

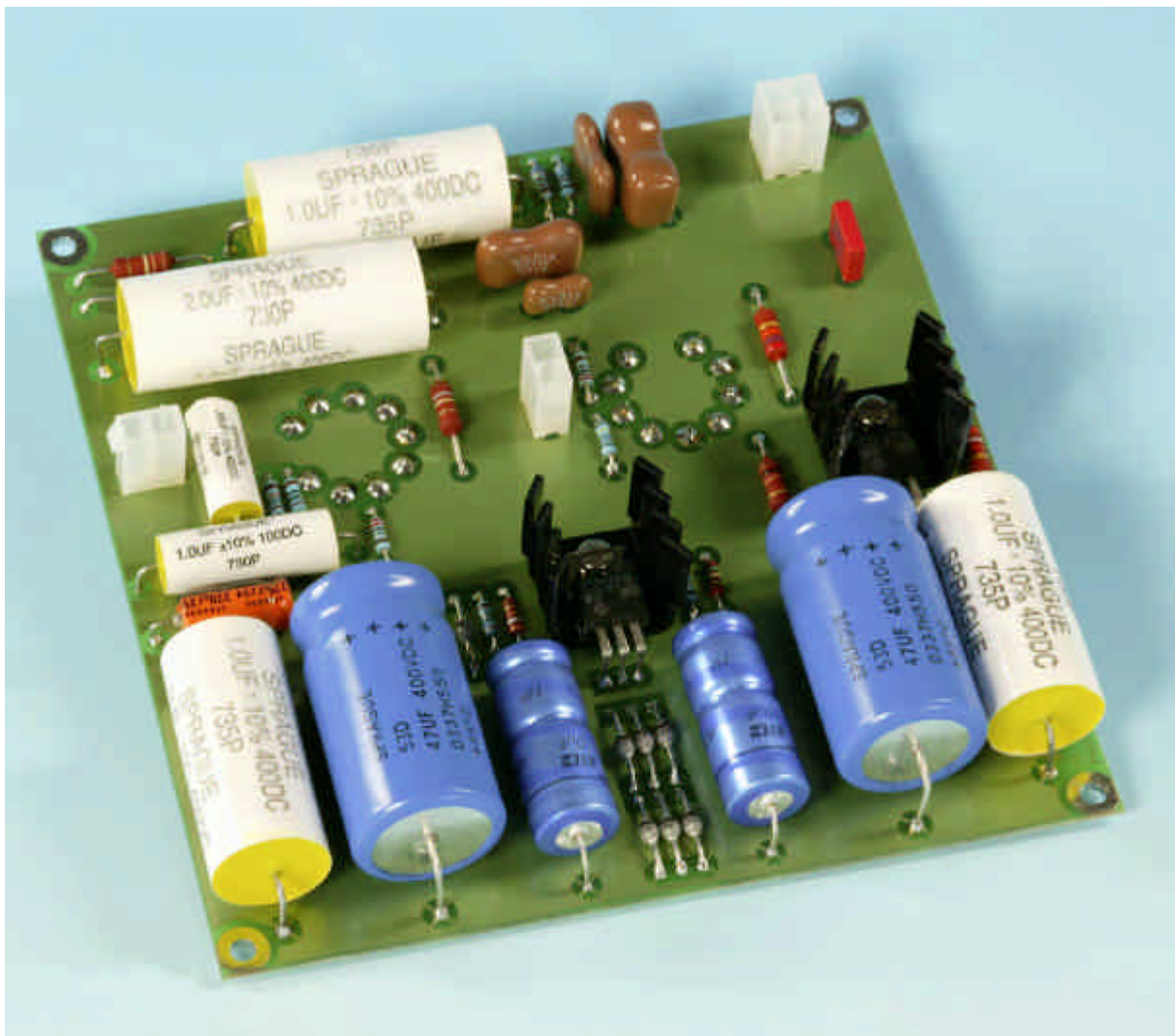
## Phono-Vorverstärker mit Pentoden-Verstärker und passivem Entzerrernetzwerk

Von Taro Breuer

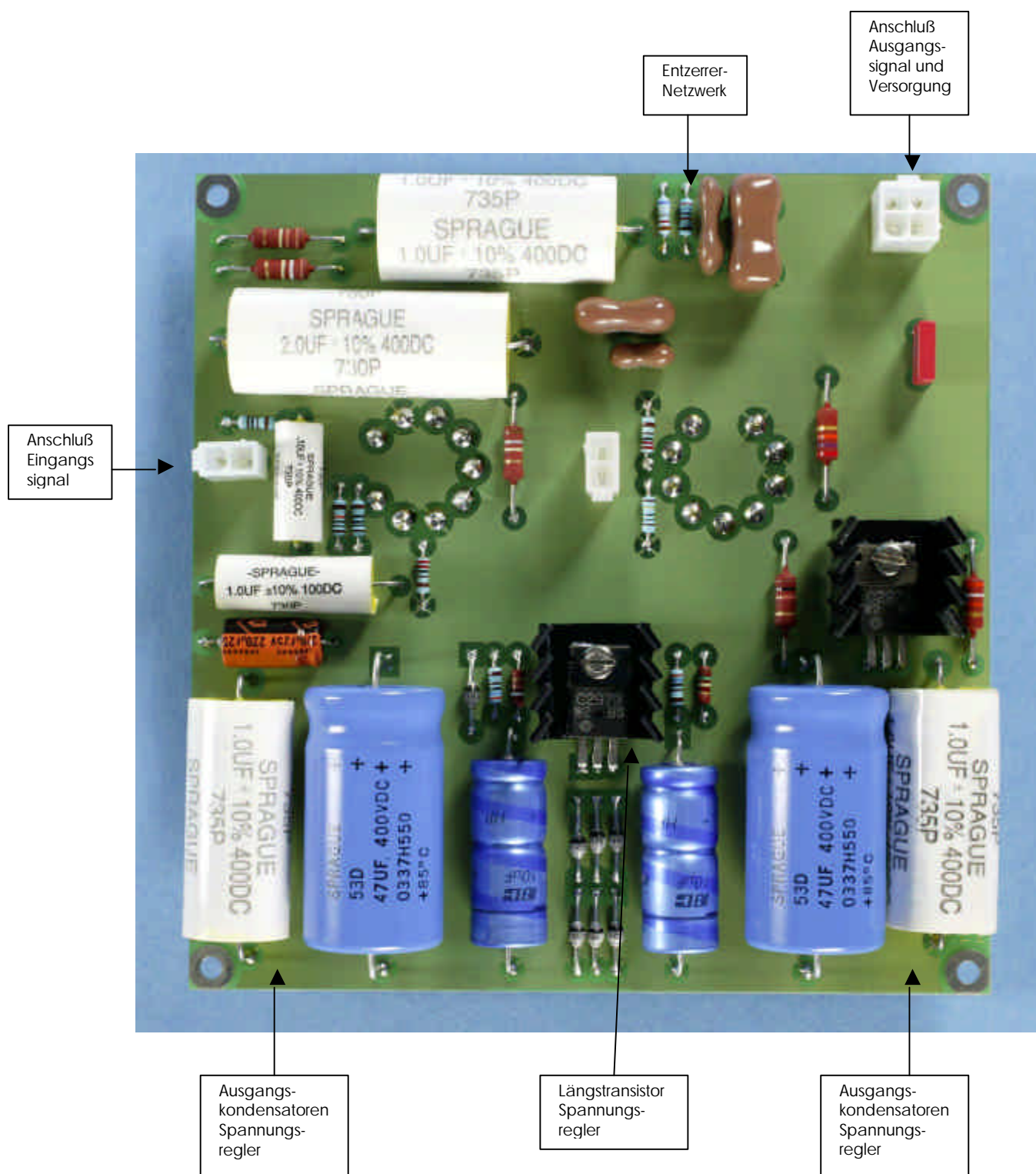
### Allgemeines

Dieser Verstärker dient als Vergleich zwischen Kaskode-Schaltung und Pentode und ist bis auf die jeweils erste Verstärkerstufe identisch. Die Verstärkung der unterschiedlich ausgeführten Stufen ist annähernd identisch.

In diesem Kapitel wird deshalb nur noch die für die Realisierung der ersten Stufe verwendete Pentodenschaltung mit EF86 beschrieben.



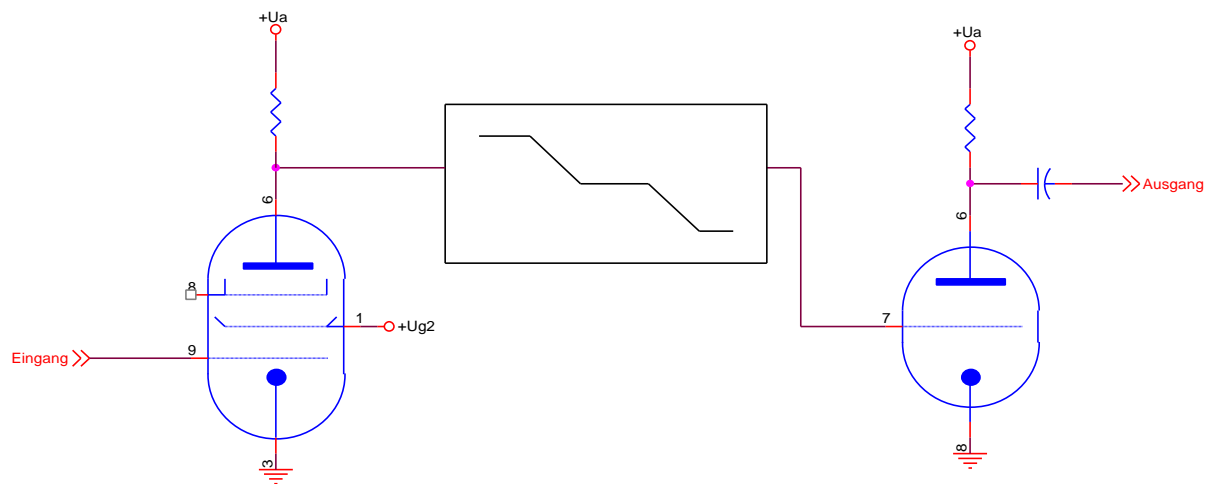
*Ansicht der Baugruppe von der Unterseite*



*Einige wichtige Funktionsgruppen des Phono-Vorverstärkers*

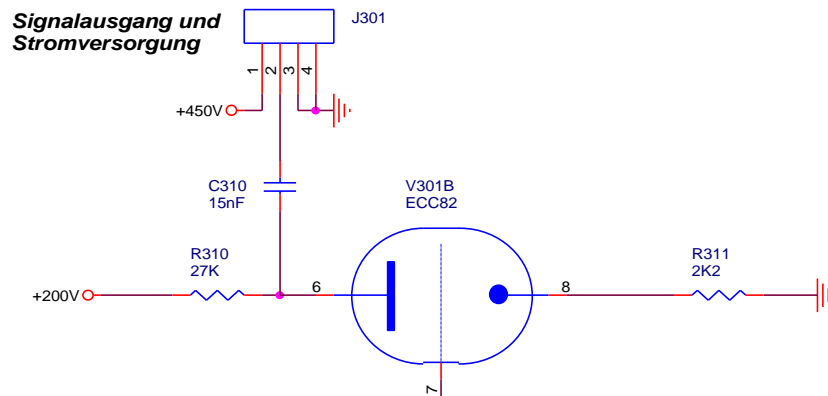
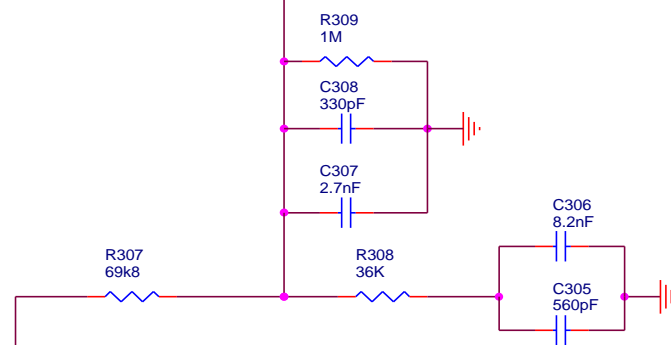
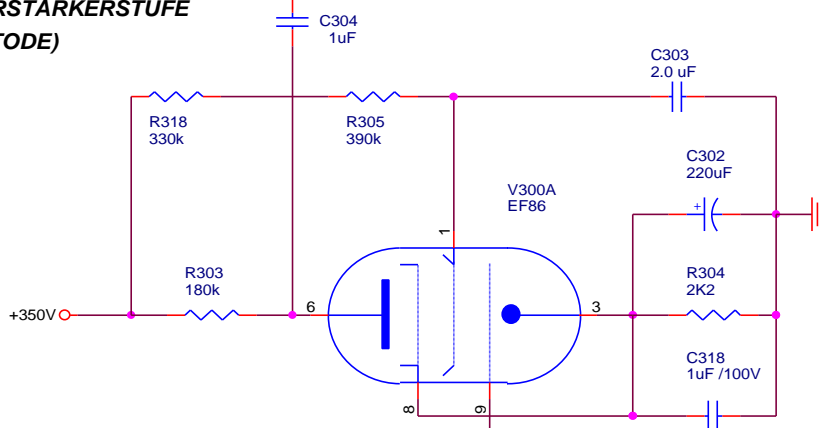
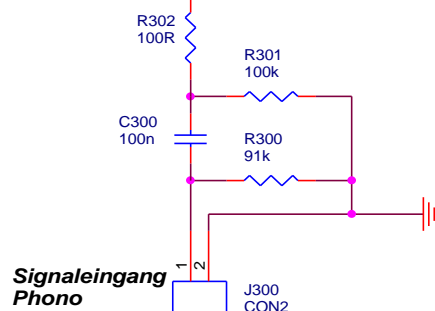
## Aufbau der Schaltung

Das folgende Blockschaltbild ermöglicht zunächst einen groben Überblick:



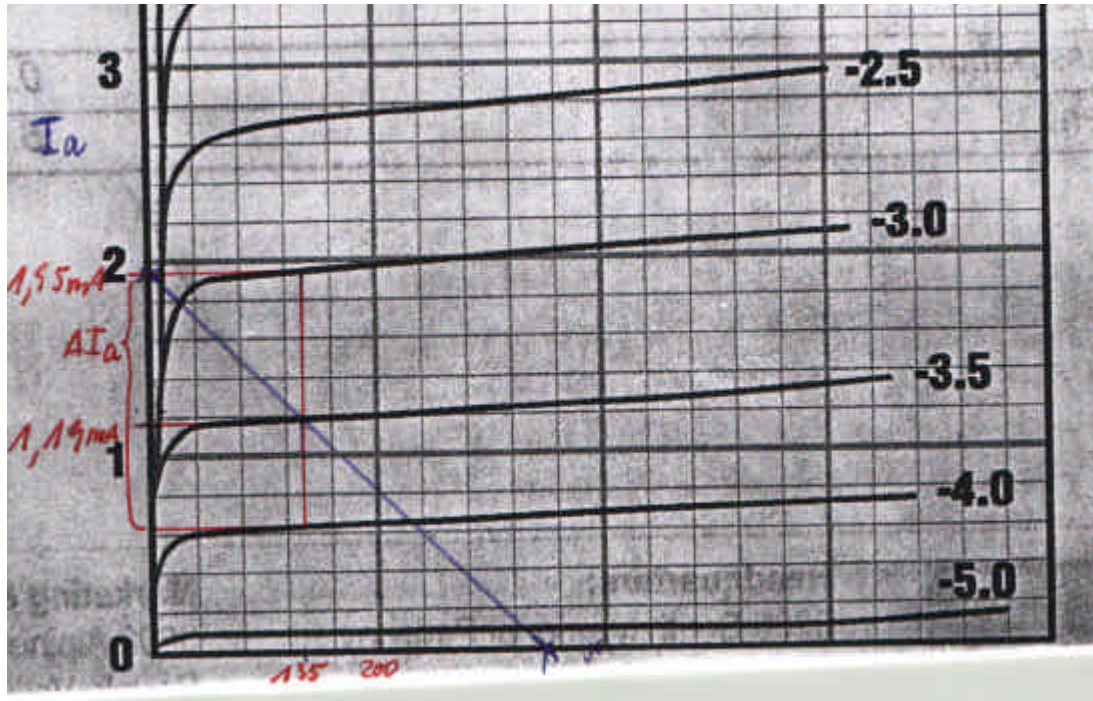
Blockschaltbild des Phono-Vorverstärkers

Die erste Verstärkerstufe ist mit der Pentode EF86 aufgebaut. Diese speist das Entzerrernetzwerk. Eine weitere, mit einer Triode aufgebaute Verstärkerstufe vermeidet eine Belastung des Entzerrernetzwerks durch den Ausgangskreis und stellt eine zusätzliche Spannungsverstärkung bereit.

**2. VERSTÄRKERSTUFE****ENTZERRERNETZWERK****1. VERSTÄRKERSTUFE (PENTODE)****IMPEDANZANPASSUNG**

Vollständiger Schaltplan des Signalpfads des Phono-Vorverstärkers

Die Verstärkerschaltung ist mit der NF-Pentode EF86 V300 realisiert und wird mit 350V Gleichspannung versorgt:



Zur Bestimmung der Arbeitsgerade im Ausgangskennlinienfeld EF86 (von Svetlana,  $U_{sg}=140V$ ) wurden die folgenden Extrempunkte ermittelt:

$$I_{amax} = 350V / 180k\Omega = 1,944mA \sim 1,95mA \text{ bei } U_a = 0$$

$$U_{max} = 350V \text{ bei } I_a = 0$$

Die Widerstandsgerade für  $R_a = 180k\Omega$  verläuft durch diese beiden Punkte, der Arbeitspunkt findet sich im Schnittpunkt mit der zur angelegten Gittervorspannung  $U_g = -3,5V$  gehörigen Kurve.

Bei einer Gittervorspannung von  $U_g = -3,5V$  ergibt sich:

$$I_a \text{ arbeitspunkt} = 350V - 135V / 180k\Omega = 215V / 180k\Omega = 1,195mA \sim 1,2mA$$

Der von der Kathode kommende Strom teilt sich bei der EF86 im Verhältnis 4:1 (Jones, S. 87) in Anodenstrom  $I_a$  und Schirmgitterstrom  $I_{g2}$  auf. Hierzu ist  $R_{303} = 180k\Omega$  mit einem Vierfachen an Widerstand am Schirmgitter gepaart.

Das sind  $R_{318}$  und  $R_{305}$  mit  $330k + 390k = 720k\Omega = 4 \cdot 180k\Omega$   
 $C_{303}$  hält das Schirmgitter für Wechselspannungen auf Massepotential.

$$I_{sg} = 1,2mA / 4 = 0,3mA$$

$$U_{sg} = 350V - (720k\Omega \cdot 0,3mA) = 350V - 216V = 134V \text{ Schirmgitterspannung.}$$

Bei der Inbetriebnahme wurden  $U_{sg} = 172V$  und  $U_{sg} = 160V$  (Messungen an beiden Kanälen) gemessen. Das bedeutet, daß über das Schirmgitter ein geringerer Strom fließt, als es die Faustformel im Buch von Jones angibt. Diese Vermutung wird durch einen Blick in die Datenblätter für die EF86 verschiedener Hersteller gestützt. (vgl. Abschnitt Schirmgitterstrom bei Pentoden)

$$\text{Der Gesamtstrom beträgt also überschlagsmäßig } I_{ges} = 5/4 \cdot 1,2mA = 1,5mA$$

Der benötigte Widerstand für die Gittervorspannungserzeugung  $R_k$  muß also folgende Größe haben:



$$R_k = 3,5V / 1,5 \text{ mA} = 2,33 \text{ k}\Omega$$

Es bietet sich also der Einbau von  $R_k = 2,2 \text{ k}\Omega$  an.

Aus dem Ausgangskennlinienfeld läßt sich die Steilheit ablesen

$$S = 1,95 \text{ mA} - 0,65 \text{ mA} / (-3 - (-4)) \text{ V} = 1,3 \text{ mA/V}$$

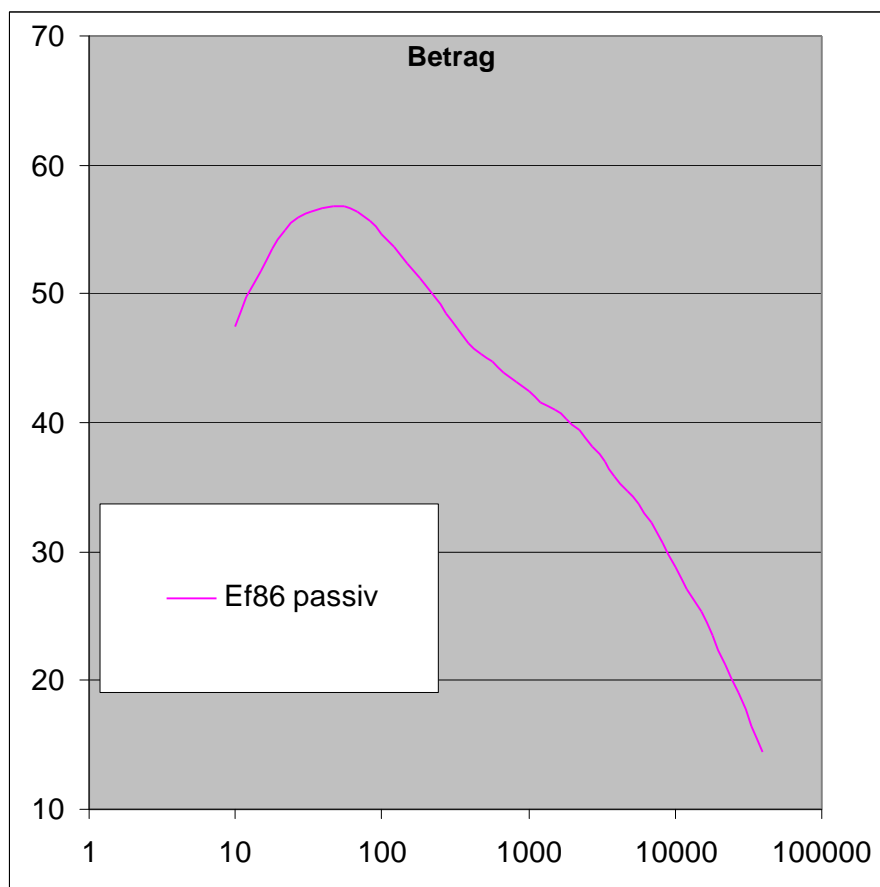
Für die Verstärkung der Pentode ergibt sich:

$$V = S \cdot R_a = 1,3 \text{ mA/V} \cdot 180 \text{ k}\Omega = 234$$

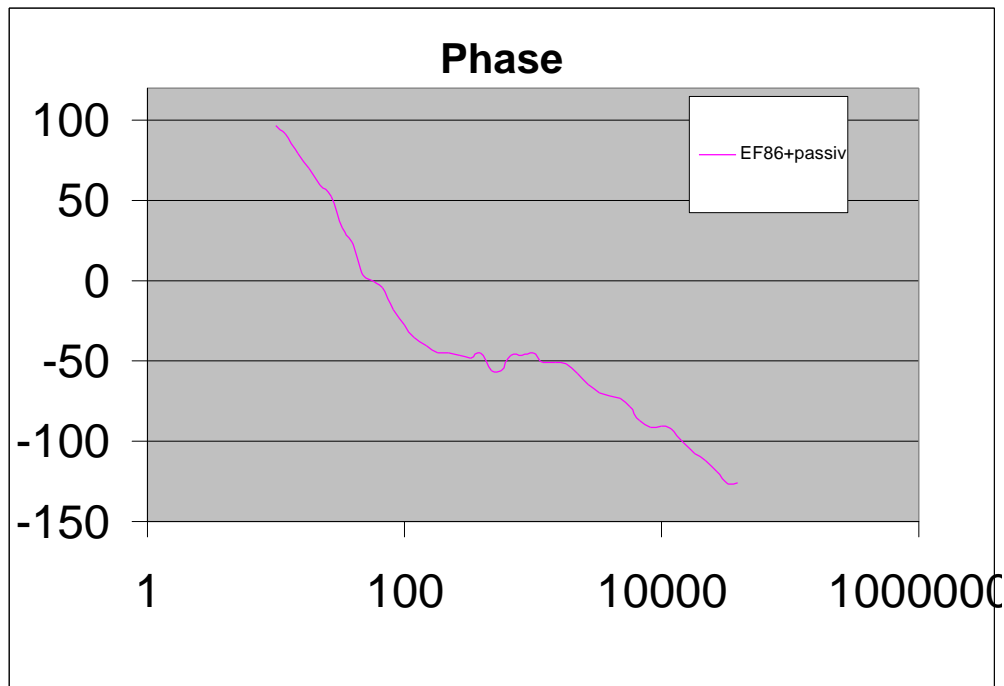
Die im Vergleich stehende Kaskode hat eine Verstärkung von  $V = 230$ . Die Schaltungen sind also auch in dieser Hinsicht fast identisch.

Die gemessene Gesamtverstärkung beträgt bei 1kHz  $40 \text{ dB} = 20 \log U_a/U_e = 100$ . Das entspricht genau dem berechneten Wert.

Dieser Verstärker mit Pentode und passivem Entzerrernetzwerk wurde vollständig auf einer Platine realisiert, bestückt, Betrags und Phasengang gemessen und ein Hörtest vorgenommen. Die Meßergebnisse entsprachen im Rahmen der zu erwartenden Genauigkeit den Berechnungen. Der klangliche Eindruck war überzeugend.



Gemessener Betragsfrequenzgang



*Gemessener Phasenfrequenzgang*

Die Diagramme zu Betrags und Phasengang entsprechen im Rahmen der Meßgenauigkeit denen des Kaskode-Verstärkers. Der deutliche Klangunterschied zwischen beiden Schaltungen kann durch sie nicht erklärt werden. Da sich beide Schaltungen nur durch die erste Verstärkerstufe unterscheiden, wird in dieser ein uns noch unbekannter Parameter verborgen sein, der meßtechnisch nur schwer zu erfassen ist, sich aber deutlich auf das Hörempfinden auswirkt. Es ist beabsichtigt, hier im folgenden Semester weitere Untersuchungen vorzunehmen.