

# Bipolarer fünffacher Präzisions- Leistungsverstärker $\pm 200$ V HV-AMP200BN-2x2+1

Version 1.00



## Bedienungsanleitung

Dokument-Version A, erstellt am 02.01.2008

## Inhalt

Beschreibung.....	3
Abb. 1. Anschlüsse und Bedienungselemente an der Frontplatte des Leistungsverstärkers.....	4
Technische Daten.....	5
Charakteristik.....	5
Eingang.....	5
Ausgang.....	5
Stromversorgung.....	6
Allgemein.....	6
Lieferumfang.....	6
Inbetriebnahme.....	7
Innenaufbau des Gerätes.....	11
Abb. 2. Blick von oben in das geöffnete Gehäuse.....	11
Typische Charakteristiken.....	12
Abb. 3. Einschaltverhalten bei Null-Eingangsspannungen.....	12
Abb. 4. Ausschaltverhalten bei Null-Eingangsspannungen.....	12
Abb. 5. Niederfrequenz-Rauschen der Ausgangsspannung.....	12
Abb. 6. Breitband-Rauschen der Ausgangsspannung.....	12
Abb. 7. Frequenzspektrum des Ausgangsrauschens.....	12
Abb. 8. Restwelligkeit der Ausgangsspannung.....	12
Abb. 9. Frequenzgang der Verstärkung.....	13
Abb. 10. Übersprechen zwischen unterschiedlichen Kanälen....	13
Abb. 11. Gleichtaktverstärkung.....	13
Abb. 12. Zeitlicher Verlauf des Ausgangssignals ohne Last bei einer Spannungsänderung von 20 V.....	14
Abb. 13. Zeitlicher Verlauf des Ausgangssignals mit einer Last von 1 $\mu$ F bei einer Spannungsänderung von 20 V.....	14
Abb. 14. Zeitlicher Verlauf des Ausgangssignals ohne Last bei einer Spannungsänderung von 400 V.....	14
Abb. 15. Zeitlicher Verlauf des Ausgangssignals mit einer Last von 1 $\mu$ F bei einer Spannungsänderung von 400 V.....	14

## Beschreibung

Das Gerät verfügt über fünf Präzisions-Hochspannungs-Leistungsverstärker. Sie bilden an ihren Ausgängen die 20fach verstärkte Eingangsspannung. Die Verstärker sind in drei Gruppen angeordnet, jede Gruppe besitzt jeweils einen Eingang. Zwei Gruppen enthalten je zwei Verstärker, einen mit einer positiven, den anderen mit einer negativen Verstärkung. Die beiden Gruppen stellen somit jeweils ein Paar symmetrischer Ausgangsspannungen zur Verfügung. Die letzte Gruppe enthält nur einen Verstärker mit einer positiven Verstärkung.

Die Verstärker sind extrem rauscharm und gleichspannungsgenau. Sie können ohne Stabilitätsprobleme hohe kapazitive Lasten treiben, so dass beispielsweise alle gängigen Piezo-Aktoren durch das Gerät angesteuert werden können. Die Gleichspannungsgenauigkeit und das extrem niedrige Rauschen prädestinieren das Gerät zur Verstärkung von Ausgangssignalen präziser D/A-Wandler. Der große Signal-Rausch-Abstand von über 120 dB kann dabei erst mit Wandlern, die eine Auflösung von mehr als 20 Bit besitzen, voll ausgenutzt werden.

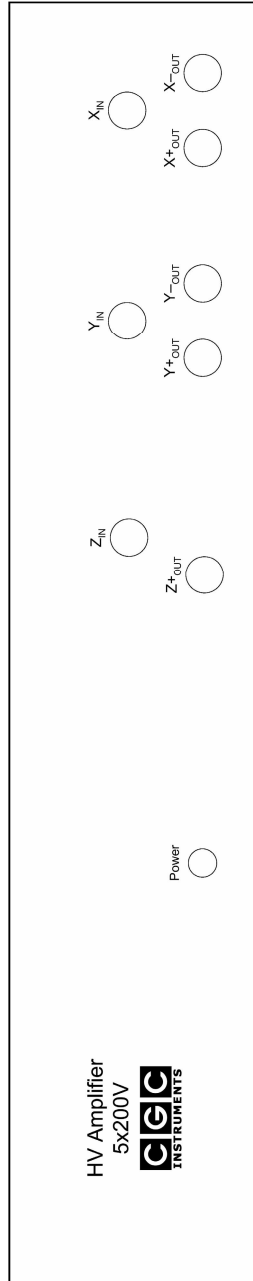


Abb. 1. Anschlüsse und Bedienungselemente an der Frontplatte des Leistungsverstärkers.

## Technische Daten

### Charakteristik

- fünf präzise Hochspannungsverstärker
- Gleichspannungsgenauigkeit
- niedriges Rauschen
- kurzschlussfest
- 19"-Gehäuse

### Eingang

- Anschlüsse: drei 50 Ω-BNC-Buchsen ( $V_X$ ,  $V_Y$  und  $V_Z$ )
- Eingangsspannung: max.  $\pm 10$  V
- Eingangsimpedanz: ca. 1 MΩ
- Eingangsstrom: ca. 0,25  $\mu$ A typ., 2  $\mu$ A max.

### Ausgang

- Anschlüsse: fünf 50 Ω-BNC-Buchsen
- Verstärkung: 3 Kanäle +20, 2 Kanäle -20
- Ausgangsspannung: min.  $\pm 200$  V
- Ausgangsstrom: max.  $\pm 10$  mA
- Kurzschlussfestigkeit: Kurzschlussdauer nicht begrenzt
- Bandbreite (-3dB): DC...2,2 kHz,  
(Frequenzgang entspricht einem Bessel-Filter zweiter Ordnung)
- Leistungs-Bandbreite (Sinus-Ausgang 400  $V_{pp}$ ):  
220 Hz typ. ohne Last,  
7,5 Hz typ. bei kapazitiver Last von 1  $\mu$ F
- Ausgangs-Offsetspannung: 100  $\mu$ V typ., 400  $\mu$ V max.
- Rauschen und Restwelligkeit (DC-500 kHz):  
13  $\mu V_{eff}$ , 110  $\mu V_{pp}$  typ., 20  $\mu V_{eff}$ , 150  $\mu V_{pp}$  max.
- Genauigkeit der Verstärkung bei niedrigen Frequenzen:  
< 0,5% (0,1% typ.)
- Temperaturkoeffizient der Verstärkung bei niedrigen Frequenzen:  
< 100 ppm/K (25 ppm/K typ.)

## Stromversorgung

- Nennspannung: 100 V, 115 V oder 230 V  $\pm 10\%$   
(umschaltbar durch einen Spannungswahlschalter)
- Nennfrequenz: 50/60 Hz
- Netzanschluss: Kaltgerätestecker mit integriertem Eingangsfilter und Sicherungshalter
- Leistungsaufnahme:  
    < 40 VA mit Volllast, < 20 VA ohne Last
- Sicherung: T 0,5 A bei 230 V, T 1,0 A bei 100 V und 115 V
- Kühlung: passiver Kühler an der Rückwand

## Allgemein

- Farbe:  
    Frontplatte und Rückplatte: naturfarbig eloxiert,  
    Seitenteile, Deck- und Bodenblech: pulverbeschichtet,  
    Beschriftung: Gravur schwarz eingefärbt
- Abmessungen:  
    2 HE 19"-Einbaugeschäuse zur Montage in einen 19"-Schrank  
    (Höhe: 88 mm, Breite: 449 mm),  
    Einbautiefe mit Kühlkörper: 398 mm, Gesamttiefe: 444 mm
- Gewicht: 10,1 kg

## Lieferumfang

- Leistungsverstärker 5×200 V
- Netzkabel  
(Kaltgeräte-Anschlusskabel, Länge 1,8 m, Farbe: schwarz)
- Montagematerial zur Befestigung in einen 19"-Schrank  
(4 Stk. M6 Schrauben mit Unterlegscheiben und Käfigmuttern)
- Ersatzsicherung 5×20 mm, T 0,5 A, bzw. T 1,0 A
- Bedienungsanleitung

## Inbetriebnahme

Vor der Inbetriebnahme muss das Gerät visuell auf eventuelle Transportschäden kontrolliert werden.

! **Vorsicht:** Bei Feststellung jeglicher Mängel muss das Gerät sofort eingeschickt werden. Auf keinen Fall weiter in Betrieb nehmen!

Vor dem Einschalten muss ggf. der Nennwert der Netzspannung eingestellt und eine entsprechende Gerätesicherung eingebaut werden. Der Sicherungshalter ist in dem Kaltgerätestecker an der Rückplatte integriert. Der Nennwert der Netzspannung kann mit dem Spannungswahlschalter zwischen 100 V, 115 V und 230 V umgeschaltet werden.

Beim Einbau des Gerätes ist auf eine gute Kühlung zu achten. Der an der Rückplatte angebrachte Kühlkörper darf nicht abgedeckt werden. Es ist zu beachten, dass die Temperatur der Gehäuse der Endstufen-ICs 80°C nie überschreiten darf. Der Kühlkörper muss demnach bei allen Betriebsbedingungen kälter sein.

! **Vorsicht:** Sowohl die Inbetriebnahme als auch die weitere Bedienung des Gerätes darf nur von geschultem Personal durchgeführt werden.

- Eine falsche Bedienung oder Einstellung kann zur Zerstörung des Gerätes führen.
- Das Gerät produziert hohe Spannungen. Die Manipulation mit den Anschlüssen oder mit dem Gerät bei geöffnetem Gehäuse ist lebensgefährlich.

Nach dem Einschalten sollen die Ausgangs-Offset-Spannungen kontrolliert werden. Dazu müssen die Eingänge kurzgeschlossen werden.

! Es reicht nicht, die Eingänge mit 50  $\Omega$ -Abschlusssteckern kurzzuschließen, denn der Eingangsstrom der Verstärker produziert pro  $\Omega$  der Eingangsimpedanz eine Eingangsspannung von bis zu 2  $\mu\text{V}$ , d.h. eine Ausgangsspannung von bis zu 40  $\mu\text{V}$ .

Die Ausgangs-Offset-Spannungen werden automatisch auf einen Wert von ca. 100  $\mu\text{V}$  runtergeregelt (siehe Technische Daten). Die Regelschleife benötigt für eine komplette Ausregelung mehrere Minuten (vgl. mit Abb. 3). Soll nach einer Viertelstunde nicht der garantierte Wert erreicht werden, sollen die Kurzschüsse an den Eingängen überprüft werden. Insbesondere muss darauf geachtet werden, dass diese keine thermoelektrischen Spannungen erzeugen und dass kei-

ne Erdschleifen eingebaut wurden. Dies muss auch beim Betrieb des Gerätes berücksichtigt werden.

Der Verstärker besitzt an der Rückplatte eine Kurzschlussbrücke, welche die Signalmasse mit dem Gehäuse, d.h. mit dem Schutzleiter verbindet. Diese soll in den meisten Fällen entfernt werden, da die Signalmasse bereits über die Eingänge an ein Referenzpotential angeschlossen ist und eine zusätzliche Verbindung eine Erdschleife erzeugen würde. Die Erdschleife äußert sich insbesondere in einem starken Anstieg der Brummspannung auf den Ausgängen der Verstärker. Durch die Ausgleichsströme kann aber auch ein Spannungsabfall auf den Masseleitungen entstehen, der schließlich zu erhöhten Offset-Spannungen führen kann. Eine Erdschleife kann auch durch einen ungünstigen Anschluss der Eingangsleitungen entstehen. Da die drei Eingänge des Gerätes eine gemeinsame Signalmasse besitzen, kann hier leicht eine Erdschleife erzeugt werden. Um dies zu vermeiden, soll nur eine der Signalleitungen (bevorzugt die mittlere) an die Signalmasse des Gerätes angeschlossen werden, die restlichen zwei Kabel sollen dagegen eine unterbrochene Abschirmung haben. Dadurch wird gewährleistet, dass das Gerät genau einmal geteilt ist.

Die nächste, oben erwähnte Fehlerquelle können thermoelektrische Spannungen sein. Sie stören, wenn Leitungen aus unterschiedlichen Materialien für die Eingangssignale verwendet werden. Befindet sich dann ein Ende der Leitung auf einer anderen Temperatur als das andere Ende, entsteht auf dem Eingang des Verstärkers die Differenz der thermoelektrischen Spannungen. Diese wird genauso wie das Signal verstärkt und kann somit auf dem Verstärkerausgang Fehler im mV-Bereich produzieren. Diese Fehlspannungen schwanken mit der Temperatur und verschlechtern dadurch im Endeffekt das Niederfrequenz-Rauschen des Gerätes. Der Einfluss der thermoelektrischen Spannungen wird weitgehend reduziert, wenn zum Anschluss der Eingangssignale hochwertige Kupferleitungen verwendet werden. Dabei ist zu beachten, dass sowohl der Signalleiter als auch die Abschirmung aus Kupfer sein müssen. Dies ist leider nicht bei allen gängigen Leitungen erfüllt, auch ein scheinbar hochwertiges Koaxialkabel kann hohe Fehlspannungen erzeugen. Ob ein Kabel geeignet ist oder nicht kann leicht überprüft werden: Das Kabel wird an einen der Eingänge angeschlossen und am Ende mit einem Kurzschlussstecker abgeschlossen (siehe oben). An den entsprechenden Ausgang des Verstärkers wird ein Millivoltmeter angeschlossen.



**! Vorsicht:** Am Ausgang des Verstärkers entsteht beim Ein- oder Ausschalten ein Spannungspuls, der das Messgerät beschädigen kann (siehe Abb. 3 und Abb. 4). Bei einer fehlerhaften Beschaltung der Eingänge kann sich weiterhin auf dem Ausgang die maximale Spannung von mehr als 200 V befinden, die ebenfalls das Messgerät überlasten kann. Konsultieren Sie die Bedienungsanleitung des Messgerätes, bevor Sie es an den Verstärkerausgang anschließen.

Schalten Sie das Gerät ein und warten Sie den Offsetabgleich ab. Ändern Sie danach die Temperatur von dem Kabelende mit dem Kurzschlussstecker. Die Stecker können beispielsweise auf eine Heizung gelegt oder mit einem Föhn erhitzt werden. Die Leitung ist geeignet, wenn die Änderung der Ausgangsspannung bei der maximal praktisch denkbaren Temperaturdifferenz kleiner als etwa 100  $\mu\text{V}$  ist. Kabel, welche keine Kupferabschirmung haben, zeigen bereits beim Anfassen des Kurzschlusssteckers Schwankungen der Ausgangsspannung im 100  $\mu\text{V}$ -Bereich.

Eine Fehlspannung auf den Ausgängen des Gerätes kann weiterhin entstehen, wenn die Eingangssignale nicht aus einer niederohmigen Spannungsquelle versorgt werden. Die dafür relevante Größe ist die Impedanz der Signalquelle, welche den jeweiligen Eingang ansteuert. Der Eingangsstrom der Verstärker von typischerweise 250 nA produziert beispielsweise auf einem Widerstand von 10  $\Omega$  einen Spannungsabfall von 2,5  $\mu\text{V}$ , nach der 20fachen Verstärkung ergibt dies auf dem Ausgang eine Fehlspannung von 50  $\mu\text{V}$ . (Sind die Eingänge des Verstärkers offen, wird der Eingangsstrom durch einen internen Widerstand von 1 M $\Omega$  geleitet, die typische Ausgangsspannung beträgt in diesem Falle daher 5 V.) Die Impedanz der Signalquelle setzt sich aus der Ausgangsimpedanz der Spannungsquelle (D/A-Wandlertkarte, Signalverstärker, usw.) und aus dem Widerstand des Anschlusskabels zusammen. Bei der Beschaltung der Eingangsleitungen soll daher vermieden werden, dass lange Kabel mit hohem Widerstand die Impedanz der Signalquelle unnötig erhöhen. Weiterhin sollen zum Ansteuern der Eingänge Signalquellen mit kleiner Ausgangsimpedanz verwendet werden. Völlig ungeeignet sind beispielsweise Potentiometer ohne einen nachfolgenden Verstärker oder Verstärker mit einem passiven RC-Filter am Ausgang.

Die Regelschleife zur automatischen Korrektur der Ausgangs-Offset-Spannungen minimiert neben den Gleichspannungsfehlern auch das Niederfrequenz-Rauschen der Verstärker. Die Regelschleife erreicht den Gleichgewichtszustand erst mehrere Minuten nach dem Ein-

schalten des Gerätes, im weiteren Betrieb der Verstärker werden die Gleichspannungsfehler kontinuierlich abgeglichen, so dass die Drift der Ausgangsspannungen stetig minimiert wird. Wird der Verstärker überlastet, so dass er der Eingangsspannung nicht exakt folgen kann, wird dies von der Regelschleife als eine Fehlspannung interpretiert und die Regelschleife wird dadurch aus dem Gleichgewicht gebracht. Dies geschieht beispielsweise, wenn an den Eingang eine rechteckige Spannung angelegt wird. Der Ausgang kann den steilen Flanken nicht folgen, und nachdem die Ausgangsspannung etwa ihren Sollwert erreicht hat, bewirkt die Regelschleife eine langsame Nachregelung. Die Amplitude diese Nachregelung hängt von der Form und der Amplitude des Eingangssignals ab, auch bei hohen Ausgangssignalen sind jedoch lediglich Amplituden der Nachregelung im mV-Bereich zu erwarten. Um diese unerwünschten Effekte zu vermeiden, soll darauf geachtet werden, dass sich der Verstärker immer im linearen Modus befindet. Dies kann man garantieren, wenn die Steilheit des Eingangssignals so limitiert wird, dass der Verstärkerausgang diesen Änderungen mit einer gewissen Reserve folgen kann; die dafür relevante Größe ist die Leistungs-Bandbreite (siehe Technische Daten). Bei der Betrachtung muss auch die Größe der angeschlossenen Last berücksichtigt werden, denn beispielsweise kapazitive Lasten schränken die erreichbare Steilheit der Ausgangssignale und folglich auch die Leistungs-Bandbreite ein.

## Innenaufbau des Gerätes

Das Gerät wird standardmäßig in ein 19"-Gehäuse der Firma Polyrack eingebaut. An dem linken Seitenwandprofil ist die Leiterplatte der Gleichrichter montiert, unmittelbar daneben an der Frontplatte ist an einer Profilschiene der Netztransformator in einem Schirmgehäuse befestigt. An der Rückwand befinden sich die Leiterplatten des Netzteils (oben) und des Leistungsverstärkers (unten, abgedeckt durch das Schirmblech).

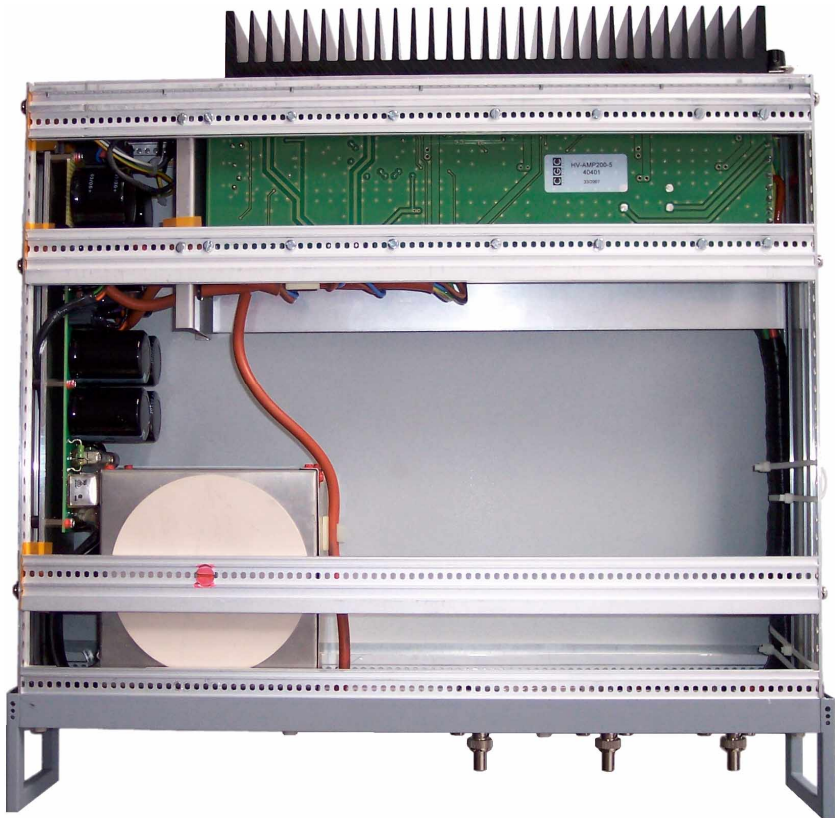


Abb. 2. Blick von oben in das geöffnete Gehäuse.

## Typische Charakteristiken

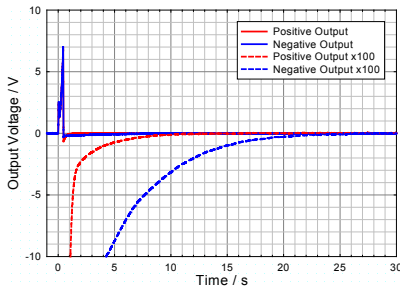


Abb. 3. Einschaltverhalten bei Null-Eingangsspannungen.

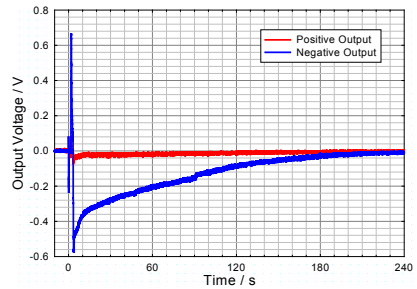


Abb. 4. Ausschaltverhalten bei Null-Eingangsspannungen.

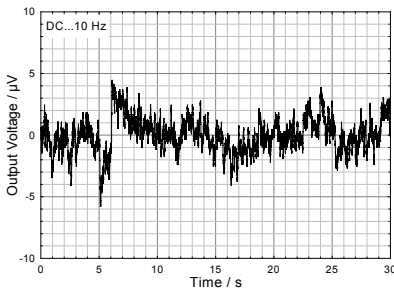


Abb. 5. Niederfrequenz-Rauschen der Ausgangsspannung.

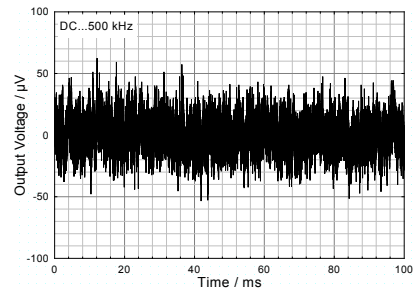


Abb. 6. Breitband-Rauschen der Ausgangsspannung.

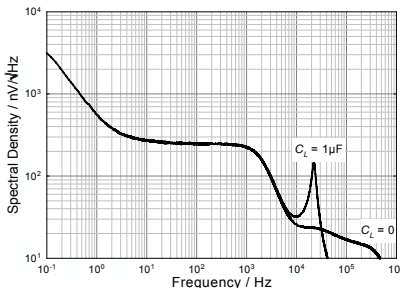


Abb. 7. Frequenzspektrum des Ausgangsrauschens.

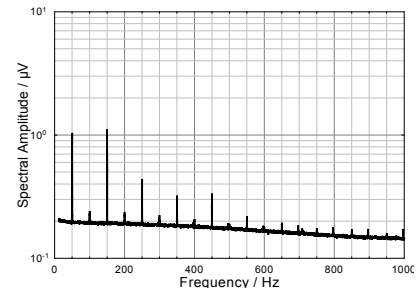


Abb. 8. Restwelligkeit der Ausgangsspannung.<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Die jeweiligen Kanäle weisen unterschiedliche Restwelligkeit auf. In der Regel ist der Kanal Z+ der mit der höchsten Restwelligkeit (Amplituden von ca. 3 µV), die Kanäle Y+ und Y- sind dagegen die mit der niedrigsten (Amplituden geringer als 1 µV).

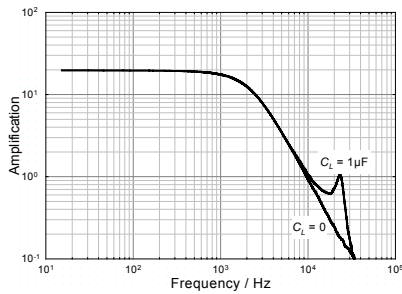
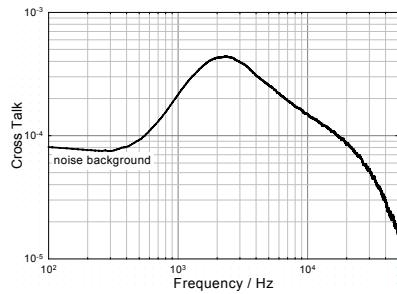
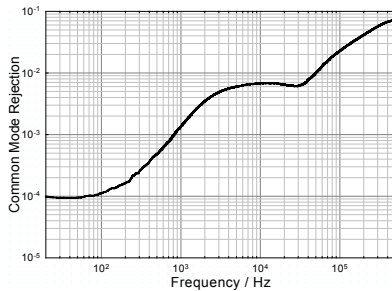


Abb. 9. Frequenzgang der Verstärkung.

Abb. 10. Übersprechen zwischen unterschiedlichen Kanälen.<sup>‡</sup>Abb. 11. Gleichtaktverstärkung.<sup>§</sup>

<sup>‡</sup> Das Übersprechen wurde als das Verhältnis der Ausgangsspannung an einem Kanal zu der Eingangsspannung an einem anderen Kanal gemessen.

<sup>§</sup> Die Gleichtaktverstärkung wurde als das Verhältnis der Ausgangsspannung zu der zwischen die Signal- und Gehäusemasse angelegten Spannung gemessen.

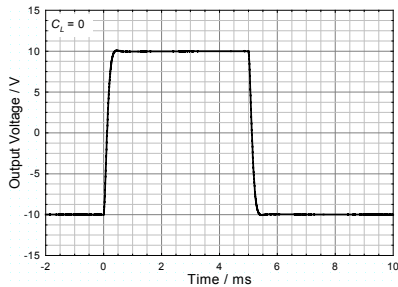


Abb. 12. Zeitlicher Verlauf des Ausgangssignals ohne Last bei einer Spannungsänderung von 20 V.

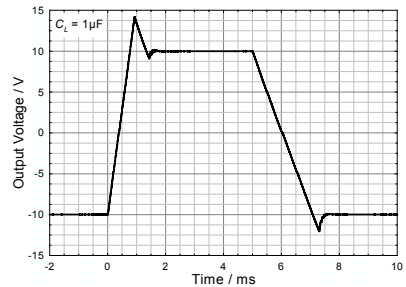


Abb. 13. Zeitlicher Verlauf des Ausgangssignals mit einer Last von  $1\mu\text{F}$  bei einer Spannungsänderung von 20 V.

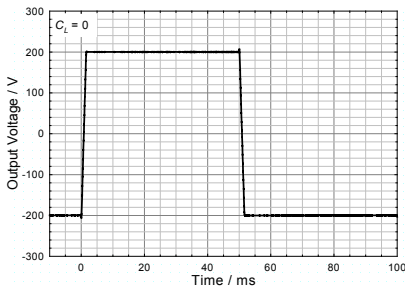


Abb. 14. Zeitlicher Verlauf des Ausgangssignals ohne Last bei einer Spannungsänderung von 400 V.

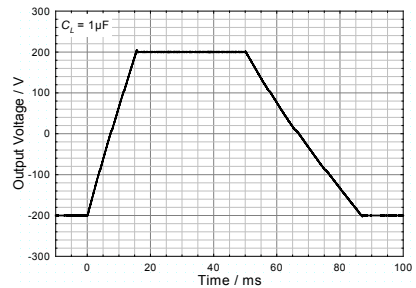


Abb. 15. Zeitlicher Verlauf des Ausgangssignals mit einer Last von  $1\mu\text{F}$  bei einer Spannungsänderung von 400 V.