

# DESIGN VON QI2 WIRELESS-POWER- SYSTEMEN: PRAXISNAHE ENTWICKLUNG UND EMV-OPTIMIERUNG

Christian Merz (Technical Lead WPT)

Robert Schillinger (Field Application Engineer)

**WÜRTH ELEKTRONIK** MORE THAN YOU EXPECT

# INHALT

- Aufbau eines Qi2-Senders von Grund auf
- Vorstellung der WE Qi2 Tx Spule und Tipps zur effektiven Integration
- Messung und Reduktion leitungsgebundener und abgestrahlter Störungen durch gezieltes Filterdesign

# KOMPONENTEN EINES QI2 SYSTEMS

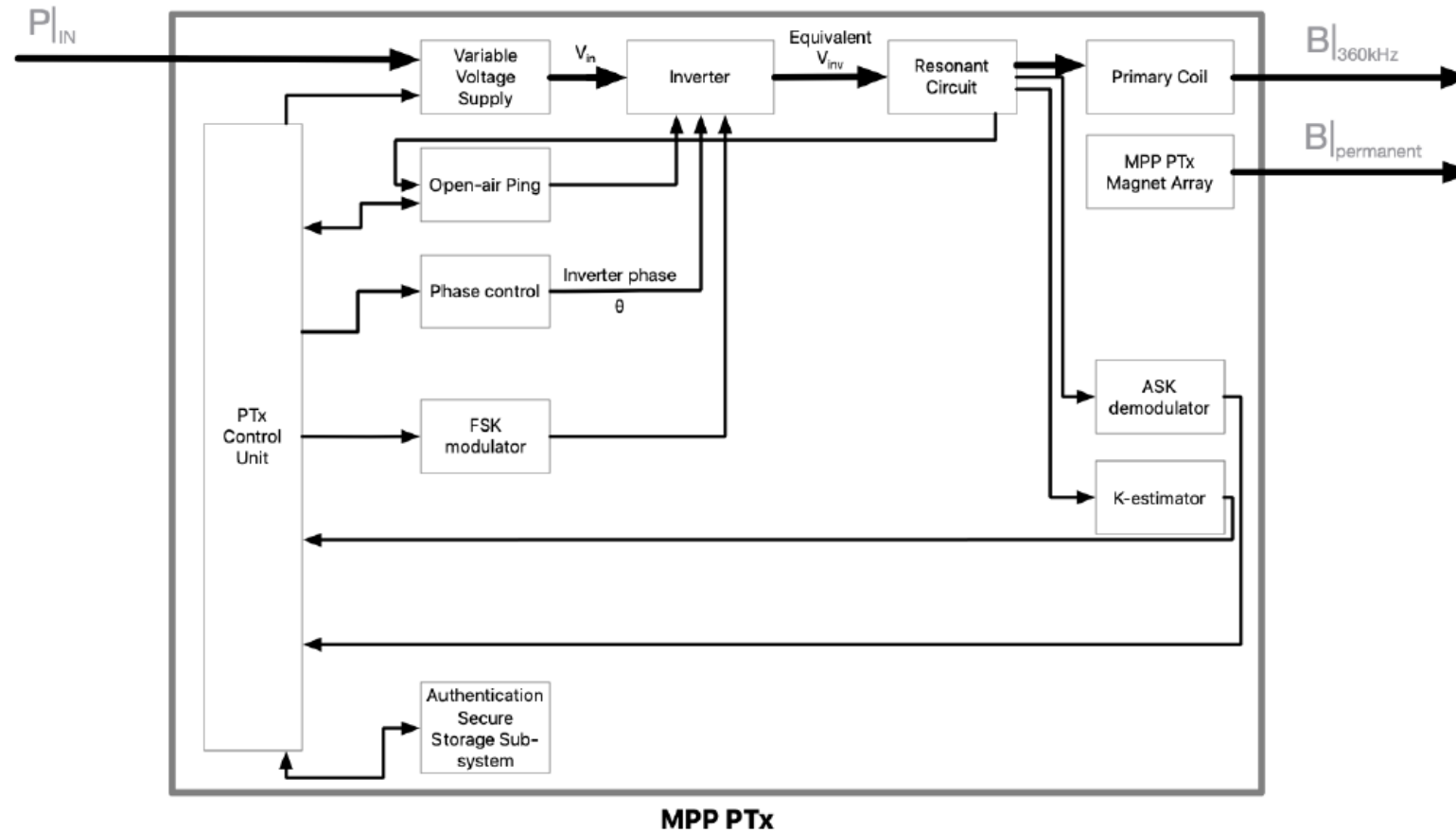
- Eingangsstromversorgung (z. B. USB Type-C PD oder DC-Adapter): Liefert die Energie für das gesamte System.
- EMV-Filter (z.B. LC-Filter oder Ferrite): Sorgt für die Einhaltung der elektromagnetischen Verträglichkeit und Filterung unerwünschter Störungen.
- Buck-Boost-Konverter: Wandelt die Eingangsspannung in die gewünschte Versorgung für die Leistungselektronik um und regelt abhängig vom Lastbedarf.
- Leistungsvollbrücke/Inverter: Generiert das hochfrequente AC-Signal für die Übertragungs-Spule mittels MOSFETs und Treibern.
- Qi2-Transmitter-Spule (Magnetstruktur nach MPP): Sendet die Energie induktiv an den Empfänger, typischerweise mit Magnetsystem zur Lokalisierung und Effizienzsteigerung
- Wireless Charging Controller IC (z. B. Infineon WLC1115): Steuert die gesamte Power Delivery, Regelschleifen, Signal-Demodulation, Kommunikation sowie Schutzmechanismen und Schnittstellen (IC enthält FSK-Modulator, Foreign Object Detection (FOD), Überspannungsschutz, Q-Faktor Detektion, und Temperaturüberwachung)

# KOMPONENTEN EINES QI2 SYSTEMS

- Trust/Security IC ( z. B. Optiga Trust Charge IC von Infineon): Authentifiziert den Sender gemäß Qi2-Sicherheitsanforderungen und schützt vor Manipulationen.
- ASK-Demodulator und Signalverarbeitung: Dekodiert die Datenkommunikation vom Empfänger und verarbeitet Rückmeldesignale zur geregelten Energieübertragung.
- Sensorik & Schutz (z. B. Strom-/Spannungs-/Temperatursensoren, FOD): Überwacht kritische Systemgrößen und schützt vor Fehlerzuständen.
- Kommunikationsschnittstellen (I2C, UART, USB-PD): Ermöglichen externe Anbindung und Steuerung, insbesondere für Authentifizierung und Datenübertragung.

# QI 2 STANDARD TX AUFBAU

Funktionsdiagramm, Quelle: WPC Qi2 Spezifikationen



# QI 2 SENDER SCHLÜSSELKOMPONENTEN

Qi 2 Transmitter Design, basierend auf dem Infineon WLC1115 Qi 2 IC

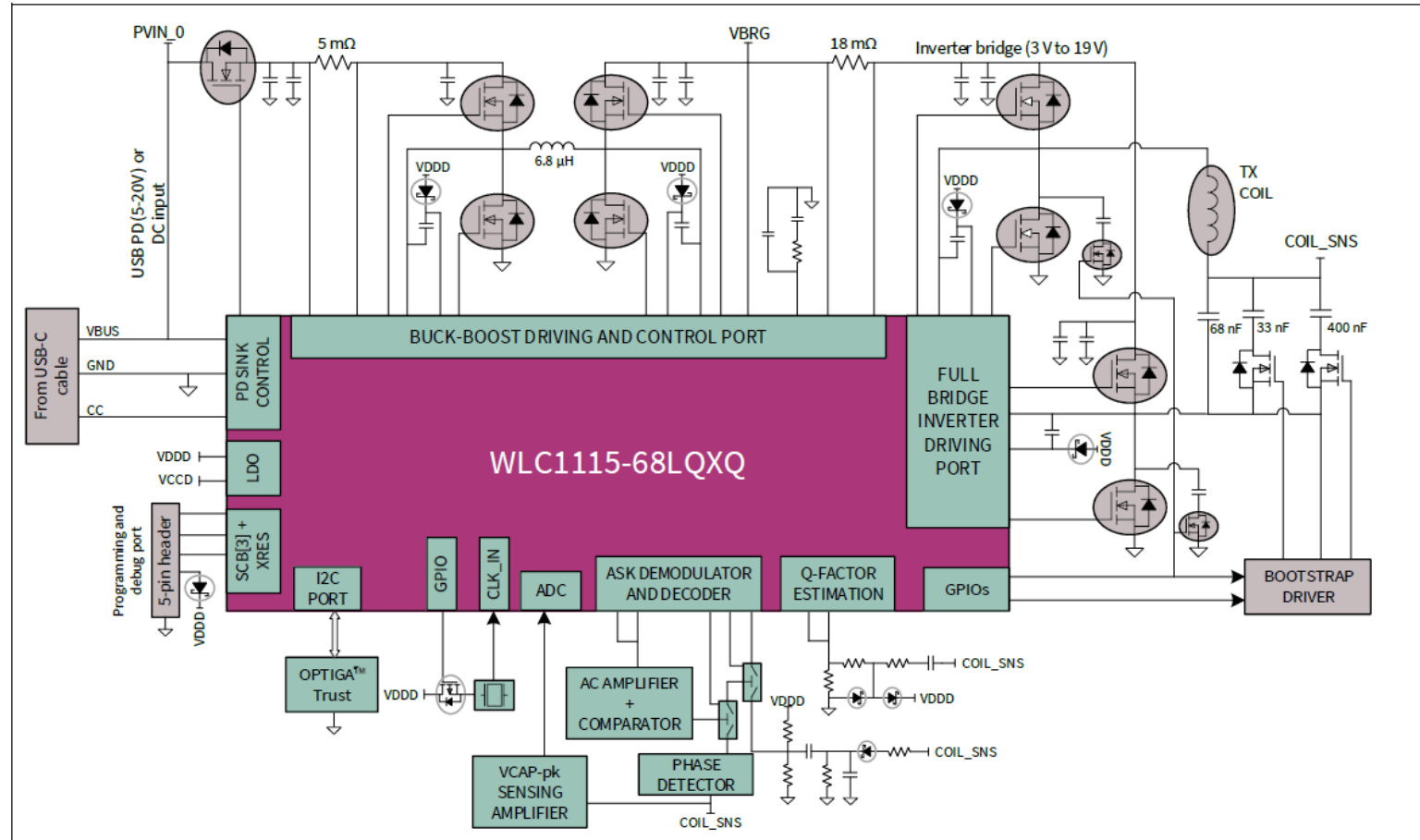
Buck-Boost Leistungsstufe

Wechselrichter

Q-Faktor Estimation Schaltung

LC Schwingkreis

ASK Demodulationsschaltung



# BUCK-BOOST LEISTUNGSSTUFE

$V_{IN} = 5V, 9V, 15V, 20V$  (USB-C PD)

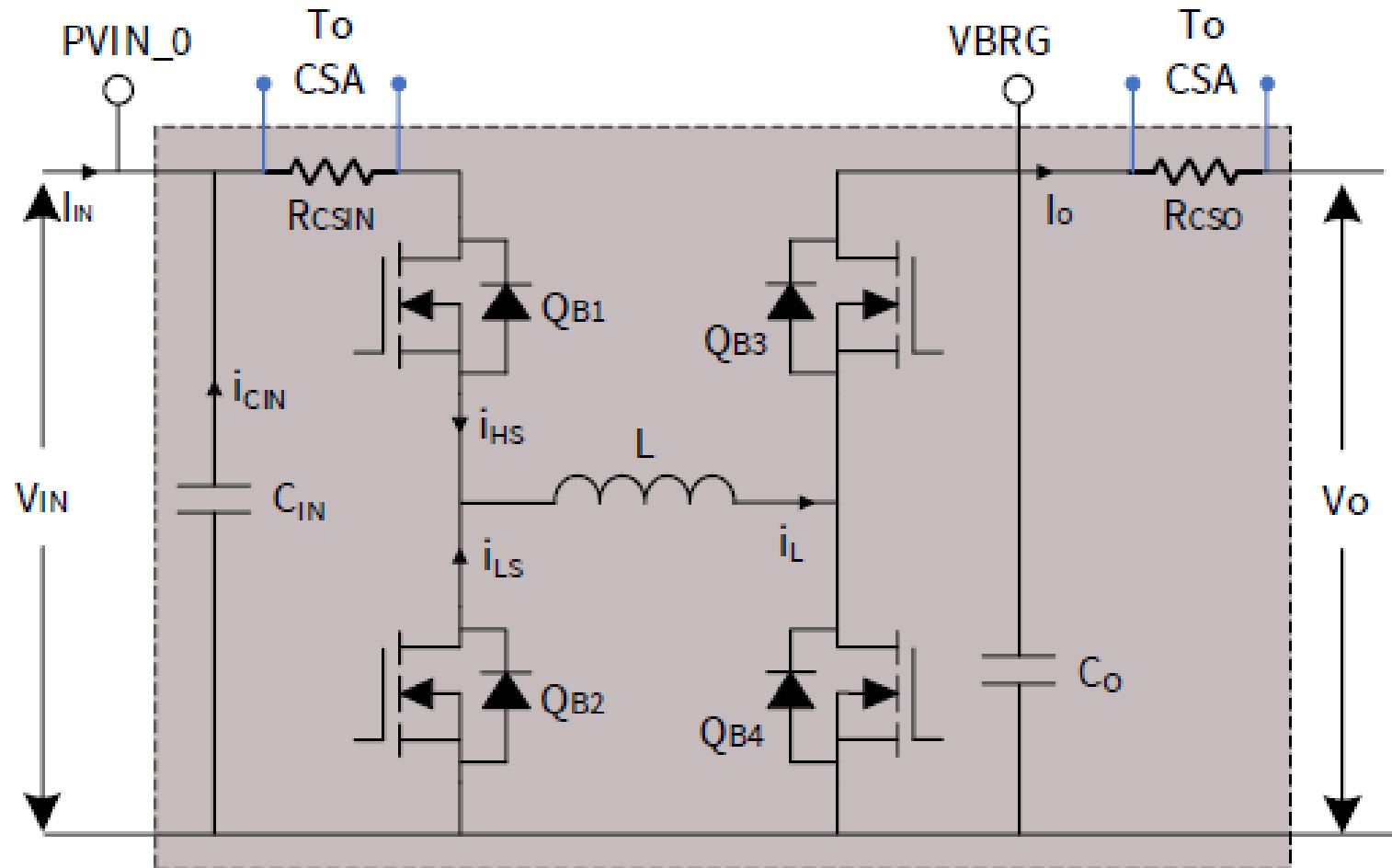
$V_O = 3V - 24V$

- Buck-Modus:

$V_{IN} \gg V_O$ : Boost-Zweig deaktiviert durch dauerhaftes Einschalten von  $Q_{B3}$  und dauerhaftes Ausschalten von  $Q_{B4}$

- Boost-Modus:

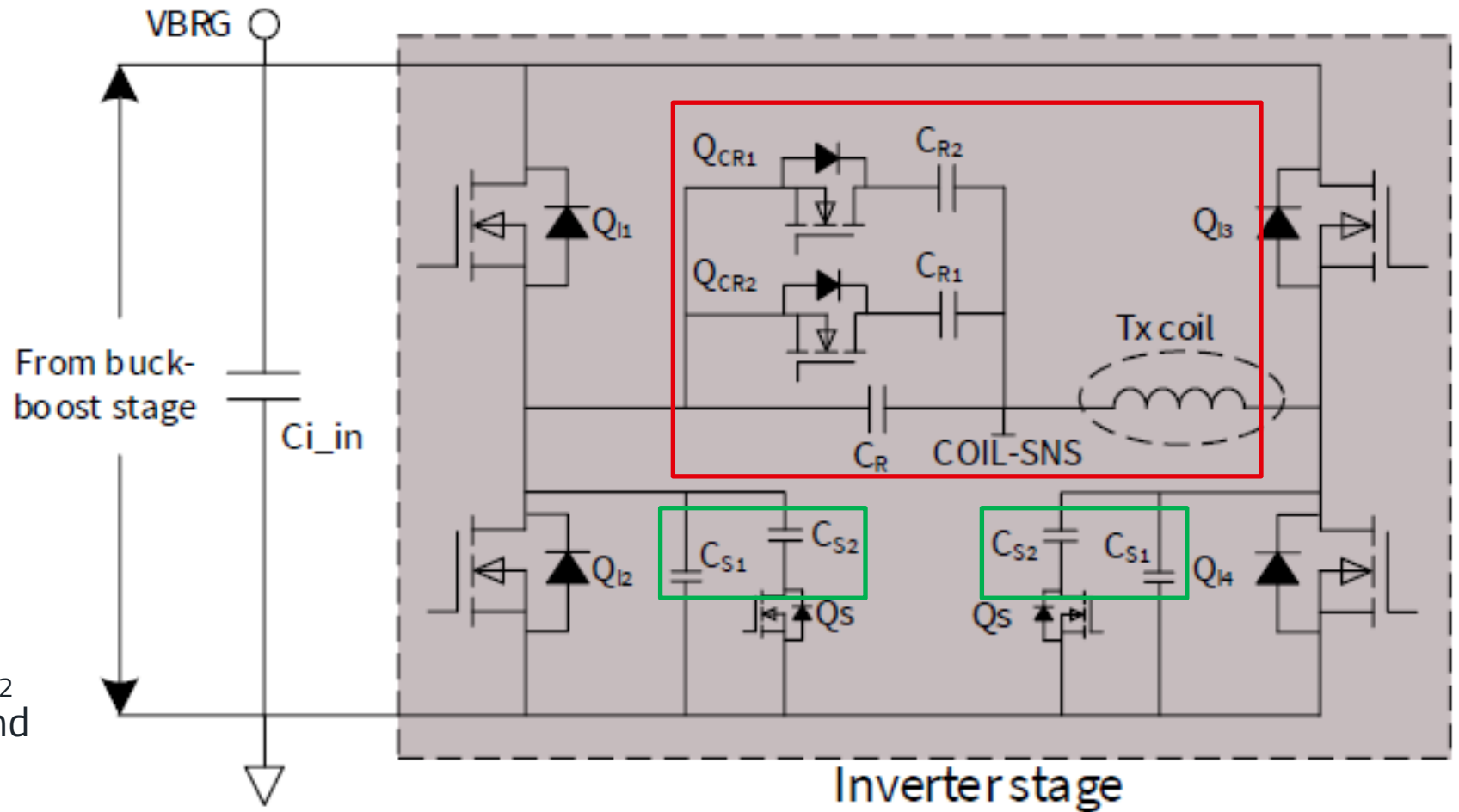
$V_{IN} \ll V_O$ : Buck-Zweig deaktiviert durch dauerhaftes Einschalten von  $Q_{B1}$  und dauerhaftes Ausschalten von  $Q_{B2}$



# WECHSELRICHTER

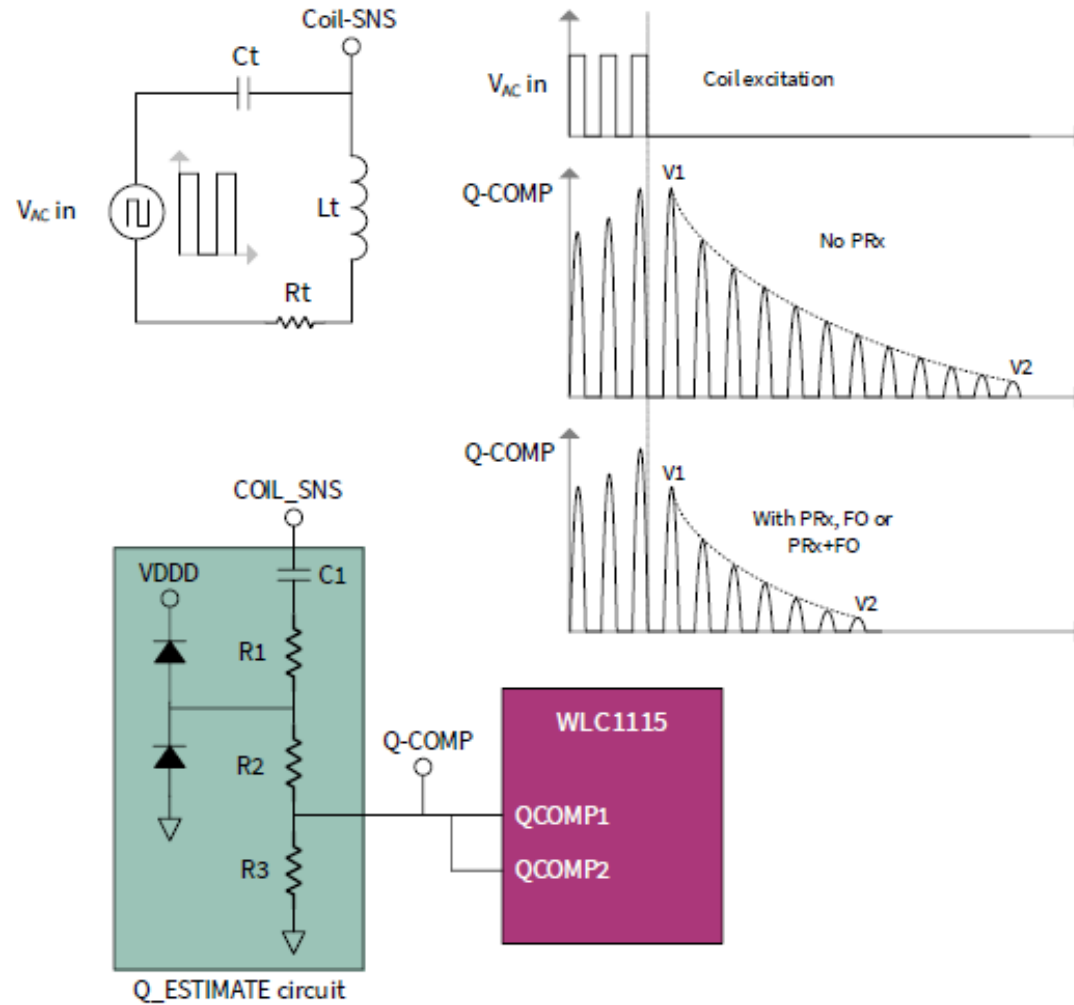
Vollbrückenwechselrichter mit selektivem LC-Schwingkreis (Resonantkapazitäten  $C_{R1,2}$ , Schalt-MOSFETS  $Q_{CR1,2}$  und WPT-Spule)

Snubber-Kapazitäten  $C_{S1}$  und  $C_{S2}$  zur Reduktion von  $dV/dt$  während der MOSFET-Schaltvorgänge





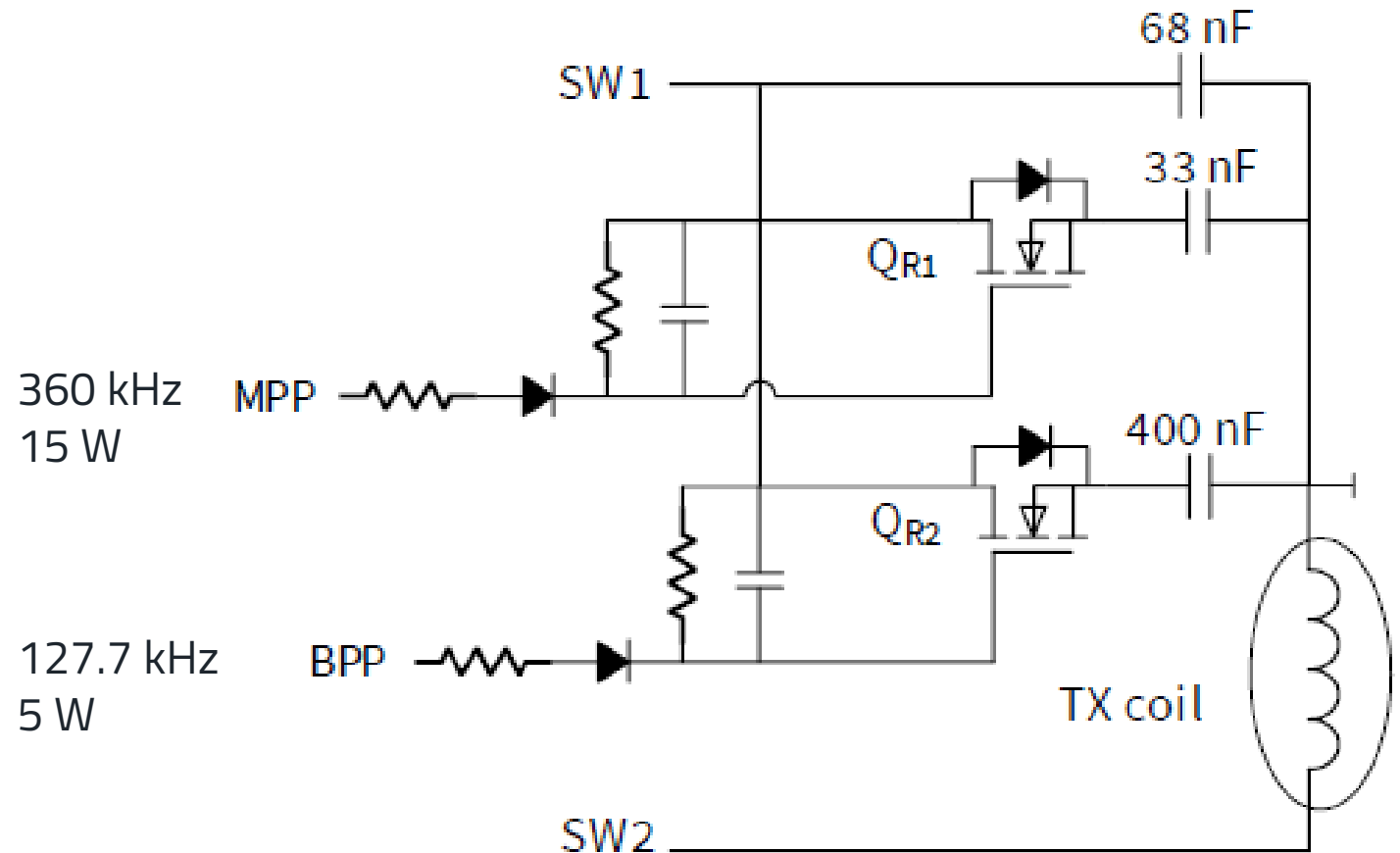
# Q-FAKTOR ESTIMATION SCHALTUNG



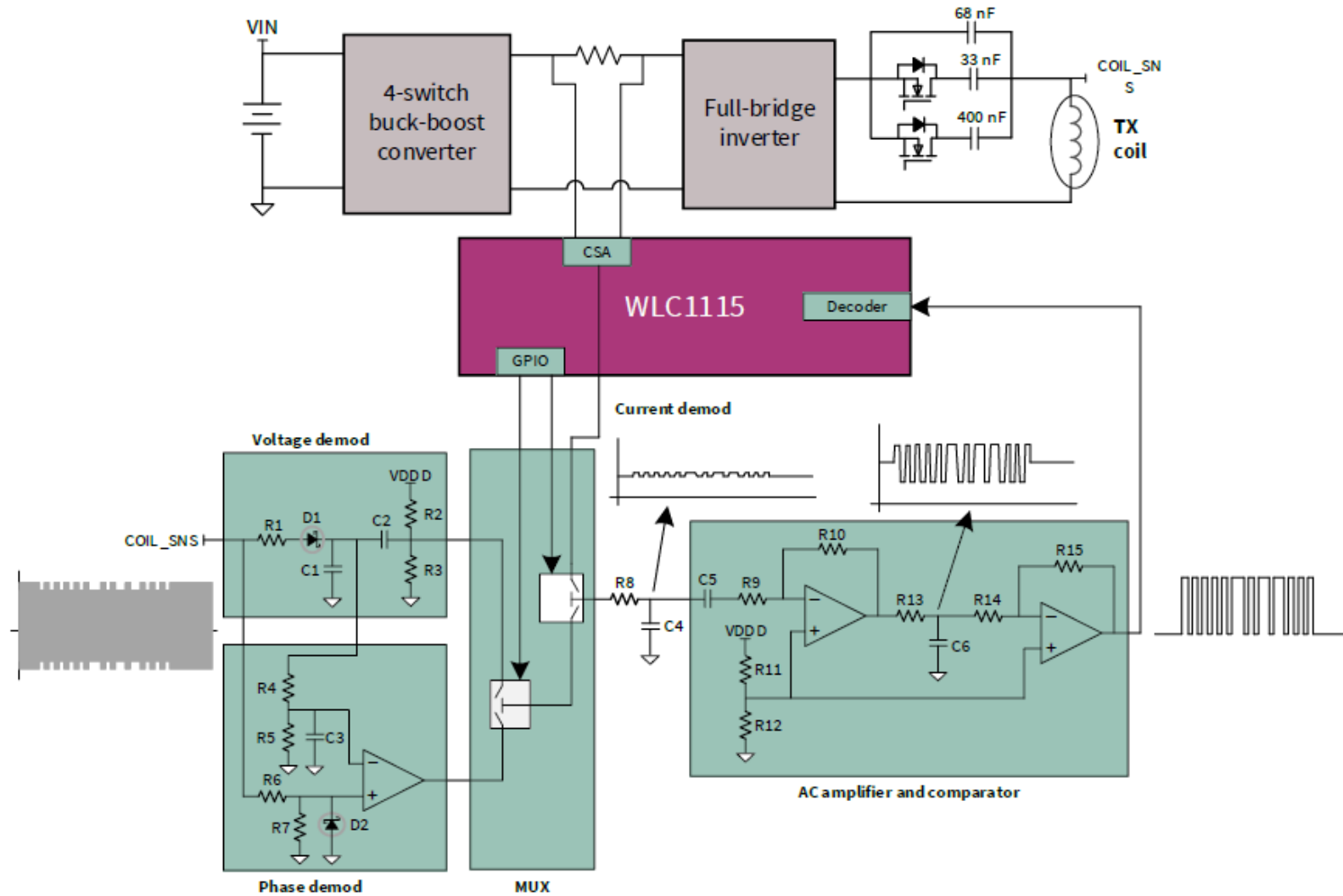
$$Q = \frac{\pi (t_2 - t_1) F_r}{\ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right)} = \frac{\pi N}{\ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right)}$$

# LC-SCHWINGKREIS

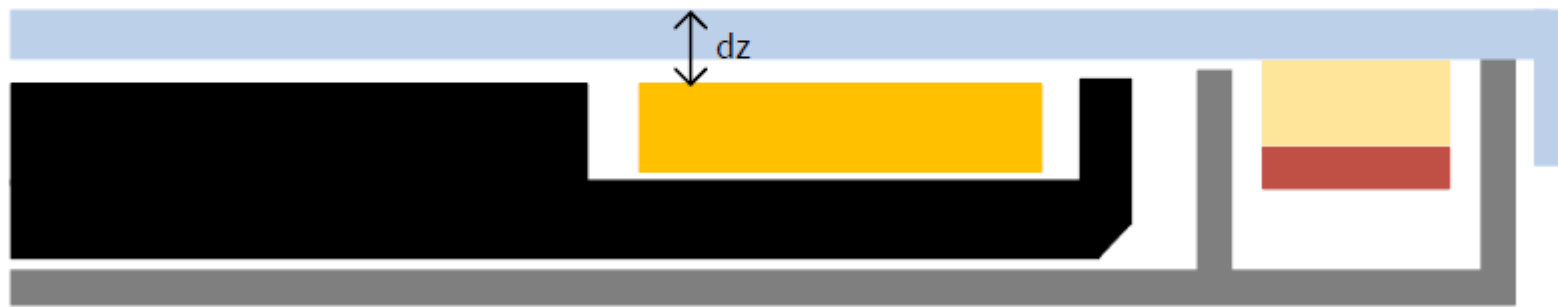
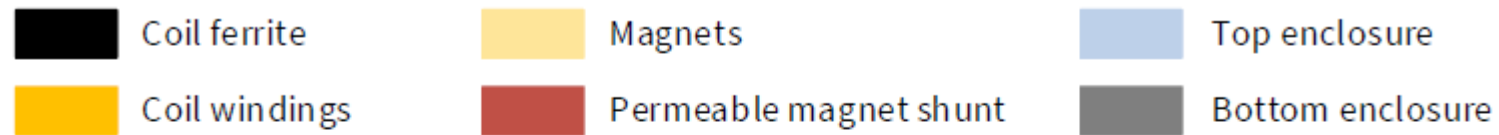
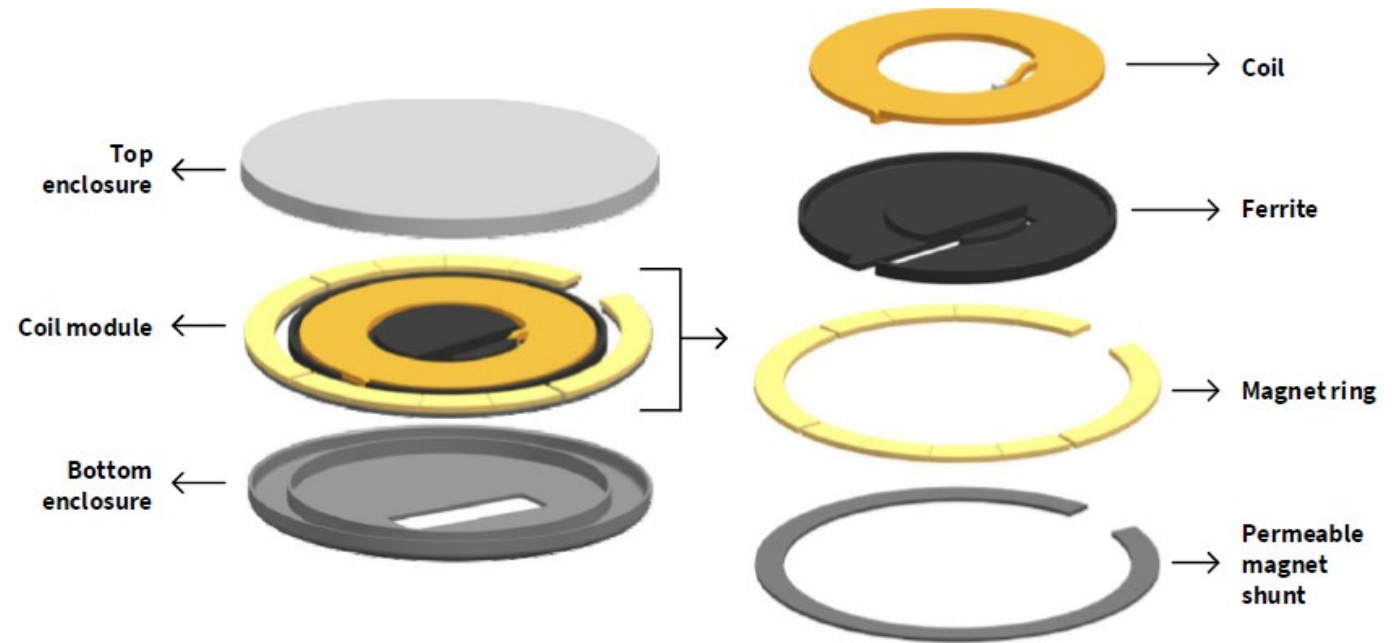
Kapazitätsauswahl im Schwingkreis



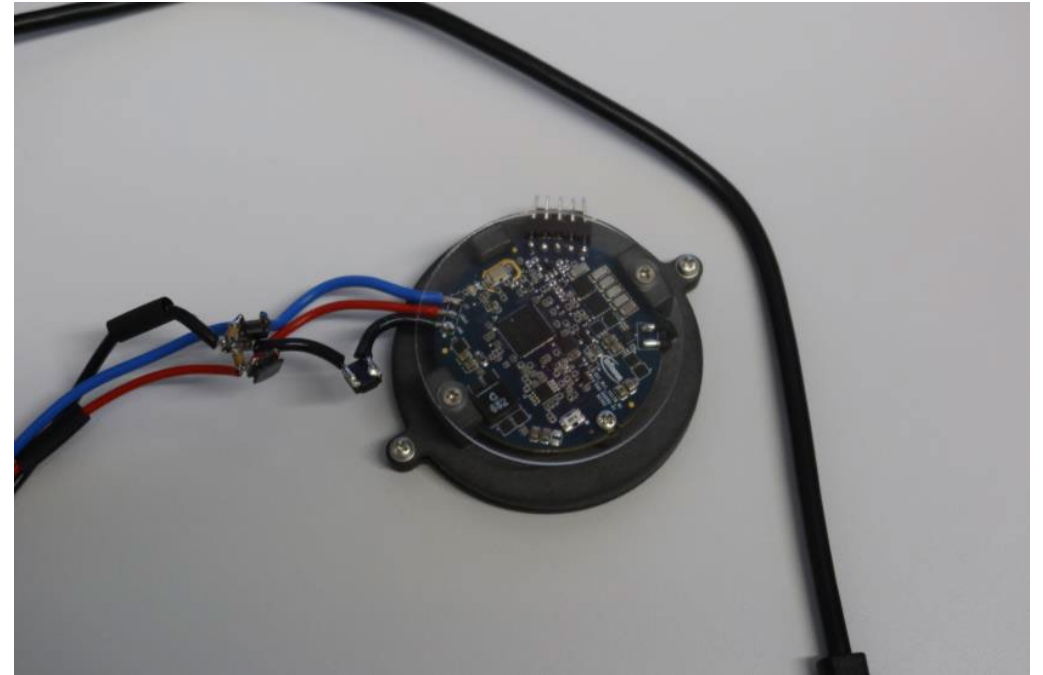
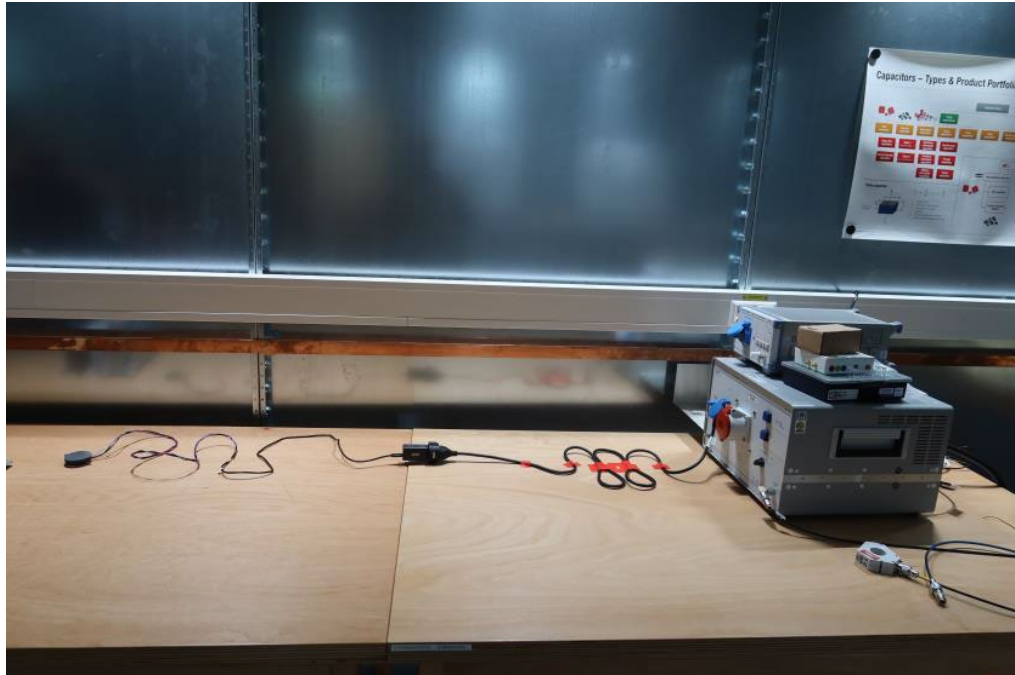
# ASK DEMODULATIONSSCHALTUNG



# WE QI 2 TX MPP SPULE



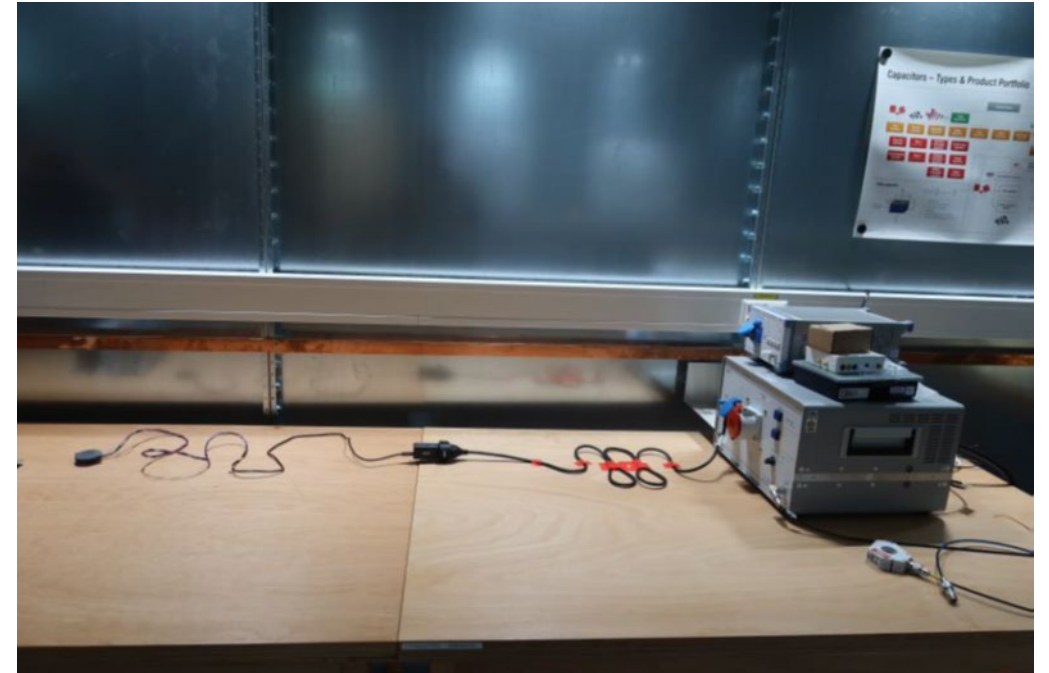
# FILTERDESIGN



# FILTERDESIGN

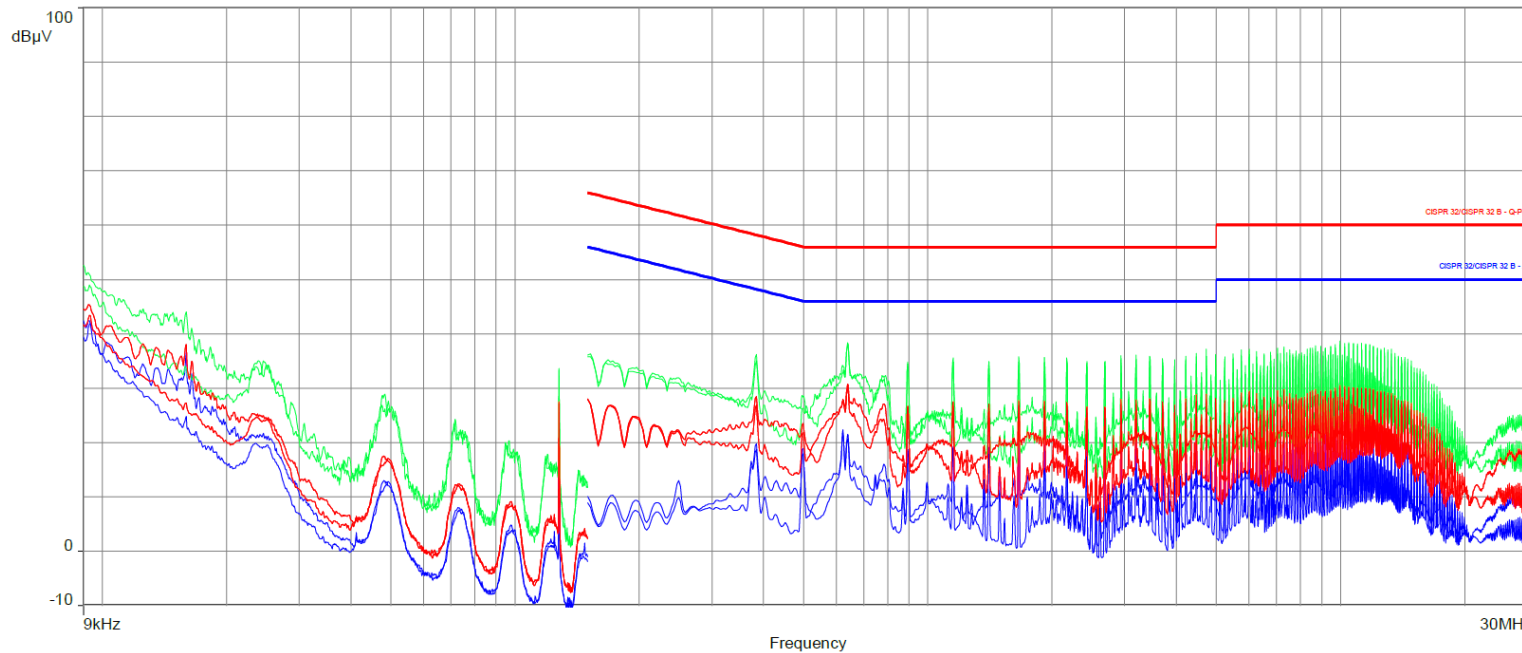
Messung und Reduzierung von leitungsgeführten und abgestrahlten Störungen durch gezieltes Filterdesign

- EMV-Test gemäß CISPR 16-2-1
- Grenzwerte nach CISPR 32 Klasse B
- Leitungsgebundene Abstrahlung
  
- Netzstromversorgung, die Teil des Equipments ist
- USB Typ-C-Kabel mit drei Leitungen
  - VCC
  - GND
  - CC



# FILTERDESIGN

Messung und Reduzierung von leitungsgeführten und abgestrahlten Störungen durch gezieltes Filterdesign

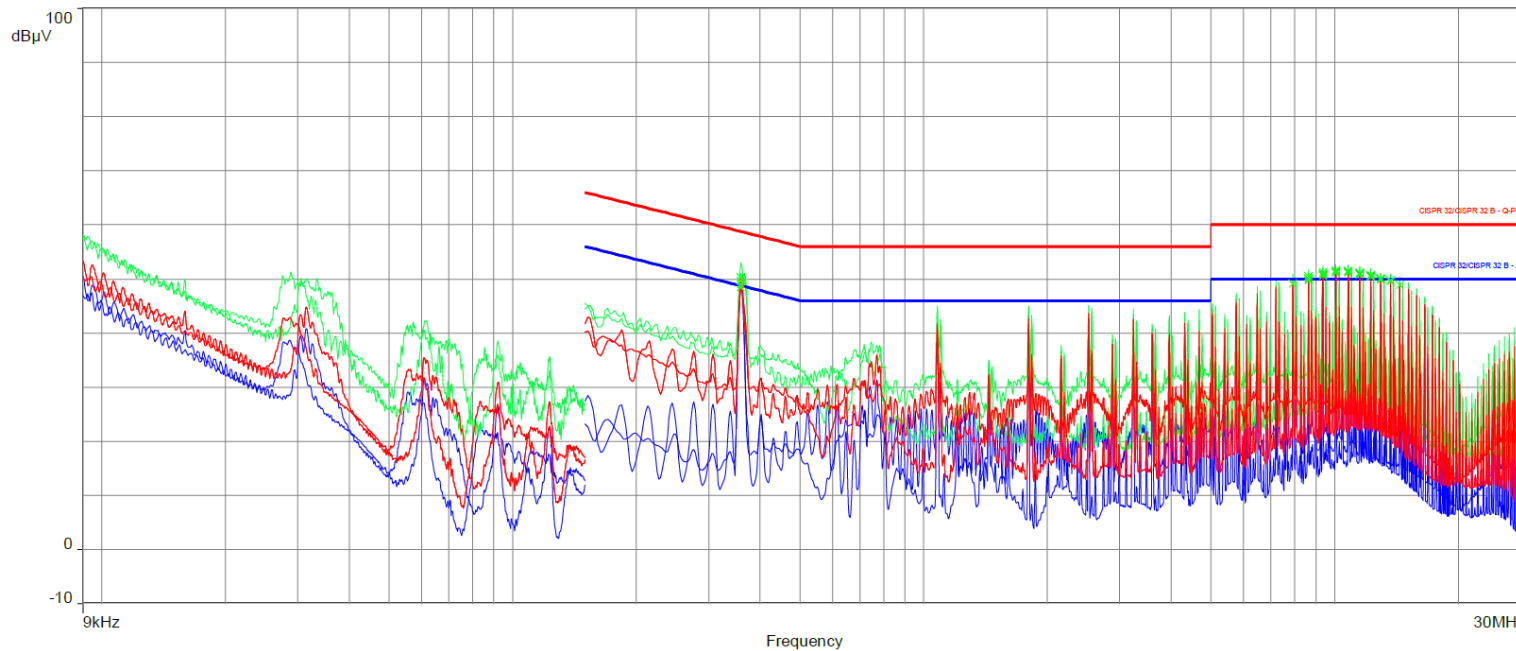


- CISPR 32, leitungsgebundene Emissionen, Klasse B
- Globaler Graph ( L1 und N)
- Neu im Standard: Messung von 9kHz bis 150kHz
- Standby Modus
- Pass

# FILTERDESIGN

Messung und Reduzierung von leitungsgeführten und abgestrahlten Störungen durch gezieltes Filterdesign

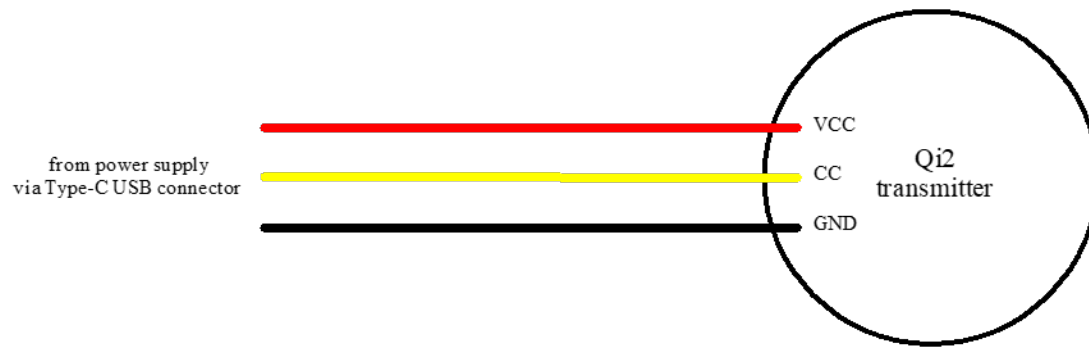
- Lademodus mit Smartphone, 80% Ladestand der Batterie
- Nicht bestanden bei einigen Frequenzen (AVG)



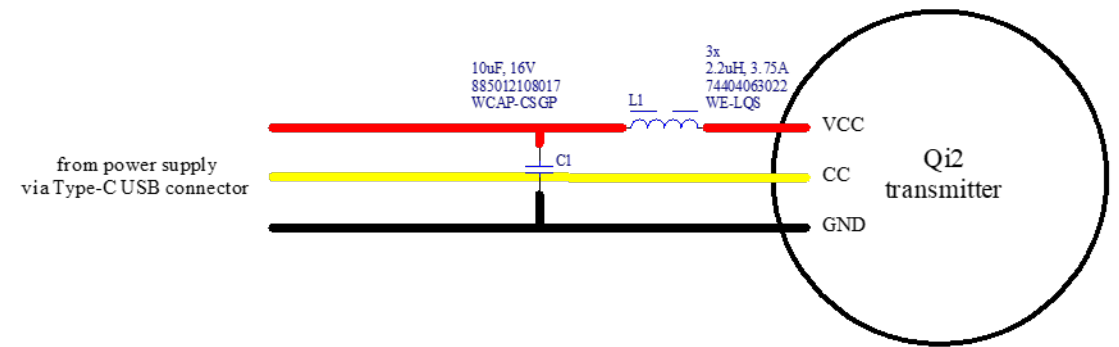


# FILTERDESIGN

Messung und Reduzierung von leitungsgeführten und abgestrahlten Störungen durch gezieltes Filterdesign



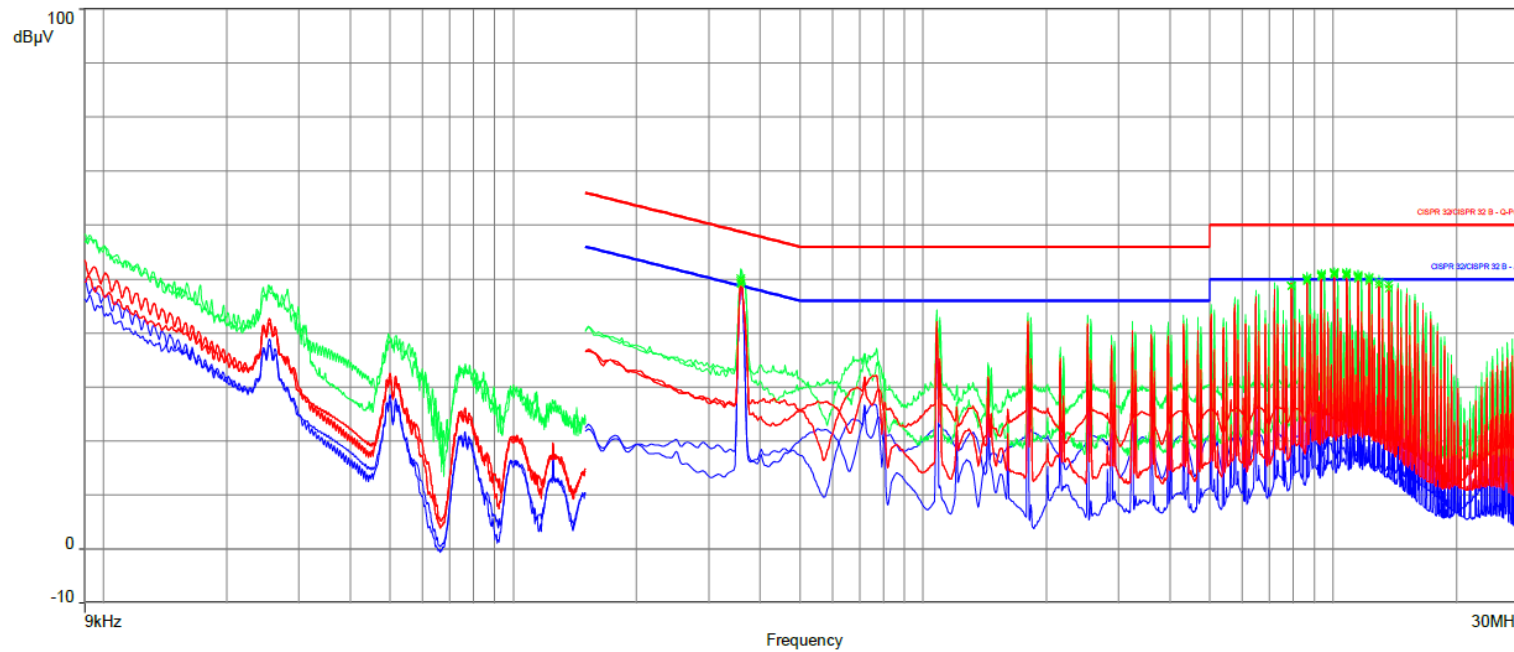
- Filter für die VCC-Leitung zur Reduzierung der Grundfrequenz
- LC-Filter in der Nähe von der Evaluierungsplatine



- L1: 2.2 $\mu$ H Induktivität
- C1: 10 $\mu$ F Kapazität
- Filterung bei 360kHz mit ungefähr 40dB

# FILTERDESIGN

Messung und Reduzierung von leitungsgeführten und abgestrahlten Störungen durch gezieltes Filterdesign

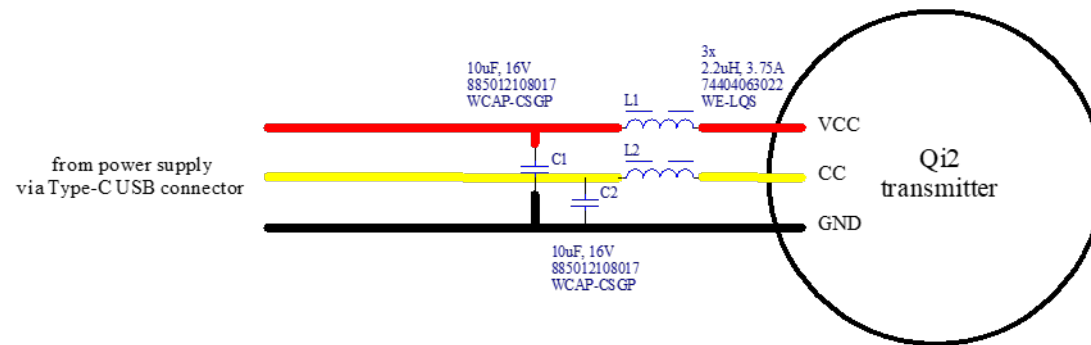


- Lademodus mit Smartphone, 80% Ladestand der Batterie
- LC-Filter zur positiven Versorgungsspannungsleitung nahe der Evaluierungsplatine
- Erneut nicht bestanden

# FILTERDESIGN

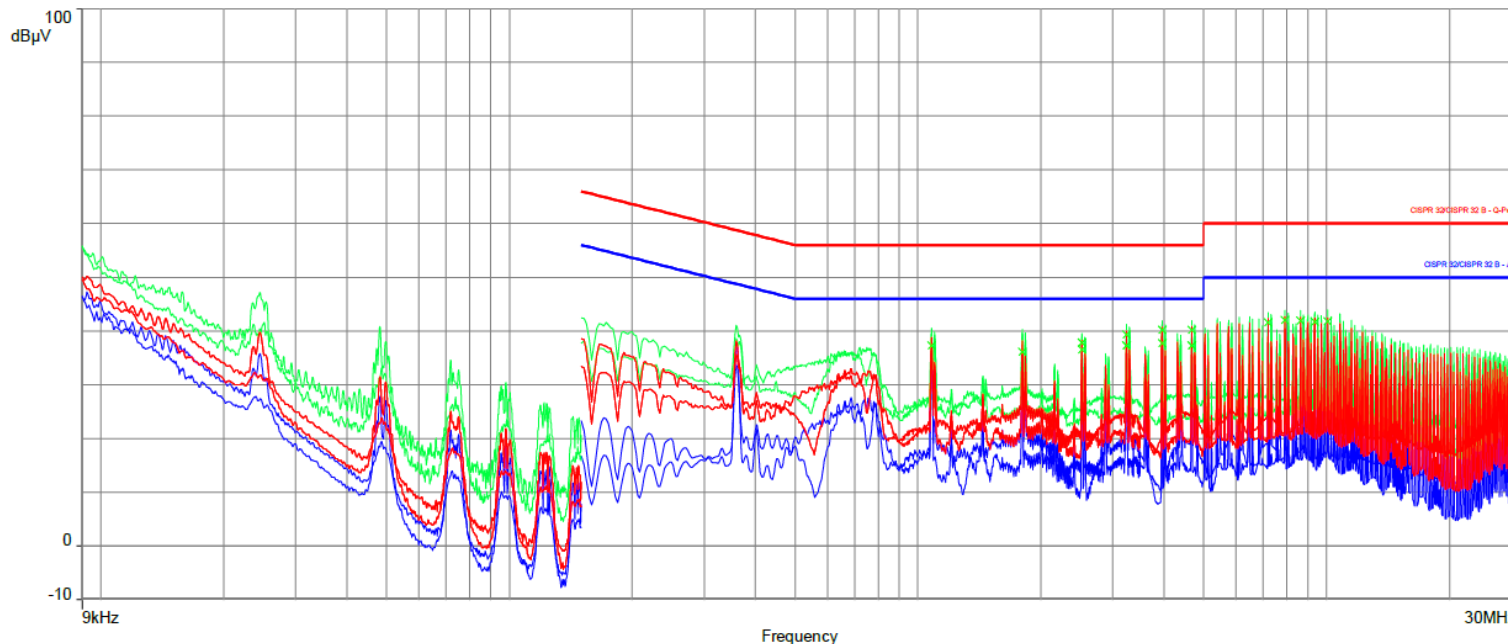
Messung und Reduzierung von leitungsgeführten und abgestrahlten Störungen durch gezieltes Filterdesign

- L1, L2: 2.2 $\mu$ H Induktivität
- C1, C2: 10 $\mu$ F Kapazität
- Beide Leitungen aufgrund von Kopplungseffekten zur CC-Leitung filtern



# FILTERDESIGN

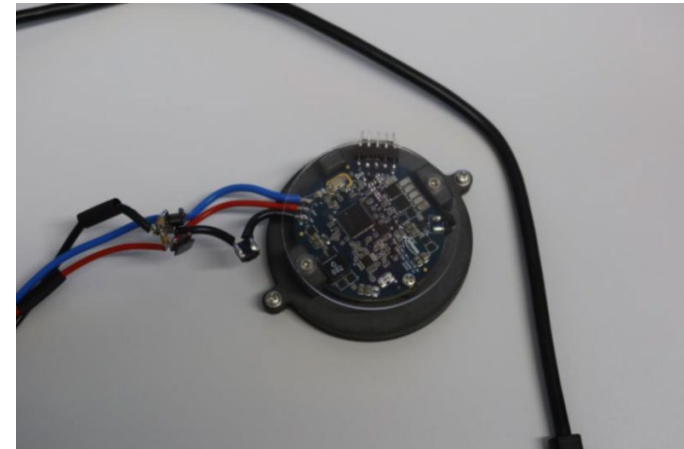
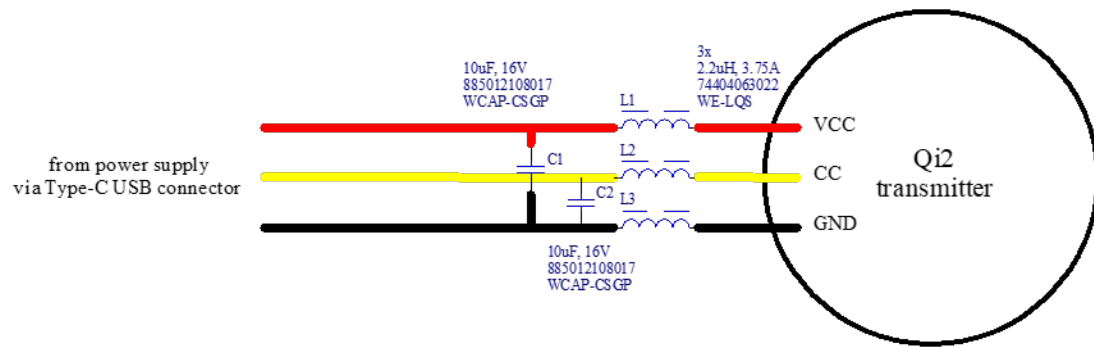
Messung und Reduzierung von leitungsgeführten und abgestrahlten Störungen durch gezieltes Filterdesign



- Lademodus mit Smartphone, 80% Ladestand der Batterie
- LC-Filter zur positiven Versorgungsspannungsleitung nahe der Evaluierungsplatine
- LC-Filter zur CC-Leitung nahe der Evaluierungsplatine
- Bestanden (aber nahe am Limit)

# FILTERDESIGN

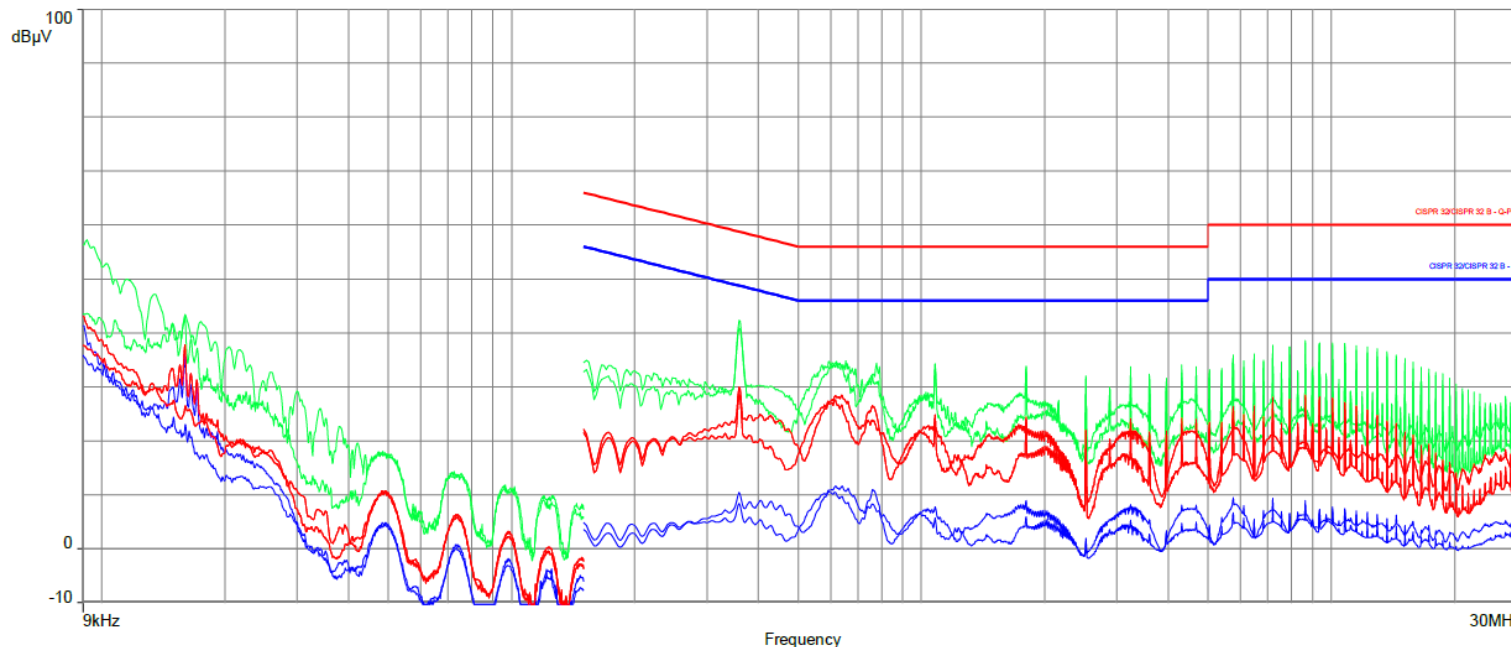
Messung und Reduzierung von leitungsgeführten und abgestrahlten Störungen durch gezieltes Filterdesign



- L1, L2, L3: 2.2µH Induktivität
- C1, C2: 10µF Kapazität
- Beide Leitungen aufgrund von Kopplungseffekten zur CC-Leitung filtern
- Auch GND-Leitung blockieren

# FILTERDESIGN

Messung und Reduzierung von leitungsgeführten und abgestrahlten Störungen durch gezieltes Filterdesign



- Lademodus mit Smartphone, 80% Ladestand der Batterie
- LC-Filter zur positiven Versorgungsspannungsleitung nahe der Evaluierungsplatine
- LC-Filter zur CC-Leitung nahe der Evaluierungsplatine
- L in GND-Leitung
- Bestanden

# FILTERDESIGN

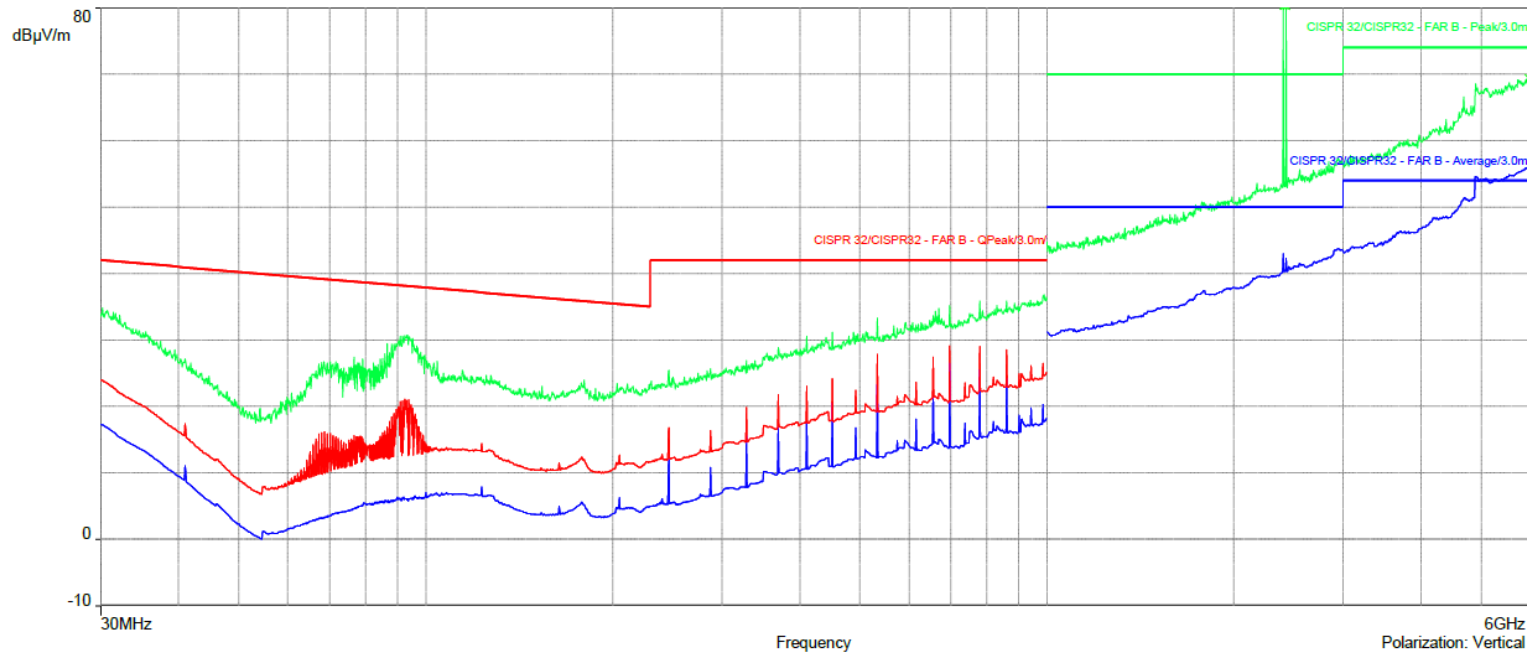
Messung und Reduzierung von leitungsgeführten und abgestrahlten Störungen durch gezieltes Filterdesign

- EMC Test laut CISPR 16-2-3
- Begrenzungslinien aus CISPR 32 FAR
- Abgestrahlte Emissionen
  
- Erste Messung mit modifiziertem Gerät aus dem Test der leitungsgebundenen Störstrahlung



# FILTERDESIGN

Messung und Reduzierung von leitungsgeführten und abgestrahlten Störungen durch gezieltes Filterdesign

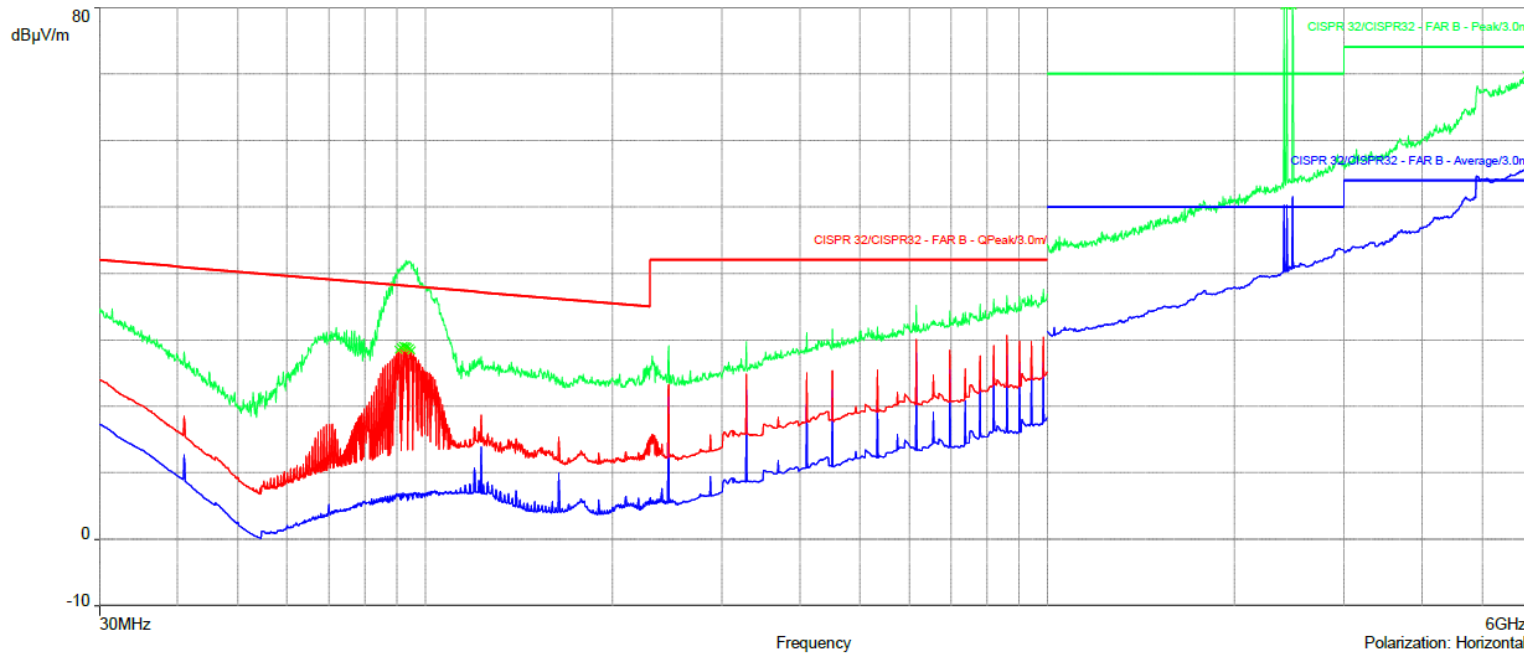


- Laden mit Filter (identisch zum Idealfall beim leitungsgebundenen Test)
- Vertikal
- Bestanden



# FILTERDESIGN

Messung und Reduzierung von leitungsgeführten und abgestrahlten Störungen durch gezieltes Filterdesign

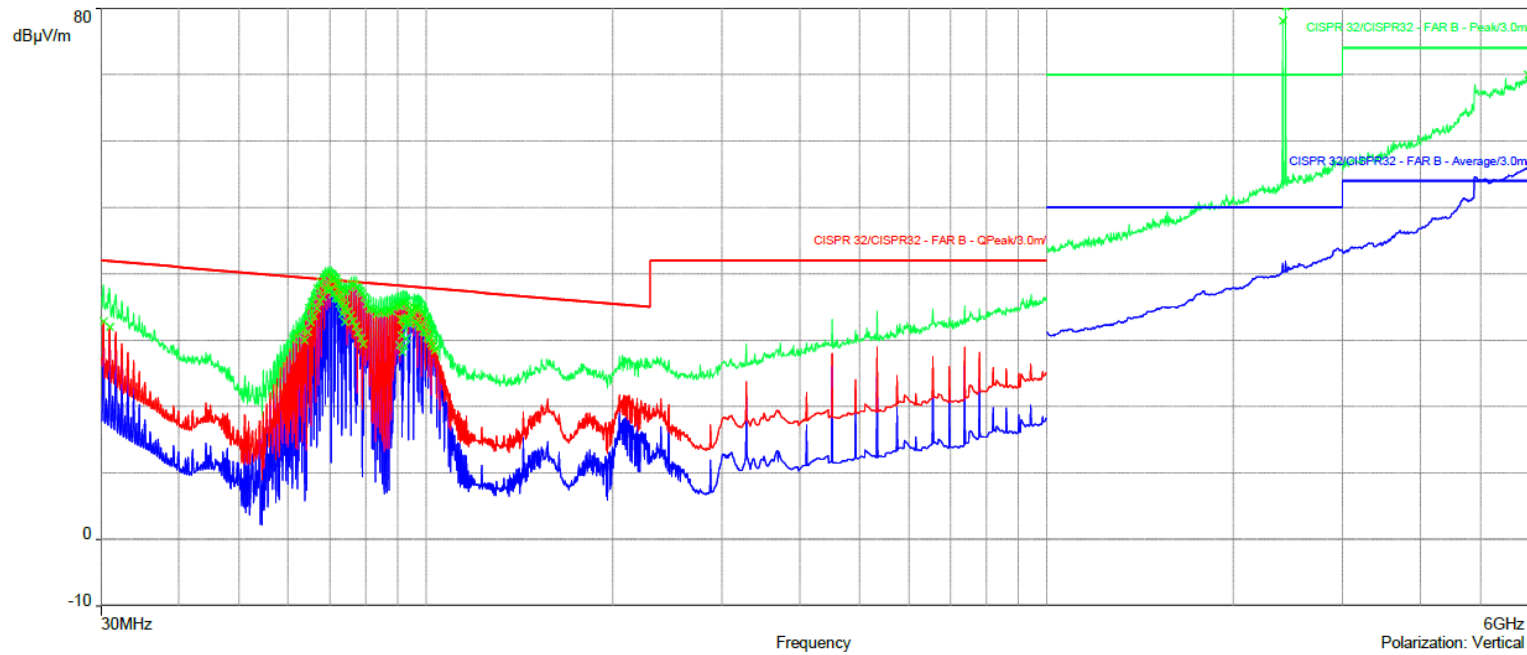


- Laden mit Filter (identisch zum Idealfall beim leitungsgebundenen Test)
- Horizontal
- Bestanden

# FILTERDESIGN

Messung und Reduzierung von leitungsgeführten und abgestrahlten Störungen durch gezieltes Filterdesign

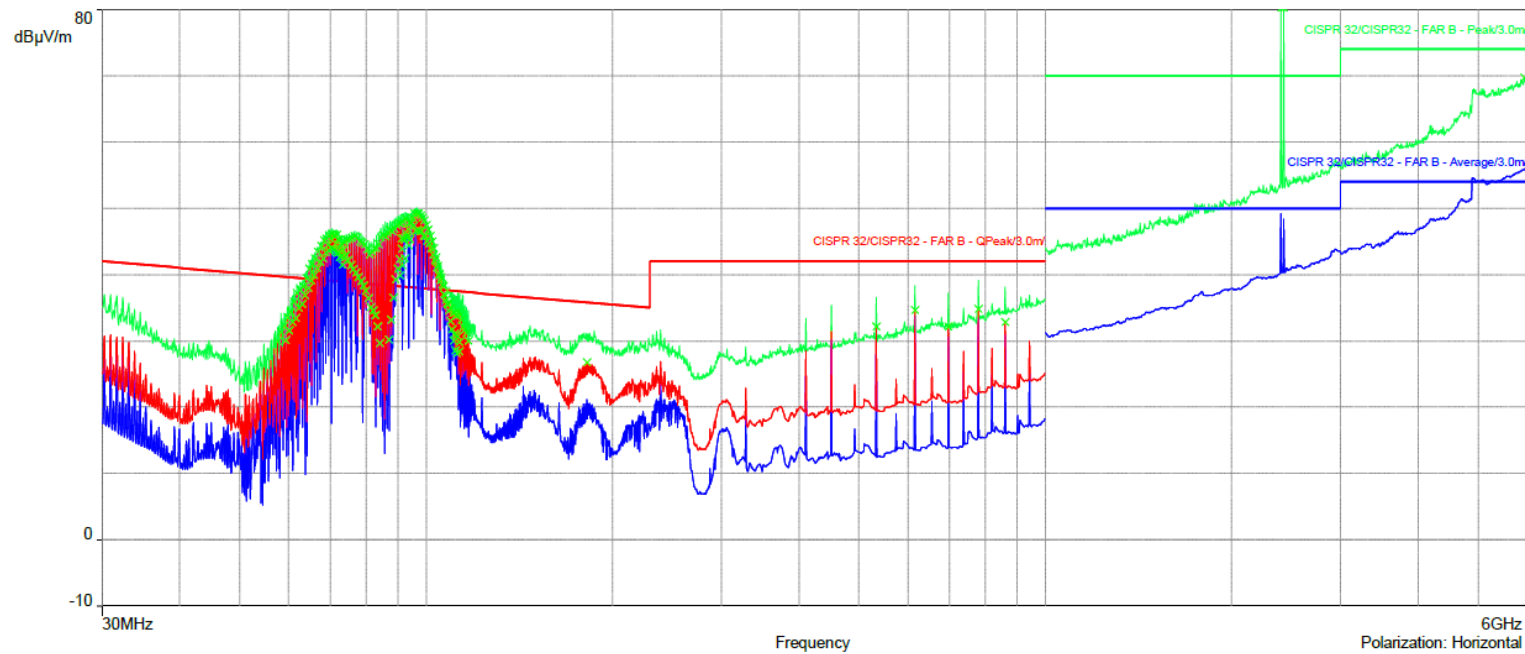
- Laden ohne Filter
- Vertikal
- Nicht bestanden



# FILTERDESIGN

Messung und Reduzierung von leitungsgeführten und abgestrahlten Störungen durch gezieltes Filterdesign

- Laden ohne Filter
- Horizontal
- Nicht bestanden



DANKE FÜR DIE  
AUFMERKSAMKEIT

FRAGEN?

Kontakt: [wirelesspower@we-online.com](mailto:wirelesspower@we-online.com)