

”EMV-gerechte Befilterung von isolierten Power Modulen – von Topologien bis zu Praxiserfahrungen“



**”WE`ve Got
MagI³C Power“**

Timur Uludag

EMV-gerechte Befilterung von isolierten Power Modulen

Agenda



Grundlegende Betrachtungen

Topologie & Grundlegende Funktionsweise

Parasitäre Elemente & Störströme

Precompliance Messung DM&CM

Befilterung isolierter Power Module

Isolierte MagI³C Power Module

EMV-gerechte Befilterung von isolierten Power Modulen

Agenda



Grundlegende Betrachtungen

Topologie & Grundlegende Funktionsweise

Parasitäre Elemente & Störströme

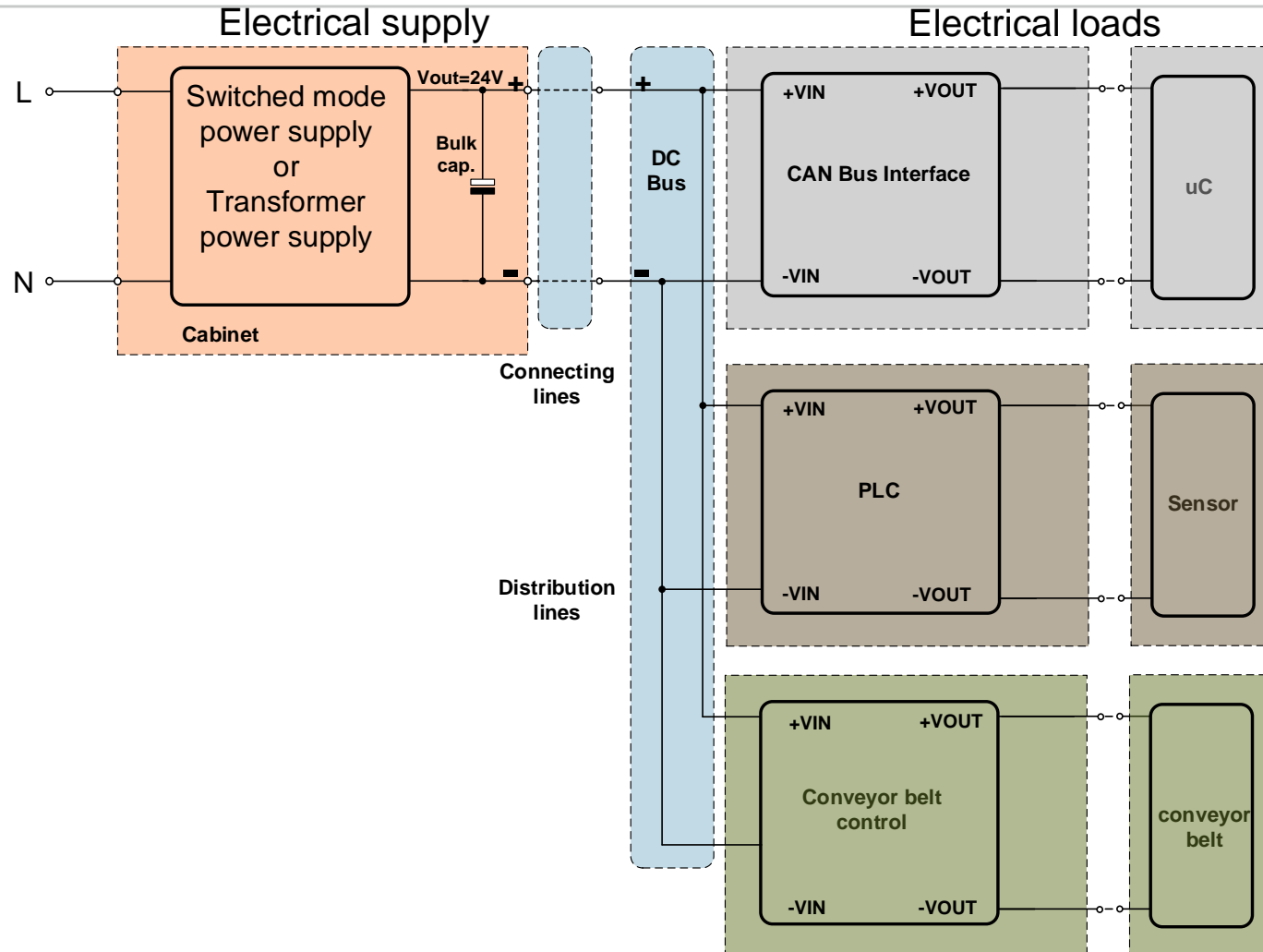
Precompliance Messung DM&CM

Befilterung isolierter Power Module

Isolierte MagI³C Power Module

Isolierte DC/DC Power Module

Aufbau einer typischen Automatisierung Applikation



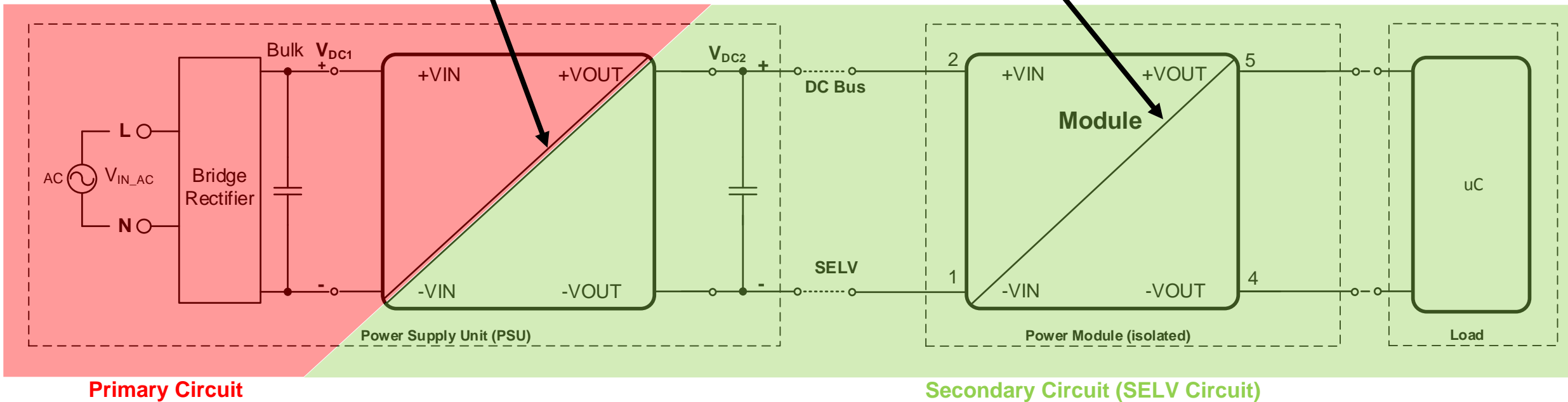


Isolierte DC/DC Power Module

Aufbau eines isolierten Systems

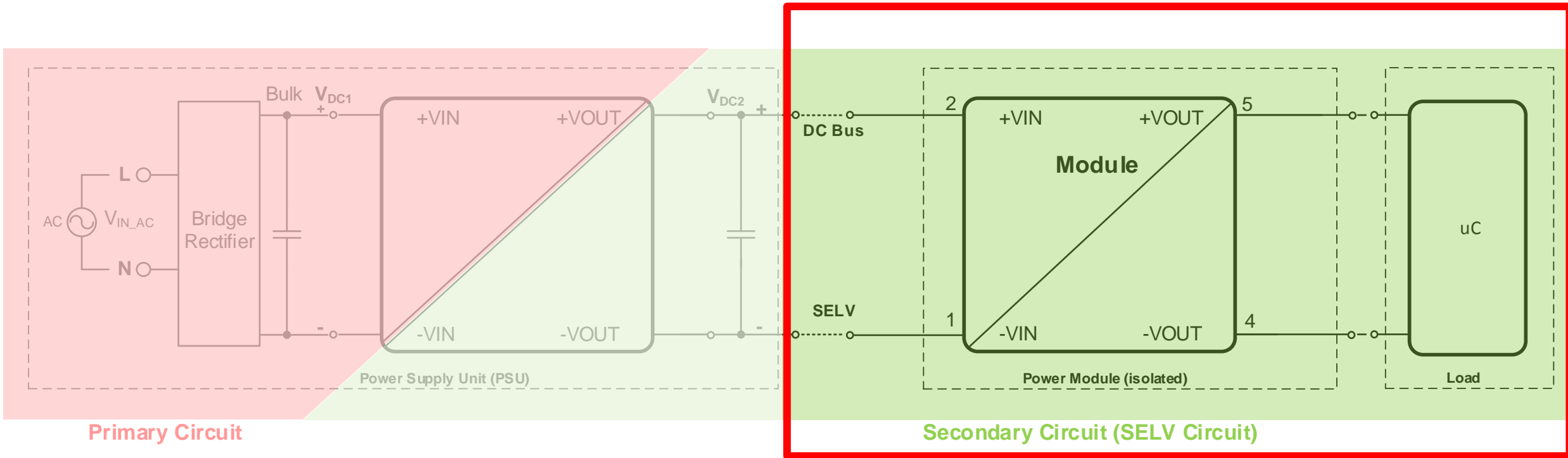
Verstärkte Isolation:
Sicherheitstrennung von gefährlichen Spannungen

Funktionale Isolation:
Trennung für Funktionsfähigkeit
Kein Schutz gegen elektrischen Schlag



Isolierte DC/DC Power Module

Aufbau eines isolierten Systems



Fokus: Nur funktional isolierte DC/DC Power Module

Isolierte DC/DC Power Module

Grundlegende Überlegungen



Was versteht man unter einer galvanischen Trennung?

- das **Isolieren** der elektrischen Leitungen zwischen zwei Stromkreisen (Leistungen oder Signale)

Weshalb wird ein isolierter DC/DC Wandler benötigt?

Ein isolierter, galvanisch getrennter DC/DC Wandler vermeidet zwischen der Signalquelle und des Signalempfängers...

Masseschleifen,

Überspannungen,

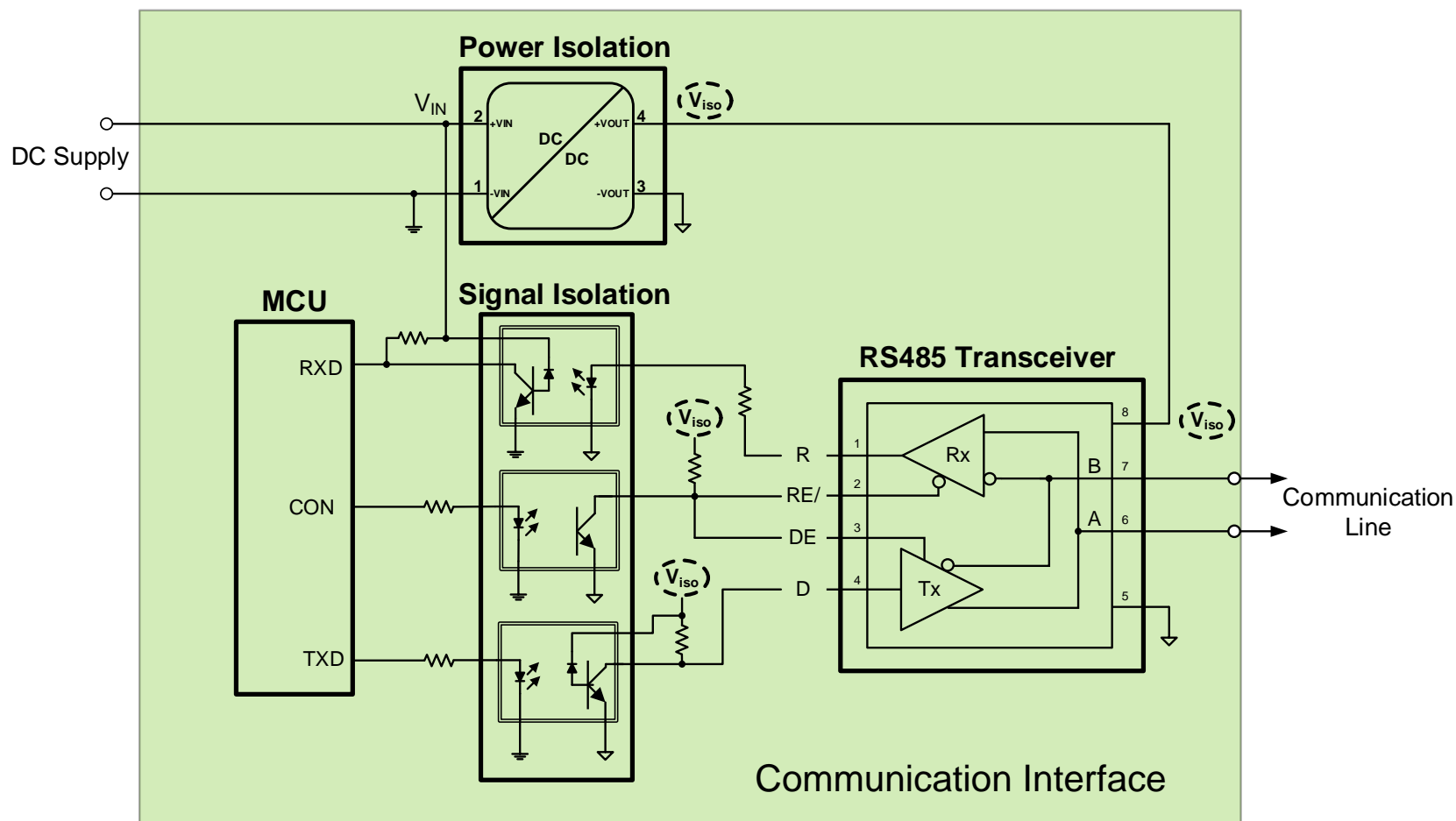
EMV Störungen

und im allgemeinen

Beeinträchtigungen/Störungen durch unterschiedliche Erdungspotentiale (Antennenwirkung über PE).

Isolierte DC/DC Power Module

Typische Applikation für ein isoliertes Power Modul



Funktionseinheiten einer isolierten Bus Schnittstelle:

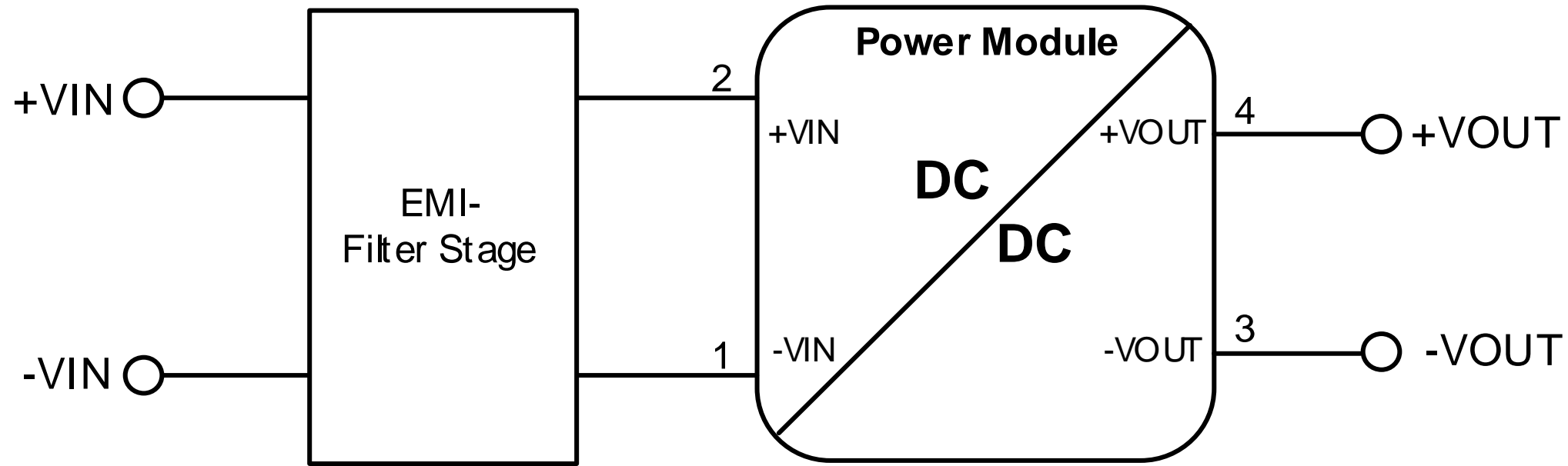
- Micro Controller Einheit (MCU) sendet und empfängt Daten von der Sender-Empfängereinheit des Busses.
- Die Signalisolationseinheit sorgt für die galvanische Isolation mittels Optokoppler.

DC/DC isolated Power Module:

- Galvanische Isolation der Massen zwischen der Signal Isolation und der Transceiver Einheit.

Isolierte DC/DC Power Module

System Übersicht including EMI consideration



EMV-gerechte Befilterung von isolierten Power Modulen

Agenda



Grundlegende Betrachtungen

Topologie & Grundlegende Funktionsweise

Parasitäre Elemente & Störströme

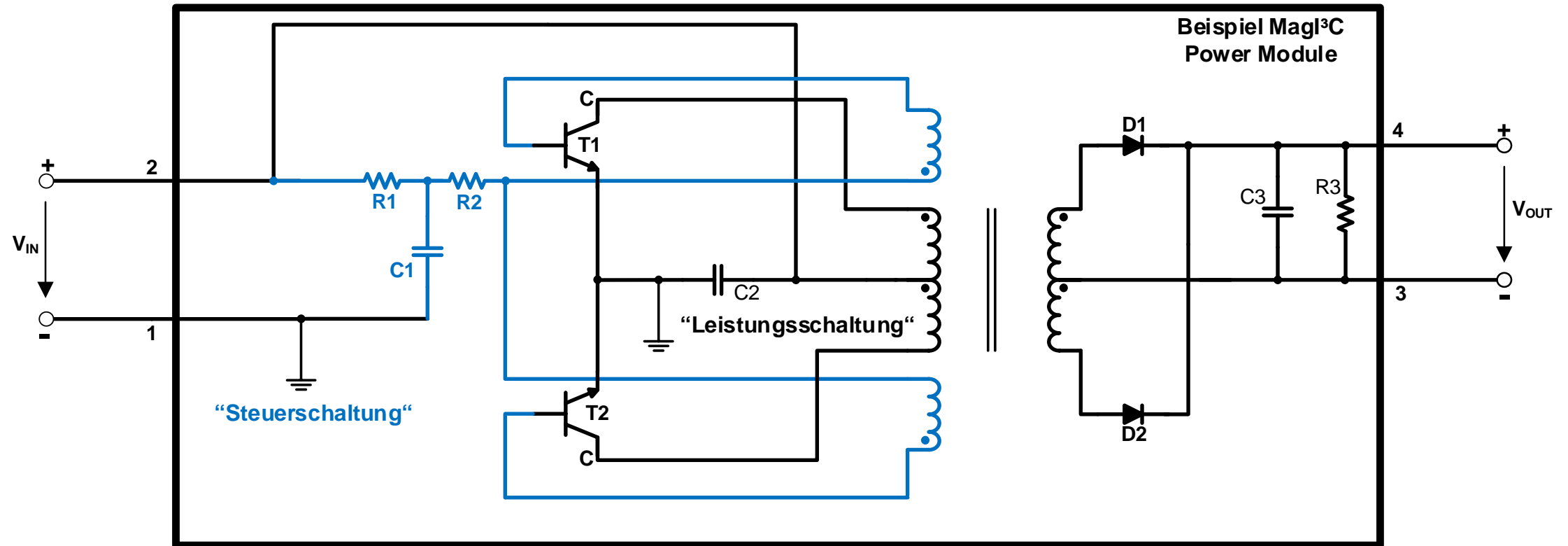
Precompliance Messung DM&CM

Befilterung isolierter Power Module

Isolierte MagI³C Power Module

Topologie & Grundlegende Funktionsweise

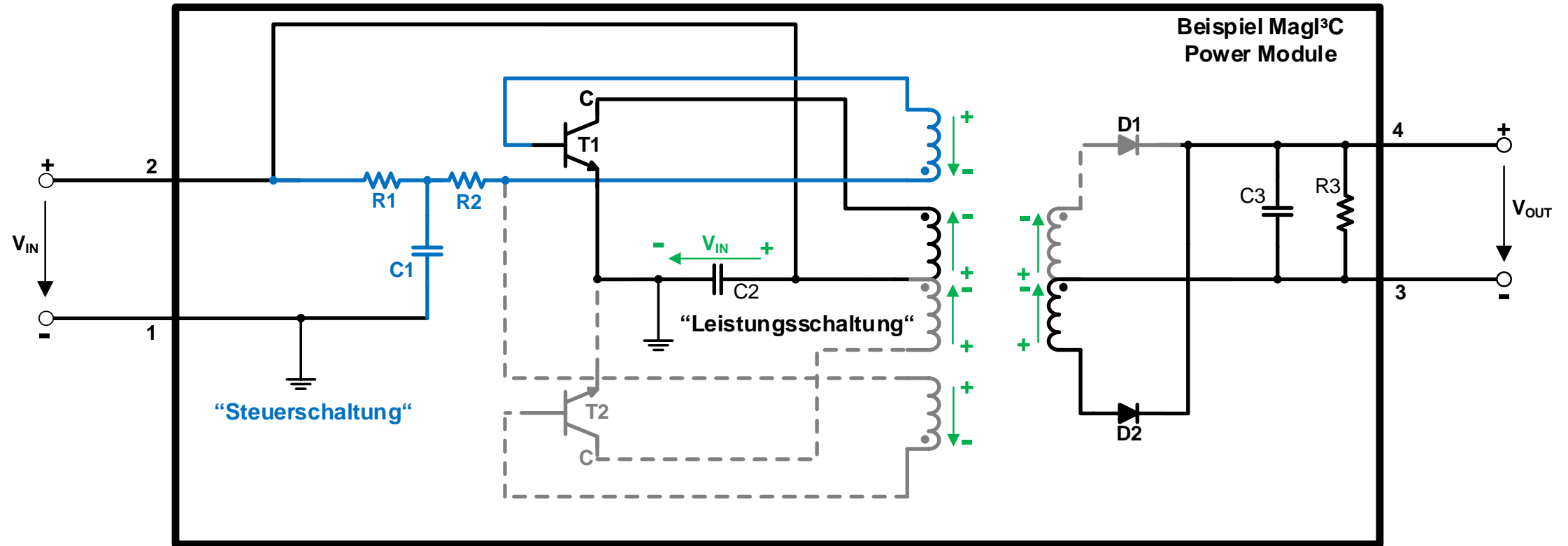
Schaltungsaufbau SIP-4 & SIP-7



Leistungsschaltung
 Steuerschaltung

Topologie & Grundlegende Funktionsweise

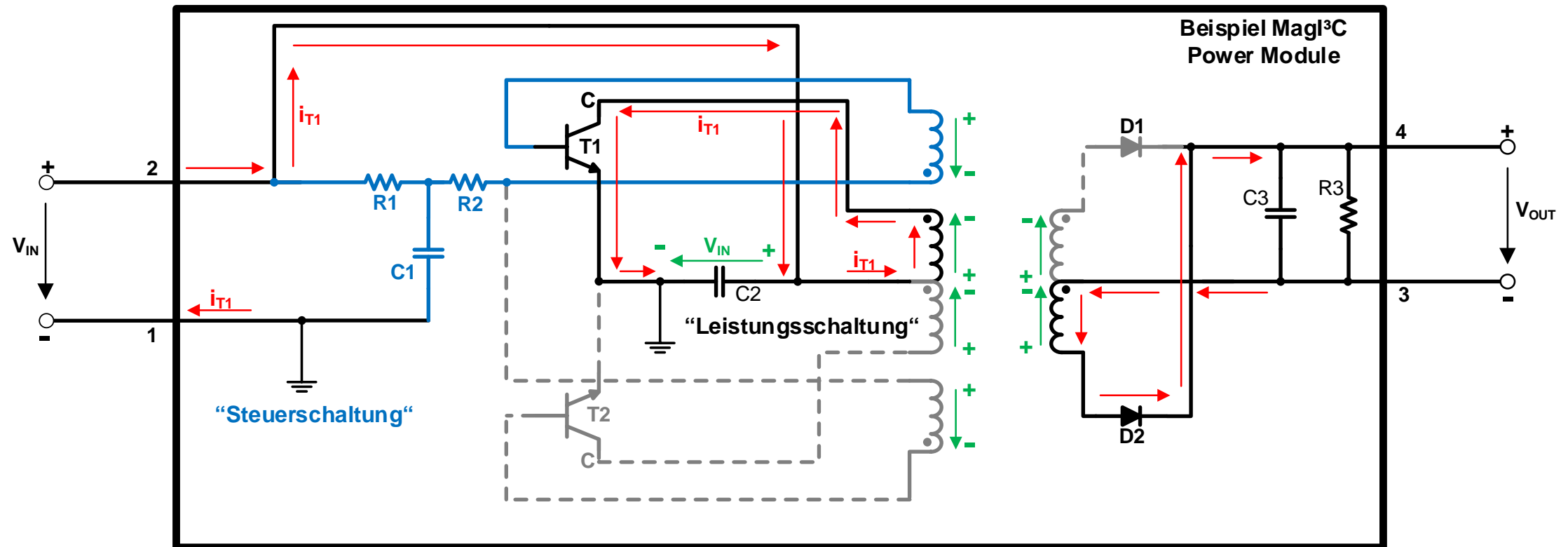
Interne Spannungen – Vereinfachte Darstellung



Spannungen Symmetrischer Schaltungsteil

Topologie & Grundlegende Funktionsweise

Kommutierungsstrom – Schalten



■ Kommutierungsstrom
 ■ Auftretende Spannungen
 ■ Symmetrischer Schaltungsteil

EMV-gerechte Befilterung von isolierten Power Modulen

Agenda



Grundlegende Betrachtungen

Topologie & Grundlegende Funktionsweise

Parasitäre Elemente & Störströme

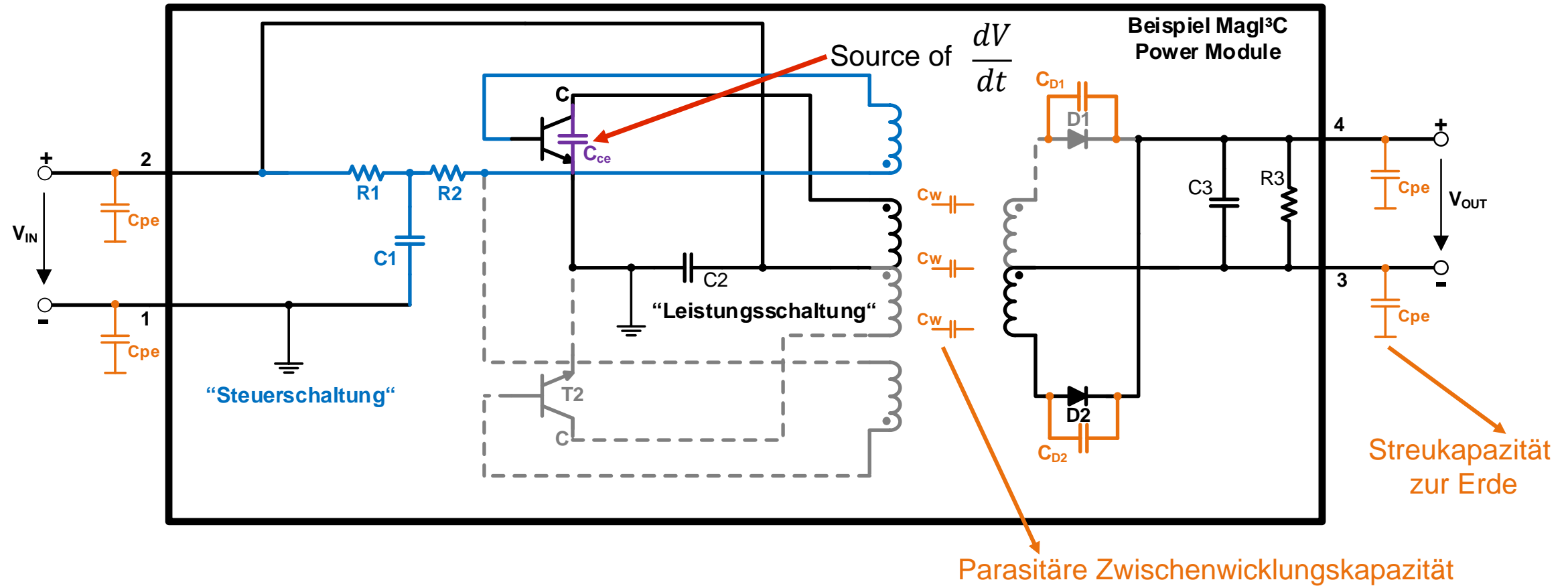
Precompliance Messung DM&CM

Befilterung isolierter Power Module

Isolierte MagI³C Power Module

Wichtige Parasitäre Elemente & Störströme

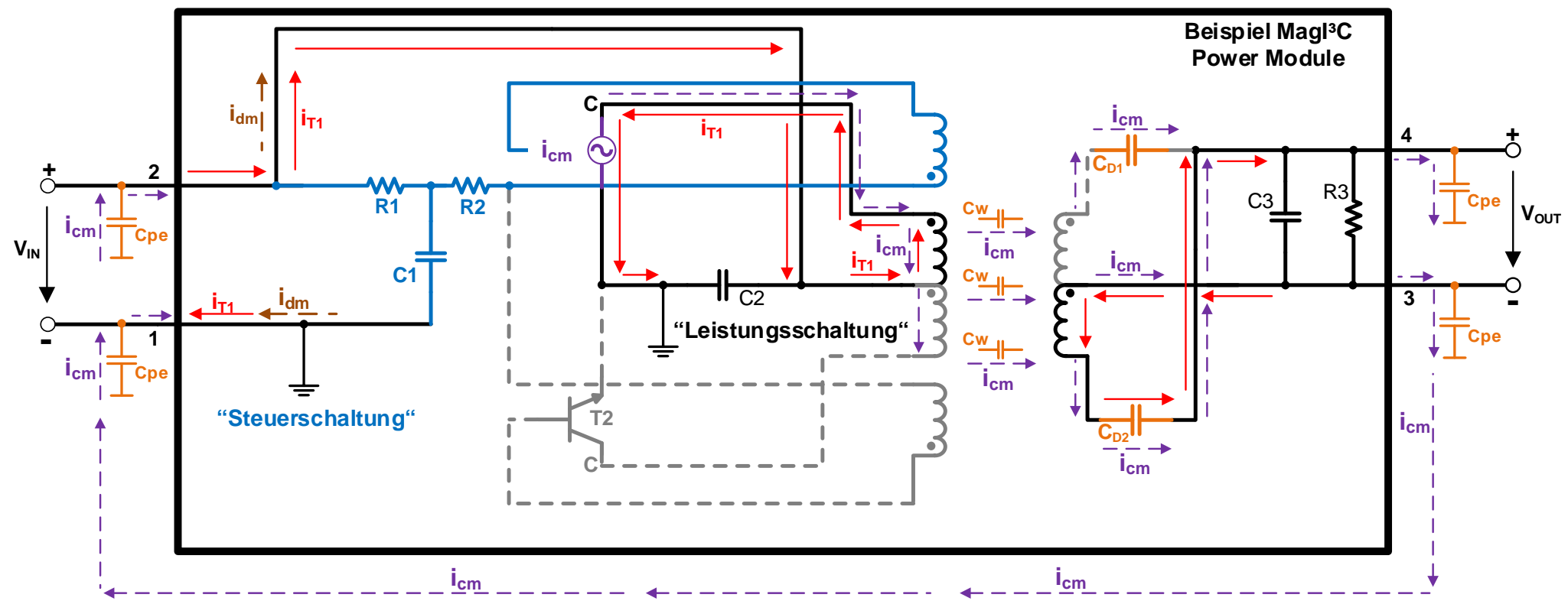
Parasitäre Kapazitäten - CM



Kollektor Emitter Kapazität
 Wichtigste Kapazitäten für Gleichtakt (CM) Störungen

Wichtige Parasitäre Elemente & Störströme

Strompfade – DM&CM



EMV-gerechte Befilterung von isolierten Power Modulen

Agenda



Grundlegende Betrachtungen

Topologie & Grundlegende Funktionsweise

Parasitäre Elemente & Störströme

Precompliance Messung DM&CM

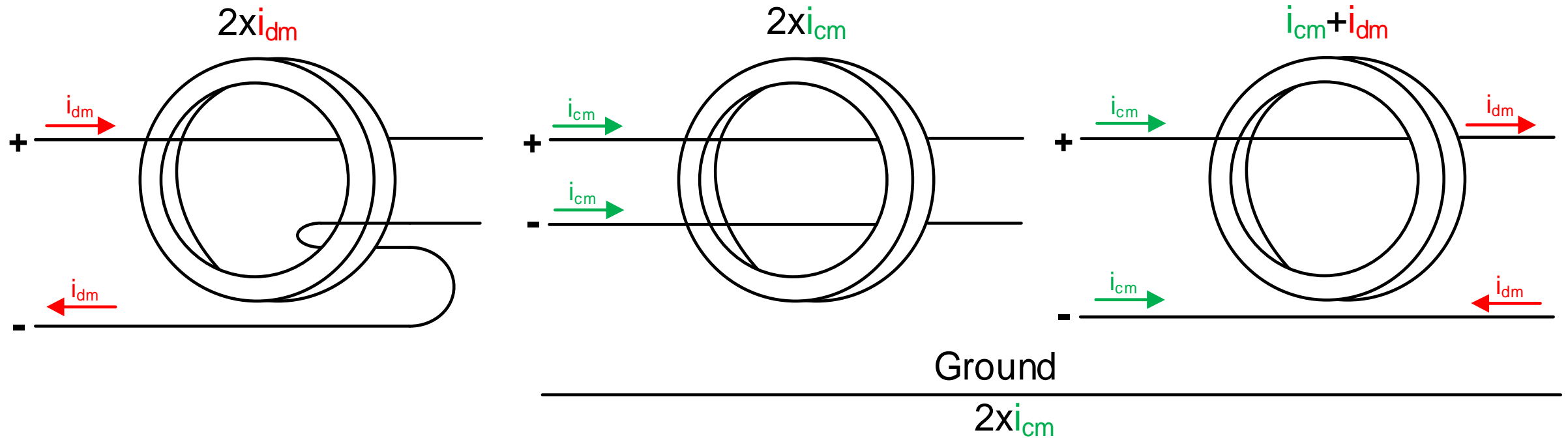
Befilterung isolierter Power Module

Isolierte MagI³C Power Module



Precompliance Messung DM&CM

Stromzangenmessung DM&CM - Prinzipien



Gegentakt (DM)

Gleichtakt (CM)

Gleichtakt (CM) & Gegentakt (DM)

Precompliance Messung DM&CM

Self-Made Stromzange - Überblick



Version 1



Version 2



Precompliance Messung DM&CM

Self-Made Stromzange - Aufbau

Version 1	Version 2
Klappferrit 74271221S	Ferritkern 74270097
10 Windungen Litze 105x0,08	10 Windungen Litze 105x0,08
2 x 100Ohms 1206 SMD parallel	2 x 100Ohms 1206 SMD parallel
SMA Stecker	SMA Stecker
Kleber für Zusammenbau	Kleber für Zusammenbau

Vorteile:

- Leicht herzustellen
- Gute Auflösung bis 5MHz
- Gute Vergleichbarkeit zur EMV Messung bis 5MHz

Nachteile:

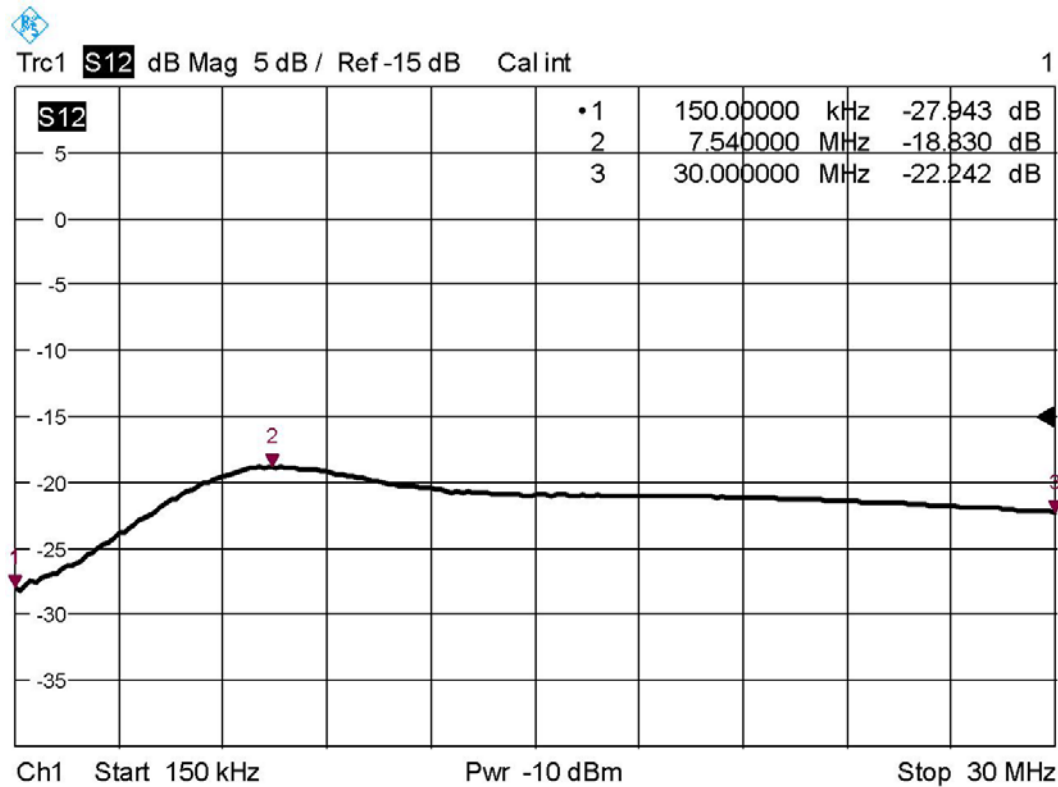
- >5MHz sind die Umgebungsstörungen dominant
- Nicht kalibriert

Precompliance Messung DM&CM

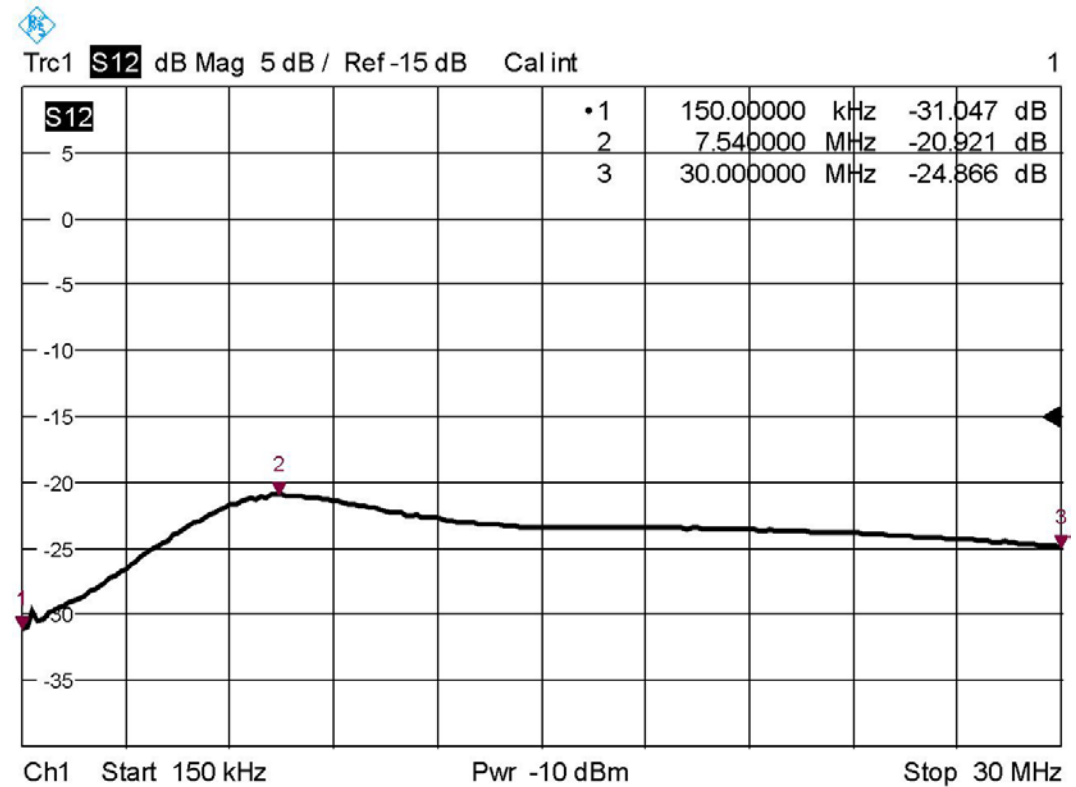
Self-Made Stromzange – Frequenz Verhalten



Version 1: Klappferrit



Version 2: Ferritkern



EMV-gerechte Befilterung von isolierten Power Modulen

Agenda



Grundlegende Betrachtungen

Topologie & Grundlegende Funktionsweise

Parasitäre Elemente & Störströme

Precompliance Messung DM&CM

Befilterung isolierter Power Module

Isolierte MagI³C Power Module

Befilterung Isolierter Power Module

Universelle Wege der Entstörung



**Behebe das Störproblem im Power Modul selbst.
→ Schirmwicklung im Transformator für CM**

**Lass den Störstrom nicht die LISN erreichen.
→ Umleitung des Störstroms Y-Cap (CM)
→ C in L-C Filter (DM)**

**Minimiere den Spannungsabfall an der LISN.
→ Gleichtaktdrossel (CM)
→ L in L-C Filter (DM)**

Befilterung Isolierte Power Module

Universelle Wege der Entstörung



~~Behebe das Störproblem im Power Modul selbst.
→ Schirmwicklung im Transformator für CM~~

Lass den Störstrom nicht die LISN erreichen.
→ Umleitung des Störstroms Y-Cap (CM)
→ C in L-C Filter (DM)

Minimiere den Spannungsabfall an der LISN.
→ Gleichtaktdrossel (CM)
→ L in L-C Filter (DM)

Isolierte Mag³C Power Module

Überblick der Eigenschaften (SIP-4 & SIP-7 Familie)

Features:

- 1kV & 4kV DC functional isolation
- Input- Rail: 3,3V / 5V / **12V** / 24V
- **Vout: 5V (unregulated)**
- **Power: 1W**
- Integrated capacitors and inductor
- -40°C until +85°C ambient temperature
- EMI complies with EN550022 class B
- Certificates:
 - UL60950-1, 2ed Edition
 - C22.2 No. 60950-1-07 2ed Edition
 - IEC/EN60950-1, 2ed Edition

Package:

- SIP-4 (1kV), SIP-7 (4kV)
- RoHS & REACH conform
- UL94V-0 molded material



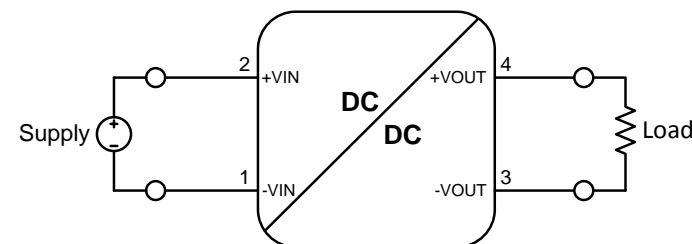
Applications:

- Data logging
- Test & measurement
- Interface and microcontroller supply
- Industrial

Order Info:

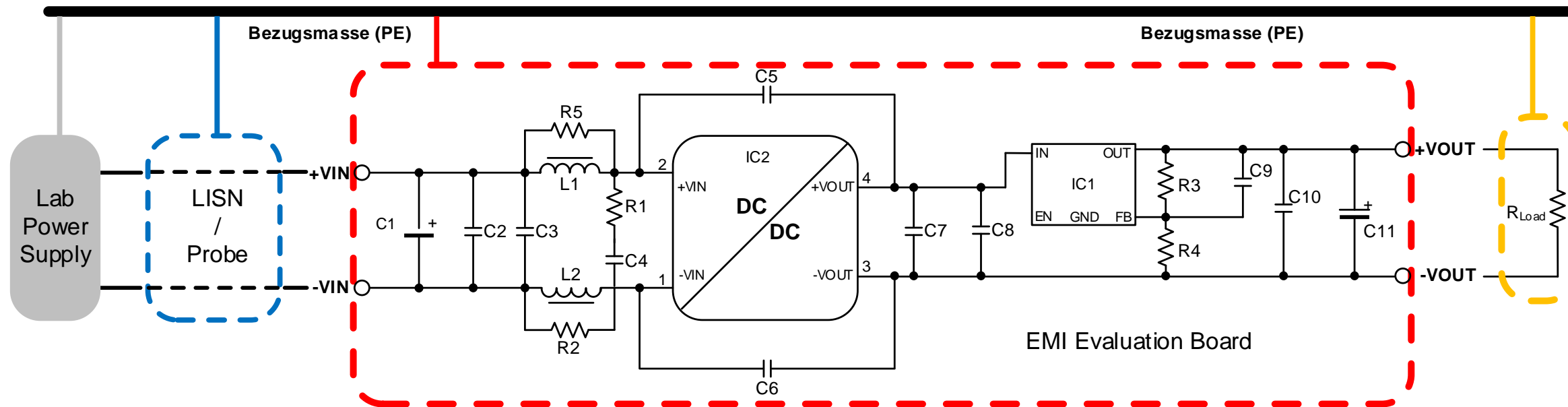
V _{IN} (V)	V _{OUT} (V)	V _{isolation} (V) functional	Package	Order Code Module
3.3	5.0	1000	SIP-4	177920501
5.5	5.0	1000		177920511
12	5.0	1000		177920521
24	5.0	1000		177920531
5.0	5.0	4000	SIP-7	177920514
12	5.0	4000		177920524
24	5.0	4000		177920534

Application Diagram:



Befilterung Isolierte Power Module

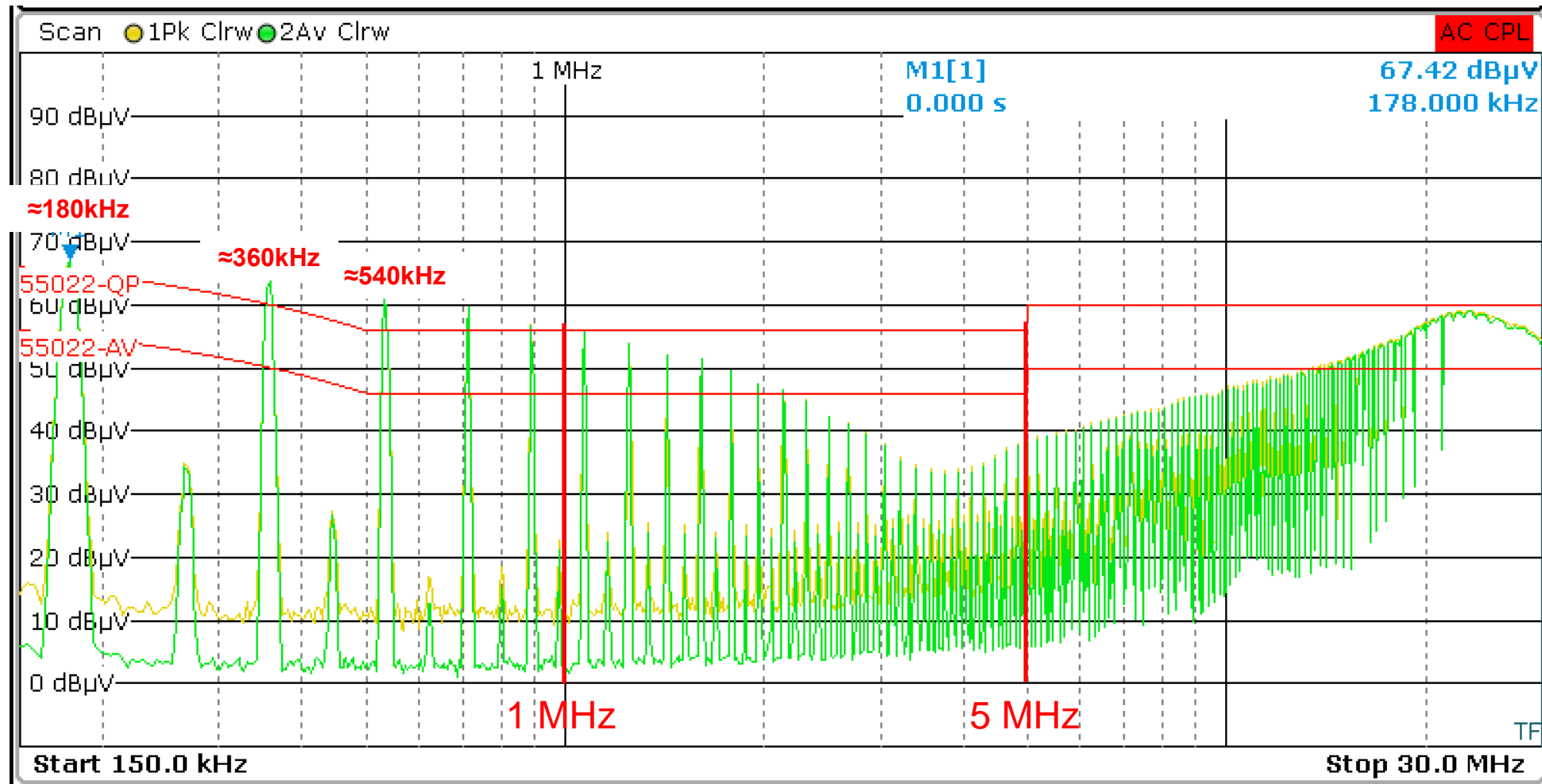
Messaufbau



1. Alle EMV und Stromzangen Messungen wurden mit diesem Aufbau durch geführt.
2. Für die Stromzangen Messungen wurde die LISN weggelassen.
3. Die Länge der Eingangs- und Ausgangsleitungen war 80cm.
4. Es wurde eine rein ohmsche Last benutzt.
5. Das Power Modul war auf dem EMV Evaluation Board bestückt.

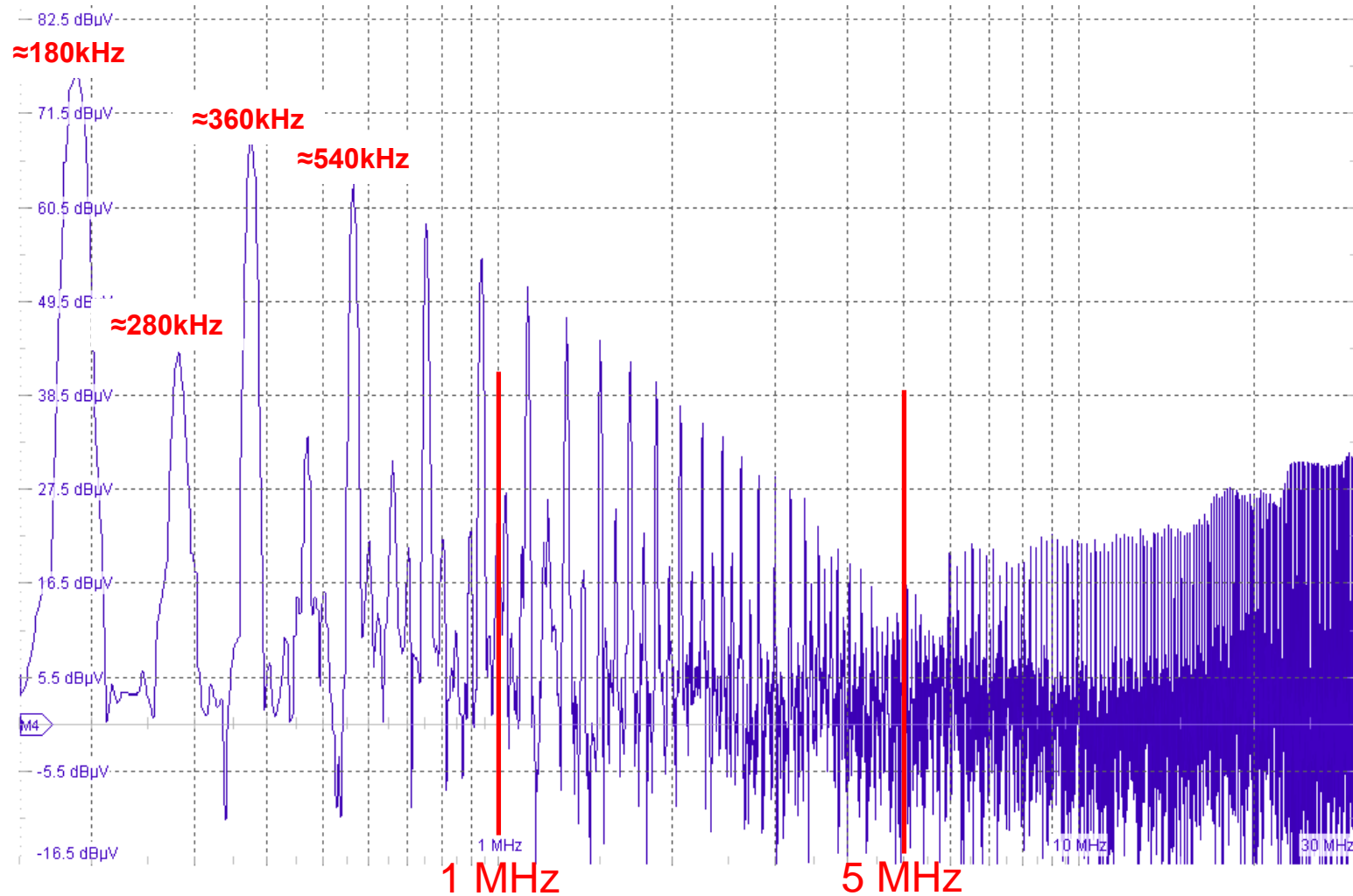
Befilterung Isolierter Power Module

Typischer EMV Graph - icm+idm



Befilterung Isolierter Power Module

Stromzangen FFT – $i_{cm} + i_{dm}$

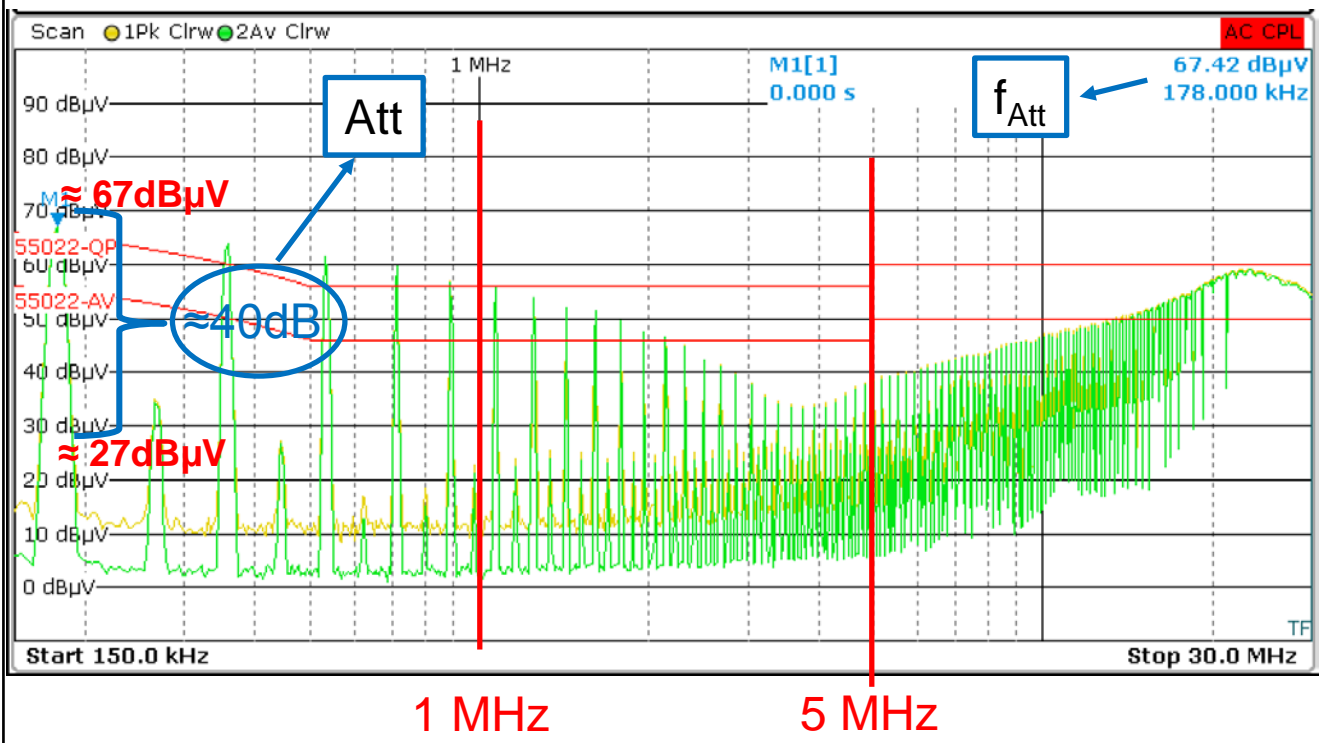




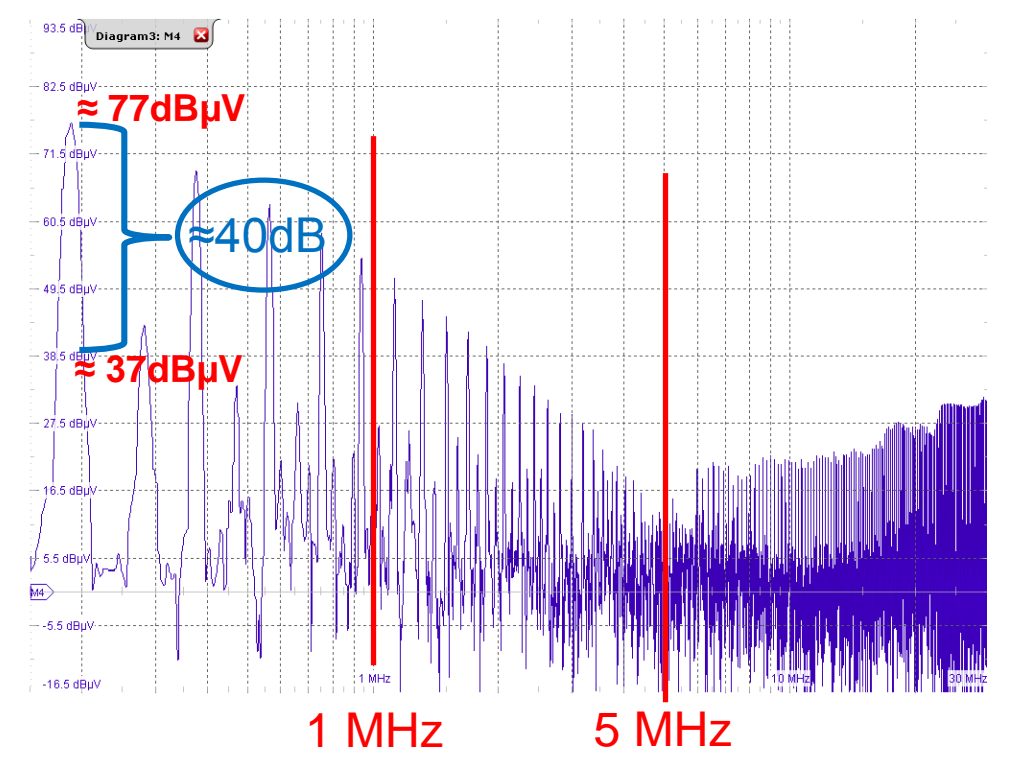
Befilterung Isolierter Power Module

Vergleich EMV versus FFT

EMV Messung – Vor Befilterung



FFT Messung – Vor Befilterung

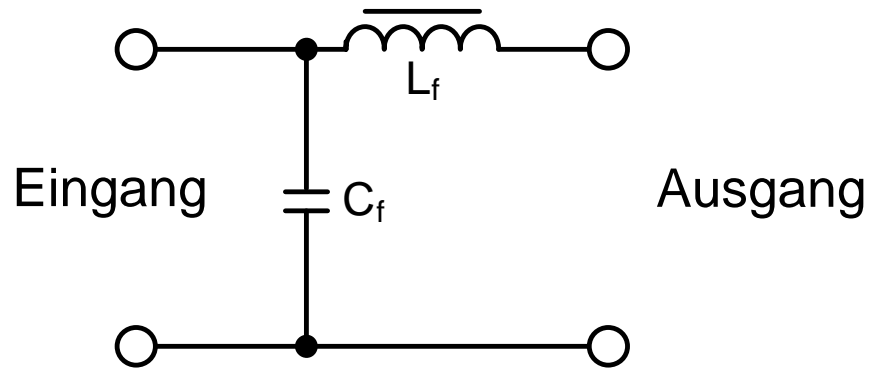




Befilterung Isolierter Power Module

Gegentakt – Filter Gleichung

Grundsaltung



Gleichung

$$Att(dB) = 20 \cdot \log\left(\frac{V_{OUT}}{V_{IN}}\right)$$

$$C_{f \min} = \frac{1}{L_f} \cdot \left(\frac{10^{\frac{Att}{40}}}{2\pi \cdot f_{sw}}\right)^2$$

Att : required attenuation

C_{f min} : minimum capacitance value

L_f : pre selected inductance value

f_{sw} : frequency

Anmerkung:

Startwert für die Induktivität 1.....10µH

Befilterung Isolierter Power Module

Gegentakt – Filter Gleichung



Erster Ansatz: Att : 40dB $f_{Att} : 178\text{kHz}$ $L_f = 1\mu\text{H}$

$$C_{f \min} = \frac{1}{1\mu\text{H}} \cdot \left(\frac{10^{\frac{40\text{dB}}{40}}}{2\pi \cdot 178\text{kHz}} \right)^2 = 8,0 \cdot 10^{-5} \text{ F} = 80\mu\text{F}$$

Zweiter Ansatz: Att : 40dB $f_{Att} : 178\text{kHz}$ $L_f = 10\mu\text{H}$

$$C_{f \min} = \frac{1}{10\mu\text{H}} \cdot \left(\frac{10^{\frac{40\text{dB}}{40}}}{2\pi \cdot 178\text{kHz}} \right)^2 = 8,0 \cdot 10^{-6} \text{ F} = 8,0\mu\text{F} \rightarrow 2 \cdot 4,7\mu\text{F}$$

Befilterung Isolierter Power Module

Abhängigkeit des Kapazitätswerts

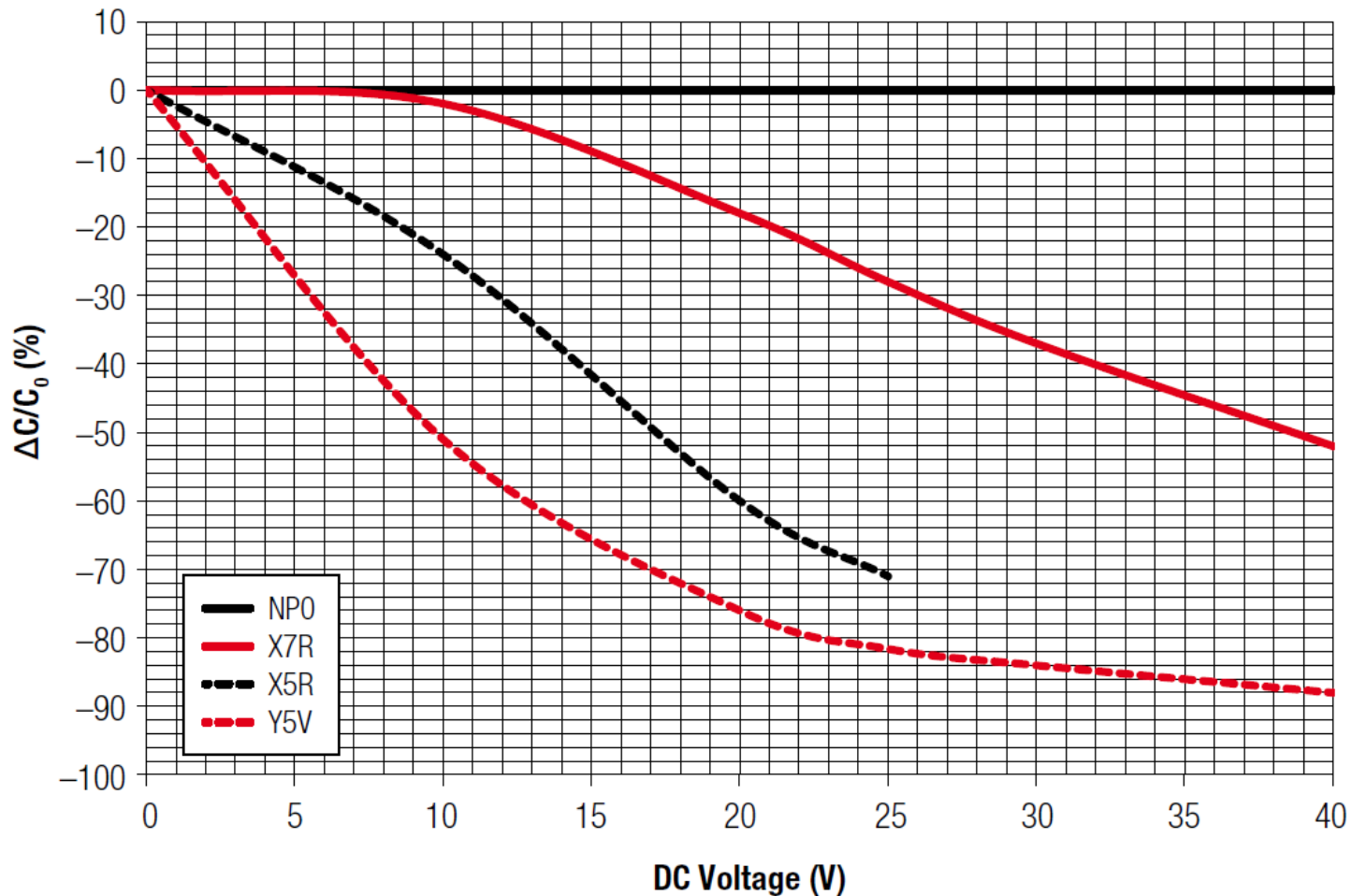
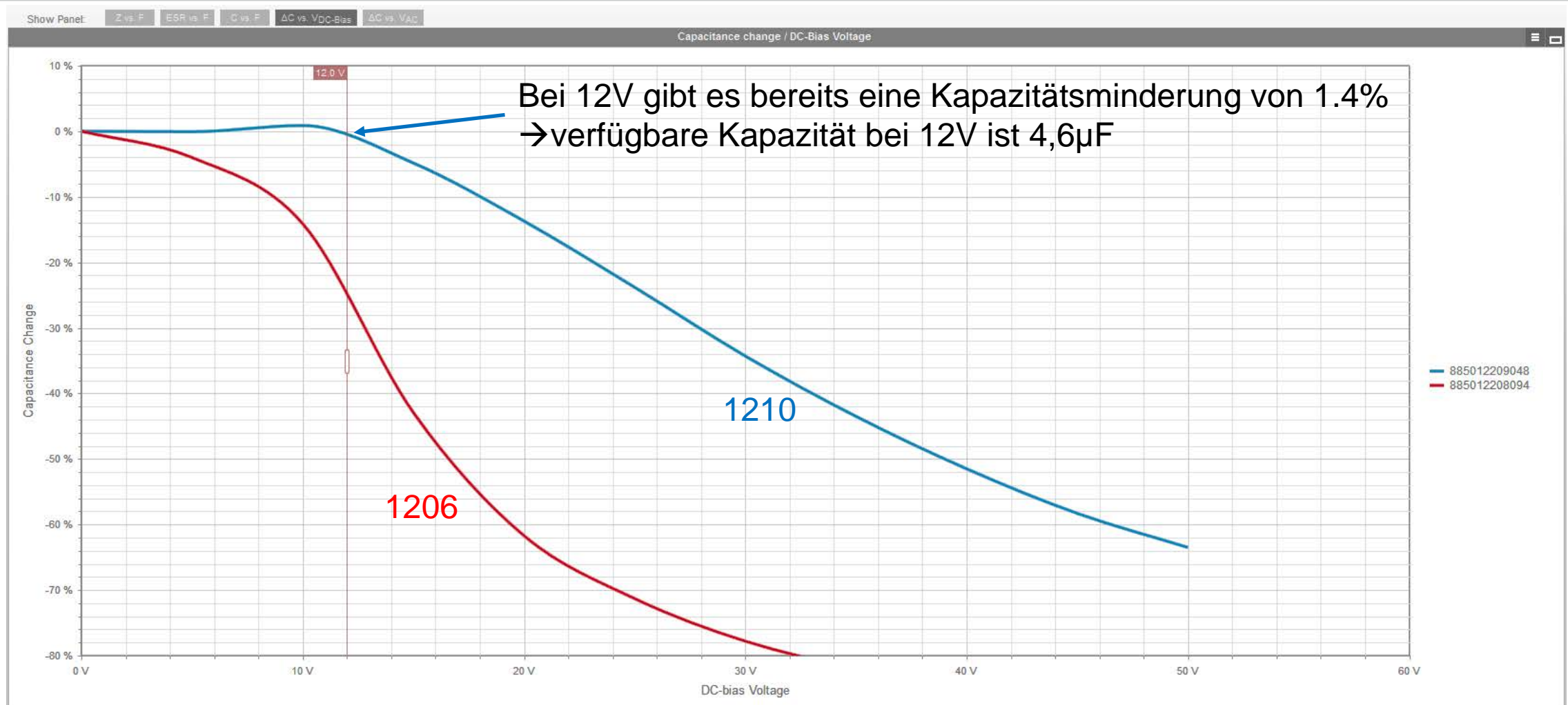


Bild aus dem ABC der Kondensatoren.

Befilterung Isolierter Power Module

Cf Auswahl mit REDEXPERT



Befilterung Isolierter Power Module

Ergebnisse – DM Filter



Die berechneten Filter Werte sind ein guter Startpunkt.

Die nächsten Schritte sind:

- Miteinbeziehen der parasitären Elemente der L-C Filter Komponenten
→ Simulation des Filters
- Kontrolle der crossover Frequenz → Stabilitätskontrolle
- Erfüllung des Middlebrook Kriteriums – wenn nötig

Befilterung Isolierter Power Module

Filterung Gegentaktstörungen – Möglichkeiten



Möglichkeiten Gegentaktstörungen zu minimieren auf **PCB Ebene**:

- Chip Bead Ferrites – geringe bis mittlere Dämpfung, sehr kostengünstig, zusätzlicher Serienwiderstand → losses
- Y-Kapazitäts – mittlere bis gute Dämpfung, kostengünstig → kritisch in sicherheitsrelevanten Anwendungen
- Common Mode Choke – gute bis hohe Dämpfung, kostengünstig → Verluste

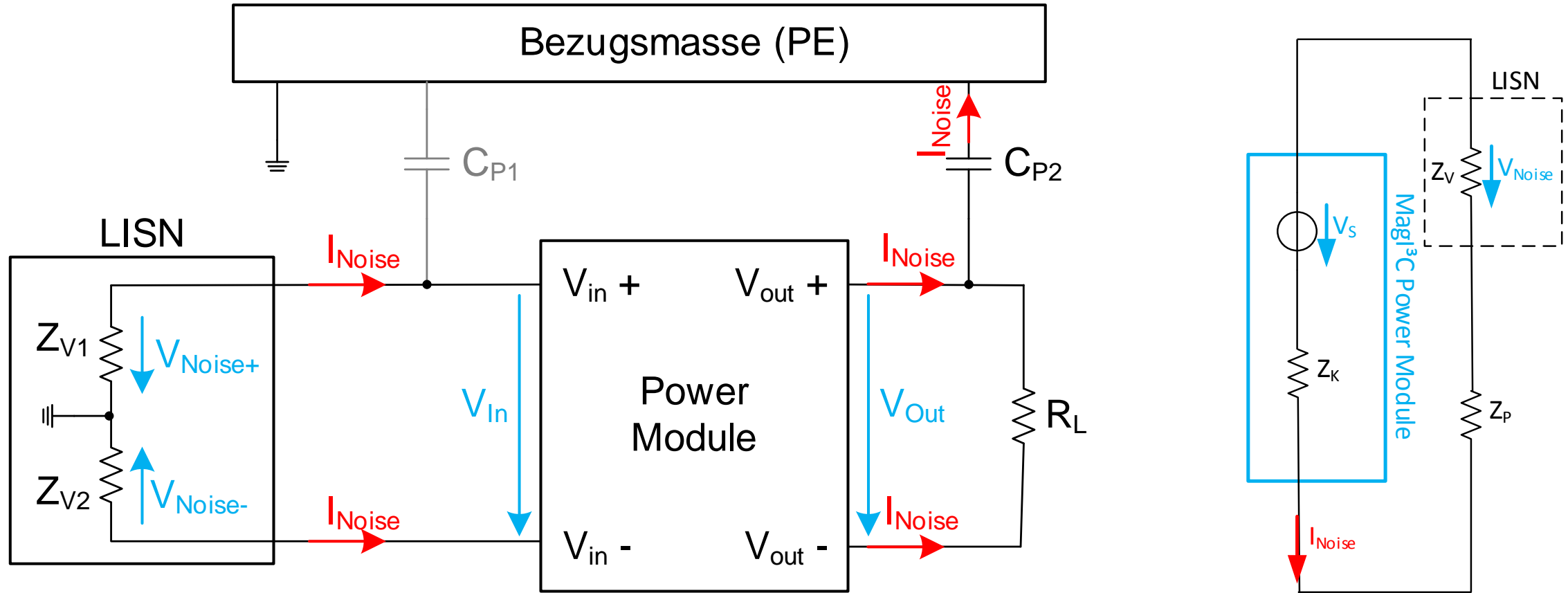
Alternative Möglichkeiten auf **System Ebene**:

- Klapp Ferrit
- Ferrit Ringe



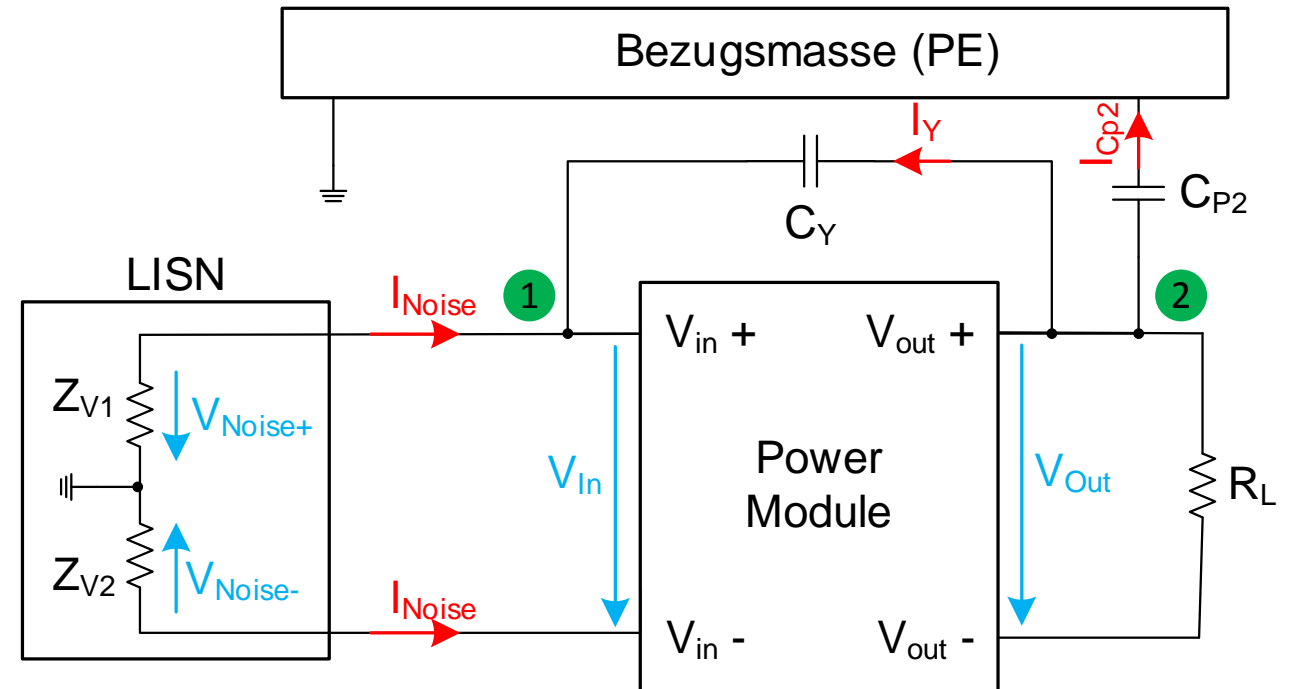
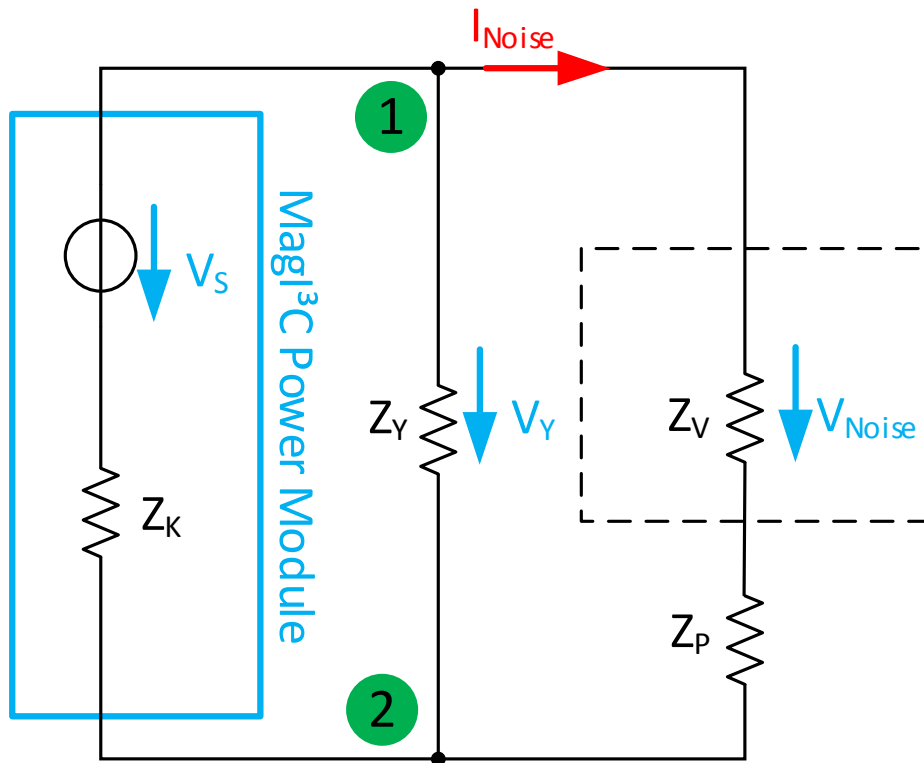
Befilterung Isolierter Power Module

Gleichtakt Filter – Y – Cap (äquivalentes Ersatzschaltbild)



Befilterung Isolierter Power Module

Gleichtakt Filter – Y – Cap (Herleitung der Funktionsweise)



- **Stromteiler $Z_Y \parallel (Z_V + Z_P)$: Verringerung des Stroms durch Z_V**
- **Spannungsteiler $Z_K + Z_Y$: Erhöhung der Spannung über Z_K**

EMV-gerechte Befilterung von isolierten Power Modulen

Agenda



Grundlegende Betrachtungen

Topologie & Grundlegende Funktionsweise

Parasitäre Elemente & Störströme

Precompliance Messung DM&CM

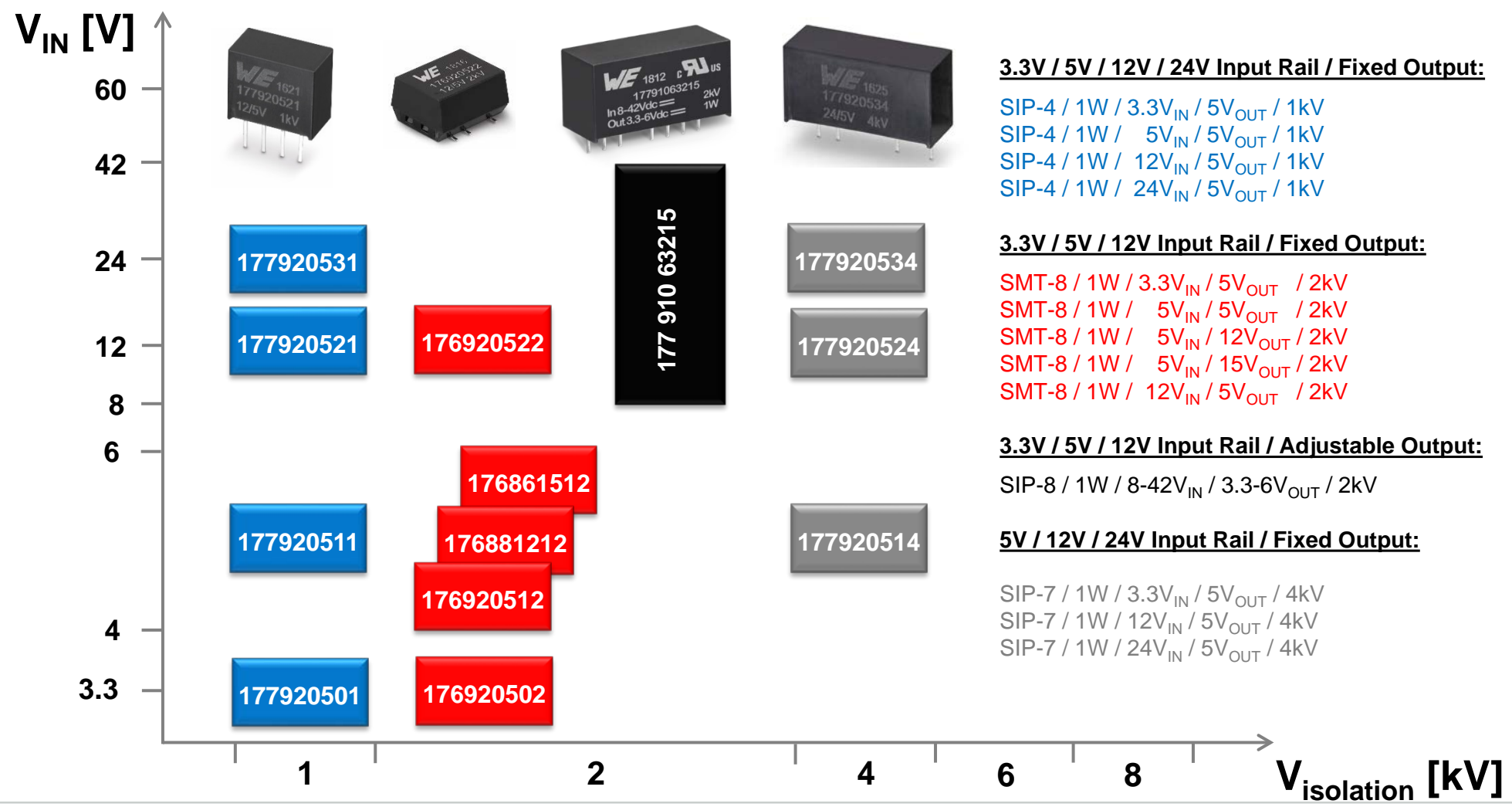
Befilterung isolierter Power Module

Isolierte MagI³C Power Module



Introduction to the new Family

Positioning in our Portfolio





MagI³C Power Module

Mag(netic Integrated Intelligent) I³C

**„WE`ve Got
MagI³C Power“**

Timur Uludag