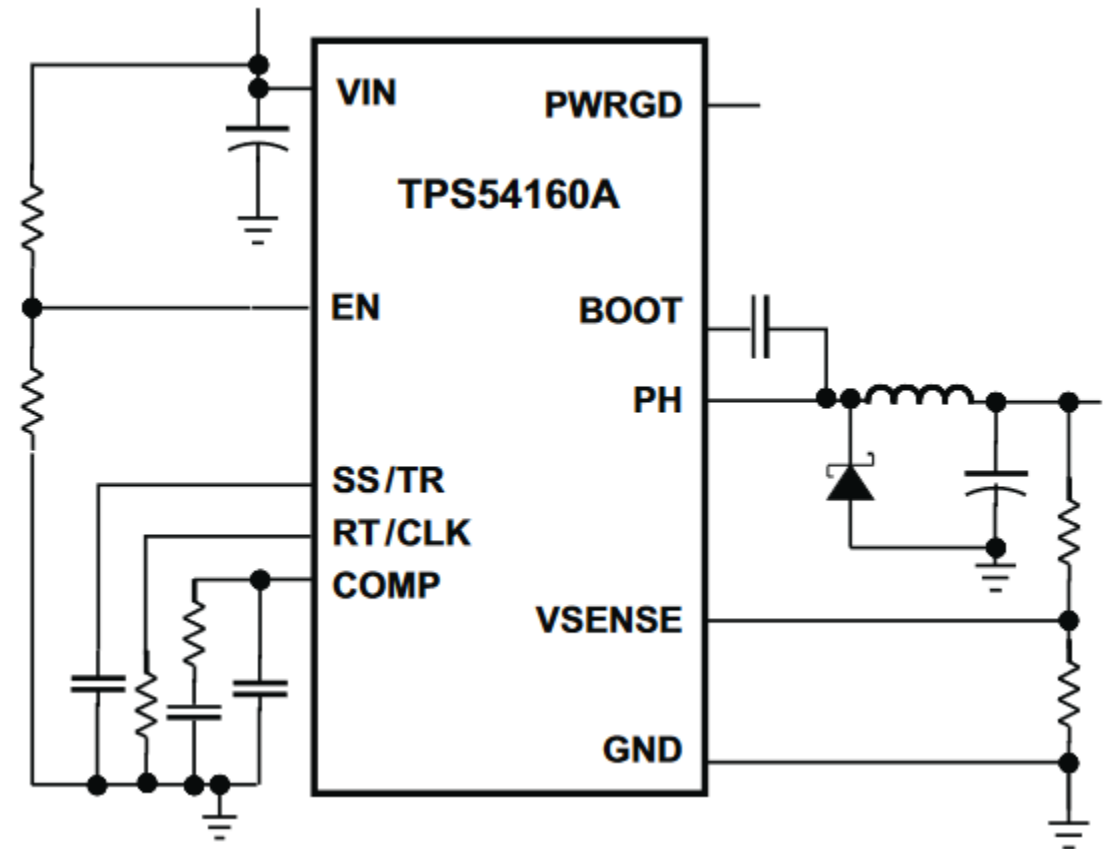
## 9.2.2.2 Output Inductor Selection ( $L_O$ )

To calculate the minimum value of the output inductor, use

$$L_{O(min)} = \frac{V_{IN(max)} - V_{OUT}}{I_{OUT} \times K_{IND}} \times \frac{V_{OUT}}{V_{IN(max)} \times f_{sw}}$$

$K_{IND}$  is a coefficient that represents the amount of inductor ripple current relative to the maximum output current

<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tps54160.pdf> S.32







# Beispiel: Texas Instruments TPS54160

$$L_{O(min)} = \frac{V_{IN(max)} - V_{OUT}}{I_{OUT} \times K_{IND}} \times \frac{V_{OUT}}{V_{IN(max)} \times f_{sw}}$$

$$L_{O(min)} = \frac{10V - 3,3V}{1A \times 0,3} \times \frac{3,3V}{10V \times 500kHz}$$

$$L_{O(min)} = 14,74\mu H$$

Woher kommt der Unterschied?

**Buck Non-Sync Converter**

PARAMETER				
Eingang	Ausgang	Schaltregler	Induktor	Diode
10,0-10,0 V	3,30 V 1,00 A	500 kHz	30 %	0,30 V

DETAILS		
$I_{L,max,opt} \geq 1,15 A$	$L_{opt} 15,6 \mu H$	$I_{L,rms} \geq 1,01 A$

WE-MAPI - 74438356150

DC	$\Delta I_L$	$I_{L,max}$	$T_{on}$
0,35	313 mA	$\geq 1,16 A$	700 ns

Verluste			
AC	DC	Total	$\Delta T_{Tot}$
17,8 mW	200 mW	218 mW	11,3 K

# Der „richtige“ Induktivitätswert

- Induktivität für Buck Converter (**REDEXPERT**)

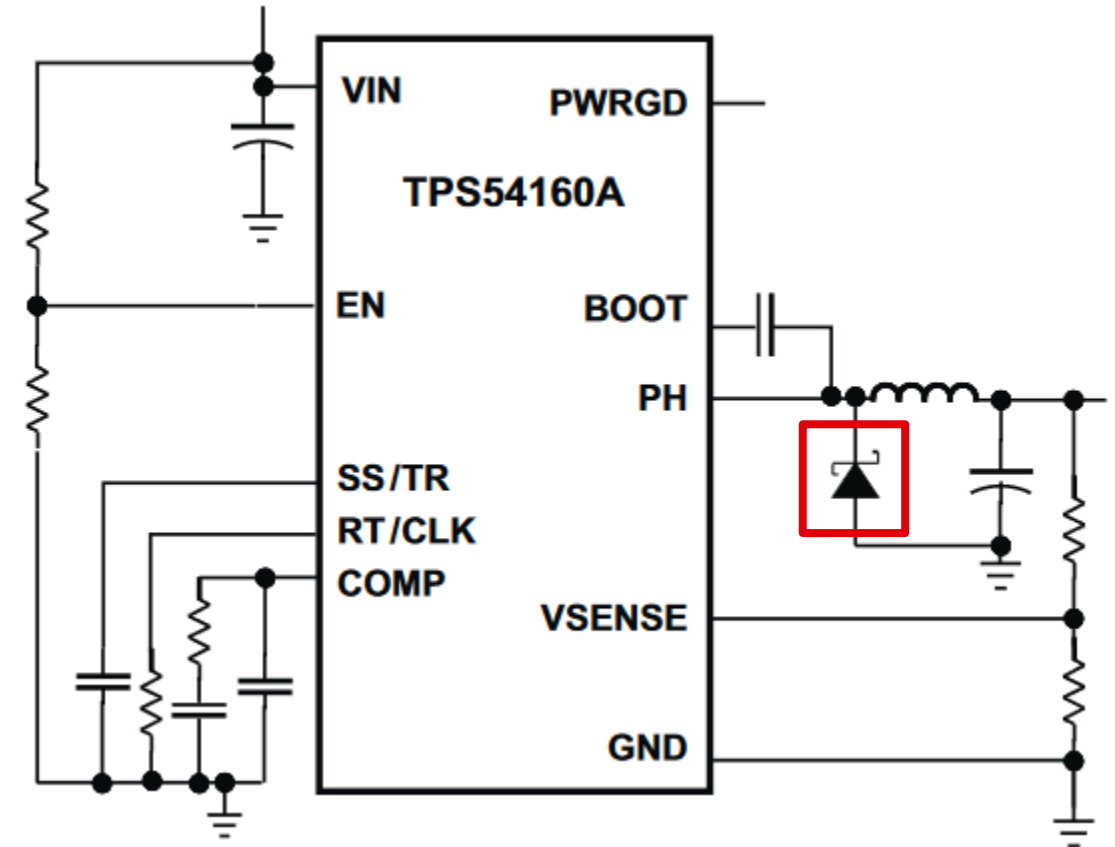
$$L = \frac{U_{in} - U_{out}}{r * I_{out}} * \frac{U_{out} + U_D}{(U_{in} + U_D) * f_{switch}}$$

- In vielen Fällen kann die Diodenspannung vernachlässigt werden.

- Mit  $U_D \ll U_{out}$  (siehe Datenblatt TI)

$$L = \frac{U_{in} - U_{out}}{r * I_{out}} * \frac{U_{out}}{U_{in} * f_{switch}}$$

- Empfehlung:** die „optimale“ Induktivität, sowie einen Wert darüber und darunter testen



# REDEXPERT - Auswahl von Speicherdrosseln



**Buck Non-Sync Converter**

PARAMETER **BEARBEITEN**

Eingang 10,0-10,0 V	Ausgang 3,30 V 1,00 A	Schaltregler 500 kHz	Induktor 30 %	Diode 0,30 V
------------------------	-----------------------------	-------------------------	------------------	-----------------

DETAILS

$I_{L,max,opt}$ ≥ 1,15 A	$L_{opt}$ 15,6 μH	$I_{L,rms}$ ≥ 1,01 A
-----------------------------	----------------------	-------------------------

**WE-MAPI - 74438356150**

DC 0,35	$\Delta I_L$ 313 mA	$I_{L,max}$ ≥ 1,16 A	$T_{on}$ 700 ns
------------	------------------------	-------------------------	--------------------



**Verluste**

AC	DC	Total	$\Delta T_{tot}$
17,8 mW	200 mW	218 mW	11,3 K

Filter: Typ = Single, Single HV |  $I_{sat} \geq 1,15 A$  |  $I_R \geq 1,01 A$  |  **$10,9 \mu H \leq L_0 \leq 20,3 \mu H$**  |  $\Delta T_{TOT} \leq 80,0 K$

Artikel-Nr.	Serie	$L_0$	$\Delta I \%$	$I_R$	$I_{sat}$	$P_{AC}$	$P_{DC}$	$P_{TOT}$	$\Delta T_{TOT}$
✓ 74438356150	WE-MAPI	15,0 μH	31,3 %	1,90 A	2,10 A	17,8 mW	200 mW	218 mW	11,3 K
744053120	WE-TPC	12,0 μH	39,1 %	1,46 A	1,25 A	35,0 mW	70,0 mW	105 mW	22,4 K
744053150	WE-TPC	15,0 μH	31,3 %	1,38 A	1,15 A	28,0 mW	80,0 mW	108 mW	22,6 K
744062120	WE-TPC	12,0 μH	39,1 %	1,43 A	1,25 A	39,1 mW	70,0 mW	109 mW	24,0 K
7440690120	WE-TPC	12,0 μH	39,1 %	1,35 A	1,20 A	53,7 mW	148 mW	202 mW	31,5 K
7440700150	WE-TPC	15,0 μH	31,3 %	1,65 A	1,25 A	68,5 mW	117 mW	185 mW	25,5 K
744071150	WE-TPC	15,0 μH	31,3 %	2,80 A	2,30 A	32,7 mW	46,0 mW	78,7 mW	8,21 K
744065150	WE-TPC	15,0 μH	31,3 %	2,20 A	2,25 A	30,3 mW	69,0 mW	99,3 mW	11,0 K

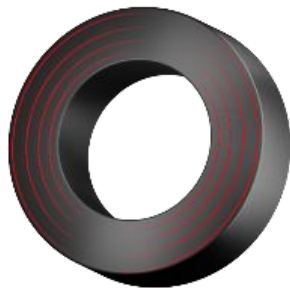
<b>74438356150</b> × WE-MAPI · 4020 15,0 μH · 200 mΩ	<b>744778115</b> × WE-PD · 7332 15,0 μH · 100 mΩ	<b>74404054150</b> × WE-LQS · 5040 15,0 μH · 86,0 mΩ	Artikel-Nr. hier hin ziehen oder hier eingeben
--	--	--	---

<https://www.we-online.com/re/5eY6ltNI>

# Kernverluste (AC) – Ansatz von Steinmetz

- Die Steinmetz-Beziehung gibt die Kernverluste an und wird **empirisch** mit Ringkernen ermittelt.

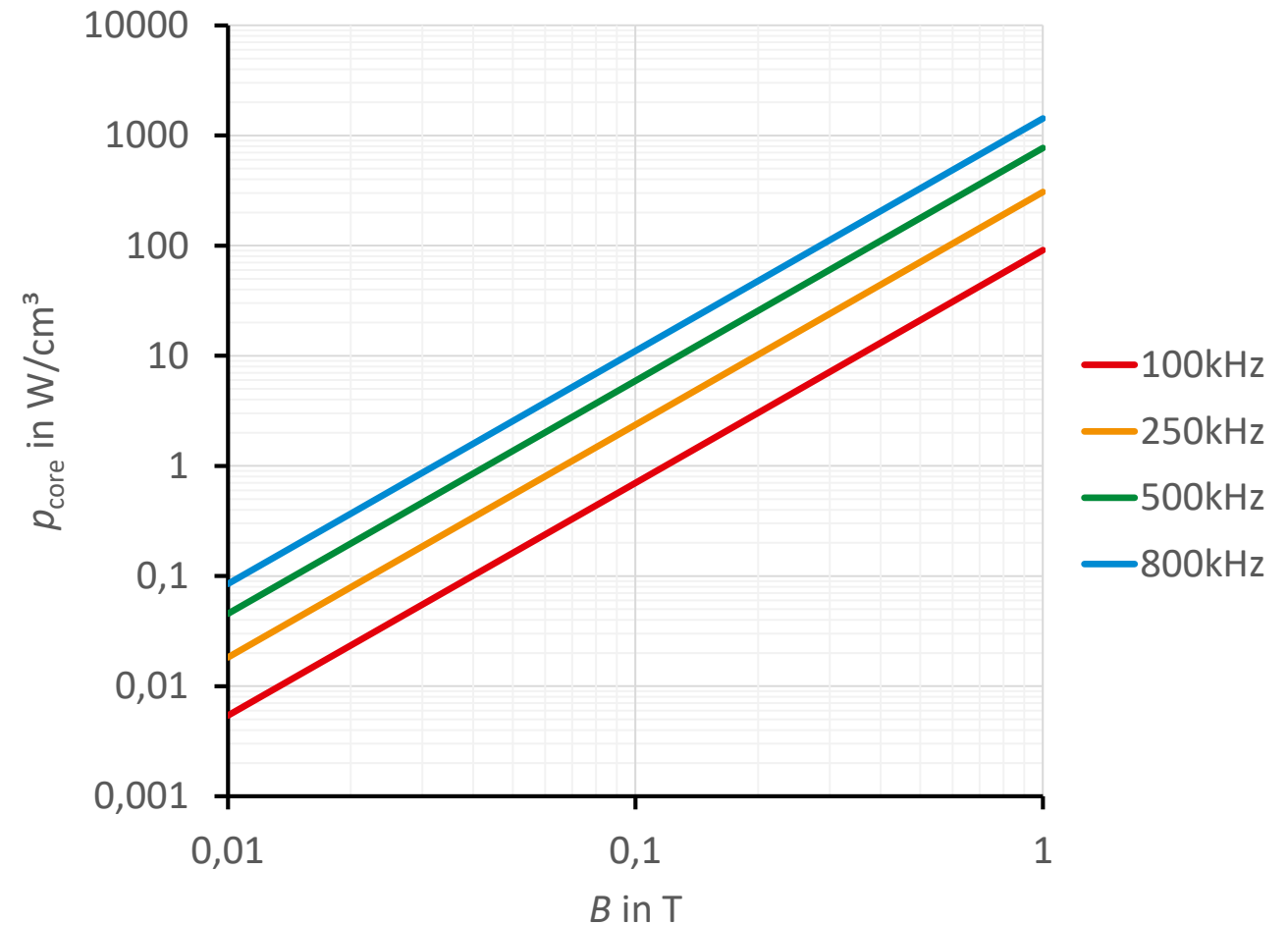
$$p_{core} = k * f^a * \hat{B}^b$$



$$k = 7,62 \cdot 10^{-14}$$

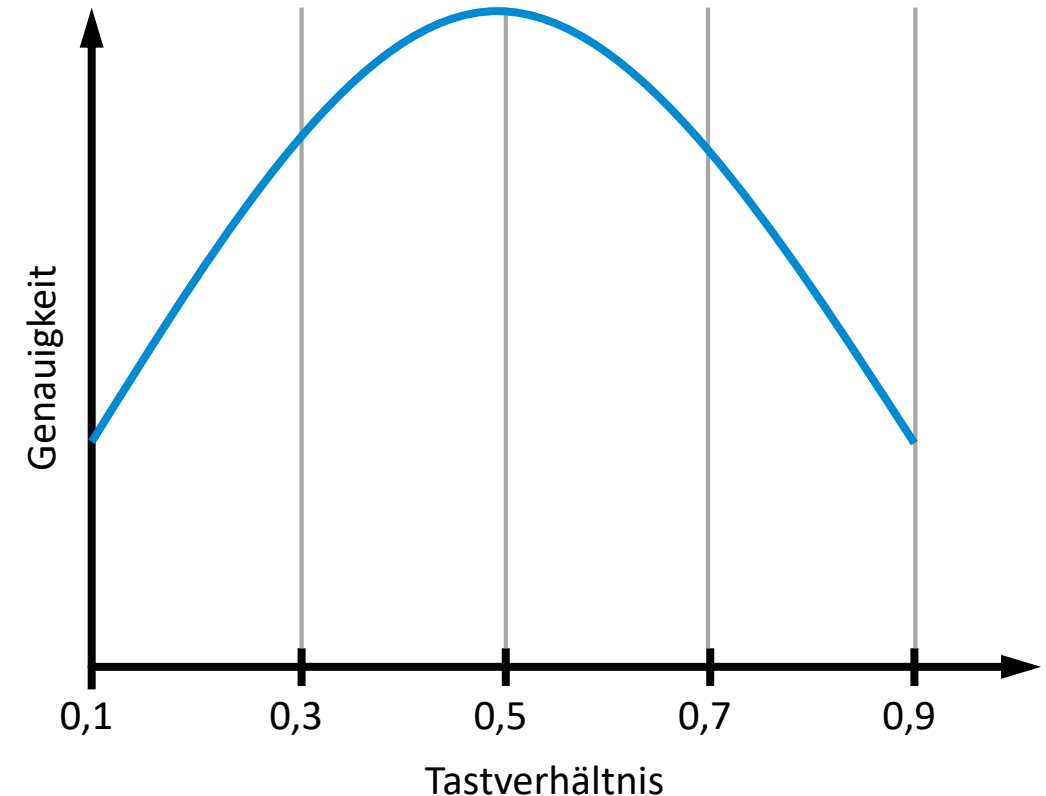
$$a = 1,325$$

$$b = 2,113$$



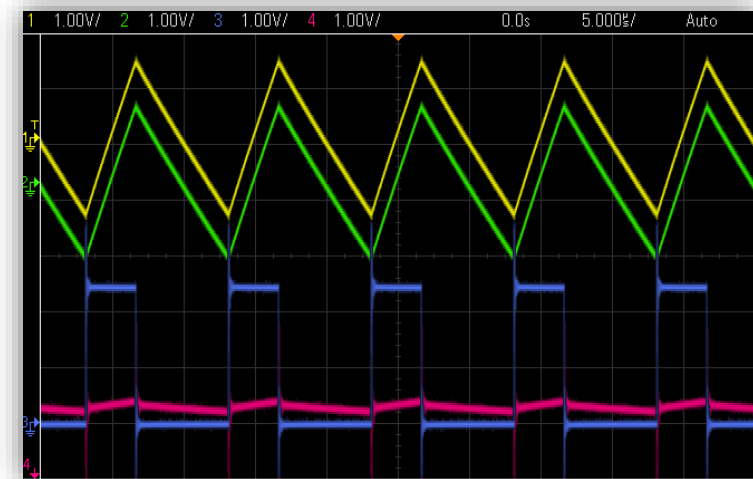
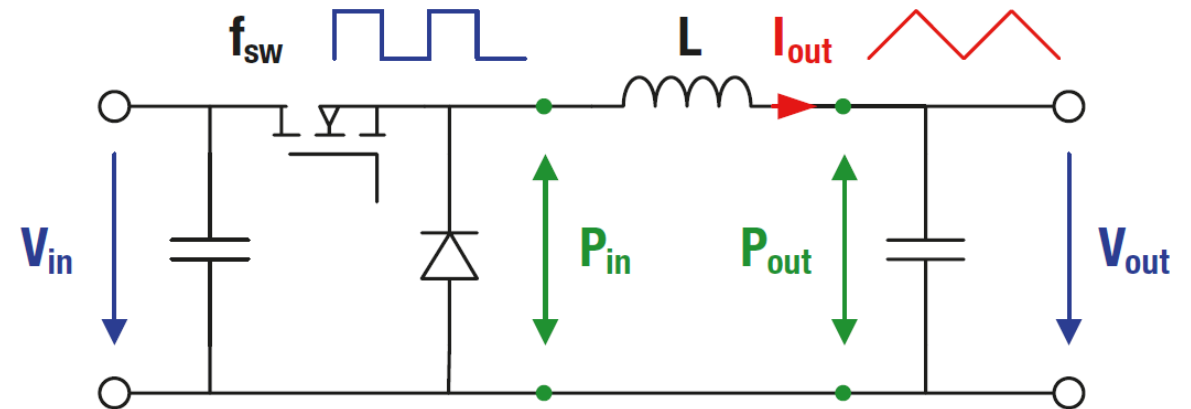
# Kernverluste (AC) – Ansatz von Steinmetz

- Steinmetz-Parameter sind nur eingeschränkt für reale Speicherinduktivitäten nutzbar.
- Die Genauigkeit ist bei 50% Tastverhältnis am höchsten.
- Eine modifizierte Steinmetz-Beziehung berücksichtigt **nichtsinusförmige** Anregung:
 
$$p_{core} = k * f_{eq}^{a-1} * \hat{B}^b * f$$
- Von verschiedenen Kernherstellern gibt es eigene bzw. angepasste Modelle.

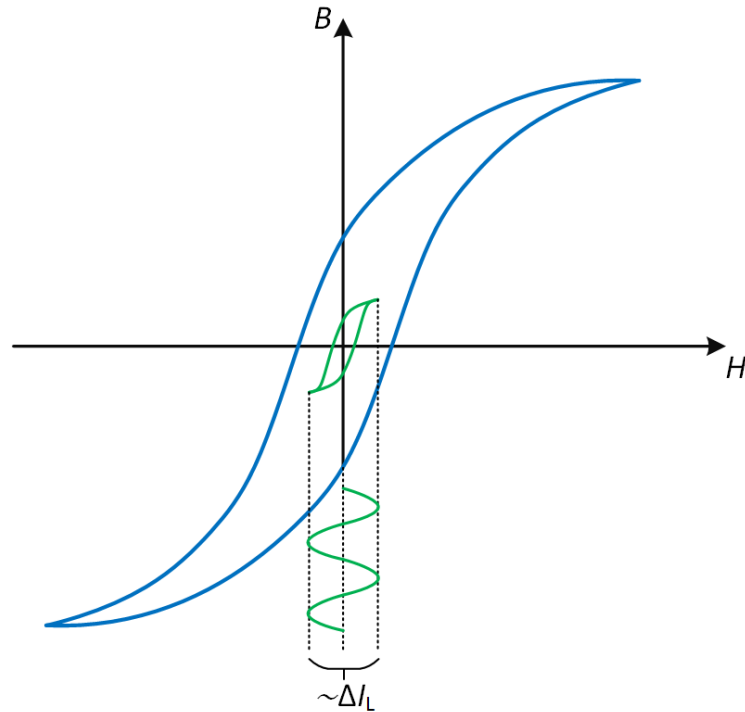


# Spulenverluste – RED EXPERT

- Würth Elektronik nutzt ein spezielles Messgerät (Tiefsetzsteller + Class-D-Verstärker).
- großer Raum variabler Parameter
- Ermittlung der Spulenverluste durch **Messung**
- $P_L = P_{in} - P_{out}$
- Arbeitspunkt → **dreieckförmiger** Stromverlauf

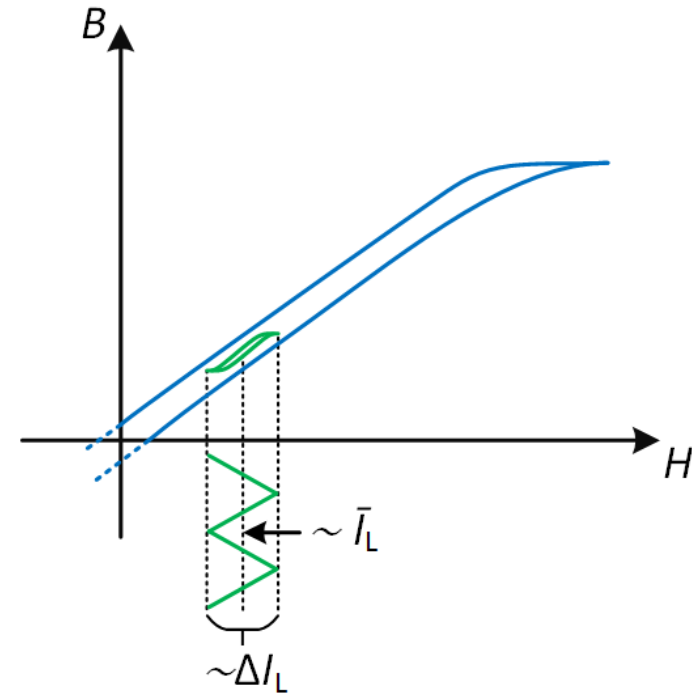


# Spulenverluste – Vergleich



## Steinmetz

Sinusförmige Anregung, nur Kernverluste



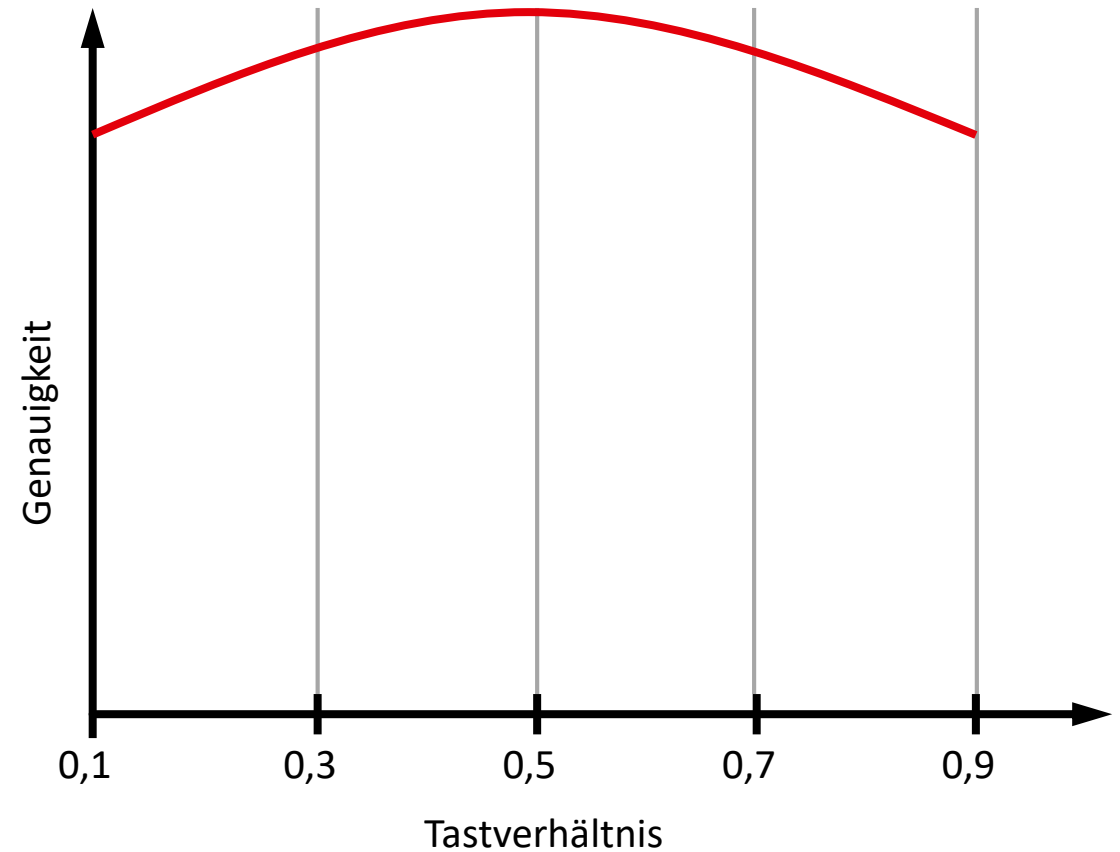
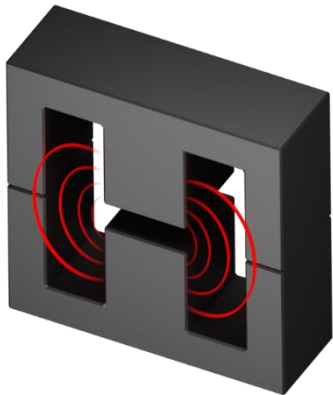
## REDEXPERT

Berücksichtigung des Arbeitspunkts, Gesamtverluste

# Spulenverluste – RED EXPERT

Berücksichtigung von

- realer Kerengeometrie,
- Streufeldefekten am Luftspalt,
- Wicklungsstruktur,
- Materialmischungen,
- Wechselstromverluste im Draht



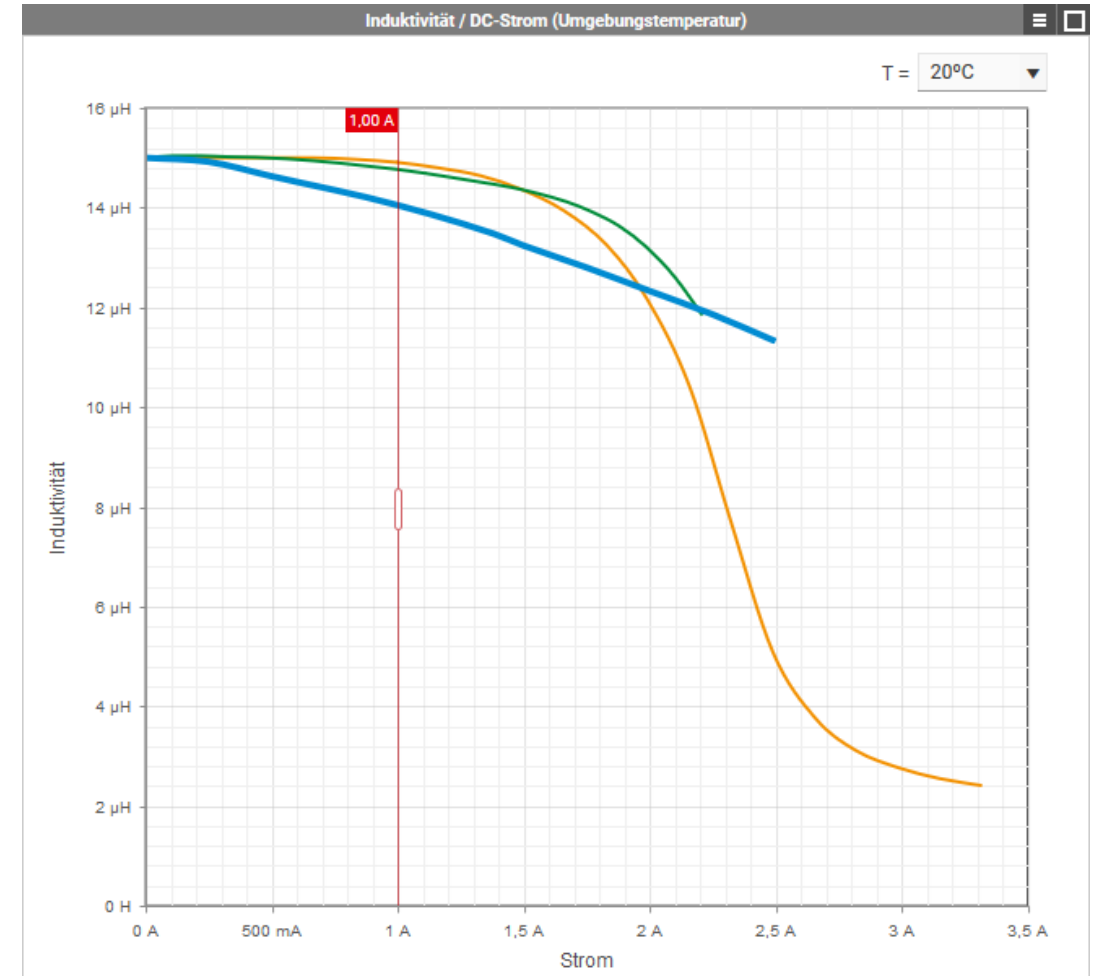


# REDEXPERT – Sättigung beachten!



- RedExpert benutzt zur Berechnung des Rippels die Nenninduktivität (laut Datenblatt)
- Induktivitätsverluste durch Sättigung werden (*noch*) nicht beachtet
- Der **Sättigungsstrom** ist nicht standardisiert und kann Induktivitätsverluste von 10%...35% bedeuten
- Mit dem **Slider** kann der Induktivitätswert im **Arbeitspunkt** geprüft werden

<https://www.we-online.com/re/5eYI59KPluS>



# Fragen & Antworten



**Wir sind jetzt für Sie da ! Fragen Sie uns direkt im Chat!**



[eiSos-webinar@we-online.com](mailto:eiSos-webinar@we-online.com)

[Mario.Moeller@we-online.com](mailto:Mario.Moeller@we-online.com)