

EMV Seminar TU Wien 2022

- EMV- und EMI Messtechnik
- Immunity Testsystem
- EUT-Monitoring
- (Modern Spectrum Analyzers)

Christian Bauer
x.test GmbH

17.10.2022

Danke an Peter Mosshammer!
EMC specialist, Keysight Technologies



Christian Bauer
16.10.2022

Moderne Spektrumanalyse Agenda

- Die Wichtigkeit der spektralen Überwachung
- Anforderungen an einen Spektrumanalysators (SA)
- Hybrider Spektrumanalysator gleich Signalanalysator
- Digitale Demodulation moderner (Allerwelt-)Signale
- Flexibilität durch integrierte Applikationen
 - External Source Control
 - Phase Noise
 - DVB-T
 - GSM/EDGE
 - FFT-Analyse
 -



Christian Bauer
16.10.2022

Moderne Spektrumanalyse

Problem: Mehr Wireless Services im begrenzten Spektrum

- DVB-T Terrestrische TV Ausstrahlung „neben“ LTE Mobilfunkbändern
- Emission von Power Line Kommunikation überlagert Kurzweile
- In sog. ISM-Bändern (z.B. 868 MHz, 2,45 GHz etc.) drängeln sich ganz viele lizenzfreie Applikationen
- Wir hängen von immer mehr dieser Applikationen ab.
- Elektronik wird immer schneller (EMV!), die Spannungslevel sinken (also Störfestigkeit!) gleichzeitig Emission höherer Frequenzen
- Digitale Übertragung kennt keine allmähliche Degradation



Christian Bauer
16.10.2022

Moderne Spektrumanalyse Anforderungen

Es bedarf eines Messgerätes, ...

- das Leistung über Frequenz messen kann
- das die Integrität der relevanten Services überprüfen kann z.B. Datendurchsatz, richtige Übertragung, etc.
- das das Störpotential messen kann (EMV)
- das für eine Vielzahl verschiedener Übertragungsnormen geeignet ist, d.h. **Signalanalysefähigkeiten**
-

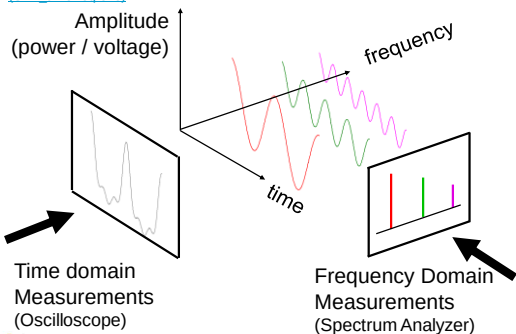


Christian Bauer
16.10.2022

Moderne Spektrumanalyse

Grundlagen: Zusammenhang Frequenz- und Zeitbereich

(SH1_timefreq.exe)

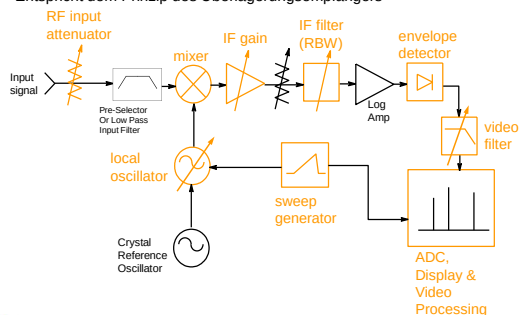


Christian Bauer
16.10.2022

Moderne Spektrumanalyse

Grundlagen: Arbeitsweise "swept analyzer"

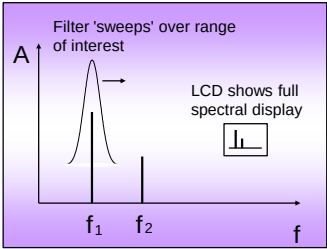
Entspricht dem Prinzip des Überlagerungsempfängers



Christian Bauer
16.10.2022

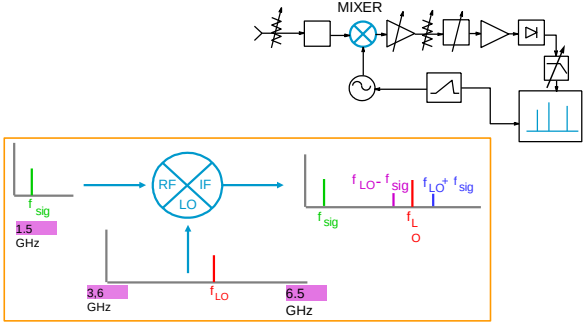
Moderne Spektrumanalyse
 Grundlagen: Arbeitsweise "swept analyzer"

Swept Analyzer



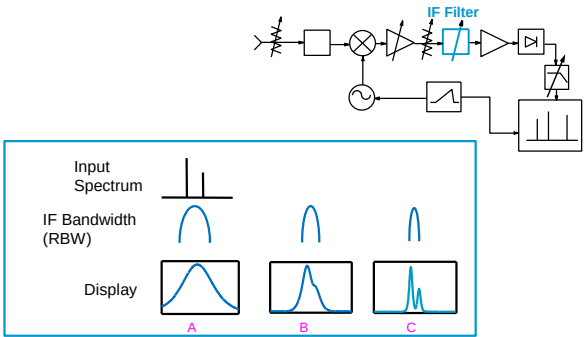
Christian Bauer 18.10.2022

Spektrumanalyse
 Grundlagen: Arbeitsweise "Mixer"



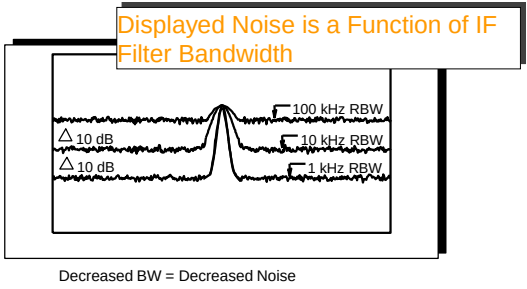
Christian Bauer 18.10.2022

Moderne Spektrumanalyse
 Grundlagen: IF Filter RBW



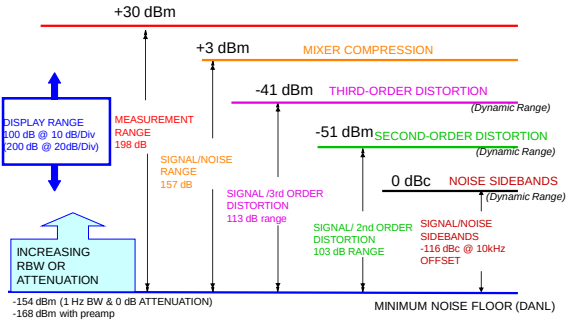
Christian Bauer 18.10.2022

Moderne Spektrumanalyse
 Grundlagen: IF Filter RBW



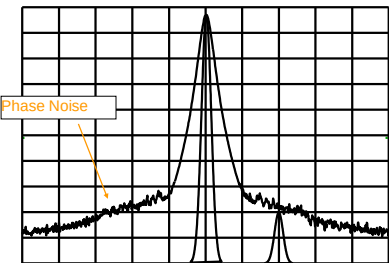
Christian Bauer 18.10.2022

Moderne Spektrumanalyse
 Grundlagen: Dynamic Range



Christian Bauer 18.10.2022

Moderne Spektrumanalyse
 Grundlagen: Phase Noise

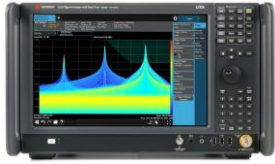


Noise Sidebands can prevent resolution of unequal signals



Christian Bauer 18.10.2022

Moderne Spektrumanalyse



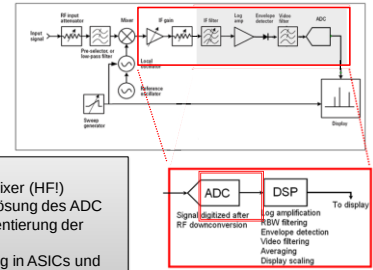
- "Safe/robust" spectrum analysis
- Frequency Range
- Accuracy: Frequency & Amplitude
- Resolution
- Sensitivity
- Distortion
- Dynamic Range
- Phase Noise



Christian Bauer
16.10.2022

Moderne Spektrumanalyse

Hybrider Spektrumanalysator mit digitaler ZF



Güte-Unterschiede

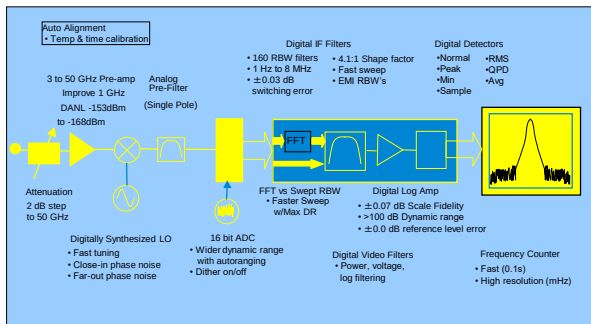
- Güte des Front End mit Mixer (HF1)
- Geschwindigkeit und Auflösung des ADC
- Gute HF-mäßige Implementierung der Digitaltechnik
- Clevere Datenverarbeitung in ASICs und FPGAs
- Mathematische Auswertung
- Geschickte Aufbereitung zur Visualisierung



Christian Bauer
16.10.2022

Moderne Spektrumanalyse

Blockdiagramm eines modernen Spektrumanalysators

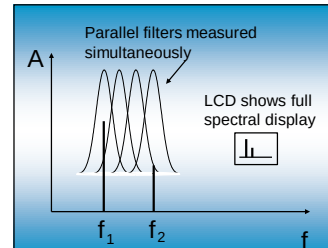


Christian Bauer
16.10.2022

Moderne Spektrumanalyse

Hybrider Spektrumanalysator mit digitaler ZF

FFT Analyzer



Christian Bauer
16.10.2022

The Swept Analysis Mode

A swept LO w/ an assigned RBW.

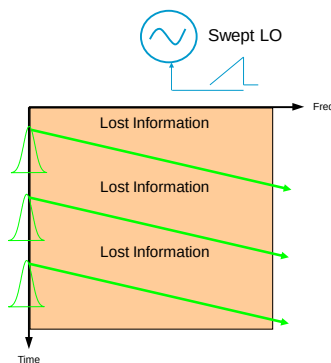
Covers much wider span.

Good for events that are stable in the freq domain.

Magnitude ONLY, no phase information (scalar info).

Captures only events that occur at right time and right frequency point.

Data (info) loss when LO is "not there".



Christian Bauer
16.10.2022

Basic Mode – (Complex) Spectrum and Waveform Measurements

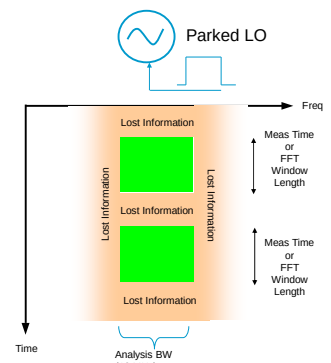
A parked LO w/ a given IF BW

Collects IQ data over an interval of time.

Performs FFT for time-freq-domain conversion

Captures both magnitude and phase information (vector info).

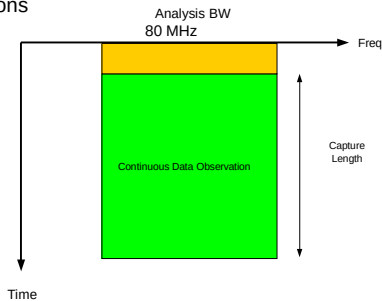
Data is collected in bursts with data loss between acquisitions.



Christian Bauer
16.10.2022

Deep Capture Playback

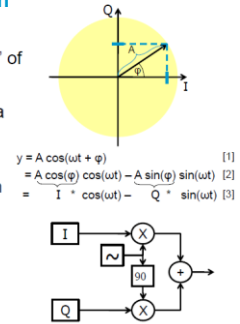
No information dropouts w/in 140MHz! – During 1.5s acquisitions



Christian Bauer
16.10.2022

Moderne Spektrumanalyse Introduction to I/Q modulation

- I/Q modulation is a "superset" of AM, FM & PM
- Describes the modulation of a carrier as In-phase and Quadrature components
- All modern, digital modulation techniques are described in terms of I/Q
- I/Q modulation is easier to implement in hardware than separate AM & PM

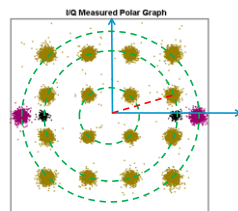


Christian Bauer
16.10.2022

Moderne Spektrumanalyse I/Q modulation

Die Darstellung eines elektrischen Signals in Betrag und Phase oder in komplexen Koordinaten I und Q (In-Phase und Quadraturanteil) ist eine reine mathematische Transformation.

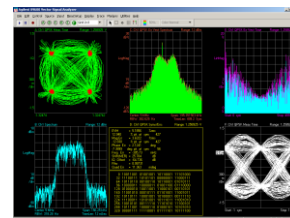
Der Empfänger muss jeweils Amplituden- und Phasenzustände bzw. Änderungen fehlerfrei detektieren.



Christian Bauer
16.10.2022

Moderne Spektrumanalyse Flexible Vektormodulationsanalyse

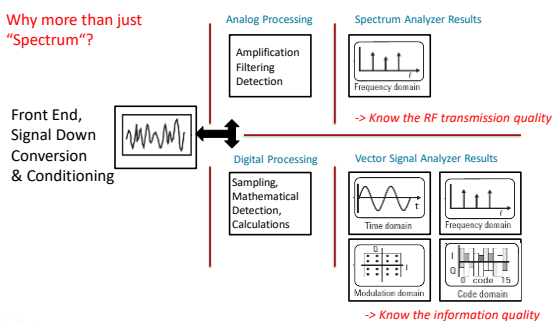
- ✓ **Digital demodulators**
settable in Center Frequency, Symbol Rate, Filter Type and Filter Shape
- ✓ **Analog demodulators**
AM, FM, PM
- ✓ **Wide demodulation bandwidth**
- ✓ **Signal recording and playback**
- ✓ **Adaptive equalizer**
- ✓ **Pre-sets for standard formats**
- ✓ **Baseband & RF analysis:**
Constellation & Polar displays, Eye Diagram, EVM Spectrum & Time, Error Screens, Multiple Displays, ...



Christian Bauer
16.10.2022

Moderne Spektrumanalyse Möglichkeiten eines Signalanalysators

Why more than just "Spectrum"?



Christian Bauer
16.10.2022

Moderne Spektrumanalyse Agilent X-Serie SA

Drive your evolution
N9030A PXA
Intro Sept 2009

Accelerate to market
N9020A MXA
Intro Sept 2006

Maximize throughput
N9010A EXA
Intro Sept 2007

Expect more
N9000A CXA
Intro Sept 2009

Future-ready test instruments

Consistent framework

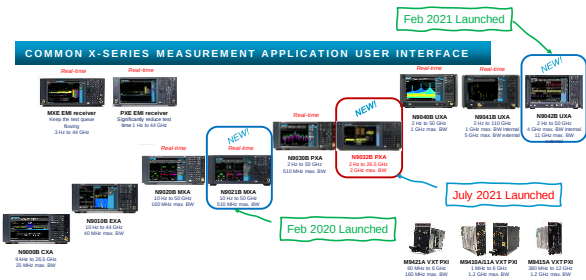
Broadest set of applications

Stay ready, stay in sync and arrive ahead—with the Agilent X-Series



Christian Bauer
16.10.2022

Keysight Signal Analyzer Portfolio



Moderne Spektrumanalyse Vergleich

Money Spec	CXA	EXA	MXA	PXA
Frequency Range	9 kHz to 3/7.5 GHz	9 kHz to 3.6/7/13.6/26.5 GHz	20 Hz to 3.6/6.4/13.6/26.5 GHz	3 Hz to 3.6/6.4/13.6/26.5 GHz
Analysis BW	10 MHz	10, 25, 40 MHz	10, 25, 40 MHz	10/25/40/140 MHz
Amplitude Acc (to 3 GHz, 90% correction)	± 1.4 dB	±1.0 dB	±0.78 dB	± 0.52 dB
	+13 dBm	0 to 23 dB	0 to 23 dB	± 0.19 dB
TOI (at 2 GHz, 18 dBm)		+13 dBm	+18 dBm	>+20 dBm
		+9 dBm	+10 dBm	>+13 dBm
DANL (NFE) (at 2 GHz, 18 dBm)				
	-142 dBm/Hz	-146 dBm/Hz	-151 dBm/Hz	-152 (-156, -160)* dBm
		-137 dBm/Hz	-143 dBm/Hz	<-147 (-151, -155)* dBm
Thruput off				
• Noise (1 kHz offset 18dB offset)	-90 dBc/Hz -117 dBc/Hz	-98 dBc/Hz -103 dBc/Hz	-103 dBc/Hz -133 dBc/Hz	-120 dBc/Hz -145 dBc/Hz
W-CDMA ACPR (dynamic correction)	-60, -63 dBc	-68, -74 dBc	-73, -78 dBc	>-81, -83 dBc
3 rd order dynamic range RFI/W	102 dB	106/97 dB	113/104 dB	115/112 dB
Common X-Series	Common measurement SW, 100% CC, Speed			
Price	\$12-16k USD	\$17-35k USD	\$30k - 47k USD	\$50-65k USD



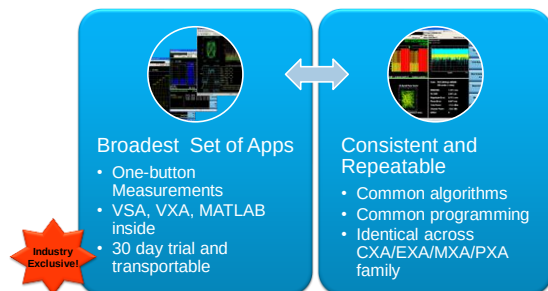
* NFE

Moderne Spektrumanalyse

- 1. Premium X features available in all units**
 - Fast signal analysis measurements
 - Runs same applications set
 - Code compatible (also with older analyzers)
 - Open Windows user interface
 - Most connectivity options (USB2.0, LAN, GPIB)
- 2. License eXpandable features**
 - Preamps
 - IF Bandwidth
 - Measurement Applications
- 3. Hardware eXpandable features**
 - More IF Bandwidth
 - PC & associated peripherals
 - Future upgrades like tracking generator



Moderne Spektrumanalyse



Moderne Spektrumanalyse

klassische HF-Analyse – 1- Button Power Suite

Power Suite

- Included with all X-Series
- Preset, standards-based, 1-button power measurements

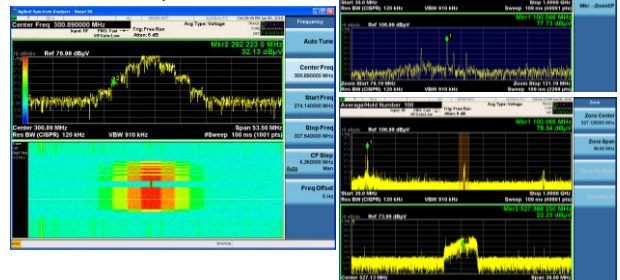
- ACPR
- Channel power
- Occupied Bandwidth
- Spectrum Emission Mask
- CCDF
- Burst Power
- Spurious Emissions
- Harmonics
- TOI Measurement



Moderne Spektrumanalyse

Darstellungsmöglichkeiten

- Spectrogramm
- Zoom Trace
- Zone Span



Moderne Spektrumanalyse General Purpose Applications

 Analog demodulation
 Phase noise
 Noise figure
 VXA vector signal and WLAN modulation analysis
 EMC precompliance
 MATLAB
 Pulse
 SCPI command language compatibility
 Remote language compatibility for 856xE/EC, 8566/68



Common algorithms, programming commands and shared library of measurement applications across all X-Series signal analyzers ensure consistent, repeatable results



Christian Bauer
16.10.2022

Moderne Spektrumanalyse Cellular Communication Applications

 LTE FDD
 LTE TDD
 W-CDMA/HSPA/HSPA+
 GSM/EDGE/EDGE Evo
 TD-SCDMA/HSPA
 cdma2000/cdmaOne
 1xEV-DO
 IDEN/WIDEN/MotoTalk



Common algorithms, programming commands and shared library of measurement applications across all X-Series signal analyzers ensure consistent, repeatable results

www.agilent.com/find/xseriesapplications



Christian Bauer
16.10.2022

Moderne Spektrumanalyse Wireless Connectivity Applications

 802.16 OFDMA Mobile WiMAX
 802.11 a/b/g WLAN
 Fixed WiMAX
 Bluetooth



Common algorithms, programming commands and shared library of measurement applications across all X-Series signal analyzers ensure consistent, repeatable results

www.agilent.com/find/xseriesapplications



Christian Bauer
16.10.2022

Moderne Spektrumanalyse Digital Video Application

 CMMB
 DTMB(CTTB)
 DVB-C
 DVB-T/H/T2
 ISDB-T/Tsb



Common algorithms, programming commands and shared library of measurement applications across all X-Series signal analyzers ensure consistent, repeatable results

www.agilent.com/find/xseriesapplications
www.agilent.com/find/digital_video



Christian Bauer
16.10.2022

Pre-Compliance EMI Messtechnik plus viele weitere Applikationen

Cellular Communication



LTE-FDD
 LTE-TDD
 W-CDMA/HSPA/HSPA+
 TD-SCDMA/HSPA
 GSM/EDGE/EDGE Evo
 cdma2000/cdmaOne
 1xEV-DO
 IDEN/WIDEN/MotoTalk

Wireless Connectivity



802.16 OFDMA
 Fixed WiMAX
 802.11 WLAN
 Bluetooth

Digital Video



Digital Cable TV
 DVB-T/H/T2
 ISDB-T/Tsb
 DTMB (CTTB)
 CMMB

General Purpose



VXA vector signal analysis
 Analog demodulation
 Phase noise
 Noise figure
 MATLAB
 Pulse
 EMC
 Remote & SCPI language compatibility



Christian Bauer
16.10.2022

Moderne Spektrumanalyse Auswahl des richtigen Analyzers

- (Informations-)Bandbreite des Nutzsignals
- Signal-/Rausch Verhältnis bei der Messung
→ Empfindlichkeit des Analysators
- Verzerrungsfreier Dynamikbereich (bedingt z.B. durch effektive bits des Digitizers)
- Speichertiefe des ZF-Digitizers → Je nach Bandbreite ergibt sich die maximale Realtime-Aufzeichnungslänge
- Auswertung mit fertigen, erprobten Tools/Applications möglich? Ggf. Verarbeitung der Rohdaten in Matlab o.ä.
- Benutzerfreundlichkeit des Analyzers und der Applikationen – die Technik ist schon komplex genug ©



Christian Bauer
16.10.2022

Moderne Spektrumanalyse



Vielen Dank für Ihr Interesse!

Sollten Sie Fragen haben, erreichen Sie mich unter
christian.bauer@xtest.at



Christian Bauer
18.10.2022

EMV- und EMI Messtechnik Agenda

- Begriffsdefinitionen
- Störmodell, Störgrößen, Störquellen
- Maßnahmen zur EMV Sicherung
- Kostenbetrachtung
- Messverfahren zum Nachweis der EMV
- Entwicklungsbegleitende Pre-Compliance EMI Messungen
- Erforderliche Mindestausrüstung
- EMI-Messverfahren



Christian Bauer
18.10.2022

EMV- und EMI Messtechnik EMV

Elektromagnetische Verträglichkeit:

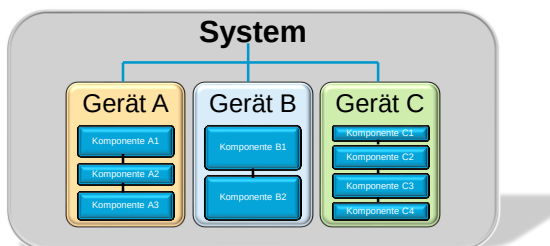
Ist die Fähigkeit einer elektrischen Einrichtung in ihrer elektromagnetischen Umgebung zufriedenstellend zu funktionieren ohne andere Einrichtungen unzulässig zu beeinflussen.

Es gilt das Verträglichkeitsprinzip



Christian Bauer
18.10.2022

EMV- und EMI Messtechnik Geräte und Systeme



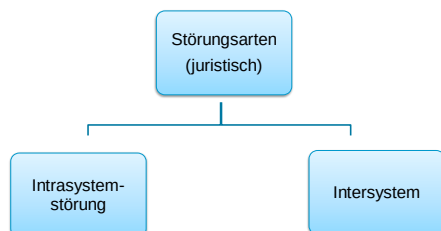
System: Gesamtheit untereinander in Beziehung stehender Geräte (z.B. Fahrzeuge)

Gerät: technische Einrichtung zur Erfüllung vorgegebener Funktionen mit Komponenten, die mechanisch und elektrisch zusammengefasst sind



Christian Bauer
18.10.2022

EMV- und EMI Messtechnik Störungsarten



Christian Bauer
18.10.2022

EMV- und EMI Messtechnik EMV von Geräten und Systemen

Ist ein Qualitätsmerkmal von 3 Kenngrößen:

- Eigenstörfestigkeit (interne EMV), d.h. Immunität gegenüber interner elektrischer Größen
- Fremdstörfestigkeit (externe EMV) Immunität gegenüber gerätefremder elektromagnetischer Störgrößen
- Störemissionsgrad beschreibt die von einem Gerät/System ausgehende leitungsgebundene oder strahlungsgebundene Störaussendung



Christian Bauer
18.10.2022

EMV- und EMI Messtechnik

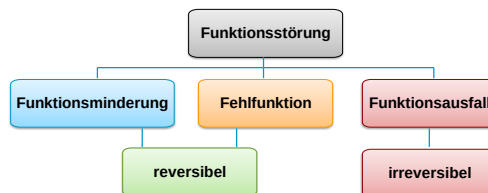
Wie störtest du ein System sein?



Christian Bauer
18.10.2022

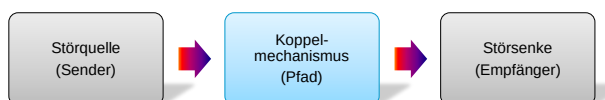
EMV- und EMI Messtechnik Auswirkungen bei nicht vorhandener EMV

1. Funktionsstörungen
2. Beeinträchtigung der Qualität des speisenden Netzes
3. Erhöhung der elektromagnetischen Umgebungsstörung
4. Gefährdung von Personal



Christian Bauer
18.10.2022

EMV- und EMI Messtechnik Störmodell und Störsignalübertragungen



Kopplungsarten:

- Galvanische Kopplung: die Ströme zweier Stromkreise fließen über eine gemeinsame Impedanz
- Kapazitive Kopplung: (Stör)signalübertragung lässt sich auf Grund eines elektrischen Feldes zwischen Systemen beschreiben
- Induktive Kopplung: (Stör)signalübertragung lässt sich auf Grund eines magnetischen Feldes zwischen Systemen beschreiben
- Elektromagnetische Strahlungskopplung: Verkopplung über das elektromagnetische Feld mit Wechselwirkung zwischen Quelle und Senke



Christian Bauer
18.10.2022

EMV- und EMI Messtechnik Störgrößen

- Sind elektromagnetische, elektrische oder magnetische Größen, die in einer elektrischen Einrichtung unerwünschte Beeinflussungen hervorrufen.

Werden gemessen als:

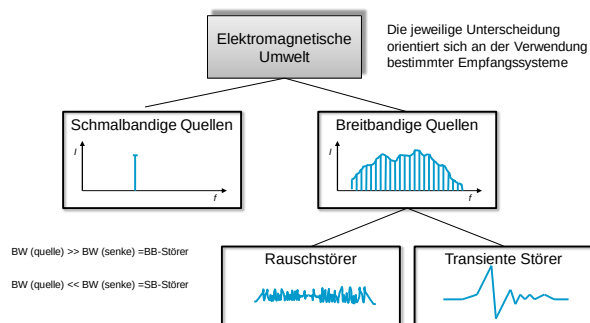
- Leistungspegel: $P_{dB} = 10 \log P_r / P_o \text{ dBm}$ ($P_o = 1 \text{ mW}$)
- Spannungspegel: $U_{dB} = 20 \log U_r / U_o \text{ dB}\mu V$ ($U_o = 1 \mu V$)
- Strompegel: $I_{dB} = 20 \log I_r / I_o \text{ dB}\mu A$ ($I_o = 1 \mu A$)
- Elektr. Feldstärkepegel: $E_{dB} = 20 \log E_r / E_o \text{ dB } \mu V/m$ ($E_o = 1 \mu V/m$)
- Magnet. Feldstärkepegel: $H_{dB} = 20 \log H_r / H_o \text{ dB } \mu A/m$ ($H_o = 1 \mu A/m$)

- Treten als Gleichgrößen, periodische oder transiente Größen auf



Christian Bauer
18.10.2022

EMV- und EMI Messtechnik Störquellen, nach Art der Störsignale



Christian Bauer
18.10.2022

EMV- und EMI Messtechnik Störquellen, nach ihrer Herkunft

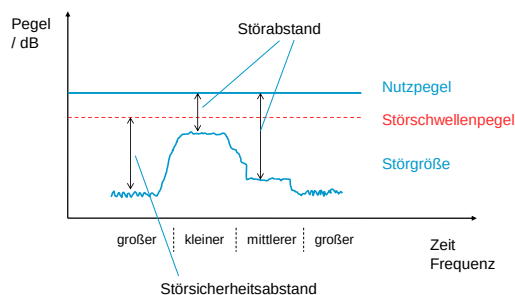
Natürliche Störquellen	Künstliche Störquellen	
	Funktionale Quellen	Nichtfunktionale Quellen
• Atmosphärische Störungen • Kosmisches Rauschen • Wärmerauschen der Erde	Abstrahlung elektromag. Wellen für: • Kommunikation • ISM Anlagen	Bspw.: • Kfz-Zündanlagen • Elektrische Bahnen • Elektrostat. Entladungen • Elektr. Schaltvorgänge



Christian Bauer
18.10.2022

EMV- und EMI Messtechnik

Störschwelle, Störabstand,

Christoph Bauer
18.10.2022

EMV- und EMI Messtechnik

Maßnahmen zur EMV Sicherung

Durch Entkopplung von Störquelle und Störsenke:

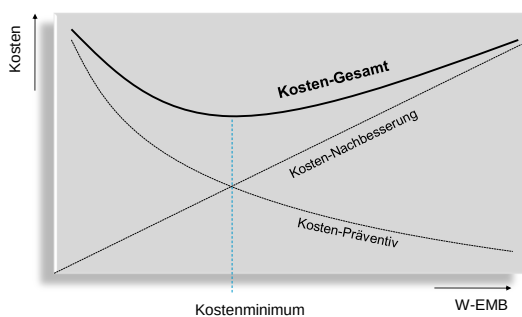
D.h. Aufhebung / Reduzierung des Koppelmechanismus zeitlich, spektral oder lokal

Massung	
Filterung	Reduzierung leitungsgebundener Störungen
Schaltungstopologie	z.B. Leitungsführung, Reduzierung parasit. Kopplungen
Schirmung	Reduzierung von Kopplungen durch elektr., magn. Felder
Gerätekonzept	- Spektrumsbegrenzung - Antennenwahl z.B. Richtantennen - Geschickte Wahl von Frequenzen, z.B. LO, IF - Festlegung von Signalpegeln, Störabstände sichern - Impedanzverhältnisse, Reduzierung von Kopplungen
Wahl der Verdrahtung Verkabelung	- gesch./ungesch. Leitungen - Doppelleitungen - Verdrillte Leitungen - koaxiale Leitungen - Flachbandkabel

Christoph Bauer
18.10.2022

EMV- und EMI Messtechnik

Kostenkurven

Christoph Bauer
18.10.2022

EMV- und EMI Messtechnik

2 unterschiedliche Mess- und Prüfverfahren zum Nachweis der Einhaltung der EMV

1. EMI - Messungen

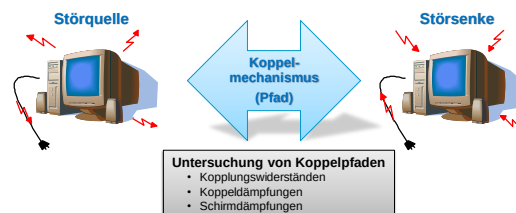
Die Messung ungewollter Emissionen des Gerätes

- Messen von Störströmen, Störspannungen, Störfeldern

2. Immunity Tests

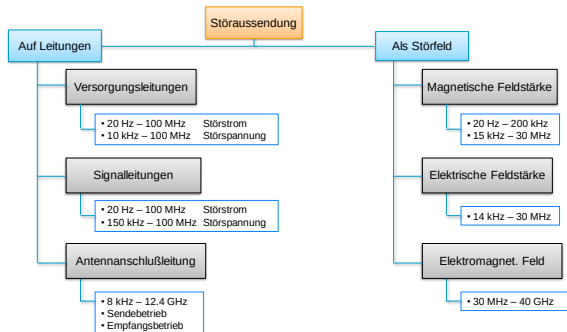
Die Prüfung der inneren und äußeren Störfestigkeit des Gerätes

- Gegen leitungsgeführte Störgrößen
- Gegen gestrahlte Störgrößen

Christoph Bauer
18.10.2022

2 unterschiedliche Mess- und Prüfverfahren

Übersicht über EMI Messverfahren

Christoph Bauer
18.10.2022

Pre-Compliance EMI Messtechnik

Mess- und Hilfsmittel f. EMI Messungen

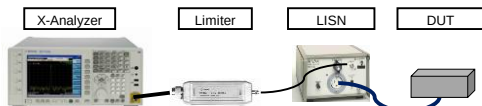
Spektrumanalyzer Receiver	Pulse Limiter
Antennen	Nahfeldsonden
Sensoren, Tastköpfe	Netzwerkanalyzer
HF Stromwandler	Netznachbildungen 230 V, Kfz, etc.

Christoph Bauer
18.10.2022

Pre-Compliance EMI Messtechnik EMV Messungen selbst durchführen

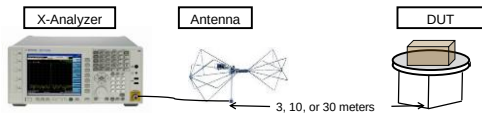
Conducted Emissions

Commercial Frequency Range 9 kHz to 30 MHz



Radiated Emissions

Commercial Frequency Range 30 MHz to 18 GHz (40 GHz)

Christian Bauer
16.10.2022

Pre-Compliance EMI Messtechnik EMI Grundausrüstung

- Keysight X-Series Analyzer mit EMC Application
- Nahfeldsondensatz
- ...

Netznachbildung
(LISN)Christian Bauer
16.10.2022

Pre-Compliance EMI Messungen Orientierende Messungen während der Entwicklungsphase

Messverfahren in der EMV sind genormt zur:

- Erreichung der Reproduzierbarkeit
- Vergleichbarkeit zwischen versch. Messeinrichtungen
- Reduzierung der Messunsicherheit

Full Compliance Messungen	Pre-Compliance und orientierende Messungen
- teure genormte Messumgebungen - Umfangreicher, teurer Messgerätepark - Kostenintensiv - Zeitintensiv - Akzeptiertes, nicht anfechtbares Abschlußergebnis	- Günstigere, an die Norm angelehnte Messplätze ausreichend - Günstigere Messtechnik - Zeitsparendere Messungen - EMV-gerechte Entwicklung des Produkts, weniger Nachbesserung, kostensparend - Sofortiges Bestehen der Full-Compliance Messung → Time-to-market - Präventivmaßnahme mit anfänglichen Kosten verbunden - Keine 100%-ige Sicherheit

Christian Bauer
16.10.2022

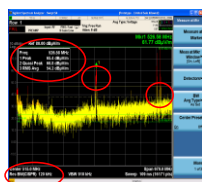
Pre-Compliance EMI Messtechnik X-Analyzer von Keysight



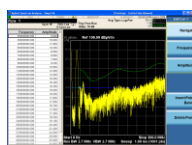
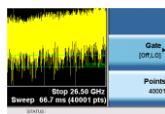
Vom 3 GHz Modell bis zur Mikrowelle
Volle Signalanalyse & EMV Fähigkeiten

Christian Bauer
16.10.2022

Pre-Compliance EMI Messtechnik Option EMC

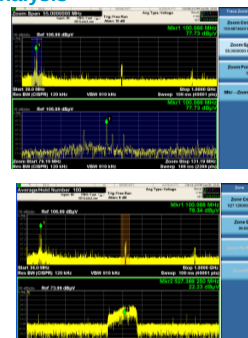
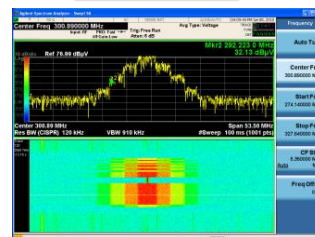


- CISPR 16-1-1 Detectors (QP, P, A, RMS)
- EMI Bandwidths
- EMI Presets
- Limit Lines (2000 pts)
- Correction factors (2000 pts)
- Sweep points (40000 pts)
- Tune & Listen (AM, FM Φ M)
- Measure at Marker

Christian Bauer
16.10.2022

Pre-Compliance EMI Messtechnik Option EDP - Multi Instrument Analysis

- Spectrogramm
- Trace Zoom
- Zone Span

Christian Bauer
16.10.2022

Pre-Compliance EMI Messtechnik N6141EM0E Full Featured EMC Application in X-Series

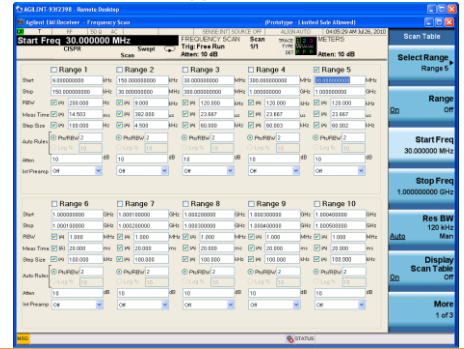
- Verfügbar in allen X-Analysern
- Kompatibel mit R&S Receiver Mode
- Log oder Lin Frequenzdisplay
- Simultane Detektoren
- Innovative Strip Chart Messung



Christian Bauer
16.10.2022

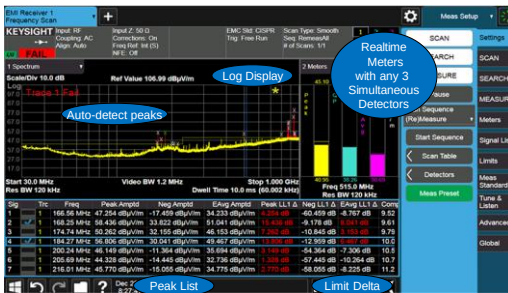
Pre-Compliance EMI Messtechnik N6141EM0E Full Featured EMC Application in X-Series

- Bis zu 10 verschiedene Scan Ranges
- Unabhängig voneinander



Christian Bauer
16.10.2022

Pre-Compliance EMI Messtechnik N6141EM0E Full Featured EMC Application in X-Series

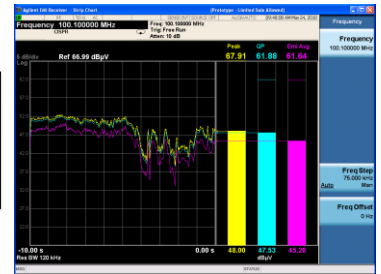


Christian Bauer
16.10.2022

Pre-Compliance EMI Messtechnik N6141EM0E Full Featured EMC Application in X-Series

Innovatives Strip Chart

- X-Achse rollt nach links
- Rechts aktuelle Messwerte
- Bis zu 3 Detektoren simultan
- Dokumentation des Zeit-verhaltens eines Signals zur Korrelation mit Funktions-ablauf

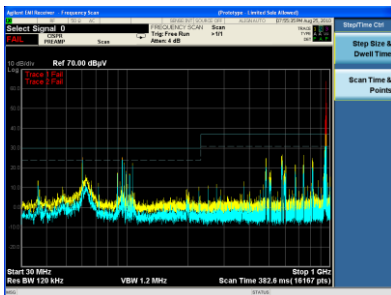


- z.B. für Klickratenmessung bei Haushaltsgeräten
- oder zur Aufnahme eines Strahlungsdiagramms



Christian Bauer
16.10.2022

Pre-Compliance EMI Messtechnik N6141EM0E Full Featured EMC Application in X-Series

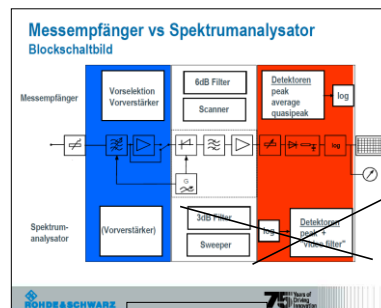


- Sweep oder Step
- Bis zu 3 Traces gleichzeitig
- Limit und Margin Test
- Schneller Einzelsweep viele Durchläufe in MaxHold
- Lin. oder Log. Frequenzachse



Christian Bauer
16.10.2022

Pre-Compliance EMI Messtechnik Unterschiede EMI Messempfänger vs. Spektrumanalysator



Was ist noch dran?
Kann man das
heute noch so
sagen?
„NEIN!“

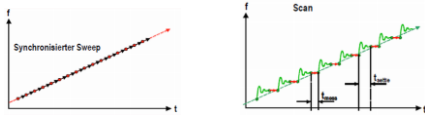


Christian Bauer
16.10.2022

Pre-Compliance EMI Messtechnik

Verbleibende Empfängerunterschiede

Synchronisierter SCAN oder SWEEP (Oder Besser Beides ☺)



- Schräges „Transportband“ vs. „Lange Treppe“
- Ganz oft kurz messen vs. einmal pro Punkt länger messen
- Immer wieder „nachschauen“ vs. Darauf vertrauen dass einmal lange genug nachgeschaut wurde

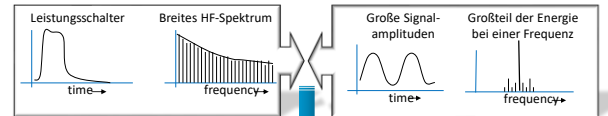
Christian Bauer
16.10.2022

Pre-Compliance EMI Messtechnik

Verbleibende Empfängerunterschiede

Vorselektion

- Nur bei teuren „Compliance“ Geräten
- Bei Messungen in Schirmkabine zu 99,x% überflüssig
- Bei Nahfeldmessungen in 99,x% überflüssig
- Suggestiert Schutz vor Übersteuerung der aber nur in speziellen Situationen wirklich hilft



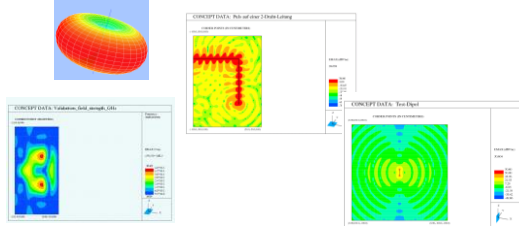
Hohe HF-Energie übersteuert Mischer,
Mischer kann in Kompression gehen

Christian Bauer
16.10.2022

EMV Analyse

Analyse komplexer Strahlungskopplungen

Numerische Simulationen von EMV Problemen auf Basis der Momentenmethode werden häufig als Hilfsmittel benutzt, um komplexe Strahlungskopplungen, auch von parasitären Strahlern, zu analysieren

Christian Bauer
16.10.2022

Pre-Compliance EMI Messtechnik



Vielen Dank für Ihr Interesse!

Sollten Sie Fragen haben, erreichen Sie mich unter
christian.bauer@xtest.at

Christian Bauer
16.10.2022

Störfestigkeit Messtechnik

Agenda

- Ziel der Störfestigkeitsprüfungen
- Messtechnik für Störfestigkeitsprüfungen
- Ermittlung der erforderlichen Verstärkerleistung für gestrahlte Störfestigkeitsprüfungen
 - Einfluss der ausgangsseitigen Anpassung
 - Einfluss der Modulationsart
 - Kalibrierung des Störfeldes
 - Einfluss des Öffnungswinkels der Antenne
- Anforderungen an die Verstärker
- Fehlerquellen bei Störfestigkeitsuntersuchungen
- Beispiele für Immunity Testsystem
- Produktauswahl

Christian Bauer
16.10.2022

Nachweis der Einhaltung der EMV

2 unterschiedliche Mess- und Prüfverfahren

1. EMI - Messungen

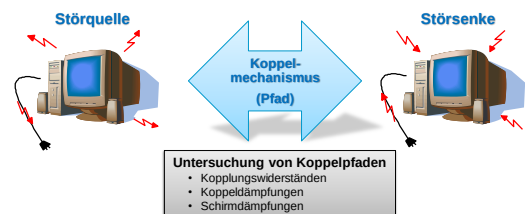
Die Messung ungewollter Emissionen des Gerätes

- Messen von Strömräumen, Störspannungen, Störfeldern

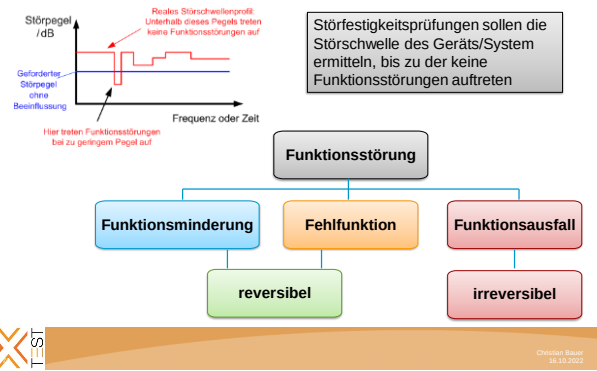
2. Immunity Tests

Die Prüfung der inneren und äußeren Störfestigkeit des Gerätes

- Gegen leitungsgeführte Störgrößen
- Gegen gestrahlte Störgrößen

Christian Bauer
16.10.2022

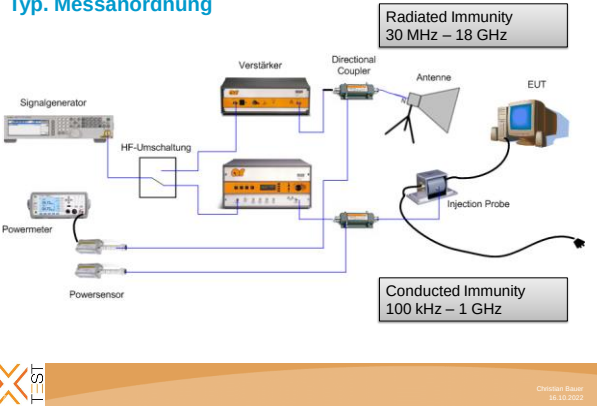
Störfestigkeit Messtechnik
Ziel der Störfestigkeitsprüfung



Störfestigkeit Messtechnik
Übliche Messtechnik für Störfestigkeitsprüfungen

Signal Generator 100 kHz- 40 GHz AM, FM, PM, Pulse	Powermeter Powersensoren
Antennen	Verstärker
Einspeisezangen	Richtkoppler
HF-Leistungs-umschaltung	Feldsonden
ESD Pistole	Burst-, Surge- generator

Störfestigkeit Messtechnik
Typ. Messanordnung



Störfestigkeit Messtechnik
Grundsätzliche Anforderungen an die Messtechnik

Gerät	Parameter	Wesentliche Mindestanforderungen
Signalgenerator	Frequenzbereich: Modulation: Schnittstellen:	100 kHz – 1, 3, 6, 20 GHz AM, FM, Pulse, Phase GPIO, LAN
Verstärker	Frequenzbereich: Leistung: Typ: Schnittstellen:	breitbandig ausreichend im ges. Frequenzbereich Klasse A Verstärker GPIO, LAN
Antennen/ Einspeisezangen	Frequenzbereich: Leistung: Gewinn: große Beleuchtungsfläche:	wie der Verstärker Verträge die Verstärkerleistung groß
Powermeter/ Powersensoren/ HF-Leistungsumschalter	Frequenzbereich: Leistung: Schnittstellen: Leistungsverträglichkeit:	Breitbandig, wie Signalgenerator Großer Dynamikbereich GPIO, Verstärkerleistung LAN
Richtkoppler	Frequenzbereich: Leistungsverträglichkeit:	wie Verstärker Verstärkerleistung Dämpfungsarm
HF-Leistungskabel		
Feldsonde	Frequenzbereich: Typ:	Breitbandig 3-D, klein, optische Speisung, linear

Störfestigkeit Messtechnik
Anforderungen an die Verstärker

Folgende grundsätzliche Anforderungen, je nach gewähltem Prüfverfahren, sind bestimmend für die Wahl des Verstärkers

- Leistung
- Frequenzbereich
- Modulationsverfahren
- Koppeldämpfung
- Einfügedämpfung
- Antennengewinn
- Antennenöffnungswinkel

Daneben gibt es weitere Kriterien, die bei der Verstärkerwahl eine wichtige Rolle spielen

- Anschaffungskosten
- Verstärkertyp, Lasttoleranz
- Linearitätsverhalten
- Bauweise und Bauform
- Betriebskosten

Störfestigkeit Messtechnik
Abschätzung der benötigten Verstärkerleistung oberhalb von 30 MHz bei gestrahlten Prüfungen

Aus dem gegebenen physikalischen Zusammenhang lässt sich die erforderliche Verstärkerleistung P errechnen:

$$P = X^2 \cdot k \quad (1)$$

X stellt darin eine der vorgegebenen, zu erzeugenden, wellenwiderstandsbezogenen, physikalischen Störgröße dar

$$\vec{E}, \vec{H}, \vec{U}, \vec{I}$$

k ist ein Proportionalitätsfaktor, der alle Koppel- und Übertragungsdämpfungen, Anpassungen, Transformationsverluste, Gewinne, etc. beinhaltet. Je exakter k bekannt ist, desto genauer P vorhergesagt werden.

Für die elektrische Feldstärke im Fernfeld gilt:

$$E = \frac{\sqrt{30 \cdot P \cdot G}}{d} \quad (2)$$

Hierin bedeuten:

- E : elektrische Feldstärke im Messpunkt
- P : HF-Leistung am Antennenanfang
- G : Fernfeldgewinn der Antenne
- d : Abstand zwischen Messpunkt und Phasenzentrum der Antenne

Störfestigkeit Messtechnik
Abschätzung der benötigten Verstärkerleistung oberhalb von 30 MHz bei gestrahlten Prüfungen

Da für die erforderliche Leistung gemäß (1) folgender Zusammenhang gilt:

$$P = E^2 \cdot k \tag{3}$$

ergibt sich die erforderliche Verstärkerleistung mit (2) und (3) zu:

$$P = E^2 \cdot d^2 \cdot (m+1)^2 \cdot A \cdot R \over 30 \cdot G \tag{4}$$

wobei:

$$k = d^2 \cdot (m+1)^2 \cdot A \cdot R \over 30 \cdot G \tag{5}$$

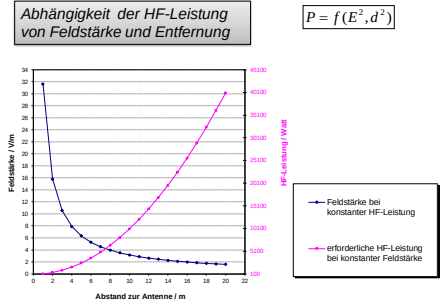
Hierin bedeuten:

A: Dämpfung (z.B. im Kabel)

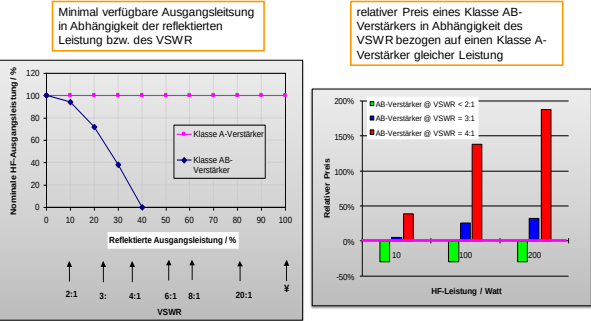
R: raumabhängige Regelreserve erforderlich auf Grund schlechter Strahlungskopplung Resonanzen etc.

m: Modulationsgrad für AM

Störfestigkeit Messtechnik
Einfluss von Feldstärke und Entfernung auf die Leistung



Störfestigkeit Messtechnik
Einfluss von Ausgangsanpassung auf die Leistung



Störfestigkeit Messtechnik
Einfluss von Modulation auf die benötigte Verstärkerleistg.

Erhöhung der erforderlichen Leistung durch 80% AM-Modulation bei gestrahlten Störfestigkeitsuntersuchungen

Der Modulationsgrad m ist definiert:

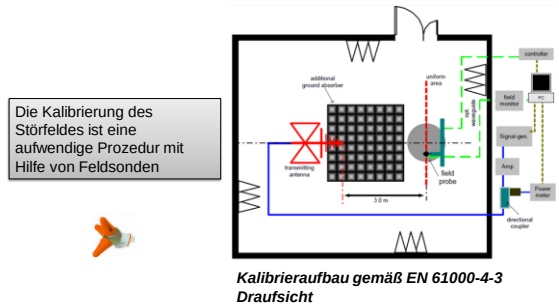
$$m = \frac{U_{max} - U_c}{U_c} \tag{6}$$

Der Spannungshub durch die Modulation geht mit seinem Quadrat in die Leistung ein:

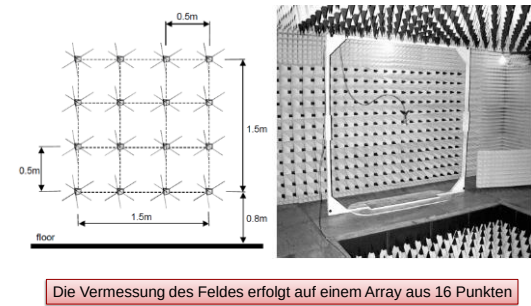
$$P = \frac{U^2}{R} \tag{7}$$

Für eine 80-%ige AM bedeutet dies eine 1,8-fache Spannungserhöhung bzw. 3,24-fache der für ein cw-Signal erforderlichen Verstärkerleistung!

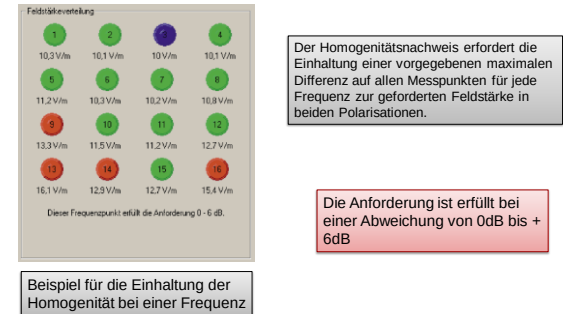
Störfestigkeit Messtechnik
Kalibrierung des Störfeldes zum Homogenitätsnachweis



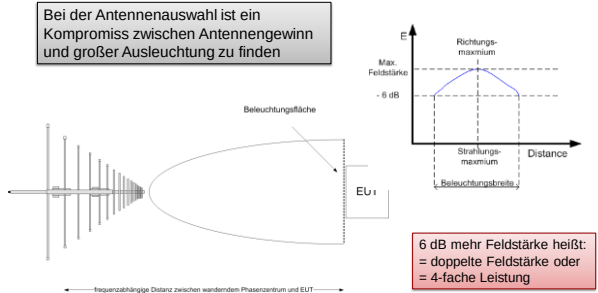
Störfestigkeit Messtechnik
Kalibrierung des Störfeldes zum Homogenitätsnachweis



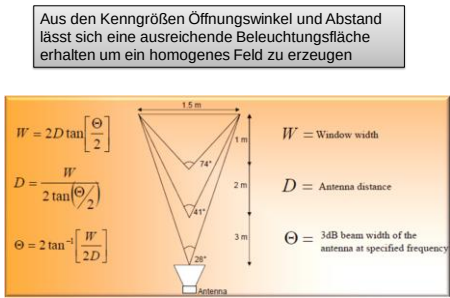
Störfestigkeit Messtechnik
Kalibrierung des Störfeldes zum Homogenitätsnachweis



Störfestigkeit Messtechnik
Einfluss der Antenne, Beleuchtungsfläche



Störfestigkeit Messtechnik
Antennenöffnungswinkel, Abstand vs. Beleuchtungsfläche



Störfestigkeit Messtechnik
Beispielrechnung, Feldstärke + Leistung

Verstärker: 250W1000C
Antenne: AT1000

Minimum @ 1 dB Kompression: 250 W
@ Frequenz: 1 GHz

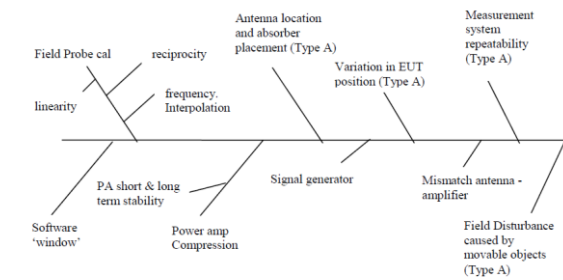
	numerisch	Pegelwerte
Abstand Phasenzentrum(Antenne) - EUT	30	14.8dB
Faktor	3m	4.8dB(Meter)
erforderliche Feldstärke	10V/m	26.0dB(V/m)
Berücksichtigung d. Öffnungswinkels	1.4	3dB
Feldstärke mit Öffnungswinkel	28.3V/m	29.0dB(V/m)
gegebene Verstärkerleistung	250Watt	54.0dB(mW)
Fernfeldgewinn Antenne	4.5	6.5dB
Gewinnreduzierung Fernfeld-Nahfeld	4.5	0dB
Nahfeldfeldgewinn Antenne	4.5	6.5dB
AM-Modulationsgrad	80%	5.1dB
Dämpfung (Kabel, Stecker etc.)	1.8	2.5dB
Betriebssicherheit Verstärkerlinearität	1.4	1.5dB
Reserve VSWR	1.3	1dB

benötigte Verstärkerleistung für E_{max} bei G_{u} $P_{\text{erf}} = 57.4 \text{ dB(mW)}$
 $P_{\text{erf}} = 549.19 \text{ Watt}$

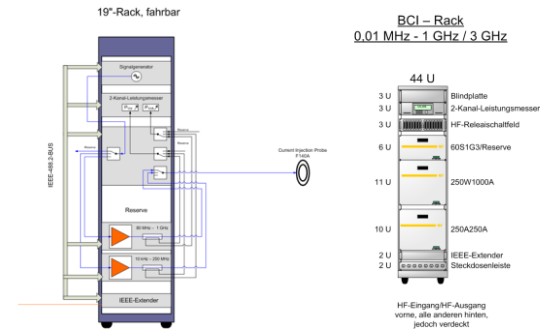
erreichbare Feldstärke für P_{max} bei G_{u} $E_{\text{erf}} = 25.6 \text{ dB(V/m)}$
 $E_{\text{erf}} = 19.06 \text{ V/m}$

Beispiel

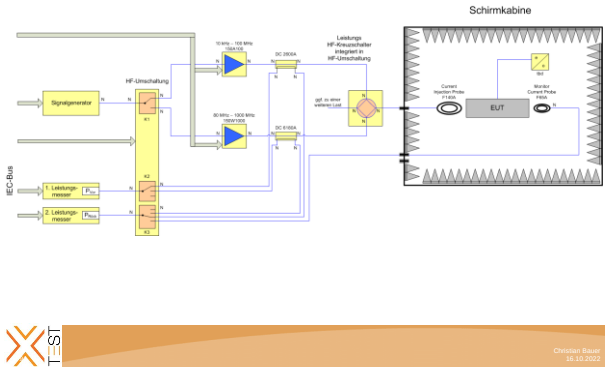
Störfestigkeit Messtechnik
Fehlerquellen gestrahlter Störfestigkeitsuntersuchungen



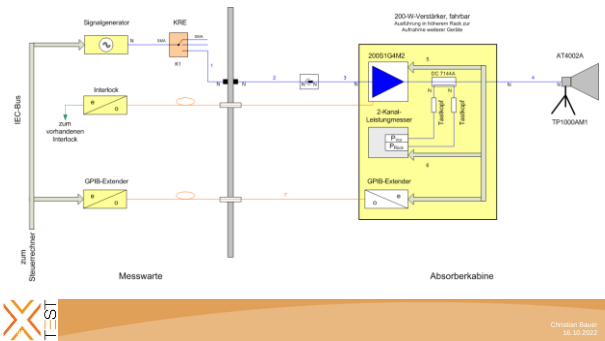
Störfestigkeit Messtechnik
Beispiel BCI Test Rack mit Racklayout



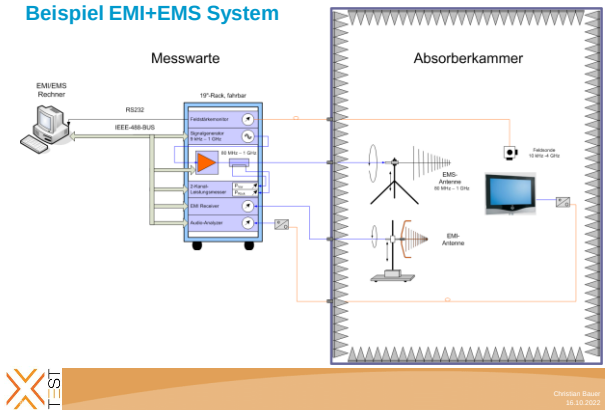
Störfestigkeit Messtechnik
Beispiel BCI Testsystem



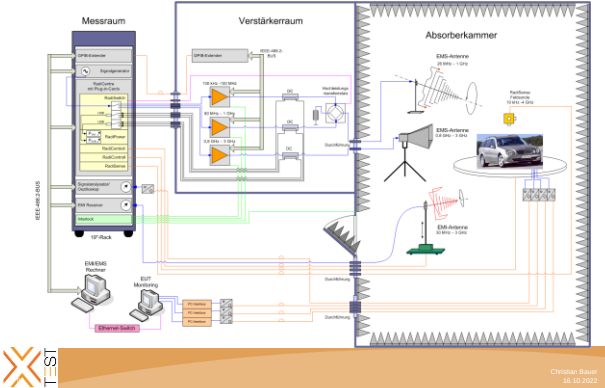
Störfestigkeit Messtechnik
Beispiel fahrbares µW-Rack, radiated Immunity



Störfestigkeit Messtechnik
Beispiel EMI+EMS System



Störfestigkeit Messtechnik
Beispiel EMI+EMS System



Störfestigkeit Messtechnik
Grundnormenübersicht

CISPR 16-1-1	Measuring apparatus
CISPR 16-1-2	Ancillary equipment – Conducted disturbances
CISPR 16-1-3	Ancillary equipment – Disturbance power
CISPR 16-1-4	Ancillary equipment – Radiated disturbances
CISPR 16-1-5	Antenna calibration test sites for 30 MHz to 1 000 MHz
CISPR 16-2-1	Conducted disturbance measurements
CISPR 16-2-2	Measurement of disturbance power
CISPR 16-2-3	Radiated disturbance measurements
CISPR 16-2-4	Immunity measurements
CISPR 16-3	CISPR technical reports
CISPR 16-4-1	Uncertainties in standardised EMC tests
CISPR 16-4-2	Measurement instrumentation uncertainty
CISPR 16-4-3	Statistical considerations in the determination of EMC compliance of mass-produced products
CISPR 16-4-4	Statistics of complaints and a model for the calculation of limits

Störfestigkeit Messtechnik

Normen	Beschreibung	HF Verstärker				Mindestfeldstärke
		10 kHz - 100 kHz	100 kHz - 1 MHz	1 MHz - 10 MHz	10 MHz - 100 MHz	
Gestörte Störfestigkeit						
EN 61000-4-3	Prüfung der Störfestigkeit gegen hochfrequente elektromagnetische Felder	x	x	x		1,3, 10 V/m, 80 % AM
EN 61000-6-1	Wohnbereich, Geschäftsbereich und Gewerbebereich	x	x	x		3 V/m 80 % AM
EN 61000-6-2	Störfestigkeit für Industriebereiche	x	x	x		10 V/m, Bandfunkbänder 3 V/m 80 % AM
EN 301489-1	Funkanlagen für Industriebereiche	x	x	x		3 V/m 80 % AM
EN 50114-2, CISPR 14-2	Haushaltsgeräte, Elektrowerkzeuge u.ä. Elektrogeräte	x	x	x		gemäß Norm
EN 55024, CISPR 24	Einrichtungen für Informations- und Kommunikationstechnik	x	x	x		3 V/m 80 % AM
EN 55024, CISPR 24	Einrichtungen für Informations- und Kommunikationstechnik	x	x	x		3 V/m 80 % AM
EN 50130-4	Anlagen für Bräun- und Einbräunungsanlagen sowie Person- u. Wärmelagerung	x	x	x		10 V/m, 1 kHz AM
EN 61226-1	Elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgereäte	x	x	x		3 V/m 80 % AM, ab 2-27 GHz 1 V/m
EN 61547	Einrichtungen für allgemeine Beleuchtungszwecke	x	x	x		3 V/m 80 % AM
EN 15415-1	Einrichtungen für allgemeine Beleuchtungszwecke	x	x	x		25, 50, 75, 100 V/m*
Gestörte Störfestigkeit						
EN 61000-4-4	Prüfung der Störfestigkeit gegen leitungsgeführte Störgrößen, induziert durch hochfrequente Felder	x	x	x		1,3, 10 V/m, 80 % AM
EN 61000-6-1	Wohnbereich, Geschäftsbereich und Gewerbebereich sowie Handbereich	x	x	x		3 V/m 80 % AM
EN 61000-6-2	Störfestigkeit für Industriebereiche	x	x	x		10 V/m, Bandfunkbänder 3 V/m 80 % AM
EN 301489-1	Funkanlagen für Industriebereiche	x	x	x		3 V/m 80 % AM
EN 50114-2, CISPR 14-2	Haushaltsgeräte, Elektrowerkzeuge u.ä. Elektrogeräte	x	x	x		3 V/m 80 % AM
EN 55024, CISPR 24	Einrichtungen für Informations- und Kommunikationstechnik	x	x	x		120 dBm/20 Hz, 30-100 MHz, 130-1000 MHz
EN 55024, CISPR 24	Einrichtungen für Informations- und Kommunikationstechnik	x	x	x		3 V/m 80 % AM
EN 50130-4	Anlagen für Bräun- und Einbräunungsanlagen sowie Person- u. Wärmelagerung	x	x	x		10 V/m, 1 kHz AM
EN 61226-1	Elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgereäte	x	x	x		3 V/m 80 % AM
EN 61547	Einrichtungen für allgemeine Beleuchtungszwecke	x	x	x		3 V/m 80 % AM

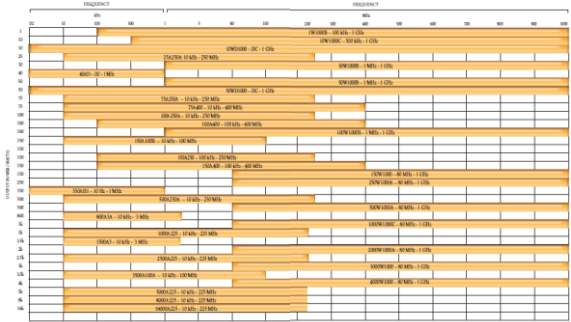
Störfestigkeit Messtechnik
Produktauswahl, Keysight

Signalgenerator	9 kHz – 3 GHz, AM, FM, Phase, Pulse IQ Modulator, 40 MHz Mod.-BW	
Signalgenerator	N5182, N5182, N5183 100 kHz- 1,3, 6, 20, 40 GHz, AM, FM, Phase, Pulse, optional vektoriell, 120 MHz Mod.-BW, step , sweep, USB-Powermeter included	
Powermeter/ Powersensors	E441x, E191x, N8262, U200x 100 kHz – 40 GHz single channel, dual channel, USB, peak, envelope, pulse	
Accessories	Richtkoppler, Kabel, Adapter, Switches etc.	



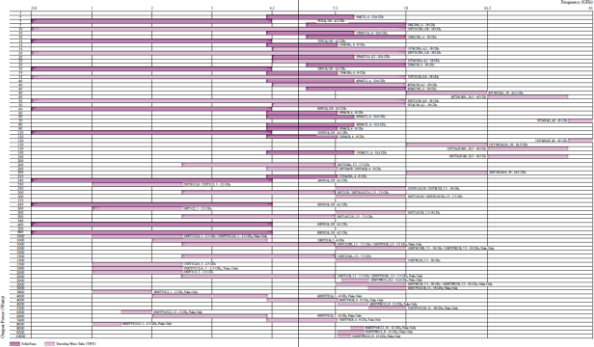
Christian Bauer
16.10.2022

Störfestigkeit Messtechnik
Produktauswahl, Verstärker von AR, A+W-Serie bis 1 GHz



Christian Bauer
16.10.2022

Störfestigkeit Messtechnik
Verstärker von AR, > 800 MHz, S-Serie



Christian Bauer
16.10.2022

Störfestigkeit Messtechnik



Vielen Dank für Ihr Interesse!

Sollten Sie Fragen haben, erreichen Sie mich unter
christian.bauer@xttest.at



Christian Bauer
16.10.2022

EUT Monitoring
Agenda

- Sinn des EUT Monitoring
- Anforderungen an das EUT Monitoring
- Beispiele für EUT-Monitoring Systeme
- Produktauswahl



Christian Bauer
16.10.2022

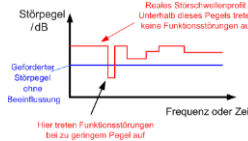
EUT Monitoring
Definition

Was ist EUT Monitoring?

Die Beobachtung des Prüflings während der Störfestigkeitsprüfung

Wozu braucht man EUT Monitoring?

Um das Störschwellenprofil des Prüflings aufzunehmen



- Anforderungen an EUT Monitoring?**
- Sicher, fehlerfrei
 - beeinflussungsfrei
 - Zeit- und Kostensparend
 - Reproduzierbar
 - Automatisierbar
 - kostengünstig



Christian Bauer
16.10.2022

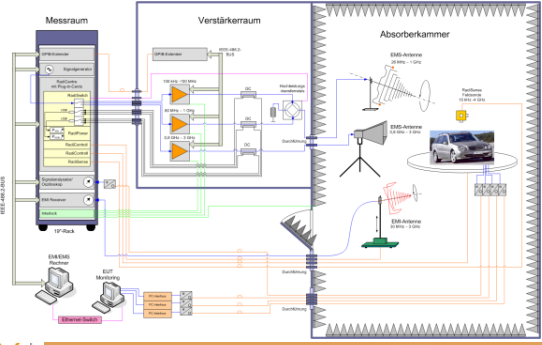
EUT Monitoring
Automatisierung – um Zeit- und Kosten zu sparen

ALLE, wirklich alle Signale, die sich messtechnisch überwachen lassen, sind für eine Automatisierung sinnvoll.

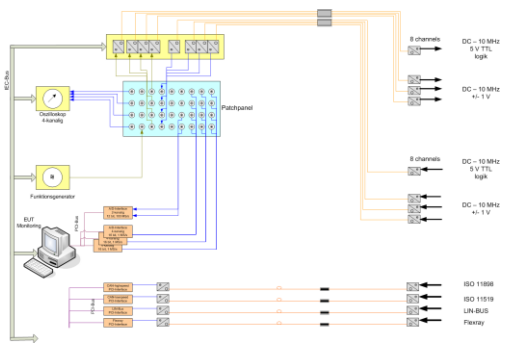
Mögliche Anforderungen an die entsprechende Messtechnik sind:

- Ausreichend schnell, präzise
- Triggerfähigkeit auf Ereignisse des überwachten Signals
- Log-Funktionalität, Recording
- Genormte Schnittstellen (GPIB, LAN)
- Einbindungsfähigkeit in EMV Software
- Ausschluß jeglicher Störbeeinflussung

EUT Monitoring
Automatisierung – um Zeit- und Kosten zu sparen



EUT Monitoring
Beispiel eines automatisierten EUT-Monitorings



EUT Monitoring
Oszilloskope



EUT Monitoring
Oszilloskope

	Portable 7000 Series	Infiniium 9000 Series
Analog:	2-4 ch, 100 MHz-1 GHz bandwidth	4 ch, 600 MHz-4 GHz bandwidth
	Industry's highest resolution displays: XGA with 256 intensity levels	
	Vector signal analysis option	
	Segmented Memory Data Acquisition	
	Fast waveform update rate: 100 k waveforms/s	Extensive applications suite including jitter analysis and compliance testing software
Digital:	16 digital timing channels time correlated with analog channels:	
	Pattern and mixed-signal triggering	
	FPGA dynamic probe application	
Serial:	PC, SPI, CAN, LIN, FlexRay trigger and decode	PC, SPI, CAN, USB and Ethernet serial decode and analysis
	Up to 8 Mpts MegaZoom deep memory	Up to 1Gpts MegaZoom very deep memory

EUT Monitoring
Generatoren

3352xA	Arbitrary Waveform Generator	30 MHz
33250A	Arbitrary Waveform Generator	80 MHz
81150A	Pulse Function Arbitrary Noise Generator	240 MHz
81160A	Pulse Function Arbitrary Noise Generator	500 MHz
81134A	Pulse Pattern Generator	3.35 GHz

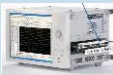
EUT Monitoring
zusätzliche Messtechnik

34410A, 34411A		Standard 6 ½ digit DMM
3458A		High Performance, high speed 8 ½ digit DMM
3497xA		Data Acquisition, Switch Unit Family
34980A		Data Acquisition, Switch Unit Family



Christian Bauer
16.10.2022

EUT Monitoring
zusätzliche Messtechnik

16800 and 16900 Families		Logic Analyzer ✓ SingleEnded or Differential ✓ Up to 256M Memory ✓ Many Protocols, Processors, Busses and FPGAs supported ✓ >500 channels on single Timebase
U8903A		Audio Analyzer
N6705A w/ N67xx Modules		DC Power Analyzer ✓ Up to 4 DC PowerSupplies, DMM, Oscilloscope, AWG, Datalogger ✓ 25 Modules available for mix and match, basic, performance, precision, SMU
53200 Series		Counter ✓ High Resolution, high speed, puls ✓ Datalog, Histogram, Built-in math analysis and stats ✓ 1M reading memory, USB storage



Christian Bauer
16.10.2022

EUT Monitoring
zusätzliche Messtechnik

PXI and AXIe modular Products	47 products, more to come soon!
	- Mainframes - RF Vector Signal Analyzer - Scopes - AWGs - RF Signal Sources - BERT - Pattern Generator - DMMs - Multiplexer, Switches - Digital IO



Christian Bauer
16.10.2022

EUT Monitoring



Vielen Dank für Ihr Interesse!

Sollten Sie Fragen haben, erreichen Sie mich unter
christian.bauer@xtest.at



Christian Bauer
16.10.2022

Quellenangaben

K. H. Gonschorek/H. Singer, Elektromagnetische Verträglichkeit, Grundlagen, Analysen, Maßnahmen
Teubner Verlag Stuttgart, 1992

A. Meißner, Skript zur Vorlesung „Antennen und Felder“,
FH/TW Berlin, 1998/99

Meinke Gundlach, Taschenbuch der Hochfrequenztechnik,
Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, 1992

Josef Bauer, Armin Hudetz, Siemens AG, Center for Quality Engineering München, Messunsicherheit bei der
Stoßfestigkeitsprüfung nach IEC/EN 61000-4-3 und Maßnahmen zur Reduzierung, München 2009

Jason Smith, Amplifier Research, Souderton, PA, Application Note #41A Update on the latest release of IEC 61000-4-
3, Edition 3, Souderton 2009, Pennsylvania



Christian Bauer
16.10.2022