

# Kennlinienschreiber für Röhren nach Helmut Weigl

Dietmar Oelschlägel, DL2BZE, Treffen der Deutschen Sektion G-QRP-Club Waldsassen 2014

Kennlinienschreiber – hatten wir doch schon, allerdings für Halbleiter.

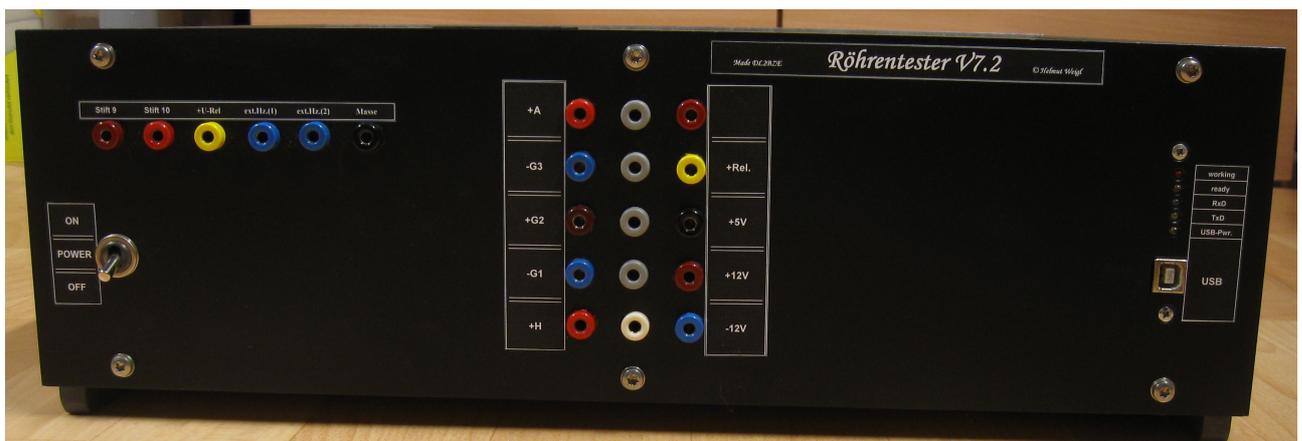
Kennlinienschreiber für Röhren und QRP, wie passt das denn zusammen? Ganz einfach: Unsere Amateurfunkhaken, oder einige von uns selber in jungen Jahren, haben ihre Hobbykarriere sicher mit einem Röhrenaudion angefangen. Zumindest bei mir war das so. Es sollte sogar gleich ein 1V2 mit ECC82 und EF80 werden, der allerdings nie funktioniert hat. Andererseits bedingen QRP und Basteln einander!

Und dann hatten meine Eltern so eine gewaltige Musiktruhe mit einem Röhrenradio. Das Leuchten der Röhren und der Skalenlämpchen haben mich irgendwie immer fasziniert und gefesselt und der warme Duft der aus dem Radio quoll werde ich wohl nie vergessen.

Die ersten Bastelerfahrungen habe ich in den späten 60'ern bei der Reparatur von Röhrenradios und Röhrenfernsehern gesammelt. Und so sammelten sich im Laufe der Jahre auch diverse Röhren an, die ich mich nie wegzuschmeißen getraute.

Inzwischen sind einige Jahrzehnte vergangen, in denen ich so manchen Technologiewandel durchlebt habe. Ob es nun die Germanium- oder Siliziumtransistoren, die ersten Schaltkreise bis hin zu programmierbaren Chips waren – alles hat man mal kennen gelernt und ausprobiert. Aber die Röhren wollten nie aus meinem Kopf. Sogar meine Armeezeit war röhrenlastig, habe ich doch in einer Nachrichtenwerkstatt vor allem russische Röhrenfunktechnik reparieren dürfen.

Das Zeitalter des Internets rief irgendwann mal die alte Röhrenleidenschaft wieder wach. Da gibt es beispielsweise eine Röhrenbude [1], eines der heutigen Mekkas der Röhrenfreunde. Dort gab es vor wenigen Jahren den Hinweis auf ein Röhrenprüfgerät mit PC-Unterstützung, den RoeTest von Helmut Weigl [2]. Das war es! Von solch einem Gerät hatte ich schon immer mal geträumt, aber nie den Mut gehabt ein derartiges Superprojekt in Angriff zu nehmen. Der Helmut bot eine CD mit Baubeschreibung, Platinenlayouts und der Software an. Was mich abschreckte waren die vielen Drahtbrücken und der Umstand, die Platinen selber machen zu müssen. Somit lag das Vorhaben weiterhin in der Schublade meiner Träume. Gelegentlich schaute ich dennoch auf der Seite von Herrn Weigl vorbei, denn er war nicht untätig und hat sein „Baby“ ständig weiterentwickelt und vervollkommenet. Anfang 2013 wurde die Version 7.2 vorgestellt. Ausgereifte Hardware, keine Drahtbrücken, kompakte Bauweise und eine kaum Wünsche offen lassende Software. Zumal wurden die Leiterplatten nun kommerziell hergestellt und einige spezielle Bauteile, wie den Haupttransformator, können bei Helmut bezogen werden. Der Preis ist, gemessen am Aufwand und der Qualität, mehr als angemessen. Fast alle anderen Bauteile kann man relativ preiswert beim Reichelt [3] bekommen. Sogar eine Bestellliste für den Distributor gehört zu den Bauunterlagen. Apropos Bauunterlagen: Ausgezeichnet, sehr umfangreich, mit vielen Farbfotos und detaillierten Erklärungen, was braucht man mehr. Auch die Bauberichte bereits fertig gestellter RoeTester von anderen Röhrenfreunden machte mir Mut selber endlich eins aufzubauen. Und da steht er nun, der Röhrentester von DL2BZE, untergebracht in einem 19“ Gehäuse.



DL2BZE's Röhrentester (Foto: Dietmar Oelschlägel)

Endlich, so dachte ich, kann ich mal einiges von meinem gehorteten Bastelmaterail aufbrauchen. Lediglich etwa 1/3 von dem was gebraucht wird hatte wirklich ich in meinen Schubkästen. Den Rest habe ich so übers Jahr verteilt bei [3] bestellt. Schätzungsweise, mit Platinen, Trafos und den Reicheltteilen hat mich der Spaß etwa 500 € gekostet. Der Bastelspaß machte das jedoch wett, und nun der Spaß beim Röhrenprüfen – unbezahlbar!

Doch was kann diese von mir umschwärmte Kiste eigentlich und wie funktioniert sie?  
Klassische Röhrenprüfgeräte, wie etwa das RPG70 (aus der DDR), die Geräte von Funke wie das legendäre W19 oder das russische L3-3 erfordern, dass der Messknecht alle Werte von Hand einstellt. Eine Schaltmatrix, per Schiebeschalter, Stöpselmatrix oder Drehschalter auswählbar, ordnet die einzelnen Röhrenstifte jeweils einer Belegung (wie Anodenspannung, Heizung oder Masse) zu. Dazu ist für jeden Röhrentyp eine Karteikarte vorhanden, auf der man die Zuordnung der Anschlüsse und die Prüfbedingungen entnehmen kann. Die Betriebswerte, wie die Heizspannung, die Gitter- und Anodenspannung usw. müssen per Poti oder Drehschalter eingestellt werden. Ein oder mehrere Drehspulinstrumente gestatten einzelne Größen zu messen. Schon alleine die Messbereichsauswahl oder das Ablesen von der richtigen Skale erfordert vom Bediener viel Konzentration.

Eine Kennlinie könnte man nur in mühevoller Arbeit Punktweise aufnehmen.

In [1] gibt es ein extra Kapitel mit sehr vielen Beschreibungen zu den bekanntesten Röhrenprüfgeräten. Übrigens habe ich in [4] einen sehr lesenswerten Reparaturbericht zum L3-3 gefunden.

Was macht der RoeTest nun anders?

Jedes Röhrenprüfgerät muss grundsätzlich die für den Betrieb einer Röhre nötigen Spannungen mit ausreichender Stromergiebigkeit bereitstellen.

Weiterhin muss die Möglichkeit bestehen, jede dieser Spannungen an einen beliebigen Röhrenanschluss zu legen.

So ist das RoeTest grundsätzlich ein Netzteil für Röhren. Die 6 Spannungen, die im RoeTest erzeugt werden, sind mit Linearreglern (Leistungs-MOSFET's) versehen, die über DA-Wandler von einem Microprozessor (ein PIC) gesteuert, eingestellt bzw. geregelt werden. Dort wo es sinnvoll ist, sind sowohl eine Strom- als auch eine Spannungsmessung vorgesehen, die über die AD-Wandlereingänge des Microprozessors zur Verarbeitung bereitstehen. Präzisions-OPV's sorgen für stabilen Betrieb und geringem Driften der Spannungen und Messwerte.

Eine Schaltmatrix, bestehend aus 60 vom PIC über Treiber-IC's angesteuerte Relais, kann jede der 6 Spannungen wahlweise an immer nur einen der 10 Röhrensockelstifte legen.

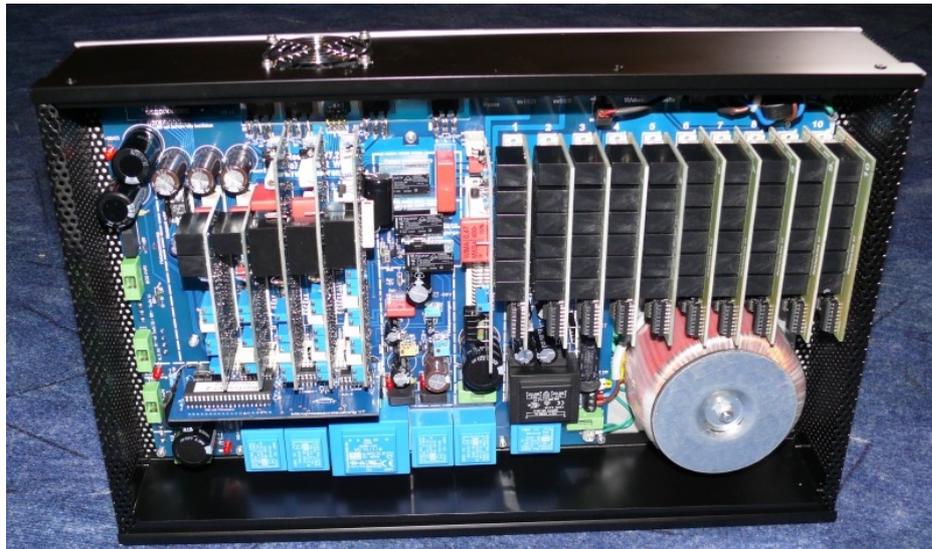
Um den Verdrahtungsaufwand gering zu halten sind die Treiberbausteine über einen I<sup>2</sup>C-Bus vom PIC gesteuert.

Nach außen gibt es keine Potis, Umschalter oder sonstige Bedienelemente. Alles was nötig ist wird von der WINDOWS-Software von einem PC aus gesteuert. Dafür wird eine USB 2.0 Schnittstelle verwendet, die ebenfalls vom PIC bedient wird.

Helmut Weigl führt die 10 möglichen Röhrenanschlüsse auf eine kräftige Messerleiste. Auf diese steckt er dann ein Adapterkästchen, in dem sich ein Röhrensockel befindet. Somit erspart er sich den Verdrahtungsaufwand und den Platz für alle möglichen Sockelvarianten und bleibt dadurch sehr flexibel.



So sieht der Röhrentester vom Entwickler, Herrn Weigl, aus. (Foto aus [www.roehrentest.de](http://www.roehrentest.de))



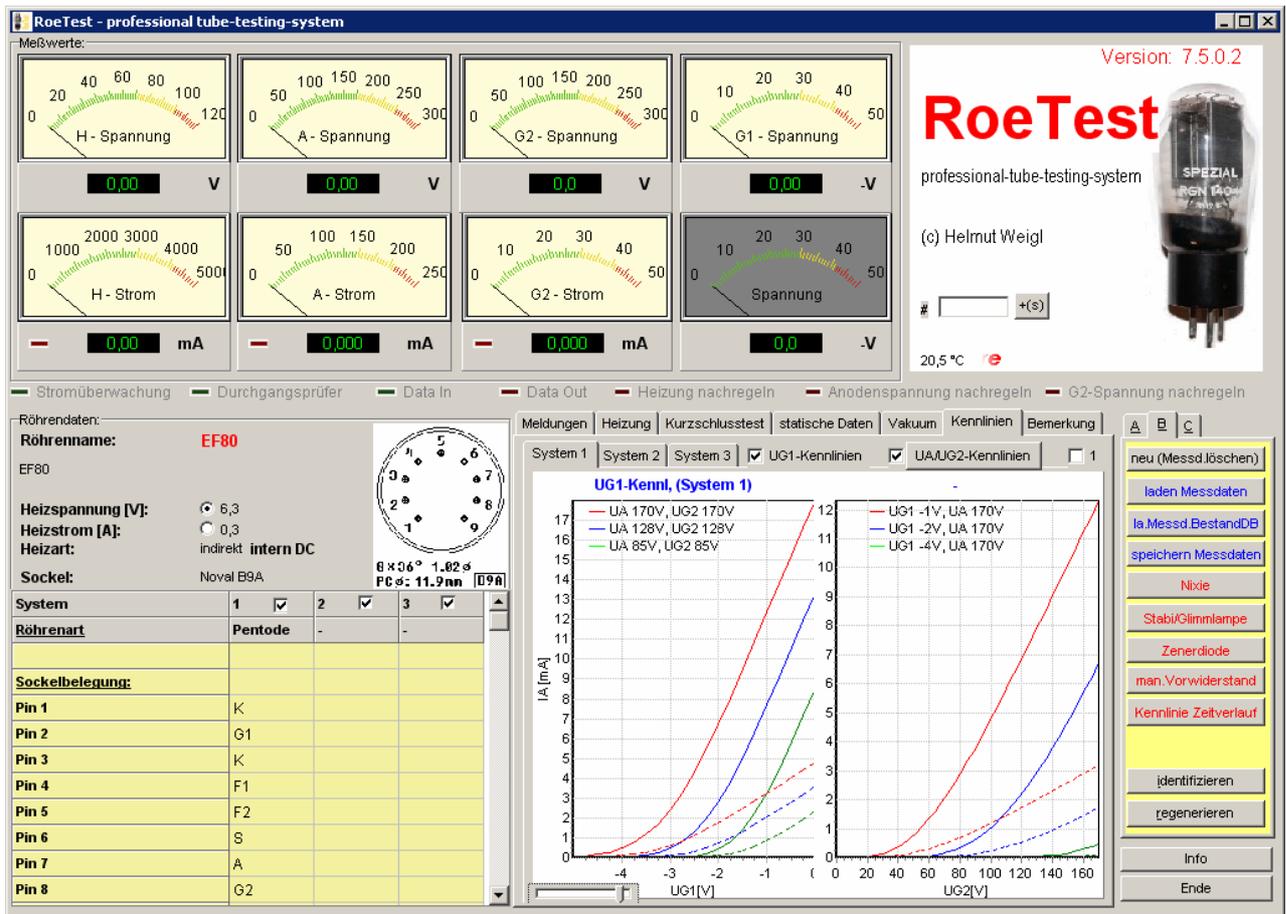
Innenansicht eines typischen RoeTest (Foto aus [www.roehrentest.de](http://www.roehrentest.de))

Die Bedienoberfläche der Software zeigt die eingestellten Spannungen und die fließenden Ströme, einerseits als Zeigerinstrument und zusätzlich digital, an. Weiterhin sind die Anschlussbelegung, einige Daten und die Prüfbedingungen zu sehen.

Die Informationen zu den Röhren entnimmt das Programm einer korrespondierenden Datenbank (mit derzeit über 15000 Datensätzen). Die Windows-Access Datenbank ist kompiliert, also als eigenständiges Programm ausführbar, und die Daten können frei editiert werden. Somit können weitere Datensätze erfasst werden oder Korrekturen und Ergänzungen eingepflegt werden. Teilweise sind auch Fotos von den Röhren, aber auch von den dazu passenden Sockeln vorhanden.

Alle Möglichkeiten aufzuzählen und zu erläutern würde an dieser Stelle den Rahmen sprengen. Daher seien nur kurz in Stichpunkten einige Messmöglichkeiten und Softwarefunktionen aufgeführt.

- Heizfadentest auf Durchgang
- Variable Gestaltung der Aufheizphase
- Kurzschluss test einzelner Elektroden gegeneinander
- Messung von typischen statischen Werten wie Röhrenverbrauch in %, Ri,  $\mu$ , Steilheit, Heizstrom ...
- Bis zu 3 Kennlinienverläufe in einem Diagramm (Messbedingungen sind editierbar)
- Röhrenschnelltest (% Röhrenverbrauch)
- Zeitverhalten des Anodenstromes
- Regenerieren von Röhren
- Identifizierung unbekannter Röhren
- Matchen von Röhren
- Vakuumtest
- Berechnung des Klirrfaktors unter frei gewähltem Arbeitspunkt
- Prüfen von Z-Dioden, Anzeigeröhren, Glimmstabilisatoren, Magischen Augen,
- Abspeichern aller Messdaten in eigener Bestandsdatei
- Automatisiertes Foto der gemessenen Röhre für die eigene Datenbank (mit umgebauter WEB-Cam)
- Stapelverarbeitung, automatisiertes Abarbeiten verschiedener Messungen
- Erstellen von Prüfprotokollen einschließlich Ausdruck
- Drucken von Etiketten, (auch Barcode)
- Drucken von Faltschachteln mit Beschriftung
- Export von Messdaten ins csv-Format (Excel)
- Manuelle Betriebsdateneinstellung über Schieberegler (Netzteilbetrieb)
- Externe Speisung der Heizung falls exotischer Heizbedarf nötig ist



Typische Ansicht einer Kennlinienmessung



Bild einer Röhre aus der Datenbank und die „Sockelversion“ im Röhrentester des Autors

- [1] <http://www.jogis-roehrenbude.de>
- [2] <http://roehrentest.de>
- [3] <http://www.reichelt.de>
- [4] [http://www.amplifier.cd/Test\\_Equipment/other/Reparaturbericht\\_L3-3\\_V1\\_25a.pdf](http://www.amplifier.cd/Test_Equipment/other/Reparaturbericht_L3-3_V1_25a.pdf)

**Nachstehend eine Zusammenfassung der wichtigsten technischen Daten und Features (RoeTestV7x):**

|   |  |
|---|--|
| prüfbare Röhrentypen:                                   | Diode, Gleichrichter, Triode, Tetrode, Pentode, Heptode, Hexode, Oktode, Glimmstabi, Glimmanzeige, mag.Augen, Nixieröhren (mit speziellem Adapter), VFD's, sowie diverse andere Bauteile (siehe auch Tipps und Beispiele) - auch Spezialröhren wie die 6C33 mit zwei getrennten Heizfäden                                |
| Heizart:  | indirekt, direkt, ~direkt (Simulation Wechselstromheizung), keine (z.B. Glimmstabis)   |
| <b>Spannungsbereiche: (alle computergesteuert)</b>      |  |
| Heizung (intern Gleichstrom)                            | zwei Spannungsbereiche<br><br>0-12,75 V, ca. 5 A (kurzzeitig 5,5 A)<br><br>0-127 V, ca. 500 mA   |
| Softstart (nur Gleichstrom)                             | für Heizspannung   |
| externe Wechselstromheizung, externe Gleichstromheizung | möglich - damit können auch Röhren mit hohen Heizströmen (Senderöhren) noch getestet werden.   |
| Simulation Wechselstromheizung                          | bei Heizart "~direkt" kann eine Wechselstromheizung simuliert werden   |
| Anodenspannung  | drei Bereiche<br><br>0-51 V<br><br>0-306 V<br><br>300-606 V<br><br>250 mA  |
| G2-Spannung   | 0-306 V, 50 mA   |
| G1-Spannung   | zwei Bereiche<br><br>0-6,3V (-)<br><br>0-51 V(-)<br><br>jeweils ca. 5 mA   |
| G3-Spannung   | 0-51 V(-), ca 5 mA   |
|   | alle Spannungsbereiche haben eine Auflösung von 8 Bit (=256 Stufen)<br><b>Hinweis:</b><br><b>Durch die Bereichsumschaltungen ergibt sich effektiv eine höhere Bit-Auflösung der D/A-Wandler (Spannungsquellen) in den kleinen Bereichen im Verhältnis zum Endmesswert (um mehr als 3 Bit = effektiv mehr als 11 Bit)</b> |
| <b>Messbereiche:</b>                                    |  |
| Heizung   | 0-12,75 V, 0-127 V ,Messbereich wird automatisch umgeschaltet, 5A/500mA  |
| Anodenspannung  | 0-306 V  |
| Anodenstrom   | 0-30, 0-250 mA,Messbereich wird automatisch umgeschaltet   |
| G2-Spannung   | 0-300V   |
| G2-Strom  | 0-50, 0-5 mA, Messbereich wird automatisch umgeschaltet  |
| G1-Spannung   | 0-51 V (-)   |

|  |  |
|--|--|
| G3-Spannung  | 0-51 V(-)  |
|  | alle Messbereiche 12 Bit Auflösung (=4096 Stufen)  |
|  | <b>Hinweis:</b><br>Durch die Bereichsumschaltungen ergibt sich effektiv eine höhere Bit-Auflösung der A/D-Wandler (Messungen) in den kleinen Bereichen im Verhältnis zum Endmesswert (um mehr als 3 Bit = effektiv knapp 16 Bit)   |
| Meß-/Testmöglichkeiten (je nach Röhrenart unterschiedliche Verfügbarkeit):   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 Messinstrumente (Analog und Digital) für Spannungen und Ströme gleichzeitig</li> <li>• Fadentest</li> <li>• Kathodenschlussprüfung</li> <li>• Sperrspannungstest (Dioden/Gleichrichter)</li> <li>• Heizstrom</li> <li>• Kurzschlußtest</li> <li>• Kurzschlußtest warm</li> <li>• Statische Daten (Heiz-, Anoden- G2-Ströme, Steilheit, Durchgriff, Verstärkungsfaktor, Innenwiderstand)</li> <li>• Vakuumtest</li> <li>• G1-, G2- und Anodenspannungskennlinien (Ströme Anode und G2)</li> <li>• Errechnung von Steilheits- und Innenwiderstandskennlinien</li> <li>• manueller Modus (Einstellen der Spannungen mit Schieberegler)</li> <li>• manueller Modus mit Vorwiderstand</li> <li>• Modus für Mag. Augen</li> <li>• Glimmstabis</li> <li>• Vergleichen von Kennlinien (z.B. zum Röhren matchen)</li> <li>• Errechnung Klirrfaktor bei bestimmten Arbeitspunkten</li> <li>• Leistungsprüfer (zwei verschiedene)</li> <li>• Schnelltest</li> <li>• <b>Doppeltrioden - Messung beider Systeme gleichze</b></li> <li>• Pentoden und Tetroden in Triodenbetrieb</li> <li>• Langzeitest (Zeitverlauf)</li> <li>• Nixietester</li> <li>• interaktive Röhrenidentifizierung</li> <li>• Automatisierung durch Stapelverarbeitung, mit automatische Röhrenerkennung sobald die nächste Röhre dran ist</li> <li>• Autostart (nach Zeit oder Strom)</li> <li>• und vieles mehr</li> </ul> |
| Regeneriermodus  | vorgefertigte Regeneriermodi können verwendet werden. Die Regenerierung läuft "halbautomatisch" (zum probieren - noch in Entwicklung)  |
| Identifizierung von Röhren   | Software zur interaktiven Röhrenidentifizierung (Röhren bei denen die Beschriftung fehlt)  |
| Sockelbelegung:  | Beliebige Sockelzuordnung, vollautomatisch über Relais   |
| Präzision: Elektronische Regelschleifen für eine präzise, lastunabhängige Spannungsstabilisierung.<br>Software-Nachregelung: | für Heiz- Anoden- und G2-Spannung, sowie 600V-Bereich;<br><br>wahlweise Heizungsnachregelung als Spannungsnachregelung oder Stromnachregelung (... für serienbeheizte Röhren)  |

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| Sicherheit vor Fehlbedienung:        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prüfung der Röhrendaten auf Schlüssigkeit,</li> <li>• Software-Überstromabschaltung (in automatischen Bereichen), sowohl in Abhängigkeit von den Röhrendaten (Röhrenschutz) als auch bei Überlast (Geräteschutz)</li> </ul>   |
| Sicherheit:                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• galvanische Trennung vom PC (Optokoppler),</li> <li>• LED's im Gerät um anliegende Spannungen anzuzeigen (geladene Elkos)</li> <li>• int. Hardware- Strombegrenzungen</li> <li>• Warn-LED</li> </ul>  |
| Datenbankprogramm:                   | <p>Eigenes Programm für Datenbankenverwaltung (Fremdprogramme werden nicht benötigt). Relationales Datenbanksystem mit mehreren verknüpften Datenbanken.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Röhrendatenbank</b> (Heizung, Sockel, typische Werte, Grenzwerte ...)</li> <li>• <b>Sockeldatenbank</b> - mit Sockel und Fassungsbildern</li> <li>• <b>Bestandsverwaltung</b> tubestock (komfortable Verwaltung des eigenen Röhrenbestandes)</li> <li>• <b>Röhrenart</b> (hier wird festgelegt, wie die Röhre durch die Messsoftware und Hardware behandelt wird)</li> <li>• <b>Regenerierdaten</b></li> <li>• Röhrenbilder und beliebige weitere Dateien (z.B. Datenblätter) können zu den Datensätzen der Röhrendatenbank hinterlegt werden umfangreiche Such u. Sortiermöglichkeiten (Röhrendatenbank ist auch ohne RoeTest-Hardware verwendbar).</li> </ul> |
| umfangreiche Röhrendaten:            | werden laufend ergänzt, Daten sind änder- und erweiterbar:   |
| weitere Möglichkeiten:               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Umfangreiche <b>Druckausgabemöglichkeiten</b> der gemessenen Daten, sowohl als ausführliches Messprotokoll, als auch als Kurzprotokoll mit hinzufügen eines Röhrenbildes (z.B. für ebay-Auktionen), mit entsprechenden Druckertreibern (nicht enthalten) kann auch als pdf- oder jpg-Datei gedruckt werden</li> <li>• Druck von Verpackungsrollen</li> <li>• Anschluß eines <b>Zebra Etikettendruckers</b>, wobei die Etiketten frei gestaltbar sind, sogar mit Barcode-Druck</li> <li>• Messergebnisse speicherbar</li> <li>• Grafiken in Windows-Zwischenablage kopierbar</li> <li>• Wertetabellen in Windows-Zwischenablage kopierbar</li> <li>• <b>umfangreiche Auswertemöglichkeiten</b></li> </ul>  |
| Voraussetzungen (PC/Betriebssystem): | zeitgemäßer IBM-kompatibler PC, ab Betriebssystem Windows XP   |
| Anschluß an PC:                      | USB-Schnittstelle (USB 2.0)  |