



# Abenteuer Mikrowellen-VNA: Restaurierung und Betrieb eines HP8510

**Prof. Dr. Thomas Baier**

**DG8SAQ**

Technische Hochschule Ulm  
Prittwitzstrasse 10  
89075 Ulm

*E-Mail:* [thomas.baier@thu.de](mailto:thomas.baier@thu.de)

*Dank an*

Kurt Poulsen, OZ7OU

Claudio Girardi, IN3OTD / DK1CG

Wayne Knowles †, ZL2BKC

und an die Mitglieder von...

<https://groups.io/g/HP-Agilent-Keysight-equipment>

<https://groups.io/g/svna>

# Mein Traum: HP8510 - VNA bis 26,5GHz



## NETWORK ANALYZERS

### Microwave Network Analyzers, 45 MHz to 100 GHz

#### 8510 Series

- 45 MHz to 100 GHz frequency range
- “Real Time” error-corrected measurements
- 60 dB effective directivity and source match
- 70 dB to 100 dB dynamic range
- 0.001 dB, 0.01 degree, 0.01 nanosecond measurement resolution
- Time domain analysis

#### Ordering Information

**HP 8510B** Network Analyzer  
**Option 010** Time Domain Capability  
**HP 8514B** S-parameter Test Set  
**Option 001** add IF Switching  
**HP 8340A** Synthesized Sweeper

**Price**  
\$33,800  
9,800  
27,000  
add 2,000  
\$69,100

**20GHz Version: \$ 141 700,-**

*ca. 1985*

# Auch gebraucht noch sehr teuer...



HP 8510C NETZWERKANALYSATOR/8516A S-PARAMETER TESTSET/83621A SYNTHETISIERTE FEGERMASCHINE

Artikelzustand: **Gebraucht**

Preis: **US \$15.000,00**  
Ca. EUR 13.902,41

Sofort-Kaufen

In den Warenkorb

Preisvorschlag:

Preisvorschlag senden

♥ Auf die Beobachtungsliste

Rücknahmen akzeptiert

7 Beobachter

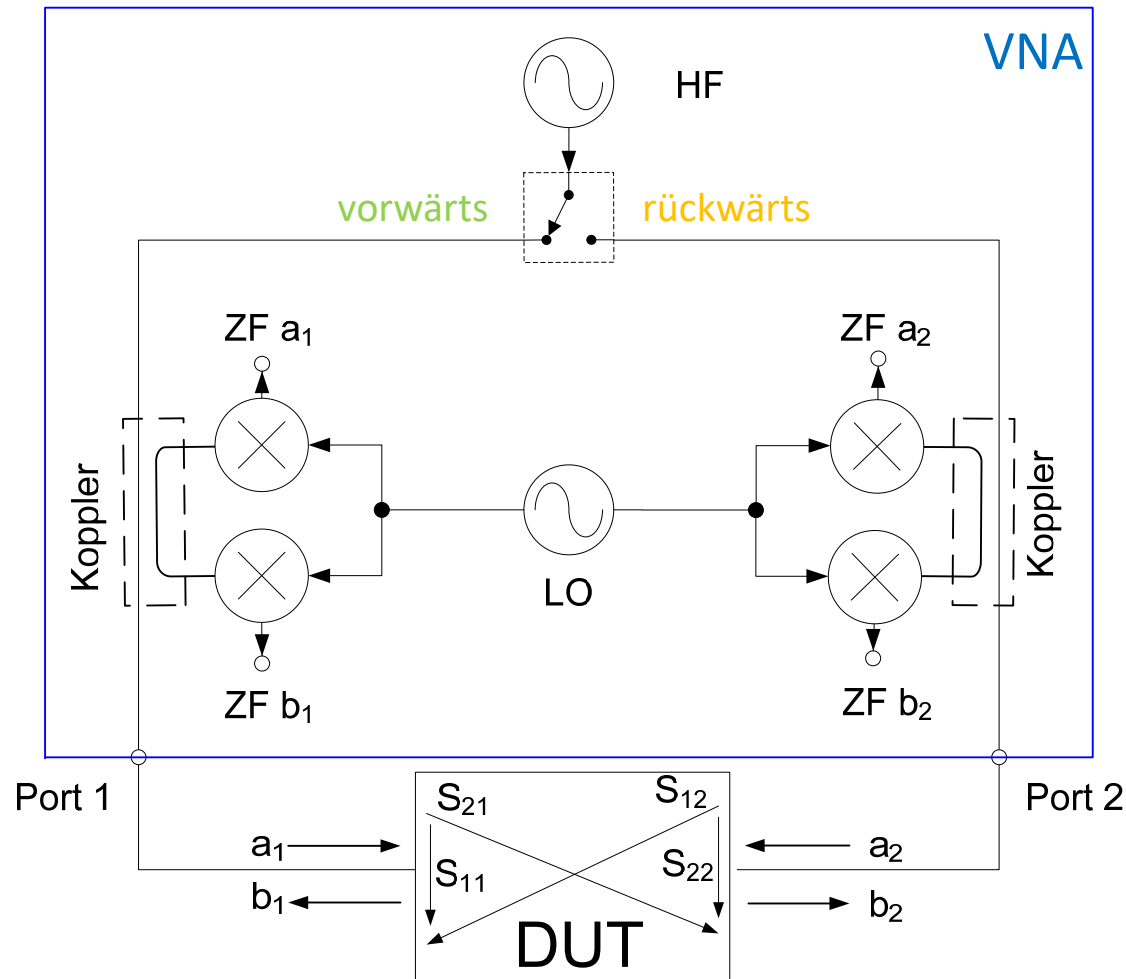
Versand: **KOSTENLOS** Expedited International Shipping | [Weitere Details](#)  
Standort: direct from, Japan

Lieferung: Lieferung zwischen **Mo, 30. Jan** und **Mo, 6. Feb** bei heutigem Zahlungseingang ⓘ

Rücknahmen: 60 Tag Rückgabe | [Weitere Details](#)

## ... und in Europa schwer zu bekommen!

# Vektor-Netzwerk-Analyzer (VNA)



Vom Testobjekt = **Device Under Test** sollen die Streuparameter gemessen werden:

$$S_{11} = \frac{b_1}{a_1}$$

$$S_{21} = \frac{b_2}{a_1}$$

vorwärts

$$S_{12} = \frac{b_1}{a_2}$$

$$S_{22} = \frac{b_2}{a_2}$$

rückwärts

# HP8510 System - Versionen



## HP8510A

- Monochrom-Vektor-Display
- Betriebssystem in magnetischem Blasenspeicher ☹️
- Magnetbandspeicher 😊
- 2 Kanäle darstellbar

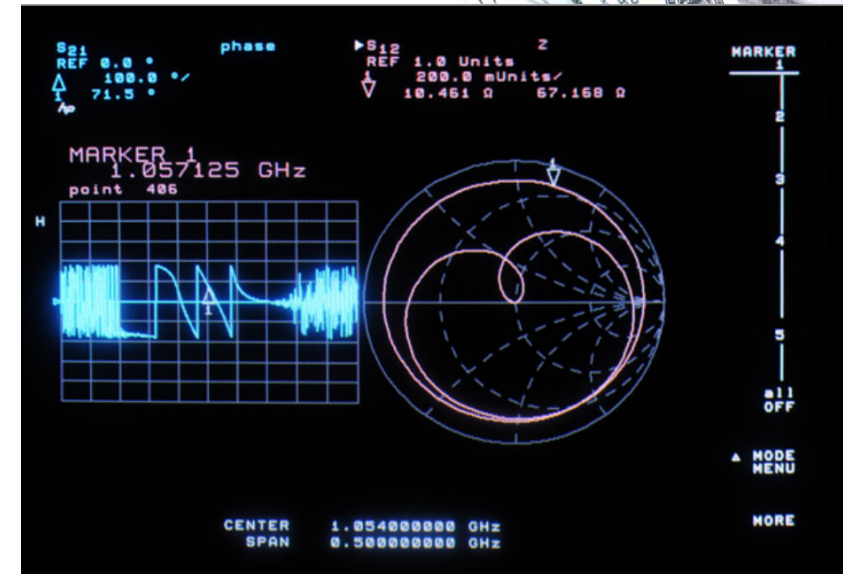
## HP8510C

- Farbbildröhre
- Betriebssystem in EEPROM
- 3,5" Floppy Disk
- 4 Kanäle darstellbar
- Teuer ☹️



## HP8510B

- Monochrom-Vektor-Display
- Betriebssystem in EEPROM
- Magnetbandspeicher 😊
- 2 Kanäle darstellbar



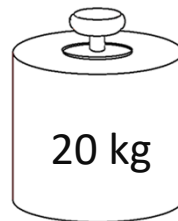
[https://www.hpmemoryproject.org/technics/bench/8510/bench\\_8510\\_home.htm](https://www.hpmemoryproject.org/technics/bench/8510/bench_8510_home.htm)

# HP8510 Komponenten (1)



## HP85101 Display/Processor

- Bildschirm
- Rechner
- Datenspeicher
- GPIB-Schnittstelle

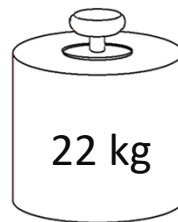


20 kg



## HP85102 Empfänger

- ZF-Einheit
- ADC
- PLL



22 kg



# HP8510 Komponenten (2)



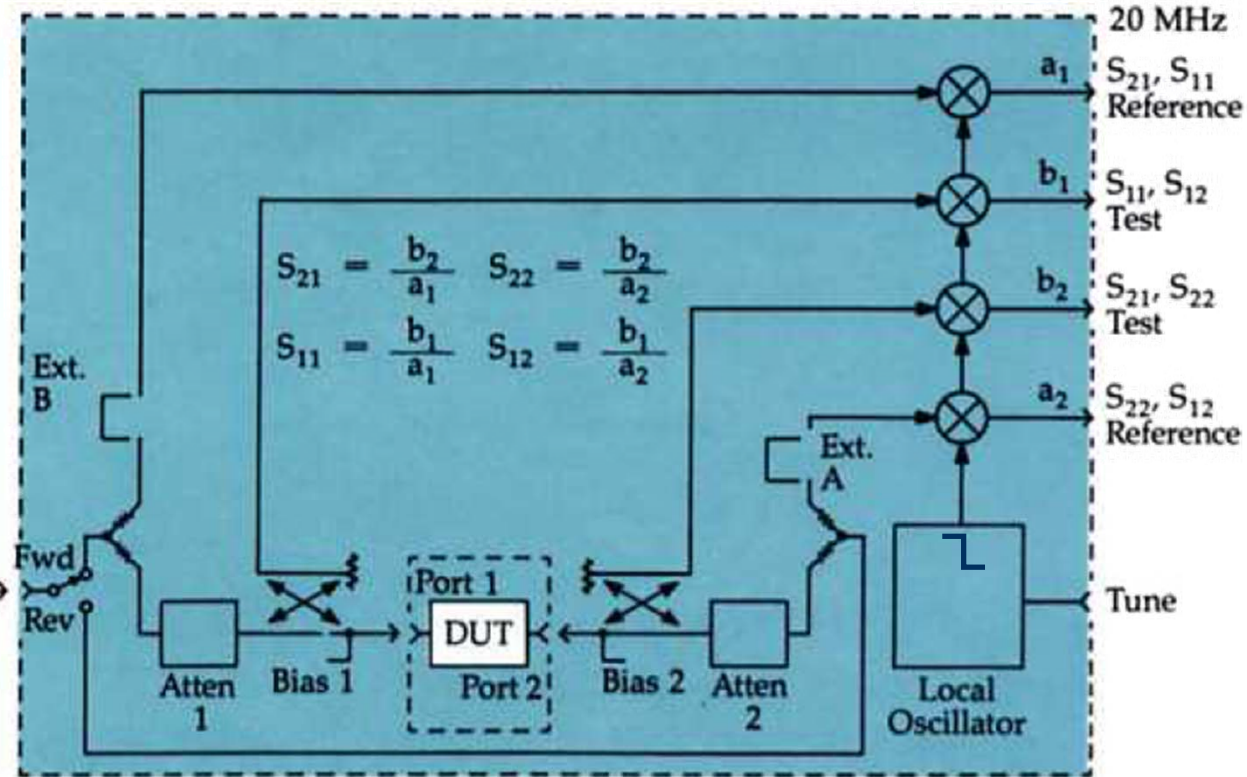
## HP8514/8515/8516 Test Set

- Messbrücken
- HF-Schalter
- Erste Mischer
- LO

HP8514: 45MHz-20GHz  
 HP8515: 45MHz-26,5GHz  
 HP8516: 45MHz-40GHz



21 kg

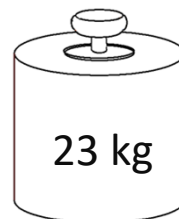


# HP8510 Komponenten (3) - HF-Generatoren



## HP8350B

- Freischwinger Wobbler
- Je nach Einschub 10MHz-26,5GHz



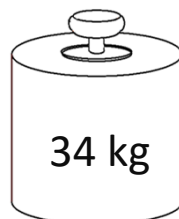
oder

## HP8340 / HP8341

- PLL Wobbler

HP8340: 10MHz-26,5GHz


HP8341: 10MHz-20GHz





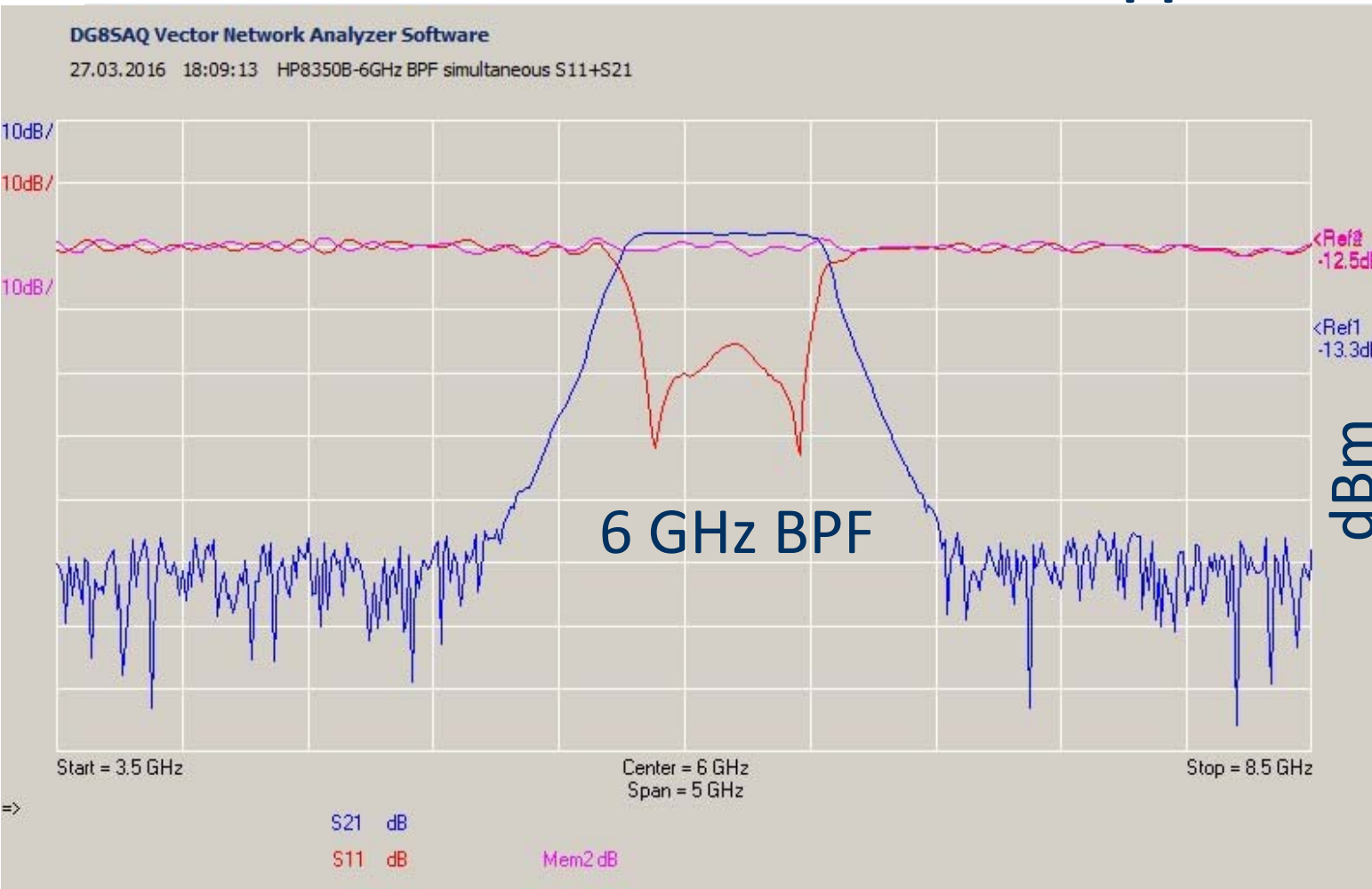
# November 2015: Das Abenteuer beginnt...



- HP 8350B / HP 83592A - Sweep Generator 10 MHz - 20 GHz
- Über Ebay aus ehemaligem Bundeswehrbestand
- € 1249,-
- *Leider Kettenraucher* 



# Messung an 6GHz Bandpass Filter mit Diodendetektoren und Richtkoppler



HP8350B technisch  
einwandfrei 😊

# Februar 2017: Das Abenteuer geht weiter



Ihr Gebot von US \$313,00 war das höchste! Als Nächstes geht es zum Bezahlen.

Jetzt zahlen

Bitte bezahlen Sie um Ihren Kauf abzuschließen.

## Ihr Artikel - Ihr Erfolg

Agilent HP 8510B Network Analyzer System w/ Display Section **READ**



Höchstgebot: **US \$313,00**

Gut gemacht! Sobald Sie bezahlt haben, gehört dieser Artikel Ihnen.

Jetzt zahlen

- HP8510B Display- & ZF-Einheit aus USA
- Billig, weil defekt!
- Versand und Zoll verdoppeln fast die Kosten

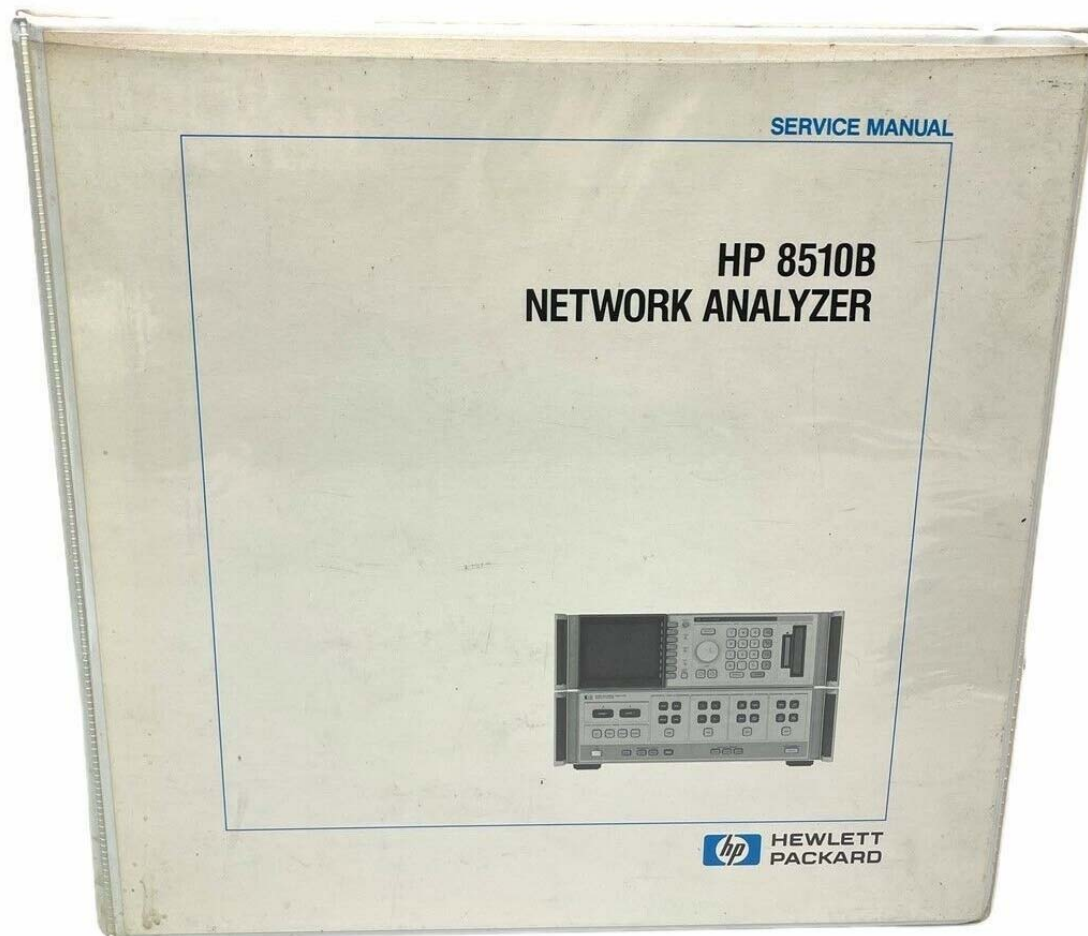
„doesn't power up“



42kg !!!

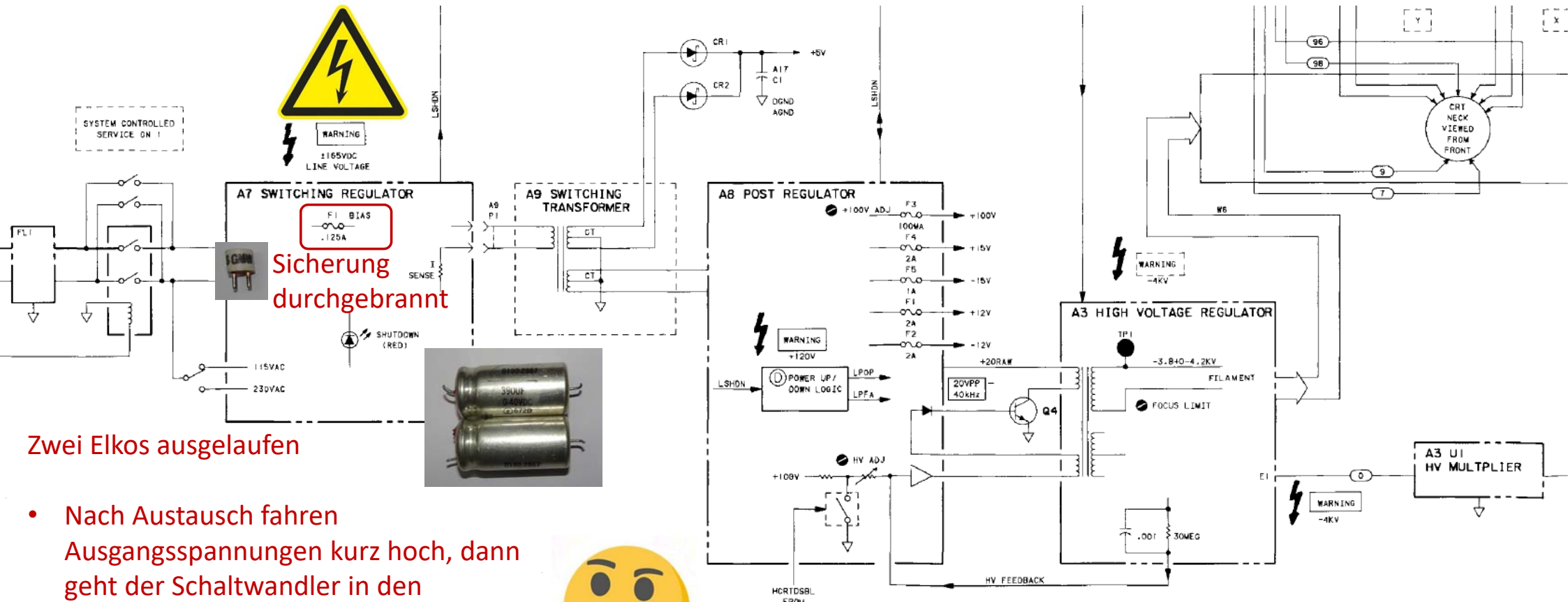
Fehler in Stromversorgung? Sollte reparierbar sein...

# Erster Dämpfer



- HP8510B Service Manual enthält KEINE Schaltbilder
- Schaltbilder in HP8510A Manual stimmen nur teilweise überein.
- Stromversorgung von HP8510A und B scheinen identisch zu sein.
- Auch HP8510A Manual enthält KEIN Schaltbild des Schaltwandlers

# Vom Schaltwandler A7 gibt's nur Blockschaltbild



Zwei Elkos ausgelaufen



- Nach Austausch fahren Ausgangsspannungen kurz hoch, dann geht der Schaltwandler in den Shutdown!
- Die Sicherung brennt nicht durch.



Langwierige aber letztendlich hoffnungslose Recherche nach detaillierteren Schaltungsunterlagen folgt...

# Februar 2017: Test Set kommt aus USA



## HP8515A 26,5GHz Test Set

Ihr Preisvorschlag von US **\$299,00** wurde akzeptiert! Als Nächstes geht es zum Bezahlen.

Jetzt zahlen

Bitte bezahlen Sie , um Ihren Kauf abzuschließen.

Ihr Artikel - Ihr Erfolg

HP/AGILENT 8515A S-Parameter Test Set

- ... + Transport + Zoll
- Lüfter fehlt
- Hoffentlich kein Fehlkauf

*Da steckt das ganze HF-Know-How drin!*



## Andere Rauchzeichen ...

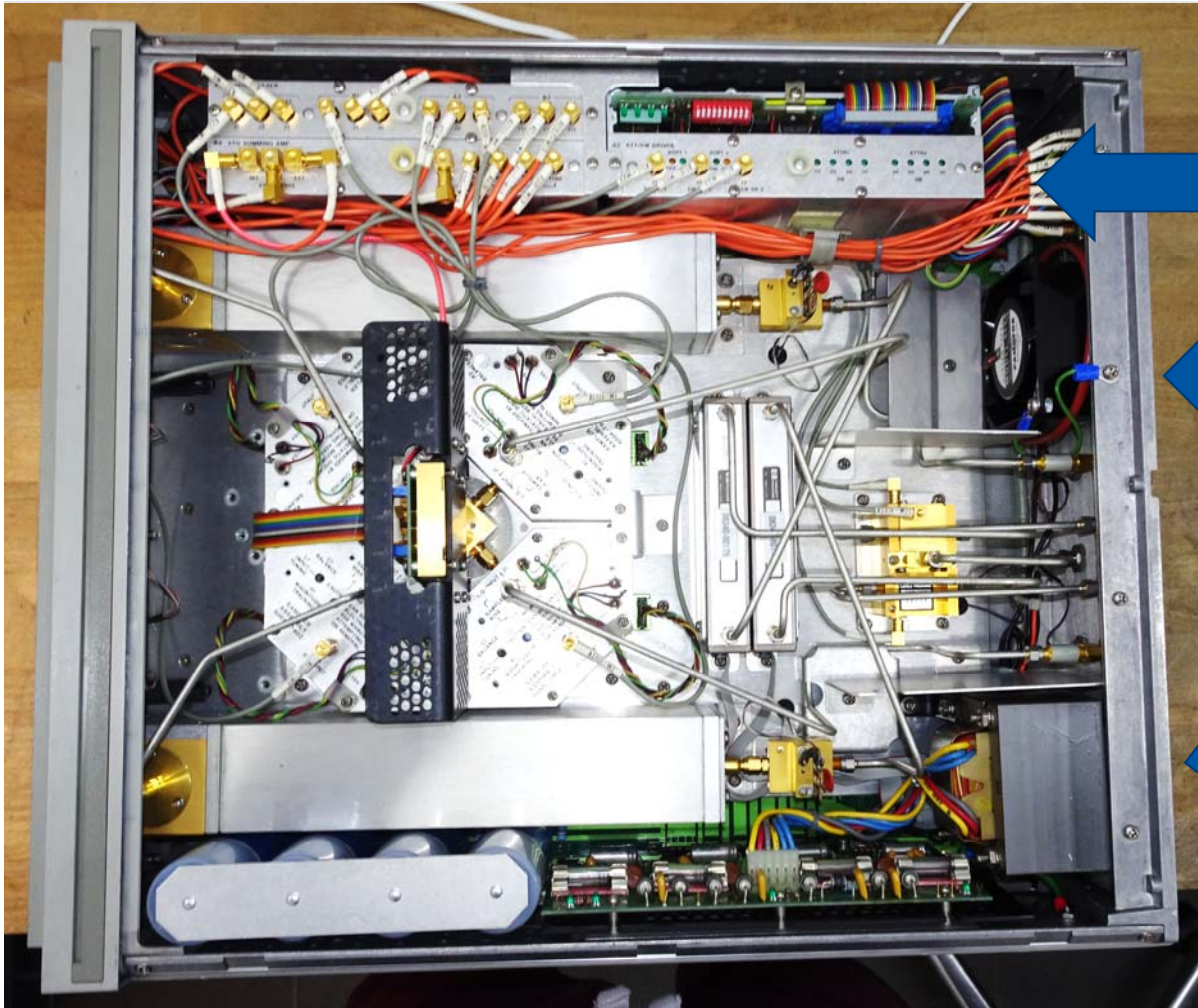
- Neuer Lüfter eingebaut
  - Netzselektor auf 230V
  - Einschalten, 10min später...
- ➔ **Rauch und Gestank!**

*Eingegossener X-Kondensator  
im Netzfilter abgeraucht! ☹️*

Das Netzfilter ist nicht  
sonderlich gut zugänglich...



# Austausch Netzfilter HP8515A (1)



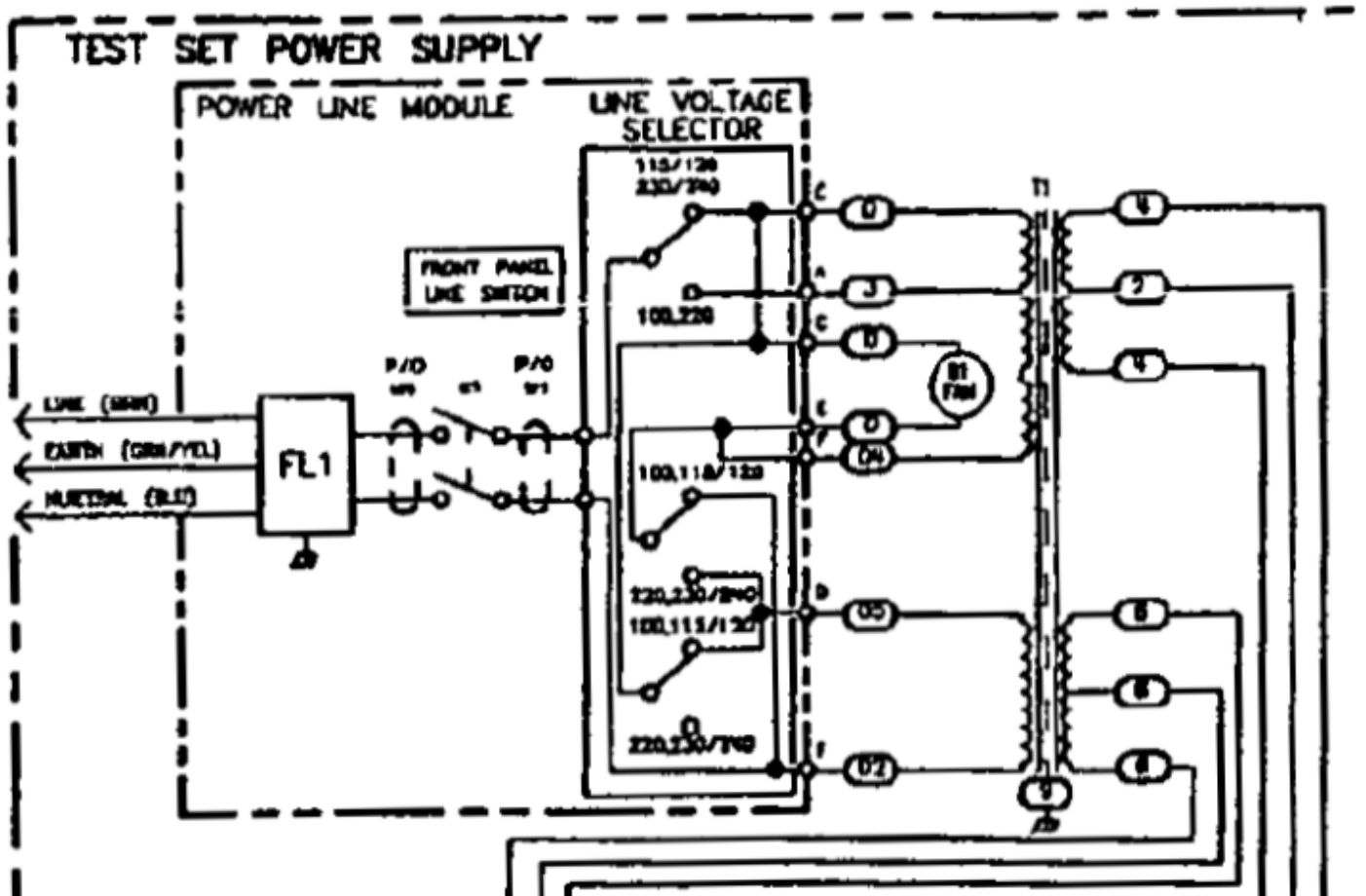
- Alle Leitungen müssen weg
- Rückseite muss weg



Netzfilter sitzt hier zwischen Trafo und Motherboard ...

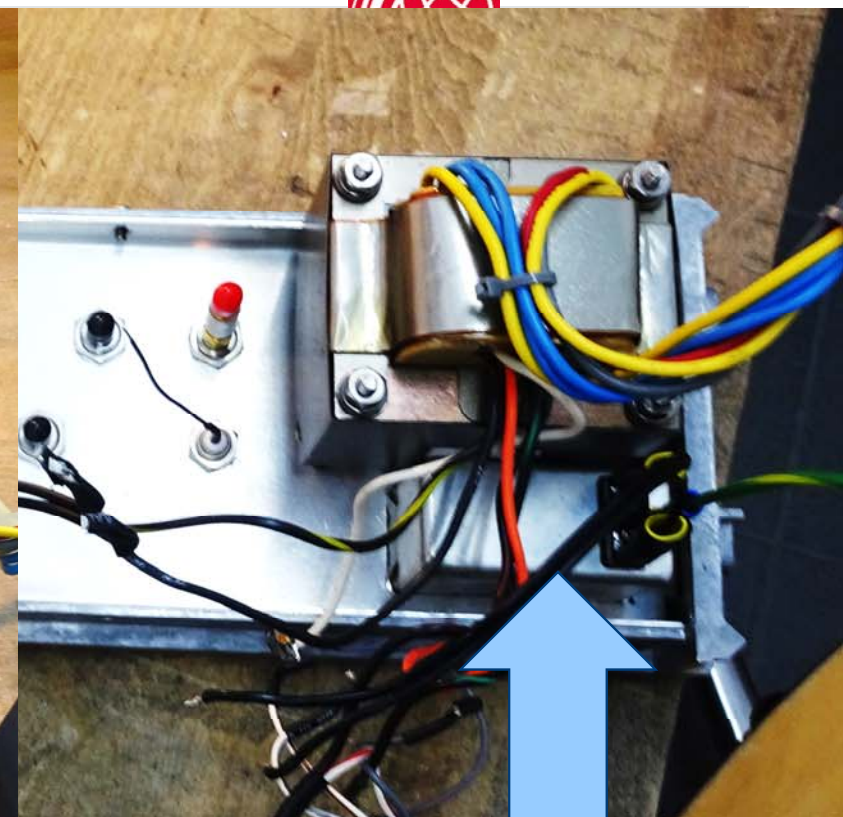
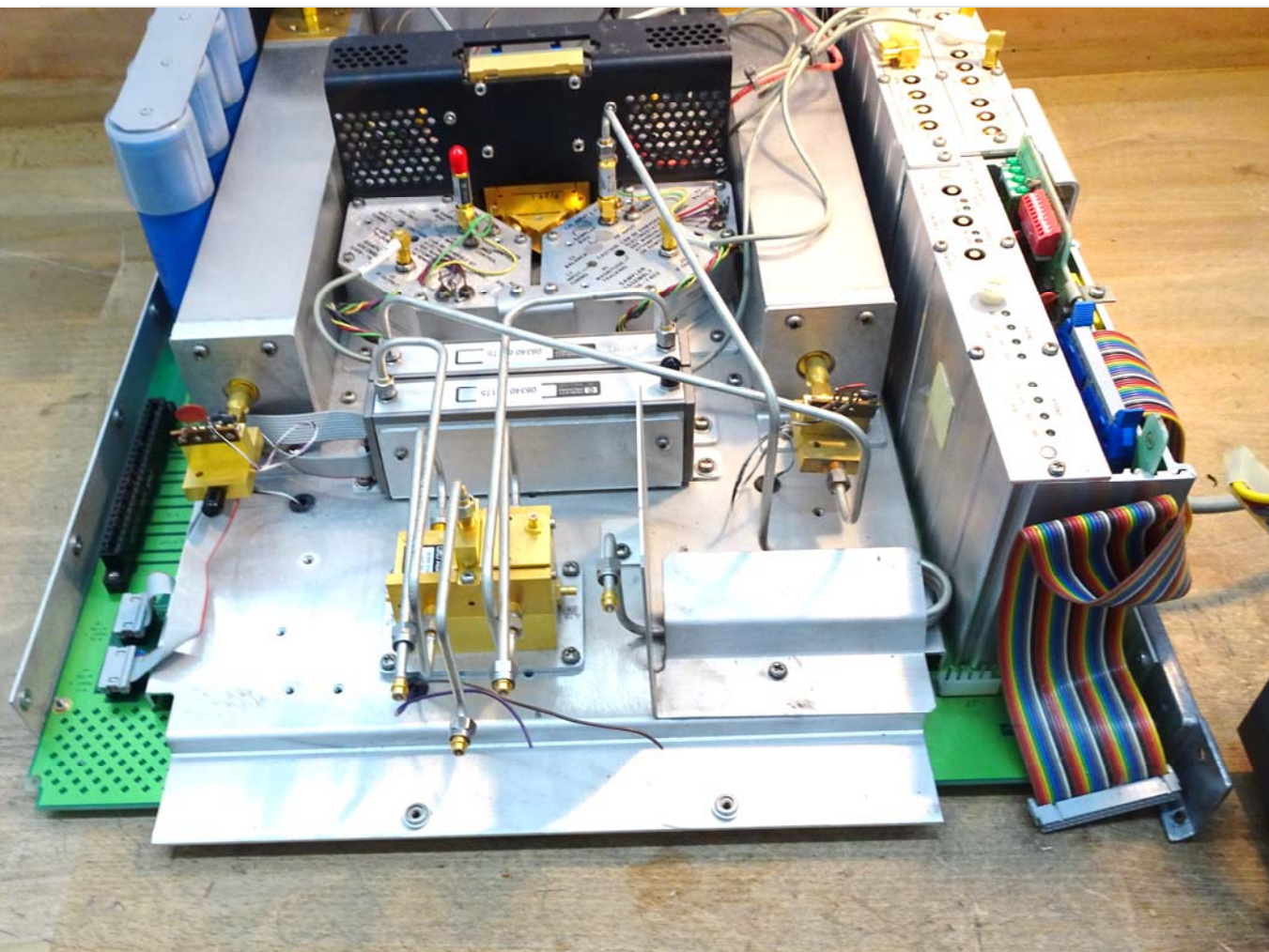


# Austausch Netzfilter HP8515A (2)



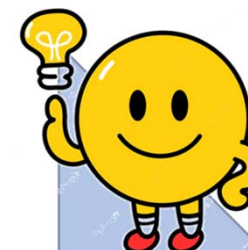
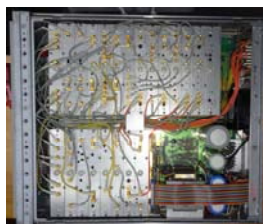
... und das ist alles  
ist ziemlich wild  
verschaltet.

# Austausch Netzfilter HP8515A (3)



NEU! 😊  
aber nur für 230V!

# Pandemie verschafft Luft für neuen Anlauf



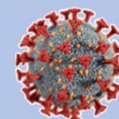
Diskussionen mit Freunden

2017

2018

2019

2020



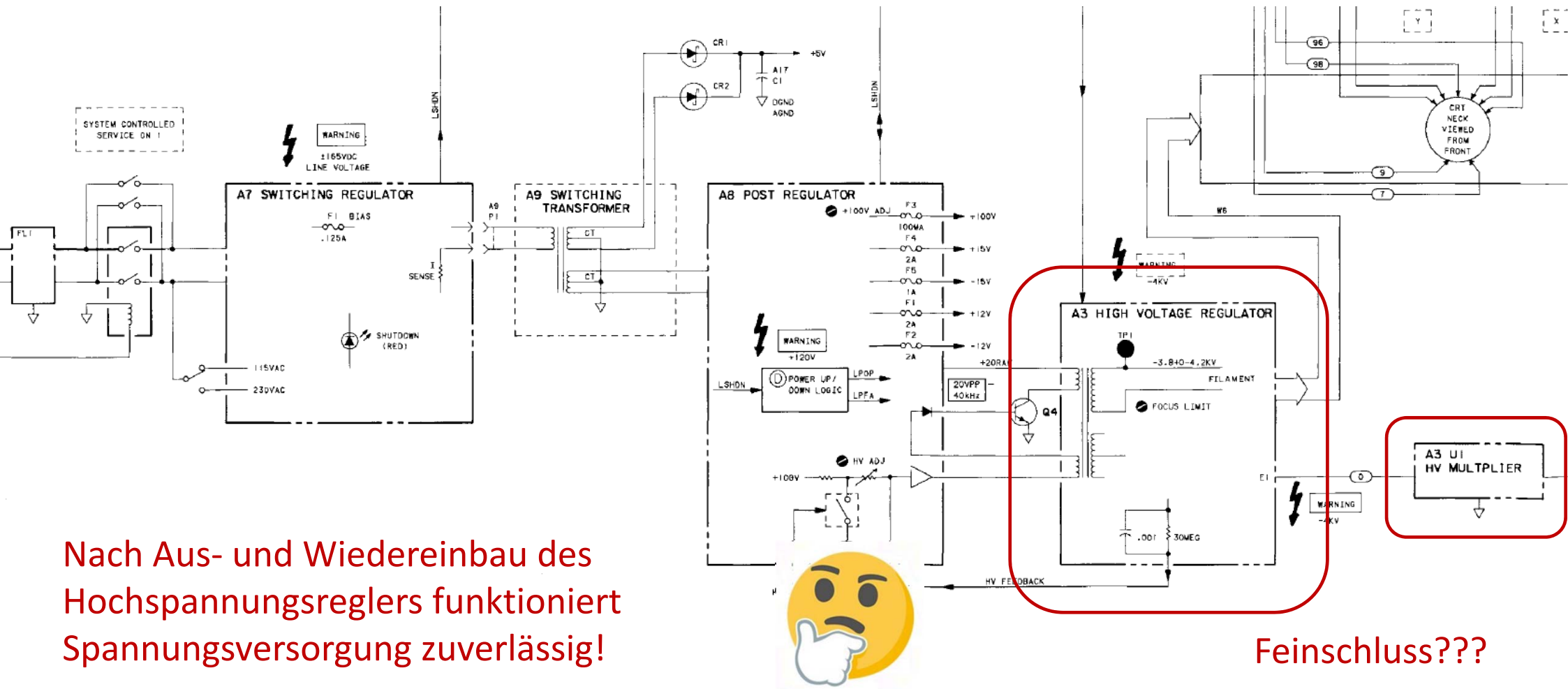
2021

2022

Recherchen und viele Diskussionen im HP-Forum

<https://groups.io/g/HP-Agilent-Keysight-equipment>

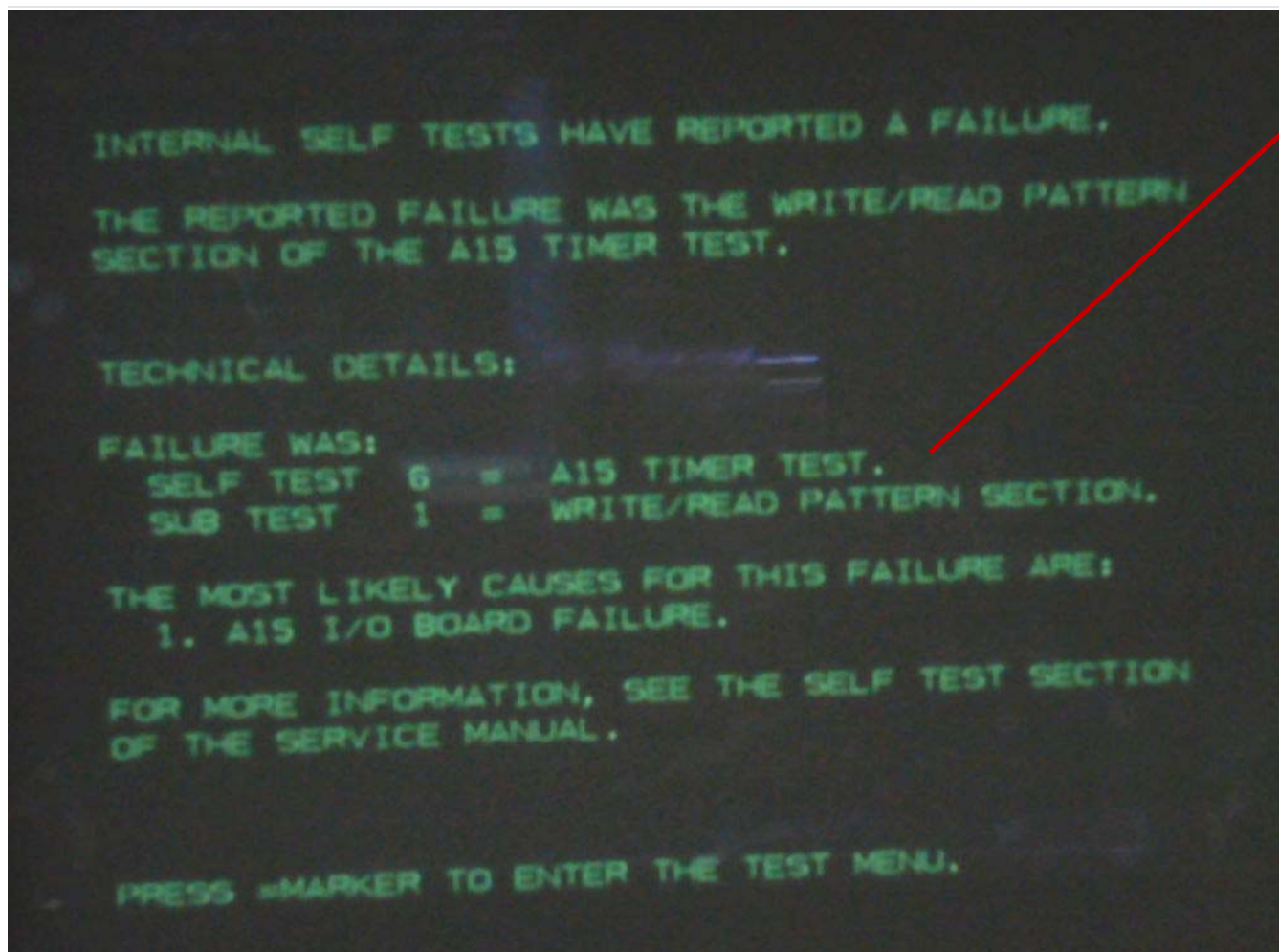
# Juni 2022: HP85101 Schaltnetzteil 2. Anlauf



Nach Aus- und Wiedereinbau des Hochspannungsreglers funktioniert Spannungsversorgung zuverlässig!

Feinschluss???

# HP85101: Das war aber noch nicht alles!



## Test 6 – A15 Timer

The processor writes data word Hex 55 (0101 0100) in A15U35. The data is read and compared to communicate with the processor.

...

Probable cause of failure:

- Faulty A15 board.
- Faulty U35 on the A15 board.

• Also U35 auf A15 defekt?

Und ...

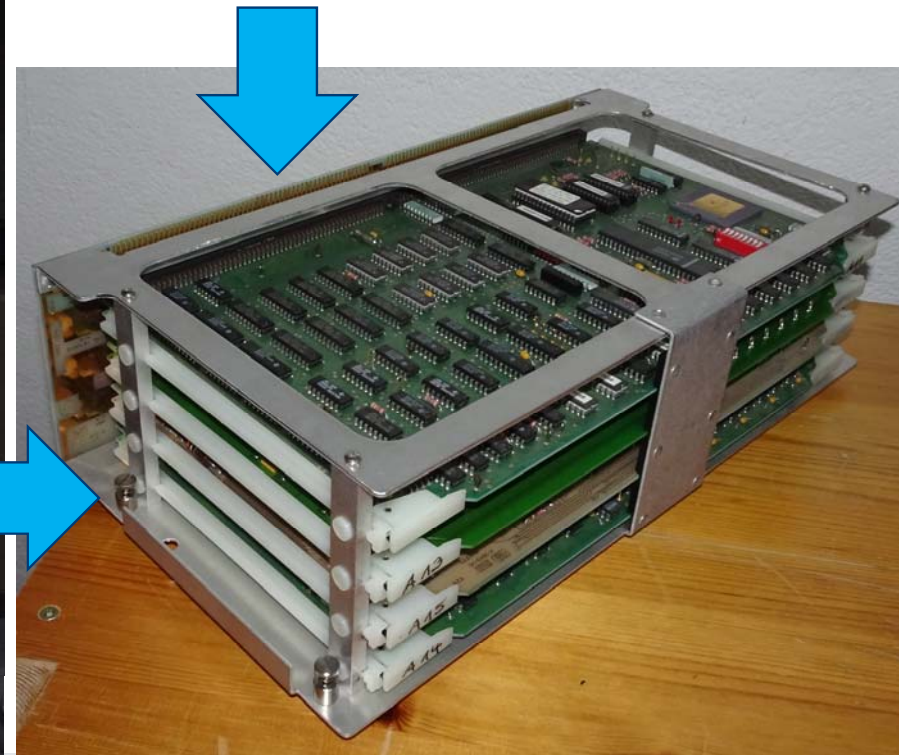
- Kathode der Bildröhre offenbar verbraucht
- Lüfter defekt!



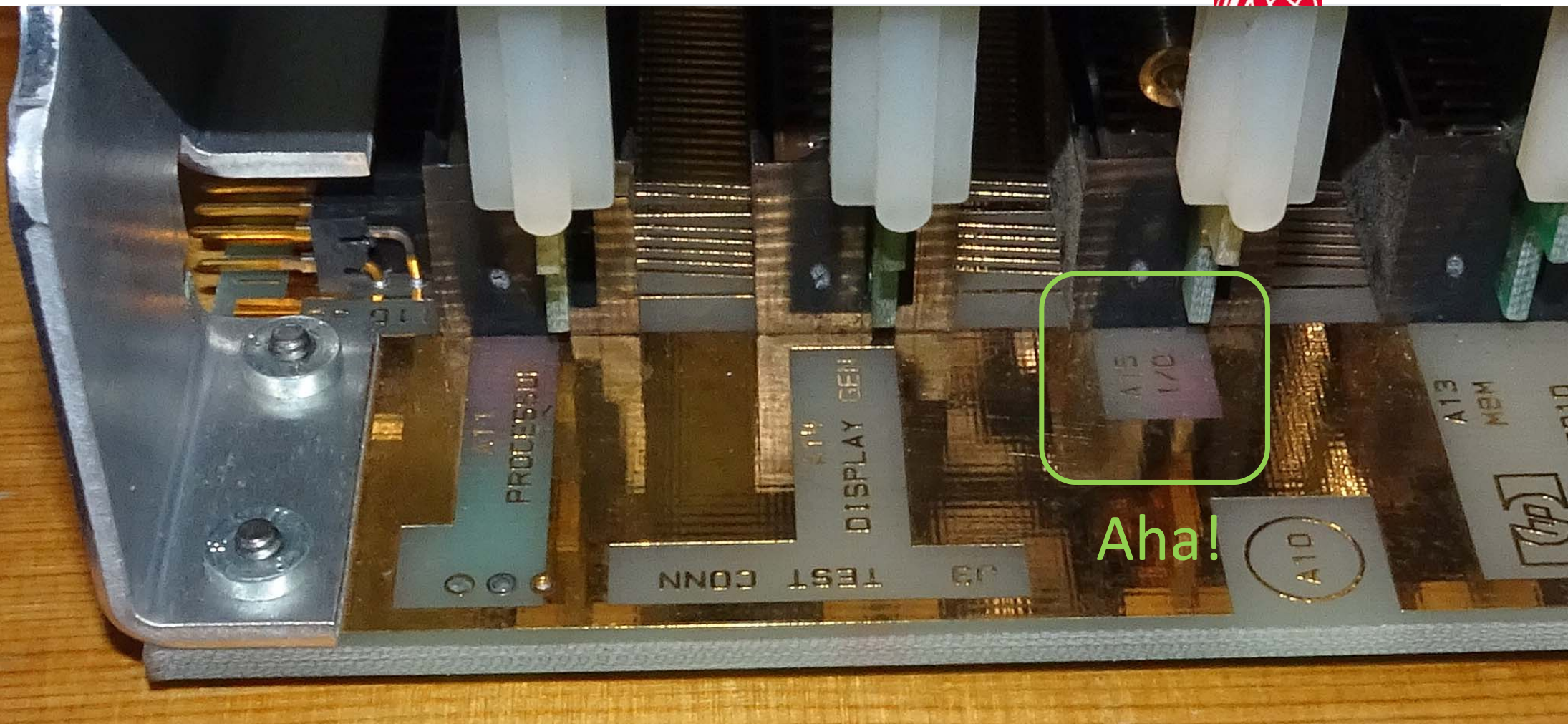
# Ein dummer Fehler...



Wo ist das Board A15?  
Eines von denen,  
aber welches?



# Ein dummer Fehler...

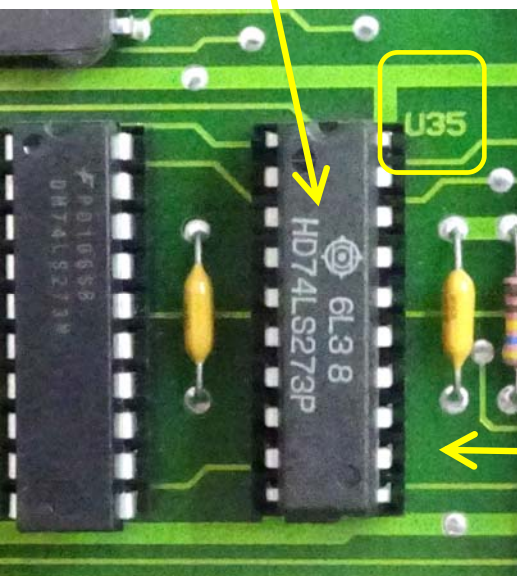


Aha!

# Ein dummer Fehler...



U35?  
Ah, schon gesockelt!  
Keine HP-  
Teilenummer???

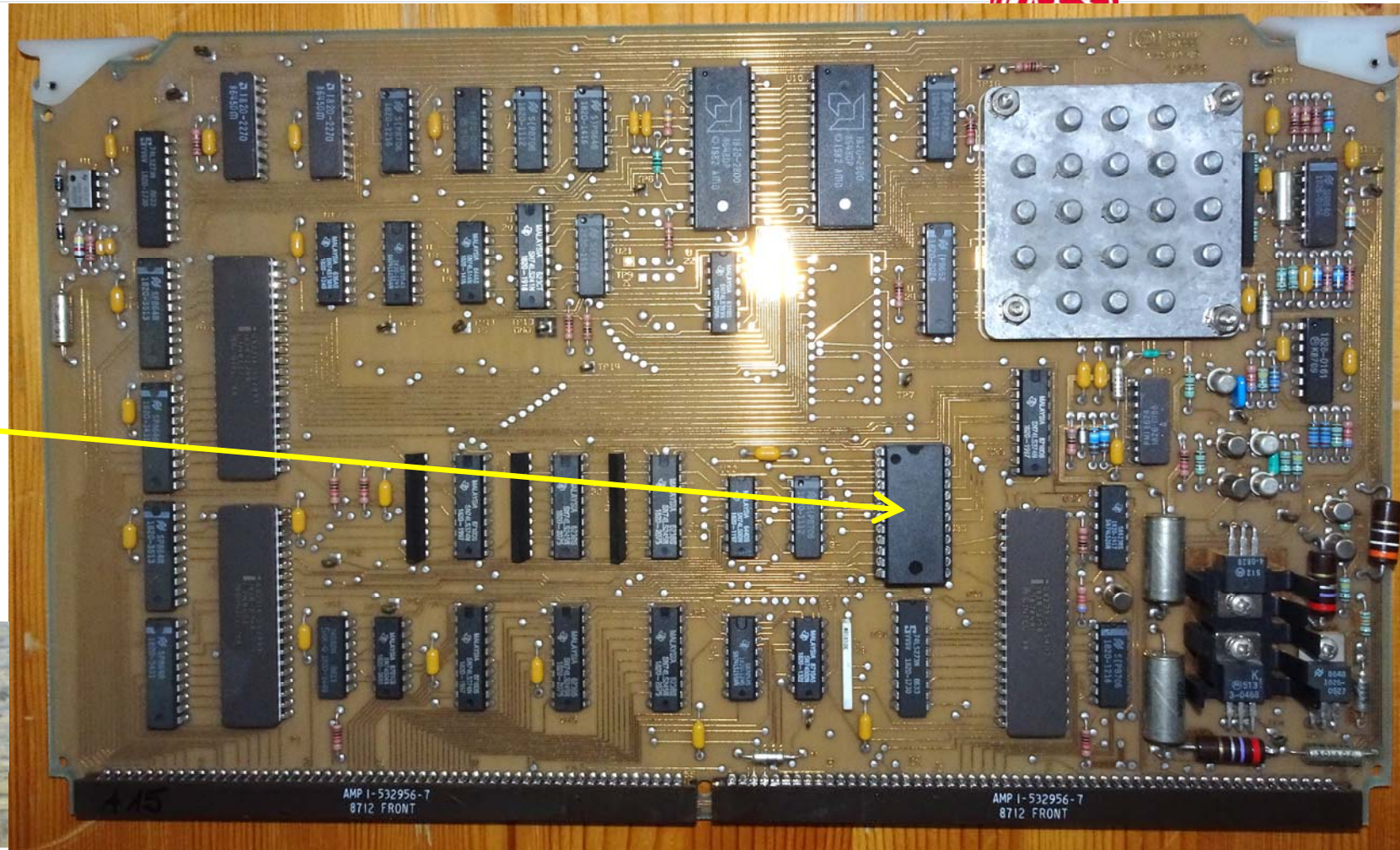




# Platinenkäfig war falsch bestückt!



Das richtige Board A15!  
Und der defekte U35, ein Intel Timer-IC, war natürlich nicht gesockelt



# Kaum macht man es richtig...



```
INTERNAL SELF TESTS HAVE REPORTED A FAILURE.  
THE REPORTED FAILURE WAS THE WRITE/READ BIT # D 1  
SECTION OF THE IF DETECTOR DATA TEST.  
  
TECHNICAL DETAILS:  
  
FAILURE WAS:  
SELF TEST 13 = IF DETECTOR DATA TEST.  
SUB TEST 2 = WRITE/READ BIT # D 1 SECTION.  
  
THE MOST LIKELY CAUSES FOR THIS FAILURE ARE:  
1. 85102 INTERCONNECT CABLE MISSING OR DAMAGED.  
2. 85102 A24 FAILURE.  
3. A15 I/O BOARD FAILURE.  
4. 85102 A8 FAILURE.  
5. 85102 MOTHERBOARD OR CONNECTOR OR CABLE FAILURE.  
6. 85101 A17 MOTHERBOARD OR CONNECTOR FAILURE.  
  
FOR MORE INFORMATION, SEE THE SELF TEST SECTION  
OF THE SERVICE MANUAL.  
  
PRESS ↵MARKER TO ENTER THE TEST MENU.
```



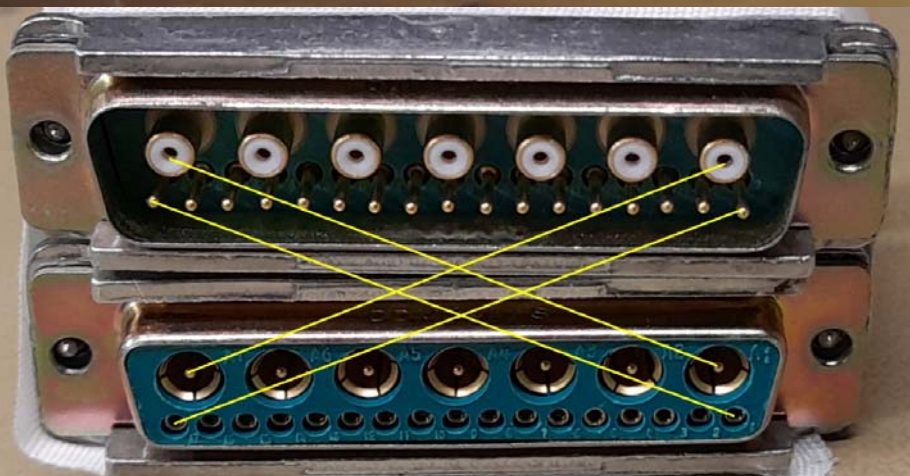
Kann noch nicht gehen, ZF-Detektor HP85102 ist ja noch nicht angeschlossen.

Verbindungskabel müssen her!

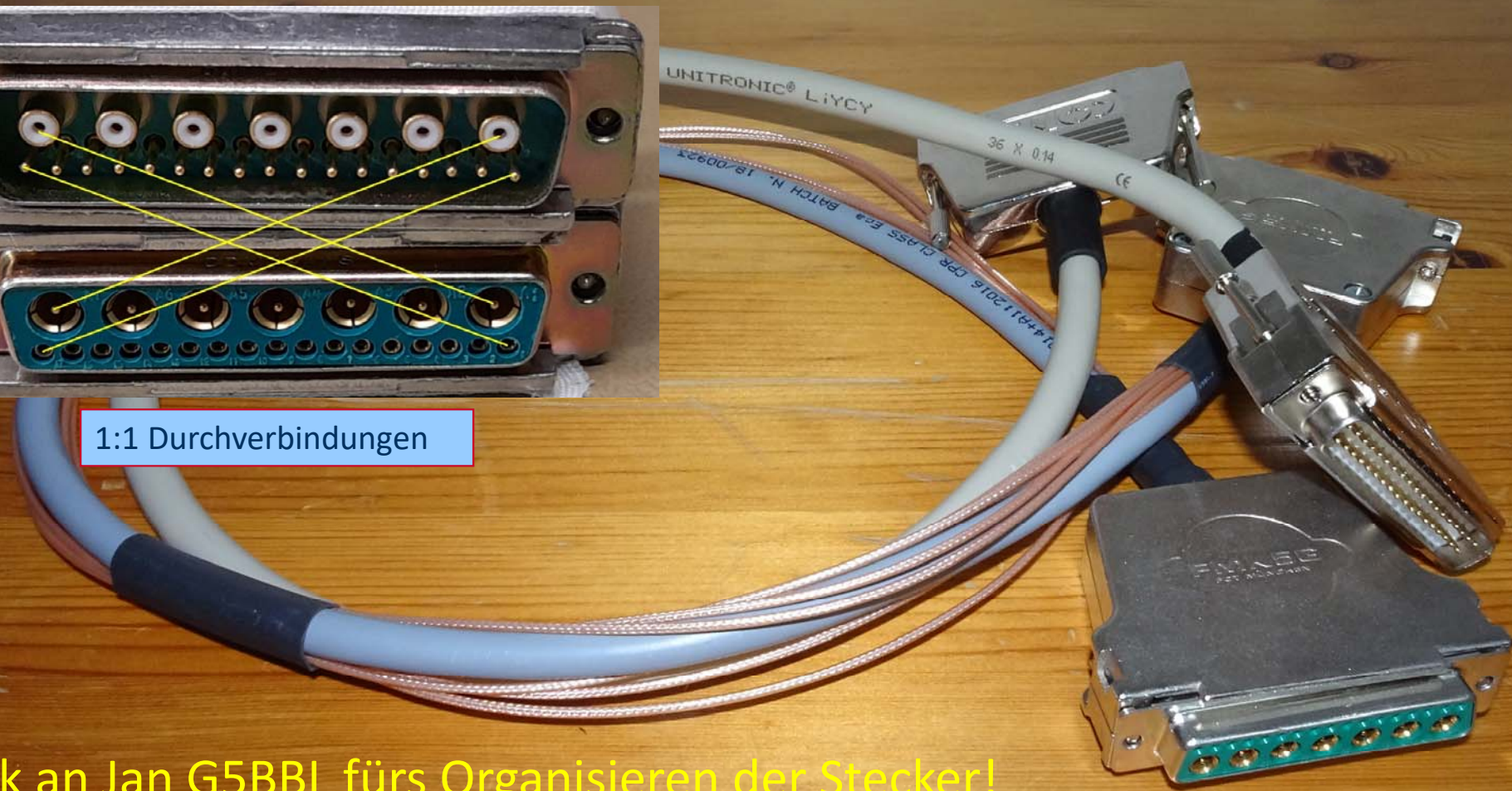
\$\$\$ !!!



# Selbstgebaute Verbindungskabel



1:1 Durchverbindungen



Dank an Jan G5BBL fürs Organisieren der Stecker!

# HP85102 ZF-Einheit

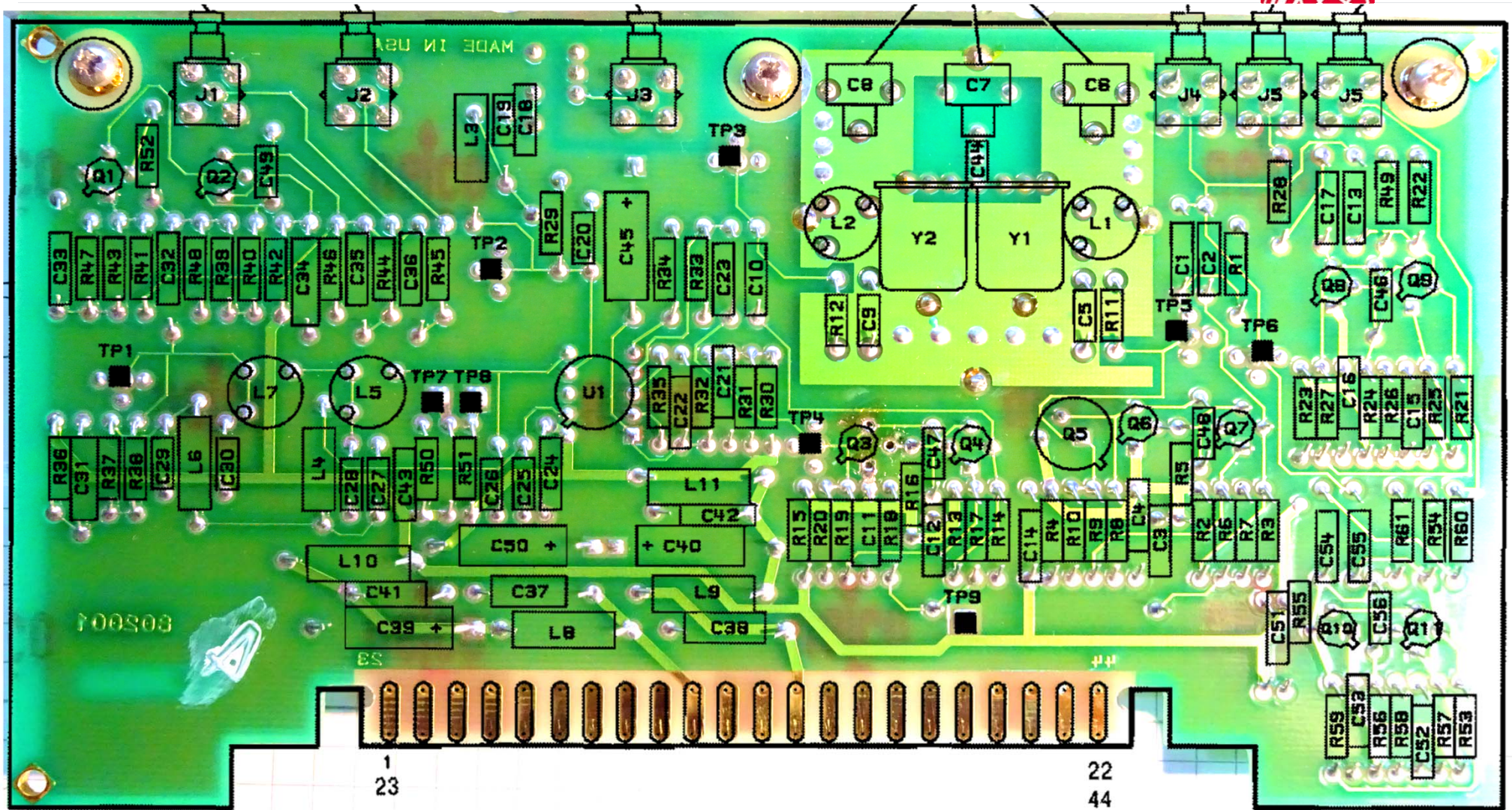


Da war schon jemand vor mir dran!  
Zwei Fehleraufkleber und ausgesteckte HF-Kabel!

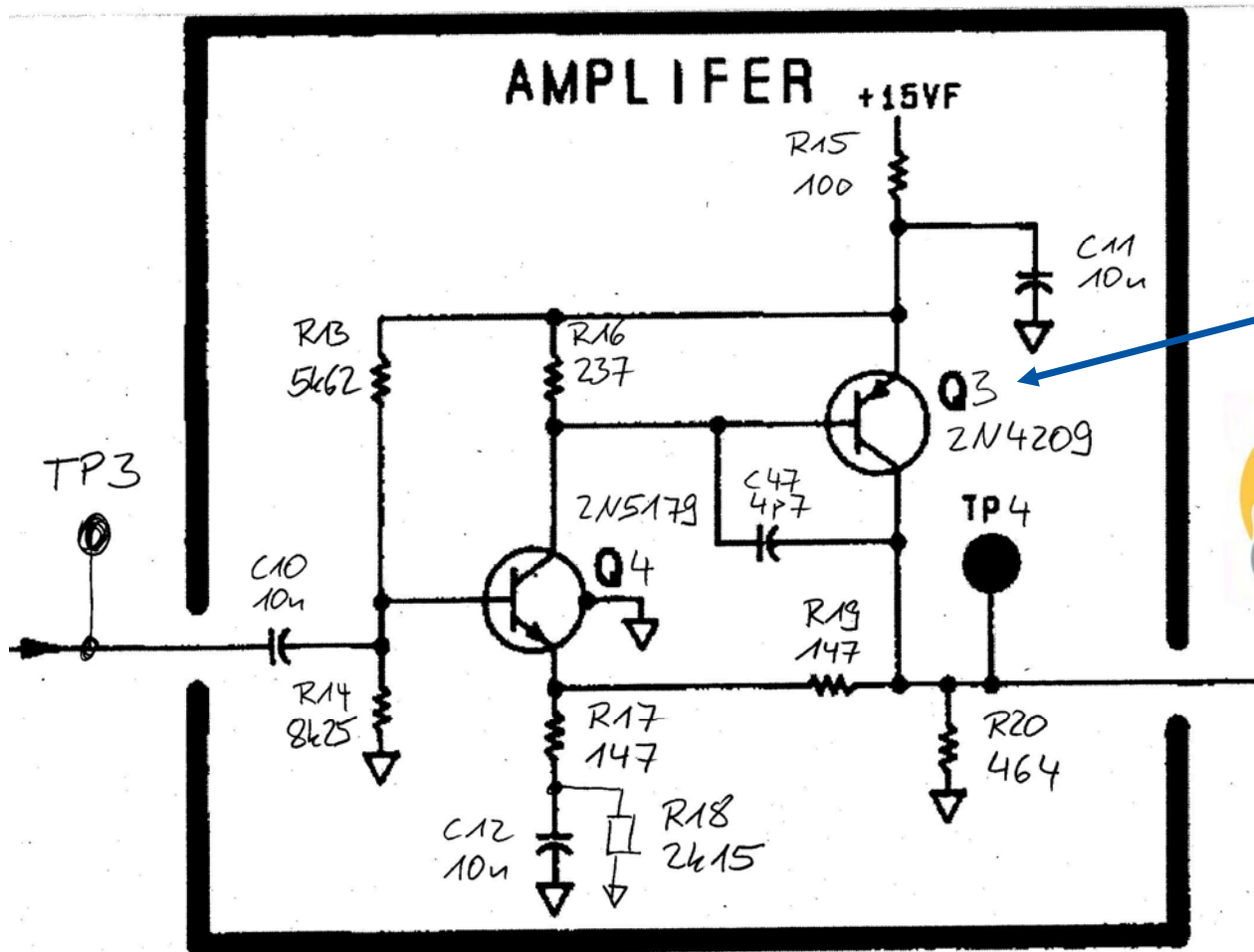
**Zwei der vier Mischer liefern zu wenig Pegel!**



# HP85102 ZF-Einheit Reverse Engineering ...



# Standard Verstärkerblock

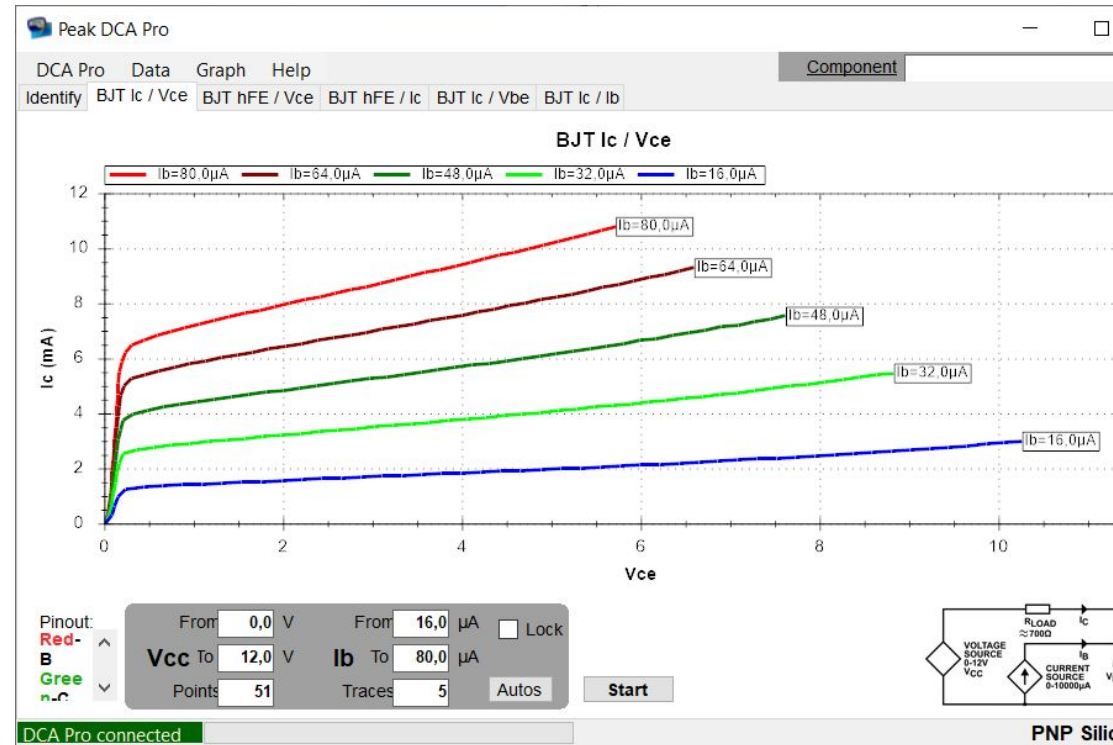
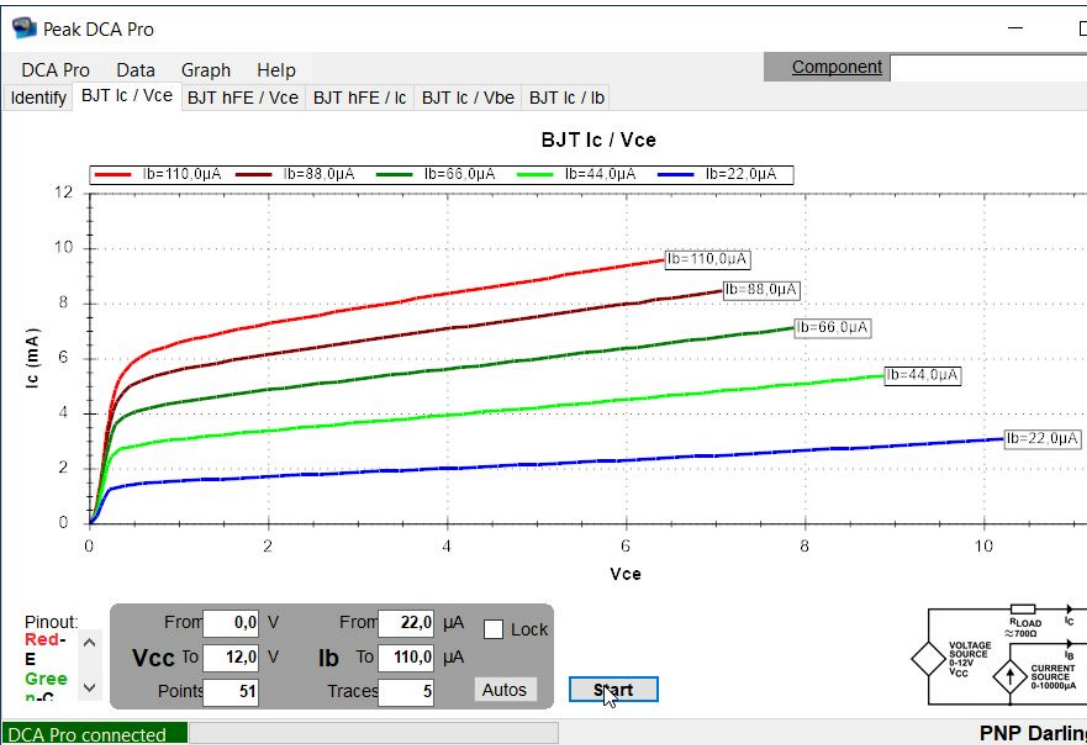


- DC-mäßig unauffällig
- Nach Tausch des PNP-Transistors 6dB mehr Verstärkung!



*Alle PNP-Transistoren auf allen Mischerboards ausgetauscht!*

# 2N4209 PNP-Transistoren

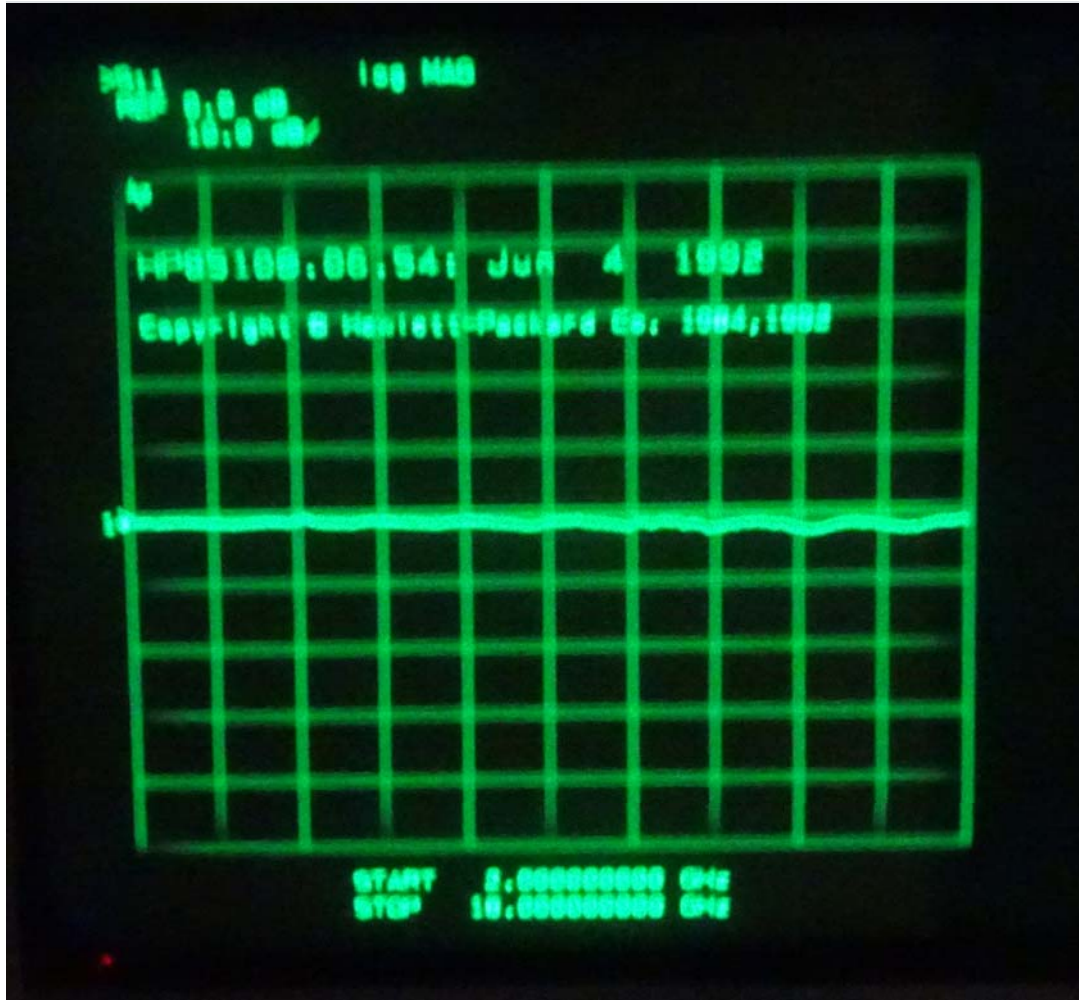


**Schlecht**

**Gut**

DC-mäßig in der Schaltung nur marginaler Unterschied!

# Lebenszeichen



- Display Einheit technisch ok
- ZF Einheit funktioniert
- Test Set funktioniert



Bild halbwegs hell ODER scharf, aber nicht beides gleichzeitig  
⇒Bildröhre müsste noch regeneriert werden, siehe

<http://www.ke5fx.com/crt.html>



# Wie bewegt man 100kg Messtechnik?



T. Baier DG8SAQ, Juni 2023

# Wie kommt man an die Messdaten ran?



## Über GPIB Schnittstelle!

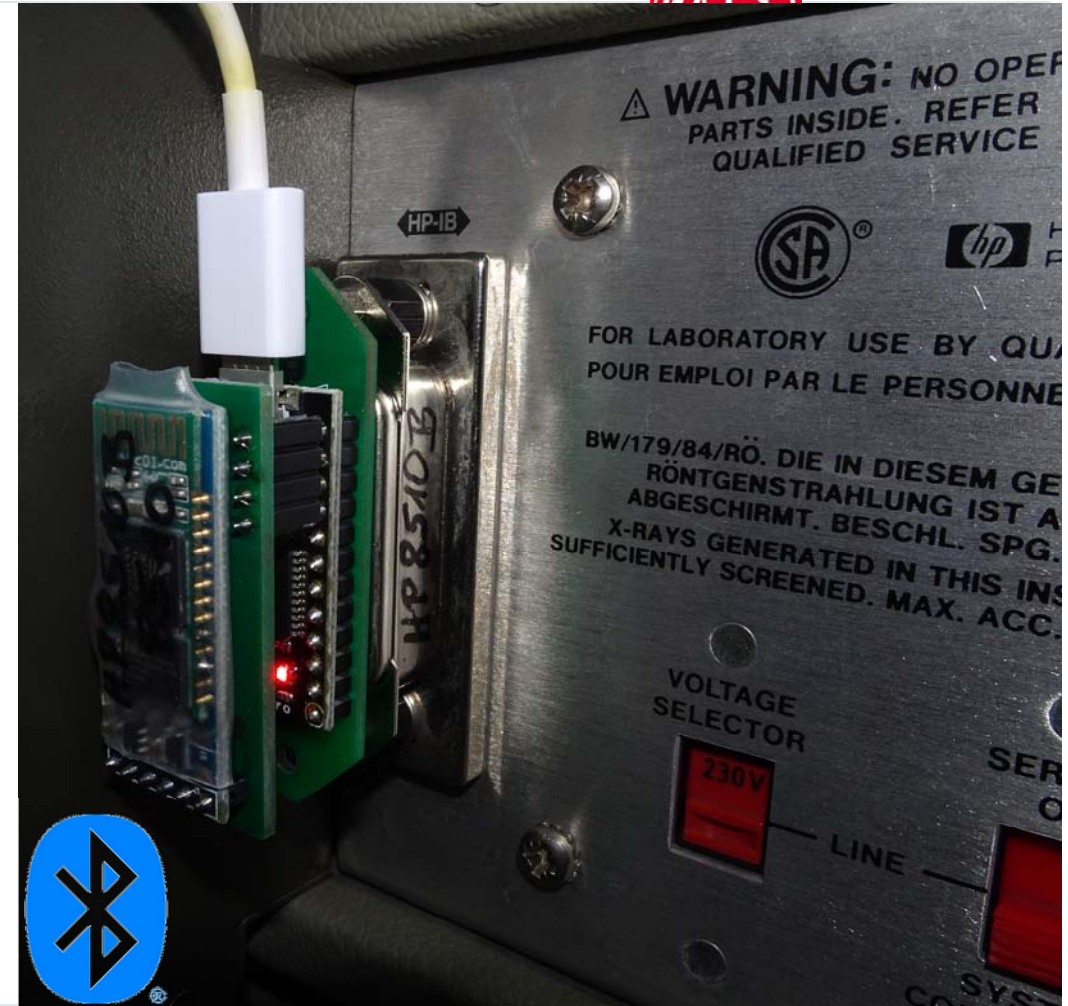
Arduino AR488 GPIB-Adapter mit  
HC06 Bluetooth Interface

<https://github.com/Twilight-Logic/AR488>

Screenshots auslesbar mit KE5FX GPIB  
Tool-Kit

<http://www.ke5fx.com/gpib/readme.htm>

Messungen steuer- und auslesbar  
über Plug-in für DG8SAQ VNA  
Software



# Erster Vergleich: HP8510B vs. DG8SAQ VNWA

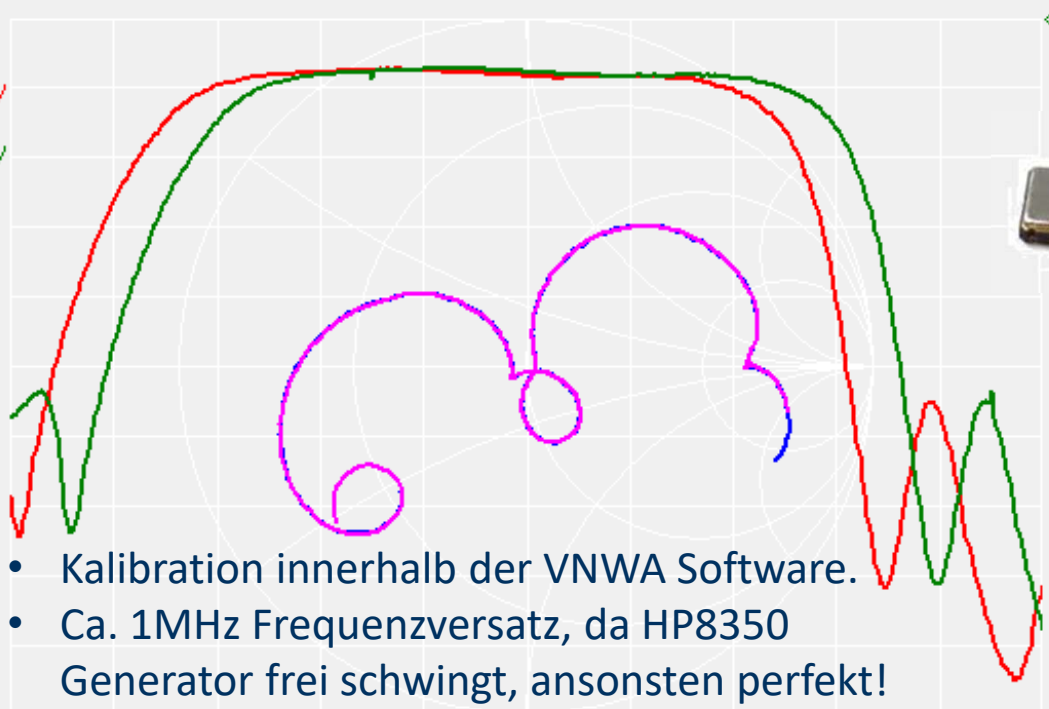


DG8SAQ Vector Network Analyzer Software

02.11.2022 07:55:28 435MHz SAW: Sij: HP8510B, Plot\*: VNWA3SE, Rosenberger cal kit

IG8SAQ Vector Network Analyzer Software

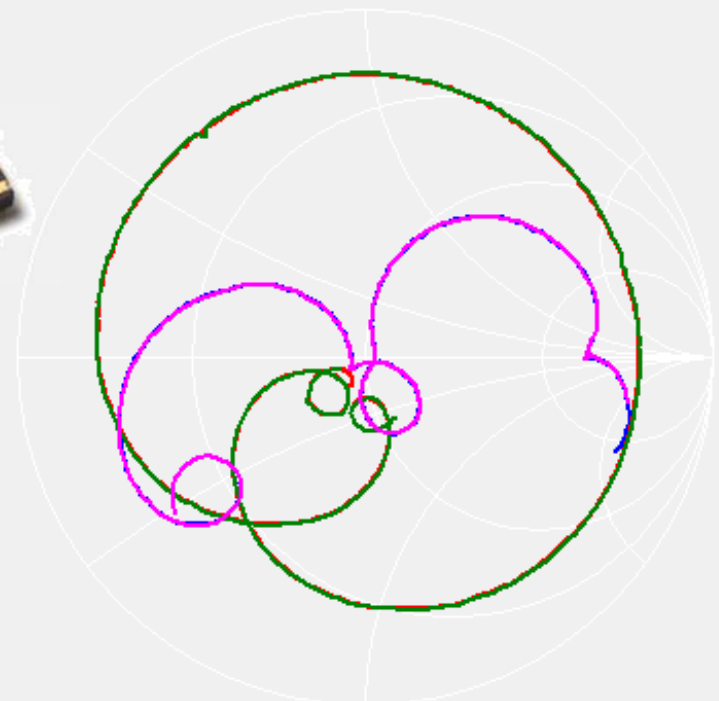
2.11.2022 07:54:21 435MHz SAW: Sij: HP8510B, Plot\*: VNWA3SE, Rosenberger cal kit



Start = 425 MHz      Center = 435 MHz      Stop = 445 MHz

Span = 20 MHz

S11 Smith      Plot1 dB  
S21 dB      Plot2 Smith

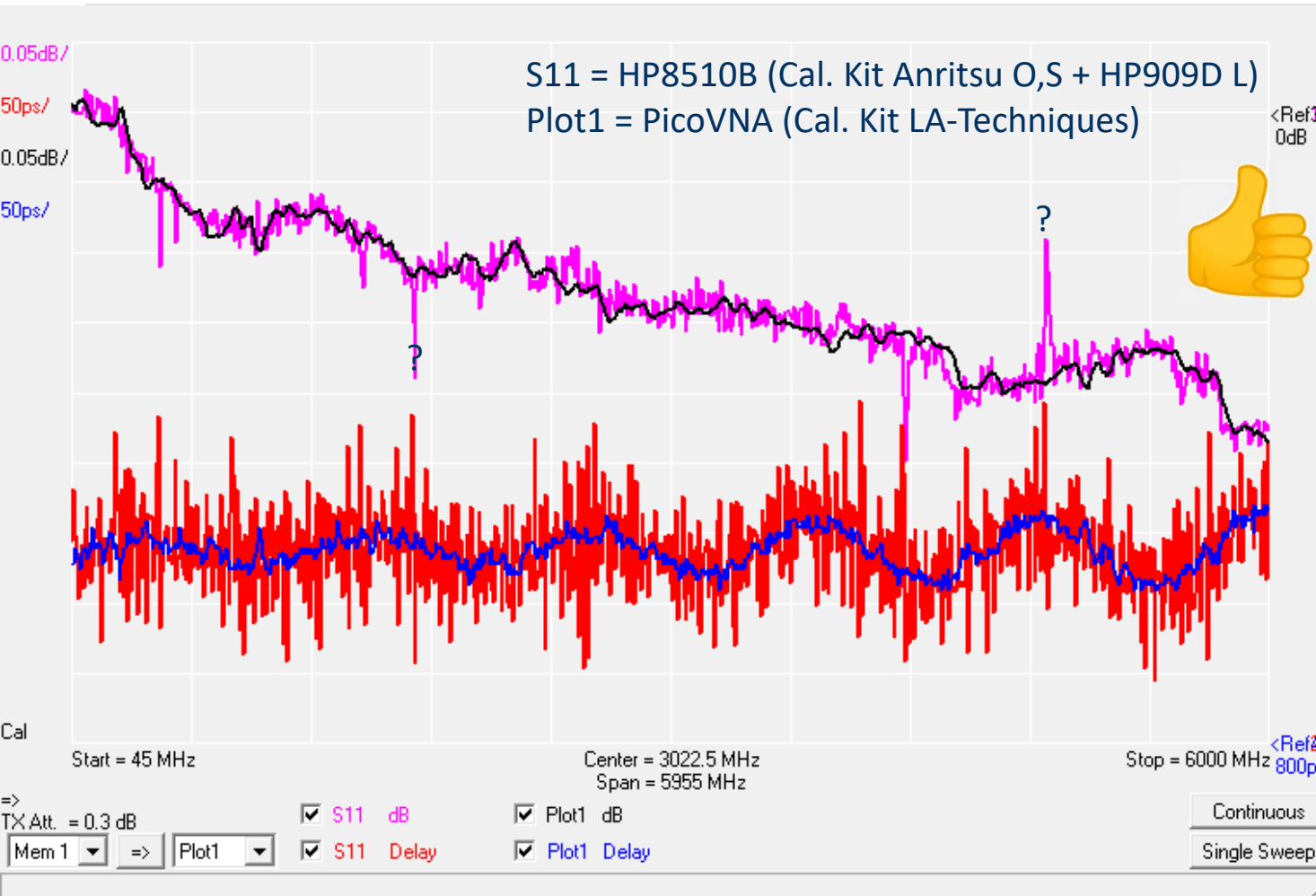


rt = 425 MHz      Center = 435 MHz      Stop = 445 MHz

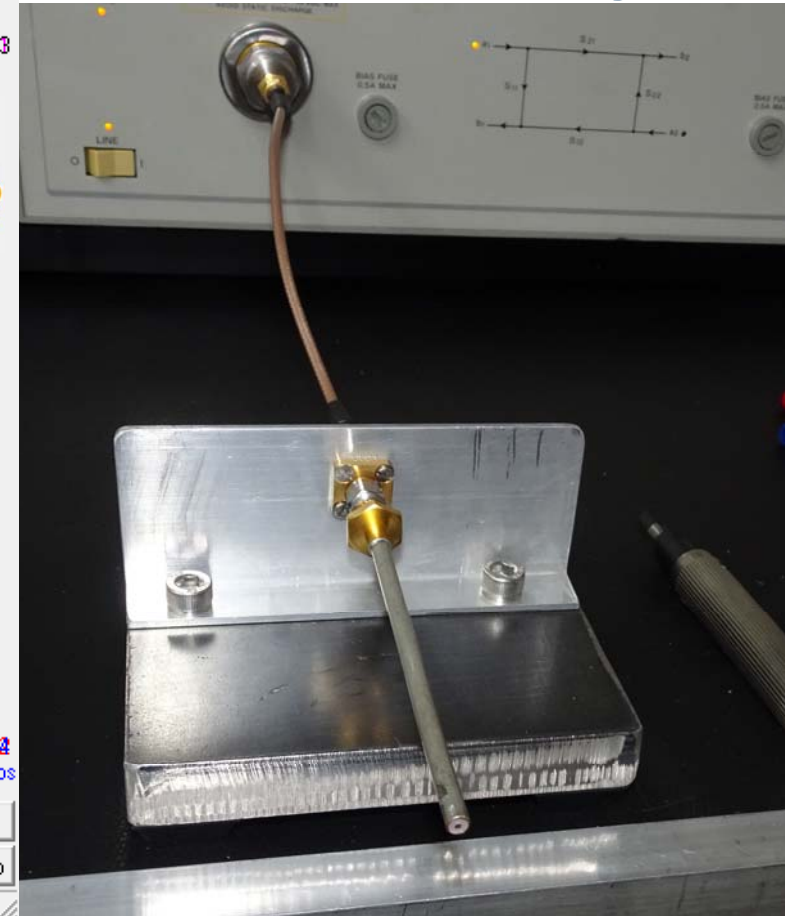
Span = 20 MHz

S11 Smith      Plot1 Smith  
S21 Smith      Plot2 Smith

# HP8510B vs. PicoVNA bis 6GHz



## DUT = offene Leitung



# Extrapolation der Kalibration bis 26,5 GHz (1)



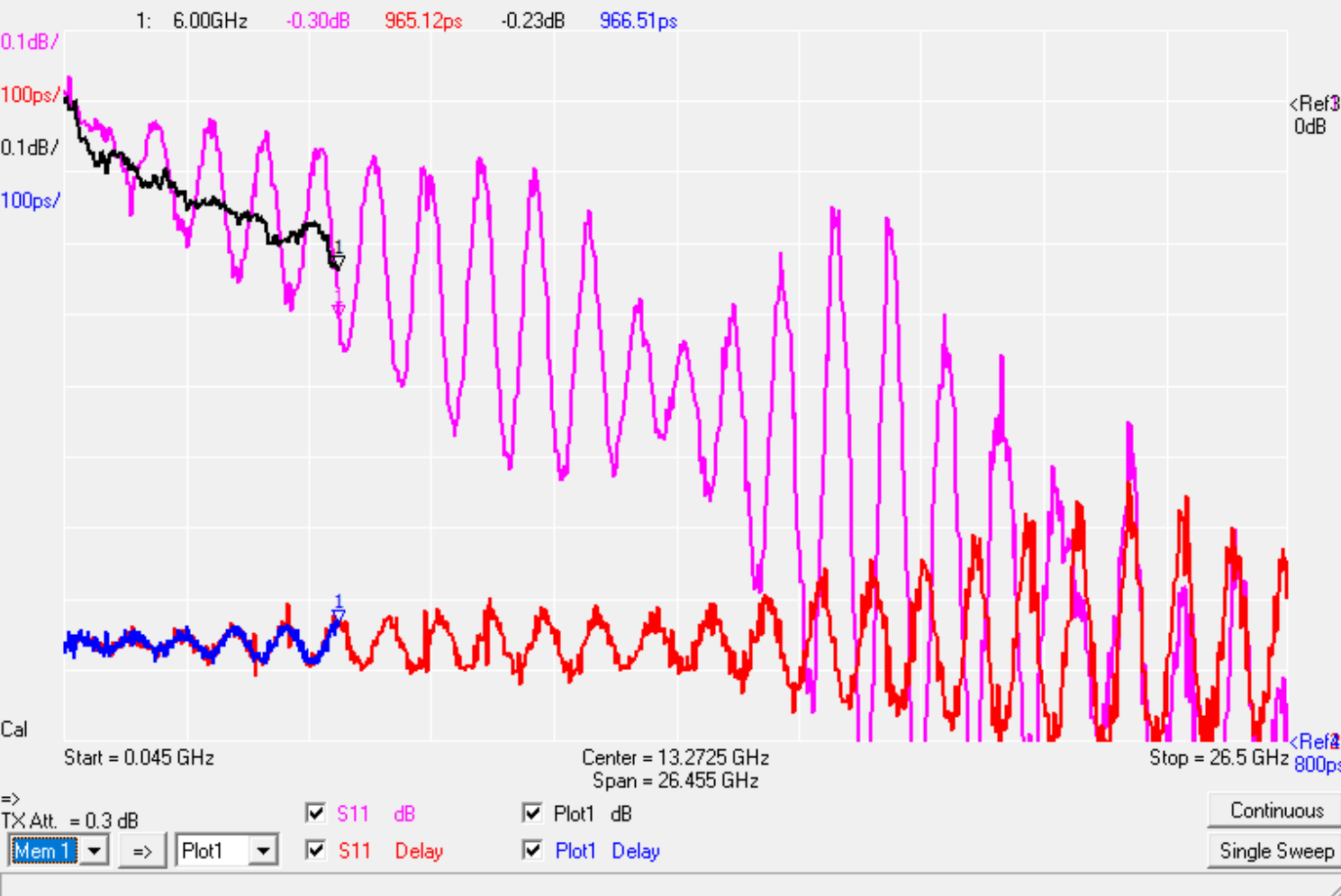
## Problem HP909D Load:



- Extrapolation oberhalb 6GHz ungütig.
- Oberhalb 6GHz keine Modelldaten verfügbar.
- HP8510 Cal Kits nehmen Load als *ideal* an!



# Extrapolation der Kalibration bis 26,5 GHz (2)



## Ideales Load Modell:



**S=0**

- Schlechter unterhalb 6GHz
- Besser oberhalb 6GHz



- *Der HP909D müsste gegen ein kommerzielles Cal-Kit vermessen werden.*
- *Zur Kontrolle wäre Luftleitung hilfreich.*

# Extrapolation der Kalibration bis 26,5 GHz (3)



1: 6.00GHz -0.64+i0.73 -0.65+i0.73



**ABER...**

- Wir reden über *Fehler von  $\pm 0,3\text{dB}$*  für ein hoch reflektives DUT bis 26,5GHz!
- Fällt im Smith-Diagramm kaum auf.



*Ganz OK für eine mit Amateurmitten erzeugte Kalibration!*

Cal

Start = 0.045 GHz

Center = 13.2725 GHz  
Span = 26.455 GHz

Stop = 26.5 GHz

=>

TX Att. = 0.3 dB

S11 Smith

Plot1 Smith

Continuous

Single Sweep

Mem 1 => Plot1

# Fazit



- *Reparatur erfolgreich*
- *Hat viel Zeit und Nerven gekostet*
- *Trotzdem spannendes und befriedigendes Projekt*
- *Für Amateure erschwinglich*





Danke für Eurer Interesse!



Noch eine  
Reparatur



CAUTION



BIOHAZARD

*Warum ist die  
Satellitenschüssel  
wohl taub?!?*