

RoeTest - Computer-Röhrenprüfgerät / Röhrenmessgerät

(c) - Helmut Weigl www.roehrentest.de

22.12.2011

Kennlinienaufnahme und deren Auswertung

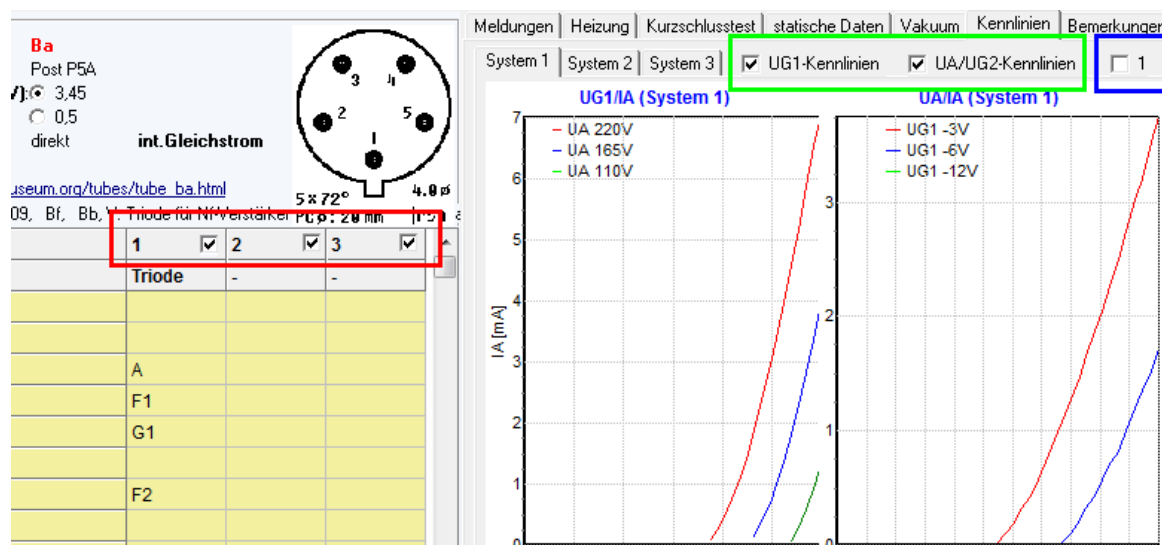
Aufnahme der Kennlinien:

Aufgenommen können folgende Kennlinien:

- Eingangskennlinien (G1-Spannung variabel, andere Spannungen fest)
- Ausgangskennlinien (Anodenspannung oder G2-Spannung variabel, andere Spannungen fest)

Das RoeTest arbeitet vollautomatisch. Ohne weitere Einstellungen bestimmt das RoeTest Parameter und aufzunehmende Kennlinien. Dabei hängt es von der Röhrenart ab, welche Kennlinien aufgenommen werden (z.B.: Triode: G1-Kennlinie und A-Kennlinie, Pentode: G1-Kennlinie und G2-Kennlinie, Gleichrichterröhren: Nur A-Kennlinie).

Beispielkennlinien: Hier für eine Ba:



Mit den **Ankreuzfeldern** kann bestimmt werden:

rot umrandet:

Für welche Röhrensysteme die Kennlinienaufnahme durchgeführt werden soll (bei Verbundröhren mit mehreren Systemen)

grün umrandet:

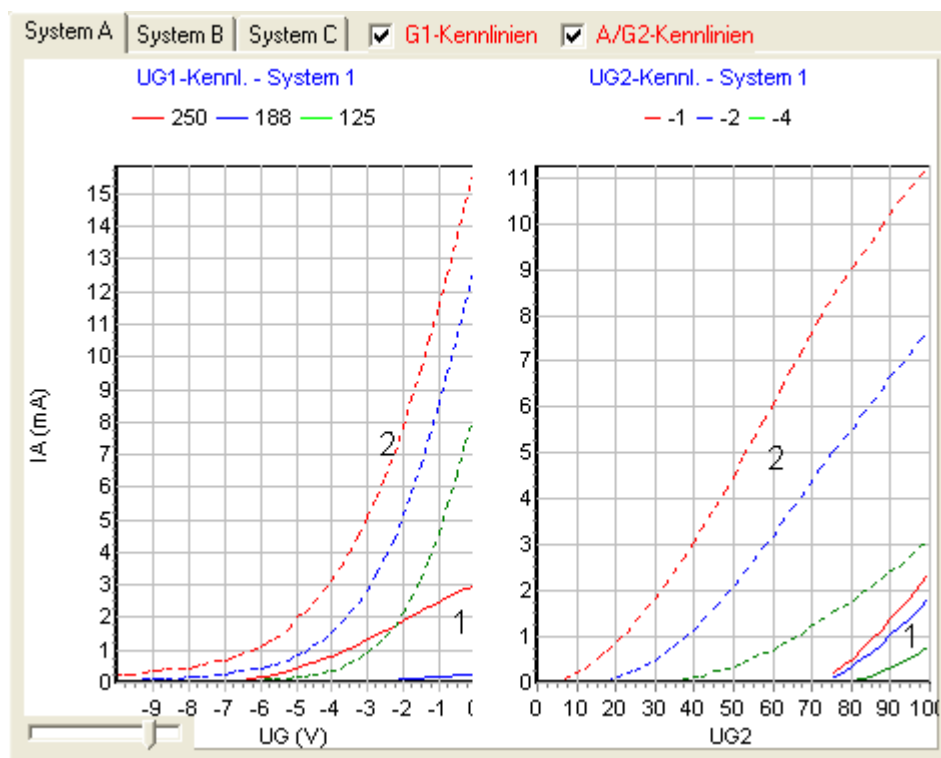
Ob sowohl Eingangs- wie auch Ausgangskennlinie aufgenommen werden sollen.

blau umrandet:

Wenn dieses Feld angekreuzt ist, wird nur eine Kennlinie aufgenommen. Ist das Feld leer werden i.d.R. 3 Kennlinien (Kennlinienschaar) aufgenommen.

Es ist sinnvoll, die Anzahl der aufgenommenen Kennlinien auf das Notwendige zu beschränken, da damit viel Zeit gewonnen werden kann. Zum matchen z.B. einer EL84 wäre nur eine Eingangs- oder Ausgangskennlinie erforderlich.

Was bedeuten die Kennlinien? (hier Kennlinien einer ECH4)



Die Durchgezogenen Linien sind die Ströme der ersten positiven Spannungsquelle (1), die gestrichelten Linien die Ströme der zweiten positiven Spannungsquelle (2). Welche Elektroden dies sind, ist für die jeweilige "Röhrenart" in der gleichnamigen Datenbank definiert. Dort ist für eine "Heptode" festgelegt, daß die erste positive Spannung die "Anode" ist -> entspricht also der *durchgezogenen Linie* in der Grafik, und die zweite positive Spannung "G2+G4" ist -> entspricht der *gestrichelten Linie*.

RoeTest - Datenbank

Röhrenart

Heptode

	A	K	G1	G2	G3	G4	G5	F1	F2	FM	IV	S
m/k (muß/kann)	m	k	m	m	m	k	k	m	m	k	k	k
an Schiene Nr.	2	0	3	4	5	4	0	0	1			

Bezeichnung der Schienen:

Schiene 0: Masse	0V	
Schiene 1: + (ext) Heizung	Heizung	
Schiene 2: + 306V/ 250 mA	Anode	erste pos.Sp.
Schiene 3: -51V (-5,1V)	G1	
Schiene 4: +306V/ 50 mA	G2+G4	zweite pos.Sp.
Schiene 5: -51 V (ext.Heiz.)	G3	

Bei Pentoden ist die Zuordnung einfacher. Die durchgezogene Linien sind die Anodenströme, die gestrichelten die Schirmgitterströme (steht ebenfalls in Datenbank Röhrenart).

Manueller Eingriff:

Manchmal möchte man manuell eingreifen. Dies ist selbstverständlich möglich.

Beispiele für manuelle Gestaltung der G1-Kennlinie:

Das RoeTest geht von den statischen Daten aus und sagt: In den statischen Daten steht Anodenspannung 130 V: Also messe 3 Kennlinien mit 100% (130 V), 75% (98V) und 50%(65V).

Greifen wir manuell ein und überschreiben (siehe Hardcopy, weißes Feld links, unten) die 130 V zu 100V, die 98V zu 90V und die 65 V zu 80 V und schon misst das RoeTest individuell nach den angegebenen Parametern (beim angegebenen Beispiel sollten wir natürlich auch die Schirmgitterspannung anpassen):

Helmut's Computer-Röhren-Prüf-Meß- und Regeneriergerät

Meßwerte:

Heizung - Spannung: 0.00 V

Anode - Spannung: 0.00 V

Schirmgitter - Spannung: 0.0 V

Gitter - Spannung: 0.00 -V

Heizung - Strom: 0.00 mA

Anode - Strom: 0.000 mA

Schirmgitter - Strom: 0.000 mA

Spannung: 0.0 -V

Röhrendaten:

Röhrenname: **PL504**

Socket: Magnoval B9D

Heizspannung [V]: 27

Heizstrom [A]: 0.3

Heizart: indirekt **int. Gleichstrom**

http://www.radiomuseum.org/tubes/tube_pl504.html

ASoll aus Kennlinie entnommen

	System A	System B	System C
Röhrenart:	Pentode	-	-
Daten f. Kennlinien:			
UG1-Kennlinien:	UG1-Kennl.		
1: Anodenspannung:	130		
1: G1-Spannung ab:	-50		
1: G2-Spannung:	130		
1: G3-Spannung:	0		
2: Anodenspannung:	98		
2: G1-Spannung ab:	-50		
2: G2-Spannung:	98		
2: G3-Spannung:	0		

Meldungen | Heizung | Kurzschlussstest | statische Daten | Vakuum | Kennlinien | Internet-Links

ASoll aus Kennlinie entnommen

Prüfe Röhrendaten auf Schlüssigkeit:
System A: o.k.

Heizspannung einschalten
Heizspannungsbereich: Hi
Heizrelais an Schiene 1
fahre Heizspannung hoch
Heizspannung eingeschaltet, Sollwert: 27
Anodenspannungsbereich: Lo
Anoden-Relais an Schiene 2
Anodenspannung eingeschaltet: 40 V
G2-Relais an Schiene 4
G2-Spannung eingeschaltet: 5 V

Start | C++Builder 5 | Helmut's Computer-R... | C:\Dokumente und Ei... | Word Pro - [Bedienun... | DE | 15:51

nächstes Beispiel:

Die Kennlinie startet bei $G1 = -50V$ (automatisch durch RoeTest festgelegt). Ist uns dies zu niedrig, können wir den Wert jederzeit auf z.B. $-20V$ ändern (bitte für alle 3 Kennlinien gleich).

nächstes Beispiel:

Bei Pentoden sagt das RoeTest .. messe G1-Kennlinie und G2-Kennlinie. Ich möchte jetzt aber keine G2-Kennlinie, sondern eine A-Kennlinie bei fester G2-Spannung. Kein Problem:

Im blau markierten Feld der obigen Hardcopy die Auswahl ändern (UA-Kennl. anstatt UG2-Kennl.) ! - nachstehendes Fenster erscheint automatisch beim Anklicken des Feldes.

Schon ... fast ... misst das RoeTest die A-Kennlinie anstelle der G2-Kennlinie (sofern - wie bei Pentode - diese Messart in der Röhrenart erlaubt ist). Fast sage ich deshalb, weil jetzt folgendes Problem besteht: Wird bei einer Pentode, bei voller Schirmgitterspannung, die Anodenspannung zu 0, fließt durch G2 ein hoher Strom (im Extremfall bis zur Hardware-Strombegrenzung durch das RoeTest). Die Röhre würde in vielen Fällen überlastet. Das RoeTest passt auf, und bricht wegen Stromüberschreitung ab. Genauer gesagt passt es auf, wenn in den statischen Daten ein Anoden/G2-Strom angegeben ist. Bei Überschreitung dieses Wertes um ein x-faches ist Schluß. Will man also - trotz Überlastung von G2 - eine Anodenkennlinie aufnehmen, muß man in den statischen Daten einen höheren

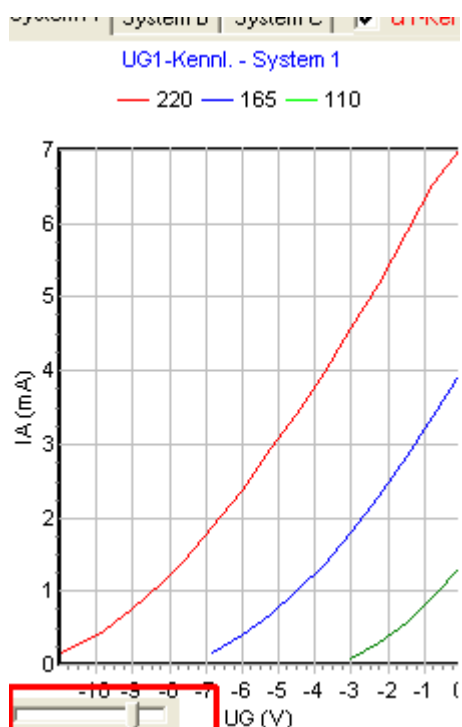
G2-Strom angeben (wieder direkt in der RoeTest-Messsoftware links unten bei stat. Daten = grüner Bereich).

Hexoden - Kennlinie von G3:

Auch das ist möglich, einfach die die Stiftzuordnung (linkes Fenster-Röhrendaten) von G1 und G3 vertauschen. Damit wird G1 der Röhre an eine feste Spannung (also die G3-Spannung) und G3 der Röhre an die variable G1-Spannung des RoeTest geschaltet. Man muß natürlich auch per Hand dafür sorgen, daß G1 und G3 die richtigen Spannungen erhalten (G1/ G3-Spannungen ebenfalls vertauschen).

Man sieht also: Fast alles ist möglich. Bei manuellen Eingriffen sollte man aber wissen, was man tut!

Darstellung der G1-Kennlinie: Die Auflösung der G1-Spannung kann man mit einem Schieberegler ändern und so die Kennlinie optimal darstellen (wirkt sich nur auf die Anzeige aus. Die Daten bleiben nach wie vor im aufgenommenen Format):



Speziallösungen:

Problem:

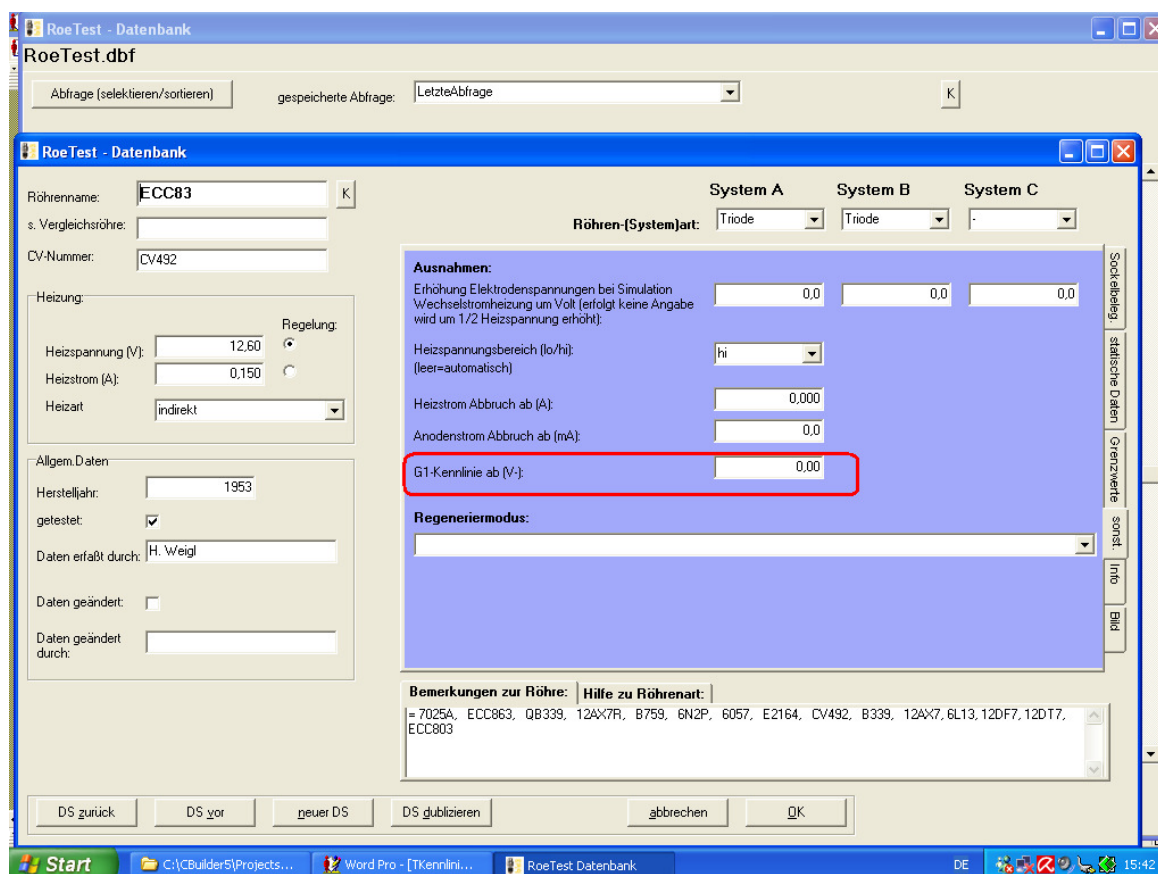
Die G1-Kennlinien sind gedrängt rechts, während in der Grafik im linken Bereich noch ausreichend Platz wäre.

Lösung:

Die Automatik versucht anhand der vorhandenen statischen Daten die Bereiche für die Kennlinienaufnahme zu bestimmen. In den überwiegenden Fällen funktioniert dies. Es kann aber auch vorkommen, daß die Bereiche ungünstig liegen.

Eine Änderung ist auf 2 Arten möglich:


1. Dauerhaft in der Datenbank:



2. Temporär im Messprogramm (rot eingezeichnet - Änderung für Kennlinie 1-3 erforderlich):

Heizstrom (A): 0,2
 Heizart: indirekt int. Gleichstrom

http://www.radiomuseum.org/tubes/tube_ech11.html

 System A: o.k.
System B: o.k.

$\delta \times 26^{\circ} 50'$
PC ϕ : 28 mm Y8A

	System A <input checked="" type="checkbox"/>	System B <input checked="" type="checkbox"/>	System C <input checked="" type="checkbox"/>
Röhrenart:	Hexode	Triode	-
UG1-Kennlinien:	UG1-Kennl.	UG1-Kennl.	
1: Anodenspannung:	250	100	
1: G1-Spannung ab:	-10	-5	
1: G2-Spannung:	100	0	
1: G3-Spannung:	-10	0	
2: Anodenspannung:	188	75	
2: G1-Spannung ab:	-10	-5	
2: G2-Spannung:	75	0	
2: G3-Spannung:	-10	0	
3: Anodenspannung:	125	50	

Problem:

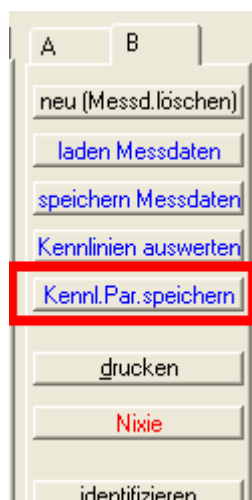
Aufnahme G1-Kennlinie, System A: Die Bereiche werden automatisch bei 250V, 188 V und 125 V festgelegt. Ich möchte aber 250, 200 und 150 V messen.

Lösung:

Die grün markierten Einträge im o.g. Bild wie gewünscht überschreiben!

Neu ab Versions 3.5.0.0:

Die in den oben genannten Feldern geänderten Daten bleiben immer nur temporär bestehen. Beim nächsten Programmaufruf finden sich wieder die Ursprungswerte. Es gibt jetzt eine Speichermöglichkeit. Man kann die in den weißen Felder erfassten Daten in eine Kennlinienparameterdatei speichern:



Für die Röhre wird dann eine Datei "Röhrenname.KPA" angelegt. Existiert diese Datei werden immer diese Parameter anstelle der von der Software errechneten verwendet. Damit lassen sich für die Röhre individuelle Parameter für die Kennlinien festlegen. Dies ist z.B. bei einer E130L notwendig, wo die Automatik ungünstige Werte verwenden würde. Wennman die jeweilige Datei löscht, werden wieder die automatischen Parameter verwendet.

Warum eigene Dateien für die Kennlinienparameter:

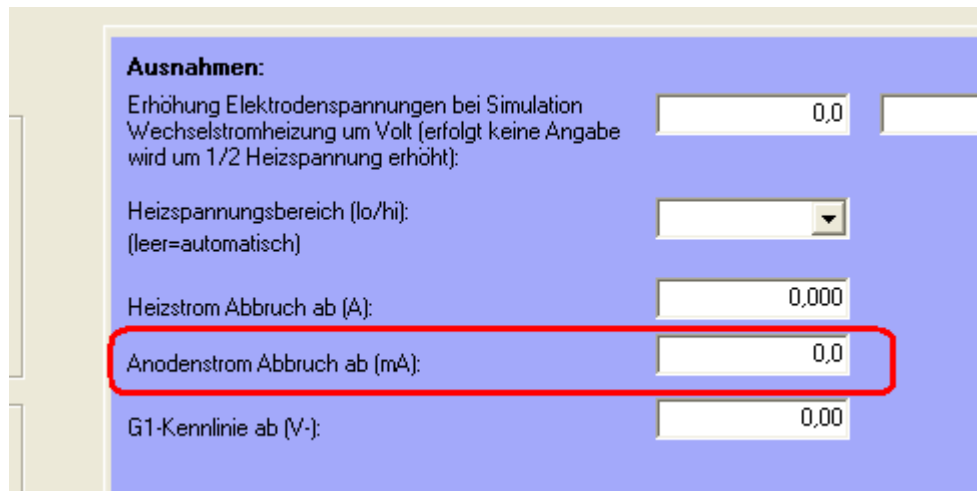
Diese sind nur für wenige Röhren notwendig. Die vielen zusätzlichen Felder würden die Röhrendatenbank nur unnötig aufblähen. Deshalb einzelne Dateien.

Problem:

Bei der Kennlinienaufnahme möchte ich bei einem bestimmten Strom abbrechen, um die Röhre nicht zu gefährden.

Lösung:

Es gibt eine Automatik: Nach dem etwa 2,5-fachen des Grenzwertes, wenn nicht vorhanden nach dem etwa 2,5-fachen des Sollstromes wird automatisch abgebrochen. Wird eine andere Grenze gewünscht, kann dies in den Röhrendaten für die jeweilige Röhre individuell eingestellt werden:



Ausnahmen:

Erhöhung Elektrodenspannungen bei Simulation Wechselstromheizung um Volt (erfolgt keine Angabe wird um 1/2 Heizspannung erhöht):	<input type="text" value="0,0"/>
Heizspannungsbereich (lo/hi): (leer=automatisch)	<input type="text" value=""/>
Heizstrom Abbruch ab (A):	<input type="text" value="0,000"/>
Anodenstrom Abbruch ab (mA):	<input type="text" value="0,0"/>
G1-Kennlinie ab (V):	<input type="text" value="0,00"/>

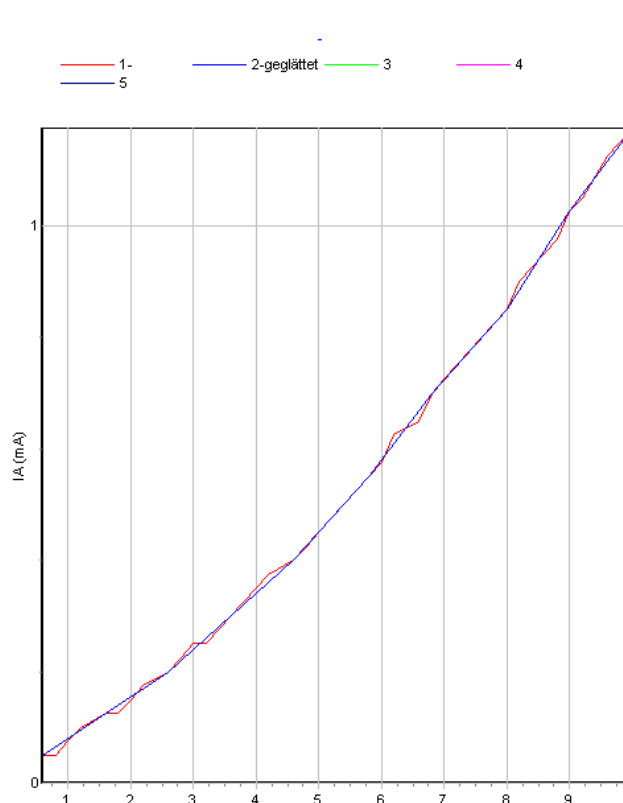
Automatische Glättung von Kennlinien:

Problem:

Bei sehr kleinen Strömen (mA) wirkt sich die Auflösung der A/D-Wandler aus. Die Kurven werden leicht wellig. Der kleine Messbereich für den Anodenstrom beträgt 25,6mA. Der AD-Wandler hat 1024 Stufen (10-Bit-Wandler). $25,6\text{mA} : 1024 = 0,025\text{ mA}$ Auflösung. Zur Aufnahme der Kennlinie werden normalerweise 40 Punkte gemessen. Bei sehr kleinen Strömen, nehmen wir an 0,5 mA, wäre also der Abstand zwischen den Messungen $0,5\text{ mA} : 40 = 0,0125\text{ mA}$ (angenommen die Kennlinie ist eine Gerade, bei normalem Kennlinienverlauf sind die Abstände im Bereich der unteren Krümmung noch kleiner). Die gemessene Kennlinie könnte also nur mit "Wacklern" gezeichnet werden.

Lösung:

Aufnahme der Kennlinie mit weniger Messungen. Die Abstände der Messpunkte liegen weiter auseinander. Die Punkte zwischen den Messpunkten werden einfach verbunden. Die Zwischenwerte praktisch interpoliert. Im RoeTest gibt es dafür eine Einstellungen in den Optionen. Ich habe dort einen Wert von 2,1 mA eingestellt. Dabei wird von den Angaben in den Röhrendaten ausgegangen (Soll-Anodenstrom). Unterhalb dieses Grenzwertes wird die Kennlinie mit 10 Messungen aufgenommen. Ab diesem Wert mit 40 Messungen. Man kann auch mit anderen Voreinstellungen experimentieren. Wird gar keine Glättung gewünscht, wird einfach der Wert "0" in den Optionen eingestellt.



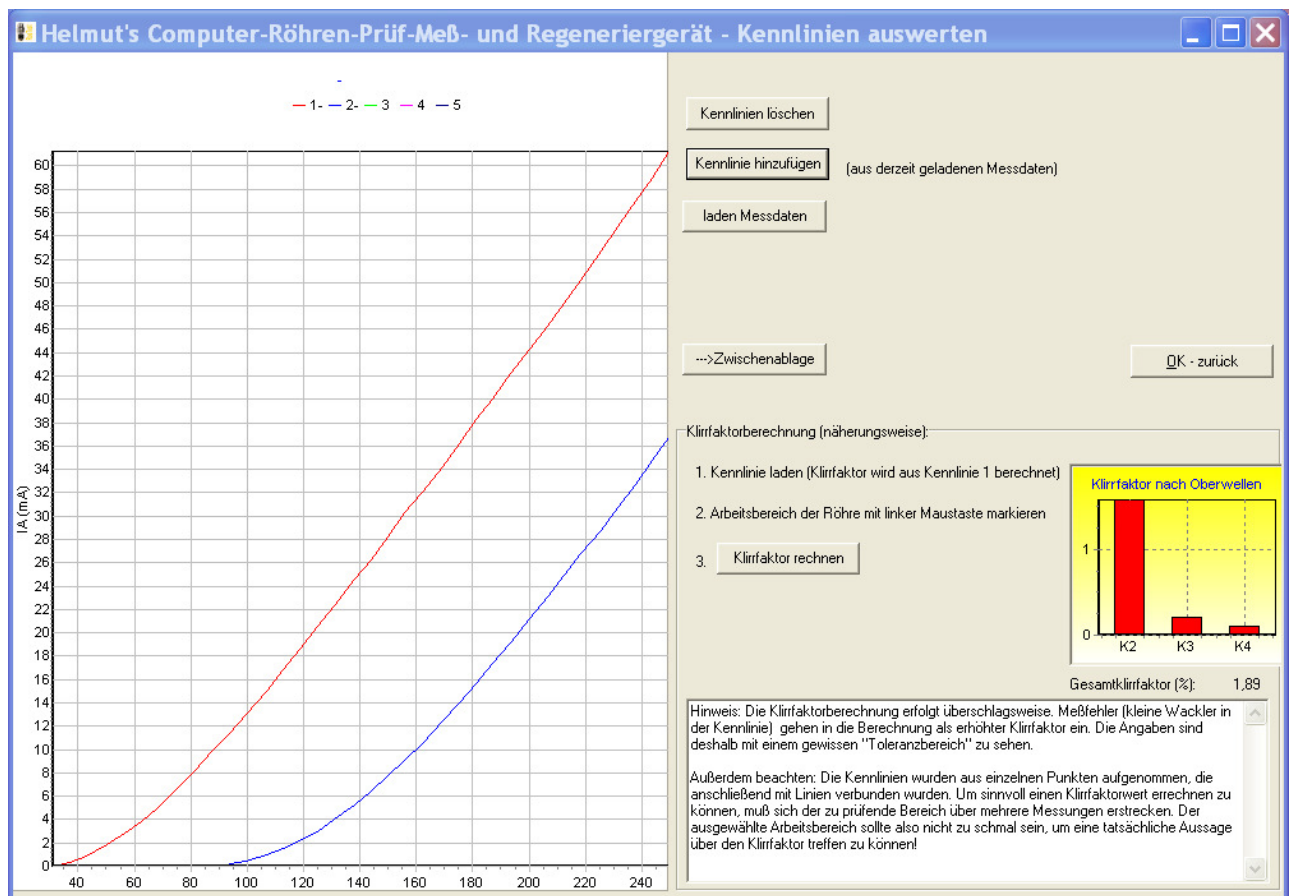
Anmerkung: Im RoeTest5 wurde ein 12-Bit A/D-Wandler eingesetzt. Durch die höhere Auflösung ist eine Glättung meist nicht mehr nötig.

Kennlinien auswerten:

a) Vergleich von Kennlinien:

Hier können in einer Grafik bis zu 10 Kennlinien dargestellt und diese Kennlinien so verglichen werden. Möglich sind z.B.

- verschiedene Systeme einer Röhre (z.B. Doppeltrioden),
- verschiedene Röhren (z.B. lauter EL84) um 2 oder mehrere gleichwertige zu finden (matchen)
- verschiedene Röhrentypen (z.B. EF80, EF89) z.B. um den Unterschied von Regel- und nicht Regelröhre darzustellen ...



b) Steilheitskennlinie:

Aus einer G1-Kennlinie kann man sich eine Steilheitskennlinie errechnen lassen.

Kennlinie auswählen

von: Kennlinienart: **G1-Kennlinie als Steilheit** nach: Kennl.Nr.: 1

System Nr.: 1 Kennlinie Nr.: 1 Bezeichnung Kennlinie:

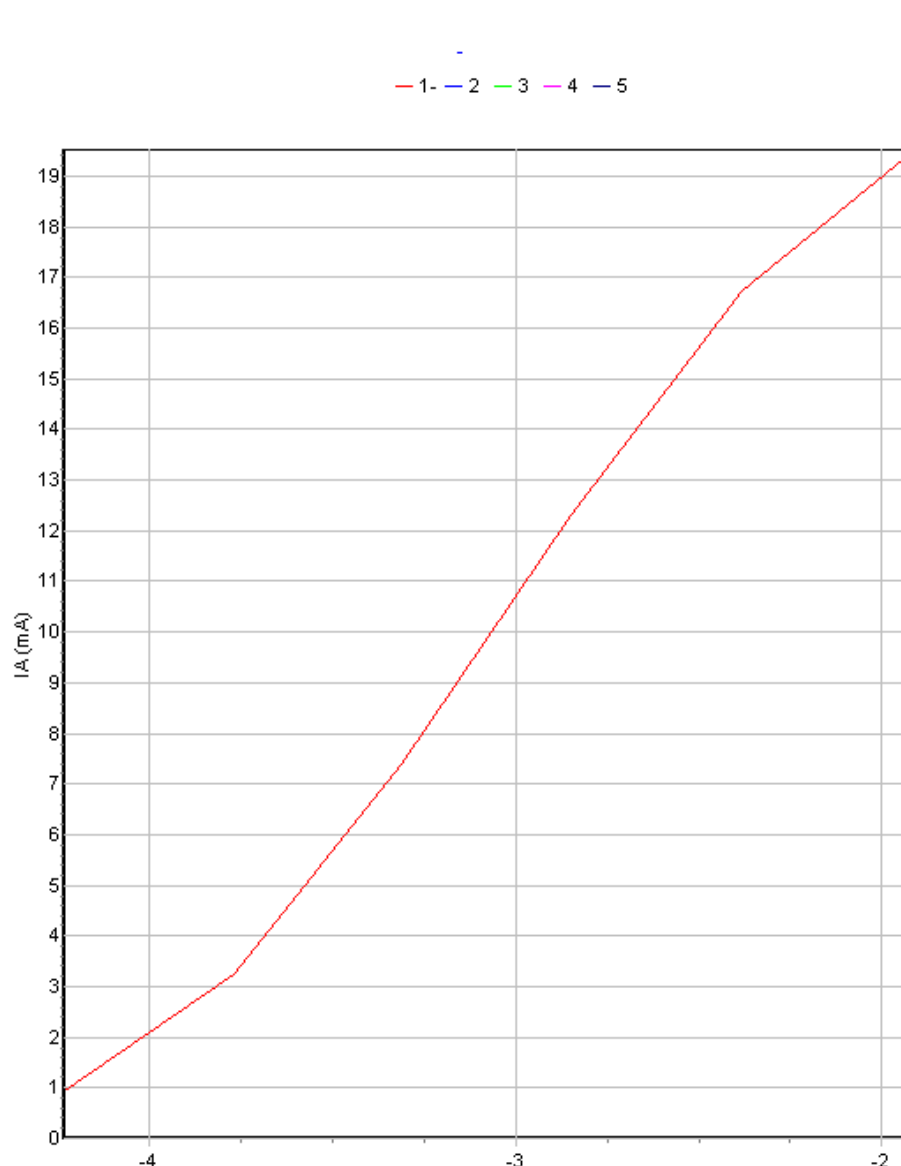
welchen Strom: Anodenstrom

Kennlinie hinzufügen

Wertetabelle->Zwischenablage

OK

Meßwert Nr.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
gesendet:	-10	-10	-10	-10	-10	-9,2	-9,2	-9,2	-8,4	-8,4	-8,4	-7,6	-7,6	-7,6	-6,9	-6,9	-6,9	-6,2	-6,2	-6,2	-5,4	-5,4	-5,4	-4,6
gemessen:	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Anmerkung: Die Kennlinie wird dabei geglättet (Durchschnittswerte) um Wackler zu vermindern und eine einigermaßen sinnvolle Anzeige zu erhalten.

c) Kennlinie Innenwiderstand:

Aus einer A-Kennlinie (G2-Kennlinie wäre auch möglich - ist aber nicht der Innenwiderstand) kann man sich die Kennlinie des Innenwiderstandes errechnen lassen. Dies macht nur bei Trioden einen Sinn, da bei Pentoden die Stromverteilung zwischen A und G2 eine Innenwiderstandskennlinie verfälschen würde (Theorie siehe u.a. Veröffentlichungen von Barkhausen und Kammerloher).

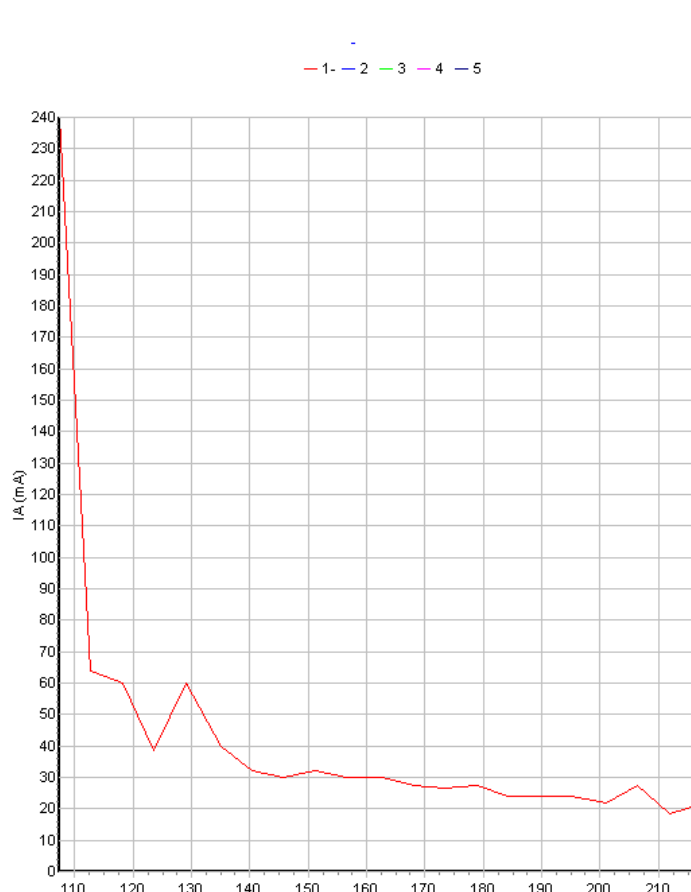
Kennlinie auswählen

von:
 Kennlinienart: A-Kennlinie als innerer Widerstand
 System Nr.: 1
 Kennlinie Nr.: 1
 welchen Strom: Anodenstrom

nach:
 Kennl.Nr.: 1
 Bezeichnung Kennlinie:

Kennlinie hinzufügen
 Wertetabelle->Zwischenablage
 OK

Meßwert Nr.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
gesendet:	0	2,8	8,3	13,8	19,3	24,8	30,3	35,8	41,3	46,8	52,4	57,6	63	69	74,4	79,8	85,2	90,6	96,6	102	107,4	112,8	118,2	123	
gemessen:	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	240	64	60	38,

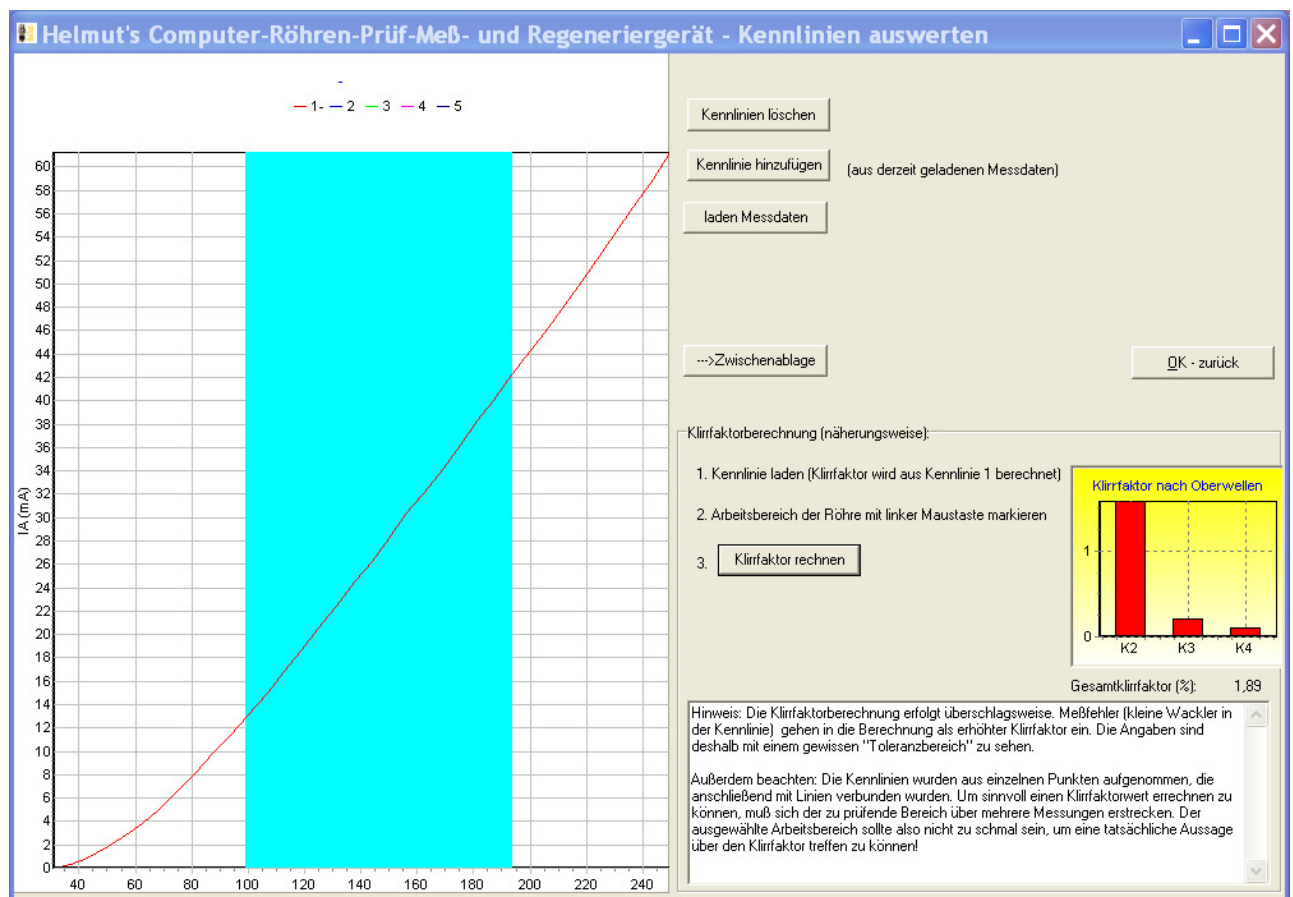


Anmerkung: Die Kennlinie hat starke Wackler, da eine Rundung/automatische Glättung nicht erfolgt ist. Man muß sich in diesem Falle selbst eine geglättete Kennlinie bilden (war rechnerisch in diesem Falle nicht sinnvoll).

c) Klirrfaktorbestimmung:

Im gleichen Fenster kann der Klirrfaktor für einen bestimmten Aussteuerungsbereich berechnet werden.

Zu diesem Zweck darf nur eine Kennlinie geladen sein. Der Aussteuerbereich wird mit der linken Maustaste (ziehen) festgelegt (blau hinterlegter Teil der Grafik) und der Button <Klirrfaktor rechnen> gedrückt. Die Darstellung des Klirrfaktors erfolgt als Prozentangabe und als grafische Balkenausgabe (Oberwellen). Die Berechnung hängt sehr von der Qualität der Kennlinie ab. Kleine Wackler der Kennlinie gehen voll als erhöhter Klirrfaktor ein. Das Ergebnis sollte als "Anhaltspunkt" gesehen werden. Die Berechnung erfolgt also nur näherungsweise.



Kennlinien markieren:

Um die Werte der Kennlinien leichter ablesen und markieren zu können, gibt es jetzt ein Fadenkreuz.

Mit der **linken Maustaste** kann man bis zu 10 Markierungen anbringen, wenn man eine Kennlinie anklickt. Gleichzeitig werden die x/y-Werte dargestellt. Mit der **rechten Maustaste** können die jeweils letzten Markierungen wieder gelöscht werden.

