

Beschreibung

Einführung:

[0001] Gitarrenverstärker sind Musik-Instrumente und die Funktion als Verstärker ist zweitrangig.

[0002] Während der Musik-Evolution der Pop und Rockgeschichte hat sich eine Röhrenverstärker-Technik mit speziellen musikalischen Eigenschaften entwickelt, die bis heute noch unerreicht besteht, und bei Top-Modellen zum Einsatz kommt. Diese Technik achten wir sehr und beteiligen uns auch schon seit Jahren mit eigenen Geräten an diesem Marktsegment.

[0003] Röhrentechnik ist kein Industrie-Standard mehr und demzufolge sehr teuer: Es ist ein erheblicher wirtschaftlicher Fortschritt, wenn man mit alternativen Technologien zu den gleichen musikalischen Ergebnissen kommt.

[0004] Das musikalische Verhalten einer Röhrenendstufe (Leistungsteil) in Gitarrenverstärker ist als Alternativtechnologie bisher mit bekannten Technologien nicht erreicht worden. Der Grund dafür ist das sehr komplexe Verhalten der Komponenten untereinander. Im Rahmen einer Vorstudie habe ich, die, mir schon länger bekannten Effekte, untersucht und mit den Erkenntnissen ein Alternativverfahren entwickelt.

[0005] Nicht alle Effekte und interaktive Prozesse zwischen den Komponenten haben eine musikalische Bedeutung. Deshalb habe ich zunächst einmal einen Überblick über die wichtigsten Effekte zusammengestellt.

Musikalisch wichtige Effekte:

[0006] Zu diesem Text gibt es noch einzelne Grafiken die im Inhalt erwähnt werden.

1 Beschreibung einer Röhrenendstufen-Schaltung:

Bitte siehe die Grafik-Schaltplan NR:1

[0007] Es handelt sich um den Schaltplan unseres Top-Modells in der Röhrenverstärker-Linie.

[0008] Bei einer Röhren-Gegentakt-Endstufe in AB-Betrieb übernehmen in diesem Fall jeweils zwei Pentoden (Tube 13 und Tube 10 die positive Halbwelle oder Tube 11 und Tube 12 die negative Halbwelle) die Leistungsverstärkung von einer Halbwelle. Im Leistungs-Übertrager (ÜL55064) werden die Halbwellen wieder addiert, und sind am Lautsprecher wieder komplett vorhanden.

[0009] Das bedeutet die beiden Endröhren müssen

mit gedrehten Phasenlagen angesteuert werden. Das übernimmt der Differenzverstärker (wird auch Phase-Splitter genannt) (Doppeltriode Tube 9) welche den Pentoden vorgeschaltet ist.

[0010] An Pin 7 (Tube 9) liegt das Eingangssignal an, und an Pin 2 entweder kein Signal, oder ein Signal welches vom Ausgang zurückgeführt wird (die sogenannte Gegenkopplung). Die Endstufe hat schon einen stabilen Betriebszustand ohne daß ein Signal zurückgeführt wird. Dennoch führt eine unterschiedliche Gegenkopplung zu unterschiedlichem musikalischem Verhalten. Die verschiedenen Charakteren werden in diesem Fall mit einem Relais (Rel 8) und einem Feldeffekt-Transistor (T1) umgeschaltet.

[0011] Die in der Mitte-Unten zu sehende -48V Spannung ist eine Vorspannung, die den Arbeitspunkt der Röhre definiert (die so genannte BI-AS-Spannung).

[0012] Dieses Endstufen-Prinzip verhält sich nicht (aus technischer Sicht) ideal. Es entstehen hohe Verzerrungen und der Frequenzgang ist nicht linear. Dennoch sind es genau diese Fehler, die es so musikalisch werden läßt.

[0013] Alle weiteren Beschreibungen mache ich nun mit einem vereinfachten Schaltbild!

2. Die wichtigen Effekte:

[0014] Die folgende Beschreibung der hier beschriebenen Effekte wurde aus eigener Erfahrung und eigenen Versuchen erarbeitet.

[0015] Eine Literatur die diese speziellen Gitarrenendstufen-Effekte beschreibt ist mir nicht bekannt! Bitte siehe die Grafik NR:1

[0016] Die Schaltung ist auf das Wichtigste minimiert. Die Signale in der Grafik wurden original gemessen. Man sieht den Phase-Splitter der die phasengedrehten Signale liefert und das Leistungsteil in zwei Blöcken.

[0017] Wichtig ist, daß man weiß, daß die ganze Röhrenendstufen- Qualität erst richtig bei Übersteuerung einsetzt.

[0018] Bild 1 und Bild 2 zeigen die beiden Signale an der Anode des Phase-Splitters. Auffallend ist, daß sich bei Übersteuerung ein asymmetrischer Effekt einstellt. Das ist gewollt und wird später erklärt.

[0019] Bild 3 und Bild 4 zeigen das Signal am Gitter der Pentoden bei knapp Vollaussteuerung. Man erkennt ein symmetrisches und unverzerrtes Verhalten. In Bild 5 und 6 ist die Endstufe übersteuert. Die Signalkurve wird beim 0-Durchgang begrenzt, weil ein

Strom in das Gitter fließt. Das Ersatzschaltbild der Pentode, welches für diesen Effekt verantwortlich ist sieht man oben rechts.

Bitte siehe die Grafik NR:2

[0020] Bild 1 bis 3 zeigen oben immer den Stromverlauf durch die Pentode, und unten die Spannung am Pentodengitter.

[0021] Bild 1 zeigt das Verhalten mit Burst-Signal. Zu erkennen ist, daß sich durch den Strom durch das Pentoden-Gitter (fließt nur bei positiver Halbwelle bei Erreichen der Kathodenspannung) sich der Koppelkondensator zwischen Differenzverstärker und Pentode umlädt. Das führt zu einer DC-Verschiebung am Pentodengitter. Dadurch verschiebt sich auch der Wechsellspannungs-Nulldurchgang. Man erkennt, daß wenn die kleine Signalperiode beginnt, der Strom durch die Pentode erst wieder fließt wenn der Kondensator sich wieder ein Stück umgeladen hat. Das hier gezeigte Umladen entspricht einer Signalabhängigen Arbeitspunkt-Verschiebung in Richtung B-Betrieb.

[0022] Bild 2 zeigt das ganze unverzerrt bei konstantem Signal. Die senkrechten Linien in gleichem Abstand zeigen, daß die Strom-Halbwelle ihre volle Breite hat.

[0023] In Bild 3 ist mit Übersteuerung zu erkennen, daß die beiden Halbwellen sich nicht mehr richtig zusammensetzen können, weil sie sich zusammen schnüren.

[0024] Bild 4 zeigt das Signal am Ausgang bei 50% Aussteuerung. Das Signal ist noch unverzerrt.

[0025] Bild 5 zeigt das Signal bei geringer Übersteuerung. Man erkennt, neben der Signalbegrenzung mit weichen Abrundungen, die (nach den oben beschriebenen Effekten) entstehende Übernahmeverzerrung. Diese Verzerrungen sind von großer musikalischer Bedeutung weil es ein wohlklingender, dynamischer Prozeß ist.

[0026] Bild 6 zeigt das Signal bei starker Übersteuerung. Der Effekt wird asymmetrisch, was eine zusätzliche Oberwellen-Dynamik entwickelt. Dieser Effekt kommt durch die anfangs erwähnte Asymmetrie des Differenzverstärkers.

[0027] Die Grafik NR:2 zeigt die Effekte welche für ein sehr dynamisches Oberton-Spektrum das mit zunehmenden Eingangspegel sich immer wieder verändert (auch bei sehr großen Übersteuerungen). Der Musiker empfindet das als ein dynamisches Verhalten.

[0028] Obwohl die Maximal-Aussteuerung schon lange überschritten ist, kann er mit unterschiedlichen

Anschlagstärken den Klang beeinflussen.

[0029] Das ist die wichtigste Eigenschaft, die Röhrenendstufen von anderen Leistungsverstärkern unterscheidet.

Bitte siehe die Grafik NR:3

[0030] Bei Röhrenendstufen sind, um die optimale Leistung zu erzielen Endröhren, Überfrager und Lautsprecher Leistungsangepaßt. Der Ausgangswiderstand wird von dem Innenwiderstand der Röhre und des Übertragers definiert. Das bedeutet, daß die Lautsprecherimpedanz einen Einfluß auf den Pegelverlauf am Ausgang hat. Die damit verbundene Rückwirkung vom Lautsprecher auf den Übertrager und Röhren, beeinflussen auch den Maximalpegel frequenzabhängig und die damit verbundenen Oberwellen, bei Übersteuerung.

[0031] Bild 1 zeigt den Frequenzgang am Ausgang mit einer typischen Gitarrenbox ohne einer zusätzlichen Gegenkopplung. Die Auswirkungen von der Box auf den Frequenzgang ist gut zu erkennen.

[0032] Bild 2 zeigt den Frequenzgang am Ausgang mit einem Lastwiderstand ohne Gegenkopplung. Man erkennt noch die kapazitiven und induktiven Einflüsse von Röhre oder Übertrager.

[0033] Bild 3 zeigt den Frequenzgang am Ausgang mit einem Lastwiderstand mit Gegenkopplung auf den Eingang. Hier wird durch ein Kompensationseffekt der Innenwiderstand etwas herabgesetzt. Kapazitive und induktive Einflüsse von Röhre und Übertrager sind gering.

[0034] Bild 4 zeigt den Frequenzgang am Ausgang mit einer angeschlossenen typischen Gitarrenbox mit einer Gegenkopplung auf den Eingang. Auch hier nimmt der Einfluß vom Lautsprecher stark ab.

[0035] Bild 5 zeigt nun, wie stark der Lautsprecher Einfluß auf den Frequenzgang nimmt, wenn noch zusätzlich ein Filter in den Signalweg der Gegenkopplung geschaltet ist.

[0036] Sowohl die Rückwirkung durch den Lautsprecherstrom, als auch die verschiedenen wegen dem Klang gemachten Gegenkopplungen, sind bei Gitarren-Röhrenendstufen von großer Bedeutung.

[0037] Die mit Grafik NR:2 (Oberwellen- erhalten) und Grafik NR:3 (Frequenz-Verhalten und das Verhalten der Maximalpegel) beschriebenen Effekte, sind die Effekte, die bei Gitarren-Röhrenendstufen von musikalischer Bedeutung sind.

[0038] Einige unserer Mitbewerber bauen kleine Röhrenendstufen (mit Röhren und Übertrager) in ihre Geräte ein (welche diesen Effekte bewirkt), und ver-

schalten diese Mini-Endstufe so mit einem Leistungs-Halbleiterverstärker, daß der Lautsprecherstrom Einfluß auf die Mini-Röhren-Endstufe hat um die oben beschriebenen Effekte zu erreichen.

[0039] Solche Verfahren verursachen immer noch hohe Kosten, wegen den auch für kleine Leistungen immer noch teuren Bauteilen (wie z.B. Röhre, Übertrager und zusätzlicher Netzteilauflaufwand).

[0040] Mein Verfahren beruht auf einem Signalbearbeitungs-Modell was alle wichtige Effekte in sich beherbergt. Das Verfahren ist mit mehreren anderen Technologien (z.B. Halbleitertechnik, wenn für das Marketing Röhren von Bedeutung sind geht auch eine Halbleiter-Röhren-Kombination und digitaler Signalbearbeitung (DSP-Technik)) zu realisieren.

Die Besonderheiten:

1. Keine spezielle Leistungsschaltung:

[0041] Um die oben erklärten Effekte zu erzielen werden keine speziellen Leistungsschaltungen wie zum Beispiel eine Mini-Röhrenendstufe oder eine spezielle Leistungsendstufe benötigt.

2. Effekte nur über Signalbearbeitung:

[0042] Es wird eine reine Signalbearbeitung gemacht.

3. Halbwellen werden getrennt von einander Signal bearbeitet:

[0043] Die Beiden Signal-Halbwellen werden getrennt bearbeitet, und wie bei Röhrenendstufen die im Push-Pull Betrieb arbeiten, später wieder zusammengesetzt. Die oben beschriebenen Übernahmeverzerrungen können so perfekt nachgebildet werden.

4. Besondere Strom und Spannungsgegenkopplungen:

[0044] Die Auswirkungen der Lautsprecherbelastung auf die Endstufen- Parameter (wie zu Beispiel: Frequenzgang, maximaler Ausgangspegel, u. s w.) wird mit Hilfe von Strom- und Spannungs-Gegenkopplungen nachgebildet. Eine Besonderheit ist, daß die Gegenkopplung getrennt für jede Halbwellen, und auch auf das komplette Signal an verschiedenen Stellen gemacht wird. So entsteht ein Ersatzverhalten für den Einfluß, welchen der Röhren und Übertrager Innenwiderstände bewirken.

5. Betriebsspannungsabhängige Rückwirkungen:

[0045] Die maximale Ausgangs-Amplitude wird vor dem eigentlichen Halbleiterverstärker, durch Rück-

führung der Endstufen- Betriebsspannung, Betriebsspannungsabhängig begrenzt. Das ist für das Klangverhalten von Bedeutung, weil die Betriebsspannung zusätzlich das Signal begrenzt, denn die Röhrenendstufen-Netzteile sind nicht stabilisiert, sie haben ein weiches Verhalten. Bei diesem Verfahren muß ein Netzteil mit ähnlichem Verhalten eingesetzt werden. Durch diese Maßnahme kann auch der maximale Ausgangspegel der Halbleiterendstufe genutzt werden, weil dadurch sich der maximale Eingangspegel proportional zum maximalen Ausgangspegel der Halbleiterendstufe verhält. So kann fast die volle Leistung der Halbleiterendstufe genutzt werden, ohne daß sie selbst übersteuert wird.

6. Realisierung mit verschiedenen Technologien:

[0046] Die Verfahrens-Basis ist ein Blockschaltplan der alle signalbearbeitete Funktionsgruppen in einzelnen Blöcken beherbergt. Jede der Blöcke kann mit verschiedenen Technologien (Halbleitertechnik, digitale Signalbearbeitung oder natürlich auch mit Röhrentechnik) realisiert werden. Die Bearbeitung im einzelnen Block ist sehr einfach gehalten. Der Modulplan ist so aufgebaut, wie die musikalischen Effekte in einer Röhrenendstufe zusammen wirken.

7. Alle linearen Verstärker sind nutzbar:

[0047] Als Leistungsverstärker kann vom 5W Analog IC über PWM-Verstärker (getaktete Endstufe/Verstärker) bis zu diskreten Hochleistungs-Verstärker alles eingesetzt werden.

8. Geringste Kosten:

[0048] Durch die Integrierbarkeit in verschiedene Technologien können die Kosten optimiert werden.

[0049] Der Patentschutz soll für folgendes Modell angemeldet werden:

Bitte siehe Grafik NR:4

Modellbeschreibung:

1. Differenzverstärker 1

[0050] Er vergleicht das Eingangssignal mit dem Signal von der Gegenkopplung und gibt es sowohl Phasen – richtig als auch Phasen – gedreht weiter.

2. Gegenkopplungsfilter

[0051] Hier wird mit einem Tiefpaß das zurück gekoppelte Signal bearbeitet (Siehe oben Grafik: NR:3 Bild 5).

3. Nicht-lineare Stufen

[0052] Die nichtlineare Kurve der beiden Stufen

kann je nach Klangerwartung unterschiedlich sein und ist in der Regel gegeneinander unterschiedlich. Sie sind ein Ersatz für die Nichtlinearität des Röhren Phase-Splitter (Siehe oben Grafik: NR1 Bild 1 und Bild 2).

4. Offset-Generatoren

[0053] Die beiden Offset-Generatoren legen das Signal auf ein DC-Niveau, welches mit der Endstufen-Betriebsspannung gekoppelt ist. Sie zeigen das Ersatzverhalten von dem oben beschrieben Umladungseffekt des Koppelkondensator, der durch den Strom, der in die Pentoden-Gitter fließt, bewirkt wird. Dies ist in diesem Block mit Schaltung symbolisch angedeutet.

1. Effekt:

[0054] Bei kleinem Pegel befindet sich am Ausgang das gleiche DC-Niveau wie die Referenzspannung U-Ref. Bei großem Pegel bewirkt ein internes nicht lineares Verhalten (Begrenzung einer Halbwelle), am Ausgang eine Verschiebung vom DC-Niveau (wie in Grafik: NR2 Bild 1 bis 3).

2. Effekt:

[0055] Die begrenzte Halbwelle, ist die Halbwelle die bis zum Ausgang weiter verstärkt wird. Deshalb kann durch die Kennlinie vom Begrenzer (Dioden oder Software-Tabelle) die Spitzenwert-Verformung vom Ausgangssignal beeinflusst werden. Diese Verformung hat auch einen großen musikalischen Wert, der hier variabel gestaltet werden kann.

3. Effekt:

[0056] Eine Verringerung von U-Ref bewirkt am Ausgang eine kleinere Amplitude der später genutzten Halbwellen. Wenn U-Ref über Spannungsteiler von der Endstufen-Betriebsspannung gewonnen wird, kann durch das Spannungsteiler-Verhältnis die maximale Ausgangsamplitude definiert werden. So könnte die Ausgangsleistung vom Verstärker programmiert werden.

[0057] Die Kopplung mit der Endstufen- Betriebsspannung beeinflusst das später im Halbwellen-Addierer zusammen gesetzte Signal so, daß die Netzteil-Belastung die maximale Ausgangsamplitude ändert (ein natürliches Verhalten an Röhren-Leistungsverstärker mit instabilen Netzteil wie in einem Gitarrenverstärker).

5. Die Halbwellenverstärker

[0058] Die Halbwellenverstärker kompensieren den DC-Anteil von U-Ref wieder heraus. So daß nur bei einer Offset-Verschiebung durch den Offset-Genera-

tor ein DC-Offset am Ausgang entsteht. Er übernimmt mit nachfolgenden Gleichrichter die Funktionsweise der Endröhren.

[0059] Die Stromgegenkopplung auf den positiven Eingang bewirkt einen Einfluß vom Lautsprecherstrom auf die Ausgangsamplitude vom Halbwellenverstärker. Das bewirkt das Verhalten vom Röhren-Innenwiderstand auf das Ausgangssignal.

6. Die Gleichrichter

[0060] Sie sorgen dafür, daß nur eine Halbwelle weiter bearbeitet werden kann. Der Signalverlauf am Ausgang entspricht dem Signalverlauf vom Anodenstrom der Pentoden.

7. Halbwellen-Addierer

[0061] Hier werden wie im Übertrager die getrennt bearbeiteten Halbwellen wieder zusammen gesetzt. Das Signal am Ausgang zeigt ein Begrenzungsverhalten was genau ist wie bei einem Röhren-Leistungsverstärker.

8. Differenzverstärker 2

[0062] Die Stromgegenkopplung auf den positiven Eingang bewirkt einen Einfluß vom Lautsprecherstrom auf den Ausgang. Damit läßt sich der Überfrager-Innenwiderstand simulieren.

9. Linearer Poweramp

[0063] Ist eine lineare Leistungsstufe, die wenig Klirrfaktor hat und nicht übersteuert wird. Es können auch IC-Endstufen verwendet werden, wie sie in HI-FI-Geräten zum Einsatz kommen. Die Verwendung von solchen Endstufen macht die Leistungsverstärkung sehr günstig. Die Abstimmung der einzelnen beschriebenen Signalstufen muß so geschehen, daß die Leistungsstufe nicht übersteuert wird.

10. Zusammenfassend

[0064] Das Signal wird genauso bearbeitet wie in einer Röhrenendstufe. Dabei spielt die getrennte Bearbeitung der beiden Halbwellen die wichtigste Rolle. Durch die beiden unterschiedlichen nichtlinearen Stufen am Anfang der Signalkette, kommt es auch, zu den Eingangs erwähnten Verschiebungen der Übernahmeverzerrungen bei starker Übersteuerung. Die verschiedene Parameter (wie z.B. nichtlineare Kennlinien, Strom- oder Spannungs-Gegenkopplung u.s.w.) können sich je nach musikalischen Klang-Empfinden ändern.

Erster Schaltungsentwurf

[0065] Ein erster Schaltungsentwurf steht bereits

zur Verfügung. An ihm kann man sehen, wie mit preisgünstigem Material die Emulation realisiert werden kann.

Hörvergleiche waren sehr erfolgreich!
Siehe Grafik-Schaltplan NR: 2

[0066] Die unter „Patentanspruch“ definierten Module sind in der Schaltung markiert und beschriftet.

[0067] Ein wesentlicher Gedanke der Erfindung besteht in dem Modulkonzept. Das heißt, die Emulation eines Röhrenverstärkers erfolgt in Modulblöcken, die jeweils einen bestimmten Teil eines Röhrenverstärkers nachbilden. Diese Nachbildungen werden am Ende zusammengesetzt und bilden das Ausgangssignal. Durch diese modulartige Emulation ist die Emulation verhältnismäßig einfach und kann mit einfachen Mitteln umgesetzt werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Emulieren des Klangverhaltens eines Röhrenleistungsverstärkers, insbesondere für elektrische Gitarren, mit Mitteln zur Veränderung des Eingangssignals entsprechend einem Röhrenleistungsverstärker und einer linearen Leistungsstufe (30) zur Verstärkung des veränderten Signals, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die Emulation einzelne Module (18, 20, 22, 24, 28) vorgesehen sind, mit denen jeweils das Verhalten eines Teils des Röhrenleistungsverstärkers nachgebildet wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Halbwellen eines im sogenannten Push-Pull-Betrieb arbeitenden Röhrenverstärkers getrennt emuliert werden.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Module eines oder mehrerer der folgenden Elemente umfassen: nichtlineare Stufe (18), Offsetgenerator (20) mit einseitiger Halbwellenpegelbegrenzung, linearer Verstärker (22), Gleichrichter (24) und Ausgangsdifferenzverstärker (28).

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Stromgegenkopplung vom Masseanschluss für den anzuschließenden Lautsprecher auf den positiven Eingang des linearen Verstärkers (22) und/oder des Ausgangsdifferenzverstärkers (28) vorgesehen ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kopplung des Offsetgenerators (20) an die Betriebsspannung der linearen Leistungsstufe (30) vorgesehen ist.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für die beiden Halbwellen des Eingangssignals unterschied-

liche Module (18, 20, 22, 24) vorgesehen sind.

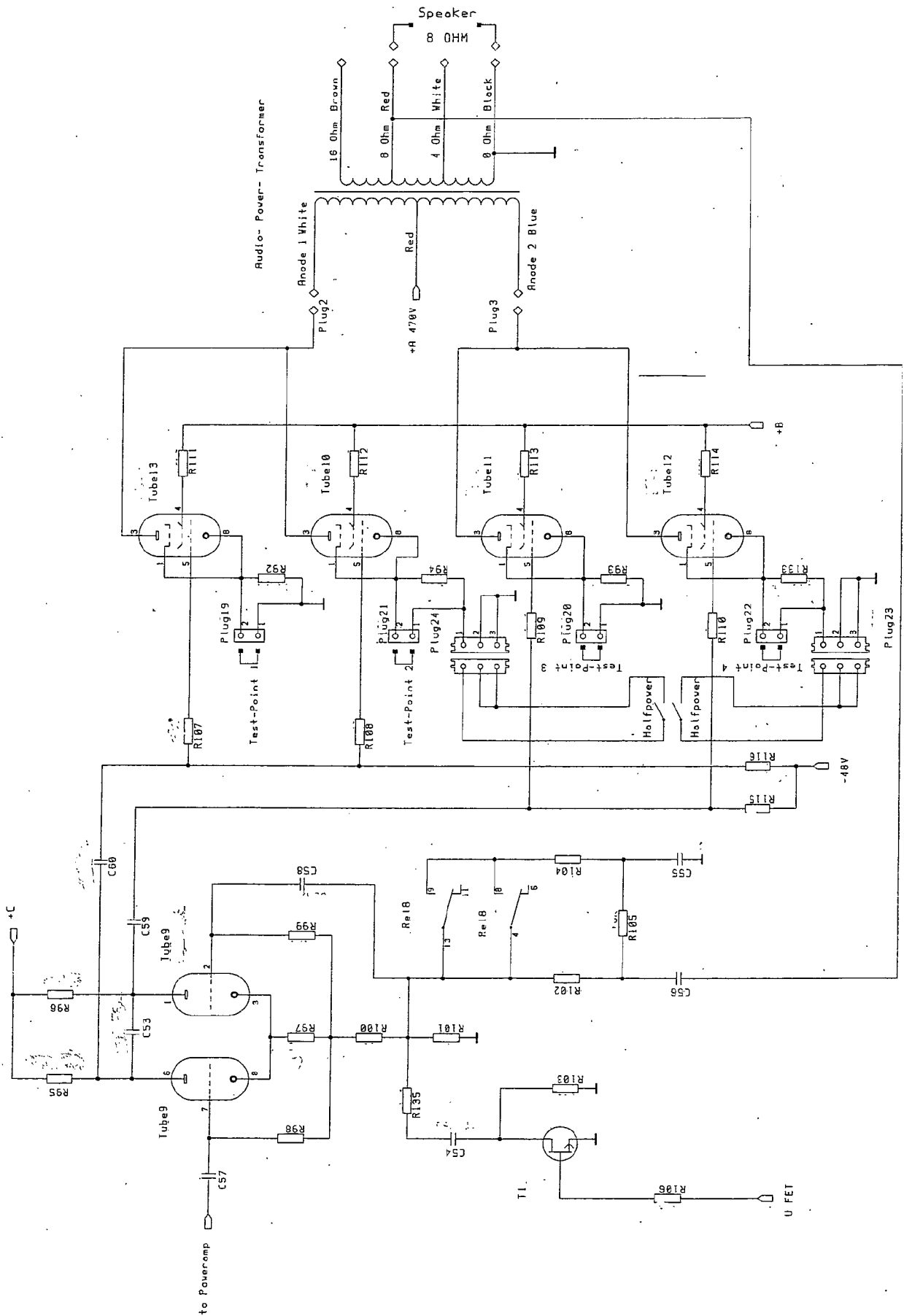
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein Eingangsdifferenzverstärker (16) zur Aufteilung der beiden Halbwellen und ein Halbwellenaddierer (26) zur späteren Zusammenführung der Halbwellen vorgesehen sind.

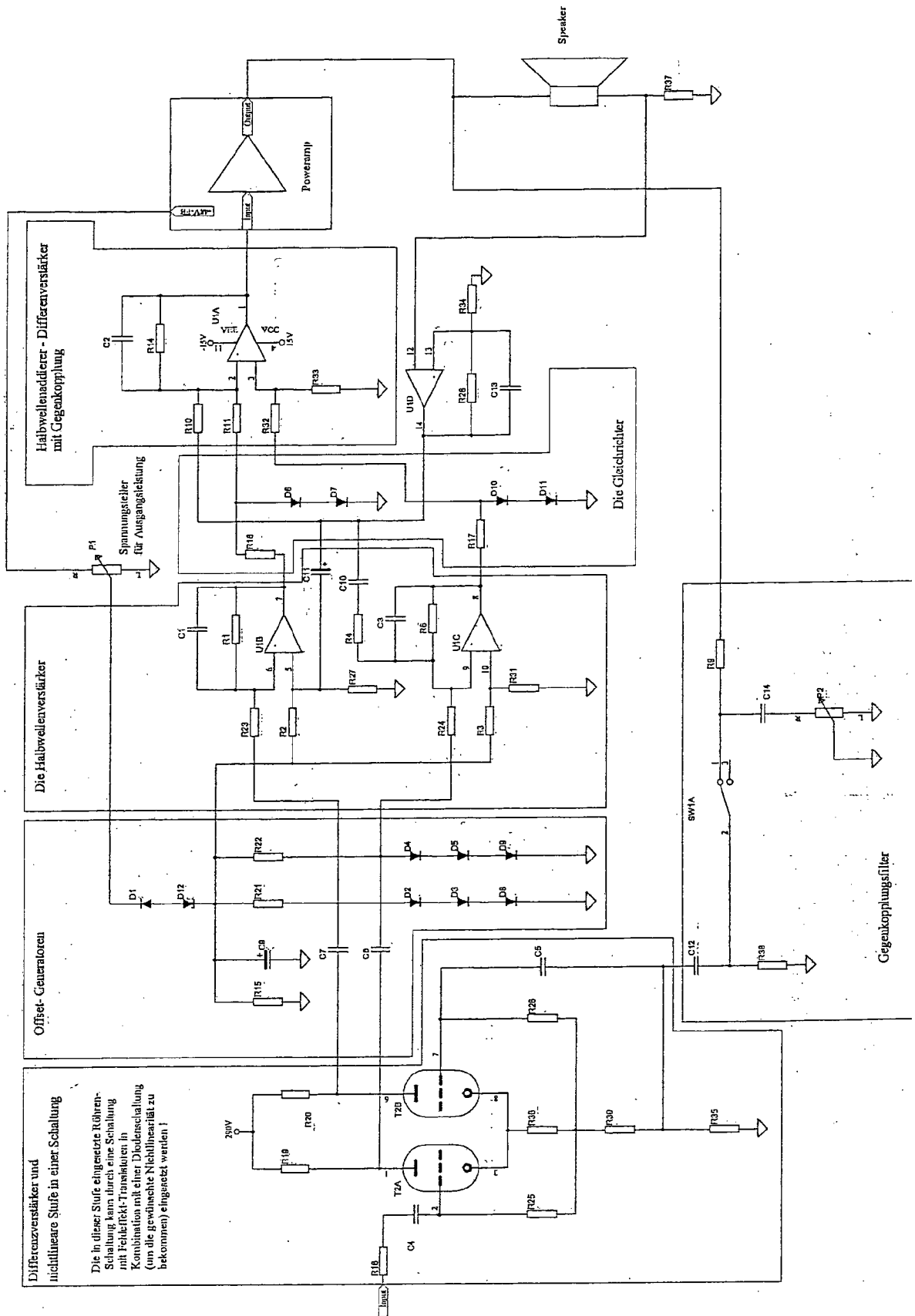
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine Spannungsgegenkopplung vom Ausgang der linearen Leistungsstufe (30) auf den negativen Eingang des Eingangsdifferenzverstärkers (16) vorgesehen ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass in der Gegenkopplungsleitung ein Tiefpassfilter (32) angeordnet ist.

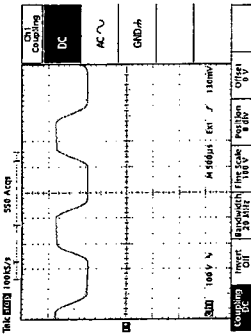
Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

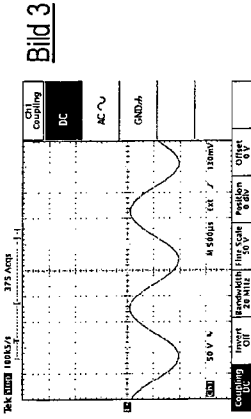




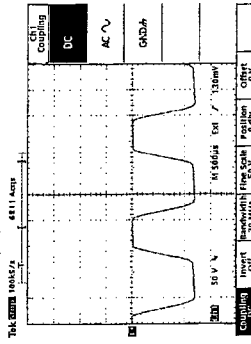
Signal am Phase-Splitter / Anoden für positive Halbwellen



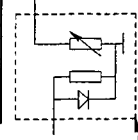
Signal an Gitter von positiver Leistungspentode noch unverzerrt.



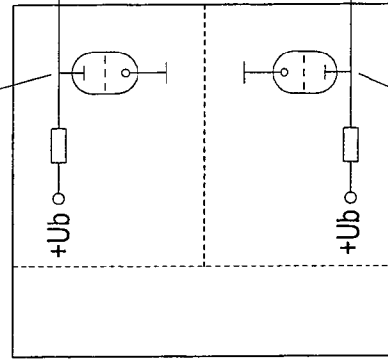
Signal an Gitter von positiver Leistungspentode verzerrt.



Ersatzschaltung für Pentode

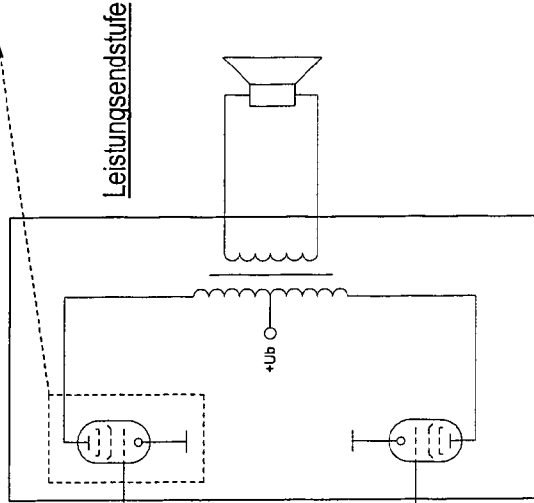


Phase - Splitter / Pentodentreiber

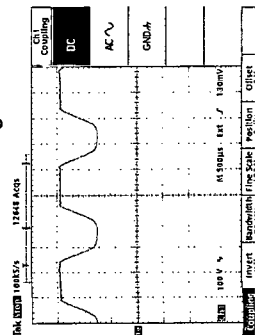


Gitterwiderstand

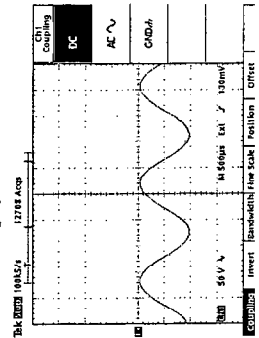
Leistungsendstufe



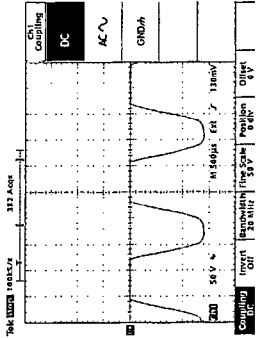
Signal am Phase-Splitter / Anoden für negative Halbwellen



Signal an Gitter von negativer Leistungspentode noch unverzerrt.



Signal an Gitter von negativer Leistungspentode verzerrt.



Grafik NR: 1

Dynavalve Endstufe

Bernd Schneider 12.05.2003

Bild 1

Sinus-Signal mit Rechteck-Burst am Gitter von Pentode und Strom durch Katode. Bei Burst-Maximum übersteuert die Endstufe.

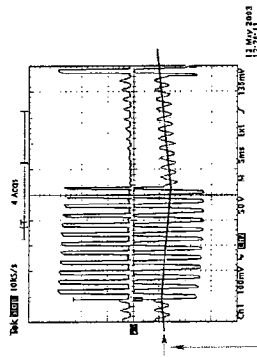


Bild 2

Signal an Gitter von Pentode und Strom durch Katode bei unverzerrter Endstufe.

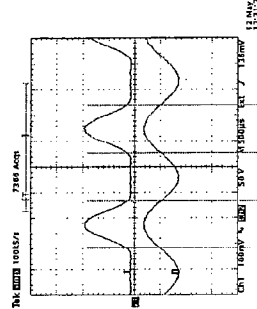


Bild 3

Signal an Gitter von Pentode und Strom durch Katode bei verzerrter Endstufe.

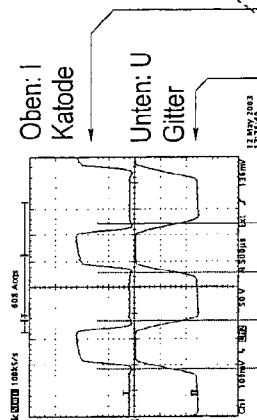
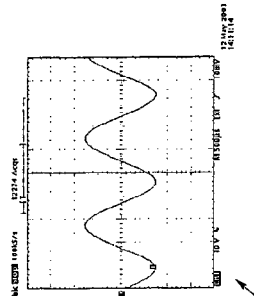


Bild 4

Signal am Endstufenantrieb bei 50% Aussteuerung. Die Halbwellen werden im Übertrager richtig zusammen gesetzt.



Die Katodenstrom-Kurve schnürt bei Übersteuerung wegen der Umladung vom Koppelkondensator zusammen.

Verschiebung von Bias-Spannung am Gitter durch Gitterstrom!

Phase - Splitter / Pentodentreiber

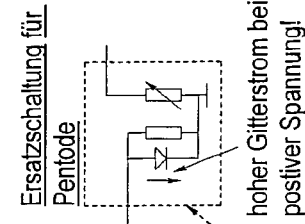
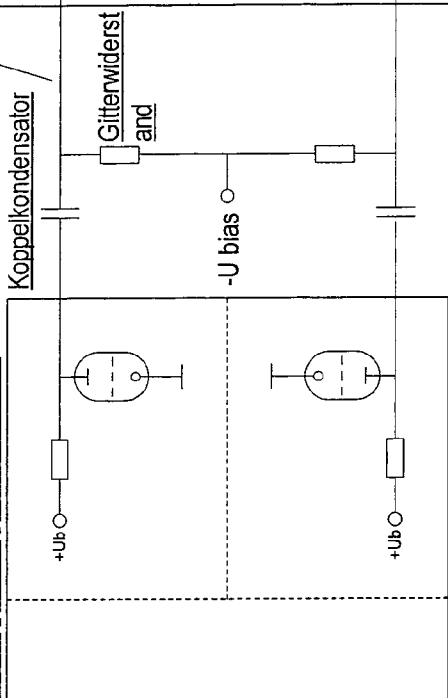


Bild 5

Signal am Endstufenantrieb bei geringer Übersteuerung.

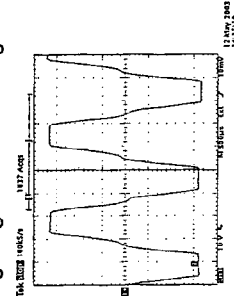
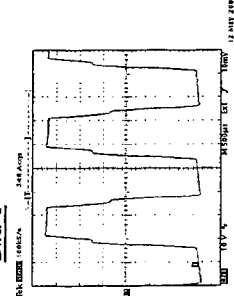


Bild 6

Signal am Endstufenantrieb bei starker Übersteuerung. Unsymmetrische Effekte wegen Phase-Splitter sind erkennbar.



Grafik NR: 2

Dynavale Endstufe
Bernd Schneider 12.05.2003

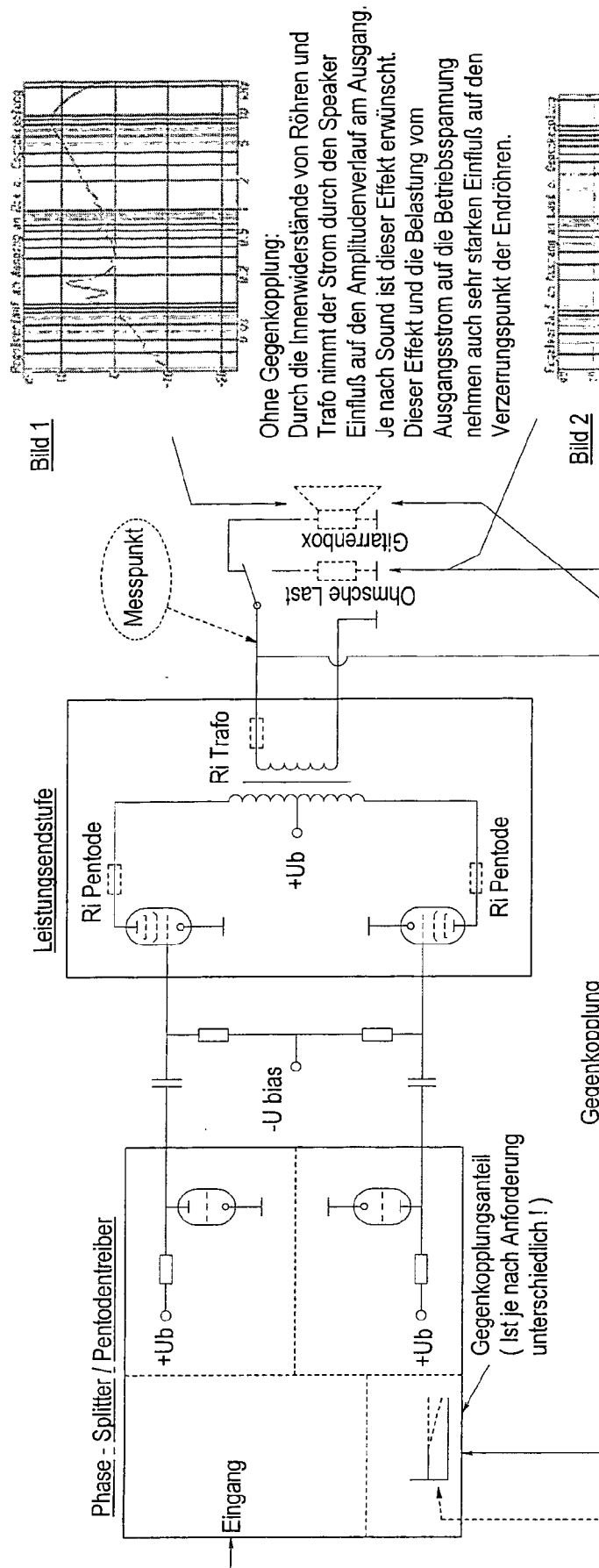


Bild 1

Ohne Gegenkopplung:
 Durch die Innenwiderstände von Röhren und Trafo nimmt der Strom durch den Speaker Einfluß auf den Amplitudenverlauf am Ausgang. Je nach Sound ist dieser Effekt erwünscht. Dieser Effekt und die Belastung vom Ausgangsstrom auf die Betriebsspannung nehmen auch sehr starken Einfluß auf den Verzerrungspunkt der Endröhren.

Bild 2

Ohne Gegenkopplung:
 Mit Lastwiderstand sind Einflüsse der Kapazitäten von Röhre und Kapazitäten oder Induktivitäten von Übertrager durch Hochtonabfall und Bassabfall erkennbar.

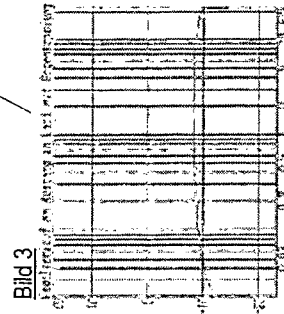


Bild 3

Mit Gegenkopplung:
 Mit Lastwiderstand werden die Einflüsse der Kapazitäten von Röhre und Kapazitäten oder Induktivitäten von Übertrager geringer.

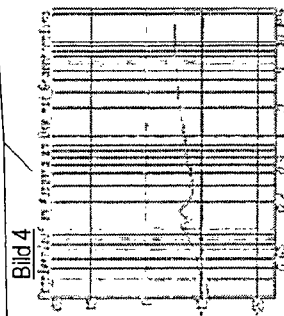


Bild 4

Mit Gegenkopplung:
 Selbst mit einer starken Gegenkopplung nimmt, bei angeschlossener Box, die Box noch Einfluß auf den Amplitudengang.

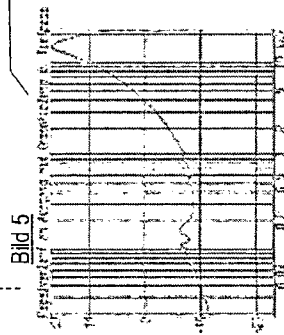
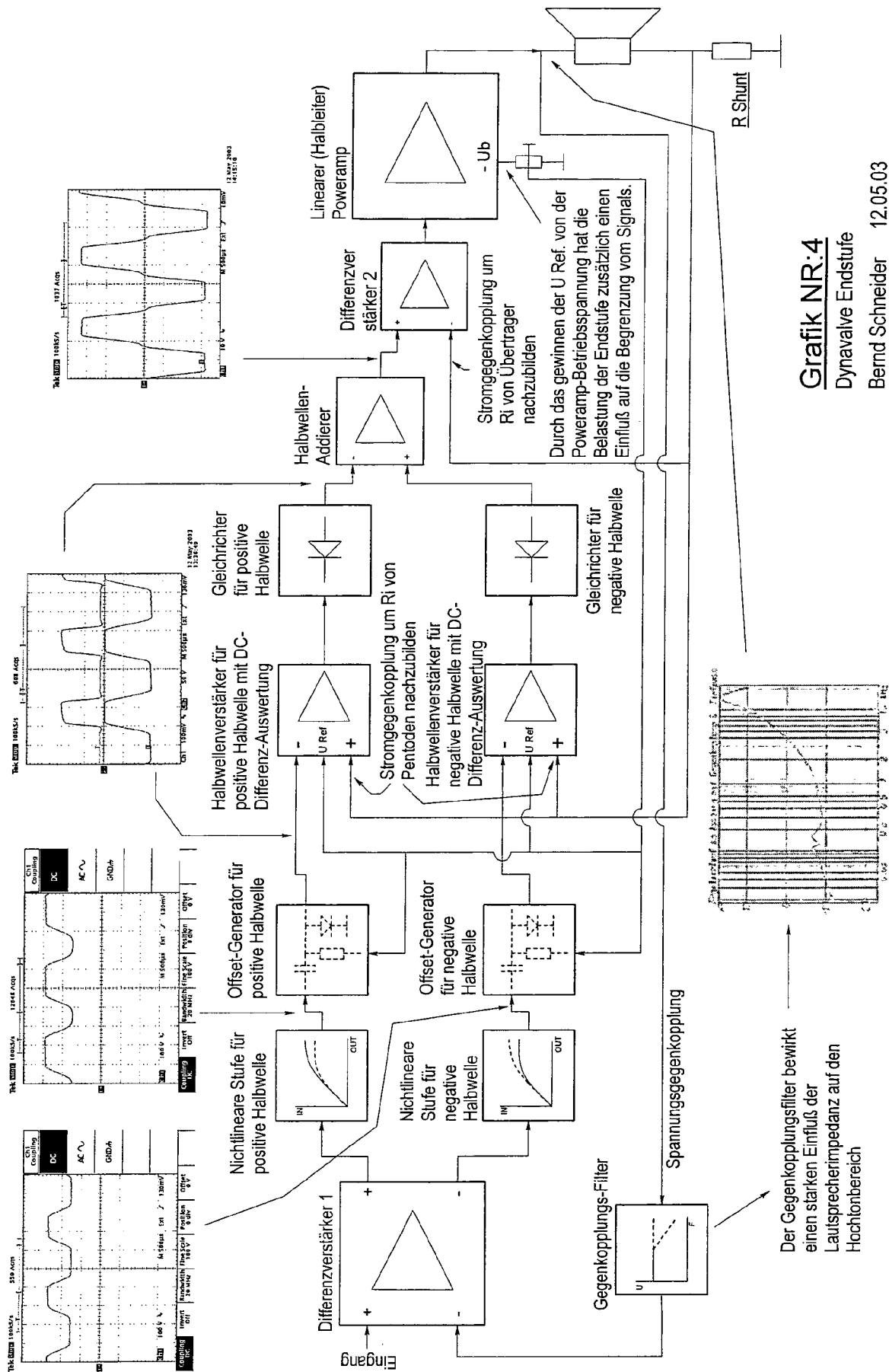


Bild 5

Mit Gegenkopplung:
 Wenn, mit Box als Last, in die Gegenkopplung ein Tiepass integriert wird, kommt es durch den Einfluß des Lautsprecherstroms zu einer Resonanz im hohen Frequenzbereich.

Grafik NR.: 3

Dynalve Endstufe
 Bernd Schneider 12.05.2003



Grafik NR:4

Dynamalve Endstufe

Bernd Schneider 12.05.03