

## SIT – Static Induction Transistor



SIT's sind Leistungs-FET's und wurden in den 1960'igern erfunden. Um 1980 herum erfolgte kurzzeitig die Herstellung und Anwendung dieser Bauteile in Japan. SIT's sind geeignet für Schaltanwendungen hoher Frequenz, hohe Spannungen und große Leistungen. Sie wurden auch für Audiozwecke in Verstärkern eingesetzt (z.B. Sony und Yamaha).

Ein Hersteller war die Firma TOKIN, welche später von NEC übernommen zu worden scheint.

Näheres findet sich im Internet (google).

Eigenschaften der SIT's:

SIT's können sowohl mit

- niedrigen Spannungen und hohen Strömen, sowie auch
- mit hohen Spannungen und niedrigen Strömen arbeiten.

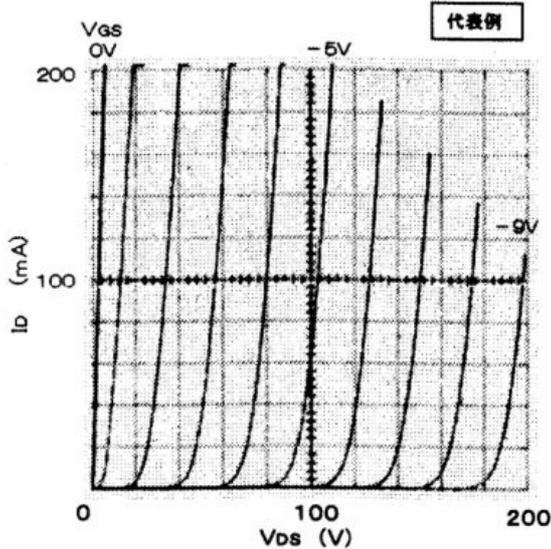
Insbesondere die Betriebsart b) ist interessant. Hier wird das Gate mit negativer Spannung angesteuert. Die Kennlinie der SIT's sieht dann aus wie eine Röhrentriode. Nachstehend Auszug aus einem Datenblatt:

# RoeTest - das Computer-Röhren-Messgerät -

professional tube-testing-system (c) Helmut Weigl [www.roehrentest.de](http://www.roehrentest.de)



TOKIN		型番: S45F323	
項目	条件	0082	0226
$V_{GD}$	$I_D=100\mu A$	$\geq 450V$	$\geq 450V$
$V_{GS}$	$I_D=100\mu A$	$\geq 25V$	$\geq 25V$
$V_{DSx1}$	$I_D=100mA, V_{GS}=-4V$	79.9V	80.8V
$V_{DSx4}$	$I_D=100mA, V_{GS}=-10V$	216.1V	215.7V
$\mu$		22.7	22.5
$R_1$	$I_D=100mA, V_{GS}=0V$	$32.7\Omega$	$36.0V$
$C_{GS}$	1MHz, $V_{GS}=-10V$	531pF	568pF
$C_{GD}$	1MHz, $V_{GS}=-10V$	57.7pF	56.9pF



Der SIT verhält sich also wie eine Röhre:

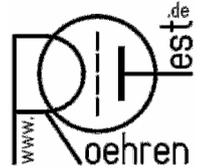
- Ansteuerung leistungslos
- Mit negativer Spannung am Gate
- Hohe Spannung

Wesentlicher Unterschied zur Röhre: Die SIT's sind niederohmiger. Mit diesen Eigenschaften könnte man Verstärker bauen, welche vermutlich ähnlich wie Triodenschaltungen klingen. Wegen der Niederohmigkeit wären auch Verstärker ohne Ausgangsübertrager denkbar. Spätere N-Kanal V-FET's scheinen ähnliche Eigenschaften zu haben.

Wer im Internet sucht findet weitere Informationen dazu. Es scheint auch viele DIY-Interessenten auf diesem Gebiet zu geben. In diesem Artikel geht es um die Messung der SIT's mit dem RoeTest.

# RoeTest - das Computer-Röhren-Messgerät -

professional tube-testing-system (c) Helmut Weigl [www.roehrentest.de](http://www.roehrentest.de)



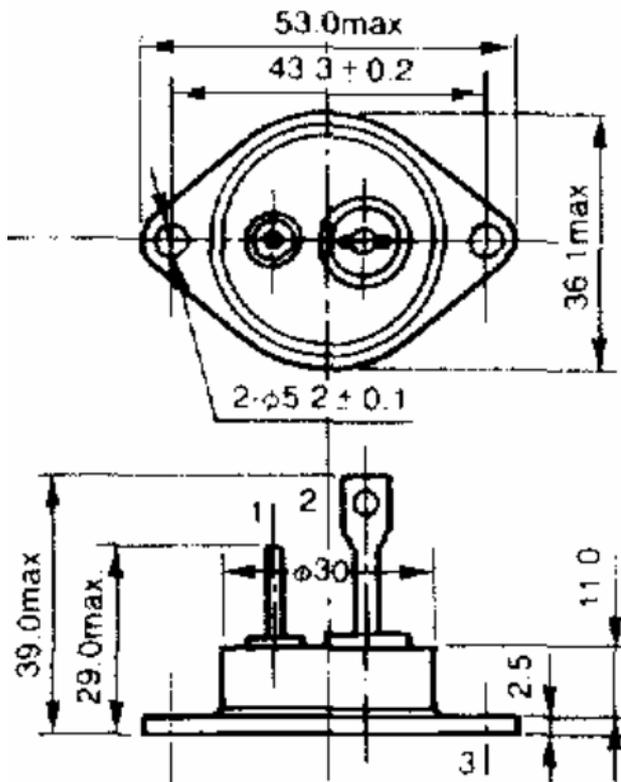
## Messung eines SIT am Beispiel eines THF-51S von TOKIN

Obwohl nur kurzzeitig hergestellt, scheint es noch eine ausreichende Anzahl von NOS SIT's zu geben. Auch in Ebay finden sich mehrere Angebote.

Von einem freundlichen RoeTest-Interessenten wurden mir einige Muster zur Verfügung gestellt.

Zunächst die Daten des THF51

	Temperature range	G-S-Voltage	G-D-Voltage	Drain current	Total power dissipation	Max frequency	ON resistance	turnOn Time	Turn Off time
THF51	-50 ... +150°C	50 V	600V	30A	400W	50 MHz	0,7Ohm max.	50ns max.	50ns max.

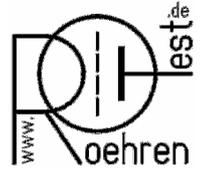


Gehäuse und Anschlussbelegung:

- 1 = G
- 2 = S
- 3 = D

# RoeTest - das Computer-Röhren-Messgerät -

professional tube-testing-system (c) Helmut Weigl [www.roehrentest.de](http://www.roehrentest.de)



In den Datenbanken des RoeTest wird der SIT wie folgt angelegt:

## 1. Sockeldatenbank:

RoeTest DatenbankRoeTest - database

**tube base**

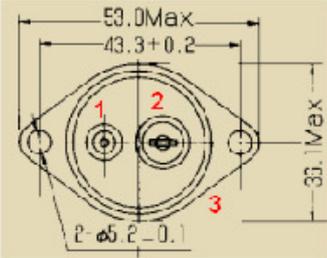
socket name:

File name of base picture (bitmap):

Socketcode:  Wehrmacht LG-Nr:

remarks:  batch autostart  selection quantity pins:

SIT, n-chanel V-Fet







socket seen from below: (filename.bmp)      base: (...)\Socke\filename.jpg      socket: (...)\Röhrenfassung\filename.jpg

**Attention: Do not delete records or change names of sockets, while socket names are being used in tube database!**

Navigation dataset:

# RoeTest - das Computer-Röhren-Messgerät -

professional tube-testing-system (c) Helmut Weigl [www.roehrentest.de](http://www.roehrentest.de)



## 2. Röhrenart:

RoeTest - Datenbank

**Röhrenart**

SIT

A K G1 G2 G3 G4 G5 F1 F2 FM IV S L A1 A2 ST1 ST2 D G

m/k (muß/kann) [ ] [ ] k [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] m [ ] [ ] [ ] [ ] m [ ] [ ] [ ] [ ]

an Schiene Nr. [ ] [ ] 0 [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] 0 [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] 2 [ ] 3 [ ]

**Elektrodenbezeichnungen:**

A = Anode  
G1-5 = Gitter  
K = Kathode  
F1,F2,FM = Heizfaden  
S = Schirmung  
IV = nicht verbinden  
L = Leuchtschirm  
A1,A2 = Anode Mag Auge  
ST1,ST2 = Steuergitter

**Bezeichnung der Schienen:**

Schiene 0: Masse [ 0 ]  
Schiene 1: + (ext) Heizung [ ]  
Schiene 2: + 306V/ 250 mA [ drain ]  
Schiene 3: -51V (-5,1V) [ gate ]  
Schiene 4: +306V/ 50 mA [ ]  
Schiene 5: -51 V (ext.Heiz) [ ]

**erlaubte Tests:**

Fadentest: [ ] manueller Modus [  ]  
statische Tests: [  ] manueller Modus mit Vorwiderstand [ ]  
Steilheit: [  ] Nixie [ ]  
Durchgriff Anode: [ ] Stabi/Glimmlampe [ ]  
Durchgriff Schirmgitter: [ ] Zenerdiode [ ]  
Innenwiderstand: [ ] Dekatron [ ]  
Vakuumtest: [ ] Thyatron [ ]  
Kathodenschlußprüfung [ ] Kennlinien G1: [  ]  
Überschlag in Sperrrichtung (Dioden) [ ] Kennlinien Anode: [  ]  
Kennlinie G2: [ ]

**Bemerkungen:**

SIT, n-channel V-Fet  
S=source, G=gate, D=drain  
short test not possible for this device

Navigation Datensatz: [ ← ] [ → ] [ neu ] [ duplizieren ] [ X abbrechen ] [ ✓ speichern ]

### 3. Röhrendaten:

RoeTest - Datenbank
System 1   System 2   System 3

Röhrenname:

Hersteller:

s. Vergleichsröhre:

Philips code:

Heizung:

Heizspannung [V]:     Regelung:

Heizstrom [A]:

Heizart:

Kaltwiderstand Heizfaden [Ohm]:

---

Allgem. Daten

Herstelljahr:

getestet:

Datenherkunft:

Daten erfaßt durch:

Daten geändert (oder neu):  (hier markieren, falls Daten zur Zusammenführung übersandt werden)

Daten geändert durch:

Bemerkungen zu Änderungen:

Röhren-(System)art:  -  -

**Socket/Fassung:**

Stift 1:        

Stift 2:        

Stift 3:        

Stift 4:        

Stift 5:        

Stift 6:        

Stift 7:        

Stift 8:        

(ext. Seite) Stift 9:        

(ext. oben) Stift 10:        

Kolbenhöhe [mm]:

Kolbendurchmesser [mm]:

Gewicht [g]:

A = Anode  
G1-5 = Gitter  
K = Kathode  
F1, F2, FM = Heizfaden  
S = Schirmung  
IV = nicht verbinden  
L = Leuchtschirm,  
A1, A2, St1, St2

Bemerkungen zur Röhre:

-2SK182ES  
SIT Static induction transistor  
test component in manual curve trace, use a isolated heatsink; connect heatsink to ground

Navigation Datensatz:

Röhren-(System)art: 
System 1

**typische Werte:**

S2 +1    UA / L [V] \*)   

S3 -1    UG1 [V] \*)   

S4 +2    UG2/An/Stn [V] \*)   

S5 -2    UG3/G4Okt. [V] \*)   

          UG4/G5 [V] \*)   

IA/L Soll [mA]:   

IG2/An Soll [mA]:   

S [mAV]:   

μ:   

D:   

Ri [KOhm]:

type of tube system:

UA [V]:   

U G2 [V]:   

I K [mA]:   

NA [W]:   

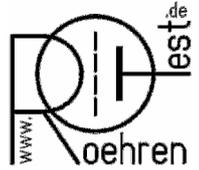
N G2 [W]:   

Ufk-/+ [V]:   

upper transition frequency [MHz]:

# RoeTest - das Computer-Röhren-Messgerät -

professional tube-testing-system (c) Helmut Weigl [www.roehrentest.de](http://www.roehrentest.de)



Zunächst die Frage, ob ein SIT mit dem RoeTest messbar ist?

Das ist er, aber es gibt doch einige Unterschiede zur Röhre.

Röhren: Es gibt eine Kathode, welche sich mit der Zeit verbraucht. Hauptaufgabe der klassischen Röhrenprüfgeräte ist es, festzustellen, wie weit eine Röhre verbraucht ist, also ob diese noch gut, noch brauchbar oder unbrauchbar ist, bzw. wie viel % der Anodenstrom gegenüber den Herstellerangaben abweicht.

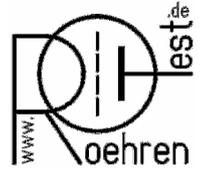
SIT: Dieses Halbleiterbauteil hat keinen Verschleiß wie eine Röhre. Es macht also keinen Sinn wie bei einer Röhre vorzugehen und einen %-Wert, bzw. eine- wieviel-gut-schlecht-Aussage zu treffen. Hier gibt es nur funktioniert oder funktioniert nicht. Beim SIT gibt es allerdings größere Streuungen. Die Frage ist hier: Welche Gate-Spannung wird für einen bestimmten Drain-Strom benötigt? (dies kann das RoeTest).

Beim SIT gibt es keinen Heizfaden, dementsprechend gibt es kein Aufheizen und warten. Auch gibt es keinen Heizfadentest. Ein Kurzschluss test wie bei den Elektroden der Röhre ist mit dem RoeTest nicht möglich (und nicht notwendig).

Da große Streuungen bestehen, kann es sein, dass der Strom für einen Autostart des RoeTest zu klein ist. Dann kann man die Messung manuell starten oder auf eine feste Startzeit von 5 Sekunden stellen

Die SIT's haben eine sehr hohe Steilheit. Ich habe beim THF51S eine Steilheit von über 230 mA/V gemessen (im oberen Bereich der Kennlinie). Wie zu erwarten, kann dies beim Messen zu Problemen führen, da der SIT zu Schwingungen neigt. Allerdings habe ich festgestellt, dass es bei Drain-Spannungen bis zu etwa 340V, bei bis zu 300 mA keine Probleme gibt. Darüber (probiert bis 450V) kommt es zu wilden Schwingungen. Auch mit Drosseln, Widerständen und Kondensatoren konnte ich keine Abhilfe schaffen. Ich habe deshalb auf weitere Tests bei diesen hohen Spannungen verzichtet um das Messgerät und die SIT's nicht zu gefährden.

# RoeTest - das Computer-Röhren-Messgerät -



professional tube-testing-system (c) Helmut Weigl [www.roehrentest.de](http://www.roehrentest.de)

Erste Kennlinienaufnahmen:

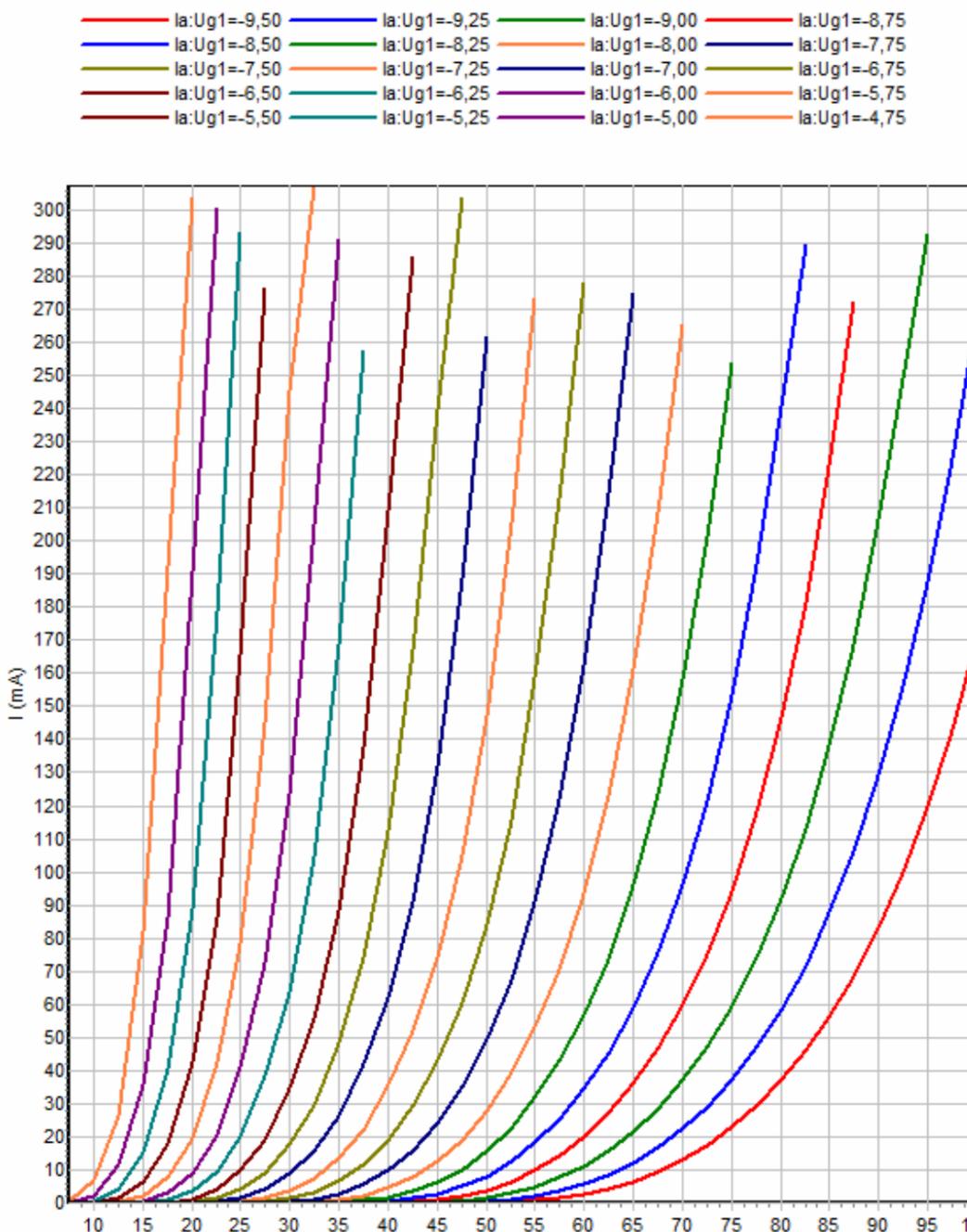
zuerst für eine  $U_d$  bis 100V:

**THF51S f( $U_a$ )**

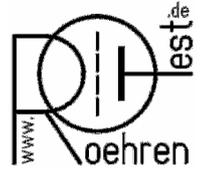
18.10.2019 09:37:40

$U_d(+)=var[V]: 0...100,0$   
 $U_g(-)=steps$

fat lines



# RoeTest - das Computer-Röhren-Messgerät -



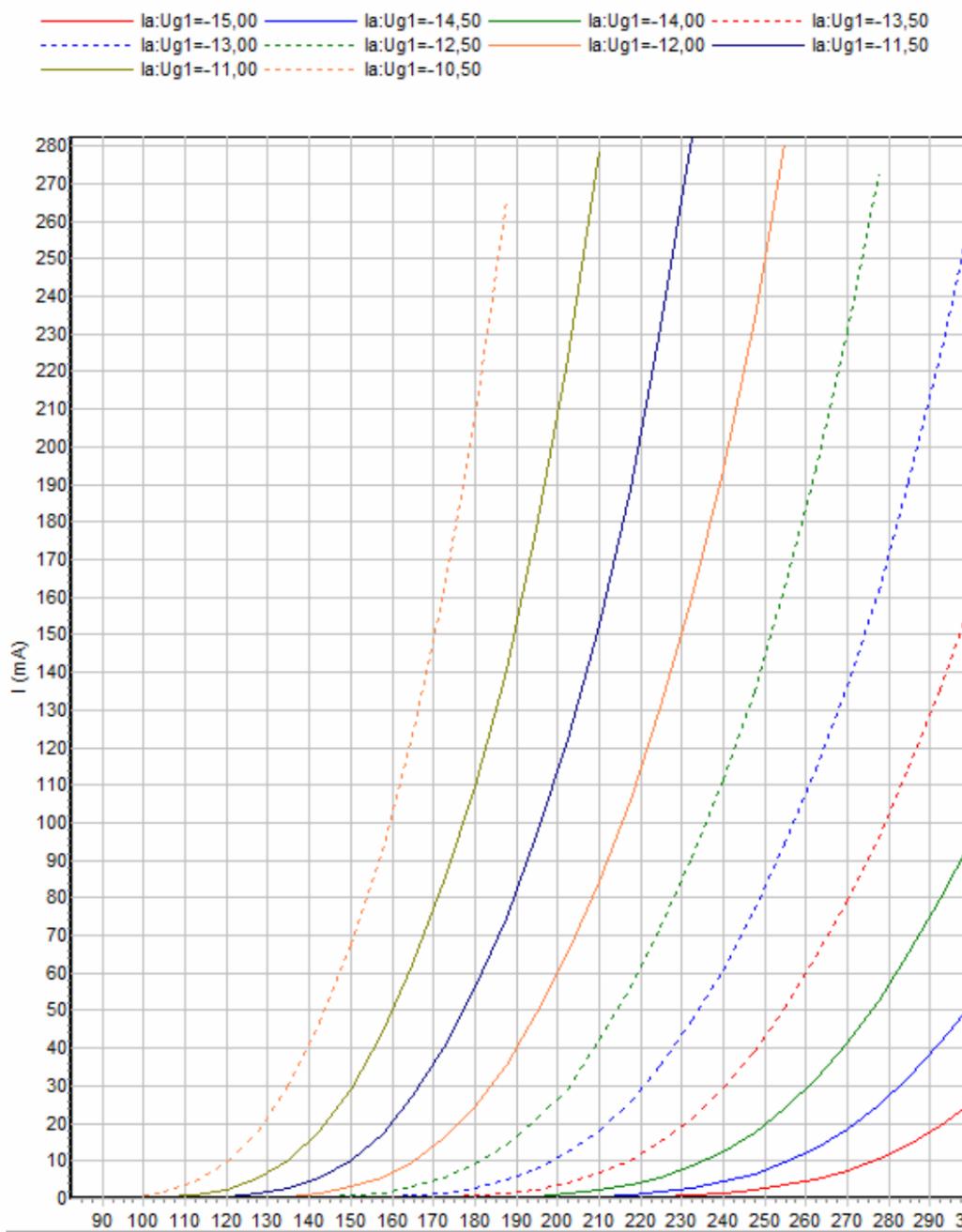
professional tube-testing-system (c) Helmut Weigl [www.roehrentest.de](http://www.roehrentest.de)

dann für eine  $U_d$  von bis 300V:

THF51S f( $U_a$ )

19.10.2019

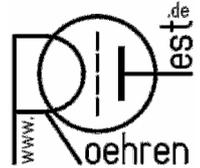
$U_d(+)=var[V]: 0...300,0$   
 $U_g(-)=steps$



erstellt mit 'RoeTest - professional tube-testing-system' (c) - Helmut Weigl, <http://www.roehrentest.de>

# RoeTest - das Computer-Röhren-Messgerät -

professional tube-testing-system (c) Helmut Weigl [www.roehrentest.de](http://www.roehrentest.de)



Einstellung des RoeTest Curve-Trace für die vorhergehenden Kennlinien:

The screenshot shows the 'CurveTrace' settings window in the RoeTest software. The window has several tabs: 'Daten +', 'easy-match', 'easy-match II', 'Ausgabe', 'Klirrfaktor', and 'CurveTrace'. The main title is 'Kennlinienaufnahme spezial' with a note 'bitte alle Parameter manuell füllen'. The 'System' is set to '1'. Under 'welcher Strom?', 'Ia' is selected (max. 20 steps). 'Anzahl Kurven/Steps' is set to 10, and 'Verzögerung [s]' is set to 2. For the x-axis, 'steps [V]' is selected with a value of 0,50. A table shows 10 steps of grid voltage (Ug) values: -15,0V, -14,5V, -14,0V, -13,5V, -13,0V, -12,5V, -12,0V, -11,5V, -11,0V, and -10,5V. For the y-axis (Ud(+)), 'variabel bis [V]' is selected with a value of 300,0.

**Kennlinienaufnahme spezial** bitte alle Parameter manuell füllen

System:  1  2  3 **0**

welcher Strom ?

Ia (max. 20 steps)  Ia + Ig2 (max. 10 steps)

Anzahl Kurven/Steps: 10

Verzögerung [s]: 2

variabel ab [V]  konstant [V]  steps [V] 0,50

<	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	>
	-15,0	-14,5	-14,0	-13,5	-13,0	-12,5	-12,0	-11,5	-11,0	-10,5	

Ud(+)

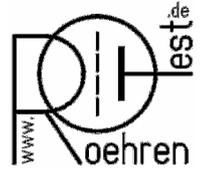
variabel bis [V]  konstant [V]  steps [V]

<	1	>
	300,0	

aufgenommen wird also die Kennlinie  $f(U_d)$

Die Kennlinien entsprechen den Bildern in Datenblättern der SIT's.  
Eine Kennlinienaufnahme mit dem RoeTest ist möglich.

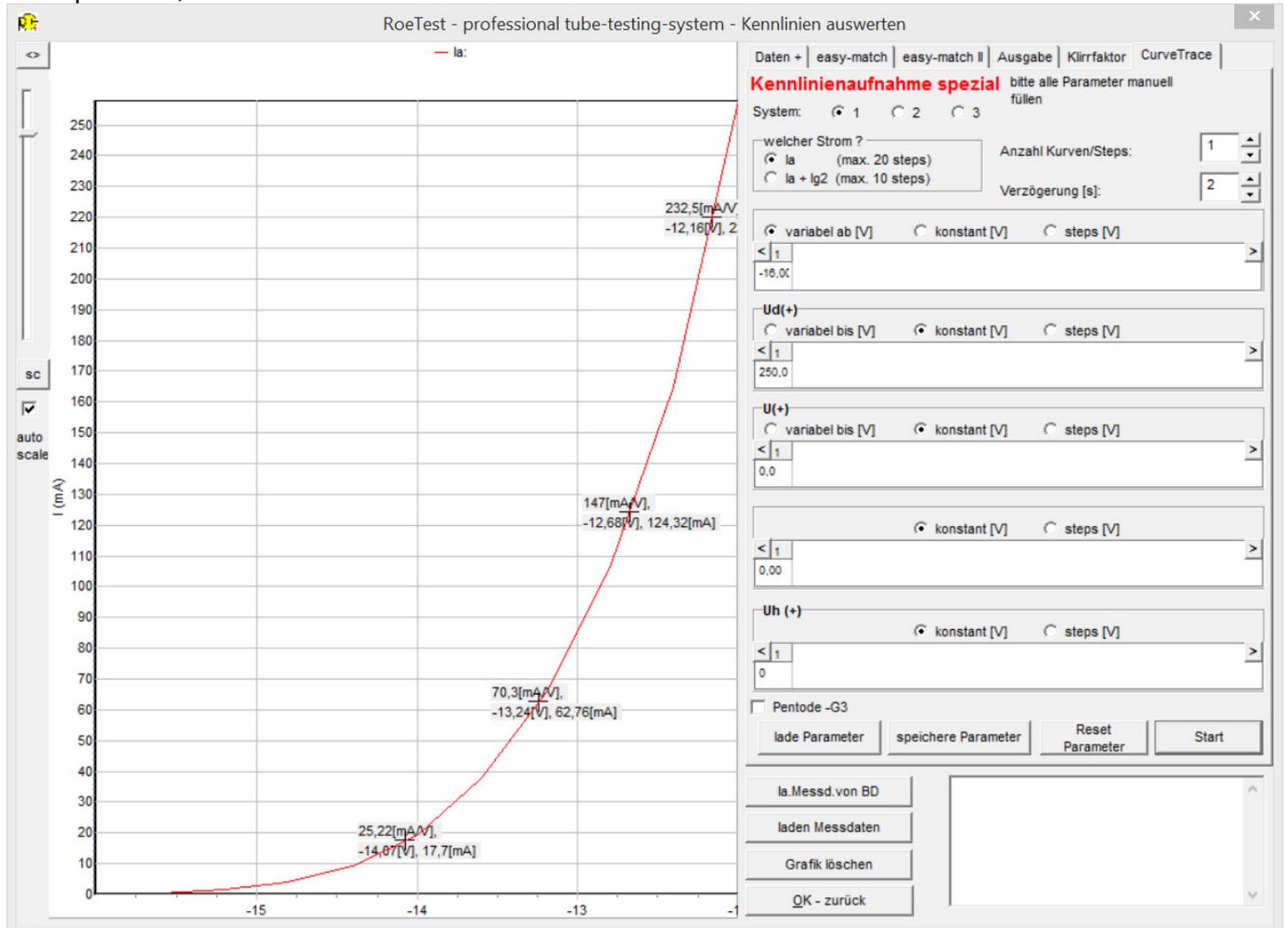
# RoeTest - das Computer-Röhren-Messgerät -



professional tube-testing-system (c) Helmut Weigl [www.roehrentest.de](http://www.roehrentest.de)

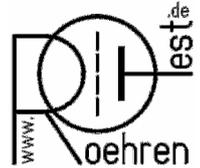
Natürlich ist es auch möglich Kennlinien nach  $f(U_g)$  aufzunehmen.

Ich habe ein paar Messpunkte in die Kurve eingetragen, aus welchen man die enorme Steilheit der SIT's im oberen Bereich der Kennlinie ersehen kann. Dadurch kommt es nur zu wenigen Messpunkten, so dass die Kennlinie kleine Knicke aufweist:



# RoeTest - das Computer-Röhren-Messgerät -

professional tube-testing-system (c) Helmut Weigl [www.roehrentest.de](http://www.roehrentest.de)



Messung welche Gate-Spannung für einen bestimmten Strom notwendig ist:

Ud und Id sind in den Röhrendaten einzustellen:

typische Werte:	
UA [V]	50,0
UG1 [V]	-7,00
UG2 [V]	0,0
UG3 [V]	0,0
IA [mA]	50,000

Die Funktion Ug suchen ist in der RoeTest-Software vorhanden und zwar unter der Stapelverarbeitung:

Schnelltest
  Ug1 suchen für IaKonst
  Steilheit bei neuem Ug1 rechnen

Ergebnis:

COM 20    Data In    Data Out    Kühlkörpertemp

Meldungen | Heizung | Kurzschlussstest | **statische Daten** | Vakuum | Kennlinien | Bemerkung

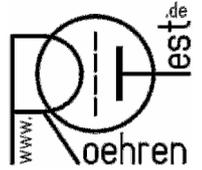
System	1	2	3
Röhrenart	SIT		
Sollwert IA [mA]	<del>50</del>		
Messwert IA [mA]	28,94	49,94	
= % vom Sollwert	58	Ia/Ug1=	
Sollwert IG2 [mA]			
Messwert IG2 [mA]		-6,75	
= % vom Sollwert			
S [mA/V]		109,09	
bei Delta UG1 [V]		0,6	
Messwert IA[mA] bei +1/2 dUG1		91,19	
Messwert IA[mA] bei -1/2 dUG1		25,737	
$\mu$			
D Anode [%]			
Messwert IA [mA]			
bei UA [V]			
D G2 [%]			
Messwert IA [mA]			

Bei einer Ud von 50V und einem Id von 50 mA benötigt man für dieses Exemplar eine Spannung **Ug** von **-6,75V**

(da die RoeTest Software für Röhren entwickelt wurde, darf man sich nicht daran stören, dass es Ia und Ug1 heißt anstelle Id und Ug)

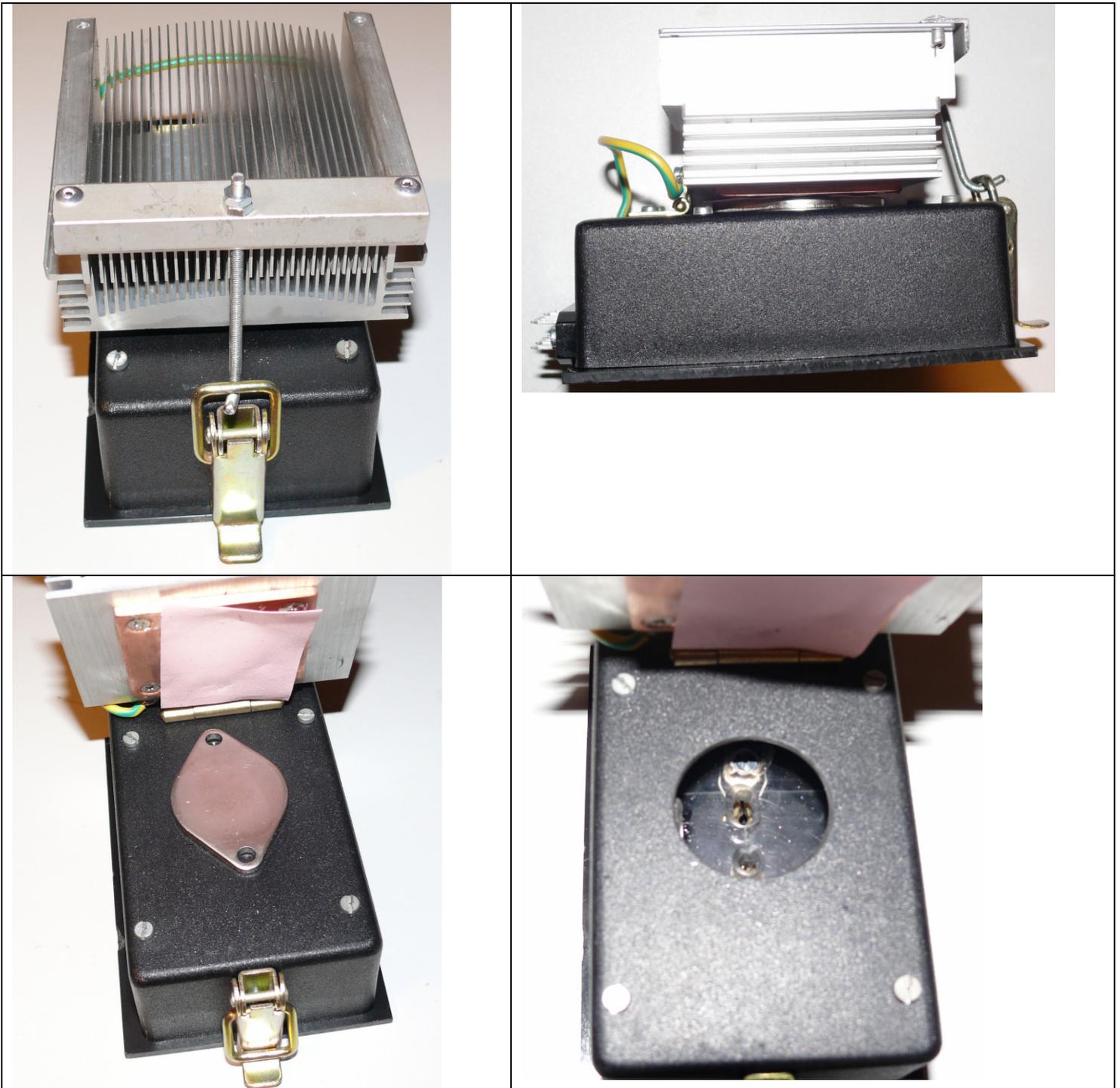
# RoeTest - das Computer-Röhren-Messgerät -

professional tube-testing-system (c) Helmut Weigl [www.roehrentest.de](http://www.roehrentest.de)



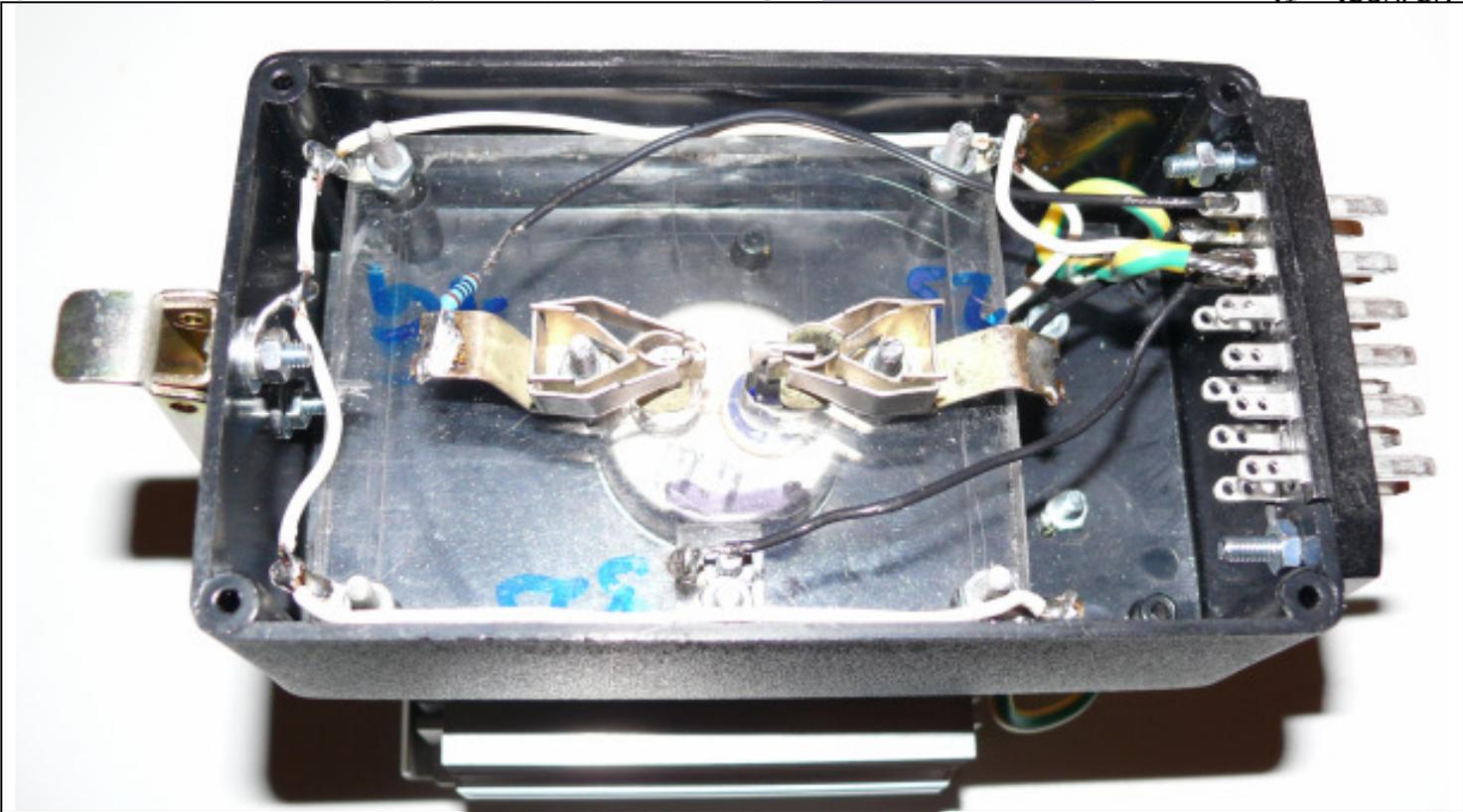
## Fassungsbox:

Man kann die SIT's mit Krokodilklemmen mit dem RoeTest verbinden. Besser (sicherer und schneller zu wechseln) geht es aber mit einer Fassungsbox. Da es keine Fassungen für die THF51 gibt, habe ich eine eigene Lösung gefunden (siehe Bilder). Wichtig: Ein kleiner Kühlkörper Wegen der kurzen Messperioden wird der SIT zwar kaum warm. Betreibt man ihn aber längere Zeit bei hoher Leistung, könnte er überhitzen. Zwischen Kühlkörper und SIT ist eine isolierende Wärmeleitfolie zu legen. In der geschlossenen Fassungsbox besteht daneben Berührungsschutz.



# RoeTest - das Computer-Röhren-Messgerät -

professional tube-testing-system (c) Helmut Weigl [www.roehrentest.de](http://www.roehrentest.de)



# RoeTest - das Computer-Röhren-Messgerät -



professional tube-testing-system (c) Helmut Weigl [www.roehrentest.de](http://www.roehrentest.de)  
Vergleich der SIT anhand gleichem Id (suche nach passender Ug):

Es stehen 4 Exemplare zur Verfügung, welche unterschiedliche Beschriftung aufweisen:

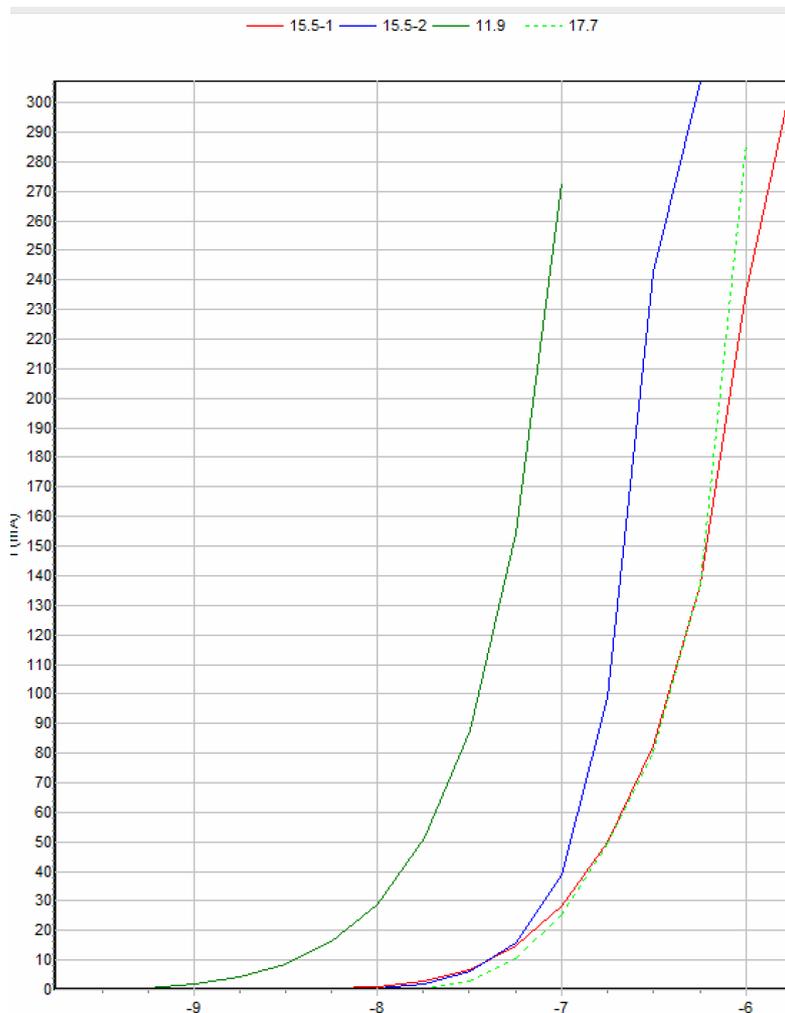
Beschriftung THF51S:	15.5-1	15.5-2	11.9	17.7
	gefundene Ug [V] für Id=50mA			
Ud=50V	-6,775	-6,95	-7,775	-6,75
Ud=100V	-9,025	-9,25	-10,25	-9,075
Ud=300V	-14,575	-15,075	-16,125	-14,55
	gefundene Ug[V] für Id=100mA			
Ud=50V	-6,425	-6,75	-7,45	-6,4
Ud=100V	-8,6	-9,025	-9,825	-8,65
Ud=300V	-13,975	-14,7	-15,55	-14,05

Fazit: Die für einen bestimmten Id erforderliche Ug weicht bei den 4 Exemplaren stark ab. In einer Verstärkerschaltung ist deshalb der Ug sorgfältig einzustellen. Dabei ist vorsichtig vorzugehen, da wegen der großen Steilheit eine geringe Änderung von Ug große Änderung des Id zur Folge hat.

Die Exemplare 1.5-1 und 17.7 stimmen am besten überein.

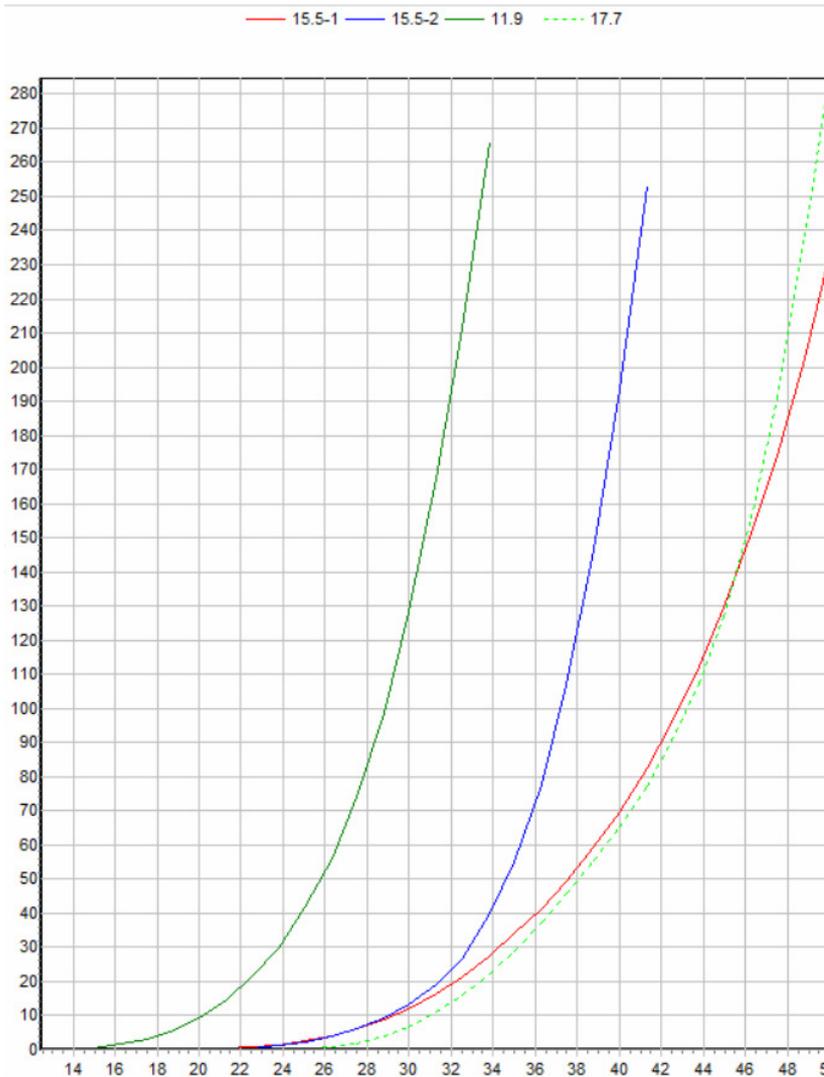
## Vergleich der SIT's anhand der Kennlinie

### 1. Vergleich nach $f(U_g)$ bei $U_d=50V$ :



Exemplar 15.5-1 und 17.7 stimmen gut überein.

## 2. Vergleich nach $f(U_d)$ bei $U_g = -6V$ :

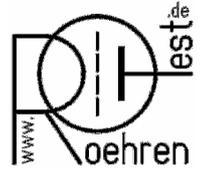


Auch hier stimmen die Exemplare 15.5-1 und 17.7 gut überein.

Das Matchen der SIT's ist am besten mit dem Vergleich der Kennlinien vorzunehmen. Wegen der besseren Auflösung sind die Kurven nach  $f(U_d)$  zu bevorzugen. Wie bei den Röhren wäre ein Vergleich der SIT's in einem bestimmten Arbeitspunkt nicht ausreichend (siehe vorausgehende Tabelle – Suche nach  $U_g$ )

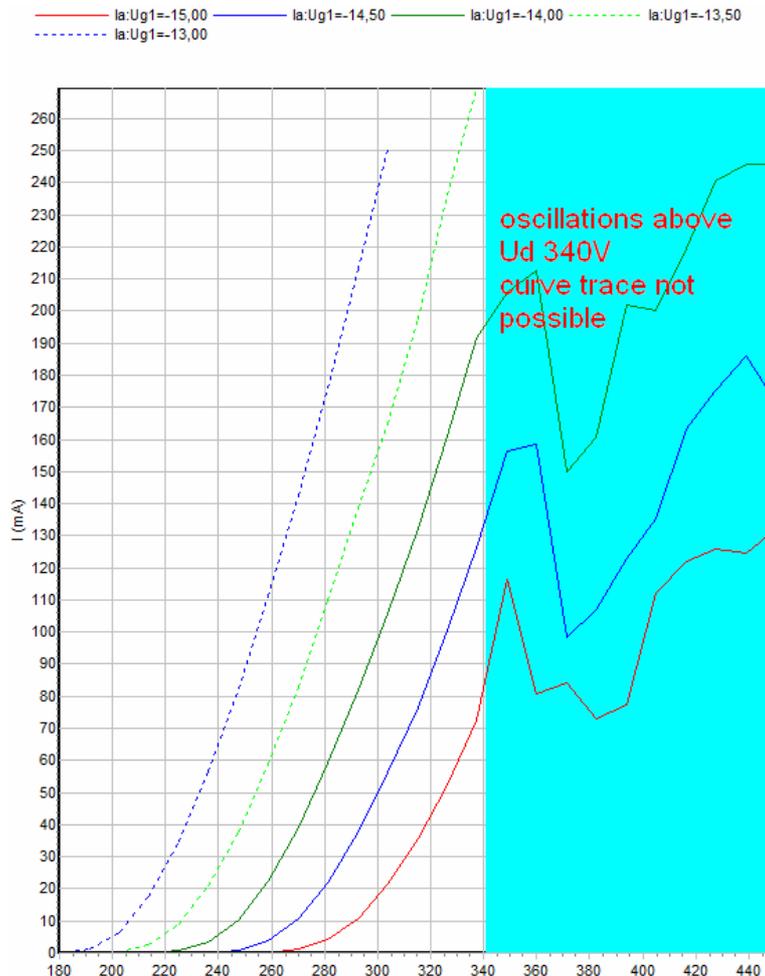
# RoeTest - das Computer-Röhren-Messgerät -

professional tube-testing-system (c) Helmut Weigl [www.roehrentest.de](http://www.roehrentest.de)



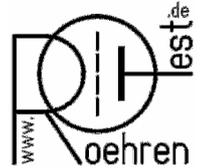
Was nicht möglich ist:

Oberhalb einer  $U_d$  von ca. 340 V neigen die THF51S zu starken Schwingungen. Eine Kennlinienaufnahme im Messgerät oberhalb dieser Spannung ist deshalb nicht möglich.

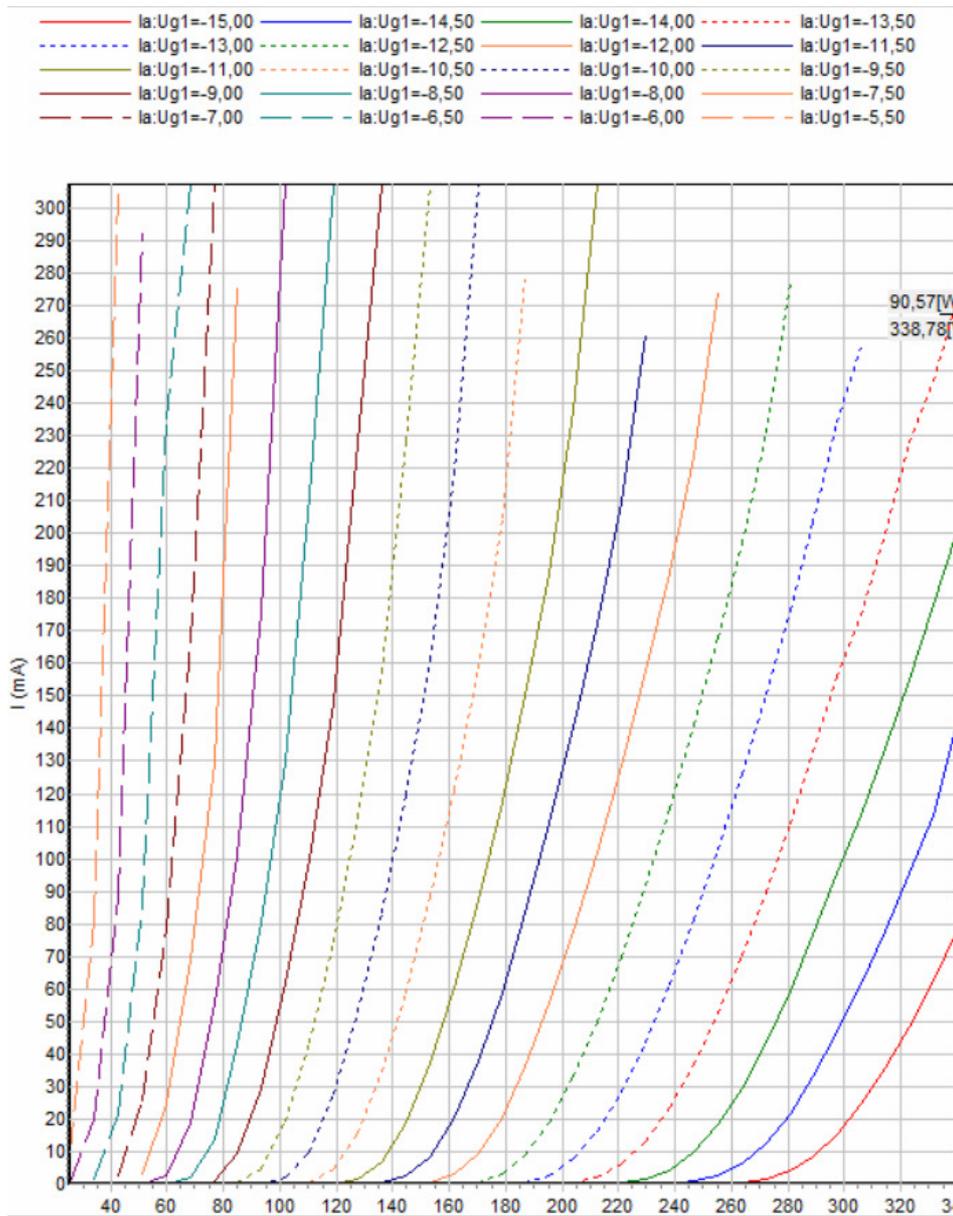


# RoeTest - das Computer-Röhren-Messgerät -

professional tube-testing-system (c) Helmut Weigl [www.roehrentest.de](http://www.roehrentest.de)



maximal mögliche Kurven (bis zu 340 V Uds):



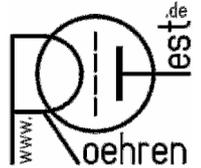
Anmerkung zur maximalen Höhe der Betriebsspannung in Schaltungen:

Der THF51s verträgt bis zu 600V. Betreibt man diesen an einer induktiver Last (z.B. Übertrager) ist die Selbstinduktion zu berücksichtigen. Damit es nicht zu Überspannung und Zerstörung des SIT's kommt würde ich nicht über 300V Betriebsspannung hinausgehen.

Bei rein ohmscher Last kann man auch mit höheren Spannungen arbeiten. Hier fällt über den Lastwiderstand ein Teil der Spannung ab, so dass sich die Spannung am SIT in Abhängigkeit des Stromes entsprechend verringert

# RoeTest - das Computer-Röhren-Messgerät -

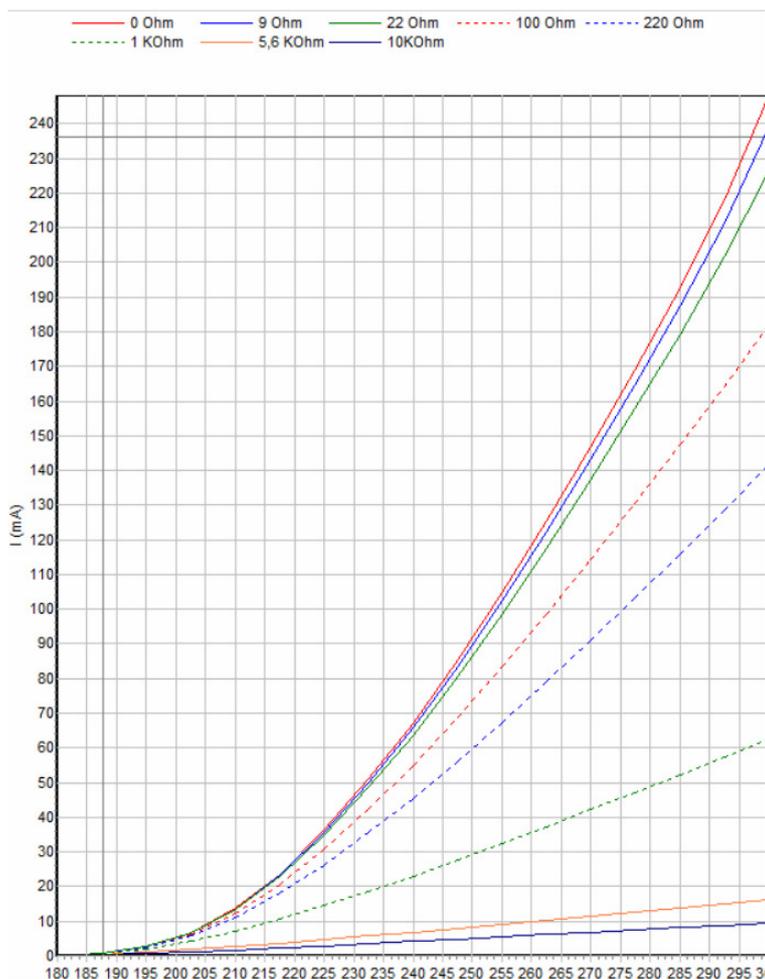
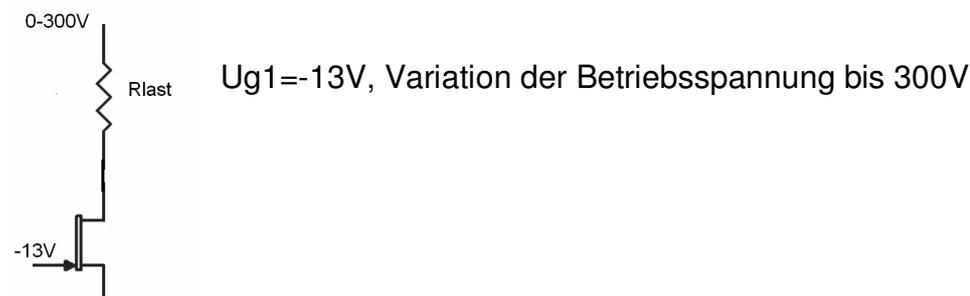
professional tube-testing-system (c) Helmut Weigl [www.roehrentest.de](http://www.roehrentest.de)



## Der SIT in einer Schaltung mit Lastwiderstand in der Drain-Leitung:

In einer realen Schaltung ändern sich die Kennlinien in Abhängigkeit des Lastwiderstands. Bei realen Schaltungen ist deshalb nicht nur die Kennlinie des SIT, sondern auch das Zusammenwirken mit anderen Bauteilen zu berücksichtigen.

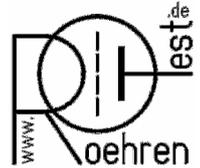
Die nachstehende Grafik zeigt die Kurven des SIT bei verschiedenen Lastwiderständen. Dabei wurden verschiedene Lastwiderstände in die Drain-Leitung gelegt:



Man sieht die Abhängigkeit der Kennlinien vom Lastwiderstand.

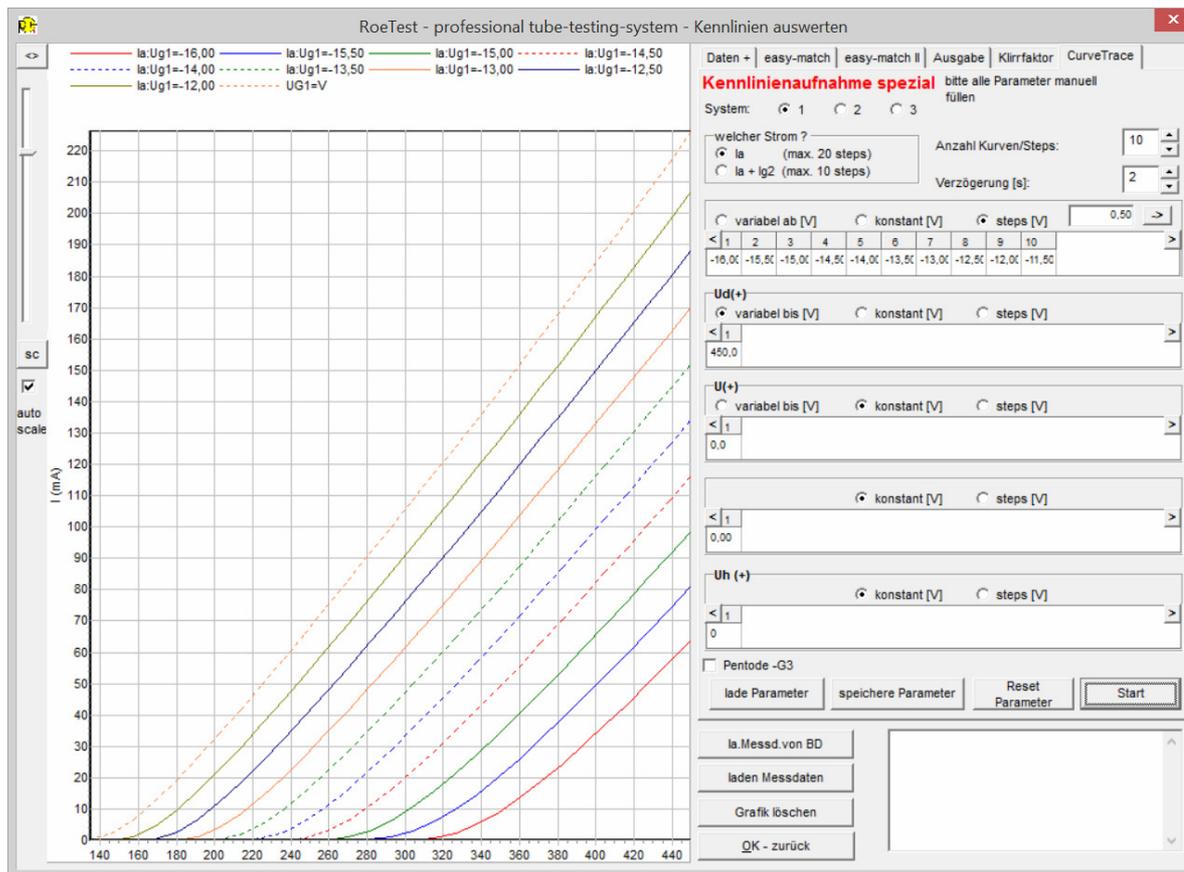
# RoeTest - das Computer-Röhren-Messgerät -

professional tube-testing-system (c) Helmut Weigl [www.roehrentest.de](http://www.roehrentest.de)



Mit einem Lastwiderstand in der Drain-Leitung sind auch höhere Spannungen möglich, ohne dass der SIT ins Schwingen gerät, da ja ein Teil der Betriebsspannung über den Lastwiderstand abfällt.

Hier ein Beispiel:  
Betriebsspannung bis 450V, Lastwiderstand 1 KOhm



Fazit: Das RoeTest kann auch das Halbleiterbauteil „SIT“ in vielfältiger Weise messen.