RoeTest - das Computer-Röhren-Messgerät -

professional tube-testing-system (c) Helmut Weigl www.roehrentest.de

Verfifizierung der Klirrfaktorberechnung:

Funktioniert die rein mathematische Berechnung des Klirrfaktors?

Die kurze Antwort vorweg: **Ja.**

Um dies zu überprüfen, habe ich die mathematische Berechnung des Klirrfaktors in der RoeTest-Software mit einer Echtzeitmessung verifiziert.

Dazu habe ich eine Messung an einer ECC81 mit REW durchgeführt (siehe hierzu auch die umfangreichen Ausführungen von Herrn Andreas Gebert auf meiner Internetseite).

Als Hardware kam ein Steinberg UR22C Audiointerface zum Einsatz. Über dieses habe ich ein 1.000-Hz-Sinussignal am Gitter der Röhre eingespeist. Der Gitterwiderstand betrug 100 kΩ. Das eingespeiste Signal hatte eine Spannung von 1 Vss, die ich mit einem Oszilloskop gemessen habe.

Das an der Anode abgegriffene Signal wurde anschließend dem Eingang des UR22C zugeführt. Als Arbeitswiderstand in der Anodenleitung wurde ein Widerstand von 100 Ω verwendet.

Die Gleichspannungsverhältnisse habe ich mit RoeTest im manuellen Modus wie folgt eingestellt:

- **Ua:** 250 V
- **Ug1:** −2,5 V

Verification of the THD Calculation

Does the purely mathematical calculation of the total harmonic distortion (THD) work?

The short answer up front: **Yes.**

To verify this, I compared the mathematical calculation of the THD in the RoeTest software with a real-time measurement.

For this purpose, I performed a measurement on an ECC81 using REW (see also the extensive information provided by Mr. Andreas Gebert on my website).

The hardware used was a Steinberg UR22C audio interface. I used it to apply a **1,000 Hz sine-wave signal** to the grid of the tube. The grid resistor was **100 kΩ**. The applied signal had a voltage of 1 **Vpp**, which I measured using an oscilloscope.

The signal taken from the anode was then fed into the input of the UR22C. A 100 **Ω** resistor was used as the load resistor in the anode circuit.

The DC operating conditions were set using RoeTest in manual mode as follows:

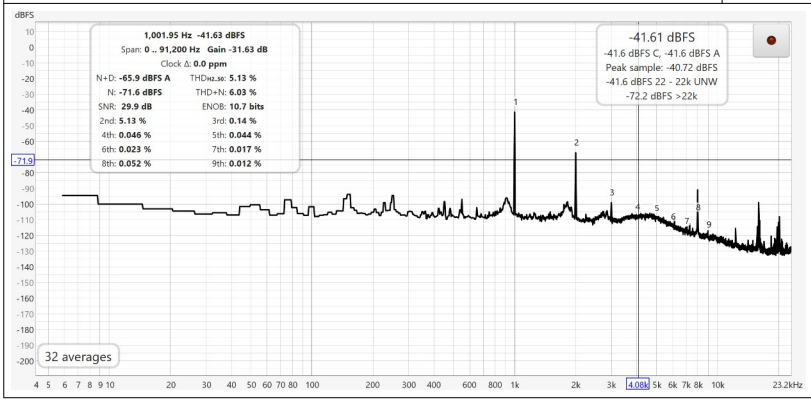
- **Ua:** 250 V
- **Ug1:** −2.5 V

Da die Echtzeitanzeige von REW relativ stark schwankt, habe ich zur Stabilisierung der Anzeige eine Mittelung über 32 Samples eingestellt.

Dabei ergibt sich folgende Grafik:

Since the real-time display in REW fluctuates relatively strongly, I set the averaging to **32 samples** to stabilize the display.

The following result was obtained:



Hinweis zur Beurteilung:

Die höheren K-Werte sind relativ klein und liegen bereits nahe am vorhandenen Störpegel. Der Störpegel kann sich daher – abhängig von der jeweiligen Phase – additiv oder subtraktiv auf die tatsächlich gemessenen K-Werte auswirken.

Zum Vergleich ist nochmals der reine Störpegel dargestellt, bei dem der Generator abgeschaltet ist und somit kein Signal eingespeist wird.

Insbesondere bei 6 kHz und 8 kHz (K6 und K8) sind deutliche Peaks im Störpegel zu erkennen. Diese können die Messwerte der entsprechenden Oberwellen verfälschen und sind daher bei der Bewertung und beim Vergleich der Ergebnisse zu berücksichtigen.

Sehr kleine %-Werte (höhere Oberwellen) gehen im Störpegel unter und sind wenig aussagekräftig. Die ablsoluten Messwerte K2 und K3 sind brauchbar, hängen aber sehr stark von der Auskoppelschaltung ab.

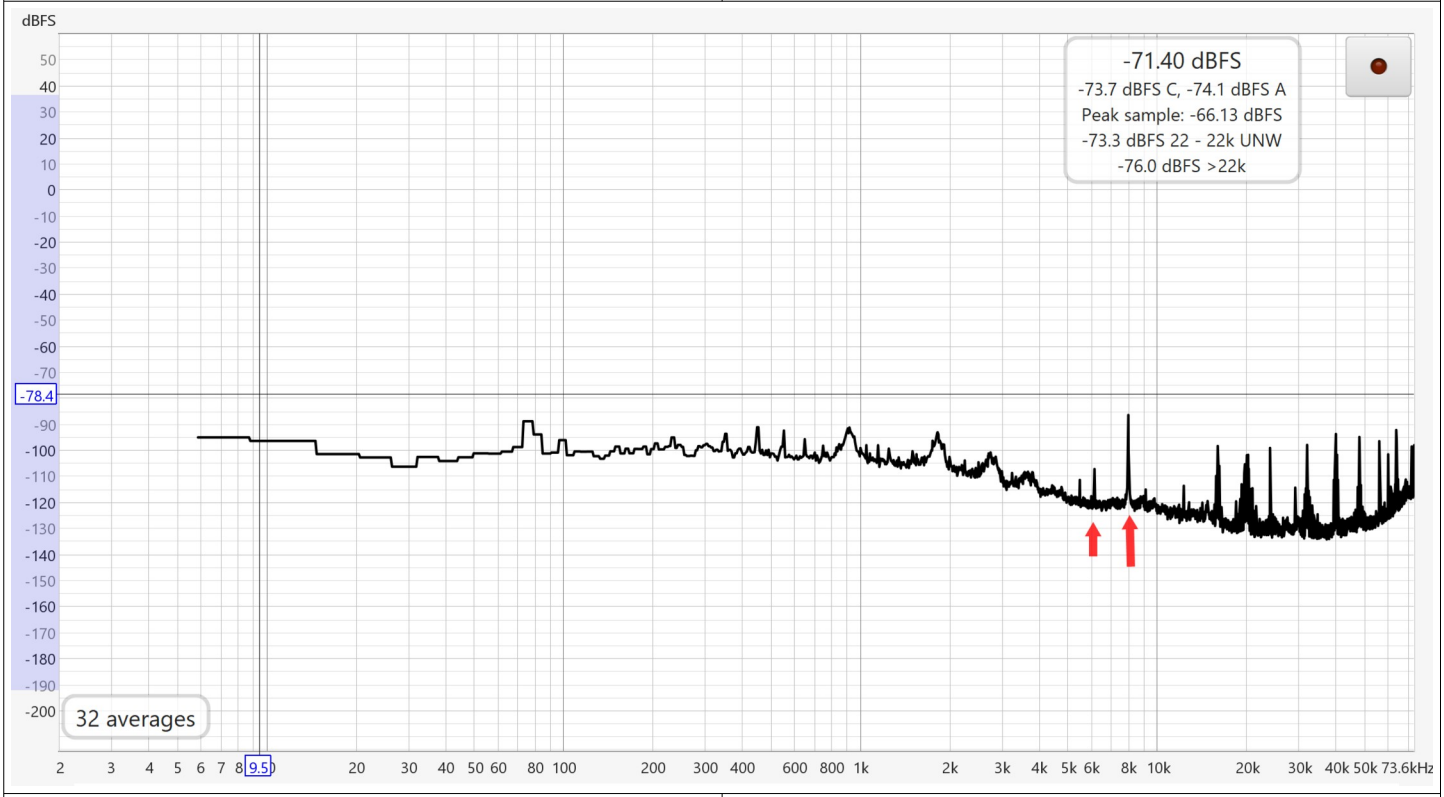
Assessment Note

The higher K-values are relatively small and are already close to the existing noise level. The noise level can therefore add to or subtract from the actual K-values, depending on the respective phase.

For comparison, the pure noise level is shown again, with the generator switched off and therefore no signal being applied.

Particularly at **6 kHz and 8 kHz (K6 and K8)**, significant peaks can be seen in the noise level. These can distort the measured values of the corresponding harmonics and therefore need to be taken into account when evaluating and comparing the results.

Very low percentage values (higher-order harmonics) are lost in the noise floor and are not very meaningful. The absolute measured values K2 and K3 are useful, but depend heavily on the coupling circuit.



Mit dem RoeTest habe ich anschließend die gleichen Messbedingungen hergestellt. Dazu wurde in die Anodenleitung ein Widerstand von 100 Ω eingefügt. In die Gitterleitung darf kein Widerstand eingefügt werden, da ansonsten ein Anlaufstrom die Kennlinie verfälschen würde.

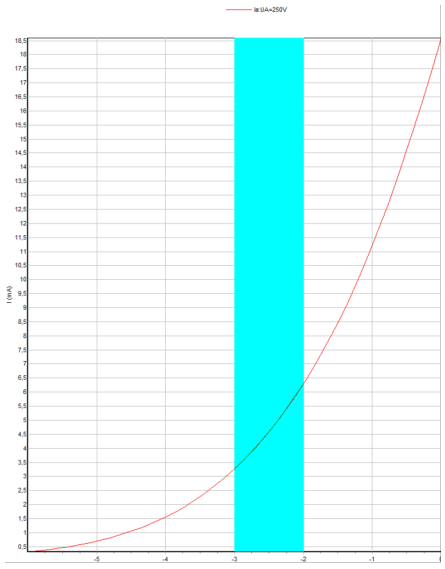
Die Kennlinienaufnahme (f(Ug1) erfolgte über die gesamte Kennlinie von -6 bis 0 V.

Damit ergibt sich folgende Kennlinie:

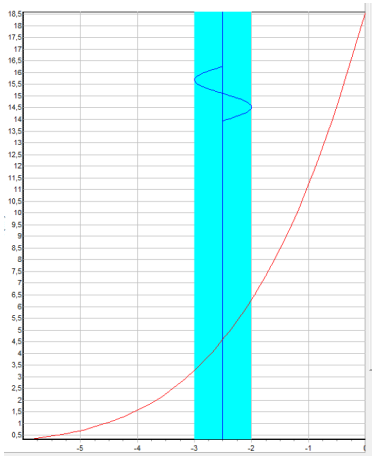
With RoeTest, I subsequently reproduced the same measurement conditions. For this purpose, a **100 Ω resistor** into the anode circuit. No resistor may be inserted into the grid lead, as an initial current would otherwise distort the characteristic curve.

The characteristic curve was recorded over the entire range from -6 V to 0 V. To ensure the highest curve quality, the results were averaged over 32 measurements.

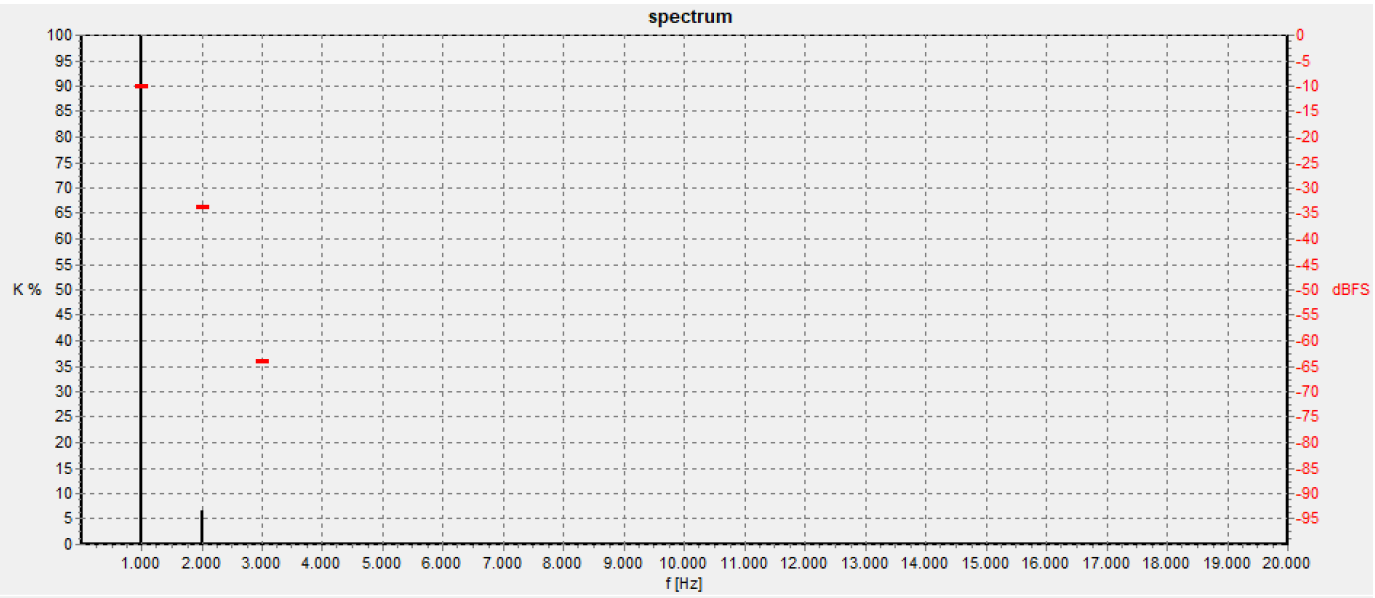
This yields the following characteristic curve:



Für die Auswertung wurde derselbe Aussteuerbereich wie mit REW markiert, also der Bereich von **Ug1 = −3 V bis −2 V**. Damit ergibt sich ein Arbeitspunkt bei DC -2,5V und eine Aussteuerung von 1Vss.	For the analysis, the same signal swing range was selected as with REW—specifically, the range from Ug1 = −3 V to −2 V. This results in an operating point at a DC level of −2.5 V and a signal swing of 1 Vpp.



Das errechnete Ergebnis:	The calculated results:



	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9
%	100	6,462	0,199	0,003	0	0	0	0	0
dbFS	-10,00	-33,79	-64,01	-99,98	-120,63	-144,35	-154,66	-173,46	-204,17

Total harmonic distortion: 6,47%

Nachstehend ein Vergleich der Werte:

Der Klirrfaktor von REW hängt auch von der genauen Auskoppelschaltung ab.
Bei Elkos vor Anodenwiderstand nach Masse ändern sich die Klirrfaktoren wie folgt:

Vss	K2 ohne Elko	K2 10 uF	K2 22uF	K2 47 uF	K2 100 uF	K2 220 uF	Polyfit 9 Mit 100 Ohm	Polyfit 9 0 Ohm	K3 ohne Elko	K3 10 uF	K3 22 uF	K3 47 uF	K3 100 uF	K3 220 uF	Polyfit 9 Mit 100 Ohm	Polyfit 9 0 Ohm
1,29	7,29	7,42	7,64	7,86	7,78	7,79	8,416	8,33	0,36	0,27	0,28	0,3	0,29	0,29	0,359	0,33
1	5,53	5,71	5,84	5,97	5,95	6,01	6,55	6,462	0,22	0,16	0,17	0,17	0,17	0,17	0,217	0,199
0,5	2,33	2,6	2,69	2,84	2,76	2,77	3,315	3,279	0,08	0,041	0,04	0,046	0,042	0,04	0,056	0,052
0,1	1,1	0,41	0,5	0,5	0,43	0,48	0,603	0,687	0,8	0,27	0,25	0,27	0,23	0,27	0,002	0,002

Fazit

Die Softwareberechnung zeigt bei K2 und K3 geringfügig höhere Werte als eine Echtzeitmessung mit REW an.

Die Größenordnungen der von RoeTest berechneten Klirrfaktoren und der mit REW durchgeführten Echtzeitmessung stimmen Größenordnungsmäßig überein. Es gibt zwar geringfügige Abweichungen, diese sind jedoch plausibel erklärbar.

Insbesondere bei der Echtzeitmessung mit REW spielt die Überlagerung des Messsignals mit Störsignalen eine Rolle. Dazu gehören beispielsweise Brumm- und Rauschanteile aus dem RoeTest, dem nicht vollständig abgeschirmten Messaufbau sowie aus den verwendeten Wandlern und der übrigen Messkette. Dabei hängt es bei REW vor allem an der Auskoppelschaltung des Audiointerfaces an das RoeTest. Zudem besteht bei der Echtzeitmessung ein Störpegel, welcher in die Messungen mit eingeht. Bei der Softwarelösung ist der Unsicherheitsfaktor eventuelle Wackler bei der Kennlinienaufnahme.

Wie bereits zuvor gezeigt, liegen insbesondere die kleineren Messwerte teilweise nahe am vorhandenen Störpegel und können diese verfälschen. Die Nachkommastellen und kleinen %-Werte der Echtzeitmessung sind deshalb mit entsprechender Vorsicht zu betrachten.

Die Gegenüberstellung zeigt jedoch, dass die Berechnungsmethode des RoeTest realistische Ergebnisse liefert.

Wie so oft liegt die tatsächliche Größe vermutlich irgendwo zwischen den beiden Messergebnissen. Bei einer sehr guten bzw. nahezu ideal aufgenommenen Kennlinie dürfte die softwarebasierte Berechnung des Klirrfaktors dem tatsächlichen Wert jedoch sehr nahekommen. **Man sollte nicht die Absolutwerte beachten, sondern kann die K-Werte gut beim Vergleich verschiedener Röhren heranziehen**. Das funktioniert sowohl mittels einer Echtzeitmessung mit REW, als auch bei einer Berechnung mit der RoeTest Software.

Conclusion

The software-based calculation yields slightly higher values for K2 and K3 than the real-time measurement performed with REW.

The orders of magnitude of the distortion factors calculated by RoeTest and those measured in real-time with REW are consistent. While there are minor discrepancies, they can be plausibly explained.

In the case of real-time measurement with REW, the superposition of the measurement signal with interference signals plays a role. These include, for example, hum and noise components originating from the RoeTest unit, the incompletely shielded measurement setup, the converters used, and the rest of the measurement chain. With REW, this depends largely on the coupling circuit connecting the audio interface to the RoeTest. Additionally, a background noise floor is present during real-time measurement, which influences the results. With the software-based solution, the uncertainty factor lies in potential contact instability during the recording of the characteristic curve.

As previously shown, lower measurement values in particular are sometimes close to the existing noise floor, which can skew the results. Consequently, the decimal places and low percentage values obtained from real-time measurement should be viewed with appropriate caution. However, the comparison demonstrates that the RoeTest calculation method yields realistic results.

As is often the case, the true value likely lies somewhere between the two measurement results.

However, given a high-quality or near-ideally recorded characteristic curve, the software-based calculation of the distortion factor should come very close to the actual value. **Rather than focusing on absolute values, the K-values serve well for comparing different tubes**—an approach that works effectively with both real-time measurement (using REW) and calculation with RoeTest software.