

Realisierung eines automatischen Meßplatzes zur Bestimmung von Großsignal S-Parametern nicht linearer Bauelemente

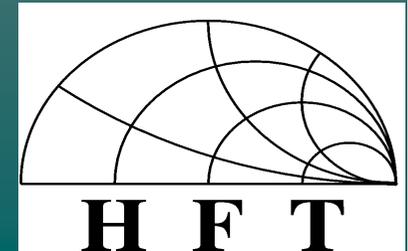
Bei Prof. Dr. Ing. K. Solbach
Fachgebiet : Hochfrequenztechnik
Universität Duisburg-Essen

Vortrag D II , cand. Ing. T. Kuhn, Duisburg, 16.09.05

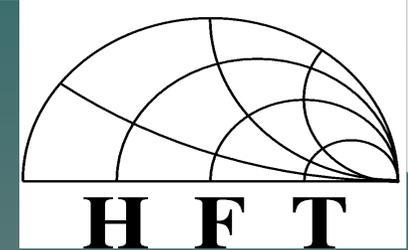


Überblick

- ◆ Einleitung und Übersicht
- ◆ Transistor im Großsignalbetrieb
- ◆ Großsignal S-Parameter
- ◆ LabVIEW
- ◆ Vorstellung des Programms
- ◆ Darstellung von Messungen
- ◆ Zusammenfassung
- ◆ Ausblick

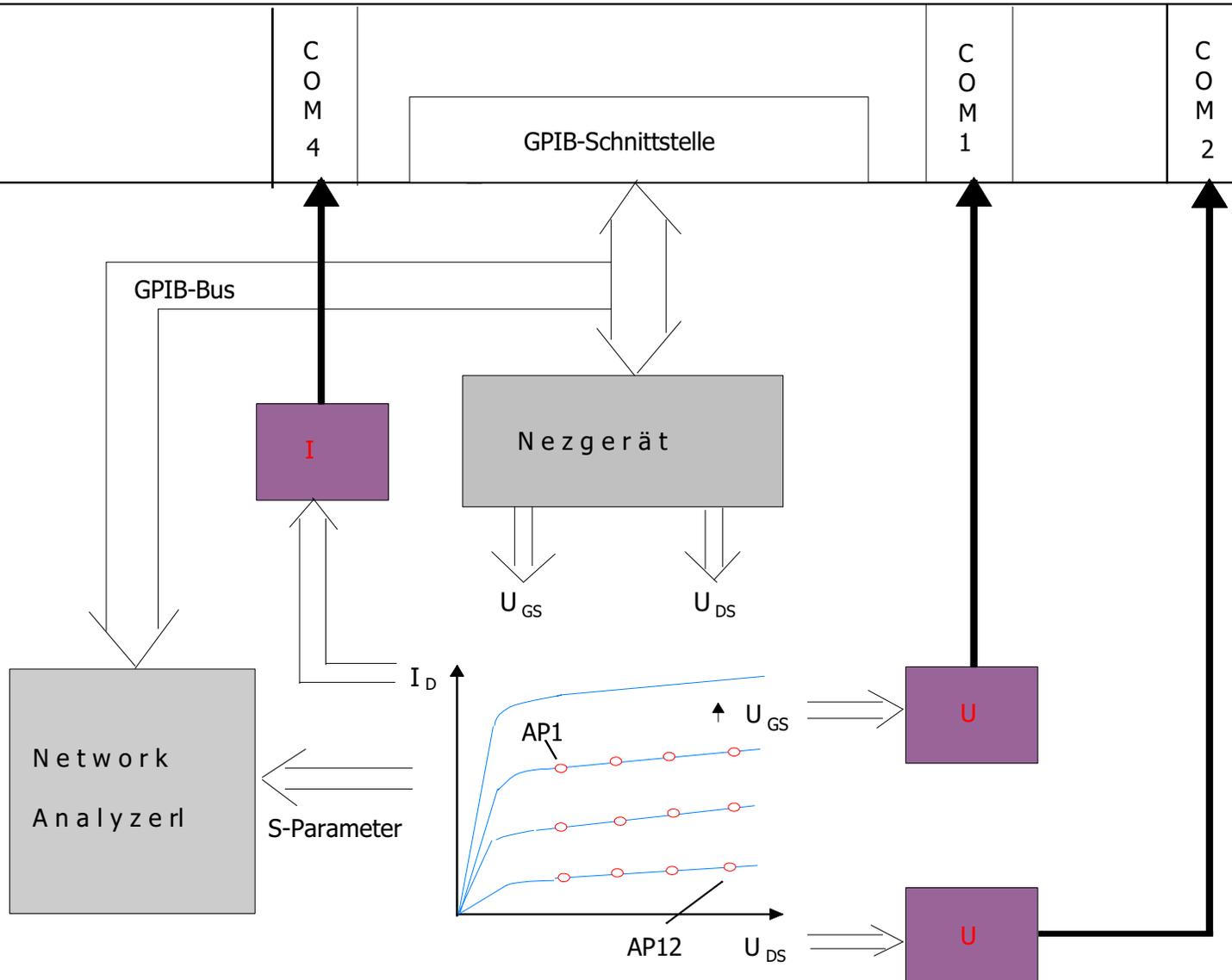


Übersicht

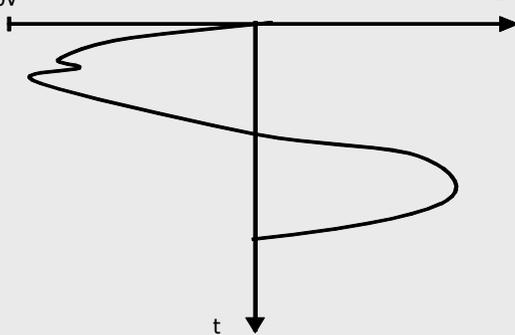
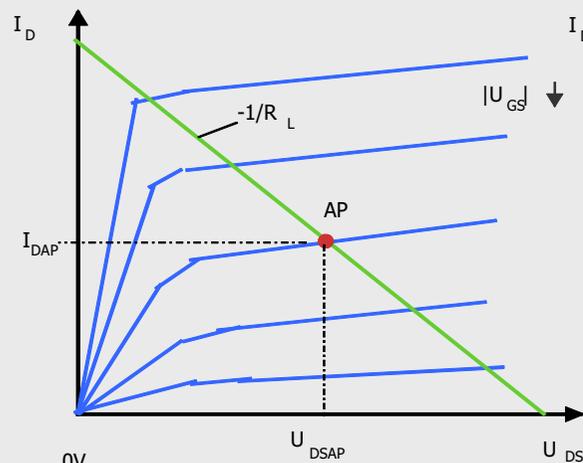
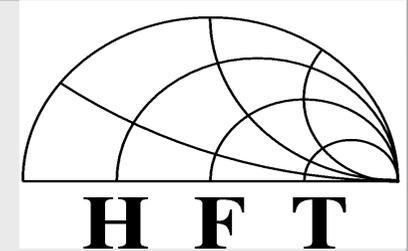
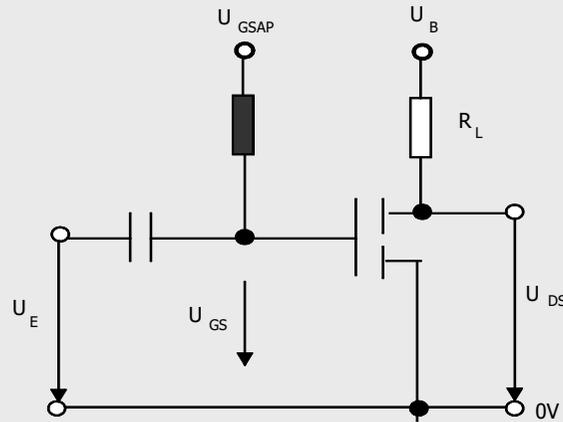
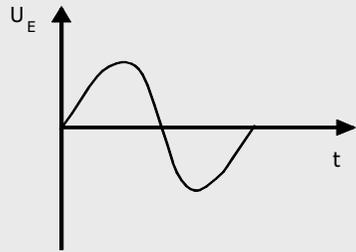


LabVIEW-PROGRAMM

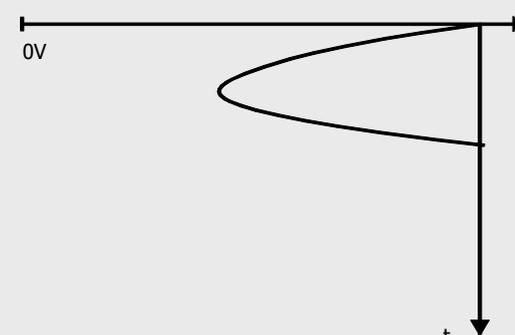
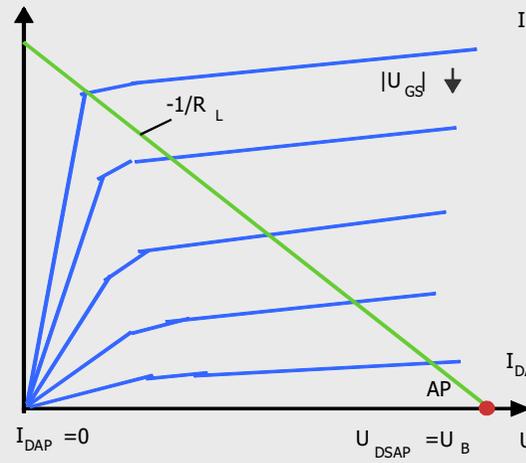
BETRIEBSSYSTEM



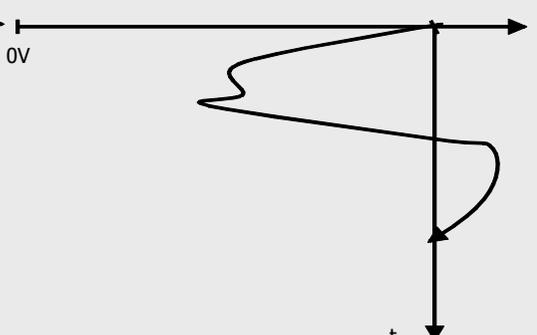
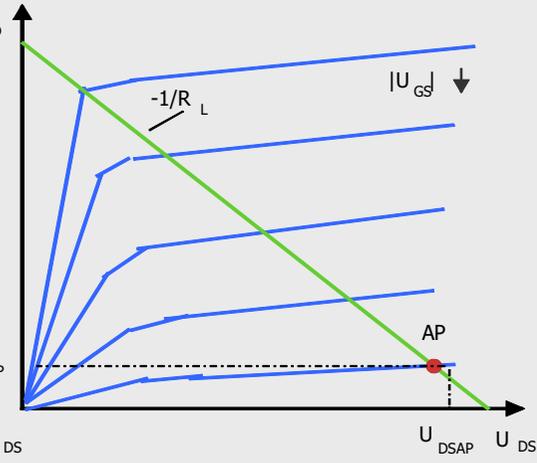
Der Transistor im Großsignalbetrieb



A-Betrieb

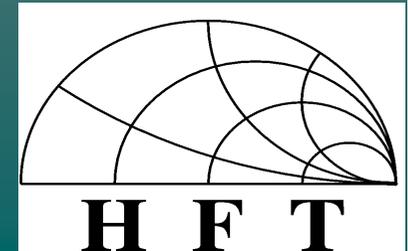
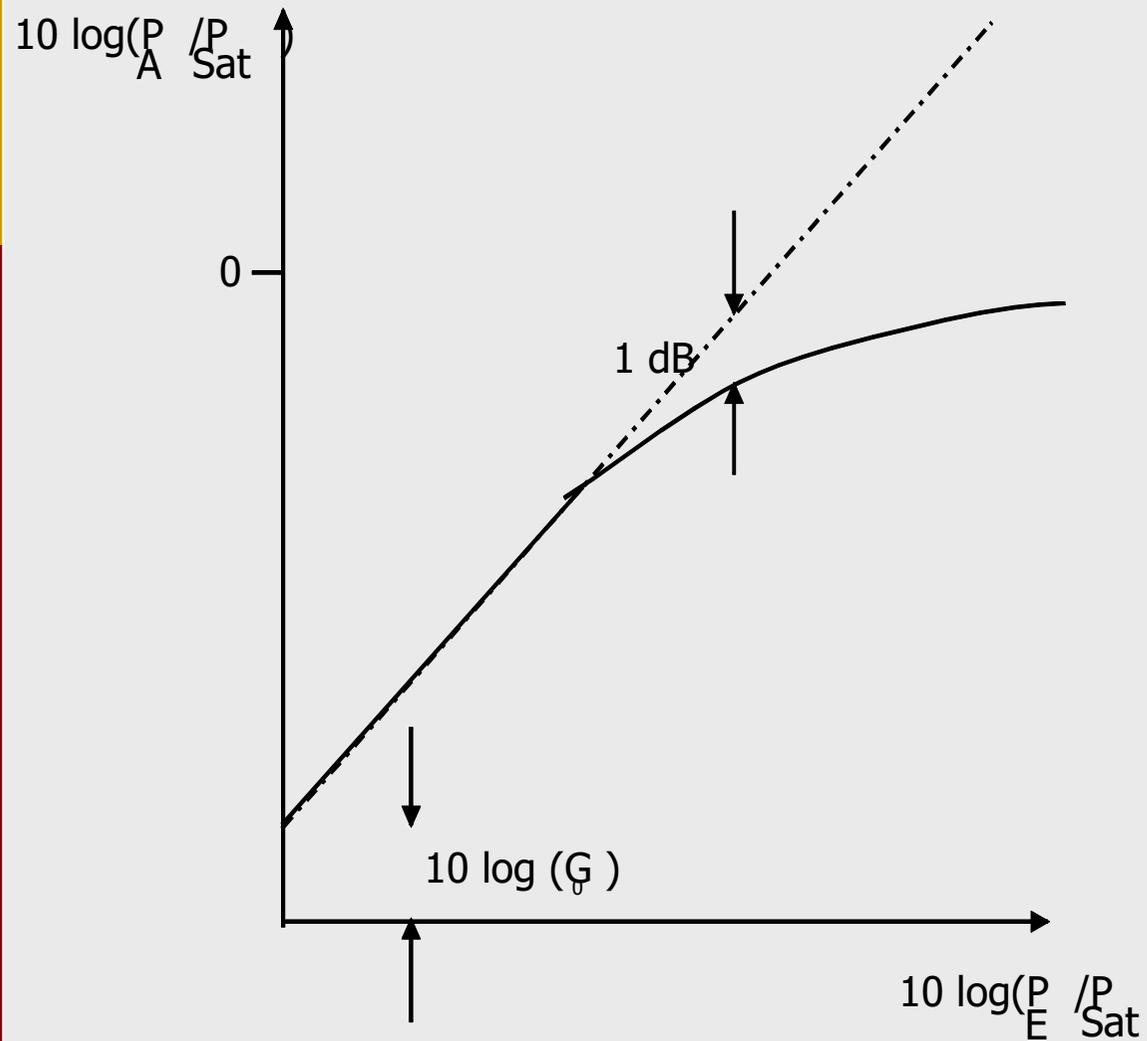


B-Betrieb



AB-Betrieb

Gewinnkompression



Großsignalverhalten

Bei Transistorverstärkern kann vorliegen wenn z.B.

- ◆ Verzerrungen bei hoher Aussteuerung auftreten
 - ◆ Aussteuerung bis in die Sättigungszonen
 - ◆ Die Gewinnkompression einsetzt
 - ⇒ Bauelement kann nicht in befriedigender Weise durch Z-, Y-, oder S-Parameter für einen AP ausgedrückt werden



Ursache :

Aussteuerung des Bauelementes in den nicht-linearen Kennlinienbereich.

Folge :

Verlagerung von Energien in Wellen mit vielfachen der Frequenz der erregenden Welle.



1. Schritt

Charakterisierung des Verhaltens des Bauelementes an seinen nicht linearen Grenzen.

Aufnahme der S-Parameter des betrachteten Bauelementes bei mehreren AP's, vor allen Dingen an seinen Grenzen

⇒ Bessere Charakterisierung des DUT in seinem nicht linearen Grenzbereich.

⇒ Bessere Simulation in diesem Bereichen mit der Simulationssoftware ADS möglich.



Großsignal S-Parameter

- ◆ Charakterisieren das DUT unter Berücksichtigung der nichtlinearen Eigenschaften im Großsignalbetrieb bei Aussteuerung mit hohen Amplituden.
- ◆ Berücksichtigen somit auch die Harmonischen
 - ◆ Sind Näherungen, weil nur eine begrenzte Anzahl von erregten Harmonischen betrachtet werden können



Schreibweise

Großsignal S-Parameter :

J : Port

l : Harmonische

$$a_{jl} = \frac{v_{jl}^+}{\sqrt{Z_{0j}}} \quad ; \quad b_{jl} = \frac{v_{jl}^-}{\sqrt{Z_{0j}}}$$

$$\vec{b} = \mathfrak{S} \cdot \vec{a}$$

N·M Vektor

(N·M)² Matrix

N : Anzahl Ports

M : Anzahl Harmonischen,
die betrachtet werden



Schreibweise

Großsignal S-Parameter

$$\begin{bmatrix} \rho \\ b \\ \rho \\ b \\ 2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathfrak{S}_{11} \\ \mathfrak{S}_{21} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} \mathfrak{S}_{12} \\ \mathfrak{S}_{22} \end{bmatrix} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \rho \\ a \\ \rho \\ a \\ 2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \rho \\ a \\ j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a \\ j1 \\ a \\ j2 \\ a \\ j3 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \rho \\ b \\ j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b \\ j1 \\ b \\ j2 \\ b \\ j3 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} \mathfrak{S}_{jk} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathfrak{S}_{jk11} & \mathfrak{S}_{jk12} & \mathfrak{S}_{jk13} \\ \mathfrak{S}_{jk21} & \mathfrak{S}_{jk22} & \mathfrak{S}_{jk23} \\ \mathfrak{S}_{jk31} & \mathfrak{S}_{jk32} & \mathfrak{S}_{jk33} \end{bmatrix}$$



Schreibweise

Großsignal S-Parameter

$$\begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{12} \\ b_{13} \\ b_{21} \\ b_{22} \\ b_{23} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathfrak{S}_{1111} & \mathfrak{S}_{1112} & \mathfrak{S}_{1113} & \mathfrak{S}_{1211} & \mathfrak{S}_{1212} & \mathfrak{S}_{1213} \\ \mathfrak{S}_{1121} & \mathfrak{S}_{1122} & \mathfrak{S}_{1123} & \mathfrak{S}_{1221} & \mathfrak{S}_{1222} & \mathfrak{S}_{1223} \\ \mathfrak{S}_{1131} & \mathfrak{S}_{1132} & \mathfrak{S}_{1133} & \mathfrak{S}_{1231} & \mathfrak{S}_{1232} & \mathfrak{S}_{1233} \\ \mathfrak{S}_{2111} & \mathfrak{S}_{2112} & \mathfrak{S}_{2113} & \mathfrak{S}_{2211} & \mathfrak{S}_{2212} & \mathfrak{S}_{2213} \\ \mathfrak{S}_{2121} & \mathfrak{S}_{2122} & \mathfrak{S}_{2123} & \mathfrak{S}_{2221} & \mathfrak{S}_{2222} & \mathfrak{S}_{2223} \\ \mathfrak{S}_{2131} & \mathfrak{S}_{2132} & \mathfrak{S}_{2133} & \mathfrak{S}_{2231} & \mathfrak{S}_{2232} & \mathfrak{S}_{2233} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_{11} \\ a_{12} \\ a_{13} \\ a_{21} \\ a_{22} \\ a_{23} \end{bmatrix}$$



Schreibweise

Großsignal S-Parameter

$$\begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{12} \\ b_{13} \\ b_{21} \\ b_{22} \\ b_{23} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathfrak{S}_{1111} & 0 & 0 & \mathfrak{S}_{1211} & 0 & 0 \\ 0 & \mathfrak{S}_{1122} & 0 & 0 & \mathfrak{S}_{1222} & 0 \\ 0 & 0 & \mathfrak{S}_{1133} & 0 & 0 & \mathfrak{S}_{1233} \\ \mathfrak{S}_{2111} & 0 & 0 & \mathfrak{S}_{2211} & 0 & 0 \\ 0 & \mathfrak{S}_{2122} & 0 & 0 & \mathfrak{S}_{2222} & 0 \\ 0 & 0 & \mathfrak{S}_{2133} & 0 & 0 & \mathfrak{S}_{2233} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_{11} \\ a_{12} \\ a_{13} \\ a_{21} \\ a_{22} \\ a_{23} \end{bmatrix}$$



Definition von Großsignal S-Parameter

eines 2-Tores bei 1-Ton Anregung an Port 1

$$S_{11k1} = \frac{|b_{1k}|}{|a_{11}|} e^{j(\phi_{b_{1k}} - k\phi_{a_{11}})} \Big|_{a_{mn} = 0 \forall m \forall n [(m \neq 1) \wedge (n \neq 1)]}$$

$$S_{21k1} = \frac{|b_{2k}|}{|a_{11}|} e^{j(\phi_{b_{2k}} - k\phi_{a_{11}})} \Big|_{a_{mn} = 0 \forall m \forall n [(m \neq 1) \wedge (n \neq 1)]}$$



Wozu dient LabVIEW?

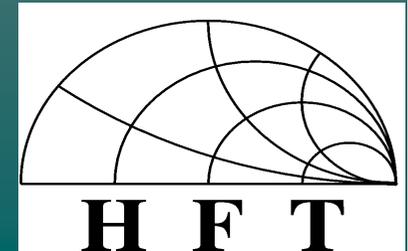
LabVIEW ist konzipiert für :

- ◆ Meßwerverfassung und Darstellung
- ◆ Steuern und Regelung von Laborgeräten
- ◆ Kann andere Funktionen übernehmen



Was ist LabVIEW?

- ◆ Graphische Programmiersprache
- ◆ Besteht aus „Panel“ und „Diagramm“
- ◆ „Panel“ äquivalent zum Gerätepanel
- ◆ „Diagramm“ ist der Programmcode



„Panel“

- ◆ Ist dem Benutzer zugänglich
- ◆ Enthält Bedien- und Anzeigeelemente
- ◆ Ermöglicht Kontrolle während Programmablauf
- ◆ Paneelemente finden sich im sog. „Diagramm“ wieder



„Diagramm“

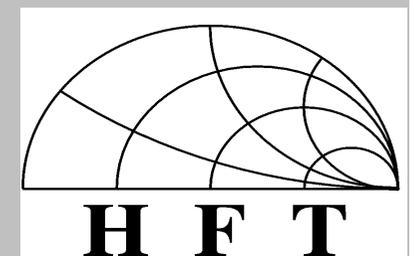
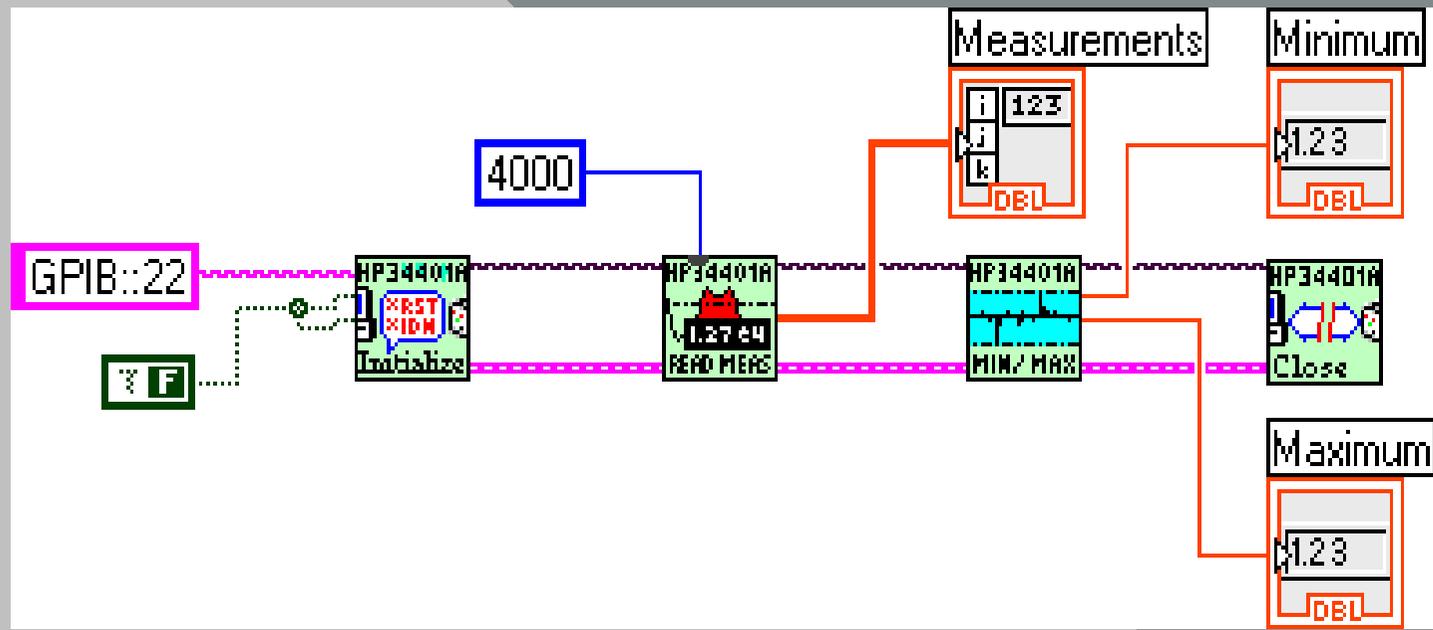
- ◆ Ähnelt einem Signalflußdiagramm
- ◆ Besteht aus Signalquellen und -senken
- ◆ sowie aus Operatoren und Funktionen
- ◆ als auch aus sog. „SubVI´s“ (Unterprogramme)
- ◆ sowie deren Verdrahtungen



Die VISA-Session

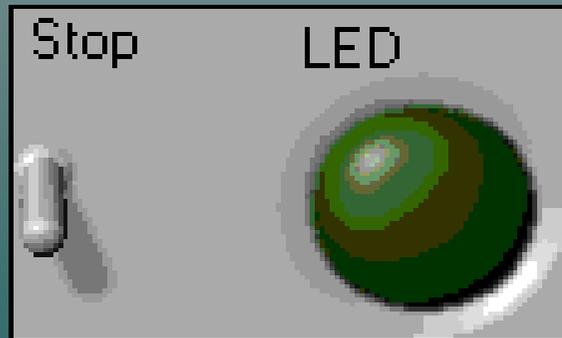
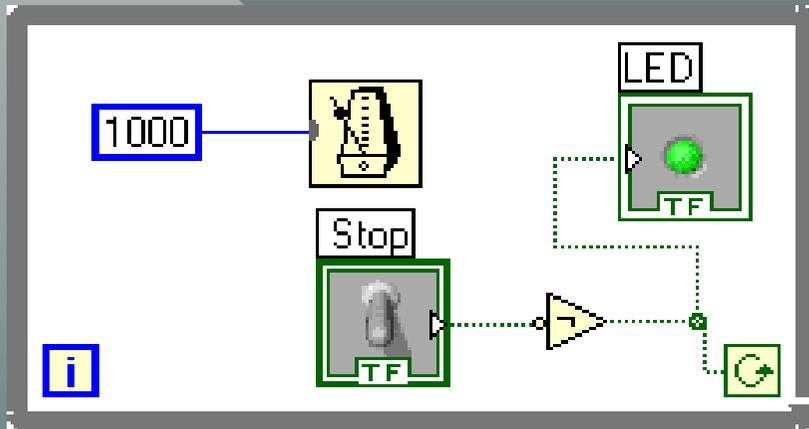
- ◆ Spezielle SubVI's regeln den Datenfluß nach außen
- ◆ Diese liegen als allgemeine SubVI's vor
- ◆ Oder als Gerätetreiber-VI's für ein spezielles Gerät

In Form einer sog. VISA-Session

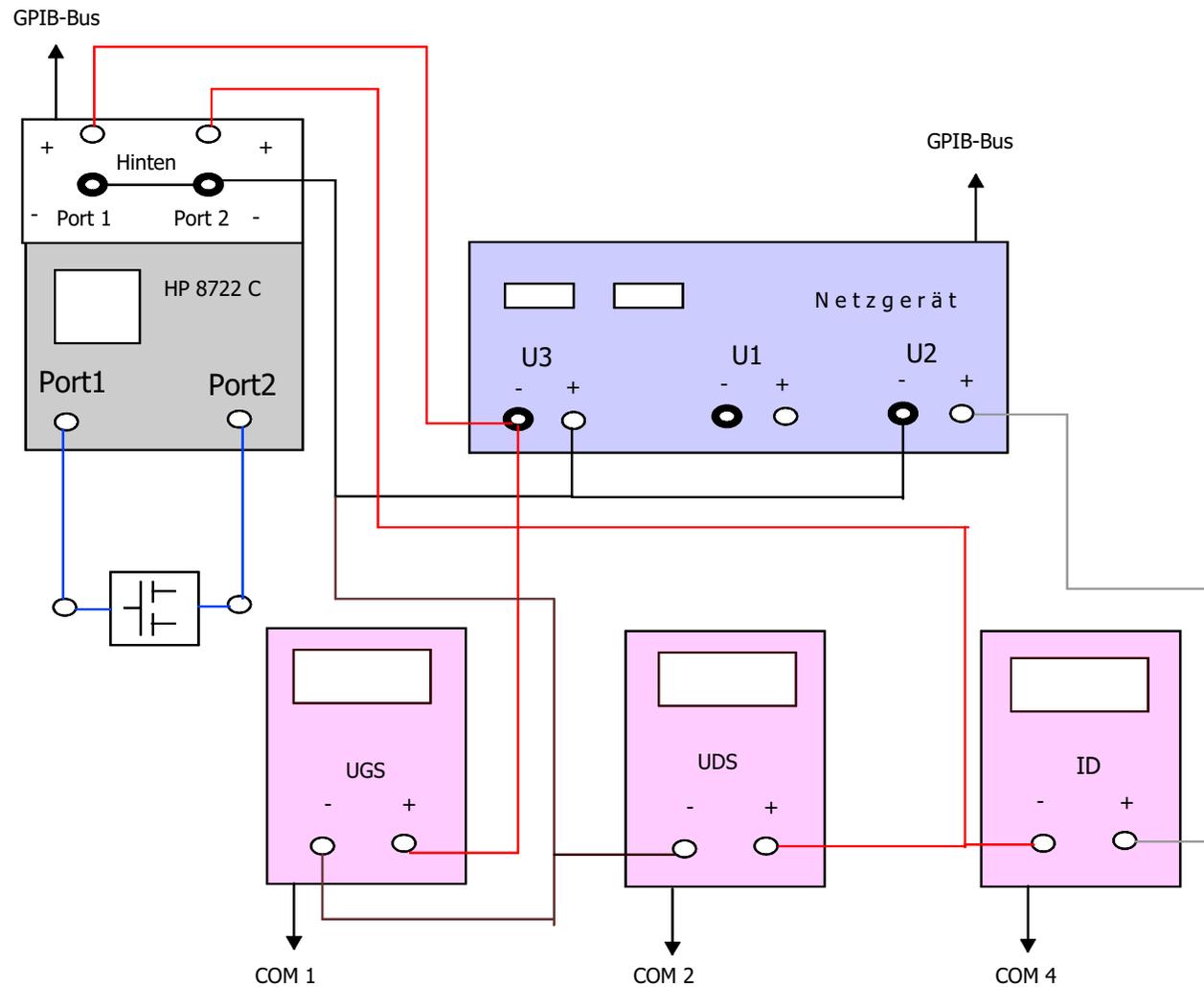


Beispiel eines Programms

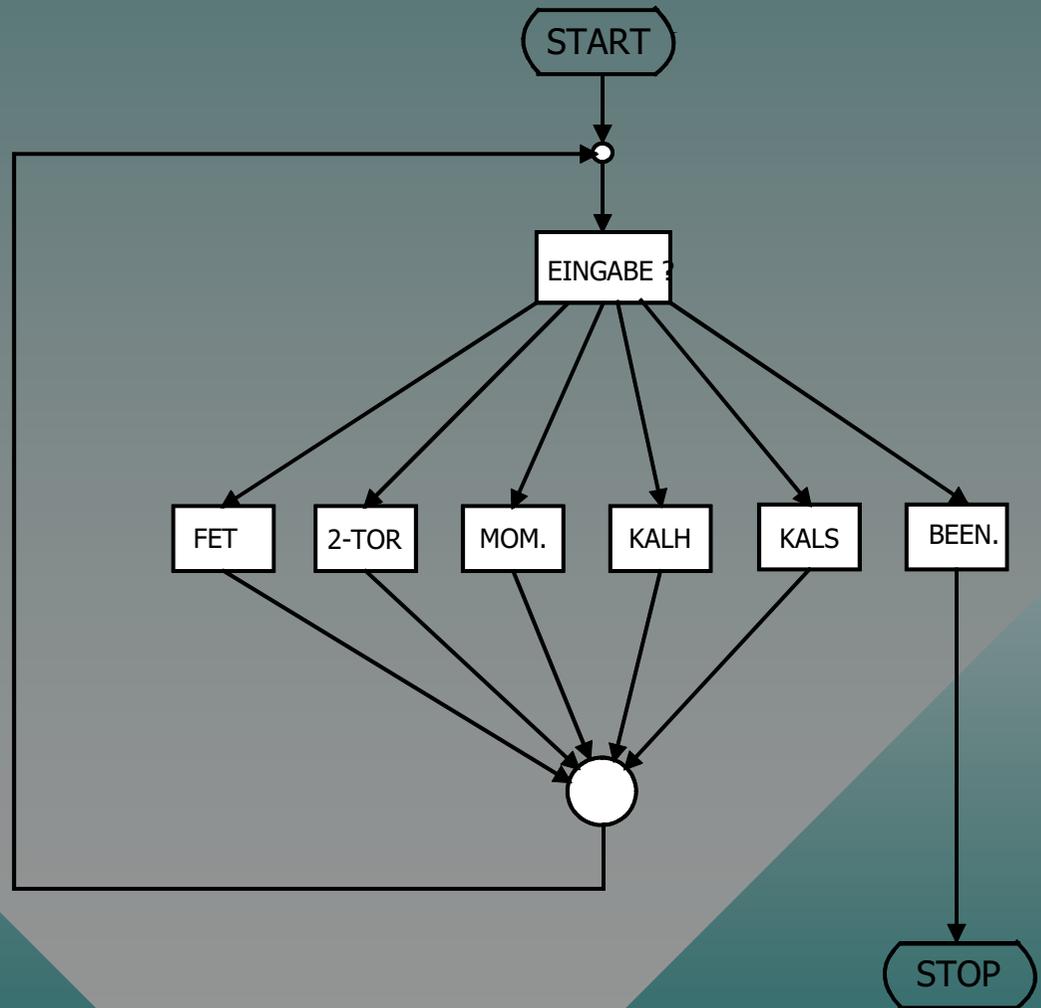
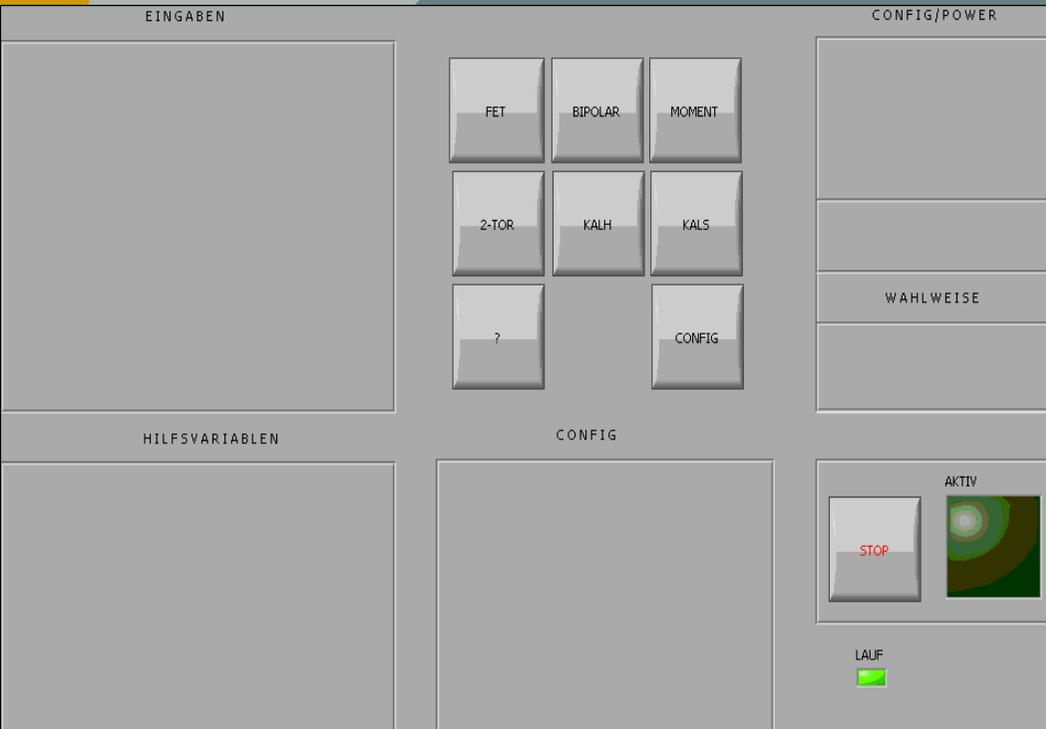
„VI“ : Virtuelles Instrument



Das Meßsystem



Die Bedienung

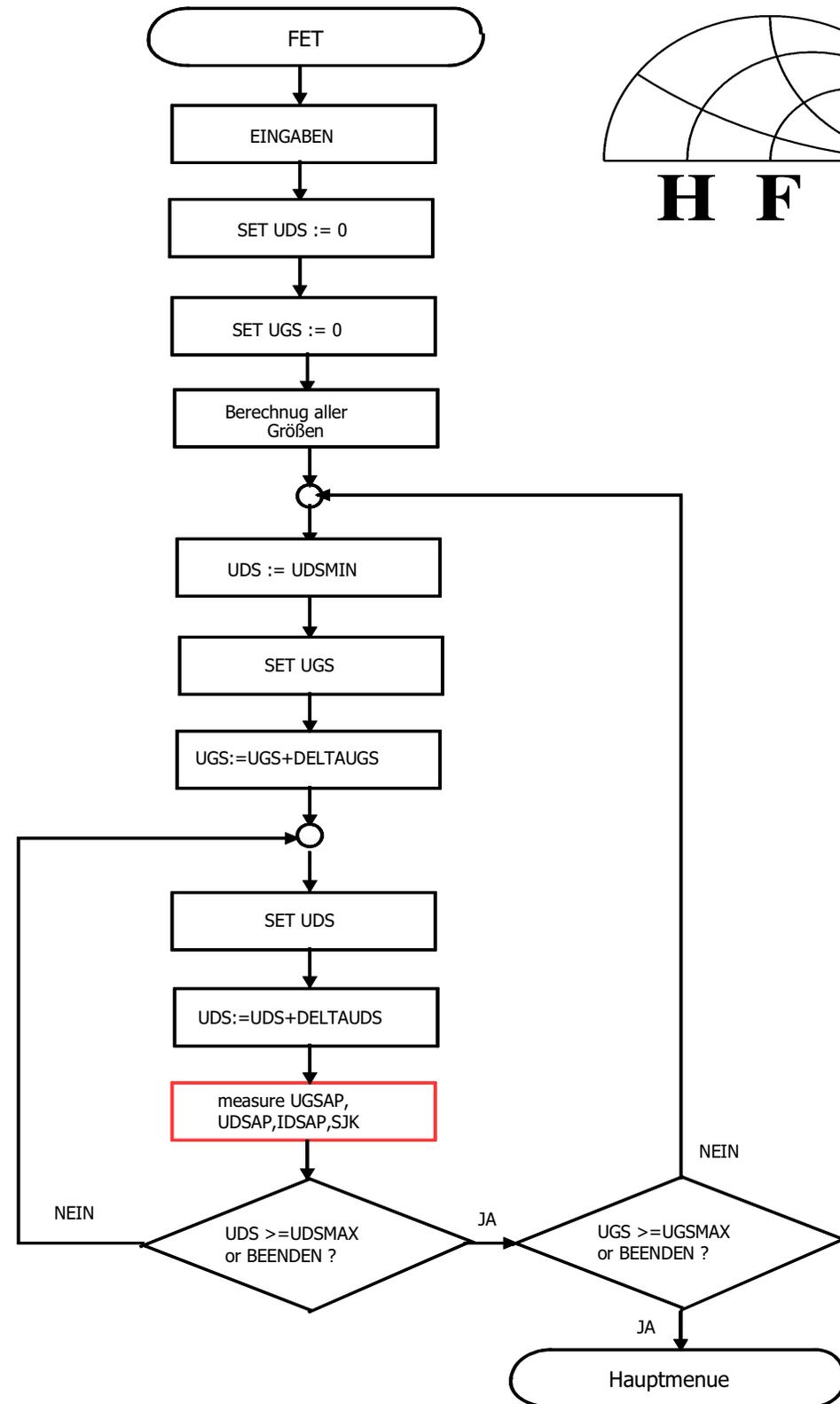
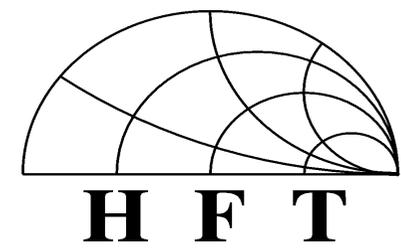


Beschreibung der Funktionen

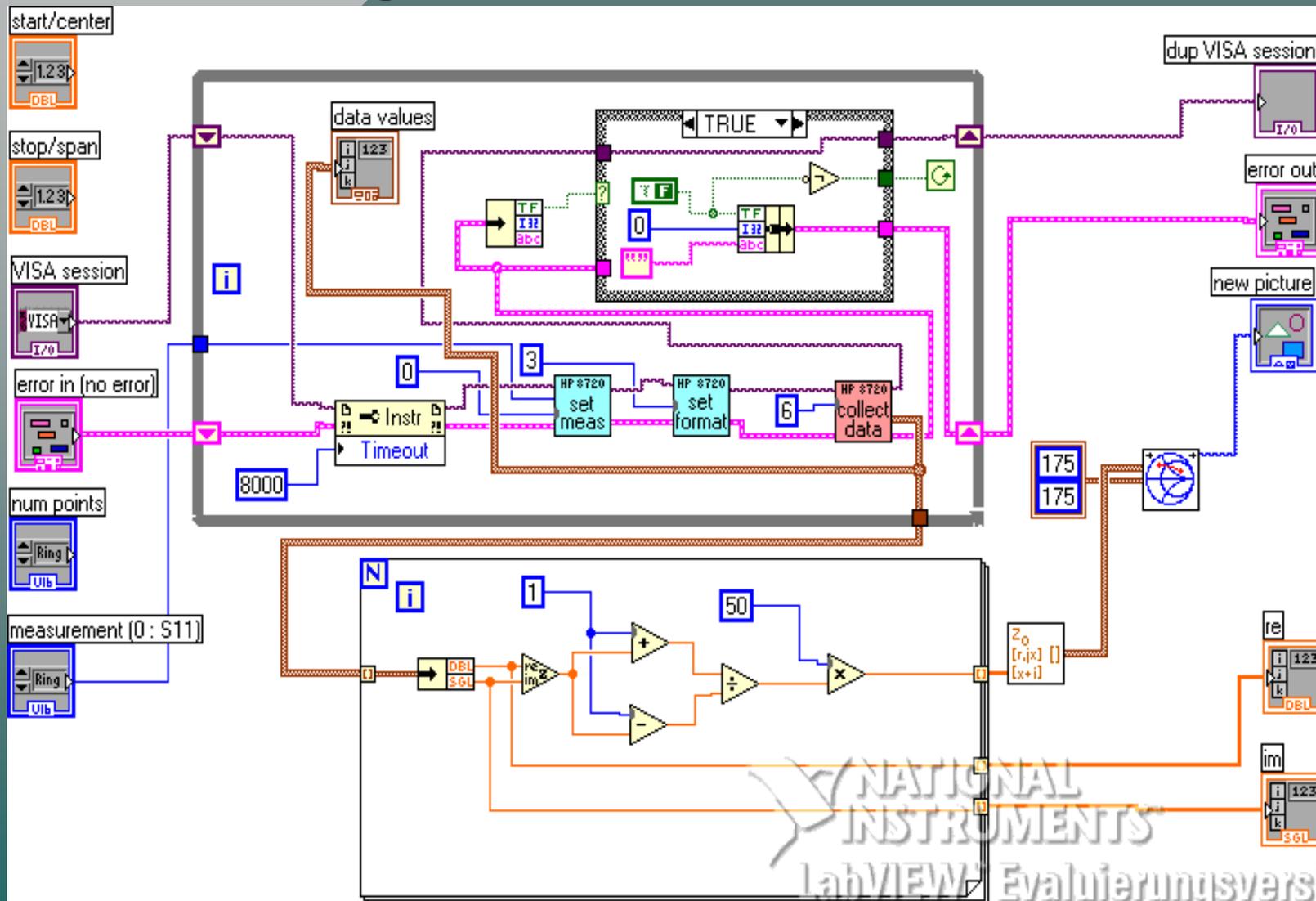
- ◆ FET : Nimmt S-Parametermessungen von FET's vor
- ◆ MOMENT : Führt 1- oder 2-Tor Messung durch
- ◆ 2-TOR : Führt 1- oder 2-Tor Messung mit AP durch
- ◆ KALS : Führt Kalibration mit Kalibrationskit durch
- ◆ KALH : Holt Kalibrierdaten aus dem Rechner
- ◆ CONFIG : Änderungen von Pfad- und Ressourcebezeichnungen



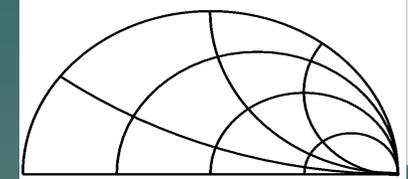
Beispiel : „FET“



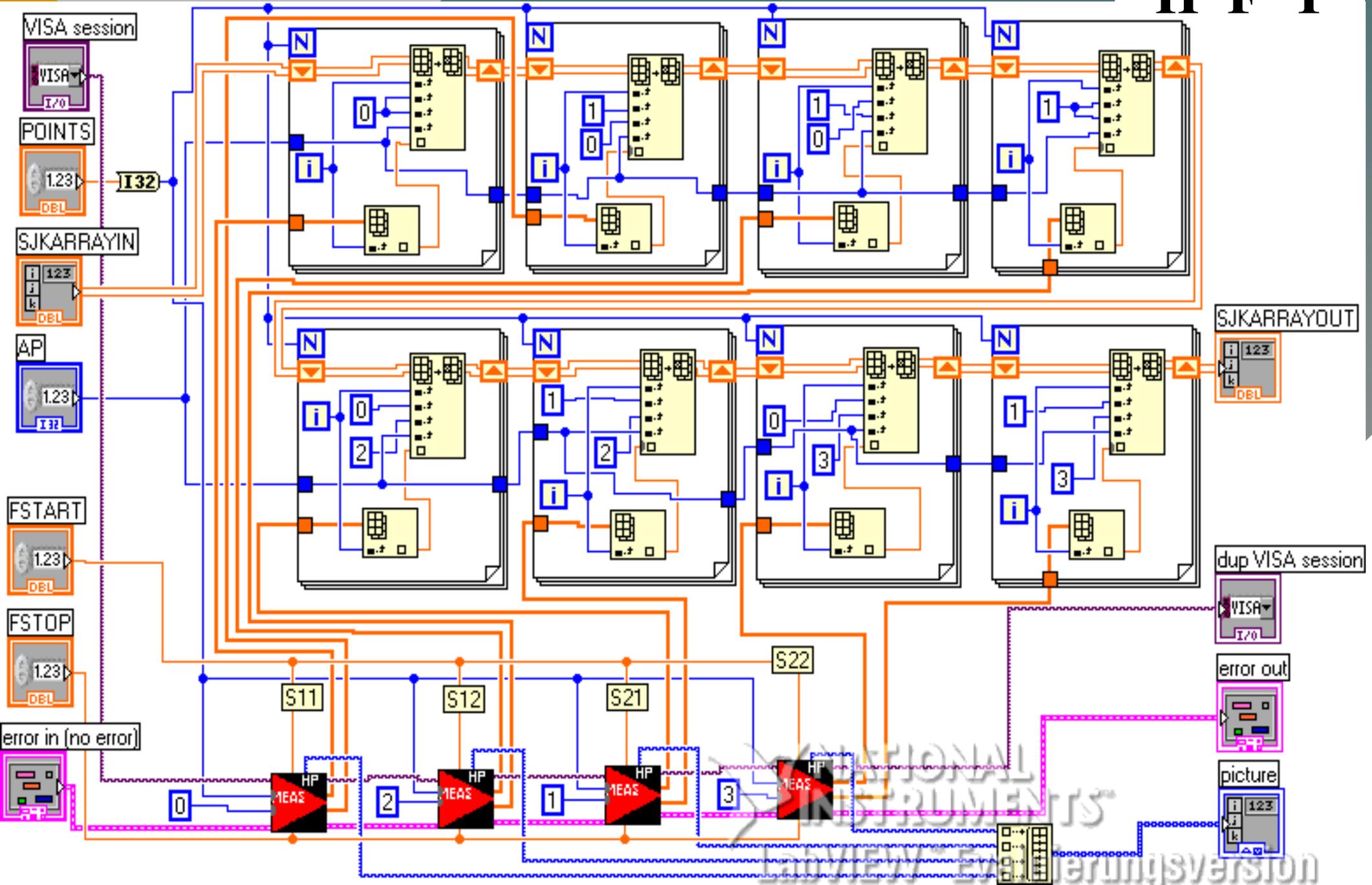
Messung eines S-Parameters



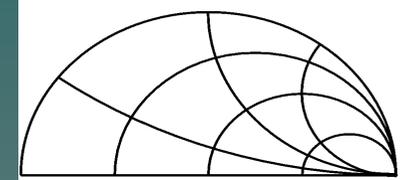
Messung aller 4 S-Parameter



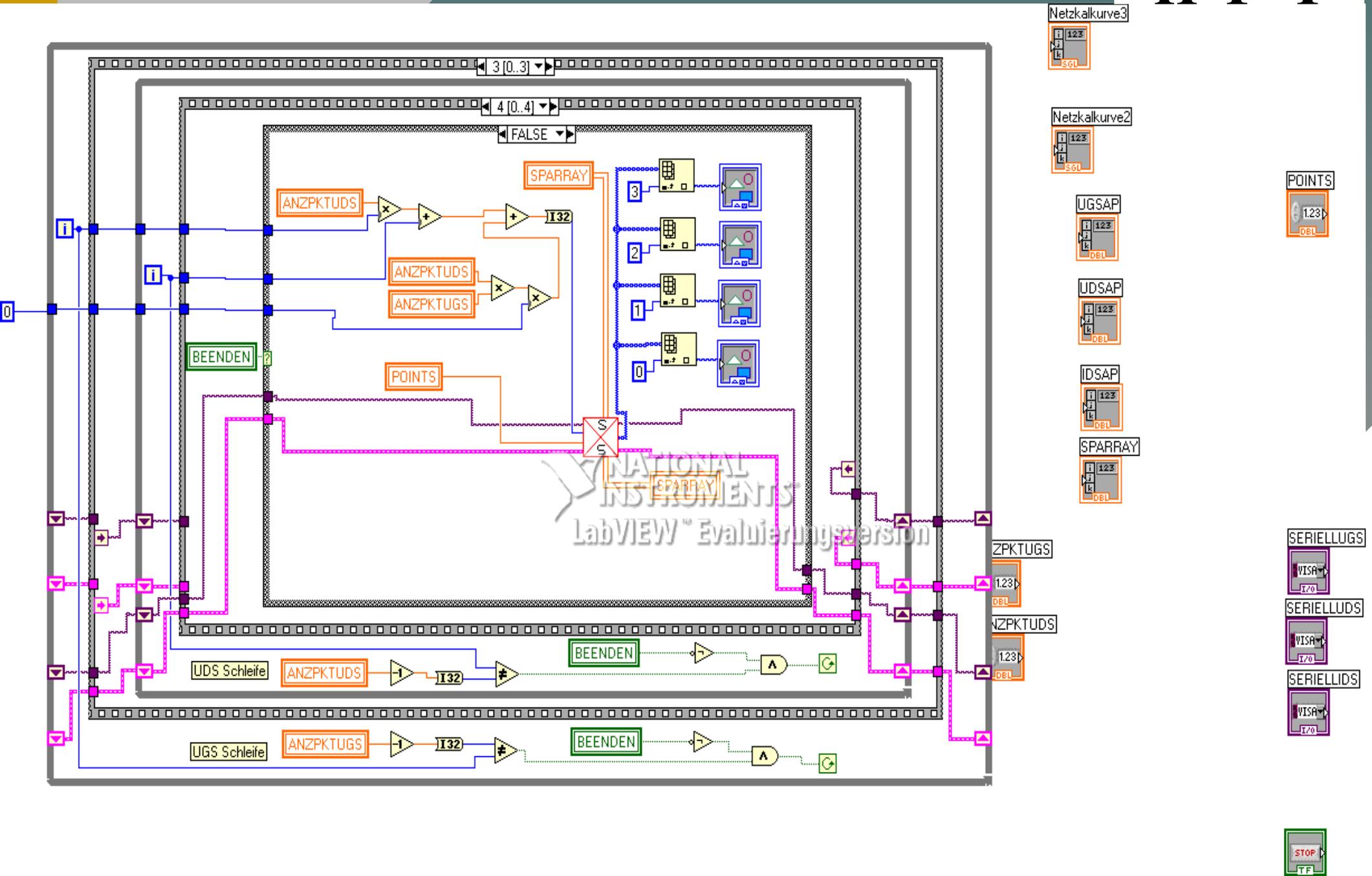
H F T



Die inneren Meßschleifen



H F T



Konvertierung in ein ADS-File

Programmiert wurden :

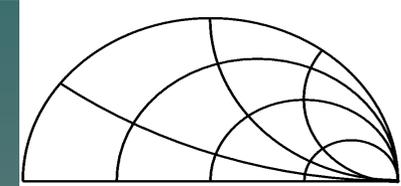
1) Ein SubVI für mdf-Format

- ◆ Variable anpaßbar
- ◆ Entweder mit oder ohne DC-Block
- ◆ I_D zu- oder abschaltbar

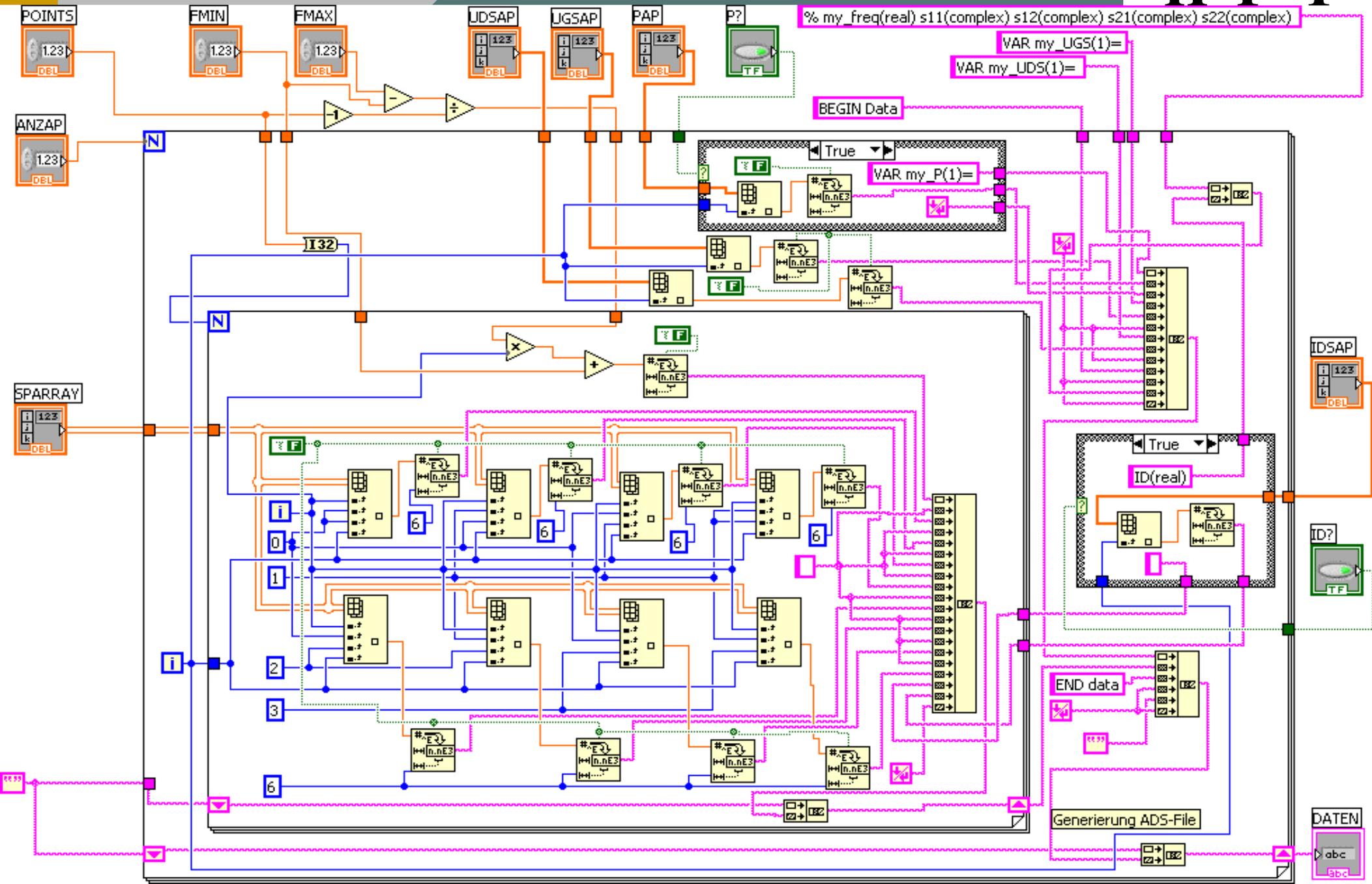
2) Ein SubVI für tout stone Format



SubVI : mdf-Format



H F T



Darstellungen einiger Messungen

- ◆ Messung und Vergleich mit Originaldaten

$$AP : U_{DS} := 3V ; I_D := 10 \text{ mA}$$

- ◆ Messungen mit kleiner und Großer Leistung

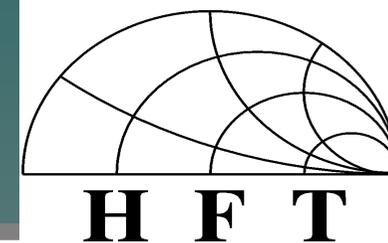
Kleiner Leistung : -20 dBm

Großer Leistung : -5 dBm

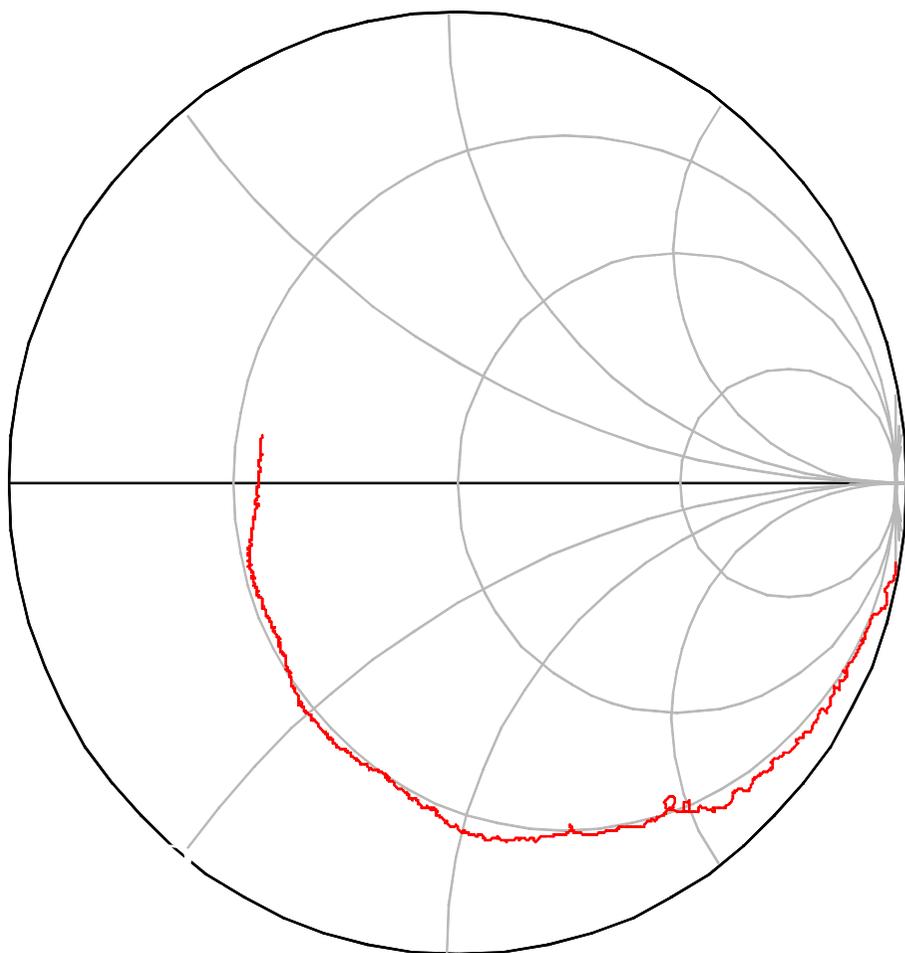
$$AP : U_{DS} := 3V ; I_D := 10 \text{ mA}$$



Messung und Vergleich

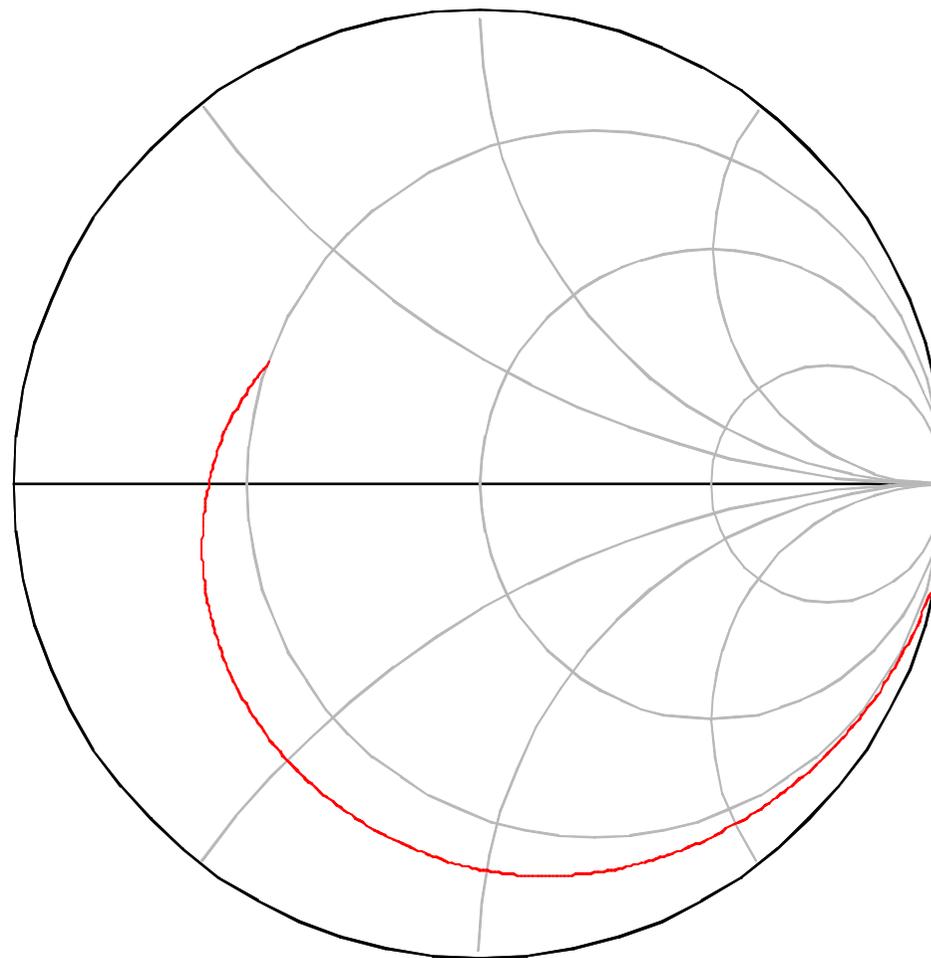


S_{11} : Gemessen



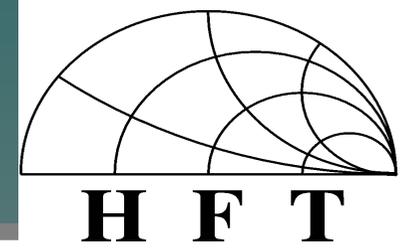
AP: $U_{DS} := 3,096 \text{ V}$; $I_D := 10,97 \text{ mA}$

S_{11} : Originaldaten

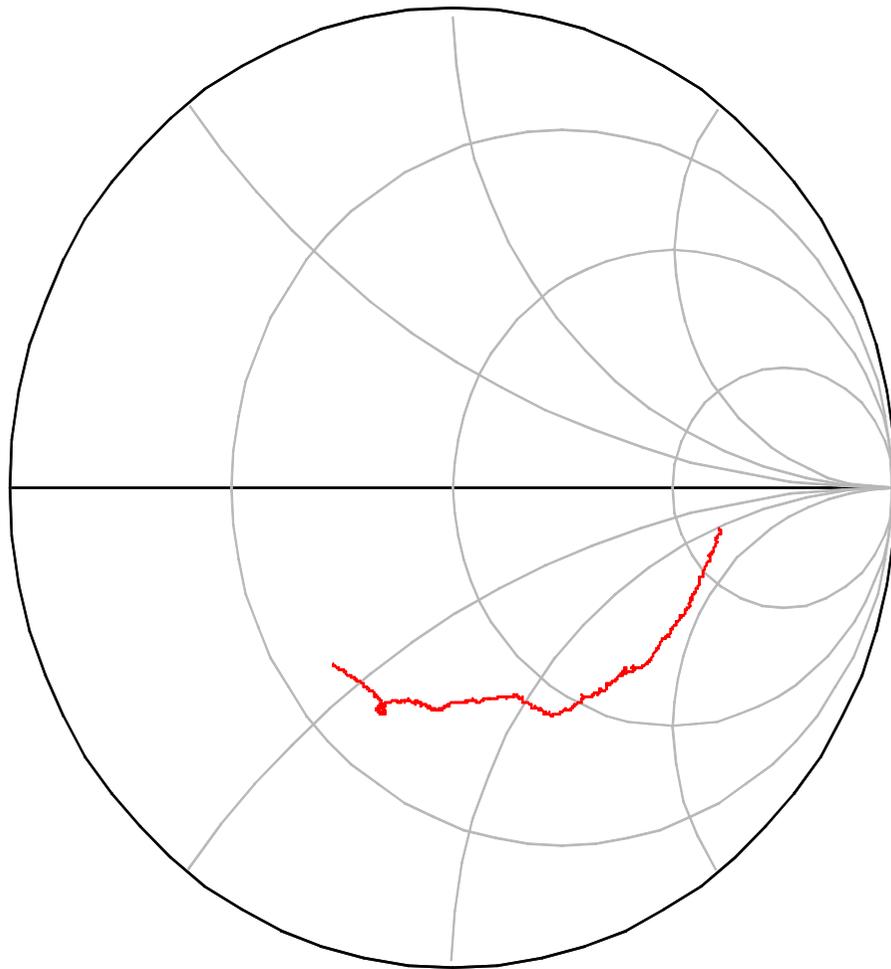


AP: $U_{DS} := 3 \text{ V}$; $I_D := 10 \text{ mA}$

Messung und Vergleich

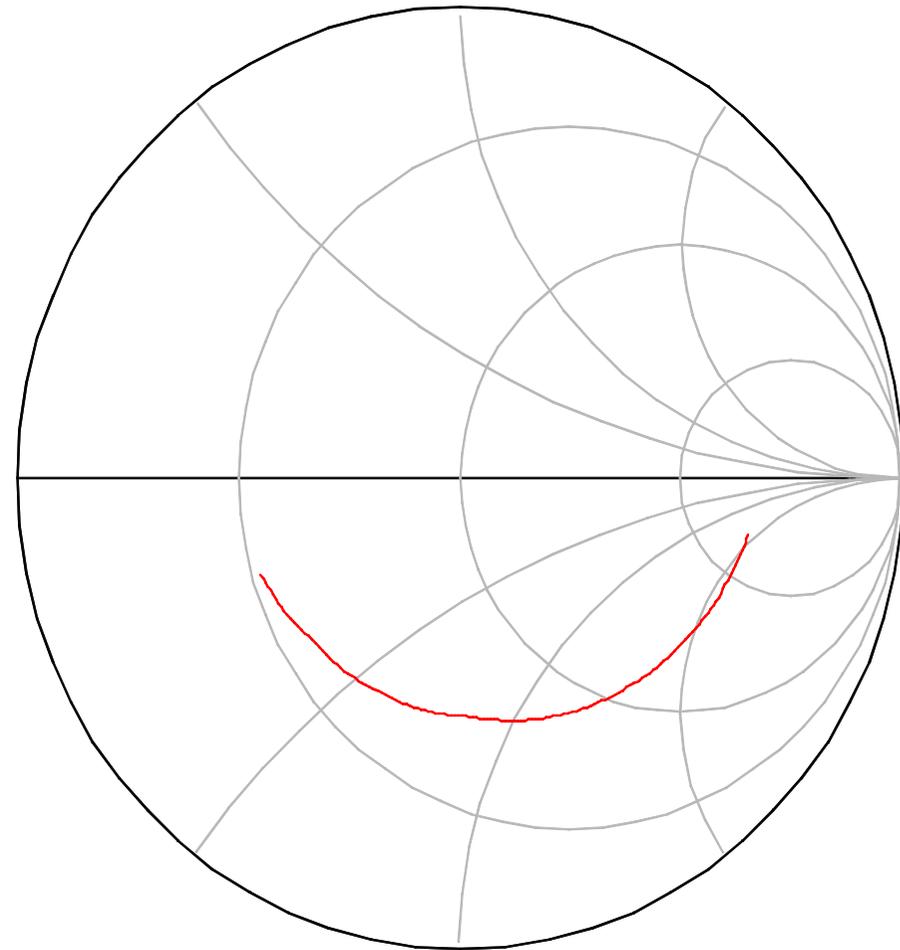


S_{22} : Gemessen



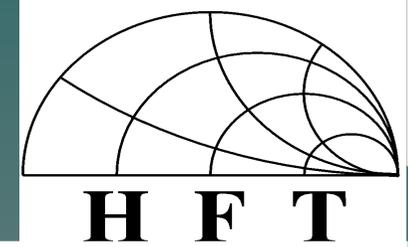
AP: $U_{DS} := 3,096 \text{ V}$; $I_D := 10,97 \text{ mA}$

S_{22} : Originaldaten

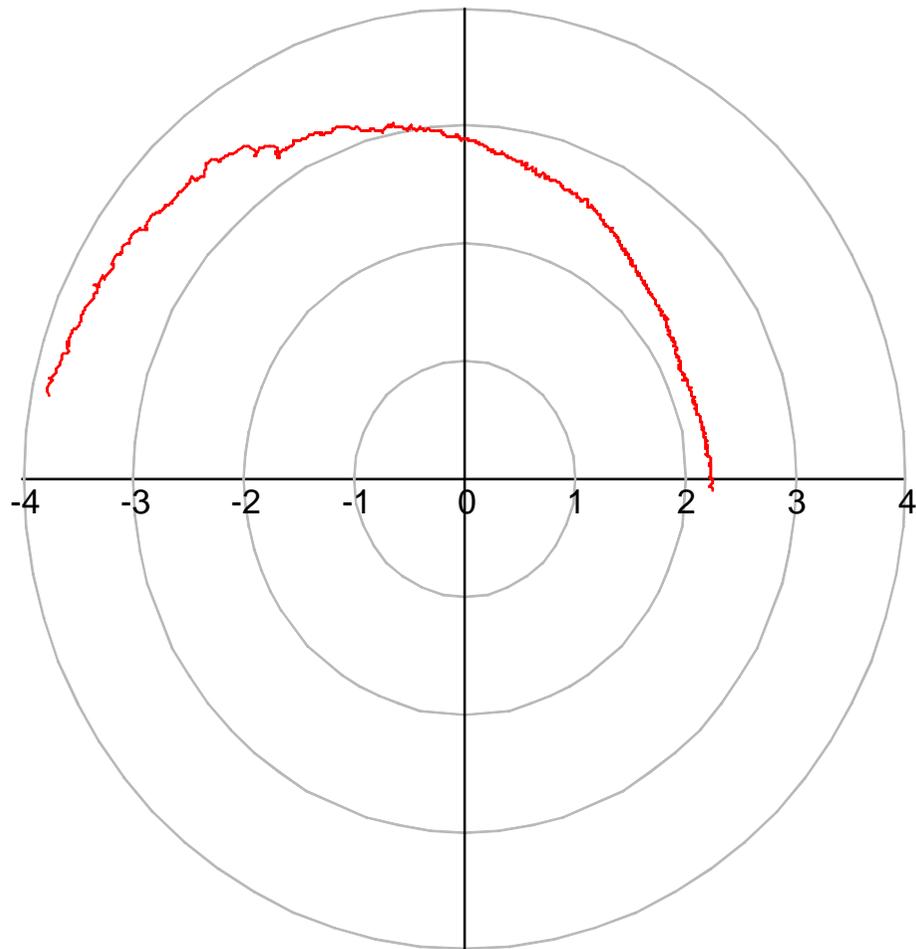


AP: $U_{DS} := 3 \text{ V}$; $I_D := 10 \text{ mA}$

Messung und Vergleich

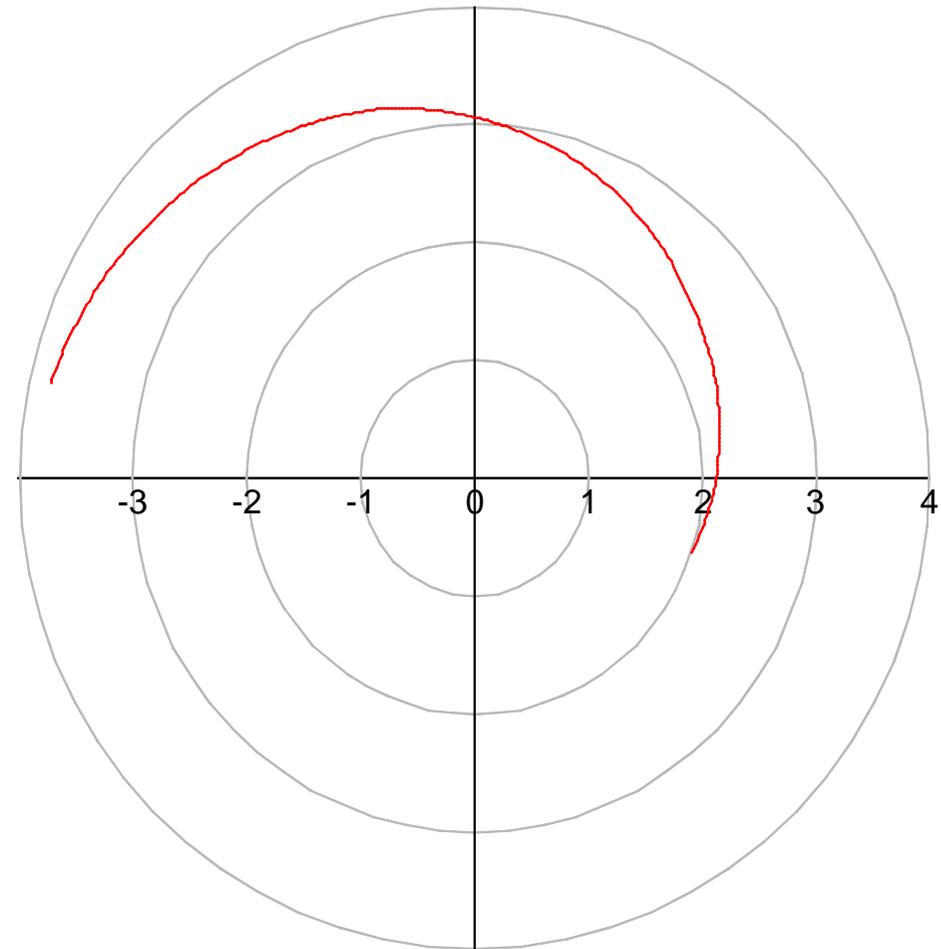


S_{21} : Gemessen



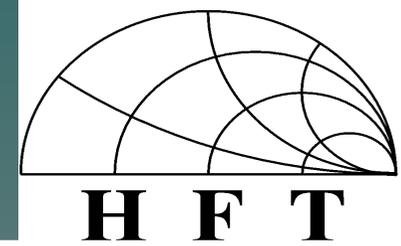
AP: $U_{DS} := 3,096 \text{ V}$; $I_D := 10,97 \text{ mA}$

S_{21} : Originaldaten

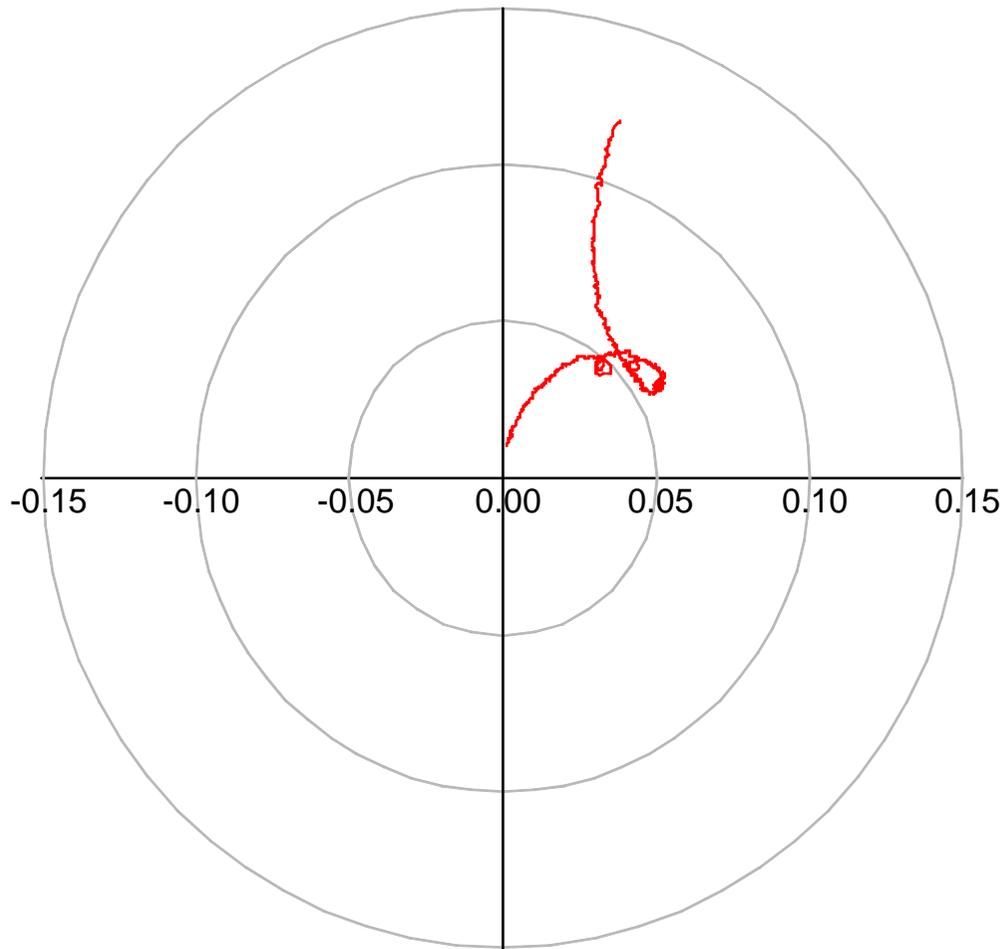


AP: $U_{DS} := 3 \text{ V}$; $I_D := 10 \text{ mA}$

Messung und Vergleich

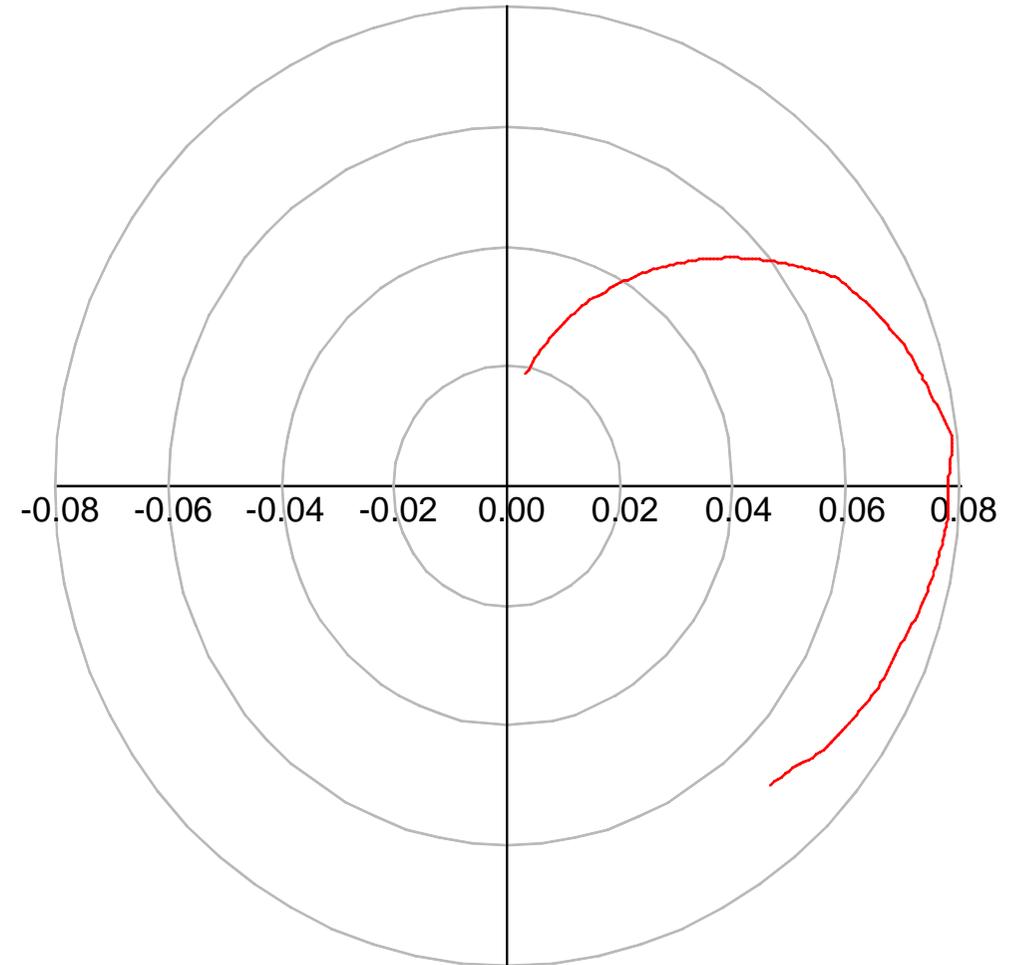


S_{12} : Gemessen



AP: $U_{DS} := 3,096 \text{ V}$; $I_D := 10,97 \text{ mA}$

S_{12} : Originaldaten



AP: $U_{DS} := 3 \text{ V}$; $I_D := 10 \text{ mA}$

Messung m. kl./gr. Leistung



S_{11} : Gemessen

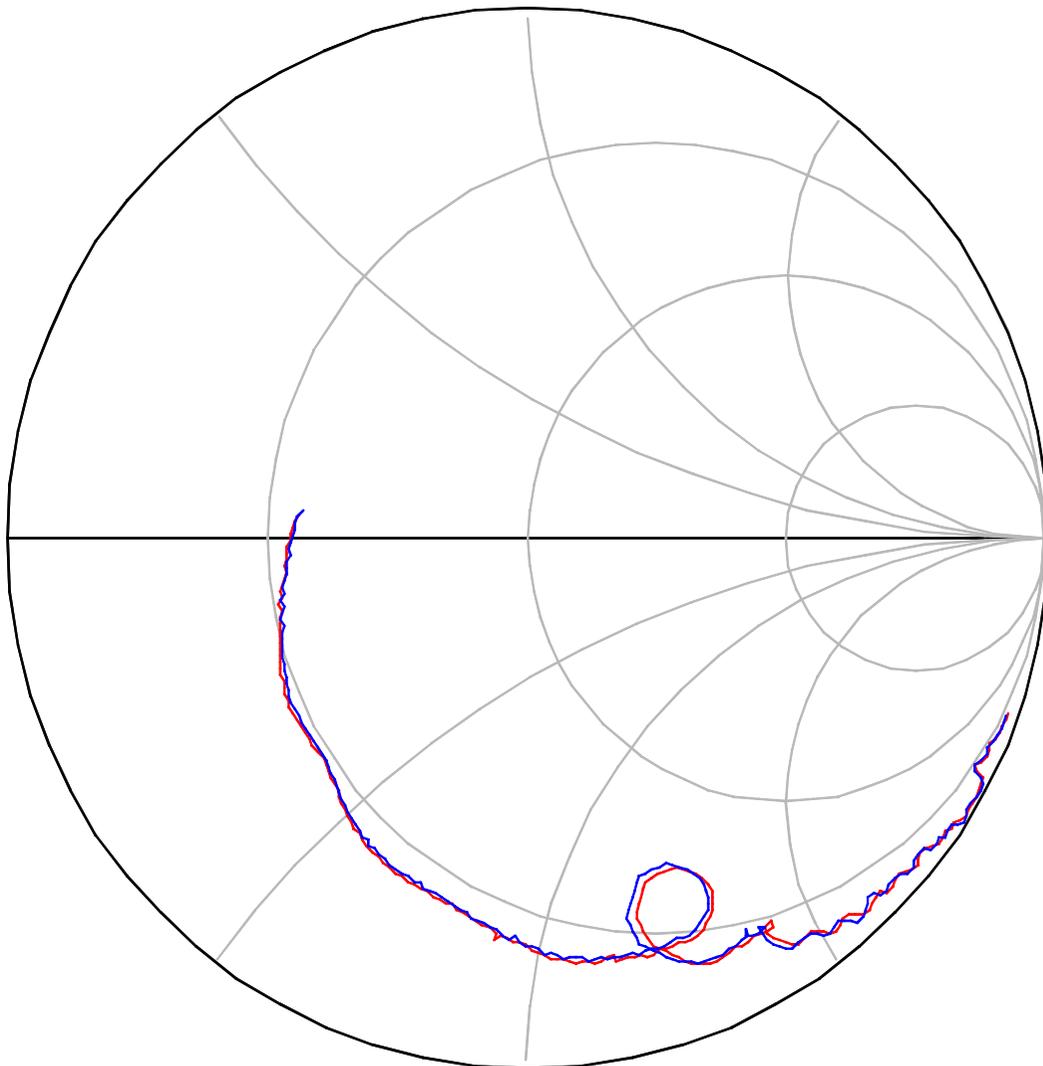
Blau : -20 dBm

Rot : -5 dBm

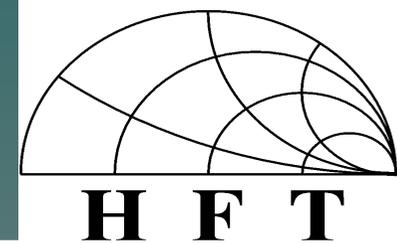
AP Blau : $U_{GS} = -1,077 \text{ V}$
 $U_{DS} = 2,995 \text{ V}$
 $I_D = 8,7 \text{ mA}$

APROT : $U_{GS} = -1,078 \text{ V}$
 $U_{DS} = 2,993 \text{ V}$
 $I_D = 8,56 \text{ mA}$

Frequenz : 50 MHz - 11,97 GHz



Messung m. kl./gr. Leistung



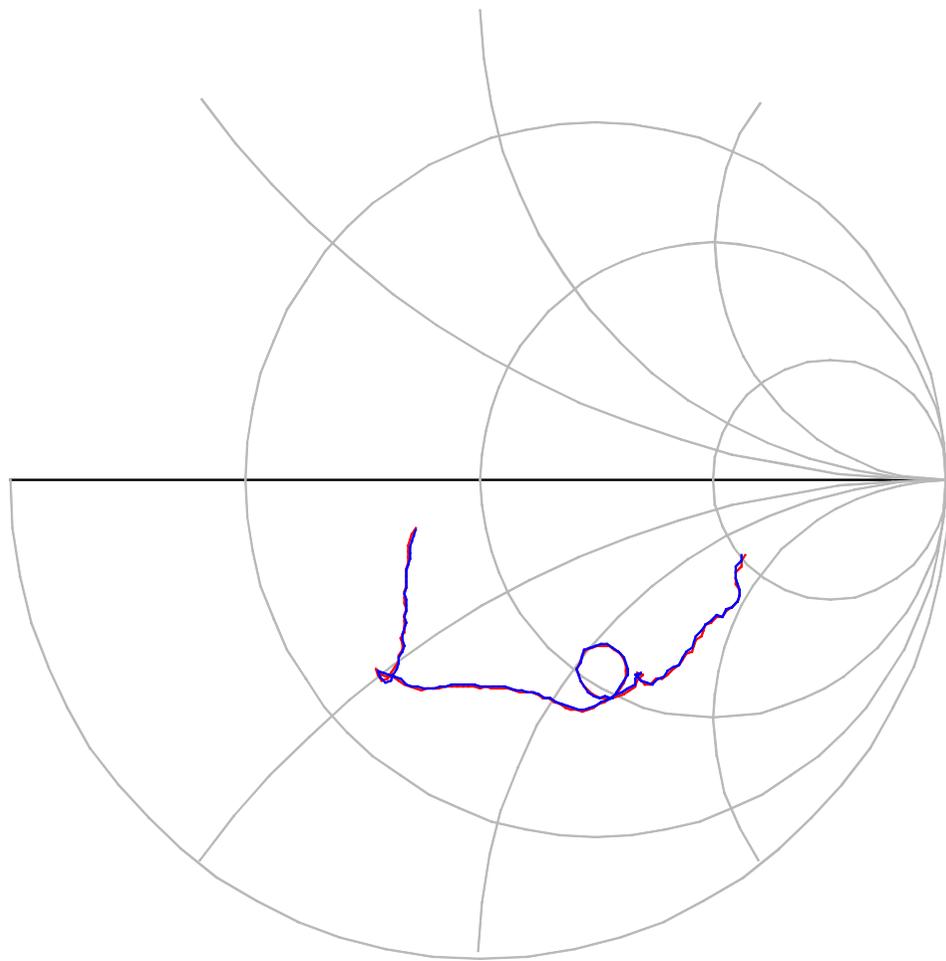
S_{22} : Gemessen

Blau : -20 dBm

Rot : -5 dBm

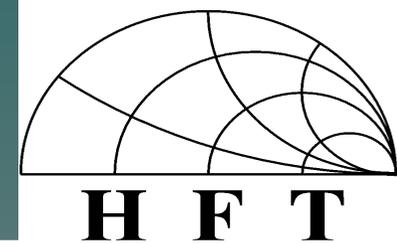
AP Blau : $U_{GS} = -1,077 \text{ V}$
 $U_{DS} = 2,995 \text{ V}$
 $I_D = 8,7 \text{ mA}$

APROT : $U_{GS} = -1,078 \text{ V}$
 $U_{DS} = 2,993 \text{ V}$
 $I_D = 8,56 \text{ mA}$

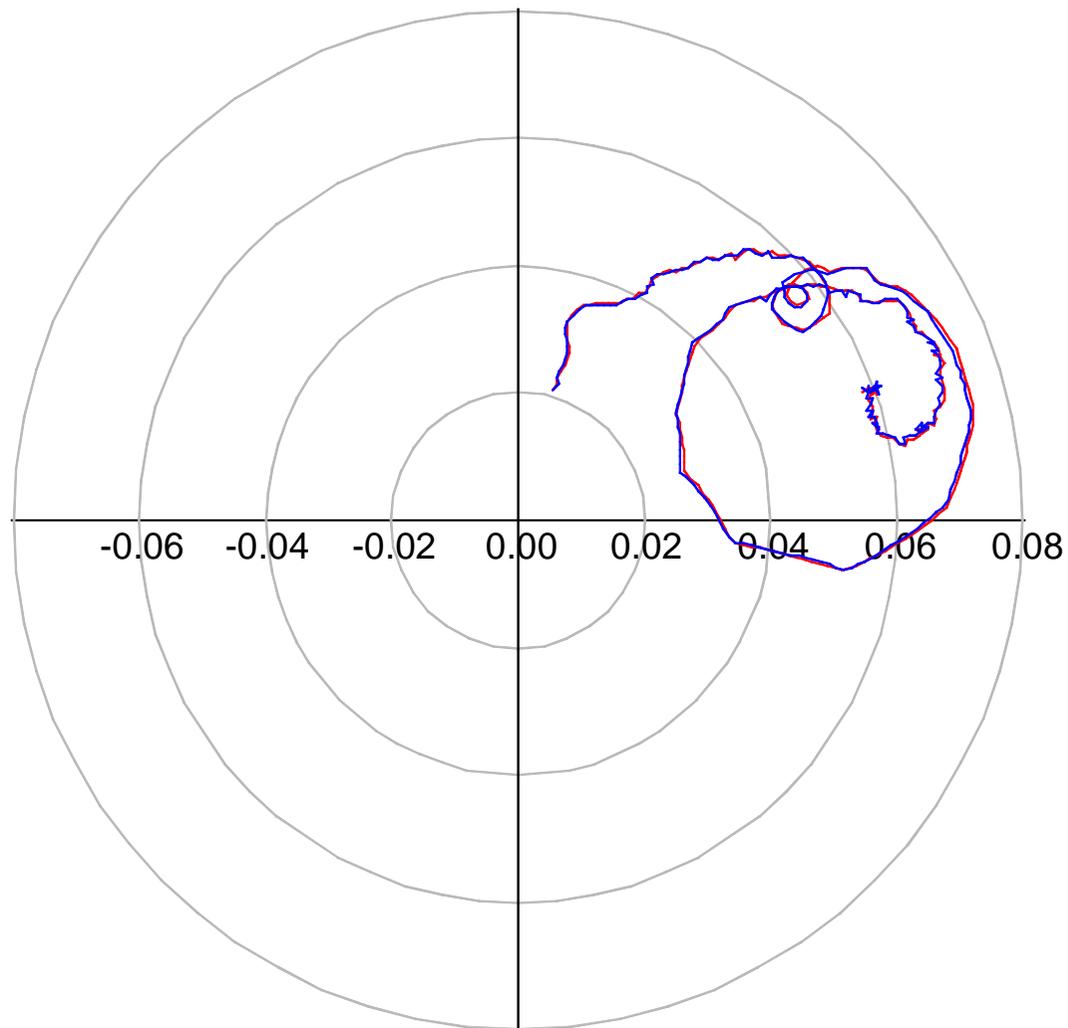


Frequenz : 50 MHz - 11,97 GHz

Messung m. kl./gr. Leistung



S_{12} : Gemessen



Blau : -20 dBm

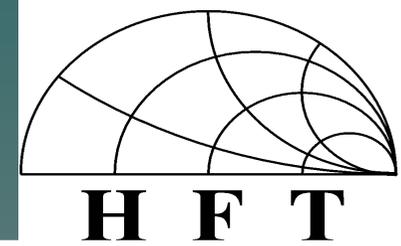
Rot : -5 dBm

AP Blau : $U_{GS} = -1,077 \text{ V}$
 $U_{DS} = 2,995 \text{ V}$
 $I_D = 8,7 \text{ mA}$

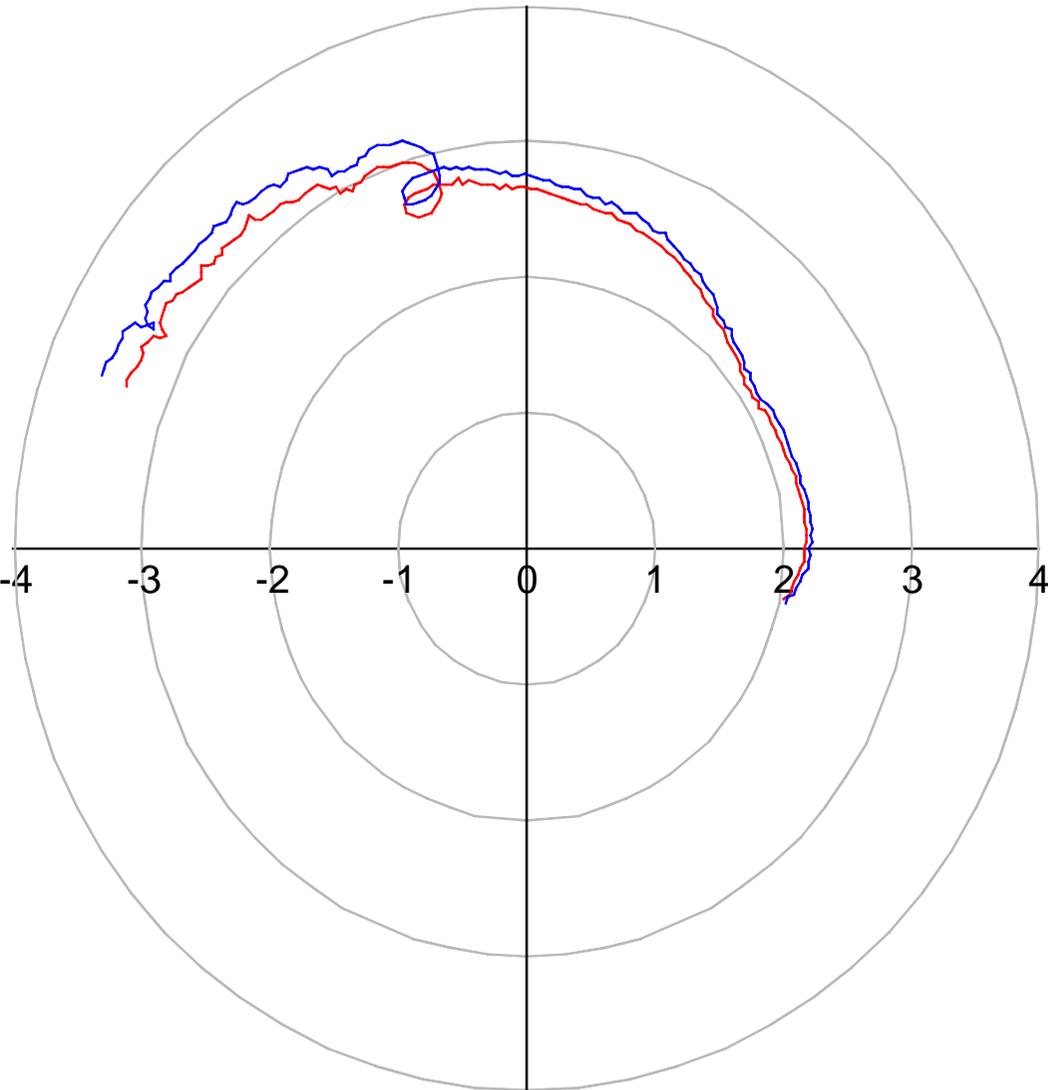
APROT : $U_{GS} = -1,078 \text{ V}$
 $U_{DS} = 2,993 \text{ V}$
 $I_D = 8,56 \text{ mA}$

Frequenz : 50 MHz - 11,97 GHz

Messung m. Kl./gr. Leistung



S_{21} : Gemessen



Blau : -20 dBm

Rot : -5 dBm

AP Blau : $U_{GS} = -1,077 \text{ V}$
 $U_{DS} = 2,995 \text{ V}$
 $I_D = 8,7 \text{ mA}$

APROT : $U_{GS} = -1,078 \text{ V}$
 $U_{DS} = 2,993 \text{ V}$
 $I_D = 8,56 \text{ mA}$

Frequenz : 50 MHz - 11,97 GHz

Zusammenfassung

- ◆ Bessere Charakterisierung des DUT's an den nicht-linearen Aussteuerbereichen durch Messung der S-Parameter innerhalb dieser Bereiche
- ◆ Bessere Charakterisierung des nicht-linearen DUT's durch Einführen von Großsignal-S-Parameter



Zusammenfassung

- Ziel :
- ◆ Realisierung eines automatischen Meßsystems
 - ◆ Vermessung von Transistoren, 1-Tore, 2-Tore
 - ◆ Konvertierung der Daten in ein ADS-File
 - ◆ Umsetzung mittels LabVIEW



Zusammenfassung

Mittel :

- ◆ Network Analyzer HP 8722 C mit GPIB
 - ◆ Steuerbares Netzgerät mit GPIB
 - ◆ 3 Multimeter mit RS 232 C
- ◆ PC mit LabVIEW



Zusammenfassung

Resultat :

- ◆ Automatischer Meßplatz mit beliebig vielen AP's
 - ◆ Vermessung beliebiger nicht linearer 1- oder 2-Tore
 - ◆ Konvertierung in ADS-File variablen Formats
- ◆ Alle Unterfunktionen im Hauptmenue aufrufbar



Ausblick

- ◆ Zwei neue Netzgeräte mit RS 232 C Schnittstelle
- ◆ Ein neues Digitalmultimeter für Port 1 Strom
- ◆ Nachfolger im Rahmen einer Diplomarbeit soll Programm in der Hinsicht modifizieren, daß erregte Oberwellen und deren Intermodulationsprodukte berücksichtigt werden

