

# EMV in der Praxis.

Elektromagnetische Störungen im Griff –  
für sicherere und erfolgreichere Produkte.

# Inhalt

## **GRUNDLAGEN DER EMV-PRÜFUNG**

- 04** Erfolgreiche EMV-Prüfungen

## **BASISWISSEN ZU ELEKTROMAGNETISCHEN STÖRUNGEN (EMI)**

- 05** Gestrahlte Störaussendungen
- 05** Leitungsgebundene Emissionen

## **DIE ELEKTROMAGNETISCHE STÖRFESTIGKEIT (EMS) IM GRIFF**

- 06** Elektrostatische Entladungen (ESD)
- 06** Gestrahlte Störfestigkeit
- 07** Elektrische Störimpulse
- 07** Surges
- 07** Leitungsgebundene Niederfrequenz-Störfestigkeit
- 07** Netzfrequenz-Magnetfelder
- 07** Spannungseinbrüche und -unterbrechungen

## **GERÄTE DER INFORMATIONSTECHNOLOGIE THE BEST TIME TO TEST**

- 09** Risiken kontrollieren
- 09** Beispiele globaler EMV-Standards

## **EMV GENAU RICHTIG TESTEN MIT DEN PRÜF-, ZERTIFIZIERUNGS- UND MARKET ACCESS SERVICES VON TÜV RHEINLAND**

# Zusammenfassung

Tests der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) mögen nicht spektakulär wirken. Doch unter bestimmten Umständen ist EMV eine Frage von Leben und Tod. So geht das Flugzeugunglück mit den meisten Todesopfern der Geschichte<sup>1</sup> auf eine elektromagnetische Störung (electromagnetic interference, EMI) zurück – und die hätte verhindert werden können.

An einem nebligen Tag im März 1977 überlagerten sich am Flughafen Teneriffa die Funksignale zweier Jumbo Jets und des Towers – die Kommunikation war blockiert. Als die Piloten die Gefahr erkannten, war es bereits zu spät: Die beiden 747 kollidierten auf dem Rollfeld und 583 Menschen verloren ihr Leben.

Mehr als 40 Jahre später ist heute die Gefahr größer denn je, dass EMI zu technischen Störungen mit tragischen Folgen führen könnten. Denken Sie beispielsweise an eine schlecht abgeschirmte Computer-CPU, deren Strahlung die Kommunikationssignale eines Mobiltelefons stört. Bei einer unverbindlichen Plauderei ist das ärgerlich – bei einem Notruf für ein Herzinfarktoper kann es tödlich enden.

Glücklicherweise stehen Herstellern von Funkempfängern oder anderen Geräten heutzutage viele Wege offen, diese

Geräte gegen Störungen zu schützen und EMI-Erscheinungen zu minimieren. Der Schlüssel hierzu nennt sich elektromagnetische Verträglichkeit (EMV). EMV stellt sicher, dass Geräte gemäß den regulatorischen Standards funktionieren, ohne dabei unzulässige elektromagnetische Emissionen zu verursachen, die andere Geräte in ihrer Umgebung stören.

Dieses Whitepaper betrachtet sowohl die Marktanforderungen als auch die technischen Aspekte von EMV-Prüfungen. Wir erklären, wie Sie sicherstellen können, dass Ihre Produkte die gesetzlichen Anforderungen in all Ihren aktuellen und künftigen Märkten erfüllen. Zudem stellen wir dar, wie Sie durch geprüfte Produkte Ihre Produkthaftungsrisiken verringern und Ihre Marktposition verbessern können.



1 - [https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeugkatastrophe\\_von\\_Teneriffa](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeugkatastrophe_von_Teneriffa)



© Merfeldas/123RF

# Grundlagen der EMV-Prüfung

Alle elektrischen und elektronischen Geräte senden und empfangen elektromagnetische Wellen, die sich mit denen anderer elektrischer und elektronischer Geräte überlagern können. Damit dabei keine gefährlichen Interferenzen auftreten, müssen elektrische Geräte bestimmten EMV-Richtlinien entsprechen.

In den meisten Ländern gelten Standards, die sicherstellen, dass die dort erhältlichen elektrischen Produkte eine angemessene EMV-Kompatibilität aufweisen. Sie dürfen also keine Störungen anderer Geräte auslösen und müssen selbst eine gewisse Immunität gegen externe Störungen besitzen. Die Hersteller elektrischer Geräte stehen in der Pflicht, diese regulatorischen Auflagen zu erfüllen und sicherzustellen, dass ihre Produkte EMV-konform sind.

Beispiele für EMV-Richtlinien:

LAND/REGION	EMV-VERORDNUNGEN
Europäische Union	EMV Richtlinie 2014/30/EU
USA	FCC Part 15 Subpart B
Australien	Radio communications (Electromagnetic Compatibility) Standard 2008
Japan	Den-An Law, VCCI Rules
Vietnam	Circular No. 11/2012/TT-BKHVN, Circular No. 05/2014/TT-BTTTT

Hinweis: Je nach Art des Geräts können zusätzlich oder alternativ auch andere Regularien als die hier genannten gelten.

## ERFOLGREICHE EMV-PRÜFUNGEN

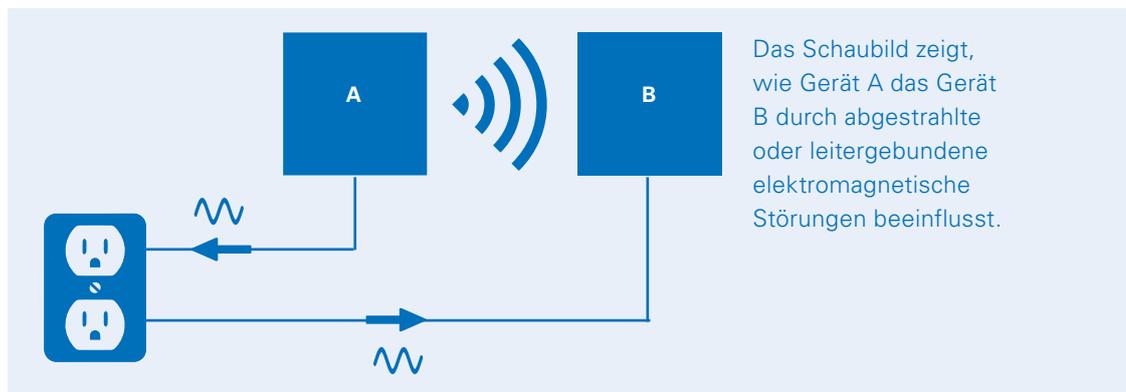
Der beste Weg, konforme Produkte herzustellen, besteht darin, bereits frühzeitig im Konstruktionsprozess alle Aspekte der EMV miteinzubeziehen. Darüber hinaus muss jeder Hersteller die Wirksamkeit seiner EMV-Maßnahmen durch Tests an Prototypen nachweisen.

Die Prüfungen erfolgen in einem EMV-Labor. Dort werden zwei Phänomene untersucht: die elektromagnetischen Störaussendungen (EMI) und die elektromagnetische Störfestigkeit (electromagnetic susceptibility, EMS). EMI bezieht sich auf die vom Gerät ausgehende elektromagnetische Strahlung, EMS beschreibt das Verhalten des Produkts, wenn es elektromagnetischen Störungen in seinem Umfeld ausgesetzt ist.

Beide Faktoren sind wichtig. Im Zusammenspiel können sie den Unterschied ausmachen zwischen einem potenziell gefährlichen und damit nicht marktfähigen Produkt oder einem Gerät, das weltweit erfolgreich und hochprofitabel ist.

# Basiswissen zu elektromagnetischen Störaussendungen (EMI)

Die von elektrischen Geräten erzeugten elektromagnetischen Emissionen verbreiten sich auf zwei Arten: per Strahlung durch die Luft oder leitungsgebunden über Strom- oder Signalkabel. Obwohl beides zu Störungen führen kann, werden sie üblicherweise getrennt bewertet.



## GESTRAHLTE STÖRAUSSENDUNGEN

Zur Messung der als Strahlung auftretenden elektromagnetischen Emissionen kommt meist eine Antenne zum Einsatz, die zwischen drei und zehn Meter vom Gerät entfernt ist. Dieses wird als „Equipment under test“ (EUT) bezeichnet. Während der Prüfung dreht sich das EUT um 360 Grad, während Messinstrumente bei verschiedenen Winkeln des Drehtisches und Höhen der Antenne den Pegel der Emissionen erfassen. Die Tests lassen sich an verschiedenen Testorten, sogar im Freien, durchführen. Die akkuratesten Ergebnisse erzielt jedoch eine Prüfung in einem reflexionsarmen Raum, ein sogenannter Teilabsorberraum (semi anechoic chamber / SAC).

Eine SAC besteht aus einer großen, speziell abgeschirmten Halle, die an Wänden und Decke mit Material ausgekleidet ist, das elektromagnetische Strahlung absorbiert. Die Kombination aus Abschirmung und Absorbiermaterial minimiert elektromagnetische Störungen der Umgebung und verhin-

dert unerwünschte Reflexionen von elektromagnetischen Wellen. Da die Messinstrumente somit nur die relevanten Emissionen des EUT erfassen, lassen sich diese präzise bewerten.



Messungen der gestrahlten Störaussendungen erfassen Frequenzen von 30 MHz bis 1 GHz, in bestimmten Fällen sogar noch höhere. Um die Konformität des Produkts zu bestätigen, müssen die Messergebnisse unter den Grenzwerten der maßgeblichen regulatorischen Vorgaben liegen.

## LEITUNGSGEBUNDENE EMISSIONEN

Abgestrahlte Emissionen befinden sich immer rund um uns – leitungsgebundene Emissionen dagegen „reisen“ quer durch die Kabel zu jedem verbundenen Gerät. Sie können also potenziell jedes andere Gerät in derselben Infrastruktur betreffen.

Die Messungen leitungsgebundener Emissionen erfassen die elektromagnetischen Störpegel, welche das EUT in alle vernetzte Geräte aussendet. Dazu zählen auch die elektrische Verkabelung, Telefonnetzwerke oder LANs.

Während der Prüfung sind Strom- und Telekommunikationskabel des EUT an ein Messequipment angeschlossen, das jedes vom EUT ausgelöste Störsignal – typischerweise im Frequenzbereich zwischen 150 kHz und 30 MHz – erfasst. Das Produkt gilt als EMV-konform, wenn die Ergebnisse den Spezifikationen der betreffenden Regelwerke entsprechen. Produkt gilt als EMV-konform, wenn die Ergebnisse den Spezifikationen der betreffenden Regelwerke entsprechen.



# Elektromagnetische Störfestigkeit (EMS) im Griff

Technologie umgibt uns überall. Einige unserer Geräte reagieren allerdings empfindlicher auf elektromagnetische Effekte als andere. Dies beschreibt der Begriff der elektromagnetischen Störfestigkeit (EMS). Prüfungen auf Störfestigkeit geben Regulierungsbehörden und Endverbrauchern gleichermaßen die Sicherheit, dass ein Produkt ein bestimmtes Maß an elektromagnetischen Störungen aushalten kann, ohne dass diese unerwünschte Folgen auslösen.

Die unterschiedlichen Formen der Störfestigkeitsprüfung spiegeln die verschiedenen Typen elektromagnetischer Störungen wider. Zu den gebräuchlichsten Störfestigkeit-Tests gehören:

## ELEKTROSTATISCHE ENTLADUNGEN (ESD)

Sicher kennen Sie das Gefühl, wenn Sie beim Berühren eines Fahrzeugs einen kleinen Stromschlag bekommen. Dabei handelt es sich um eine elektrostatische Entladung (electrostatic discharge, ESD). Für Menschen sind diese Ereignisse relativ harmlos. Die dabei auftretenden Spannungen von bis zu mehreren Kilovolt können empfindliche elektronische Geräte aber schwer schädigen.

Ob elektrische Geräte für ESD anfällig sind, wird mit einem ESD-Simulator getestet. Der Prüfer legt dabei an alle Teile eines Produkts, die ein Nutzer berühren könnte, ESD-Impulse an. Dabei zeigt sich, ob Entladungen die Funktion des Geräts beeinträchtigen.



## GESTRAHLTE STÖRFESTIGKEIT

Die Welt ist voll von Quellen, die bestimmungsgemäß Funkwellen aussenden. Die Bandbreite reicht von Fernseh- und Radiosendern über Mobiltelefone, Funksprechgeräte, Radarsystemen in Fahrzeugen bis hin zu RFID-Lesern und natürlich WLAN- und Bluetooth-Sendern. Leider können diese Funkwellen Interferenzen auslösen und die Funktion elektrischer oder elektronischer Geräte stören.

Bevor ein Gerät auf den Markt kommt, muss deshalb nachgewiesen sein, dass es unempfindlich gegen elektromagnetische Strahlung ist. Für diesen Nachweis wird das Gerät elektromagnetischen Feldern im Frequenzbereich zwischen 80 MHz und 2,7 GHz ausgesetzt.

### ELEKTRISCHE STÖRIMPULSE

Als elektrische Störimpulse (electrical fast transient bursts, EFT/B) werden sich schnell wiederholende Impulse bezeichnet, die entstehen können, wenn ein Gerät induktive Lasten im Stromnetz schaltet. Wenn beispielsweise ein Elektromotor an- oder ausgeschaltet wird, entstehen kurzfristig Funken im elektrischen Schalter. Diese Funken verursachen vorübergehende Störimpulse, die sich durch Strom- oder Signalkabel ausbreiten. Die Impulse sind zwar sehr kurz, können aber im schlimmsten Fall eine Amplitude von mehreren Kilovolt aufweisen.

Die Anfälligkeit eines elektrischen Geräts für EFT/B lässt sich testen, indem sein Strom- oder Signalkabel über ein Koppelnetzwerk oder eine kapazitive Koppelklemme an einen Impulsgenerator angeschlossen werden. Dieser sendet eine Reihe von Störpulse aus.

### SURGES

Surges treten unvorhersehbar auf. Manchmal werden sie durch Blitzschlag oder zufällige Überspannungen bei Schaltvorgängen im Stromnetz verursacht. Sie breiten sich über Stromkabel aus, die mit Gebäuden verbunden sind – also auch in Wohnungen, Büros, Schulen und Krankenhäusern.

Da Überspannungsimpulse schnell eine Amplitude von mehreren Kilovolt erreichen, können sie elektrische Geräte ohne Überspannungsschutz beschädigen oder zerstören.

Für die Prüfung der Überspannungsfestigkeit wird das Gerät an einen Überspannungsgenerator angeschlossen. Meist werden die Prüfimpulse dann sowohl in die Stromanschlüsse als auch in Telekommunikations-Ports eingespeist, die möglicherweise mit Außenkabeln verbunden sind.

### LEITUNGSGEBUNDENE NIEDERFREQUENZ-STÖRFESTIGKEIT

Für sich allein wirken sich niederfrequente elektromagnetische Wellen kaum auf kleinere Geräte aus. Sie können jedoch von langen Kabeln aufgefangen werden – in diesem Fall beeinflussen sie alle elektrischen Geräte, die daran angeschlossen sind.

Die Prüfung der leitungsgebundenen Niederfrequenz-Störfestigkeit funktioniert ähnlich wie der Test auf die Empfindlichkeit gegenüber abgestrahlten Impulsen, spielt sich aber bei Frequenzen unter 80 MHz ab. Elektromagnetische Strahlung mit einer so großen Wellenlänge zu generieren, würde sehr große Antennen erfordern. Daher liegt es nahe, die Effekte solcher Signale per Kabelverbindung zu testen. Dazu werden elektromagnetische Frequenzen von 150 kHz bis 80 MHz durch einen Signalgenerator und ein Kopplungsgerät direkt in die Kabel des EUT eingespeist.

### NETZFREQUENZ-MAGNETFELDER

Jedes elektrische Gerät mit Wechselstromanschluss (AC) arbeitet mit spezifischen Netzfrequenzen – je nach Land 50 oder 60 Hz. Bei solchen Frequenzen erzeugt der elektrische Strom in den Netzkabeln Magnetfelder, die empfindliche Geräte beeinträchtigen können.

Um zu prüfen, wie gut ein Gerät unter solchen Bedingungen funktioniert, wird es inmitten einer großen induktiven Spule platziert. Sie misst üblicherweise 1x1m oder 2x2m und erzeugt ein Magnetfeld mit 50 Hz oder 60 Hz.

### SPANNUNGSEINBRÜCHE UND -UNTERBRECHUNGEN

Spannungseinbrüche und -unterbrechungen werden durch Fehler im Stromnetz ausgelöst. Sie können bis zu 100 Prozent erreichen und von wenigen Millisekunden bis zu mehreren Sekunden lang dauern.

Die Widerstandsfähigkeit elektrischer Geräte gegen solche unvorhersehbaren Ereignisse lässt sich prüfen, indem das Stromkabel des EUT an einen Generator angeschlossen wird, der verschiedene Spannungsabweichungen produziert.



**EFT/B, Surges,  
Spannungseinbrüche  
und -unterbrechungen**



# Geräte der Informationstechnologie

Informationstechnologie-Equipment (ITE) bildet mit Blick auf EMV eine besondere Kategorie. Die Wahrscheinlichkeit, dass es von elektromagnetischen Störungen betroffen ist oder diese auslöst, liegt höher als bei anderen Geräten.

Wegen der komplexen Konstruktion und den Wechselwirkungen zwischen den Einzelkomponenten eines ITE-Produkts kann ein EMV-Problem dort ernsthafte Funktionsstörungen verursachen, beispielsweise:

- Beschädigung oder Verlust von Daten
- Unkorrekte Input-/Output-Signale
- Verschwommene oder verzerrte Bilder auf dem Display
- Fehlermeldungen, falsch reagierende oder „einfrierende“ Programme
- Bleibende Beschädigungen (besonders bei ESD oder Überspannung)

Immer mehr ITE-Geräte nutzen Funkverbindungen für ihre Aufgaben. Dies macht sie noch anfälliger für elektromagnetische Störungen. Die Miniaturisierung von ITE stellt eine zusätzliche Herausforderung dar, weil kleine ITE-Geräte wie Smartphones ohne Weiteres an jeden Ort mitgenommen werden können. Dadurch steigt die Wahrscheinlichkeit, dass sie in die Nähe anderer Apparate gelangen, die elektromagnetische Störungen auslösen oder erleiden können.

Viele Menschen erleben zum Beispiel, wie ihre mit 2,4 GHz arbeitenden

WLAN-Geräte an Leistung verlieren, wenn sie in der Nähe eines Mikrowellengeräts betrieben werden. Mikrowellen arbeiten ebenfalls mit 2,4 GHz und einer hohen Leistung – daher stören sie benachbartes WLAN-Equipment.

Damit ITE-Produkte den EMV-Regulierungen entsprechen und sich in unterschiedlichsten elektromagnetischen Umgebungen adäquat nutzen lassen, verlangen diese Geräte nach sehr sorgfältiger Konzeption. Sie zeigen besonders deutlich auf, warum EMV heutzutage relevanter ist als je zuvor.

# The Best Time to Test

Wir empfehlen Herstellern, ihre elektrischen Produkte in drei unterschiedlichen Phasen auf EMV prüfen zu lassen: während der Entwicklung, am finalen Prototypen und im Verlauf der Serienproduktion.

Durch Tests in der Entwicklungsphase lassen sich potenzielle EMV-Probleme frühzeitig identifizieren. Dies erlaubt eine bessere Kontrolle des Entwicklungszeitplans und des Kostenrahmens für neue Produkte.

Die Prüfungen im finalen Prototypenstadium wiederum zeigen, dass das Produkt vollumfänglich den jeweiligen EMV-Standards entspricht, bevor es in die Serienfertigung geht. Das Prüflabor erstellt dazu einen Prüfbericht, mit dem der Hersteller gegenüber Regulierungsbehörden und Geschäftspartnern die Konformität des Produkts nachweisen kann.

Zu guter Letzt gehören Stichproben aus der Serienproduktion zur Qualitätssicherung eines Herstellers. Sie weisen damit nach, dass kleinere Abweichungen, die in der Massenfertigung vorkommen können, sich nicht negativ auf die EMV-Performance des Produkts auswirken.

## RISIKEN KONTROLLIEREN

Wer nicht konforme Produkte auf den Markt bringt, geht damit große Risiken ein. Denn elektromagnetische Störungen können von kleinen Unannehmlichkeiten bis hin zu ernsthaften Sicherheitsproblemen zahlreiche Schwierigkeiten auslösen. Zudem kann ein Missachten von Richtlinien je nach Schwere des Problems sowohl Strafen, Rückrufe als auch Verkaufsverbote durch die Regulierungsbehörden nach sich ziehen.

Solche Probleme erst nach dem Marktstart eines Produkts anzugehen, ist sehr komplex und kostspielig für den Hersteller. Wesentlich sinnvoller ist es, effiziente Prozesse einzurichten, mit denen die EMV-Performance von Produkten jederzeit überwacht wird.

## BEISPIELE INTERNATIONALER EMV-STANDARDS

Die EMV-Regulieren variieren von Land zu Land bzw. von Region zu Region. Als gebräuchlichste Standards gelten:

PRODUKTKATEGORIE	INTERNATIONALE STANDARDS	EUROPÄISCHE STANDARDS	US-STANDARDS
Elektrohaushaltsgeräte	CISPR 14-1 CISPR 14-2	EN 55014-1 EN 55014-2	
Geräte der Informationstechnologie	CISPR 35 CISPR 32	EN 55035 EN 55032	
Haustechnik	IEC 61000-6-1 IEC 61000-6-3	EN 61000-6-1 EN 61000-6-3	FCC Teil 15B ANSI C63.4
Industriegeräte	IEC 61000-6-2 IEC 61000-6-4	EN 61000-6-2 EN 61000-6-4	
Laborgeräte	CISPR 11 IEC 61326-1	EN 55011 EN 61326-1	
Medizintechnik	CISPR 11 IEC 60601-1-2	EN 55011 EN 60601-1-2	CISPR 11 IEC 60601-1-2
Geräte an öffentlichen Niedervoltnetzen	IEC 61000-3-2 IEC 61000-3-3	EN 61000-3-2 EN 61000-3-3	
Funktechnik im 2,4 und 5 GHz Arbeitsbereich		EN 300 328 EN 301 489-1 EN 301 489-17 EN 301 893	FCC Teil 15C FCC Teil 15E ANSI C63.10

# EMV Genau. Richtig. testen mit den Prüf-, Zertifizierungs- und Market Access Services von TÜV Rheinland

Als akkreditiertes Prüf- und Zertifizierungsunternehmen und international aufgestellter Partner von Industrie und Regulierungsbehörden bietet TÜV Rheinland eine große Bandbreite flexibler EMV-Prüfdienstleistungen an. Wir unterstützen Unternehmen dabei, alle relevanten regulatorischen Anforderungen zu erfüllen.

TÜV Rheinland hilft Unternehmen, ihre EMV-Konformität „genau.richtig“ darzustellen:

- Sie stellen mit unserer Unterstützung die Konformität mit den gesetzlichen Anforderungen in unterschiedlichsten Ländern und Weltregionen sicher.
- Sie erhalten über uns Konformitätsprüfungen von unabhängigen Dritten.
- Sie profitieren von schnellen Testzyklen und unserer umfassenden Erfahrung.
- Sie erhalten ein Höchstmaß an Sicherheit gegenüber Produkthaftungsansprüchen.
- Sie verbessern Ihre Marktposition durch TÜV Rheinland getestete Produkte.

Unsere hochmodernen EMV-Prüfeinrichtungen zeichnen sich durch ihre spezialisierte Infrastruktur aus. Hierzu zählen beispielsweise große Teilabsorber-Hallen (SAC, semi-anechoic chamber), die ein ideales Testszenario bieten. So können wir in unseren Prüflaboren die EMV-Eigenschaften einer großen Bandbreite von Produkten testen – von Geräten der Informationstechnologie (ITE) über industrielle, wissenschaftliche und medizinische Geräte. Zusätzlich betreiben wir Prüfeinrichtungen für Apparate mit Funktechnik wie WLAN- und Bluetooth-Geräte.

Zudem bietet Ihnen TÜV Rheinland professionelle Dienstleistungen rund um den Zugang zu neuen Märkten. Mit unseren Market Access Services unterstützen wir Hersteller, Importeure und Exporteure dabei, ihre elektrischen Geräte mit der jeweils relevanten EMV-Zertifizierung in allen globalen Märkten zu platzieren. Dazu besitzen wir umfassende Qualifikationen – beispielsweise als Benannte Stelle der Europäischen Union, als Zertifizierungsorganisation für das CR-Prüfzeichen in Vietnam und viele weitere mehr.

Einen zusätzlichen Mehrwert erhalten sie durch unsere Zertifikats-Datenbank Certipedia und das international anerkannte EMV-Prüfzeichen von TÜV Rheinland. Damit können Hersteller ihren Geschäftspartnern, Endverbrauchern oder anderen Interessenten schnell, einfach und transparent nachweisen, dass ihre Produkte EMV-konform sind. Sie brauchen lediglich den individuellen QR-Code auf den Produkten zu scannen und sehen dann umgehend die wesentliche Merkmale des Zertifizierungsprogramms in der Datenbank.



Erfahren Sie mehr über EMV-Prüfungen und weisen Sie mithilfe eines renommierten Partners nach, dass Ihre Produkte in jeder Hinsicht konform sind. Kontaktieren Sie dazu jederzeit die Experten von TÜV Rheinland.

TÜV Rheinland LGA Products GmbH  
Tillystr. 2  
90431 Nürnberg  
0911 655 5225  
service@de.tuv.com

[www.tuv.com](http://www.tuv.com)

 **TÜVRheinland**<sup>®</sup>  
Genau. Richtig.

© TÜV, TÜEV und TUV sind eingetragene Marken. Eine Nutzung und Verwendung bedarf der vorherigen Zustimmung.