

# Stromversorgungen in der Automatisierungstechnik

Netzstecker rein und 24V oder ATX Spannungen raus..... So einfach, wie es auf dem Labortisch funktioniert, ist es leider in der Praxis oftmals nicht. Temperaturen, Lebensdauer, Spannungstoleranzen – es gibt viele Fallstricke. Folgender Artikel beschreibt einige der wichtigsten Probleme und deren Lösungen.

Eine Stromversorgung passend für eine (dynamische) Last auszuwählen ist nicht einfach. Es müssen mehrere Parameter beachtet werden, die z.T. zum Zeitpunkt des Designs noch nicht bekannt sind.

## 1. Leistungsbegriffe

Für die Auswahl der Stromversorgung in Bezug auf die Leistung sind im ersten Schritt folgende Daten aus der Netzteilspezifikation wichtig:

- **Nominalleistung:** Dauerleistung bei vorgegebener Temperatur und Kühlungsbedingung. Hier werden i.d.R. mehrere Werte bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen angegeben.
- **Spitzen- oder Peakleistung:** Maximal mögliche Leistung sowie das zugrundeliegende Tastverhältnis (Duty cycle). Ergänzt wird dieses eventuell mit Wiederholfrequenz und/oder Zeitangaben.
- **Kanal-Maximalleistung:** Bei Multispannungsnetzteilen maximale Leistung je Ausgangsspannung

Anhand dieser Werte lässt sich bereits eine grobe Vorauswahl treffen. Wie aber messen Sie **genau den Leistungsbedarf** Ihrer Anwendung?

Die exakte Ermittlung der benötigten Dauer- und Spitzenleistung erfordert eine Messung des Ausgangsstromes über einen längeren Zeitverlauf und in allen Betriebsbedingungen. Bei Systemen mit Einzelspannungen ist dies noch mit überschaubarem Aufwand möglich z.B. Oszilloskop mit Stromzange.

Bei Mehrfachspannungen (z.B. ATX) müssen alle Ausgangsleistungen zeitgleich erfasst werden, um die Summenleistung zu ermitteln. Ein Aufwand, der sich aber lohnen kann. Denn Multispannungsnetzteile bieten die Möglichkeit, einzelne Ausgänge dauerhaft deutlich höher zu belasten, sofern die Summenleistung im Limit bleibt. Diese Messung kann man sich dadurch erleichtern, dass im Vorfeld jeder Einzelausgang auf die Einhaltung der maximalen Kanalleistung hin kontrolliert wird. Ist dies gegeben, kann man durch Messung der Eingangsleistung über die Zeit und unter Berücksichtigung des Wirkungsgrades abschätzen, ob ein vorgesehenes Mehrfachspannungsgerät passend ist. Am Beispiel des lüfterlosen 150W ATX Netzteils MPI-815H lässt sich erkennen, welche Möglichkeiten das geschickte Ausnutzen der Summenleistung ergibt:

Ausgangsspannung	Nominalleistung/Ausgang	Maximalleistung/Ausgang
3,3V	25W	40W
5V	55W	70W
12V	60W	120W
-12V	6W	12W
5Vstby	4W	8W
<b>Summe</b>	<b>150W</b>	<b>249W</b>

Tabelle 1 Gegenüberstellung Nominal- und Maximalleistung MPI-815H

Die Messungen haben noch einen weiteren Nutzen:

Je nach Konstruktion des Netzteils sind die Ausgänge in Haupt- und Nebenspannungen unterteilt. Eine Hauptspannung ist die Spannung, welche einen Regelkreis mit der Primärseite beinhaltet. Diese Spannung besitzt also eine vom anliegenden Strom nahezu unabhängige, sehr geringe Spannungstoleranz. Die Nebenspannungen haben keine direkte Regelschleife. Sie werden, falls überhaupt, mittels gemeinsamer Ausgangsdrossel in die Rückführung eingekoppelt. Die Regelung der Nebenstrecken ist deshalb ungenauer als die der Hauptstrecke.

Auf der Hauptspannung ist ein Mindeststrom erforderlich, der bei der Messung der Ausgangsströme exakt mitbestimmt werden kann.

## 2. Derating und Betriebstemperatur

Weiterhin ist die Berücksichtigung der Deratingkurven aus der Netzteilspezifikation wichtig:

### a) Temperatur-Derating:

Während bei erhöhter Temperatur und Betrieb mit Lüfter oftmals keine Reduktion der Leistung erforderlich ist, muss beim Konvektionsbetrieb ab einer bestimmten Temperatur die (Dauer)-Leistung reduziert werden. Diese Reduktion muss applikationsseits gewährleistet sein, d.h. das Netzteil reduziert die Leistung nicht von sich aus! Um eine Überlastung der Stromversorgung bei hohen Temperaturen zu vermeiden, muss ausgehend von der benötigten (Dauer)leistung und der anliegenden Umgebungstemperatur rückwärts auf die nominale Leistung im Datenblatt gerechnet werden:

$$P_{\text{spec}} = \frac{P_{\text{temp}}}{1 - [(T_{\text{temp}} - T_{\text{spec}}) * \text{Deratingfaktor \%} / 100]}$$

$P_{\text{spec}}$  = spezifizierte Leistung lt. Datenblatt bei Temperatur  $T_{\text{spec}}$

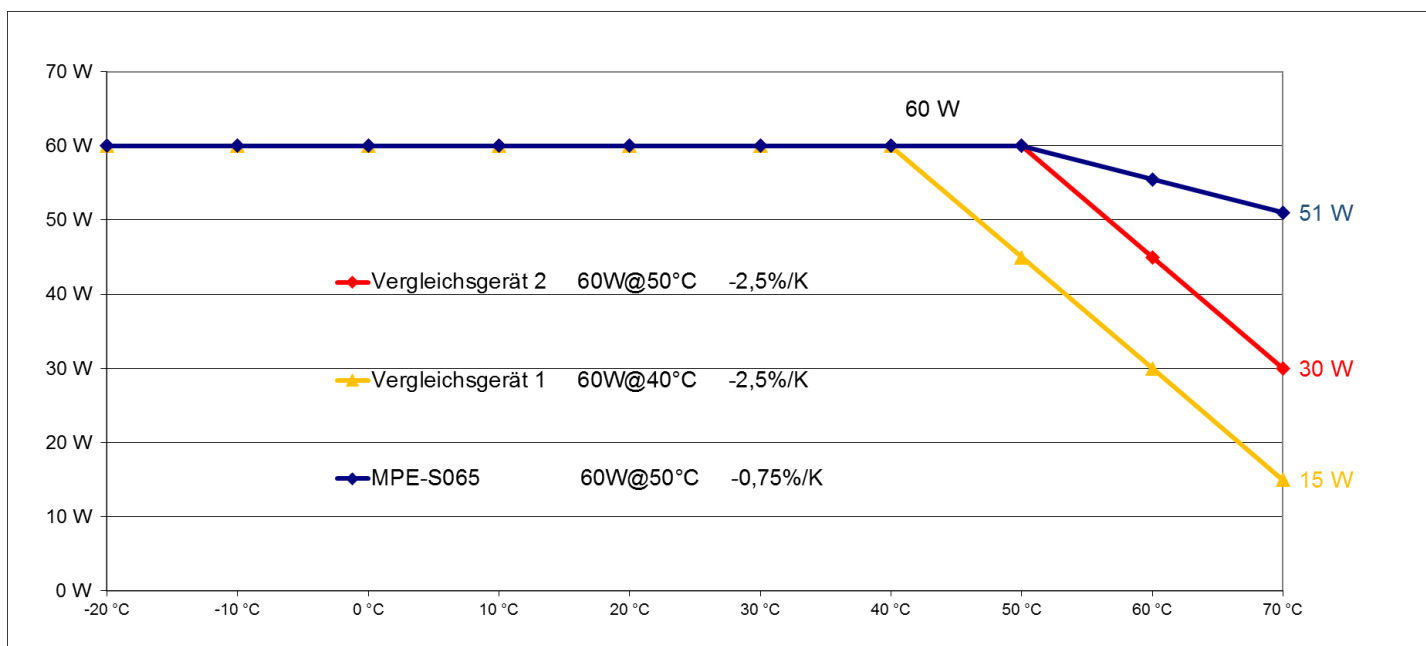
$P_{\text{temp}}$  = benötigte Leistung bei höchster Betriebstemperatur  $T_{\text{temp}}$

Sowohl der Deratingfaktor als auch der Setpoint, ab welchem die Leistung mit steigender Temperatur zurückgenommen werden muss, spielen eine sehr große Rolle bei der Auswahl eines passenden Netzteils. Dadurch werden zudem direkt beeinflusst:

- Baugröße
- Lebensdauer
- Preis

Folgender Vergleich von zwei handelsüblichen 2“x4“ open frame Netzteilen mit dem MPE-S065 zeigt den extremen Leistungsunterschied bei Temperaturen bereits ab 40°C:

Für diese Leistungsklasse von 60W und einer Baugröße 2“x4“ ist ein Derating mit -2,5%/K ab 40°C bzw. 50°C typisch. Dies ergibt bei 70°C jedoch nur noch eine Dauerleistung von 15-30W. Das MPE-S065 dagegen hat ein Derating von nur -0,75%/K ab 50°C. So liefert es bei 70°C immer noch eine Dauerleistung von 51W.



Grafik 1: Vergleich Temperaturderating

Wird wie in diesem Beispiel eine Leistung von 50W bei 70°C an benötigt, müsste man (gleiche Deratingwerte vorausgesetzt) folgende Netzteilklassen auswählen:

Vergleichsgerät 1: Netzteil mit 200W Nennleistung bei 40°C

Vergleichsgerät 2: Netzteil mit 100W Nennleistung bei 50°C

MPE-S065: 60W Nennleistung bei 50°C ist ausreichend

Es ist leicht vorstellbar, dass bei gleicher Baugröße von 2“x4“ die Leistungsklassen 200W, 100W und 60W sehr unterschiedliche Preispunkte haben.

Auch wenn die Unterschiede in der Praxis nicht immer so gravierend sind, ist es auf alle Fälle lohnenswert, das Thema Derating detailliert zu berücksichtigen.

Für den Konvektionsbetrieb setzen die meisten Netzteilhersteller voraus, dass das Netzteil mit der Komponentenseite nach oben montiert wird und kein Wärmestau darüber entsteht. Ist die Einbaulage hiervon abweichend und/oder kein genügender Raum über der Stromversorgung vorhanden, sollten mehrere vom Netzteilhersteller vorgegebene Komponententemperaturen vermessen werden. Alternativ können Sie den Netzteilhersteller kontaktieren, ob dieser eine Applikationsnachstellung anbietet. Dabei wird das Netzteil im Original- oder in einem nachgebauten Gehäuse vermessen. Lasten und Temperaturen entsprechen den späteren Einsatzbedingungen. Dies ist der sicherste Weg, um die Eignung eines Netzteils nachzuweisen.

## **b) Eingangsspannungs-Derating**

Ähnliches gilt für die Leistungsrücknahme in Bezug auf die Eingangsspannung. Ein Netzteil arbeitet je nach Auslegung von 85 – 264VAC. Es ist nachvollziehbar, dass niedrige Eingangsspannungen wie in den USA oder Japan speziell auf der Primärseite höhere Ströme bedingen. An den aktiven Bauelementen (z.B. Gleichrichter oder Schalttransistoren) und an den passiven Bauteilen (z.B. EMV-Drosseln) führt dies zu höheren Verlusten. Deshalb wird für Eingangsspannungen <100VAC in der Regel ein Abschlag ähnlich dem des Temperaturderatings angesetzt. Dieser gibt an, welche Leistung bei welcher Eingangsspannung entnommen werden kann.

## **c) Auswirkungen in der Praxis**

Ein Schaltnetzteil arbeitet grundsätzlich auch bei zu hohen Temperaturen oder Lasten für eine gewisse Zeit zuverlässig.

Um sie vor Zerstörung durch Überlast zu schützen, sind die Netzteile mit einer Überstrombegrenzung ausgestattet. Diese ist typischerweise auf 20-30% über der Spitzenlast eingestellt. Wenn ein Netzteil dauerhaft an dieser Grenze betrieben wird, wird das auf dem Labortisch oder während einer Prototypenphase nicht zu Ausfällen führen.

Gleiches gilt für erhöhte Temperaturen. Stromversorgungen ab etwa 200W besitzen oftmals einen Thermoschalter, welcher im Übertemperaturfall abschaltet. Er sorgt jedoch nicht dafür, dass das Netzteil automatisch nur im definierten Arbeitsbereich betrieben werden kann. Der Temperaturschalter dient dem Brandschutz und ist so ausgelegt, dass alle Datenblattwerte eingehalten werden. Auch in diesem Fall wird das Netzteil also über eine gewisse Zeit ohne negative Anzeichen laufen.

Betroffen sind jedoch zuerst die Elektrolytkondensatoren. Durch den Trend zu höheren Packungsdichten entstehen um die Kondensatoren herum Luftschichten mit deutlich höheren Temperaturen als die Umgebungstemperatur des Netzteils per se. Der Einsatz von 85°C Kondensatoren im Netzteildesign sollte somit tabu sein. Bei den 105°C Typen muss jeder Netzteilhersteller zwischen 1kh, 2kh, 5kh Typen oder mehr entscheiden. Generell gilt gemäß der Arrhenius-Gleichung, dass eine

Reduktion von 10 Kelvin in der Umgebung elektronischer Bauelemente eine Verdopplung ihrer Lebensdauer ermöglicht. Da in der Praxis bei 50°C Betriebstemperatur und hohen Lasten direkt am Kondensator schnell 90°C erreicht werden können, sollten in qualitativ hochwertigen Netzteilen grundsätzlich auch keine 105°C Typen mit 1000h verwendet werden. Je nach Position, Temperatur am Punkt, Ripple und Frequenz kommen so meistens 105°C Kondensatoren mit 2000h, 5000h oder noch höheren Werten zum Einsatz.

### **3. EMV – Störaussendung und Störbeeinflussung**

#### **a) IEC61000-3-2**

Ein normativer Punkt, der in direkter Verbindung zur Ausgangsleistung steht, ist die IEC61000-3-2. Beim Anschluss an das öffentliche Netz mit max. 16A und einer Eingangsleistung zwischen 25-1000W muss die Stromversorgung entsprechende Vorgaben in Bezug auf die Höhe der Ströme der harmonischen Oberwellen einhalten. Die entsprechenden Limits ergeben sich aus dem Endprodukt, wobei folgende Gruppen berücksichtigt werden müssen:

Klasse A:

- 3-Phasen Geräte
- Alle Geräte die nicht unter B, C und D fallen

Klasse B:

- Elektrowerkzeuge

Klasse C:

- Beleuchtungssysteme

Klasse D:

- TV
- PC/IT

Auch hier lassen sich bei entsprechender Vorauswahl Kosten einsparen. Der Herstellungsaufwand für eine PFC der Klasse D ist größer als der für Klasse A. Für einen Großteil der Produkte ist Klasse A jedoch vollkommen ausreichend.

#### **b) EMV-Vortests**

Vorsicht ist besser als Nachsicht:

Jeder Entwickler weiß, dass am Ende des gesamten Prozesses die Einhaltung der EMV-Vorschriften nachgewiesen muss. Oftmals werden die Limits im 1.Durchlauf noch nicht erreicht, und es muss mit Zeit- und Geldaufwand nachgebessert werden.

Die Lösung sind EMV-Vortests bereits in einem frühen Entwicklungsstadium. Je später diese stattfinden, desto höher ist die Möglichkeit, dass in der Zusammenarbeit der einzelnen Komponenten Probleme auftauchen. Natürlich kann man die Kurven auch am Schluss in einer Art Gewaltaktion wieder unter das Limit bringen. Die dann notwendigen zusätzlichen Eingangsfiler, Drosseln, Schirmbleche, Klappfilter etc. verursachen jedoch Aufwand und Kosten in der Fertigung, und zwar über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg.

Vielfach sind es nur Kleinigkeiten, welche das Ergebnis deutlich verändern. Um dies zu veranschaulichen, haben wir in einem Blechgehäuse ein Schutzklasse I Schaltnetzteil mit entsprechender Widerstandslast verkabelt. Sowohl Eingangs- als auch Ausgangskabel sind möglichst kurz. Dann haben wir die Emissionen leitungsgeführt und die Abstrahlung in der TEM Zelle gemessen. Beide Messungen lagen im Sweep (Übersichtsmessung über den relevanten Frequenzbereich) deutlich unter den entsprechenden Limits. Ganz anders war das Ergebnis, als das Netzteil gedreht wurde. Die Netzleitung führte über das Netzteil hinweg und verlief parallel zur Lastleitung. Die Einhaltung der Limits ist hierbei offensichtlich nicht eindeutig gegeben. Für den Konstrukteur dagegen ist der Unterschied beider Einbauvarianten in der Fertigung ist eher gering. Die Praxis zeigt, dass bei niedrigen Pegeln der Emission oftmals auch die verschiedenen Immissionsmessungen komplikationslos durchlaufen (z.B. H-Feld oder E-Feld Einstrahlung).

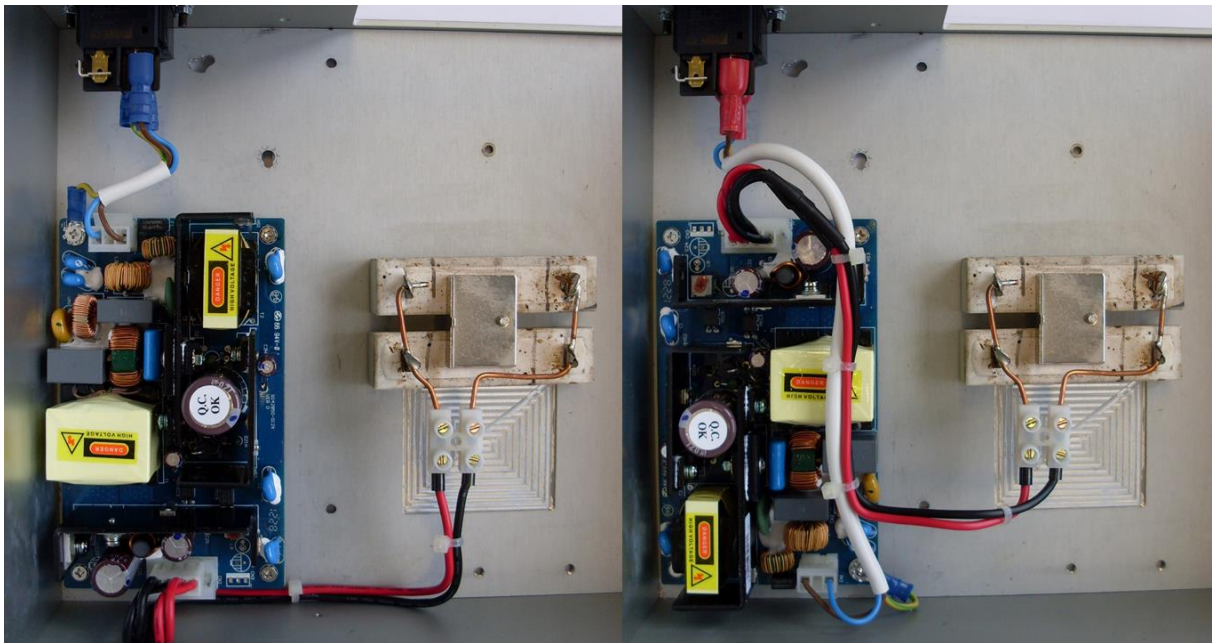
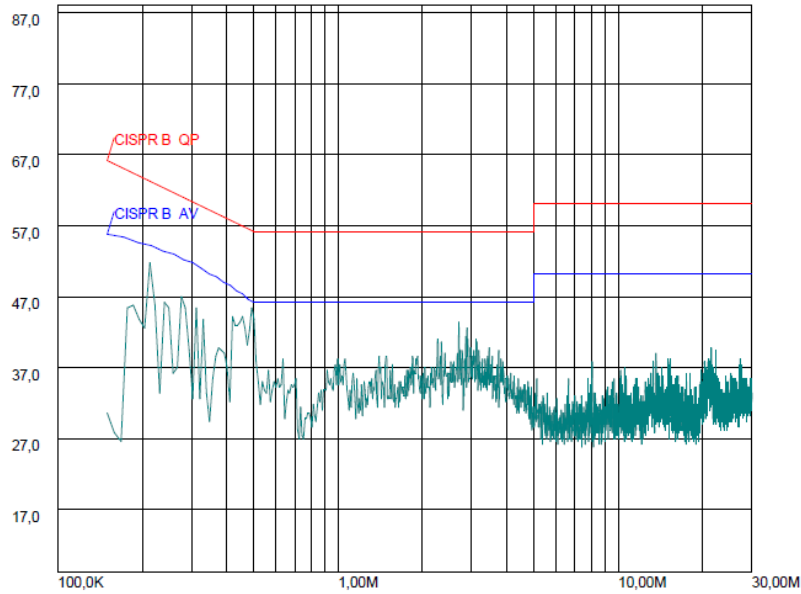


Bild 1 Aufbau Vergleichstest (links kurze Verkabelung / rechts lange Verkabelung)

### Magic Power Technology GmbH

Peak Sweep RBW: 9kHz  
Print date: 12.10.2017 14:10:21  
Unit: dBµV conducted test HAMEG LISN\_HZ560



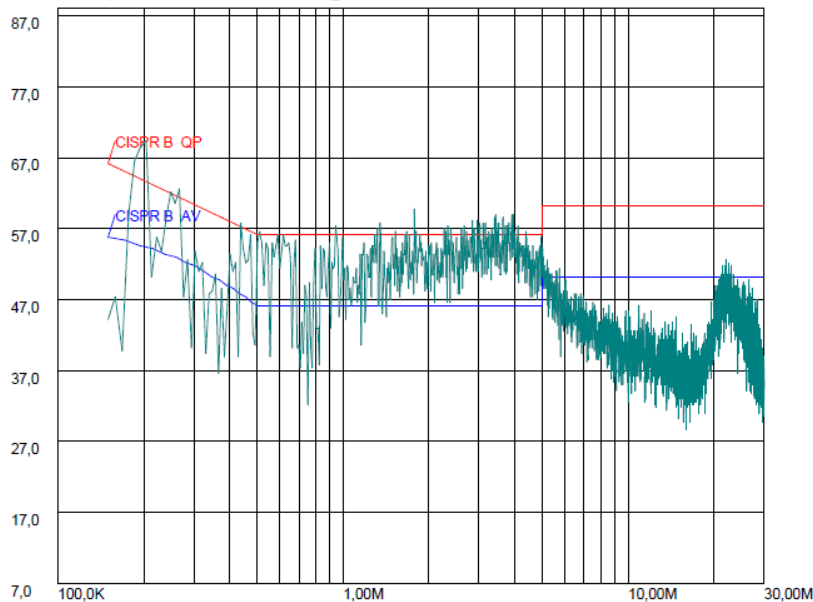
#### Notes:

Eingangs- und Ausgangsleitung kurz

Messung 1: leitungsgeführte Störspannung Peak bei kurzer interner Verkabelung

### Magic Power Technology GmbH

Peak Sweep RBW: 9kHz  
Print date: 12.10.2017 14:39:33  
Unit: dBµV conducted test HAMEG LISN\_HZ560



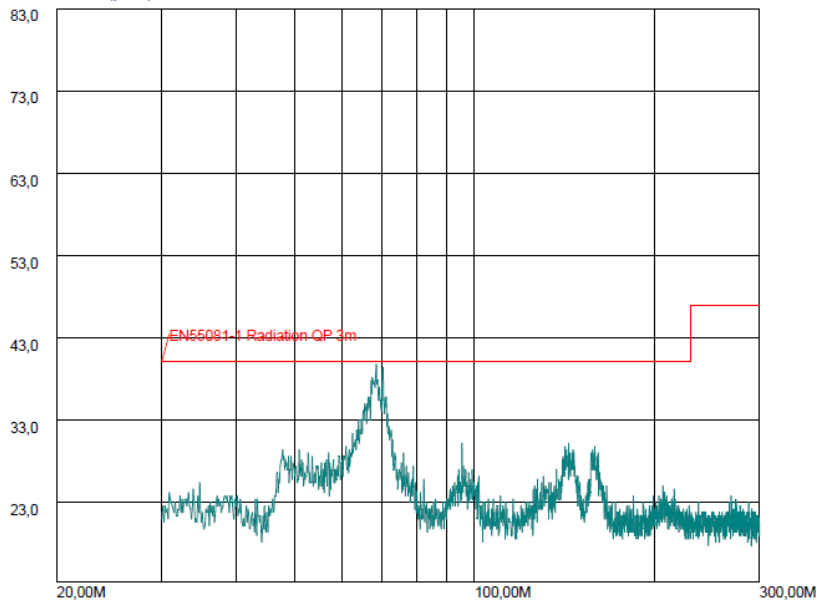
#### Notes:

Eingangs- und Ausgangsleitung lang

Messung 2: leitungsgeführte Störspannung Peak bei langer interner Verkabelung

### Magic Power Technology GmbH

Peak Sweep RBW: 120kHz  
Print date: 12.10.2017 15:26:04  
Unit: dB(µV/m) Frei



#### Notes:

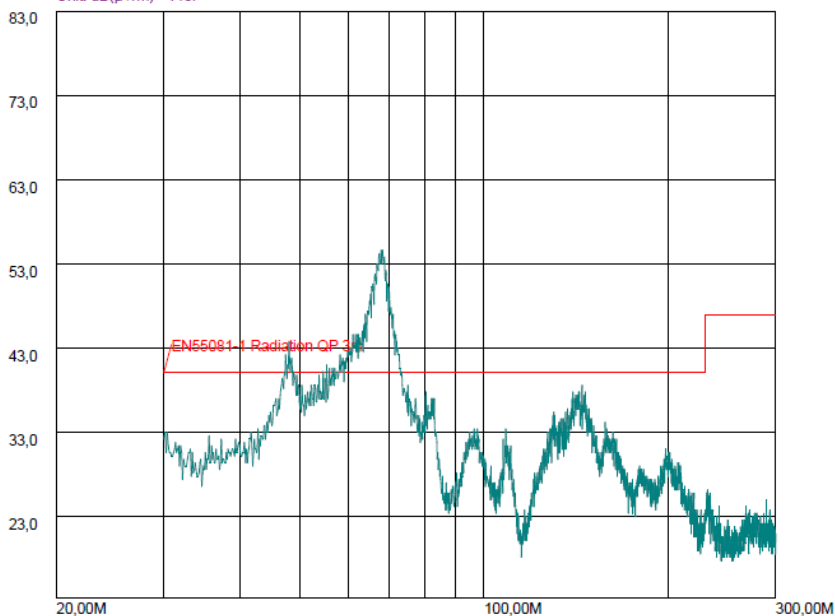
Eingangs- und Ausgangsleitung kurz

Abstrahlung in TEM Zelle

Messung 3: Abstrahlung (Peak) in TEM Zelle bei kurzer interner Verkabelung

### Magic Power Technology GmbH

Peak Sweep RBW: 120kHz  
Print date: 12.10.2017 14:57:38  
Unit: dB(µV/m) Frei



#### Notes:

Eingangs- und Ausgangsleitung lang

Abstrahlung in TEM Zelle

Messung 4: Abstrahlung (Peak) in TEM Zelle bei langer interner Verkabelung



**Fazit:**

Gewusst wo und wie: Es sind oftmals die kleinen Dinge, welche ein Design optimieren. Aber der Lohn für eine optimal ausgewählte Stromversorgung ist ein Gewinn an Zuverlässigkeit, Lebensdauer, Zeit und Kosten über den gesamten Lebenszyklus der Anwendung hinweg.

Magic Power Technology GmbH  
Gewerbepark Neudahn 1/4  
66994 Dahn  
[www.mgpower.de](http://www.mgpower.de)