

# MicroModule Design-In leicht gemacht - Tipps und Tricks zur Überwindung von EMI und thermischen Hindernissen



**Timur Uludag**  
**Dipl. Ing. (FH)**  
**Senior Technical Marketing**  
**Manager**

# Agenda



- MicroModule Applikationen
- Grundlegende Überlegungen zum Layout
- EMV Konformität
- Wärmemanagement
- Produktionsanforderungen

# MicroModule Applikationen

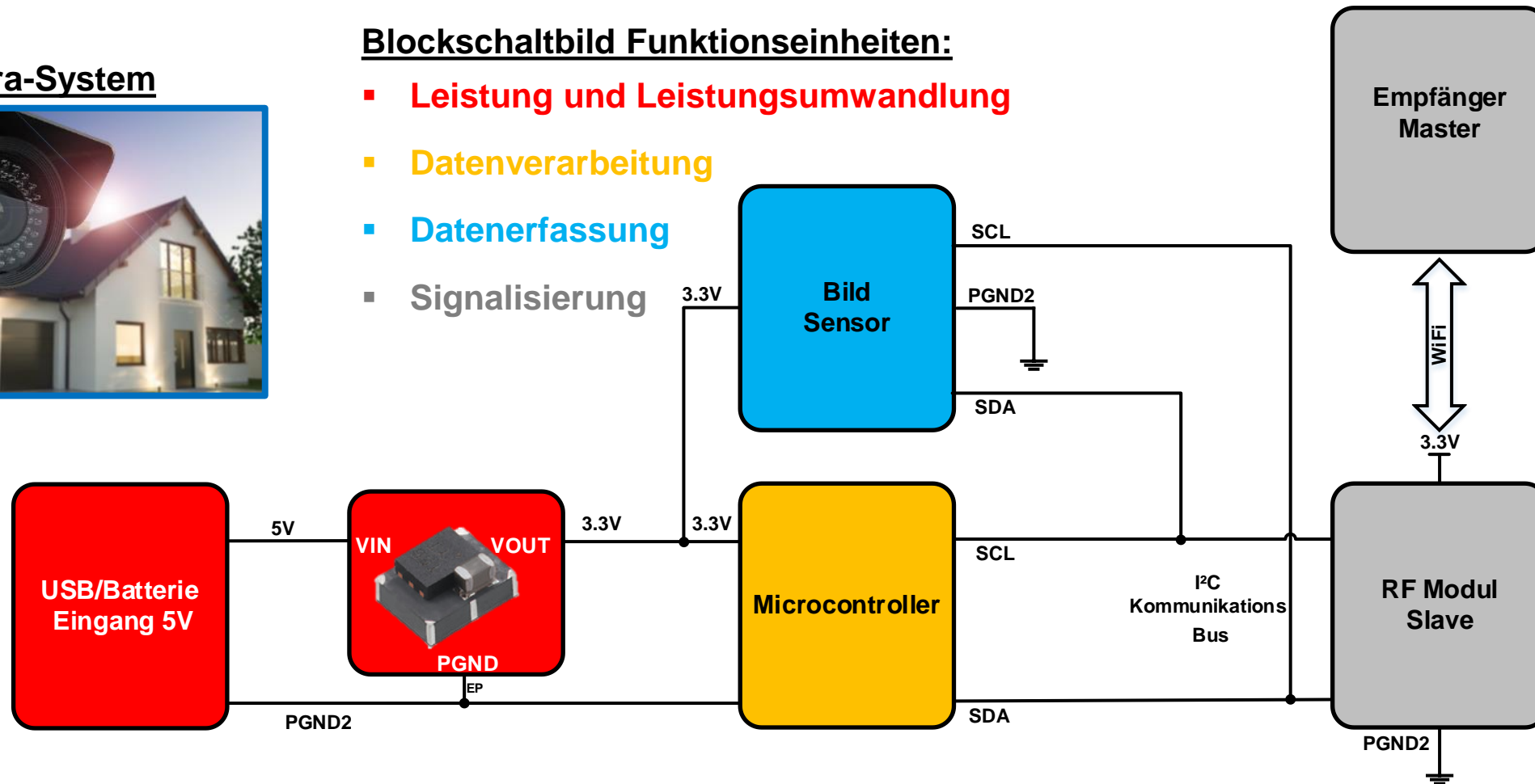
## Grundstruktur eines Sicherheitssystems – Applikation Beispiel

### Kamera-System



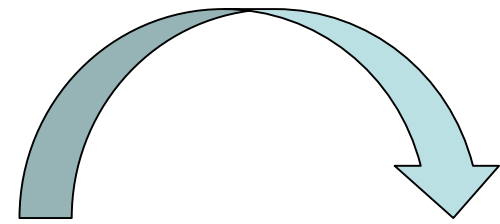
#### Blockschaltbild Funktionseinheiten:

- Leistung und Leistungsumwandlung
- Datenverarbeitung
- Datenerfassung
- Signalisierung

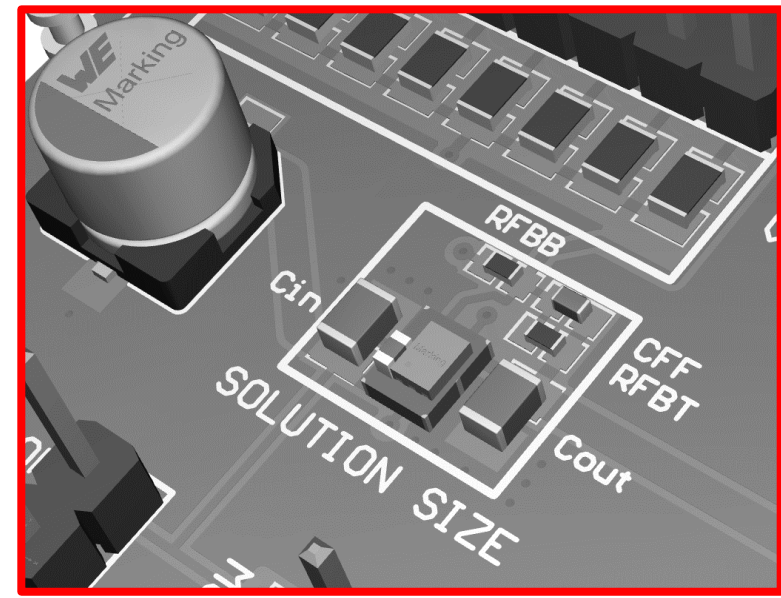


# Grundlegende Überlegungen zum Layout

## Vom Schaltplan zum Layout - Design Prozess



Wie kommt man von einem Stromlaufplan zu einem realen Layout?



# Grundlegende Überlegungen zum Layout

## Layout-Daten für allgemeine Zwecke

### Produkt Seiten

		All	LGA-6EP	LGA-6EP									
	Order Code	Data-sheet	Simulation	Downloads	V <sub>in</sub> (V)	V <sub>out</sub> (V)	I <sub>out</sub> (A)	Version	L (mm)	W (mm)	H (mm)	Evaluation Board	Samples
	171960501	<a href="#">SPEC</a>	<a href="#">RE</a>	<a href="#">STP</a>   <a href="#">ALT</a>   <a href="#">EAG</a>   <a href="#">CAD</a>	2.7 - 5.5	0.6 - 5.5	0.6	Mode Select	3.2	2.5	1.6	178960501	1
	171010502	<a href="#">SPEC</a>	<a href="#">RE</a>	<a href="#">STP</a>   <a href="#">ALT</a>   <a href="#">EAG</a>   <a href="#">CAD</a>	2.5 - 5.5	0.8 - 5.5	1	Mode Select	3.2	2.5	1.6	178010502	1
	171010550	<a href="#">SPEC</a>	<a href="#">RE</a>	<a href="#">STP</a>   <a href="#">ALT</a>   <a href="#">EAG</a>   <a href="#">CAD</a>	2.5 - 5.5	0.8 - 5.5	1.2	Mode Select	2.5	2.5	1.2	178010550	1
NEW	171010501	<a href="#">SPEC</a>	<a href="#">RE</a>	<a href="#">STP</a>   <a href="#">ALT</a>   <a href="#">EAG</a>   <a href="#">CAD</a>   <a href="#">IGS</a>	2.5 - 5.5	0.8 - 5.5	1	Power Good	3.2	2.5	1.6	178010501	1

Verschiedene produktbezogene Dateitypen (Step, Altium-Bibliothek usw.) zum kostenlosen Download

<https://www.we-online.de/katalog/en/MAGIC-VDMM>

### Evaluation Board Seiten:

	Order Code	Data-sheet	Downloads	V <sub>in</sub> (V)	V <sub>out</sub> (V)	I <sub>out</sub> (A)	Power Module	Offer
NEW	178010501	<a href="#">SPEC</a>	<a href="#">GBR</a>   <a href="#">ALT</a>	2.5 - 5.5	0.8 - 5.5	1	171010501	1
	178010502	<a href="#">SPEC</a>	<a href="#">GBR</a>   <a href="#">ALT</a>	2.5 - 5.5	0.8 - 5.5	1	171010502	1
	178010550	<a href="#">SPEC</a>	<a href="#">GBR</a>   <a href="#">ALT</a>	2.3 - 5.5	0.8 - 5.5	1.2	171010550	1

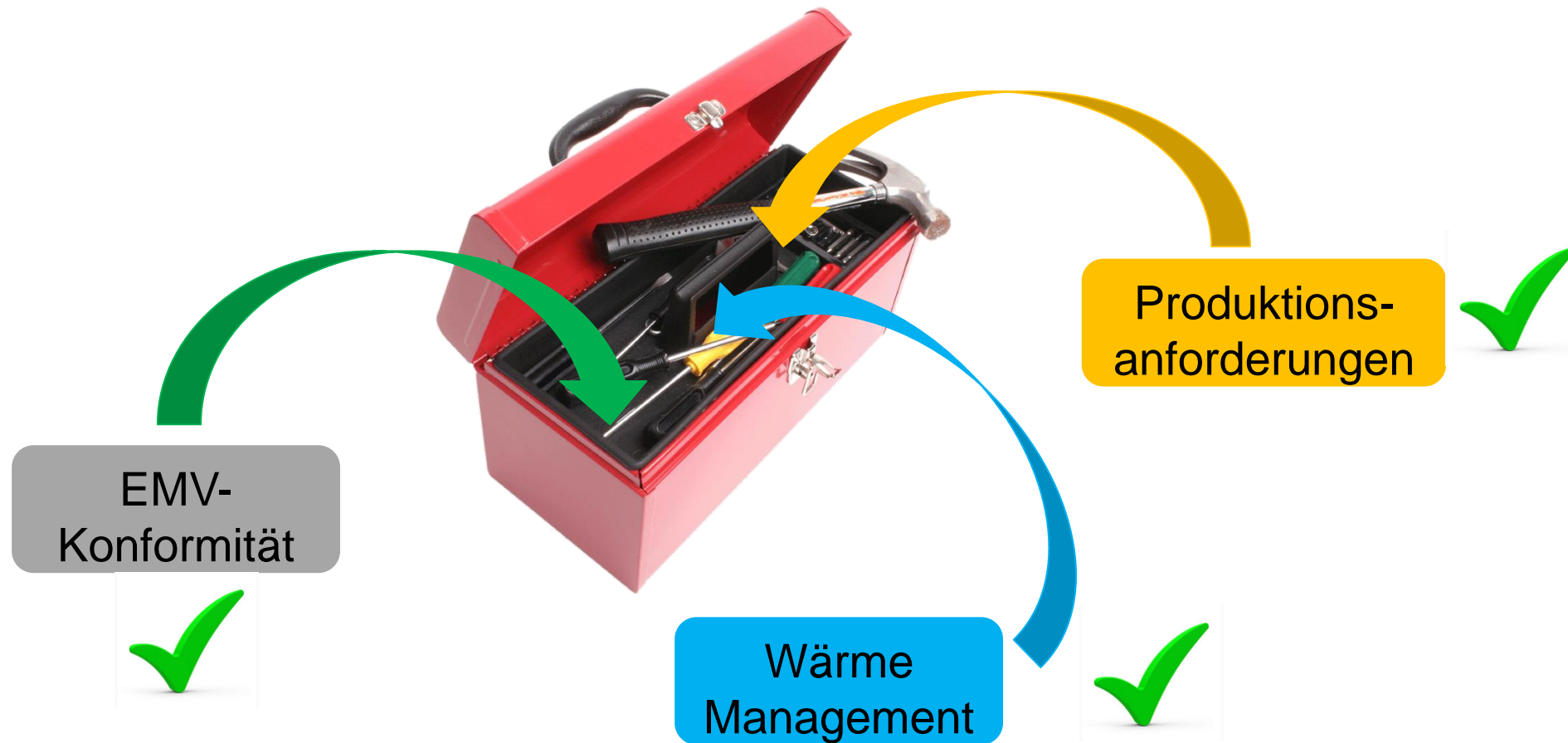
Gerberdateien für die Produktion und Layoutdateien zum kostenlosen Download

[https://www.we-online.de/katalog/en/EVAL\\_BOARDS\\_VDRM](https://www.we-online.de/katalog/en/EVAL_BOARDS_VDRM)



# Grundlegende Überlegungen zum Layout

## Wesentliche Layout-Werkzeuge - Die drei Grundvoraussetzungen

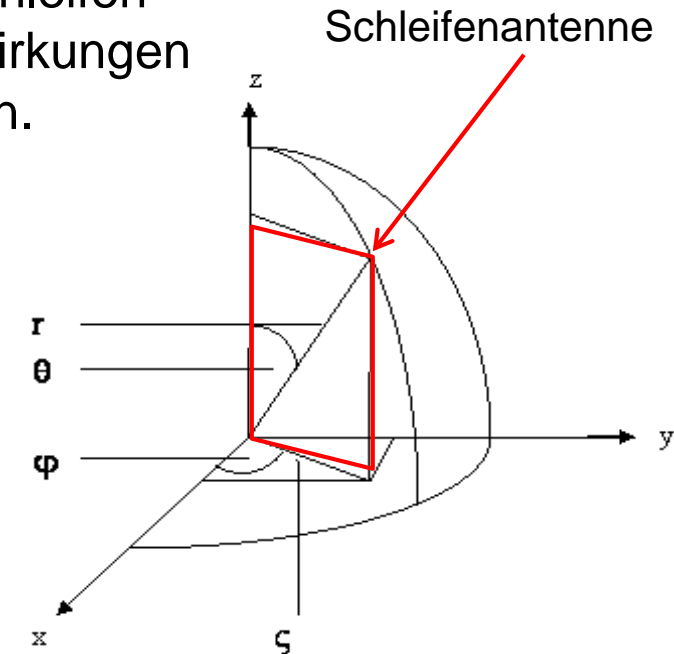


# EMV Konformität

## Antennen-Grundlagen

### Jede Leiterbahnschleife hat eine Antennencharakteristik

- Die Abstrahlung erfolgt von allen Leistungs- und Signalschleifen mit einem Wechselstrom  $di/dt$ . Die Minimierung der Auswirkungen dieses Stroms im EMI-Spektrum wird unser Hauptziel sein.
- Die Feldstärke hängt ab von :
  - Schleifengröße
  - Amplitude von  $I_{AC}$
  - Frequenz
  - Abstand zwischen Störungsquelle und Störungssenke



# EMV Konformität

## Trace Länge Abgestrahlte EMV



### Formel und Beispiel

Feldstärke der Stromschleife (Gegentakt)

$$E = \frac{K \cdot (f^2 \cdot A \cdot I)}{r}$$

Beispiel-Berechnung:

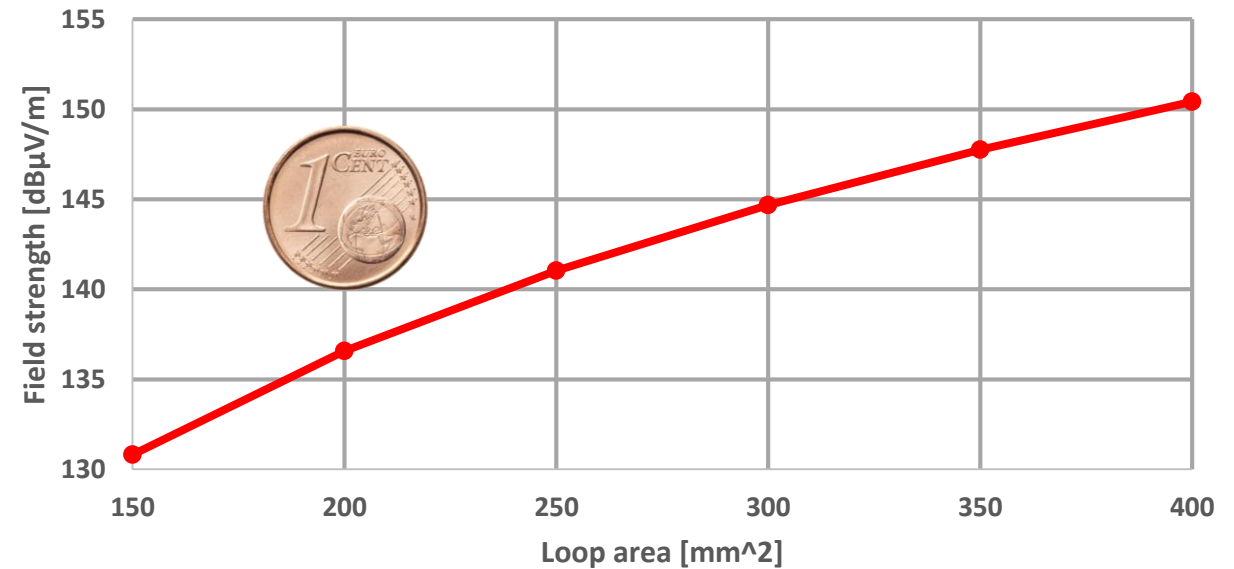
$$K = 131 \cdot 10^{-16} \quad f = 50 \text{ MHz}$$

$$A = 200 \text{ mm}^2 \quad I = 0.68 \text{ A} \quad r = 10 \text{ m}$$

$$E = \frac{131 \cdot 10^{-16} \cdot ((50 \text{ MHz})^2 \cdot 200 \text{ mm}^2 \cdot 0.68 \text{ A})}{10 \text{ m}} = 924 \frac{\mu\text{V}}{\text{m}}$$

$$E = 20 * \log\left(\frac{924^{-16}}{1 * 10^{-6}}\right) = 136 \frac{\text{dB}\mu\text{V}}{\text{m}}$$

Field strength over loop area

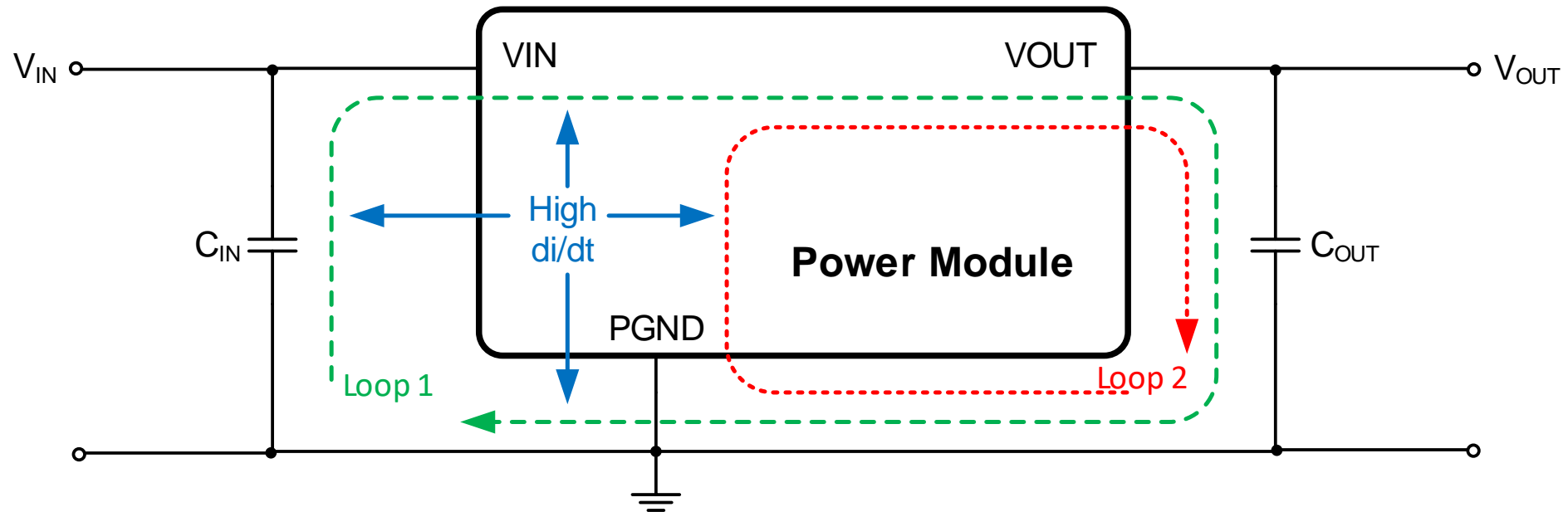




# EMV Konformität

## Kritische Stromschleifen – Top Level Ansicht

### Block Diagramm



**Loop 1: Antenne für Wechselstrom  
Fluss während On Time**

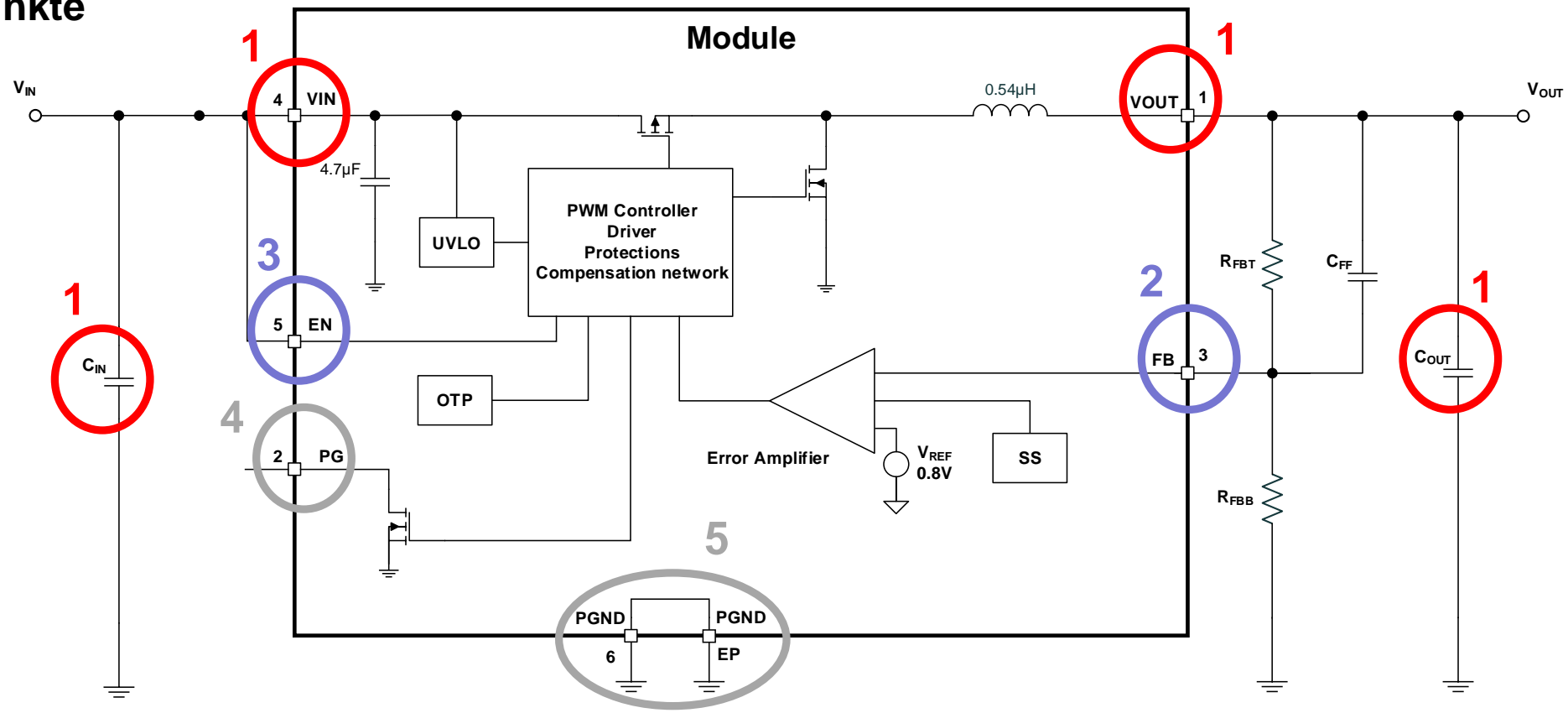
**Loop 2: Antenne für Wechselstrom  
Fluss während Off Time**

**Quelle der Strahlungsemission**

# MicroModules EMV Konformität

## Layout-Anforderungen für 171010501 (Blockdiagramm)

### Kritische Punkte



Rausch-Sender

Rausch-Empfänger

Neutral

# MicroModules EMV Konformität

## Layout-Anforderungen 171010501 (Block Diagramm)



### Überblick über die Anforderungen

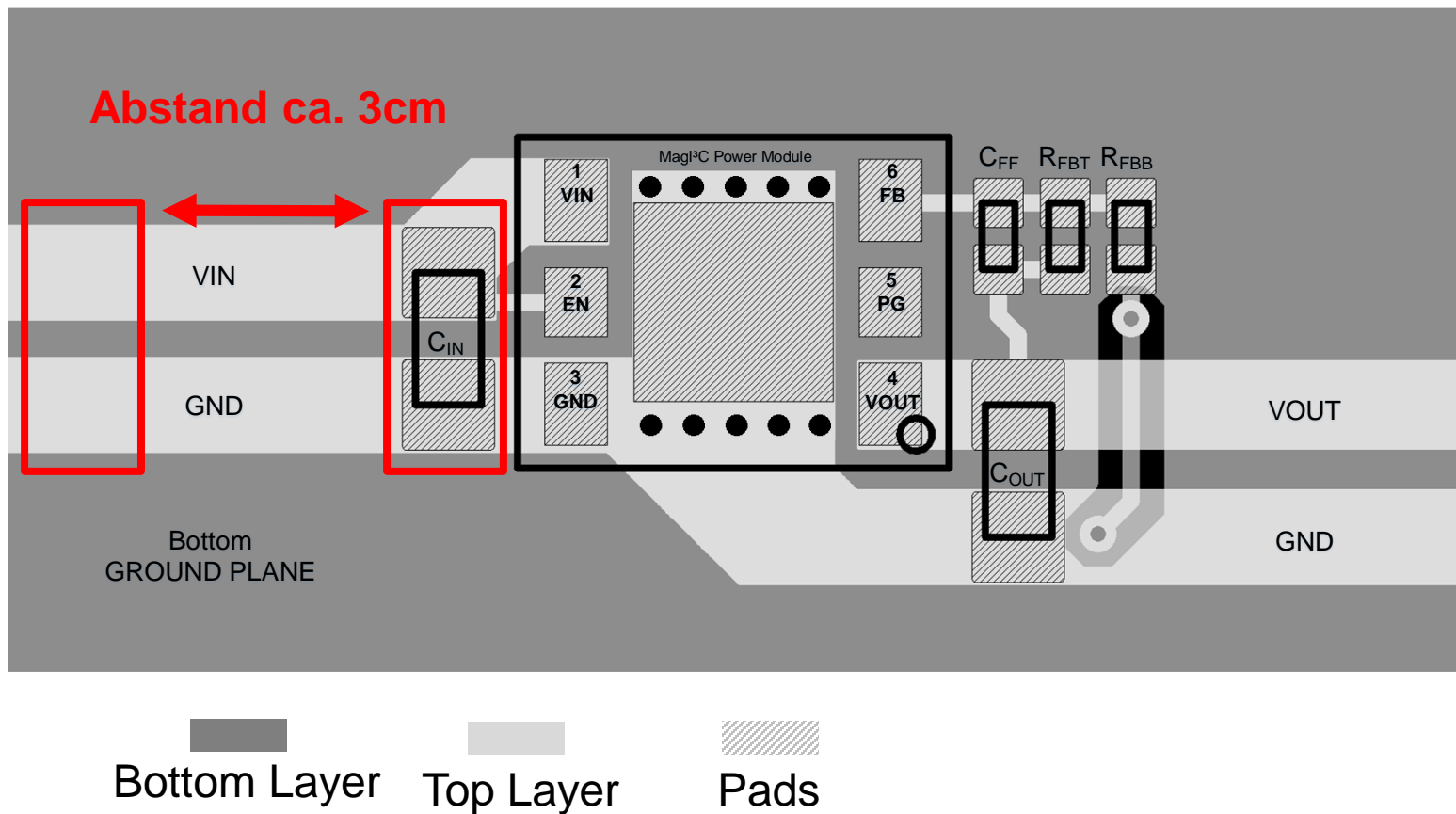
- 1) Die Schleife, die durch  $C_{IN}$  - VIN - VOUT -  $C_{OUT}$  erzeugt wird, ist die Quelle der Strahlungsemission
- 2) Der Rückkopplungs-Pin (FB-Pin) ist sehr empfindlich für jedes Rauschen, das hier eingespeist wird. Das Rauschen kann den Wert der geregelten Ausgangsspannung beeinflussen.
- 3) Der Enable-Pin (EN) ist empfindlich gegenüber jeglichem Rauschen, das hier eingespeist wird. Das Power Modul könnte unbeabsichtigt abgeschaltet werden
- 4) Der Power Good (PG)-Pin kann aus Sicht der EMV als neutral betrachtet werden.
- 5) Der PGND-Pin (Power Ground) kann aus EMV-Sicht als neutral betrachtet werden.

# MicroModules EMV Konformität – Sender Sichtweise

## Analyse Layout versus realer EMV Messung (abgestrahlt) - 171010501

### Überlegungen zum Layout

$C_{IN}$  weit entfernt vom  $V_{IN}$  Pad:

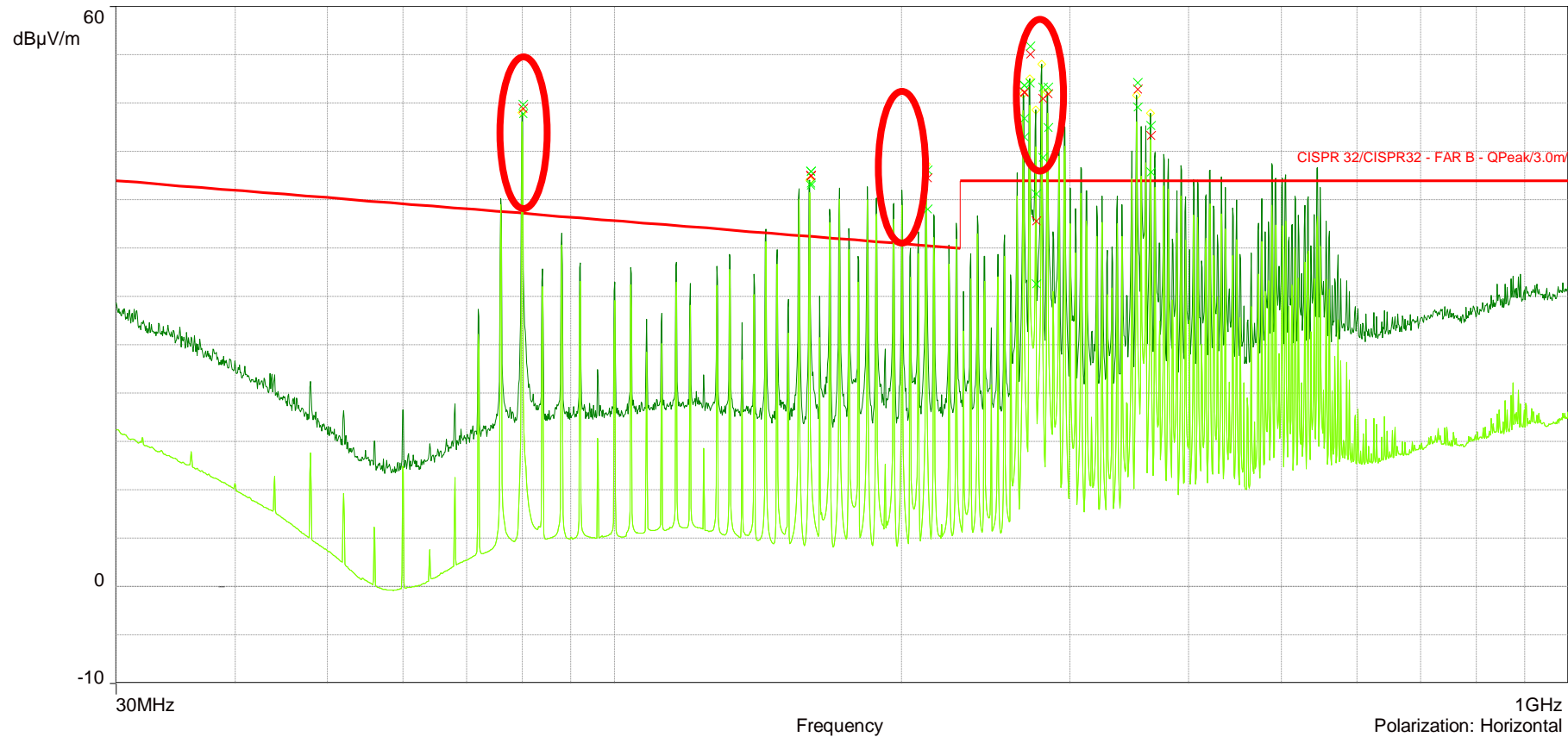


# MicroModules EMV Konformität – Sender Sichtweise

## Analyse Layout versus realer EMV Messung (abgestrahlt) - 171010501

### Strahlungsemission, Kondensatoranordnung mit großem Abstand

Bedingungen:  $V_{IN} = 5V$ ,  $V_{OUT} = 3.3V$ ,  $I_{OUT} = 1A$ ,  $C_{IN}$  weit entfernt vom  $V_{IN}$  Pad



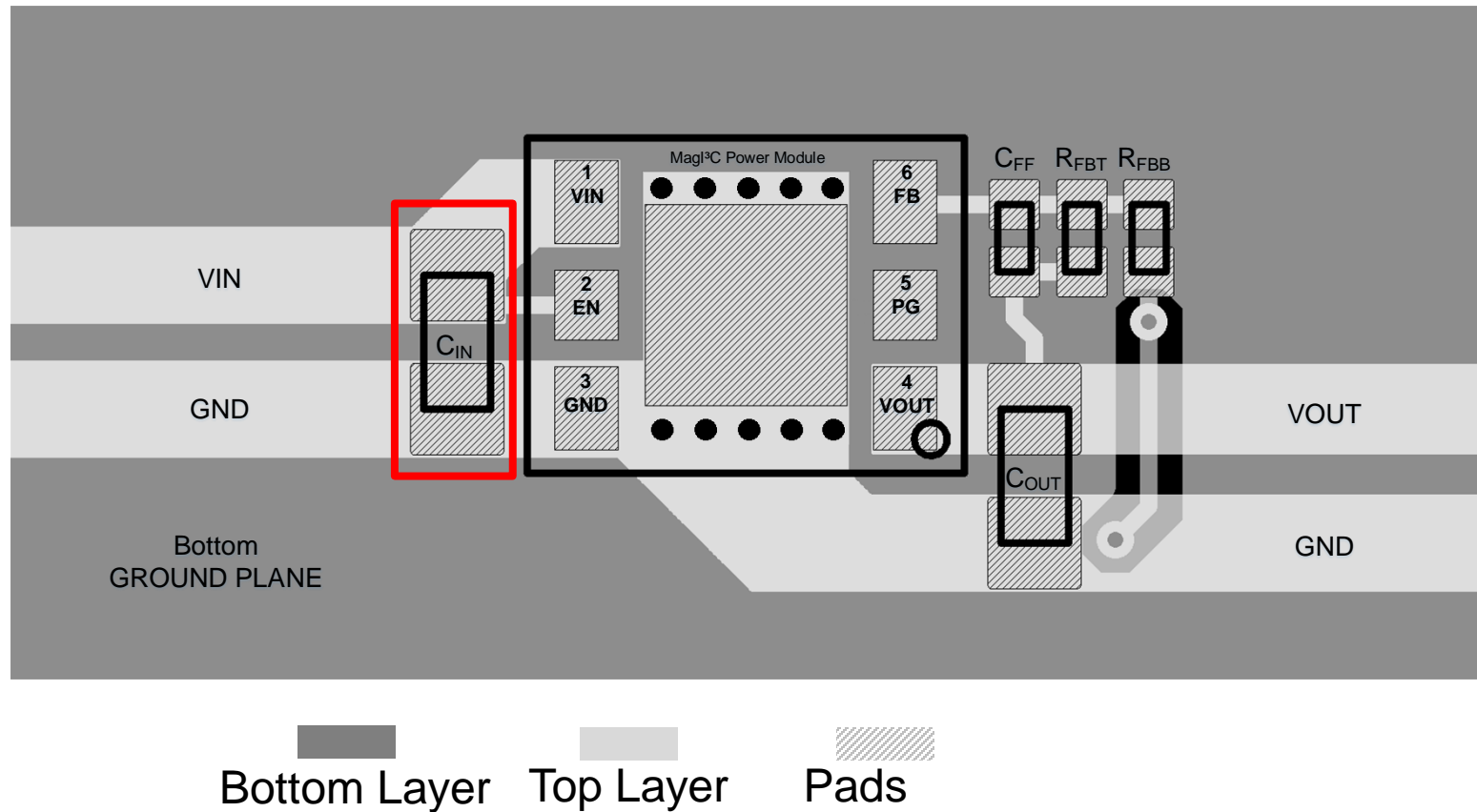
Legende:  
Max Peak  
Average

# MicroModules EMV Konformität – Sender Sichtweise

## Analyse Layout versus realer EMV Messung (abgestrahlt) - 171010501

### Überlegungen zum Layout

$C_{IN}$  nahe beim  $V_{IN}$  Pad:





# MicroModules EMV Konformität – Sender Sichtweise

## Analyse Layout versus realer EMV Messung (abgestrahlt) - 171010501

### Strahlungsemission, Kondensatoranordnung mit kurzem Abstand

Bedingungen:  $V_{IN} = 5V$ ,  $V_{OUT} = 3.3V$ ,  $I_{OUT} = 1A$ ,  $C_{IN}$  nahe beim  $V_{IN}$  Pad



Legende:  
Max Peak  
Average

# MicroModules EMV Konformität – Sender Sichtweise

## *Analyse Layout versus realer EMV Messung (abgestrahlt) - 171010501*



### Einfluss verschiedener $C_{IN}$ -Positionen auf die Strahlungsemission - Schlussfolgerung

- Aufgrund der unterschiedlichen Positionen der  $C_{IN}$  wurde der effektive Stromschleifenbereich geändert.
- Eine vergrößerte Schleifenfläche führt zu einer erhöhten Emission, die von der Schleife abgestrahlt wird.
- Eine höhere abgestrahlte Feldstärke führt zu mehr "Störungen", die sich auf die Anwendung auswirken können.

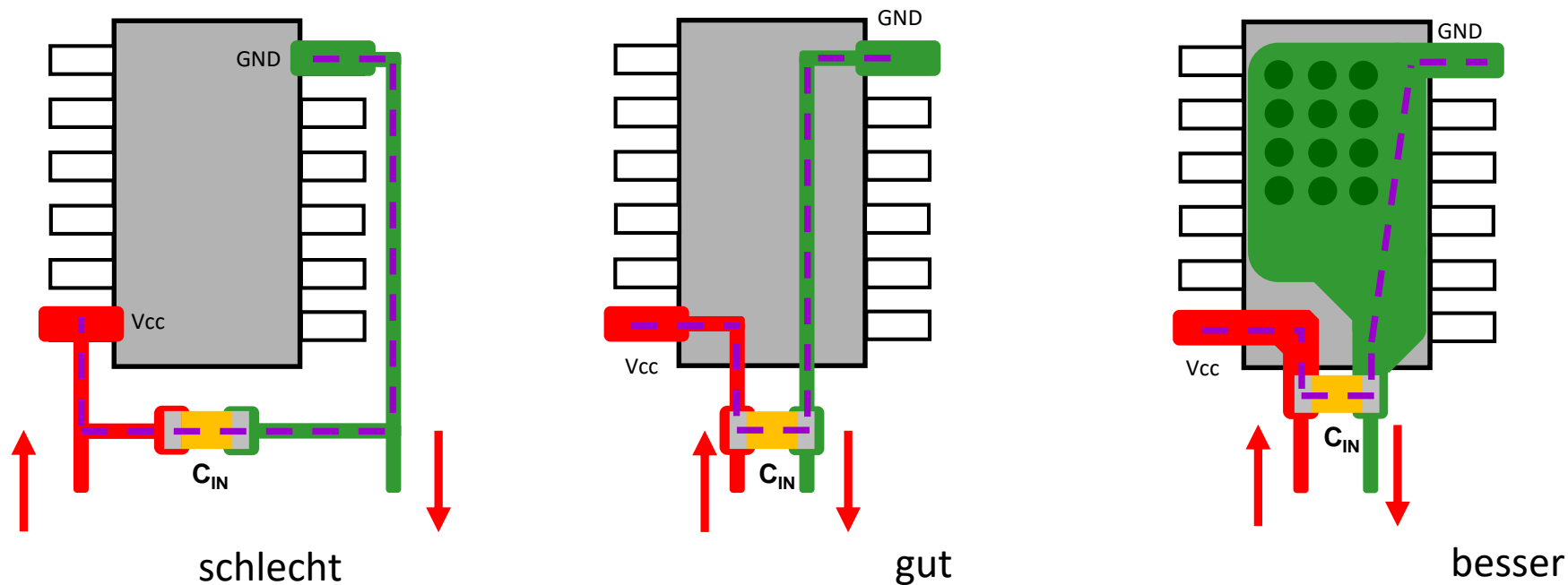
# EMV Konformität – $C_{IN}$ Platzierung Does & Don'ts

## Beispiele für die Platzierung von $C_{IN}$

### Überlegungen zum Layout

- Ladungspuffer für schnelle Laständerungen
- Verringerung der aufgespannten Fläche
- Niederinduktive Anbindung

— — — — — Strom durch Schleife

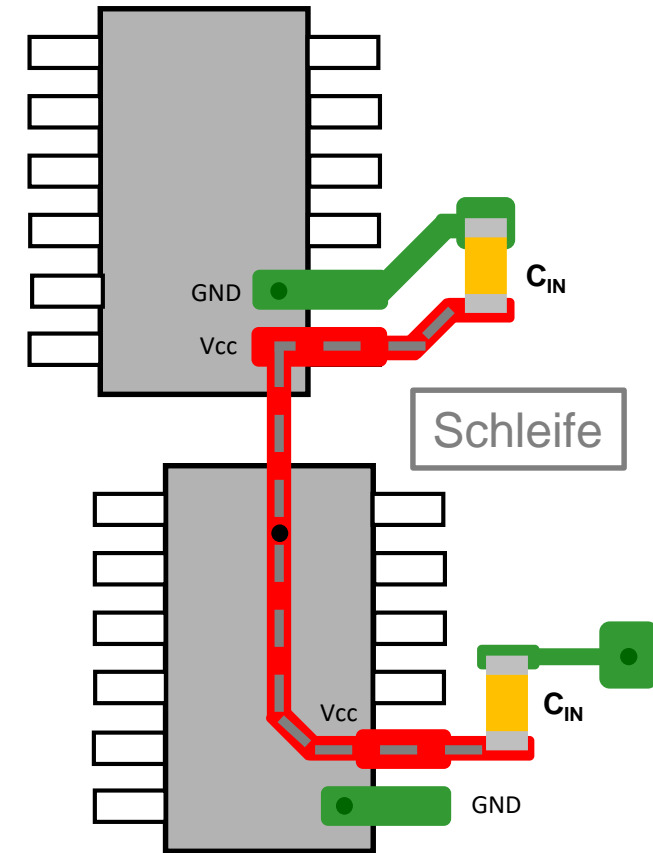
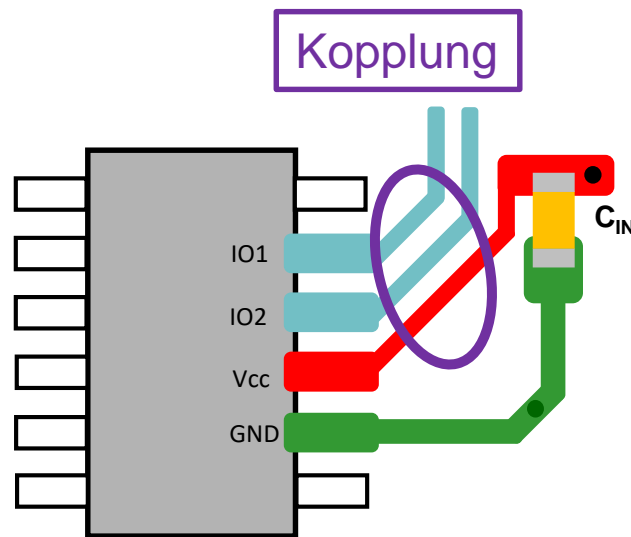
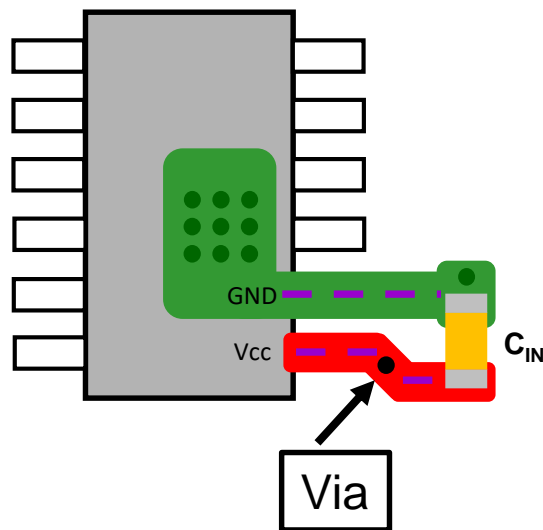


# EMV Konformität – $C_{IN}$ Platzierung Does & Don'ts

## Beispiele für die Platzierung von $C_{IN}$ - Schlechte Verbindung

### Überlegungen zum Layout

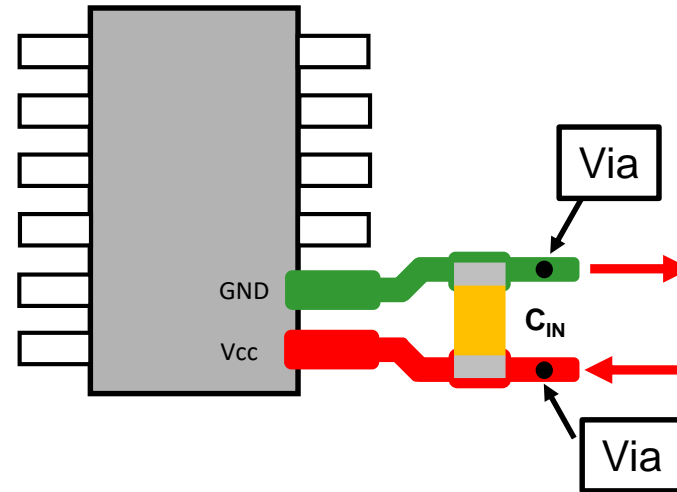
- Energieversorgung aus der Vcc-Lage nicht aus dem Kondensator
- Kopplung auf Nachbarpfade
- große Stromschleifen



# EMV Konformität – CIN Platzierung Does & Don'ts

## $C_{IN}$ Platzierung - Optimale Verbindung

### Überlegungen zum Layout

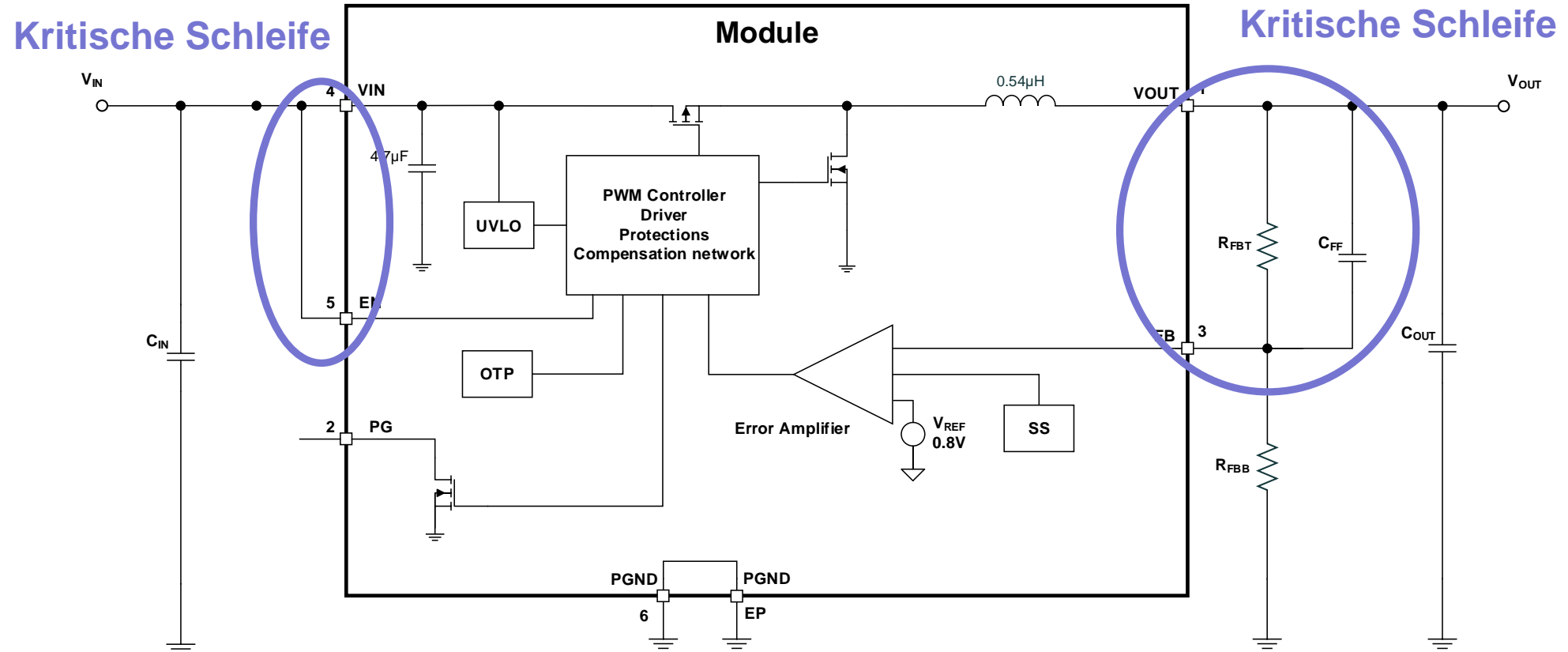


- hochfrequente Signalanteile werden direkt aus dem Kondensator gespeist
- Anbindung des Kondensators so niederimpedant und symmetrisch wie möglich
- Bei flächiger Ausführung von Vcc und Masse wird Energie zusätzlich aus der Fläche entnommen (Plattenkondensator).

**Die  $C_{IN}$ -Platzierung gilt hier für den Anschluss eines Vcc-Pins, der entkoppelt werden muss (Power Modul, Digital-IC usw.).**

# MicroModules EMV Konformität – Empfänger Sichtweise

## Layout-Anforderungen für 171010501 (Blockdiagramm)



Rausch Empfänger

**Hinweis: Das Konzept der Schleifenantenne gilt für Senden und Empfangen.**



# MicroModules EMV Konformität

## *Schlussfolgerung - Es dreht sich alles um Schleifen*



Jede Schleife kann als Antenne dienen

- Übertragen  
→ Schleife erzeugt von CIN-VIN / VOUT-COUT
  
- Empfangen  
→ VIN – Enable (EN)  
→ VOUT – Feedback (FB)

**Kurz gefasst:**

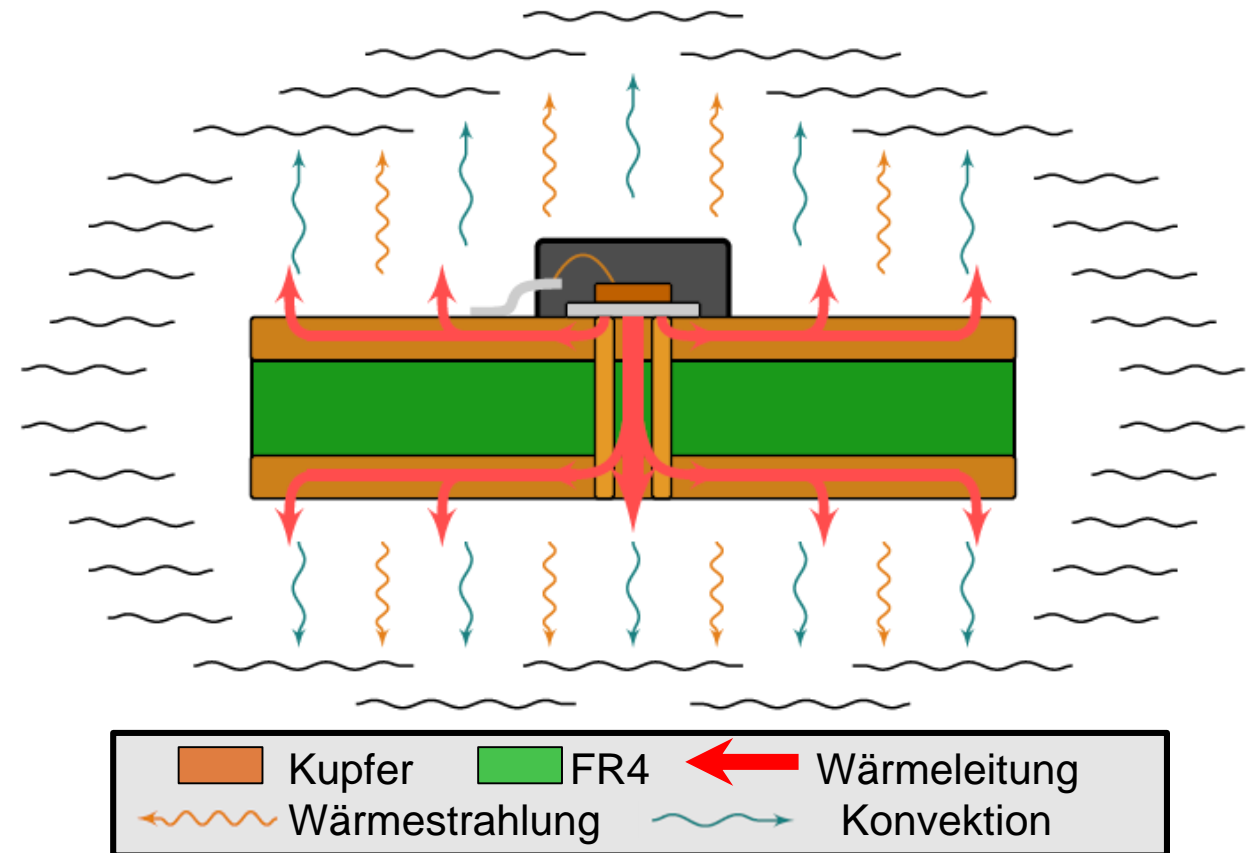
*Verstehe Schleifen und werde sie los wenn du sie siehst!*

# Thermisches Verhalten

## *Mechanismen des Wärmeflusses*

### Drei grundlegende Mechanismen

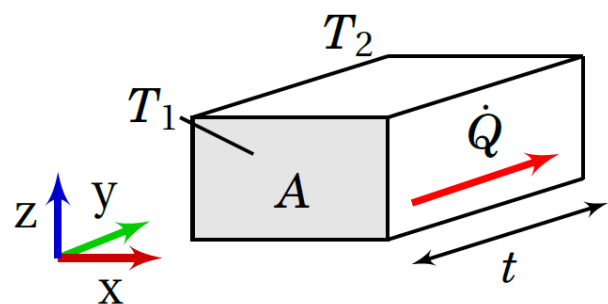
- Wärmeleitung
  - Wärmefluss im Material
  
- Wärmestrahlung
  - Erhitzung umliegender Objekte
  
- Konvektion
  - Erhitzung der Umgebung



# Thermisches Verhalten

## Grundlegende Formeln

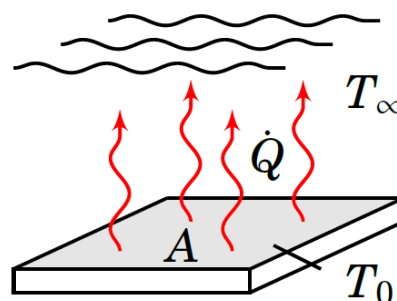
$$R_{leit} = \frac{\Delta T}{\dot{Q}} = \frac{\Delta T}{\lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{t}}$$



### Wärmeleitung:

- Wärmefluss durch feste Materialien

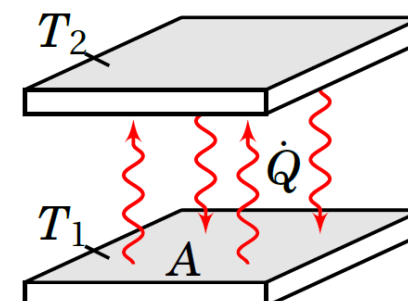
$$R_{konv} = \frac{\Delta T}{\dot{Q}} = \frac{L^{2/5}}{K_{konv} \cdot \Delta T^{1/5} \cdot A}$$



### Konvektion:

- Wärmefluss von festem Medium zu einem fluid / gas

$$R_{rad} = \frac{\Delta T}{\dot{Q}} = \frac{1}{\varepsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot (T_0^2 + T_\infty^2) \cdot (T_0 + T_\infty)}$$

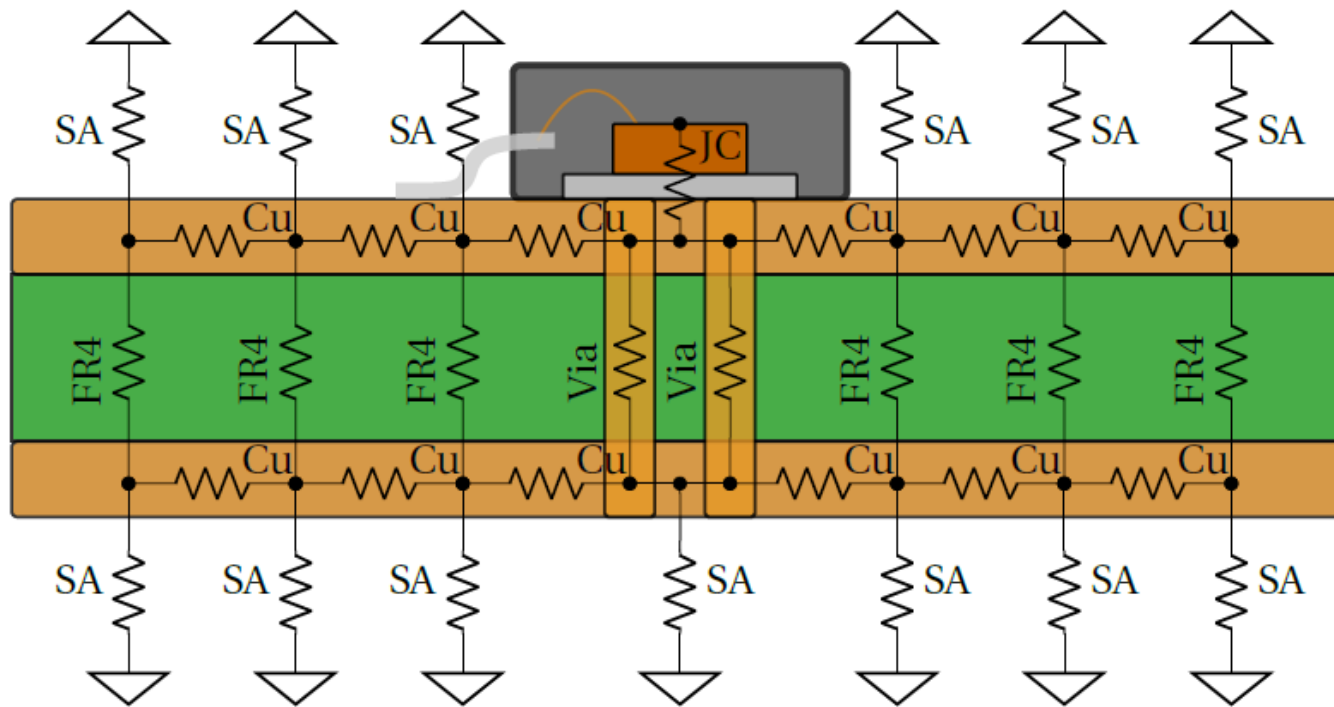


### Wärmestrahlung:

- Abgabe von Energie über Strahlung

# Thermisches Verhalten

## Thermisches Modell - Beispiel Evaluation Board



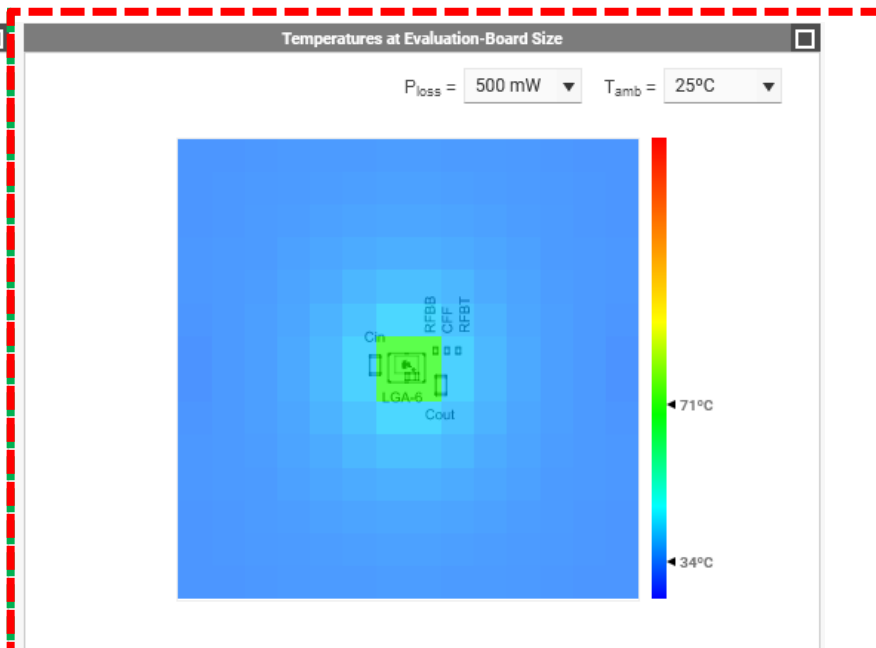
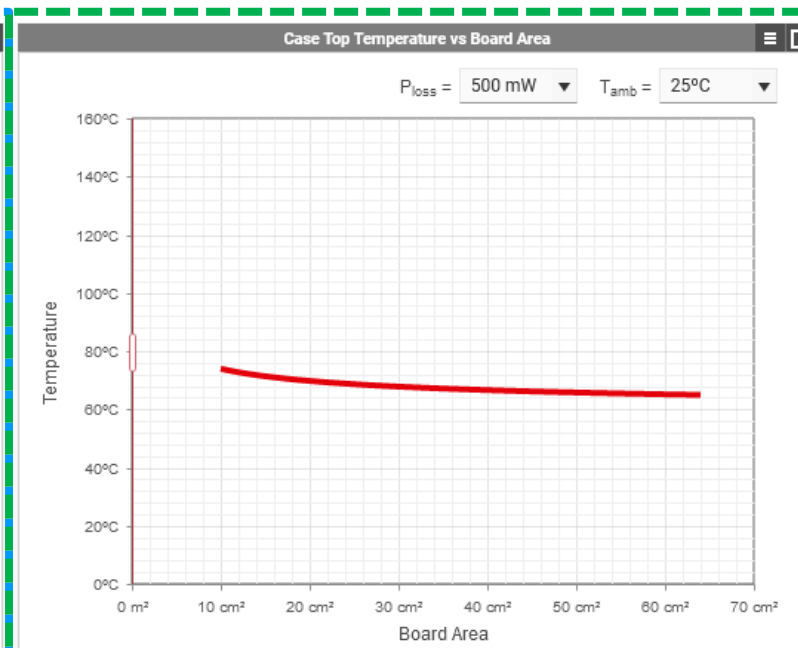
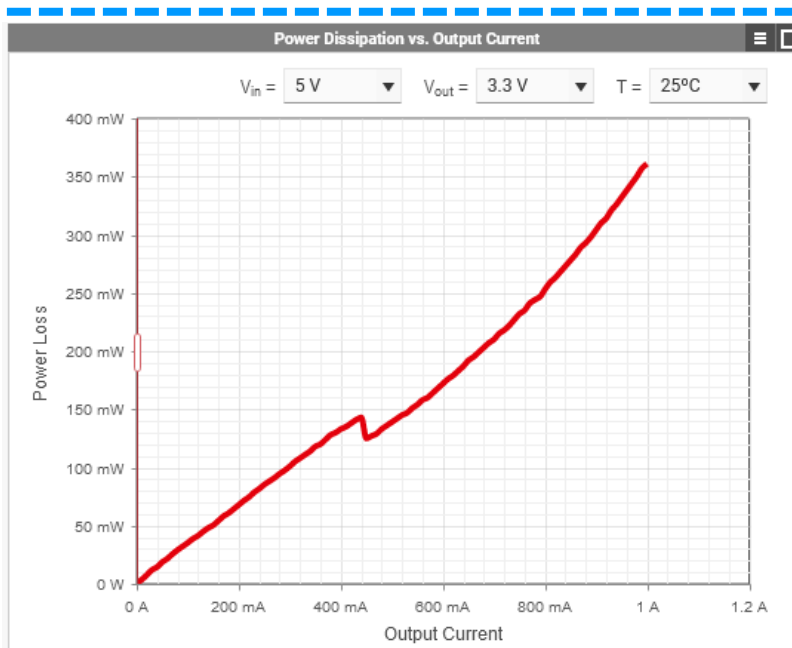
### Thermischer Widerstand

- **Cu:**  
Wärmewiderstand von Kupfer
- **FR4:**  
Wärmewiderstand von FR4
- **JC:**  
Wärmewiderstand von Modul Junction
- **SA:**  
Wärmewiderstand Oberfläche zu Umgebung

# Thermisches Verhalten

## Reiter Beschreibung

### Temperatur Profile



### Verlustleistung

Leistungsverlust des MagI<sup>3</sup>C Power Moduls in einem bestimmten Betriebspunkt (Vin / Vout / Iout)

### Case-Top Temperatur vs. Platinengröße

Simulierte Temp. auf dem Case-Top des MagI<sup>3</sup>C-Leistungsmoduls mit verschiedenen Platinengrößen.

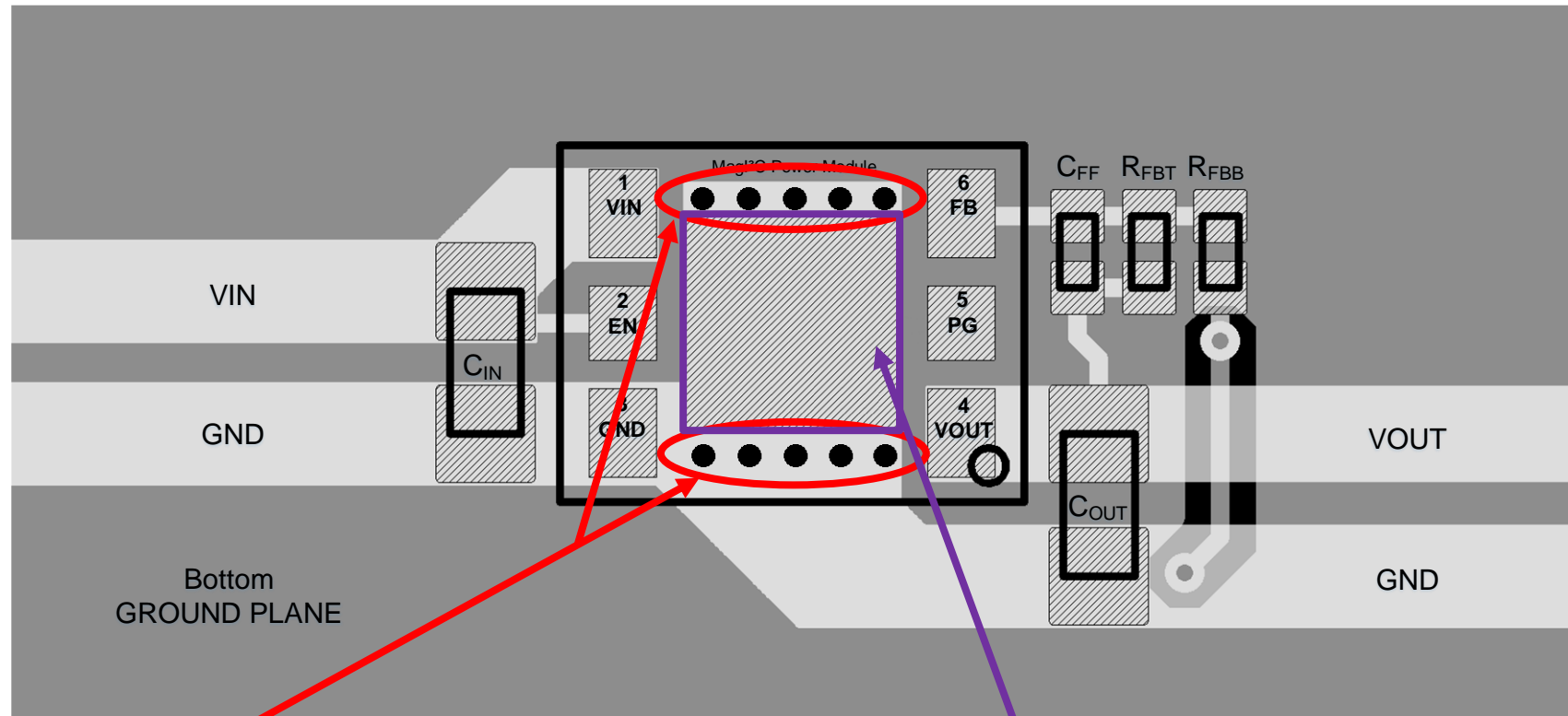
### EVB Temp. Verteilung

Simulierte Temperaturverteilung auf dem Evaluation Board

# Produktionsanforderungen

## Thermische Durchkontaktierungen – Erster Ansatz

### Überlegungen zum Layout



- 2 Reihen mit je 5 Durchkontaktierungen
- Bohrdurchmesser von 200 $\mu$ m

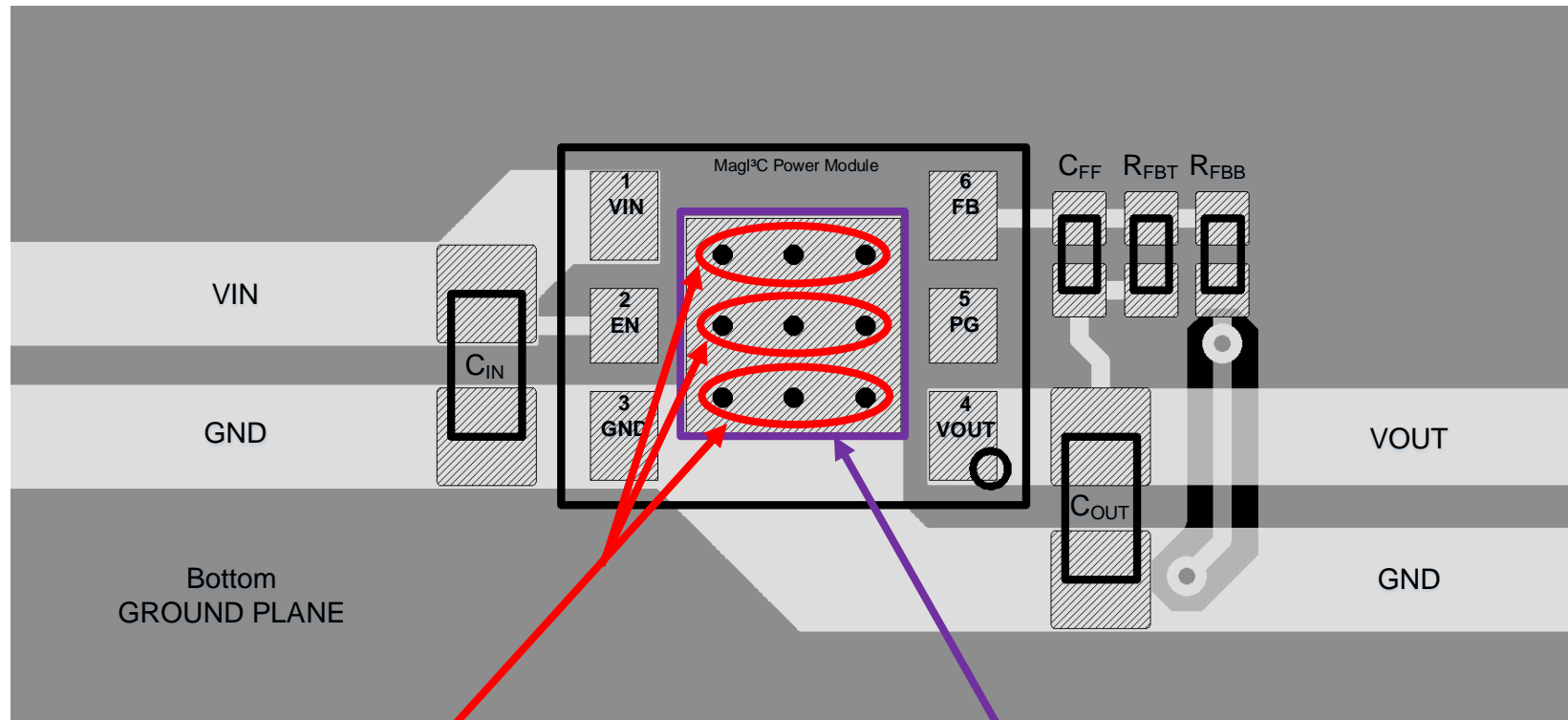
Exposed Pad



# Produktionsanforderungen

## Thermische Durchkontaktierungen – Zweiter Ansatz

### Überlegungen zum Layout



- 3 Reihen mit je 3 Durchkontaktierungen
- Bohrdurchmesser von 200µm

Exposed Pad

# Produktionsanforderungen

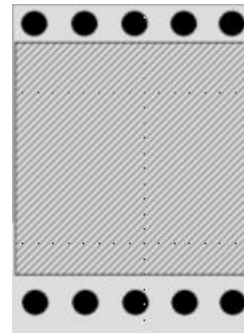
## Thermische Durchkontaktierungen – Erster vs. Zweiter Ansatz



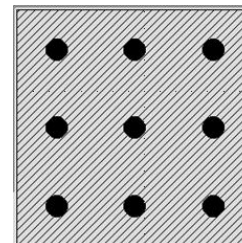
### Zusammenfassung:

- Erster Ansatz:
  - Einfach herzustellen, da die Durchkontaktierungen keinen speziellen Prozess erfordern.
- Zweiter Ansatz:
  - Schwierig in der Herstellung, da die Durchkontaktierungen im Exposed Pad gefüllt und abgedeckt werden müssen, um Solder Wicking zwischen den Layern zu verhindern.
  - Aufgrund der direkten Verbindung von der Wärmequelle durch die Vias zur unteren Schicht ist die die Entwärmungsleistung besser.

**Erster Ansatz**



**Zweiter Ansatz**



# Thank you for your Attention!



- **Support request to our hotline:**
  - [powermodules@we-online.com](mailto:powermodules@we-online.com)



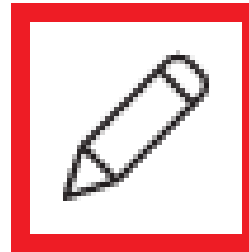
[roland.kratz@we-online.de](mailto:roland.kratz@we-online.de)



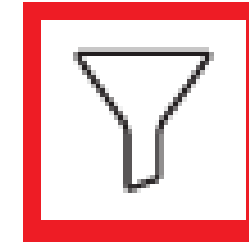
[alexander.zeller@we-online.de](mailto:alexander.zeller@we-online.de)



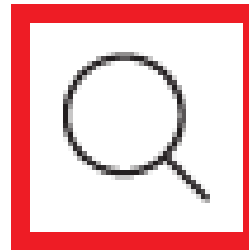
[martin.greubel@we-online.de](mailto:martin.greubel@we-online.de)



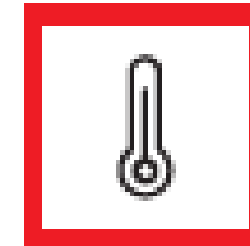
**Design-In Support**



**EMC Filter Design Support**



**Layout Review Support**



**Thermal Design Support**