

## Spezifikation und Messbeispiele aus dem Mobilfunkmesslabor

### Frequenzanalyse

Es können Frequenzen als Funktion der Zeit und als Histogramm gemessen werden.

Spezifikation		
Frequenz	Auflösung	Genauigkeit
bis 2,5GHz	10 Stellen	$5 \cdot 10^{-12}$ GPS synchron

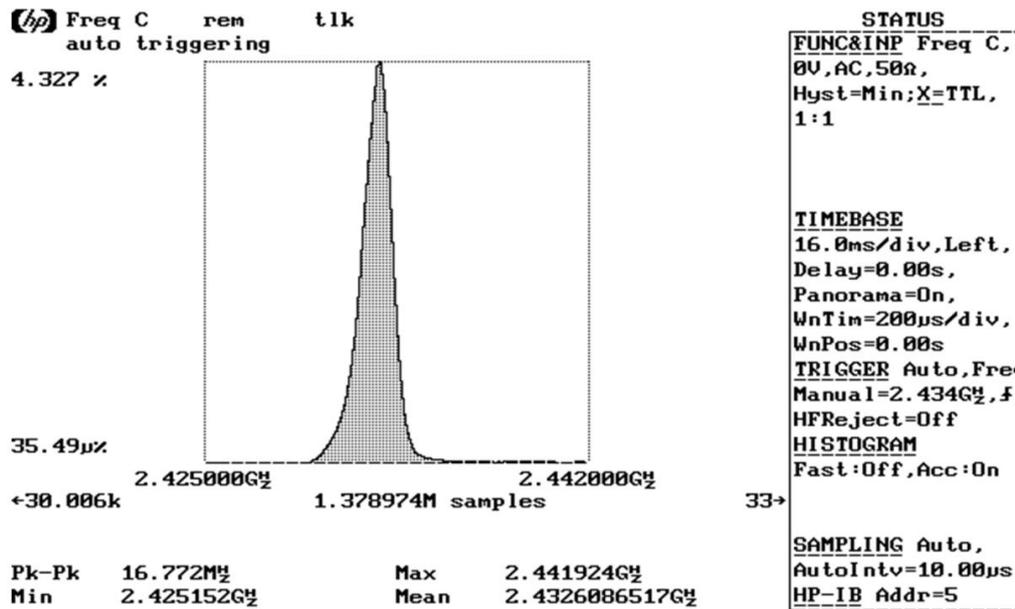


Abbildung 1: Frequenzstabilität als Histogramm

### Frequenz Zeit Analyse

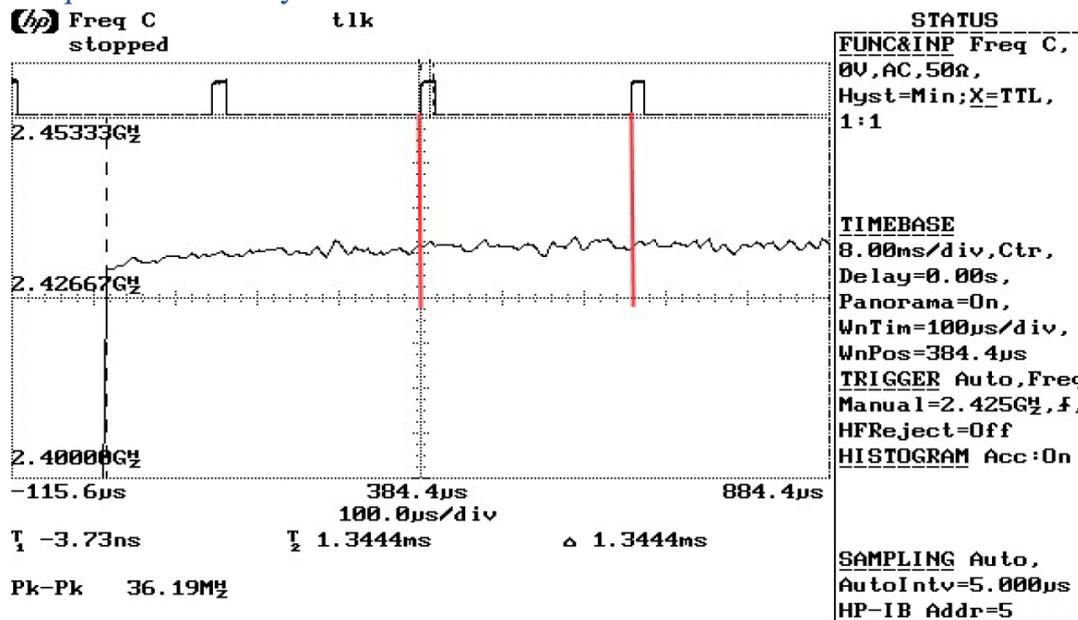


Abbildung 2: Beacon-Intervall und Dauer

```

▼ Frame 1: 160 bytes on wire (1280 bits), 160 bytes captured (1280 bits) on interface 0
  Interface id: 0 (phy0.mon)
  Encapsulation type: IEEE 802.11 plus radiotap radio header (23)
  Arrival Time: Nov 13, 2017 15:48:10.062121926 CET
  [Time shift for this packet: 0.000000000 seconds]
  Epoch Time: 1510584490.062121926 seconds
  [Time delta from previous captured frame: 0.000000000 seconds]
  [Time delta from previous displayed frame: 0.000000000 seconds]
  [Time since reference or first frame: 0.000000000 seconds]
  Frame Number: 1
  Frame Length: 160 bytes (1280 bits)
  Capture Length: 160 bytes (1280 bits)
  [Frame is marked: False]
  [Frame is ignored: False]
  [Protocols in frame: radiotap:wlan_radio:wlan]
▼ Radiotap Header v0, Length 18
  Header revision: 0
  Header pad: 0
  Header length: 18
  ▶ Present flags
  ▶ Flags: 0x00
  Data Rate: 1,0 Mb/s
  Channel frequency: 2442 [BG 7]
  ▶ Channel flags: 0x00a0, Complementary Code Keying (CCK), 2 GHz spectrum
  SSI Signal: -58 dBm
  Antenna: 2
  ▶ RX flags: 0x0000
▼ 802.11 radio information
  PHY type: 802.11b (4)
  Short preamble: False
  Data rate: 1,0 Mb/s ← Übertragungsrate des Beacon
  Channel: 7
  Frequency: 2442 MHz ← Übertragungsfrequenz (Kanalfrequenz)
  Signal strength (dBm): -58 dBm
  ▶ [Duration: 1328 us] ← Dauer des Beacon
▶ IEEE 802.11 Beacon frame, Flags: .....
▼ IEEE 802.11 wireless LAN management frame
  Fixed parameters (12 bytes)
  Timestamp: 0x0000000087780181
  Beacon Interval: 0,020480 [Seconds] ← Beacon-Intervall
  Capabilities Information: 0x0431
  Tagged parameters (106 bytes)
  ▶ Tag: SSID parameter set: Siemens Network 1 ← SSID Netzwerk
  ▶ Tag: Supported Rates 1(B), 2(B), 5.5(B), 6, 11(B), 12, 24, 36, [Mbit/sec]
  ▶ Tag: DS Parameter set: Current Channel: 7 ← WLAN-Kanalnummer
  ▶ Tag: Traffic Indication Map (TIM): DTIM 0 of 0 bitmap
  ▶ Tag: Country Information: Country Code DE, Environment Any
  ▶ Tag: ERP Information
  ▶ Tag: Extended Supported Rates 9, 18, 48, 54(B), [Mbit/sec]
  ▶ Tag: RSN Information
  ▶ Tag: Vendor Specific: SiemensN
  ▶ Tag: Vendor Specific: AtherosC: Unknown
  
```

Abbildung 3: Beacon Analyse mit Wireshark

### Jitter

Spezifikation		
Frequenz	Auflösung	Genauigkeit
Bis 350MHz	10 Stellen	280f <sub>SRMS</sub>
bis 2,5GHz		

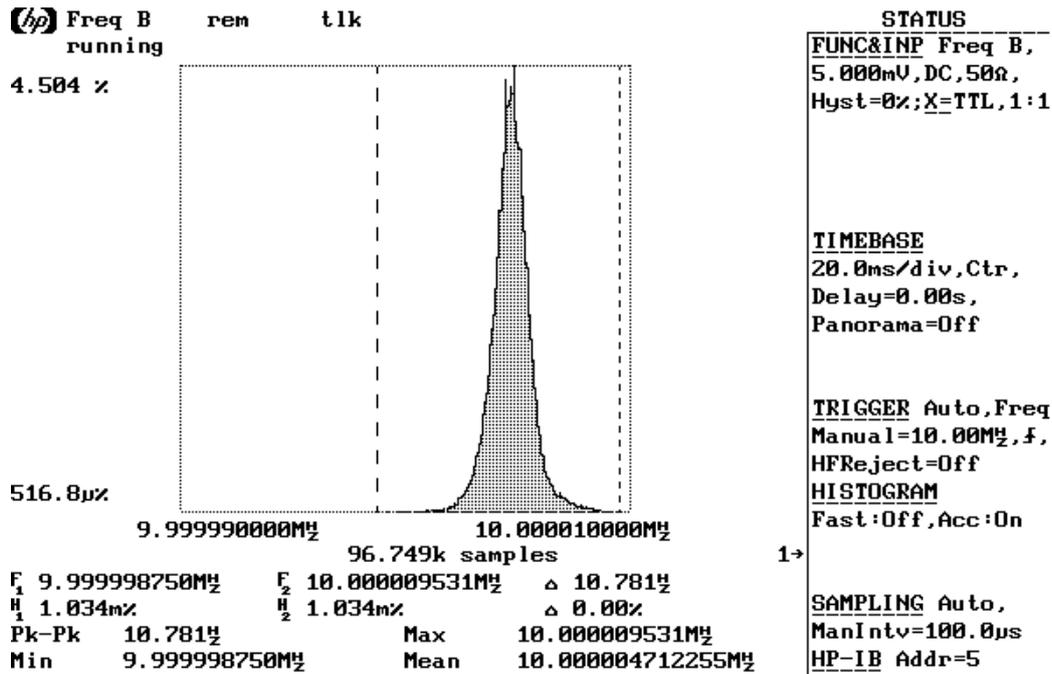


Abbildung 4: Histogramm eines Sinussignal

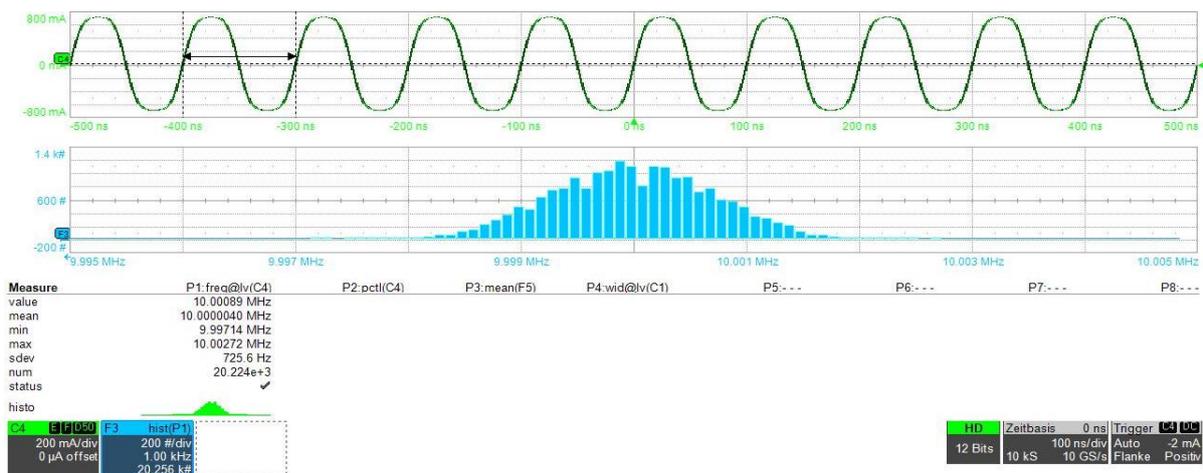


Abbildung 5: Oszillogramm und Histogramm eines Sinussignal

## Spektralanalyse

Spezifikation				
Frequenz	RBW	SNR <sub>AVG</sub>	Phasenrauschen bei 10MHz	
DC bis 9,5GHz	Analog 3Hz bis 20MHz FFT bis 0,1Hz	133 -163 dBm/Hz abhängig vom Frequenzbereich	Offset	
			1kHz	-108
			10kHz	-118

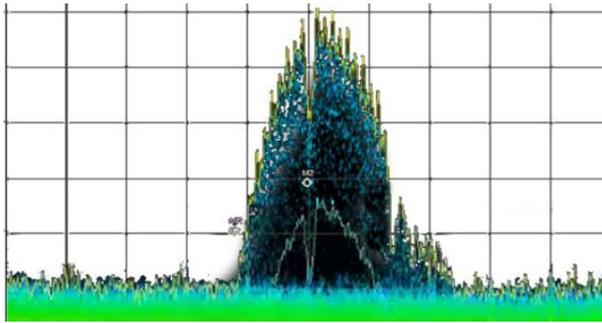


Abbildung 6: Spektralanalyse Beacon

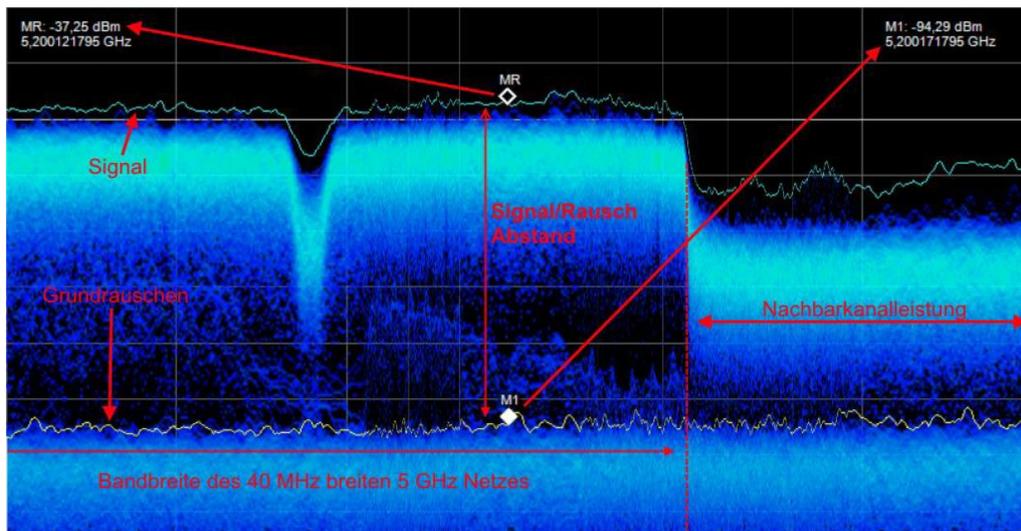


Abbildung 7 SNR und ACP Analyse eines 5GHz WLAN Signales

### Spannung Zeit Ebene

Frequenz	Auflösung	Abtastrate	Impedanz	Speichertiefe	Besonderheit
→ 350MHz	12 Bit	10GS/s	asymmetrisch 50Ω, 1MΩ  15pF	50 MS	FFT, Jitter, Math
→ 500MHz	8 Bit	10MS/s	asymmetrisch 50Ω, 1MΩ  7pF	2 KS	Trigger bis 980MHz

### TDR

Anstiegszeit ≤ 1ns



Abbildung 8: TDR Messung einer Fehlstelle

### Verzerrungen

Klirrfaktor (Total Harmonic Distortion THD): bis 350MHz  
 nichtlineare Übertragungseigenschaften (Intercept Point IP3): bis 990MHz

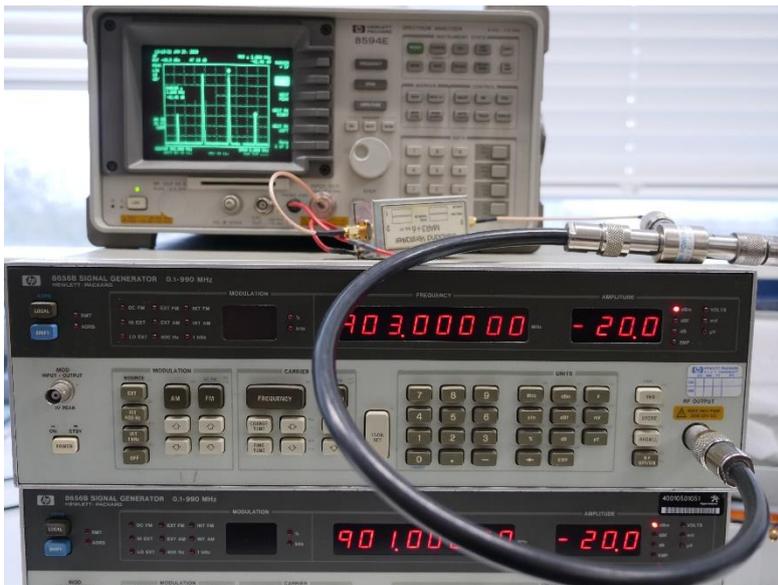


Abbildung 9: Messung an einem 2 stufigen Verstärker

## Antennen

Nah-Feld: H-Feld 9kHz-1GHz

logarithmisch-periodischen Antenne: 680 MHz – 10GHz

Bikonische Antenne: 30MHz - 3GHz

Parabol Antenne: 900MHz – 2,4GHz

WLAN Richtantennen: 2,4 und 5GHz bis zu 18dBi

Koaxiale Schlitzantennen: bis 5GHz

## Funkfeldplanung (WLAN)

Software EKHAU

## Signalquellen

Generatoren bis 990MHz

PLL analog und digital bis 600kHz bzw. 20MHz

GSM bis 1900MHz

WLAN App von Siemens, Cisco, Alcatel Lucent, Aerohive