

Vortrag über die Studienarbeit

SIEMENS
mobile

angefertigt von
cand.-ing. Frank Stegemann
bei
Prof. Dr.-Ing. K. Solbach
Fachgebiet
Hochfrequenztechnik
an der
Universität Duisburg-Essen

Thema:

Charakterisierung eines Modulators
in einem hochintegrierten
Transceiver IC für das GSM
Mobilfunksystem mit Hilfe
automatisierter Messmethoden

- Zielsetzung
- Grundlagen der 8-PSK und der 8-PSK EDGE Modulation
- Modulatoren inklusive Betrachtung ihrer Fehlerquellen
- Messgrößen der 8-PSK EDGE Modulation
- Messaufbau
- Messergebnisse
- Zusammenfassung

- Erstellen eines Programms, mit dem es möglich ist, den Modulator des Sendesystems in einem Mobiltelefon systematisch hinsichtlich seiner Modulationsfehler zu charakterisieren
- Es sollen die auftretenden Modulationsfehler des Modulators im GMSK und im 8-PSK EDGE Modus gemessen und zum Teil grafisch dargestellt werden
- Beschreibung von Modulatoren für die GMSK- und die 8-PSK EDGE Modulation
- Aufstellung der möglichen Ursachen für Modulationsfehler

- Zielsetzung
- **Grundlagen der 8-PSK und der 8-PSK EDGE Modulation**
- Modulatoren inklusive Betrachtung ihrer Fehlerquellen
- Messgrößen der 8-PSK EDGE Modulation
- Messaufbau
- Messergebnisse
- Zusammenfassung

Für ein beliebiges phasen- und amplitudenmoduliertes Signal gilt

$$s(t) = A(t) \cos(\omega_T t + \varphi(t))$$

mit der Trägerfrequenz ω_T , der zeitabhängigen Phase $\varphi(t)$ und der zeitabhängigen Amplitude $A(t)$.

Mit Hilfe der trigonometrischen Identitäten kann $s(t)$ umgeschrieben werden zu

$$\begin{aligned} s(t) &= A(t) [\cos(\omega_T t) \cos(\varphi(t)) - \sin(\omega_T t) \sin(\varphi(t))] \\ &= I(t) \cos(\omega_T t) + Q(t) \sin(\omega_T t) \end{aligned}$$

mit den Inphase- und Quadratursignalen $I(t)$ und $Q(t)$

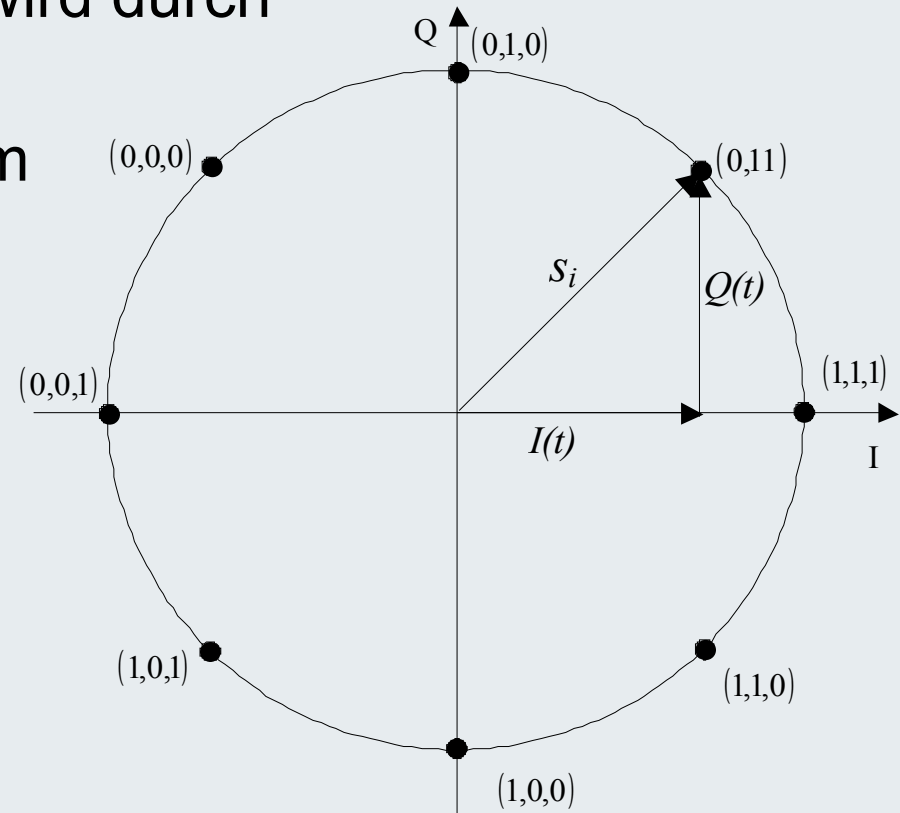
$$I(t) = A(t) \cos(\varphi(t))$$

$$Q(t) = -A(t) \sin(\varphi(t))$$

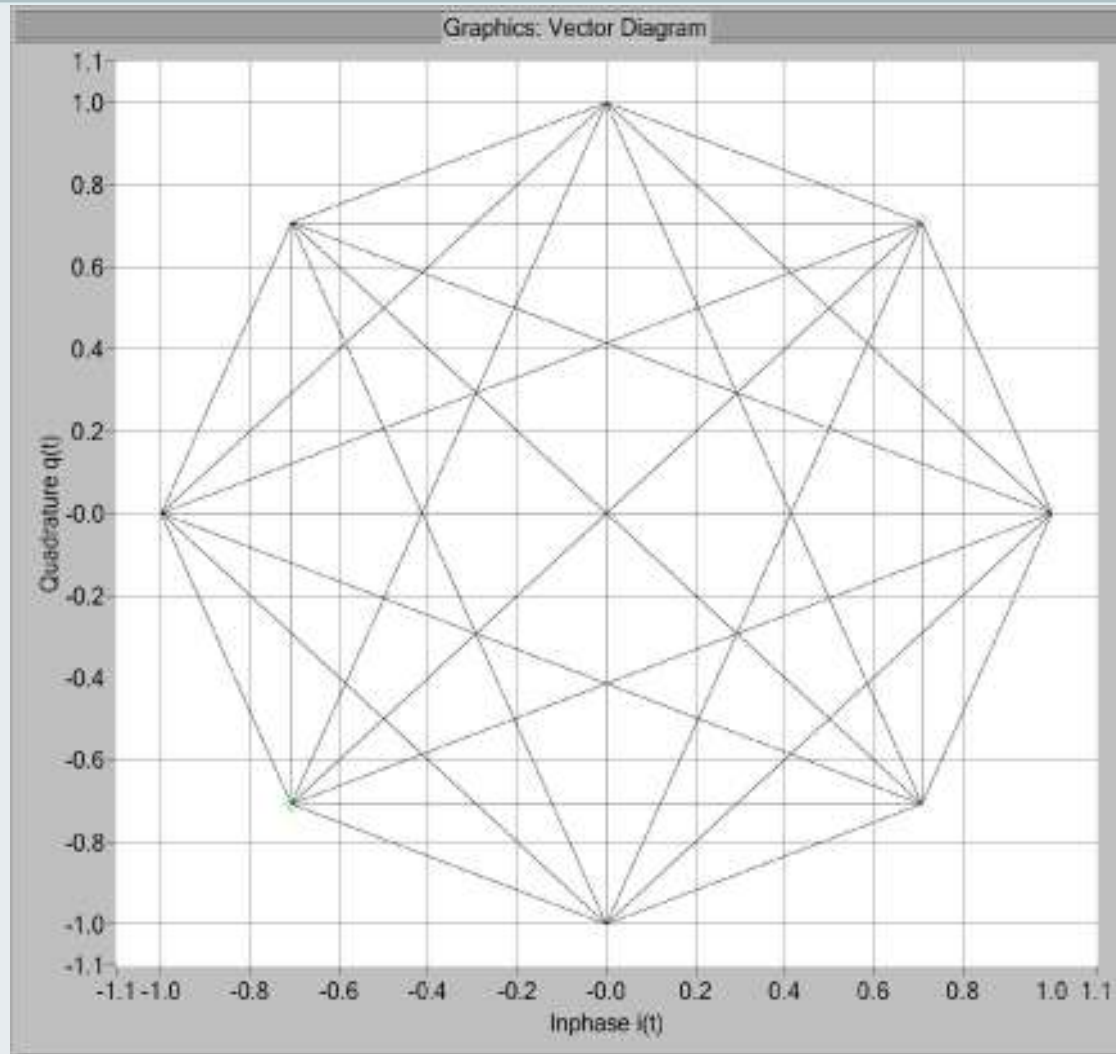
- Die 8-PSK (engl.: **P**hase **S**hift **K**eying) Modulation ist eine digitale Phasenmodulation
- Es existieren 8 diskrete Phasenzustände
- Jeder dieser Phasenzustände wird durch $\log_2(8)=3$ Bits exakt identifiziert
- Diese drei Bits werden zu einem so genannten Symbol zusammengefasst
- Der den einzelnen Symbolen zugeordnete Vektor s_i errechnet sich zu

$$s_i = e^{(j2\pi l)/8}$$

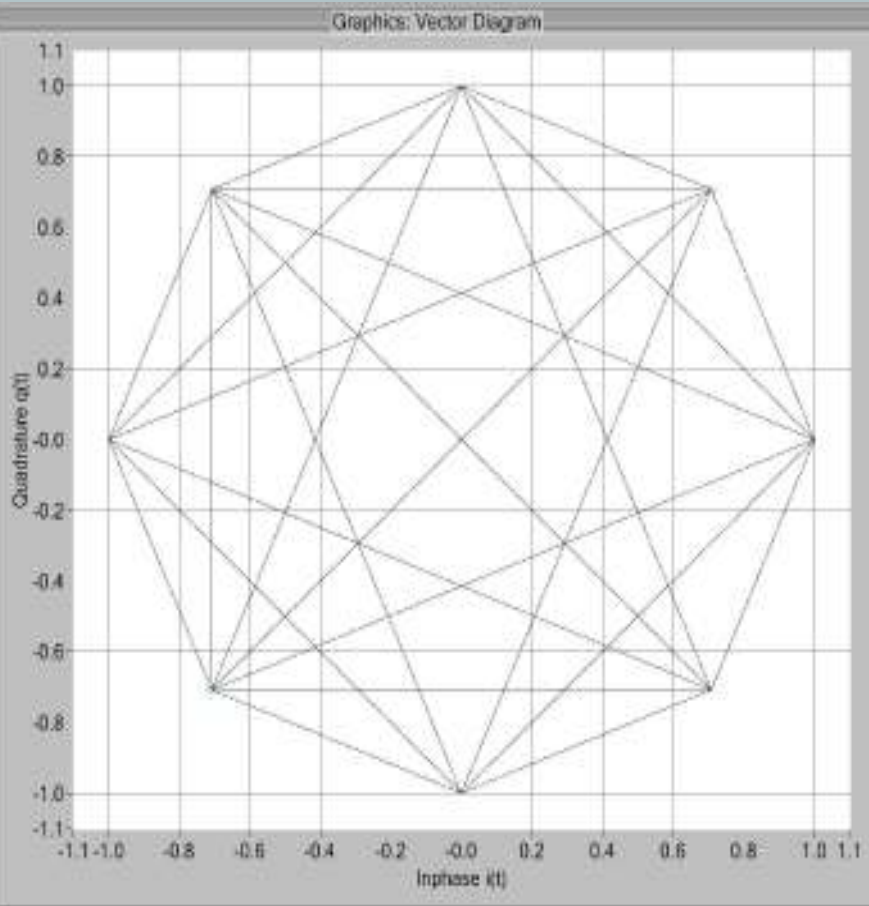
mit dem Symbolparameter l



Grundlagen der 8-PSK Modulation



Vektordiagramm der 8-PSK Modulation

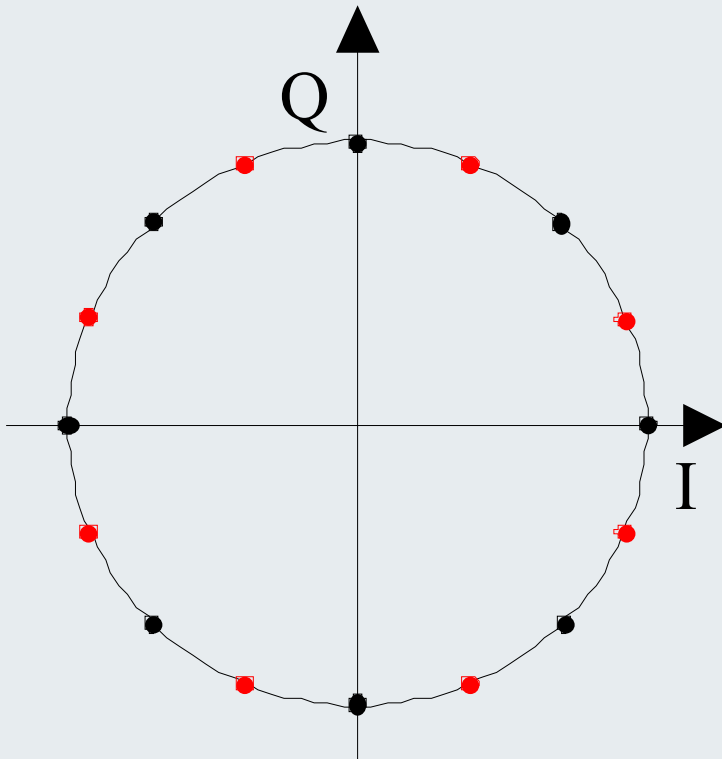


Problem: Durchquerung des Ursprungs

- Ausgangssignal wird kurzzeitig zu null
 - Hoher Dynamikbereich
 - Um Signalverzerrungen zu vermeiden, müsste der Verstärker in einem großen Bereich eine lineare Kennlinie aufweisen.
- In der Mobilfonteknik werden jedoch Klasse-C Verstärker mit einer stark nichtlinearen Kennlinie eingesetzt
→ Signalverzerrungen (Oberwellen, Intermodulation)

Eine Verbesserung bietet die **8-PSK EDGE** Modulation

- Bei der 8-PSK EDGE (engl.: **E**nanced **D**atarates for **G**lobal **E**volution) Modulation wird das Koordinatensystem zwischen zwei gesendeten Symbolen um $\Delta\varphi = 3\pi/8$ rotiert.

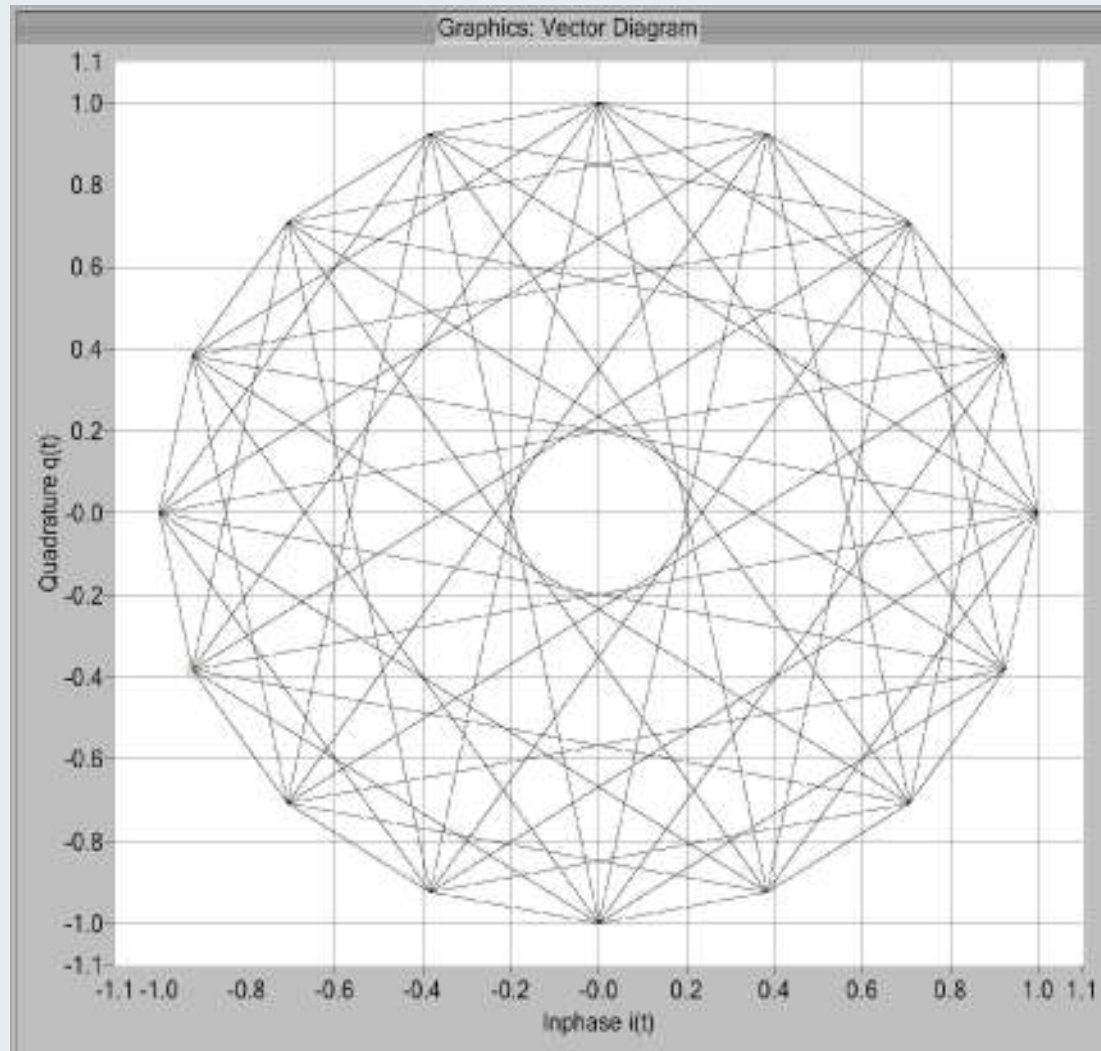


- Der Signalvektor kann demzufolge geschrieben werden als

$$\hat{s}_i = s_i \cdot e^{\frac{j3\pi i}{8}}$$

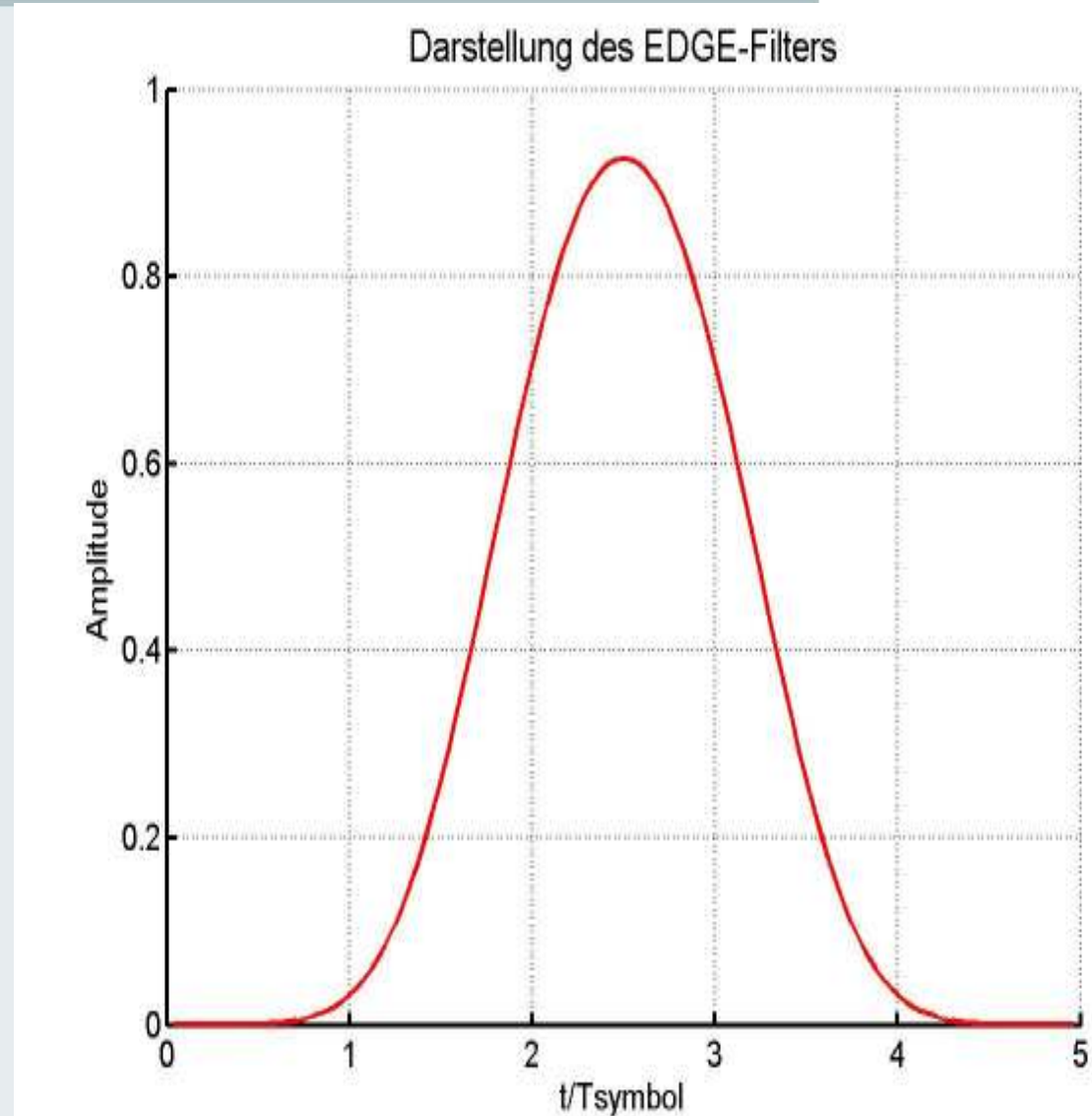
- Dadurch wird eine Durchquerung des Ursprunges vermieden und somit der Dynamikbereich verringert

Grundlagen der 8-PSK EDGE Modulation



Vektordiagramm der 8-PSK EDGE Modulation

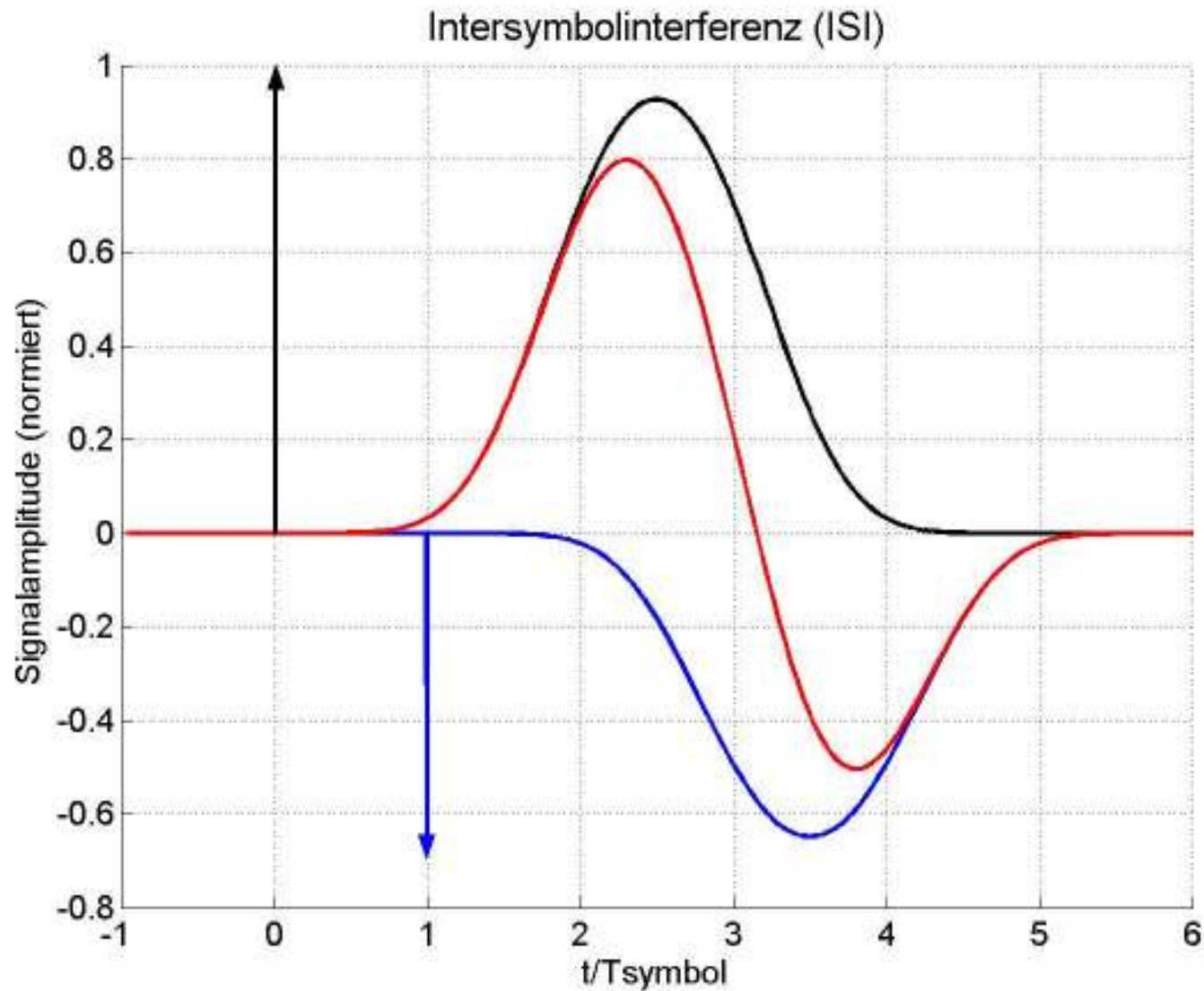
- Um die Bandbreite zu reduzieren, wird das Signal mit einem so genannten EDGE-Filter gefiltert.
- Dieser EDGE-Filter entspricht einem modifizierten (linearisierten) Gaußfilter.



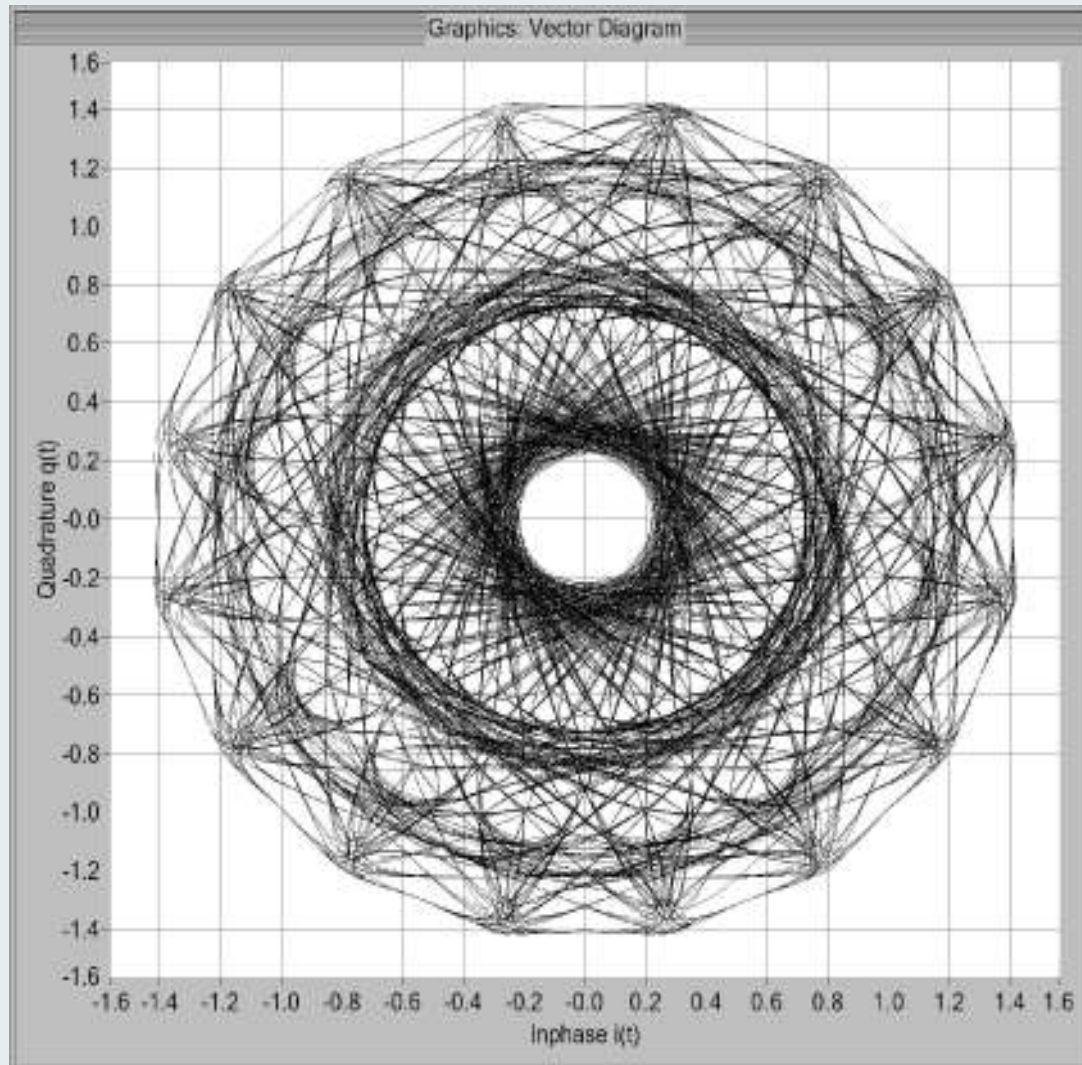
Allerdings hat diese Filterung auch einen negativen Effekt:

- Die zuvor 8 separaten Phasenzustände werden in zahlreiche Phasenzustände gestreut.
- Der Grund dafür ist, dass die gesendeten Datensymbole sich aufgrund der Filterung überlappen.
- Man spricht von der so genannten **Intersymbolinterferenz (ISI)**.

Grundlagen der 8-PSK Modulation

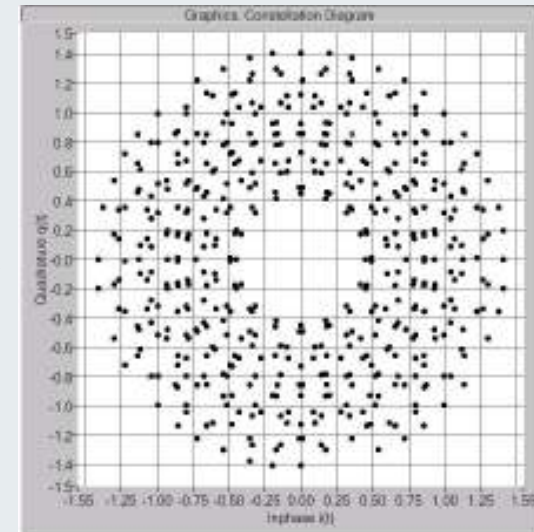
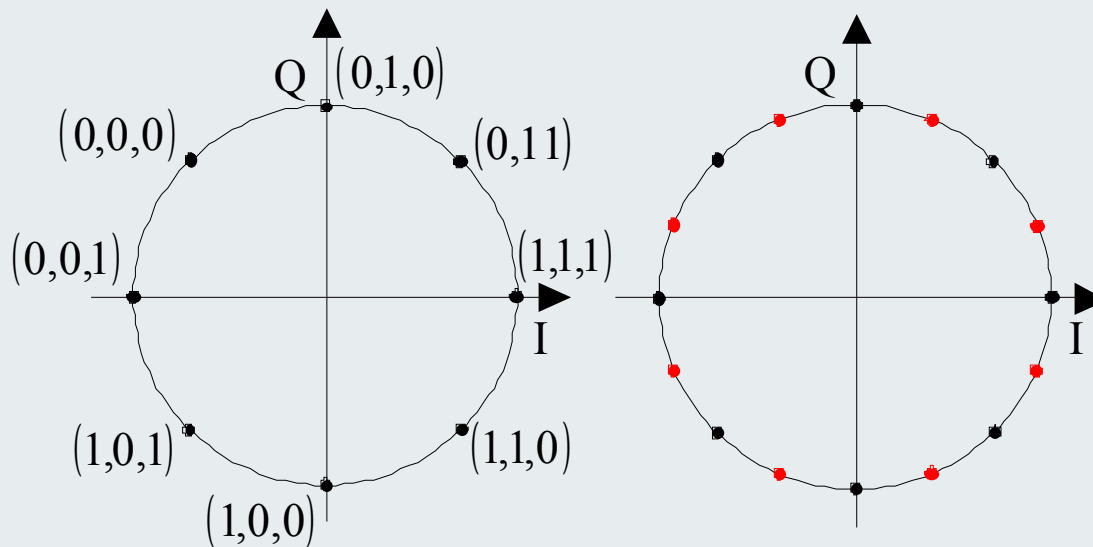
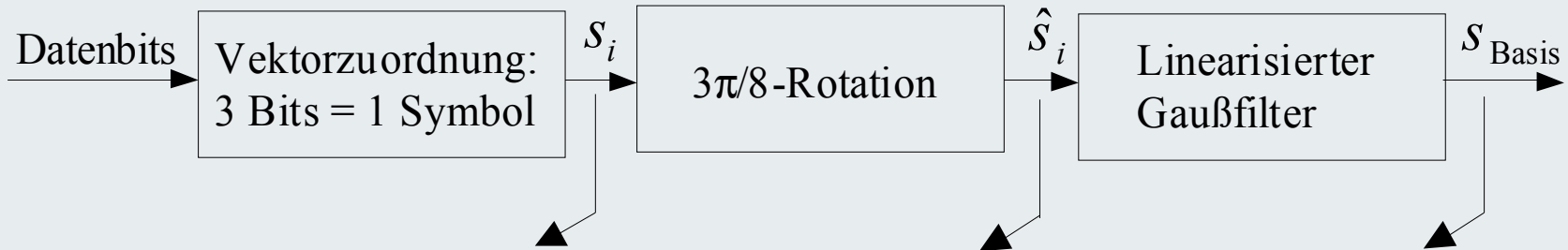


Grundlagen der 8-PSK EDGE Modulation



Vektordiagramm der 8-PSK EDGE Modulation

Grundlagen der 8-PSK EDGE Modulation



Erzeugung des 8-PSK EDGE Signals

- Zielsetzung
- Grundlagen der 8-PSK und der 8-PSK EDGE Modulation
- **Modulatoren inklusive Betrachtung ihrer Fehlerquellen**
- Messgrößen der 8-PSK EDGE Modulation
- Messaufbau
- Messergebnisse
- Zusammenfassung

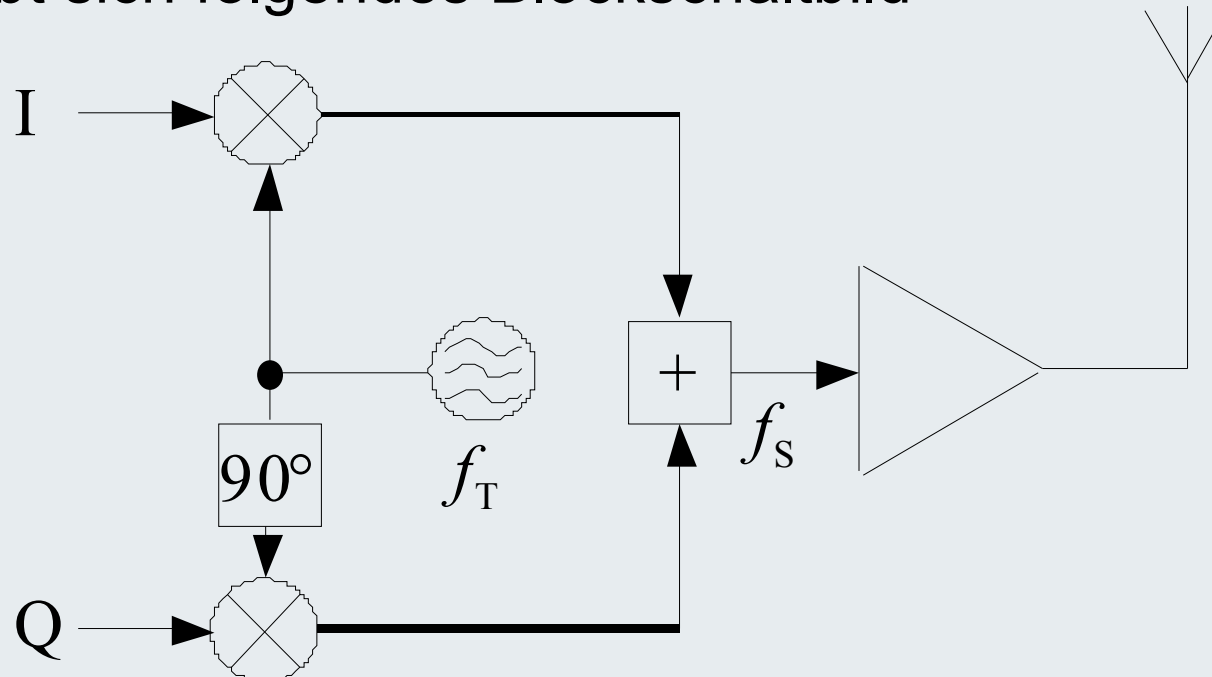
- I/Q-Modulator
- Polar Loop Modulator

Modulatoren: Der I/Q-Modulator

Wie bereits hergeleitet wurde, kann das Sendesignal folgendermaßen geschrieben werden

$$s(t) = I(t)\cos(\omega_T t) + Q(t)\sin(\omega_T t)$$

Daraus ergibt sich folgendes Blockschaltbild



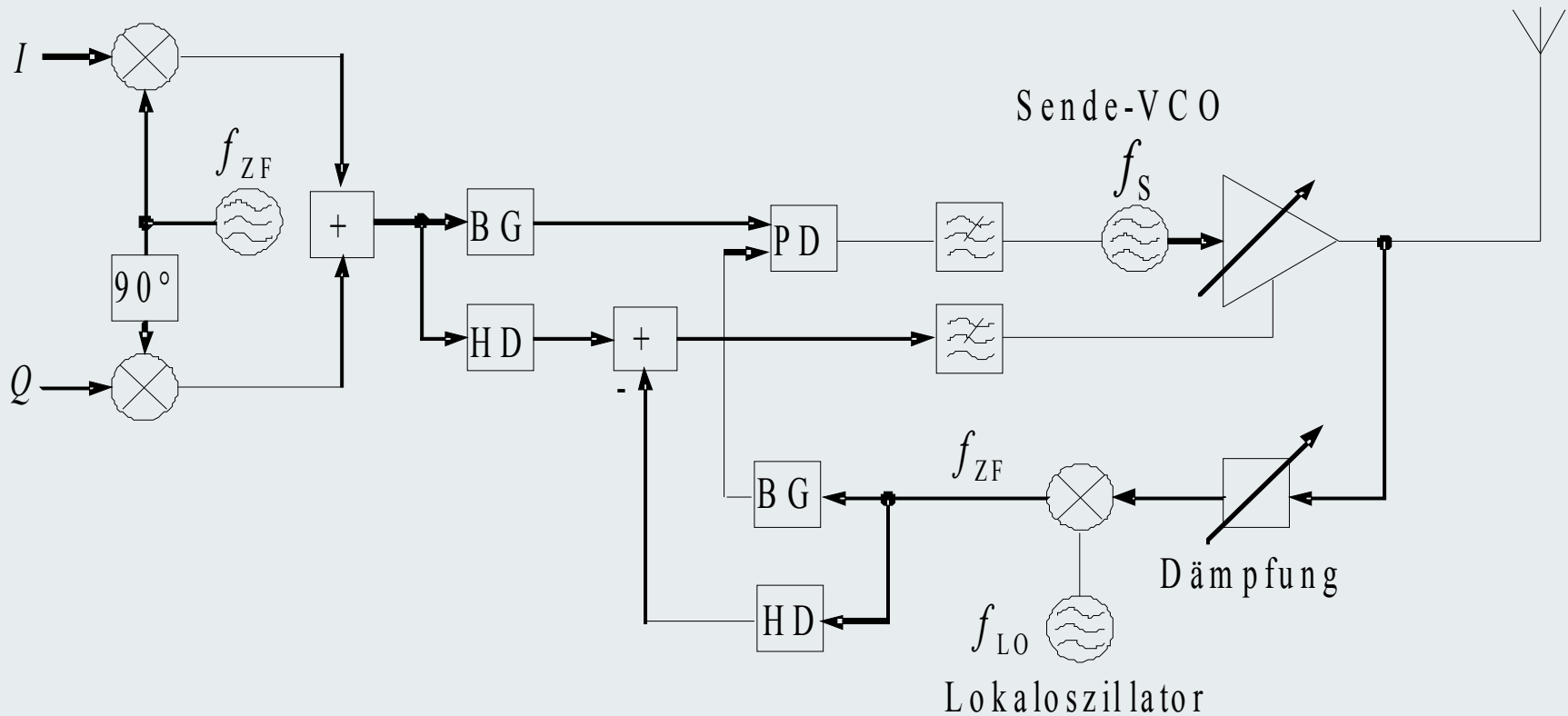
Fehlerquellen des I/Q-Modulators:

- In der Praxis ist es schwierig, zwei vollkommen identische Zweige für den Inphase- und den Quadraturpfad zu realisieren.
- Liefern die Mischer z.B. verschieden große Ausgangssignale, verformt sich das Konstellationsdiagramm zu einer Ellipse
→ Es tritt eine zusätzliche Amplitudenmodulation auf
- Die gleichen Auswirkungen treten auf, wenn der Phasenschieber nicht exakt die 90° Phasenverschiebung realisiert. Wiederum verformt sich das Konstellationsdiagramm zu einer Ellipse (→ zusätzliche Amplitudenmodulation)

- Durch AM/PM Konversion innerhalb des Verstärkers kann es zu Phasenfehlern kommen.
- Der Oszillator und die Mischer fügen dem Signal Rauschen hinzu.
- Durch die Abstrahlung des Sendesignals über die Antenne kann es zu Kopplungen mit Oszillator kommen.
→ Unerwünschte Frequenzkomponenten im Spektrum

- I/Q-Modulator
- **Polar Loop Modulator**

Modulatoren: Der Polar Loop Modulator



BG = Begrenzer; **HD** = Hüllkurvendetektor; **PD** = Phasendetektor;

Modulatoren: Der Polar Loop Modulator

Fehlerquellen des Polar Loop Modulators:

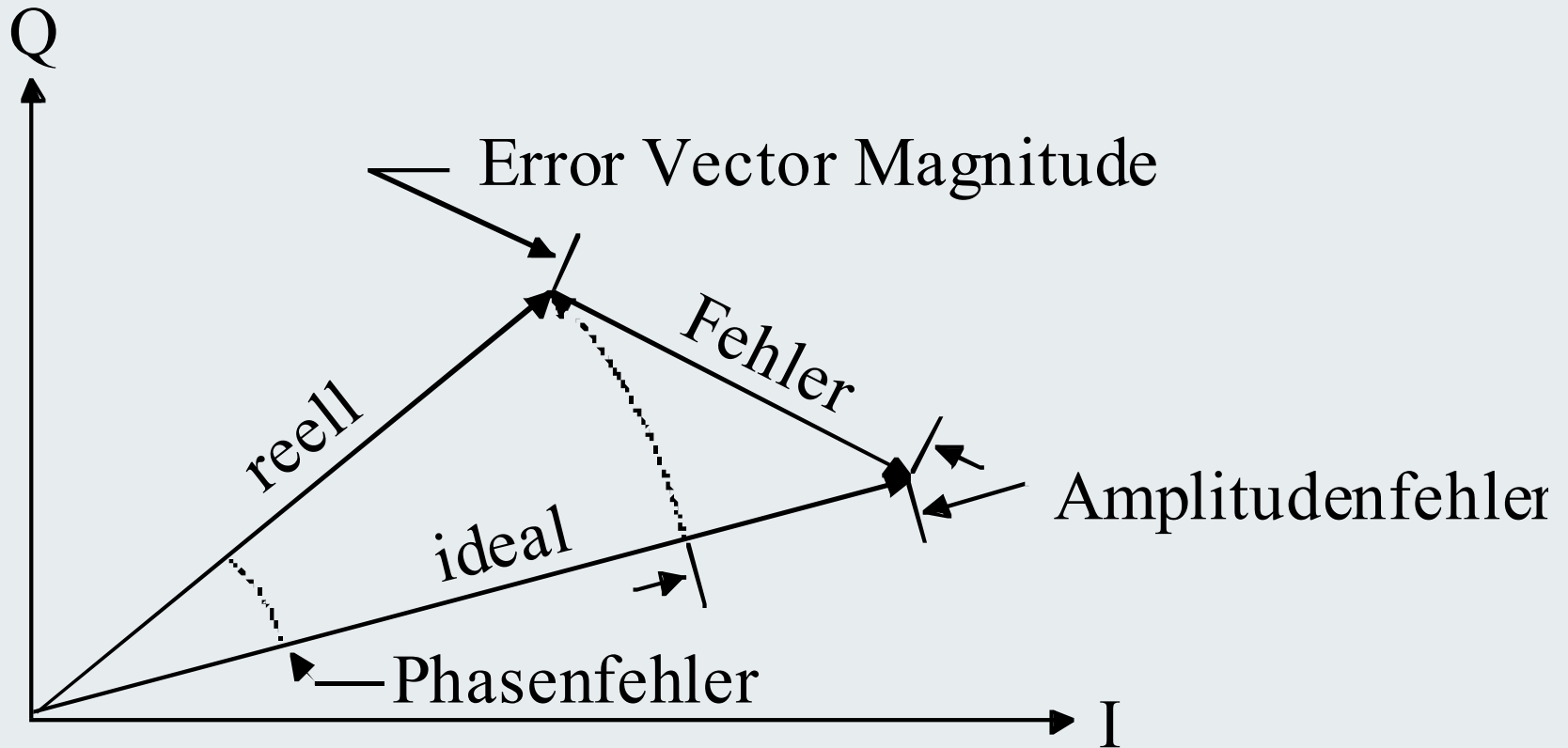
- Um ein fehlerfreies Ausgangssignal zu erhalten, muss der Phasen- und der Amplitudenanteil des Sendesignals phasenrichtig wieder zusammengesetzt werden.
 - Exakt gleiche Laufzeit für beide Regelkreise
- Durch die Abstrahlung des Sendesignals über die Antenne kann es zu Kopplungen mit Sende-VCO und Lokaloszillator kommen.
 - Unerwünschte Frequenzkomponenten im Spektrum
- Rauschen der Regelkreise und des Verstärkers
- Einschwingdauer der Regelkreise

Modulatoren: Der Polar Loop Modulator

- Beim Einschalten des Verstärkers, speziell bei hoher Sendeleistung, kann aufgrund des hohen fließenden Stromes die Spannung an VCO schwanken.
→ Frequenz- bzw. Phasenfehler

- Zielsetzung
- Grundlagen der 8-PSK und der 8-PSK EDGE Modulation
- Modulatoren inklusive Betrachtung ihrer Fehlerquellen
- **Messgrößen der 8-PSK EDGE Modulation**
- Messaufbau
- Messergebnisse
- Zusammenfassung

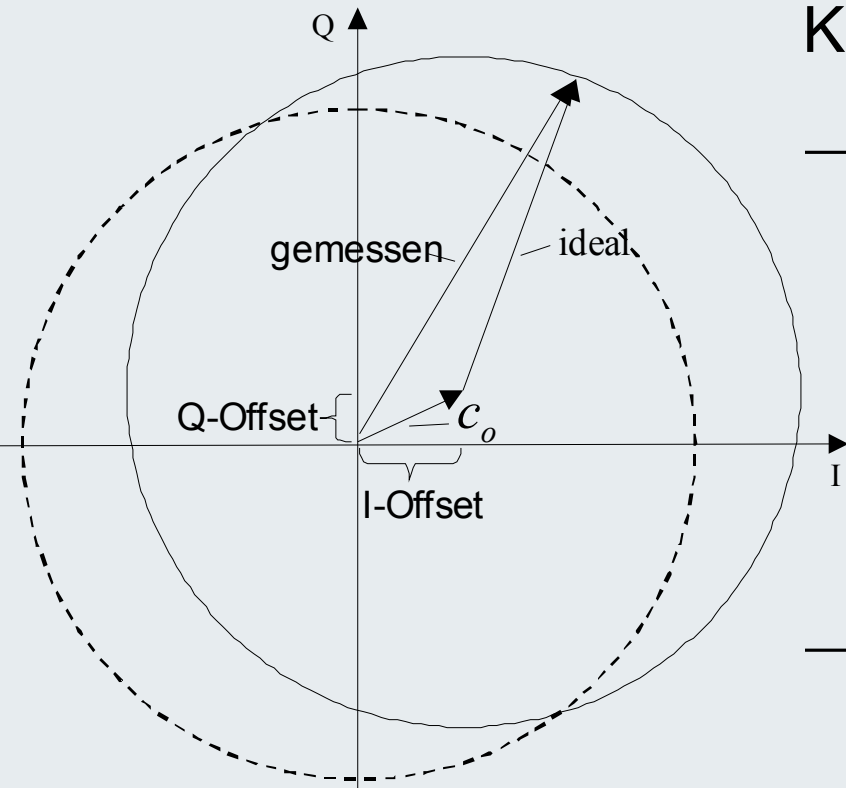
- **Error Vector Magnitude** (kurz: EVM)
- **I/Q-Origin Offset Suppression** (kurz: OOS)
- 95tel Prozent Kriterium



Vektordiagramm der 8-PSK EDGE Modulation

- Error Vector Magnitude (kurz: EVM)
- **I/Q-Origin Offset Suppression (kurz: OOS)**
- 95tel Prozent Kriterium

- Der Vektor des idealen Sendesignals dreht sich nicht mehr um den Koordinatenursprung.



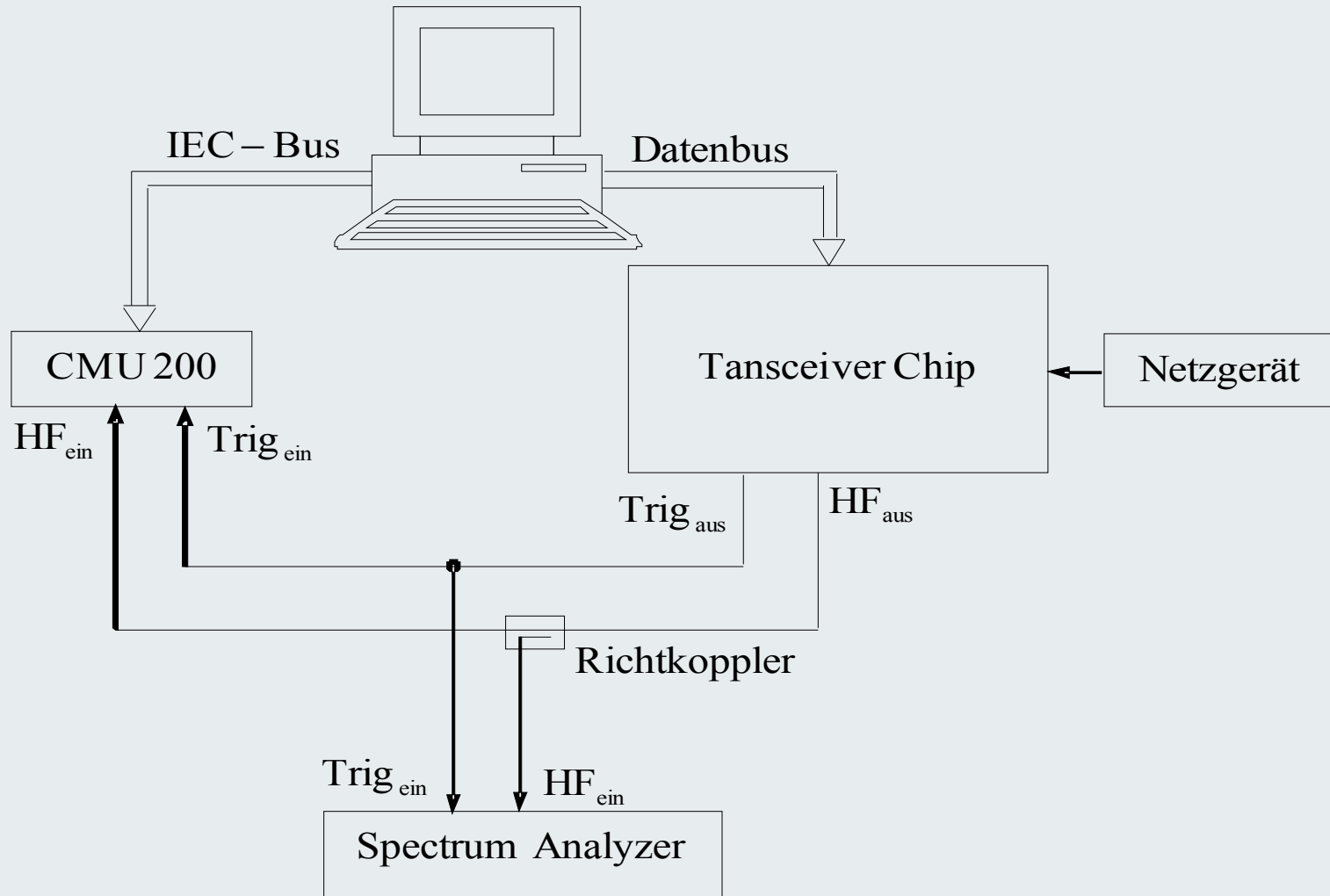
- Das Konstellationsdiagramm verschiebt sich, wodurch der Mittelpunkt des Konstellationsdiagramms nicht mehr mit dem Koordinatenursprung übereinstimmt.
- Es kommt zu einer zusätzlichen Amplitudenmodulation
- Verursacht Trägerrest im Spektrum

- Error Vector Magnitude (kurz: EVM)
- I/Q-Origin Offset Suppression (kurz: OOS)
- **95tel Prozent Kriterium**

Messgrößen: 95tel Prozent Kriterium

Das 95tel Prozent Kriterium besagt, dass maximal 5% der Messwerte eine EVM von größer 15% haben dürfen.

- Zielsetzung
- Grundlagen der 8-PSK und der 8-PSK EDGE Modulation
- Modulatoren inklusive Betrachtung ihrer Fehlerquellen
- Messgrößen der 8-PSK EDGE Modulation
- **Messaufbau**
- Messergebnisse
- Zusammenfassung

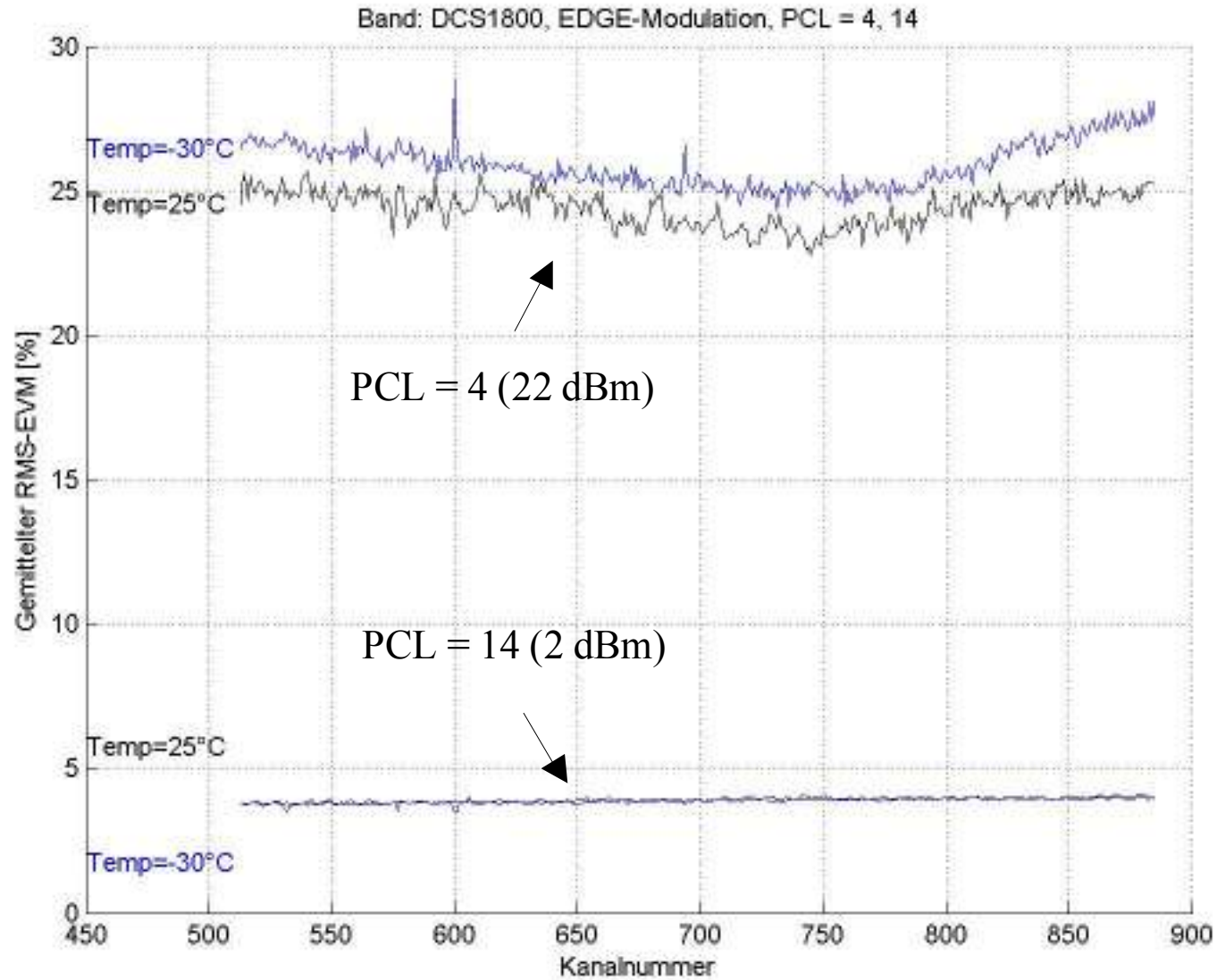


Messaufbau

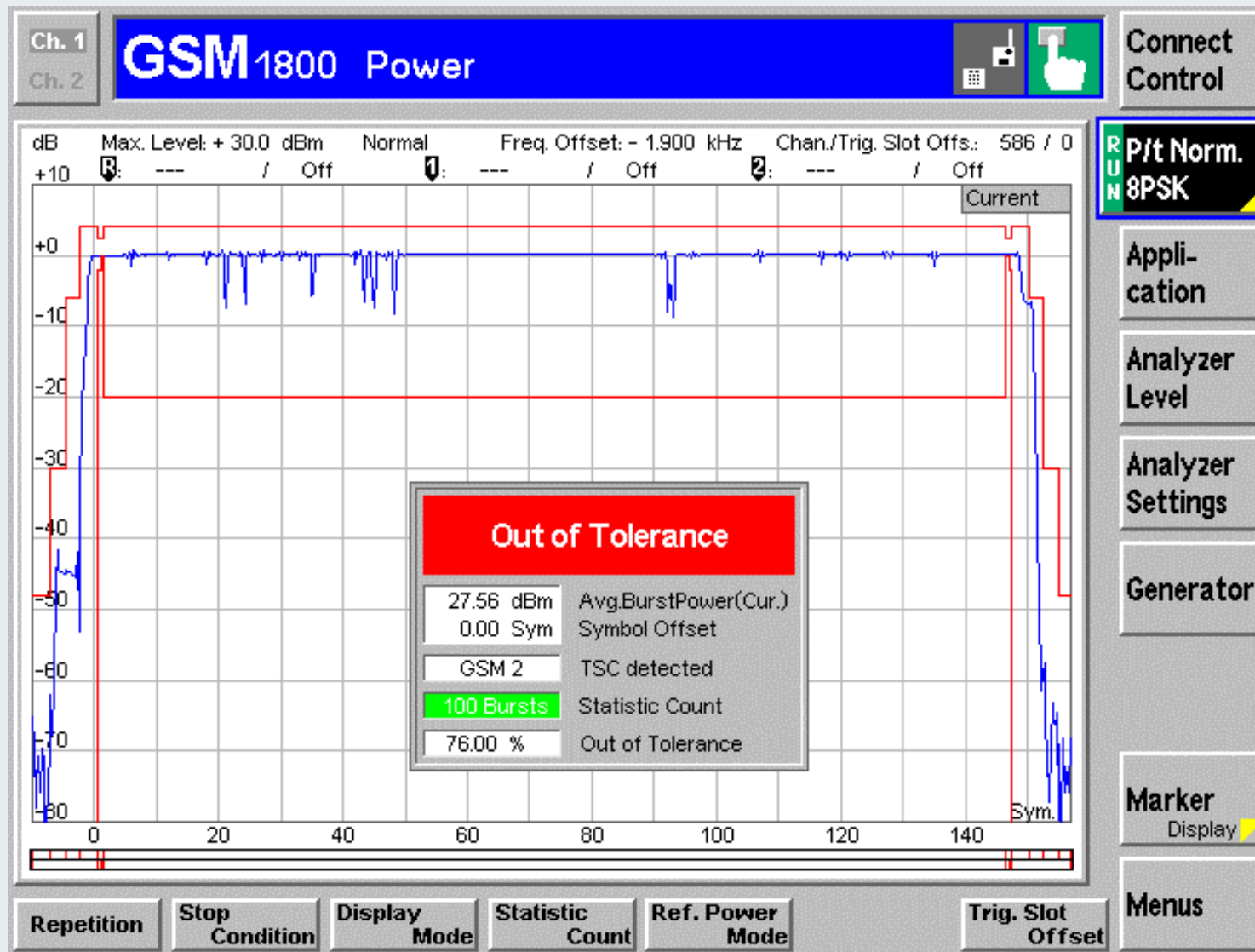


- Zielsetzung
- Grundlagen der 8-PSK und der 8-PSK EDGE Modulation
- Modulatoren inklusive Betrachtung ihrer Fehlerquellen
- Messgrößen der 8-PSK EDGE Modulation
- Messaufbau
- **Messergebnisse**
- Zusammenfassung

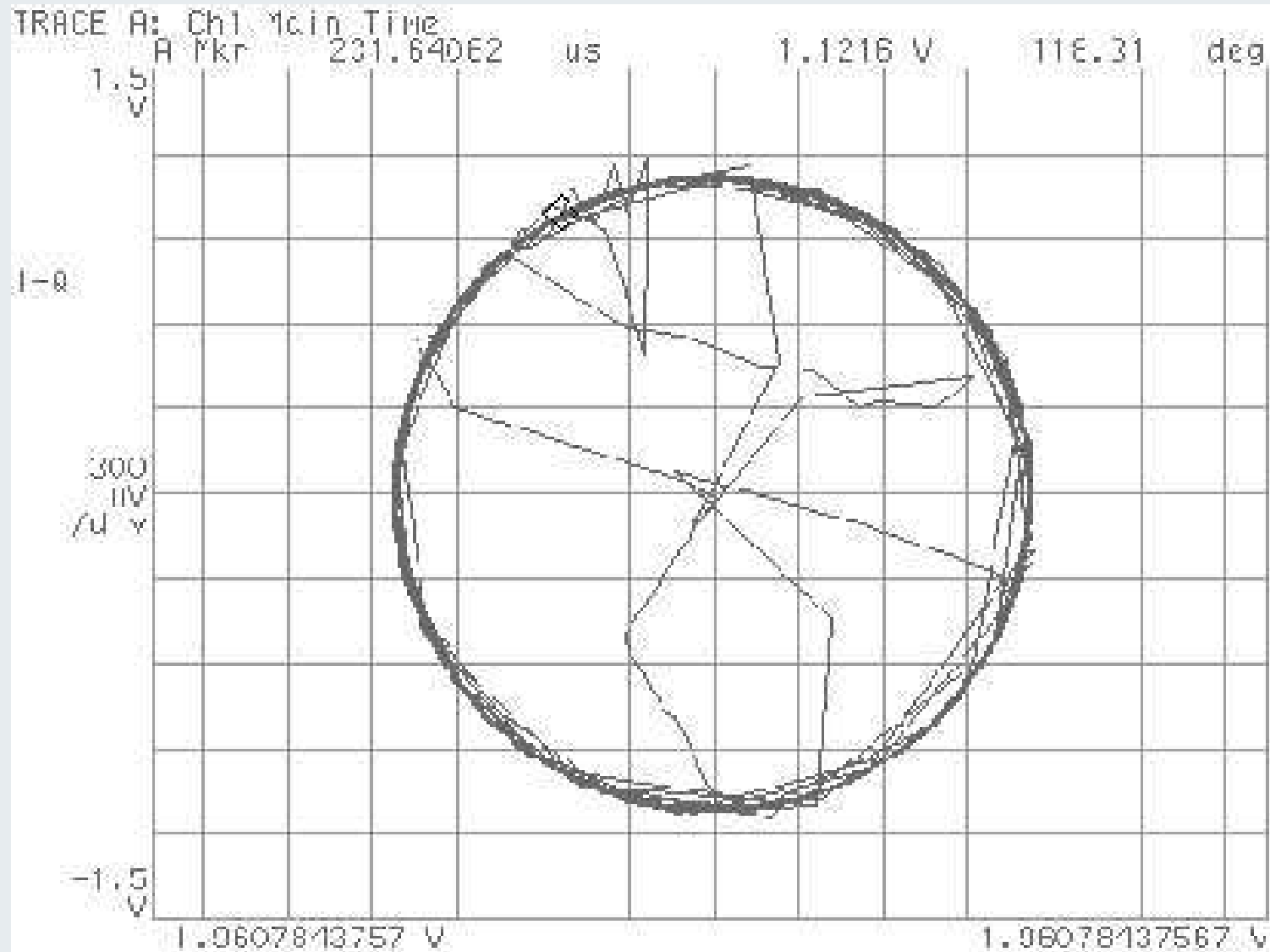
Messergebnisse



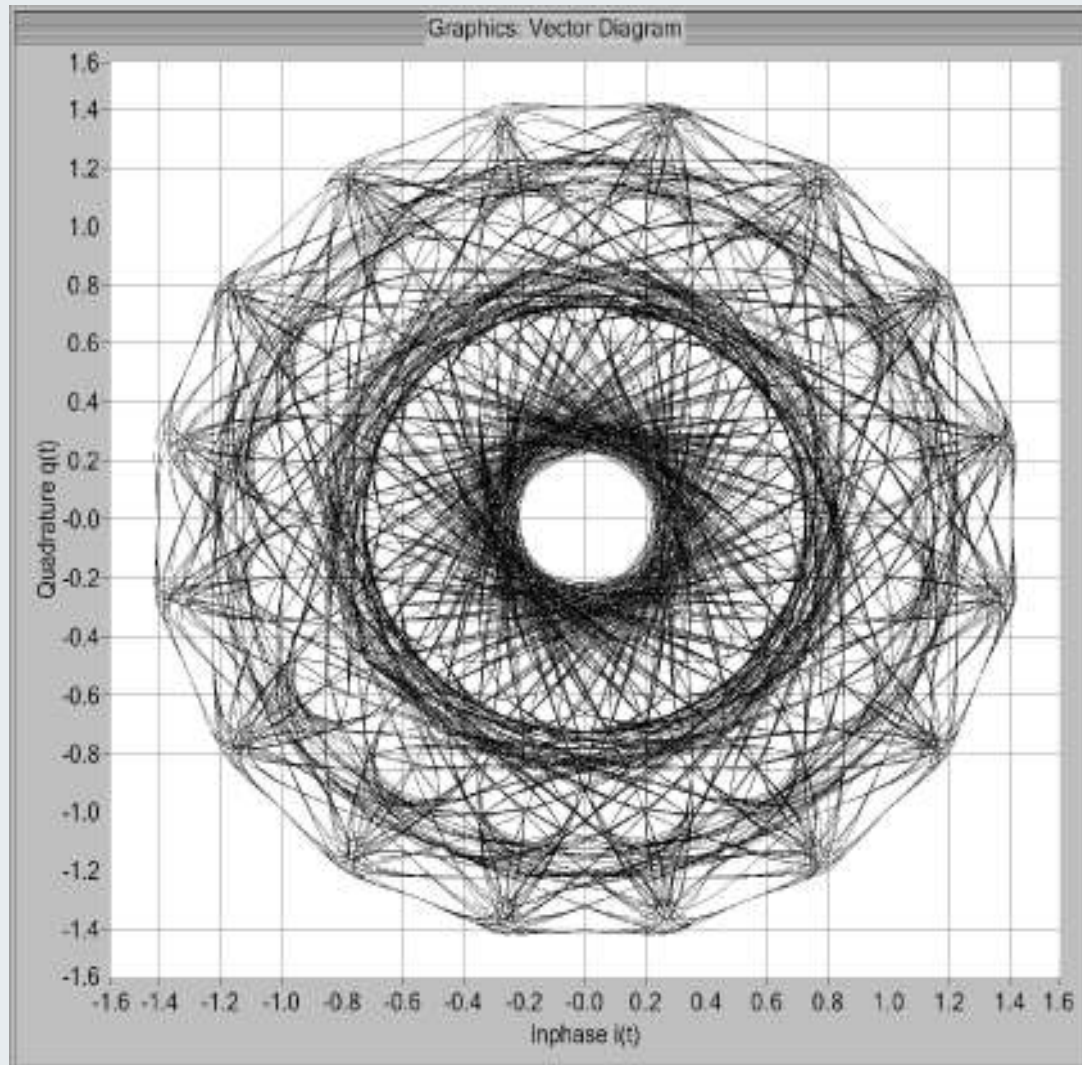
Messergebnisse



Messergebnisse

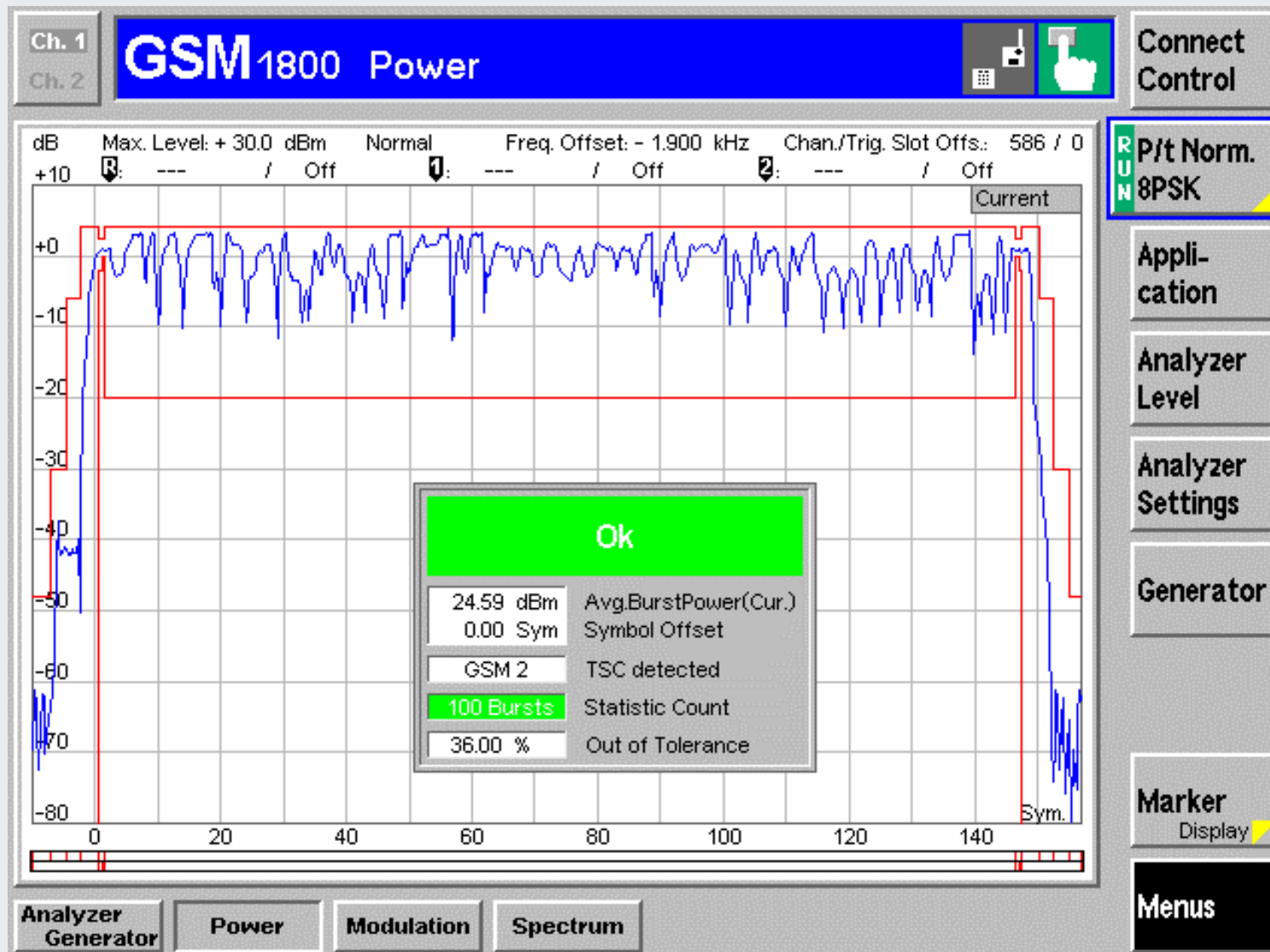


Grundlagen der 8-PSK EDGE Modulation

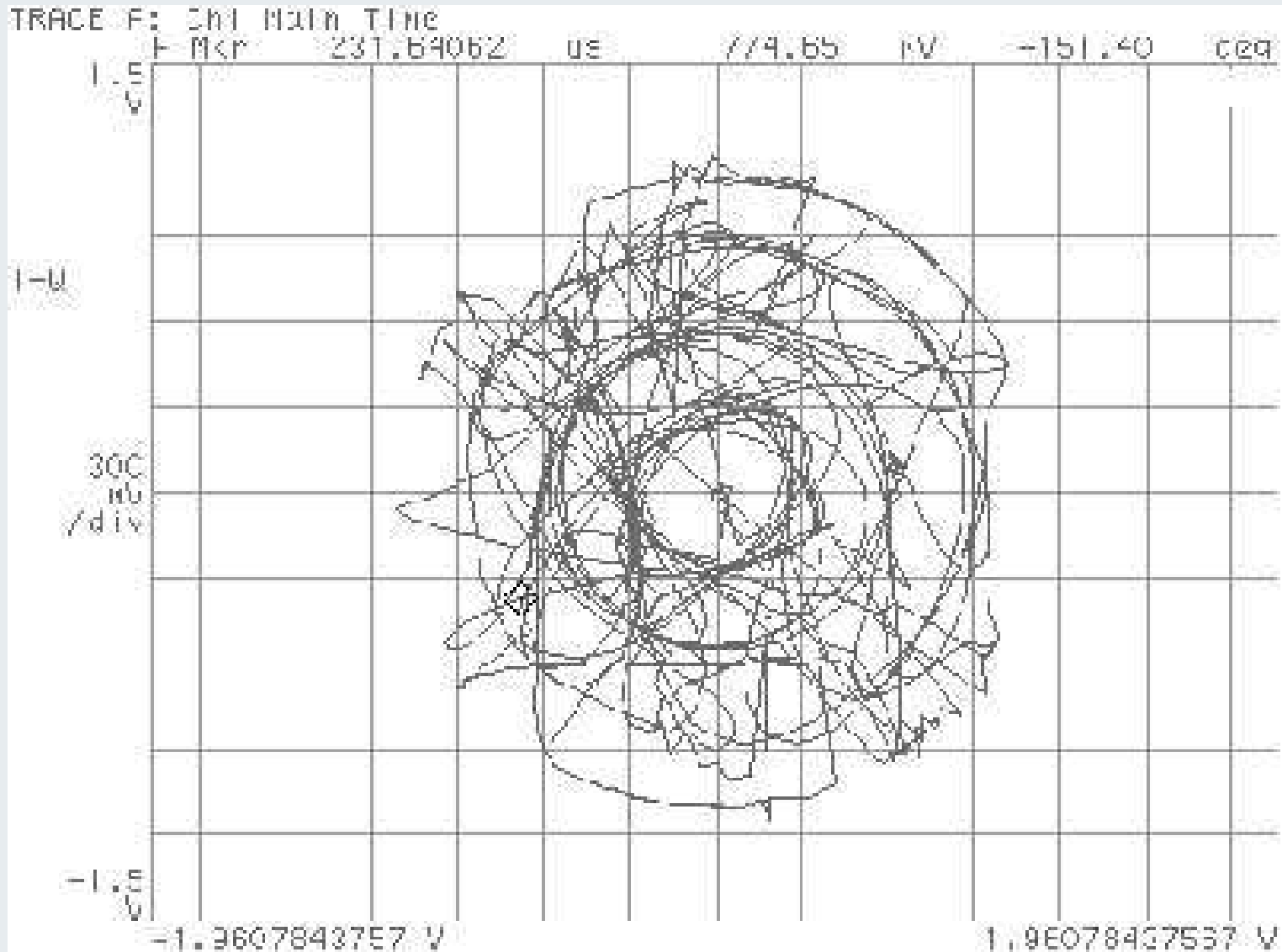


Vektordiagramm der 8-PSK EDGE Modulation

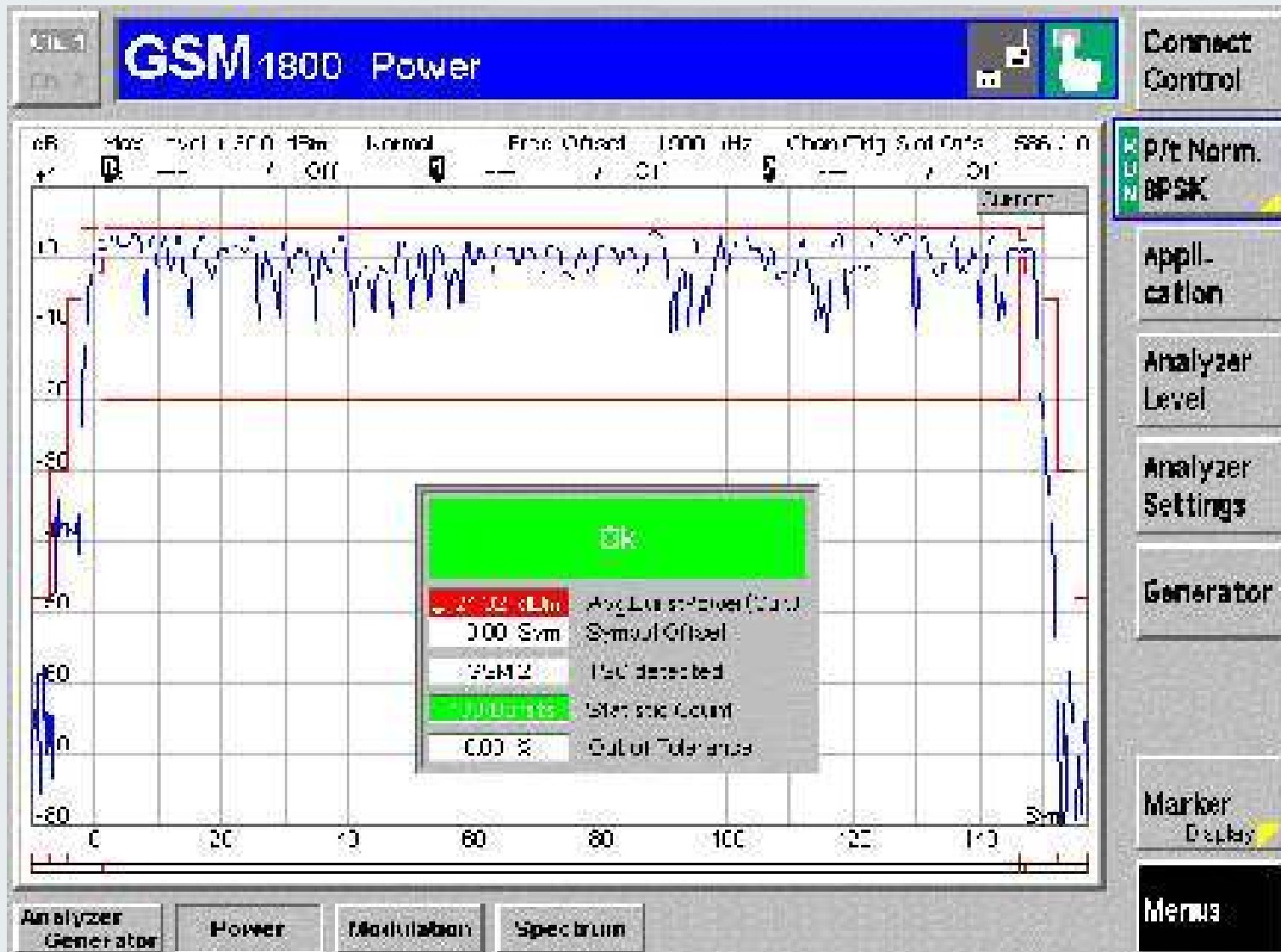
Messergebnisse



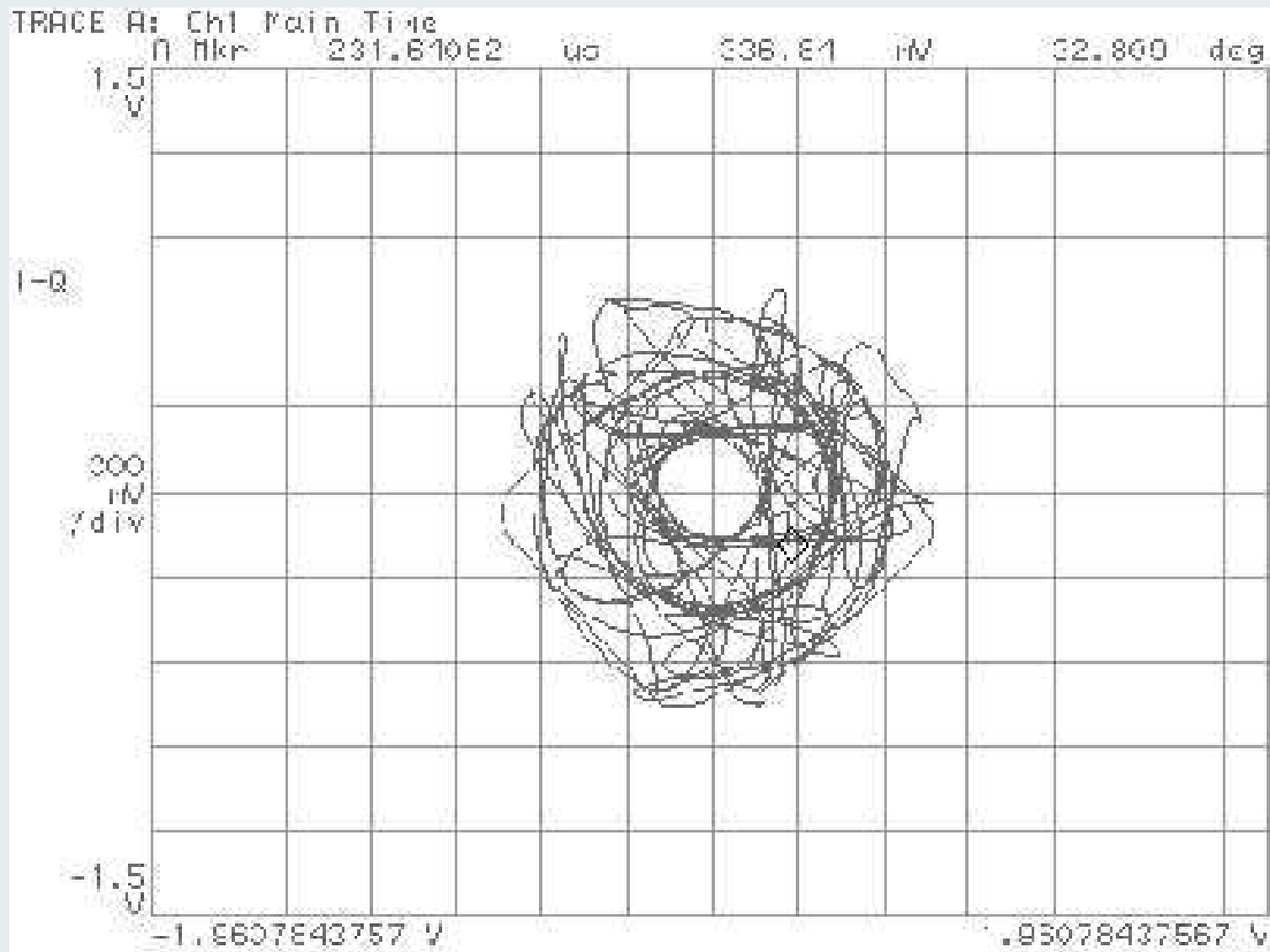
Messergebnisse



Messergebnisse



Messergebnisse



- Zielsetzung
- Grundlagen der 8-PSK und der 8-PSK EDGE Modulation
- Modulatoren inklusive Betrachtung ihrer Fehlerquellen
- Messgrößen der 8-PSK EDGE Modulation
- Messaufbau
- Messergebnisse
- **Zusammenfassung**

- Es ist ein Programm erstellt worden, mit dem es möglich ist, den Modulator des Sendesystems eines Mobiltelefons systematisch zu charakterisieren.
- Im Rahmen der mit diesem Programm durchgeführten Messungen sind mehrere Effekte bzw. Fehler entdeckt worden, die einer weiteren Untersuchung bedürfen.
- Für die Zukunft wäre es sinnvoll, das Programm dahingehend zu vervollständigen, dass auch Leistungs- und Spektrumsmessungen durchgeführt werden können.
- Außerdem könnte eine Programmierung des Netzgerätes mit einbezogen werden, um Effekte, die durch Variation der Betriebsspannung auftreten, untersuchen zu können.

Vielen Dank!