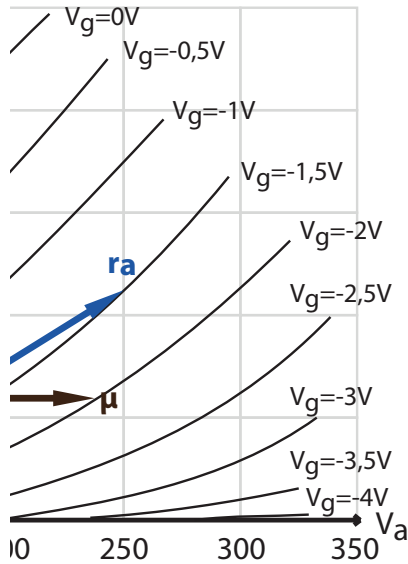




$$g_m = \Delta I_a / \Delta V_{gk}$$

$$r_a = \Delta V_a / \Delta I_a$$

$$\mu = \Delta V_a / \Delta V_{gk}$$

$$g_m = \mu / r_a$$

ctance) der Röhre, = Fähigkeit, durch eine kleine Änderung einer
) eine große Änderung des Anodenstroms (I_a) zu erzeugen

r_a = Widerstand, den die Röhre gegenüber AC darstellt.

μ = Fähigkeit, durch eine kleine Änderung einer Spannung
 e Änderung der Anodenspannung (V_a) zu erzeugen.

ng einer Kathoden-Basis Triodenstufe

zeichnen in Anoden-Charakteristik-Diagramm (z.B. P_a , V_a , U_g ,
 rstrom beginnt). Je nach Röhrentyp sind manche Grenzwerte
 en. Siehe rote Linien oben im Diagramm.

ung (HT+, siehe oben) festlegen (Max. V_a aus Datenblatt
 tten werden!)

d R_a festlegen (Hinweise aus Kasten zu R_a links beachten)

en von Punkt A (=HT+/ R_a) nach Punkt B (=HT+), siehe oben.

Röhre festlegen, d.h. Schnittpunkt zwischen der

adLine und einer beliebigen V_g -Kurve wählen (z.B. C, siehe oben).
 lineare Verstärkung (ohne Verzerrung) Arbeitspunkt wählen,
 nächstgelegene **V_g** Kurve in beide Richtungen einen
 n Abstand hat.
 t weg von Gitterstrom-Grenze ("linke" Richtung, je nach Röhrentyp
 doch „spätestens“ ab 0 V) und Cut-Off ("rechte" Richtung, je nach
 hiedlich, grundsätzlich bei sehr negativen Werten, bei denen I_a auf
 gewählten Arbeitspunktes nahezu 0 wird).

gewählten Arbeitspunkt **die maximal mögliche unverzerrte**
chnen. Hierfür im Diagramm die Anodenspannung (V_a) vom
 r ersten nächstgelegenen Grenze, ab der es zu Verzerrung kommt
 ie GridCurrent-Grenze meist bei 0 V) und diese mal 2 nehmen (da
 Eingangssignals ja in die jeweils andere Richtung den gleichen

punkt und vom gewählten Grenzpunkt (z.B. 0 V) jeweils eine
 hse (**V_a**) zeichnen und dann den Volt-Wert -Abstand (= Abstand
 ittpunkten mit der X-Achse) ablesen, z.B. ca. 65 (siehe Beispiel-
 nn mal 2 nehmen und zur Berechnung des RMS noch zusätzlich
 Iso $(65 * 2) * (2 * \sqrt{2})$).

/erstärkung nicht ausreicht, **R_a** , **V_g** oder **HT+** ändern.

gestalteten Stufe um die erste Stufe handelt (also am Eingang die
 ne Gitarre, hängt), Ausgangsimpedanz der Signalquelle ermitteln.

ne bereits bestehende Stufe gekoppelt werden soll,
 z (**Z_{out}**) der vorherigen Stufe berechnen:

i **C_{bp}** hat: **$Z_{out} = (R_a * r_a) / R_a + r_a$**

n **C_{bp}** hat: **$Z_{out} = (R_a[r_a + R_k(\mu + 1)] / R_a + r_a + R_k * (\mu + 1)$**

ung von **r_a** und **μ** : siehe oben (Röhrenkonstanten)

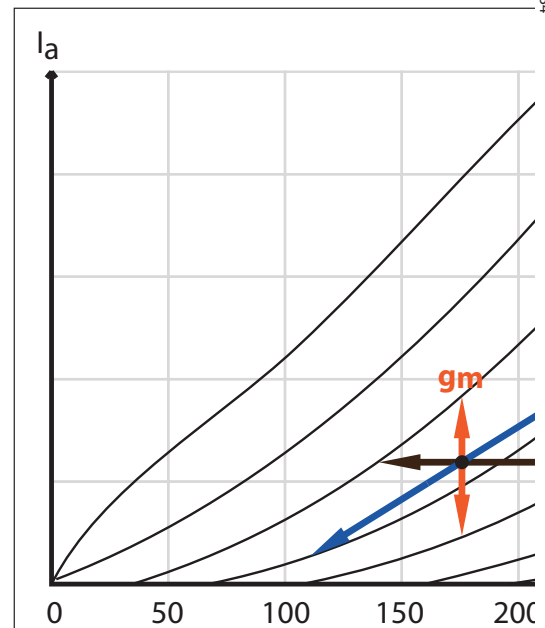
d entsprechend dimensionieren (falls möglich mindestens 5 mal
 ittelte Ausgangsimpedanz der vorherigen Stufe bzw. Signalquelle.
 icken Komponenten dimensionieren (z.B. **C_k**).

ator	Coupling capacitor C_k
ch immer ein Gleichstromanteil mit in das Signal (durch die an der ungungsspannung HT+) und vermischt sich mit dem Eingangs- angsanteile raus (d.h. verschiebt bildlich den Scheitelpunkt der s wieder zurück auf den Nullpunkt (0 Volt). ab einer entsprechend großer Kapazität einen einen Low-Cut-Filter leitwiderstand der nachfolgenden Röhrenstufe.	
: -Off Frequenz des Low-Cut-Filters (siehe Grafik der Roll-Off-Frequenzen, t das Absenken der Frequenzen ab 50 Hz sinnvoll. anspruchen unnötig Spannungsversorgung, Ausgangsübertrager und ngsfestigkeit muss größer als die größte anzunehmende Spannungs- ungsspannung (HT+) sein (entspricht meistens dem Peak-Wert des p Folienkondensator, z.B. aus Polysytrene, Polypropylene, Polycarbonat ng. * f * R') r Röhre (siehe Formelsammlung rechts) u der abgesenkt werden soll l der Folgestufe) + Z_{out} (=Ausgangsimpedanz, siehe rechter Kasten) e "Koppeln von zwei Stufen)	
nz des Low-Cut iger, d.h. der etzt früher ein. ung der Frequenzen nur bis ca. 7 Hz.	Niedriger Wert Roll-Off Frequenz wird höher.

quenzen Kondensator



Röhrenkonstanten



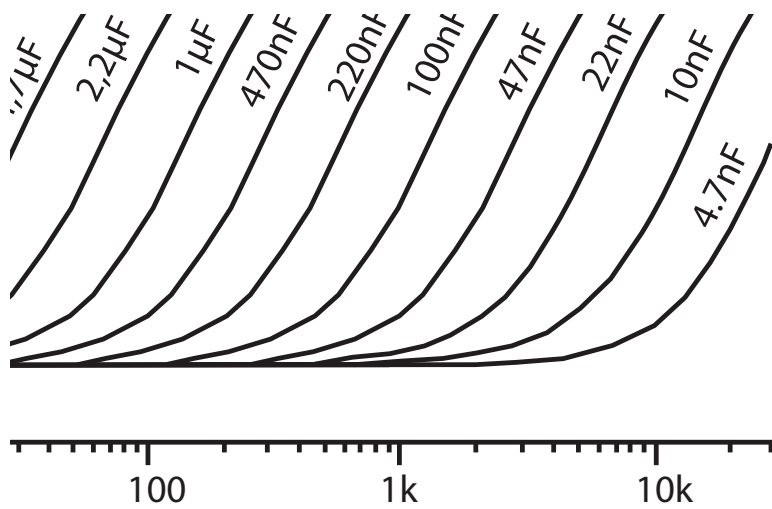
g_m = „Durchgriff“ (Transconductance)
Spannung (Gitterspannung V_g)

r_a = Innenwiderstand der Röhre

μ = Verstärkungsfaktor der Röhre
(Gitterspannung V_g) eine große

Gestaltung/Berechnung

1. **Max.-Grenzen einziger Röhre**
Grenze ab der Gitter evtl. nicht angegeben
2. **Versorgungsspannung**
darf nicht überschritten werden
3. **Anodenwiderstand**
z.B. 100kOhm.
4. LoadLine einzeichnen
5. **Arbeitspunkt der Röhre**



Kondensator	Cathode bypass capacitor Cbp
in die Schaltung einfließt (übers Steuergitter) erhöht UND (je nach C_k um ein Wechsellspannungssignal handelt) verringert dies den Röhrenwiderstand und verändert somit ständig den Arbeitspunkt der Röhre, die fest eingestellte negative Vorspannung des Steuergitters, durch den Ck werden Wechsellspannungssignale um den Widerstand des Kondensators geleitet (laden diesen quasi auf).	
Effekt: Bass-Frequenz (siehe Diagramm oben).	
Charakteristiken der Klanggestaltung: komprimierter Sound, cremiger. Ausgangsimpedanz der Stufe steigt. weicher Sound. Steilheit des Boosts) kann durch einen zusätzlichen R in Serie (unterhalb des Ck, je höher, desto flacher der Boost). Dieser R kann auch ein Poti sein, um die Steilheit zu machen. Parallel zu Ck und dem Zusatz-R) kann die Steilheit des Treble Boosts nach oben noch mehrmals steigen (eine Art Treppeneffekt nach oben).	
werden um den Widerstand geleitet. Bass-Frequenzen --> werden abgeschnitten, Signal am Ausgang wird entsprechend höhenlastiger, im Extremfall Treble Boost.	Niedriger Wert Technisch nur hohe Frequenzen werden gebypassed, also um den Widerstand herumgeleitet Klanglich Bass-Frequenzen werden abgeschnitten, Signal am Ausgang wird entsprechend höhenlastiger, im Extremfall Treble Boost.

eingezeichneten Lo

Für eine möglichst li

- von dem aus die nä
- möglichst gleicher
- der möglichst weit
- unterschiedlich jed

Röhrentyp untersch

der V_g -Kurve des g

6. Optional: Für den ge
Verstärkung ausre
Arbeitspunkt bis zur
ablesen (z.B. links die
die Sinuswelle des E
Aus Schlag hat.

Hierzu vom Arbeitsp
Gerade auf die X-Ach
zwischen den Schnit
Diagramm). Das dar
mal $2 \cdot \sqrt{2}$, al

Falls die ermittelte V_i

7. Falls es sich bei der γ -Signalquelle, z.B. ein

Falls die Stufe an ein Ausgangsimpedanz

Falls die Stufe einen

Falls die Stufe keiner

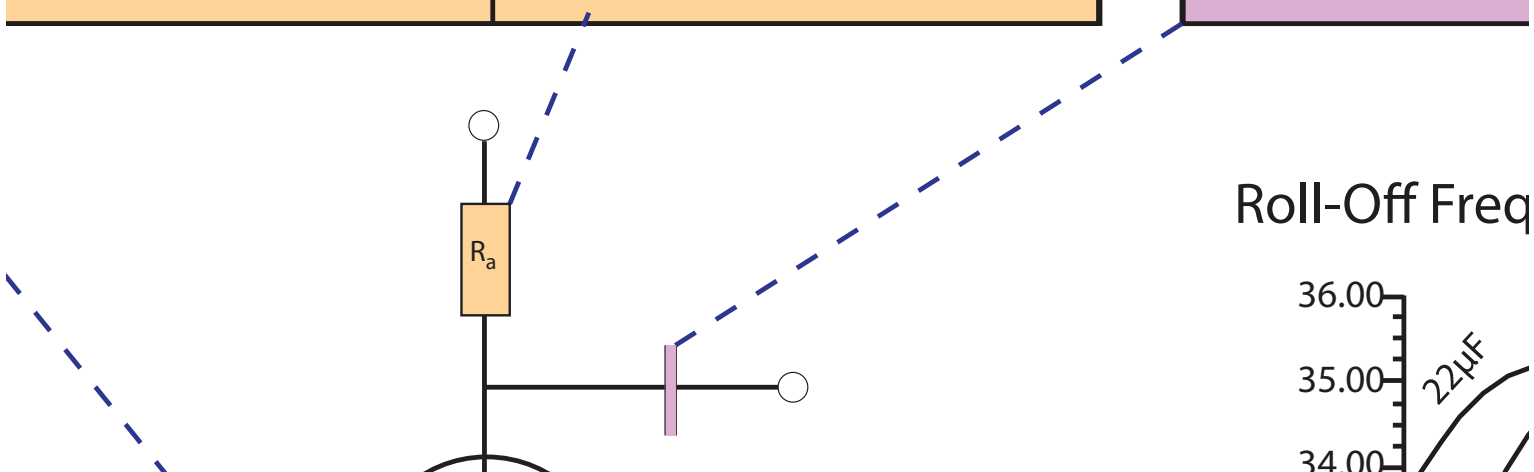
Ermittlung/Berechnung

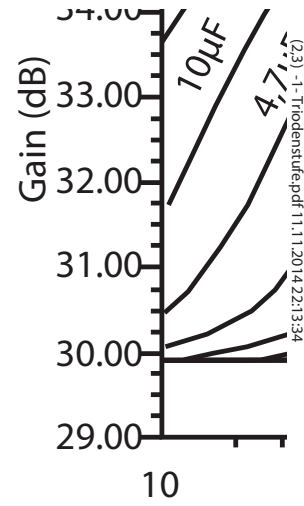
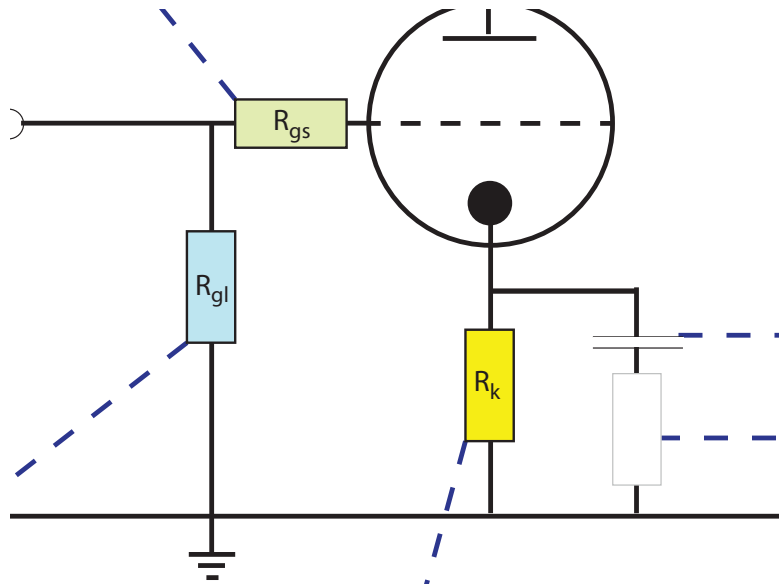
8. Gridleak Widerstand
so groß wie die ermi
Außerdem alle restli

hen Grundelemente

anoden-Lastwiderstand	anode load resistor R_a
Wirkung: Mit der Röhre einen Spannungsteiler und definiert dadurch den Stromdurchfluss (I_a) und die Anoden-Spannung (V_a) an der Anode bei einer gegebenen negativen Vorspannung des Gitters (V_g), siehe auch R_k .	
Dimensionierung: gewünschter Verstärkung (μ) bzw. gewünschtem Stromdurchfluss (g_m), siehe unten Leistungsfestigkeit nach folgender Formel wählen: $(R_a \cdot I_a^2) \cdot 2$, z.B. $(100 \cdot 1^2) \cdot 2 = 200\text{mW}$, spräche gerade noch einem 1/4 W Widerstand, in diesem Fall dann besser aufrunden verwenden. Merkmale: (im Datenblatt der Röhre angegeben) darf nicht überschritten werden, d.h. R_a muss so gewählt werden, dass die resultierenden Werte für I_a und V_a nicht zu einer Überschreitung von $(I_a \cdot V_a)$ führen.	
Niedriger Wert Technisch Verstärkung (mehr V_a) aber weniger Stromdurchfluss. Klanglich Weniger Verzerrung (weil die Verstärkung schneller am Ende der Charakteristik schneller eintritt), bei zu hohem Wert schrill werden.	Niedriger Wert Technisch Weniger Verstärkung aber mehr Stromdurch- fluss (Röhre wird schneller heiß, mehr Verschleiß). Klanglich Weniger Verzerrung, mehr nicht-lineare Verzerrung (wärmer)

Koppel-Kondensator
Zweck: Bei jeder Stufe kommt auch eine Anode anliegende Versorgungsspannung Wechselspannungssignal. C_k filtert die Gleichspannung Sinuswelle des Nutzsignals Außerdem erzeugt der C_k einen (Hi-Pass) mit dem Gitterabgleich
Dimensionierung: Je nach gewünschter Roll-Off-Frequenz (unten). In Gitarrenamps ist Niedrigere Frequenzen bevorzugt Lautsprecher! Die Spannungs- spitze der Anodenversorgung Trafos). Am besten vom Typ oder Polyester, bester Klang
Berechnung: $C = 1 / (2 \cdot \mu \cdot f \cdot R_a)$ μ = Verstärkungsfaktor der Röhre f = Roll-Off Frequenz, bis zu der Verstärkung sinkt R_a = R_g (=Gitterwiderstand (Berechnung: Siehe Tabelle))
Hoher Wert Die (-3db) Roll-Off-Frequenz (Hi-Pass) Filters wird niedrig High-Pass bzw. Low-Cut sein Bei 15nF geht die Absenkung z.B. bis ca. 10 Hz, bei 22nF r





Anoden-Lastwiderstand	Cathode resistor R_k
Zweck: Stellen des Arbeitspunktes der Röhre (der Biaspunkt, die negative Vorspannung am Gitter). Je nach Größe von R_k wird ein entsprechender Spannungsabfall zwischen Kathode und Masse erzeugt ($U_{Rk} = R_k \cdot I_a$). Da das Steuergitter über den Gitterableitwiderstand R_{gl} (links) auch auf Masse liegt, ist die Spannung am Gitter (V_g) im Bezug auf die Kathode ebenfalls negativ.	
Dimensionierung: Der Widerstand wird so dimensioniert, dass bei gegebenem Anodenstrom (I_a , abhängig vom Anodenlastwiderstand R_a und der gewählten Versorgungsspannung $HT+$) die Spannung zwischen Kathode und Masse abfällt, die am Steuergitter zur gewünschten negativen Vorspannung führt (Berechnung, siehe rechts). Spannungsfestigkeit beachten ($P = I_a^2 \cdot R_k$), es reichen 1/4 Watt Widerstände. Das Bypassen mit C_{bp} bringt viele Vorteile (siehe rechts).	
Niedriger Wert Technisch Die negative Spannung am Steuergitter (V_g) wird negativer, die Anoden-Spannung (V_a) steigt, der Anodenstrom (I_a) wird kleiner.	Niedriger Wert Technisch Die Spannung am Steuergitter (V_g) wird positiver, der Arbeitspunkt verlagert sich in der X-Achse des Diagramms (siehe oben) weiter nach links, die Anoden-Spannung (V_a) fällt, der Anodenstrom (I_a) wird höher.
Hoher Wert Technisch Bei hohem Wert besteht die Gefahr der Verzerrung des Ausgangssignals (genannt "Clipping"), weil Gitter so negativ wird, dass alle Elektronen abgestoßen werden und nicht durchs Gitter fliegen können...	Hoher Wert Technisch Bei hohem Wert besteht die Gefahr der Verzerrung des Eingangssignals (Gitterstrom, "GridCurrent") weil Gitter zu positiv wird (bis zu 0 Volt). Elektronen werden vom Gitter angezogen anstatt weiter zur Anode zu fliegen. Die Grenze für V_g ab der Gitterstrom auftritt, ist bei manchen Röhren im Datenblatt angegeben. Weitere Nachteile bei zu niedrigem Wert: Verlust an Headroom, d.h. nur noch leise Eingangssignale können ohne Verzerrung wiedergegeben werden.

Kathoden Bypass I
Zweck: Wenn ein Eingangssignal in die Kathode kommt, weil es sich ja um eine negative Spannung abfällt am Kathode, so wird die Röhre (also die Biaseinstellung) verändert (siehe R_k) verändert. Durch das Bypassen herumgeleitet und durch die...
Dimensionierung: je nach gewünschter Bypass...
Weitere Möglichkeiten: Ohne C_k : Weicher, mehr komprimiert Mit C_k : Aggressiver, kantiger
Bypass-Stärke (also Steilheit): Die Steilheit (C_3) beeinflusst werden (je höher der Wert, desto steiler die Steilheit einstellbar zu sein). Mit einem weiteren C (parallel zu C_k) kann eine bestimmte Frequenz...
Hoher Wert Technisch Bei hohem Wert auch tiefere Frequenzen werden durch den Widerstand R_k herumgeleitet...
Klanglich Mehr Verstärkung in allen Frequenzen. Das Eingangssignal wird neutraler wiedergegeben.

Kathoden-Basis Triodenschaltung - Beschreibung der typischen

Gitter Schwingschutzwiderstand	grid stopper	R_{gs}
Zweck: Der Gridstopper erzeugt zusammen mit der Eingangskapazität der Röhre (C_{in} , steht im Datenblatt der Röhre) einen Low-Pass-Filter, u.a. zur Eliminierung von RadioFrequenzen. Außerdem trägt der Gridstopper dazu bei, Blocking Distortion (Übersteuerung an Folgestufe) zu vermeiden. Wichtig: Der Gridstopper sollte immer nach dem Gridleak (R_g , siehe Grafik oben) eingebaut werden, da er ansonsten einen Spannungsteiler mit diesem bildet und dann ein Teil des Eingangssignals verloren geht (Signal-Rausch-Abstand wird verschlechtert). Den Gridstopper immer so nah wie möglich an das Gitter der Röhre löten (am besten direkt an den Sockel) und das Kabel zur Eingangsbuchse so kurz wie möglich halten (am besten geschirmtes Kabel verwenden und Schirm auf Masse hängen).		
Dimensionierung: Meistens werden 68kOhm gewählt, aber 10 kOhm - 33kOhm reichen auch. $R_{gs} = 1 / (2 * \mu * f * C_{in})$ f = Frequenz oberhalb der alles rausgefiltert werden soll (HiCut-Frequenz) C_{in} = Eingangskapazität der Röhre, steht im Datenblatt, bei 12AX7 ca. 100pF umgestellt auf Frequenz $f = 1 / (2 * \mu * R_g * C_{in})$		
Hoher Wert mehr Höhen werden aus Signal rausgefiltert, d.h. wenn Amp zu dumpf, mögliche Ursache: Wert des Gridstoppers ist zu hoch!		Niedriger Wert weniger Höhen werden rausgefiltert.

Anode

Zweck
 Bildet mit Anodens Steuertit

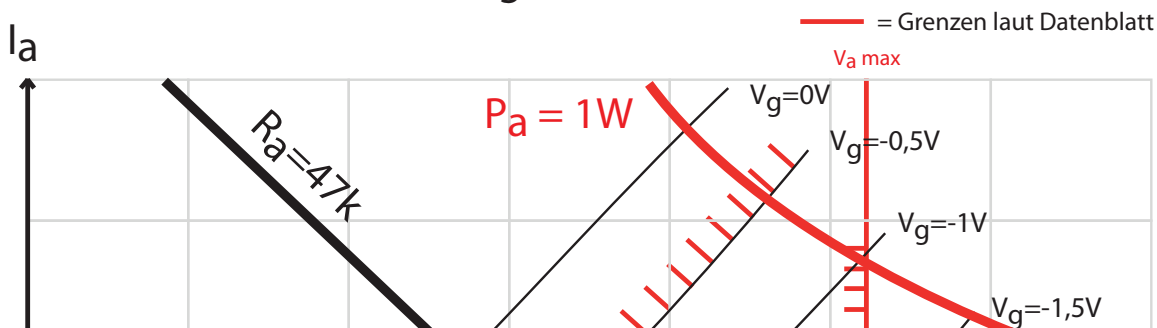
Dimensionierung
 Je nach g bzw. Diag Spannung dies entspr und 1 W v

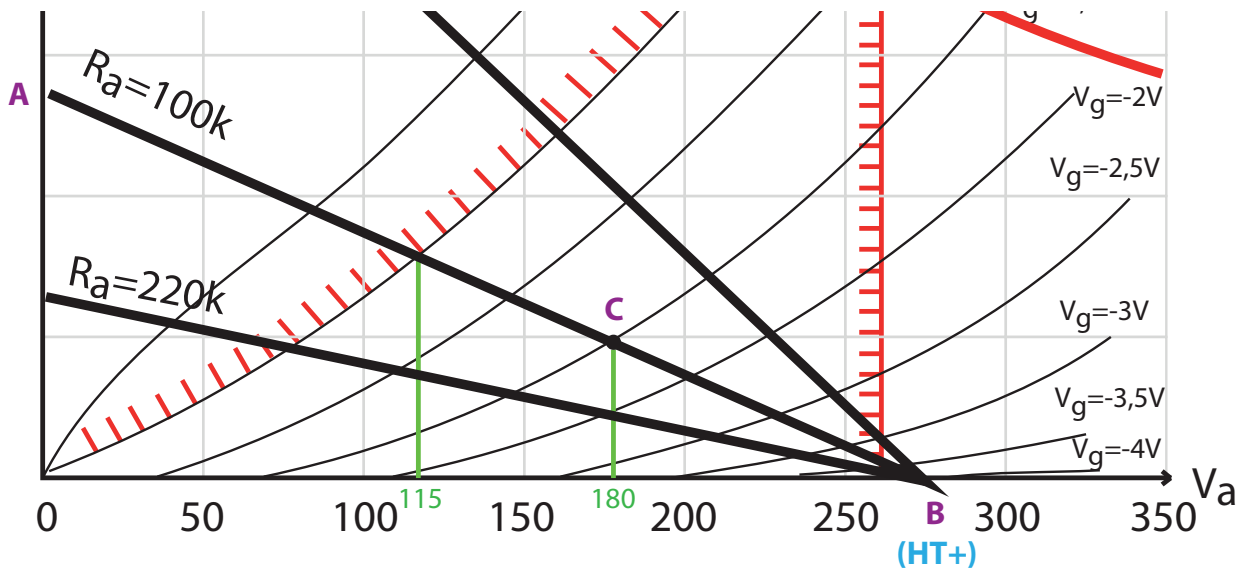
Grenzwerte
P_a max. (gewählt v
P_a max (=

Hoher Wert
Technische
 Höhere V Stromfluss

Klangliche
 Mehr (lin brillante Gitterströ den Vg-G kann bei

Anoden Charakteristik Diagramm





Gitter-Ableitwiderstand	grid leak resistor R_{gl}
Zweck: Steuergitter auf Massepotential (also positives Potential) bringen, so dass - Elektronen, die vom Gitter emittiert werden, bzw. am Gitter "hängen bleiben" auf Masse "abfließen" können. - das Steuergitter auf dem gleichen Potential wie die Kathode hängt (diese hängt auch auf Masse) und aufgrund des Spannungsabfalles am R_k gegenüber der Kathode negativ „vorgespant“ wird wird (Spannung V_g am Gitter ist dann um den gleichen Wert negativ, der an R_k abfällt). Außerdem wird mit dem Gitter-Ableitwiderstand die Eingangsimpedanz der Stufe definiert.	
Dimensionierung: Der Wert sollte so gewählt werden, dass die daraus resultierende Eingangsimpedanz ca. 5 mal größer ist als die Ausgangsimpedanz der vorgeschalteten Röhrenstufe, bzw. der angeschlossenen Signalquelle (falls es sich um die erste Stufe handelt). Als Wert wird sehr oft 1 MOhm verwendet, am besten aber so groß wie möglich wählen.	
Grenzwerte Wert nicht höher wählen, als der im Datenblatt angegebene Maximalwert. (meistens "self-bias max value" oder "self-bias max.value" genannt).	
Hoher Wert Technisch Mehr Signalstrom fließt zum Steuergitter.	Niedriger Wert Technisch Weniger Signalstrom fließt zum Steuergitter, da mehr über Masse abfließt.
Klanglich Signal am Ausgang der Stufe (an Anode) wird lauter.	Klanglich Signal am Ausgang der Stufe (an Anode) wird leiser

Kathode

Zweck

Zum Eins
Steuergit
Kathode
(**R_{gl}**, sieh
automati

Dimer

Der Wide
gewählte
zwischen
Vorspann
meistens

Hoher W

Technisc
Spannun
die Anod
Ruhestro

Klanglich

bei zu ho
Verzerrun
„Cut-Off“
Elektrone
mehr du

Verlust an
Eingangs
wiederge