

19. Tonmeistertagung 1996 in Karlsruhe

# Entwicklung und Aufbau eines digitalen 4-Wege Controllers

*A.Goertz*

*Audio & Acoustics Consulting Aachen*

**VORTRAGSANKÜNDIGUNG:** Für professionelle Beschallungslautsprecher werden häufig Controller eingesetzt, die neben der eigentlichen Frequenzweiche und Systemverzerrung auch Limiter- und Schutzfunktionen beinhalten. Mit Hilfe digitaler Signalverarbeitung können diese Funktionen gegenüber der herkömmlichen Analogtechnik deutlich verbessert werden. FIR-Filter erlauben in Kombination mit entsprechendem Down- bzw. Oversampling Frequenzweichenfunktionen mit hoher Steilheit und einer sehr exakten Systemverzerrung mit vergleichsweise geringer Rechenleistung. Desweiteren können mit vorausschauenden Limiterfunktion Übersteuerungen sicher vermieden werden, was eine optimale Ausnutzung der Lautsprecher und Endstufen erlaubt. Der Einsatz hochwertiger DA-Umsetzer in Kombination mit gestuften AD-Umsetzern stellt einen ausreichenden Störabstand und hinreichenden Headroom für den Arbeitsbereich des Limiters bereit. Neben einer ausführlichen Erläuterung des technischen Konzeptes und der verwendeten Algorithmen wird im Rahmen dieses Vortrages ein Lautsprechersystem mit digitalem Controller vorgeführt werden.

---

*Der Vortrag wurde am 17.November 1996 auf der 19. Tonmeistertagung in Karlsruhe im Rahmen des Produktforums gehalten. Weitere Informationen sind zu erhalten bei:*

*Dr. Anselm Goertz  
Audio & Acoustics Consulting  
Robensstr. 62  
D-52070 Aachen*

*Tel.: 0241/155820  
Fax: 0241/155821*

*e-mail: a.goertz@proaudio.de*

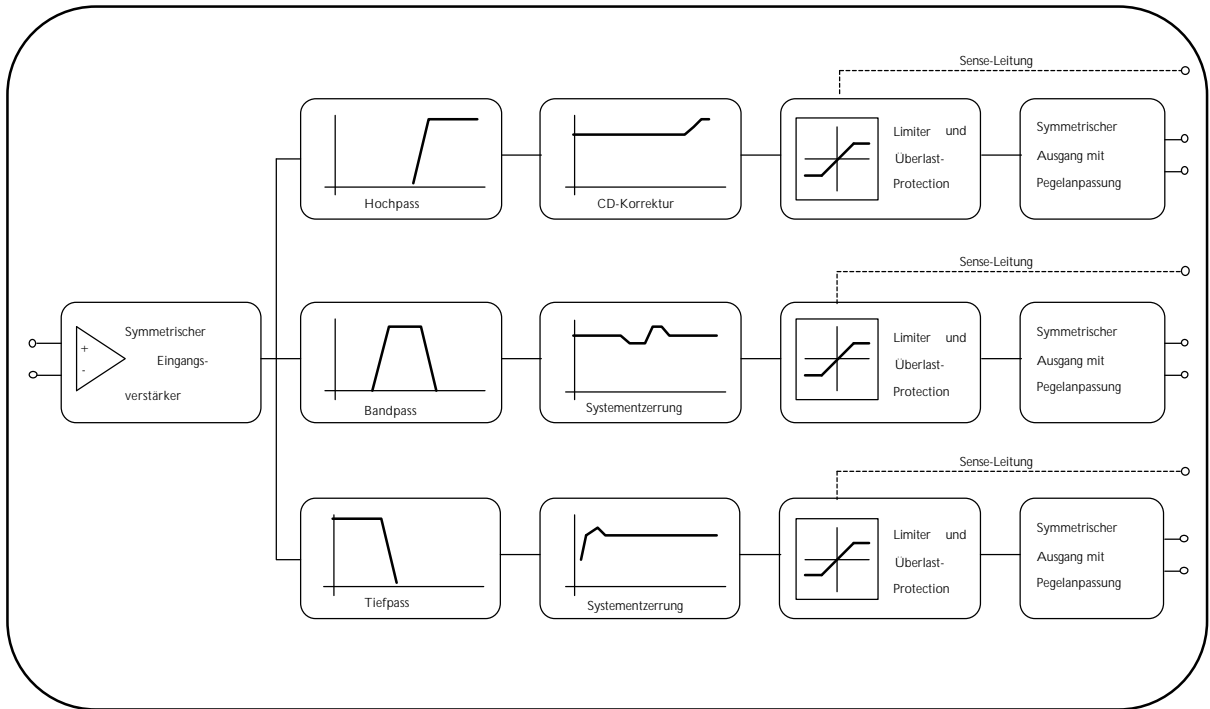


Abbildung 1 Blockschaltbild eines Controllers für Lautsprechersysteme

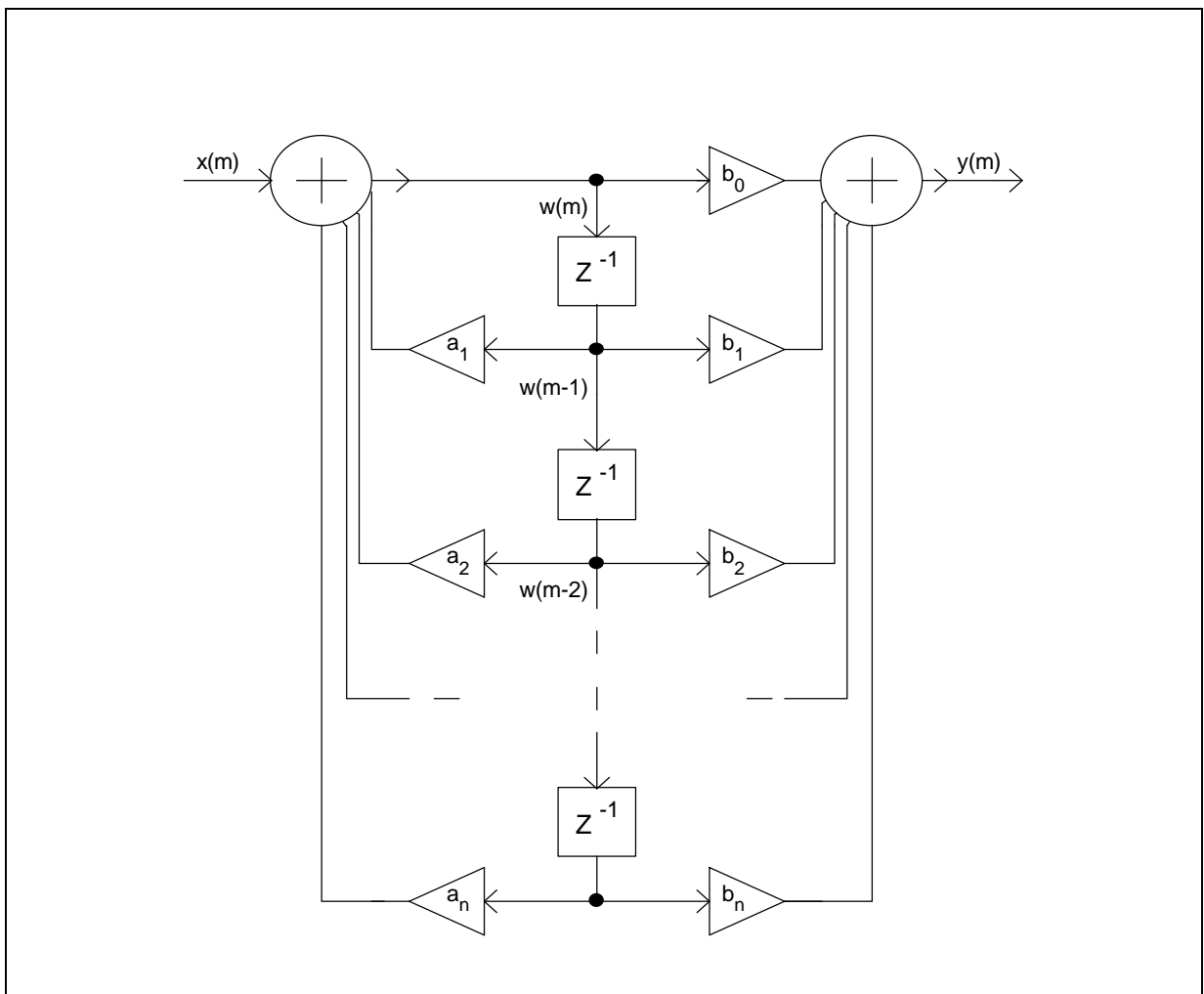


Abbildung 2 Grundstruktur eines digitalen Filters

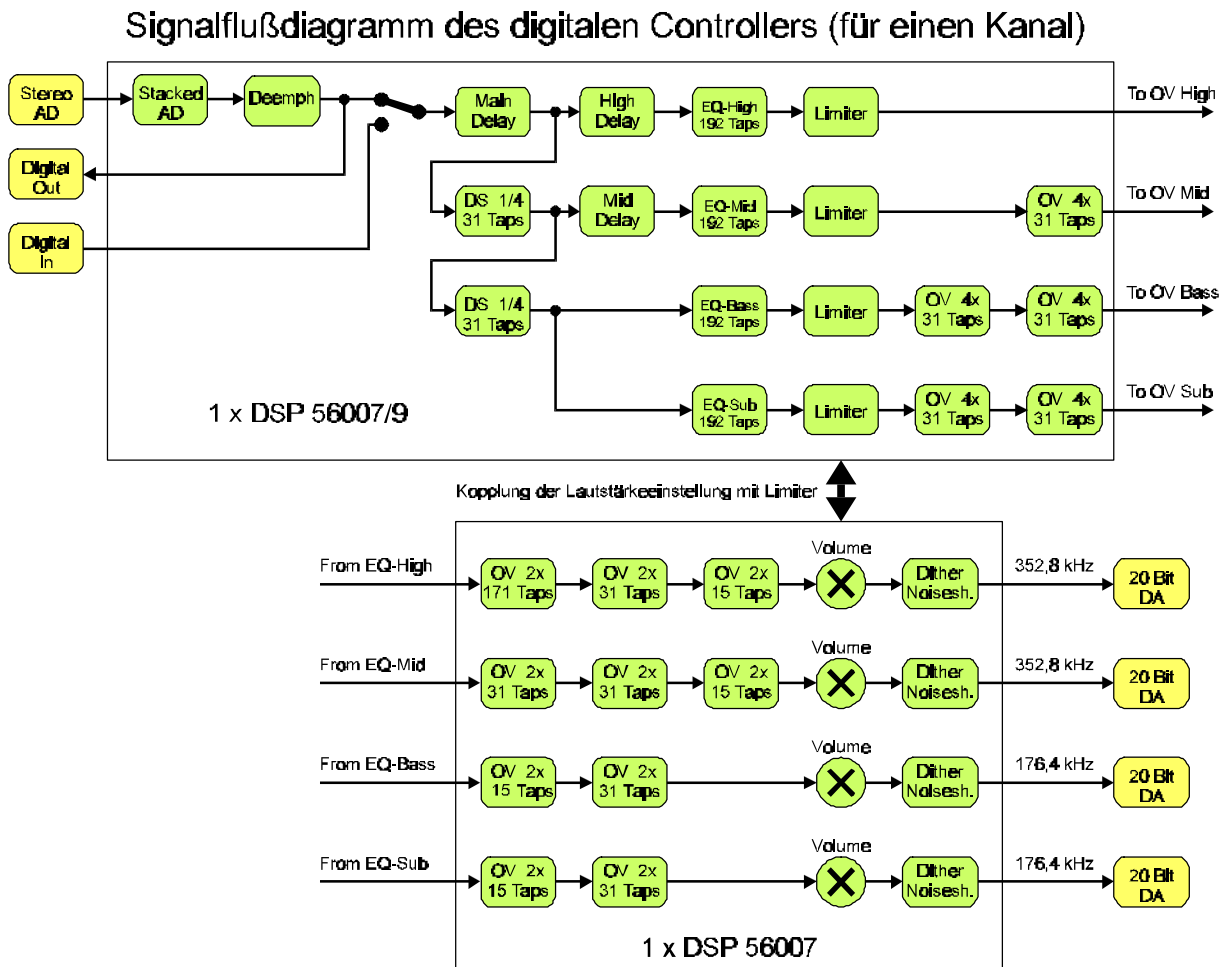
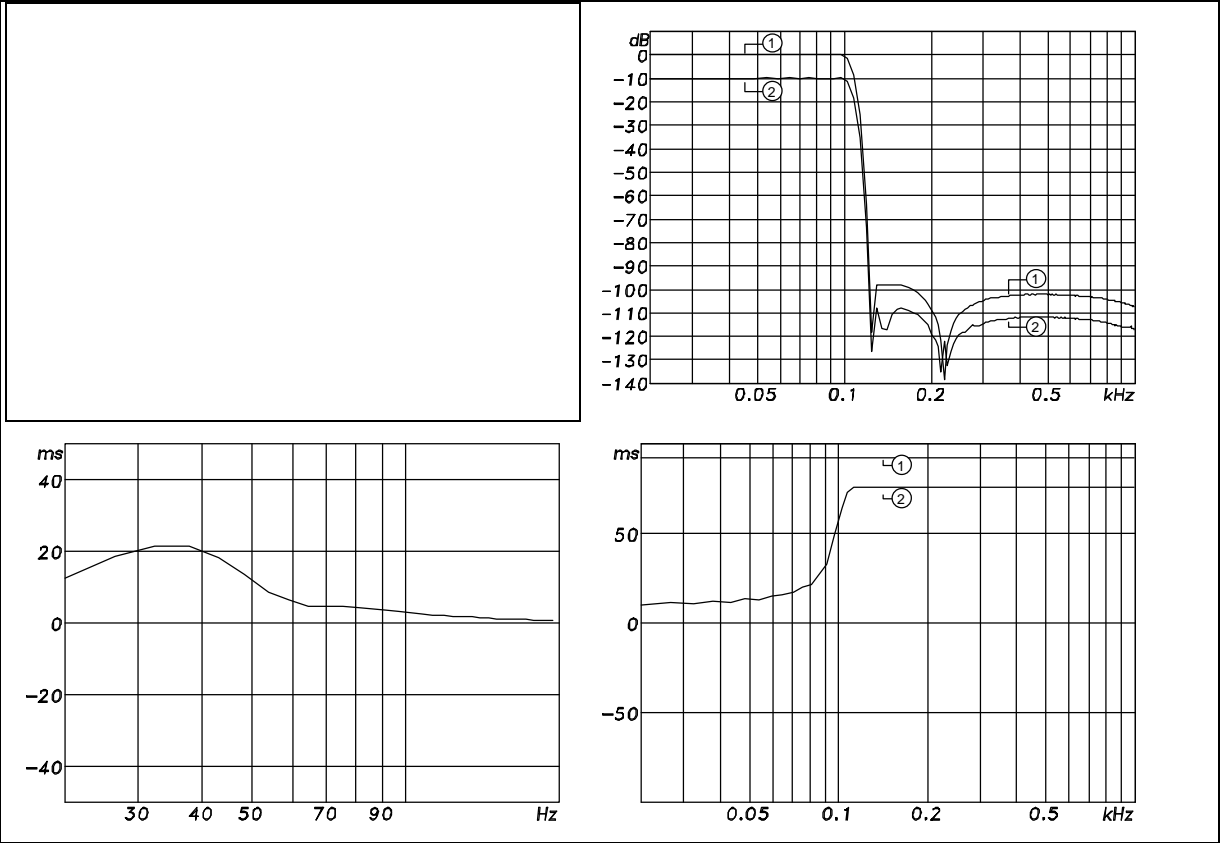
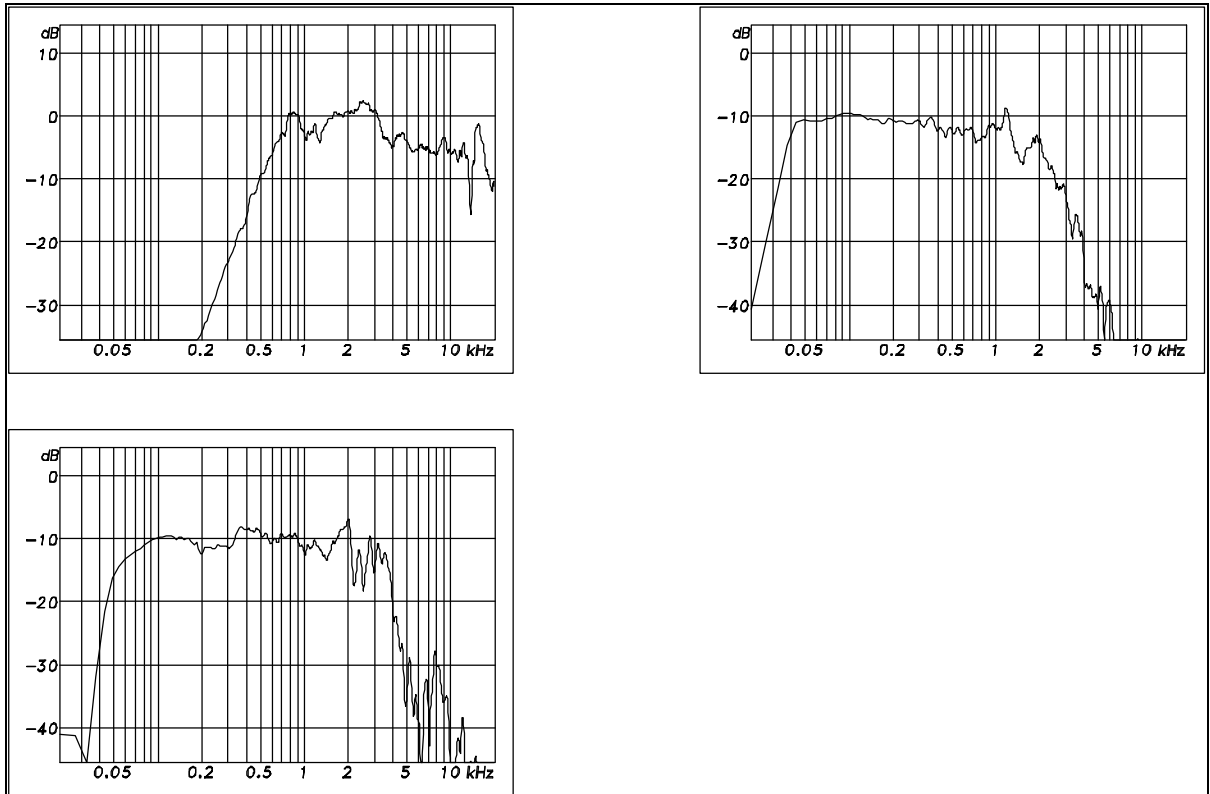


Abbildung 3 Blockschaltbild eines digitalen 4-Wege Controllers



**Abbildung 4**    linke Seite:    Betrag und Laufzeitverhalten eines Tieftöners  
 rechte Seite:    Betrag und Laufzeitverhalten eines linearphasigen (1)  
 und eines minimalphasigen (2) TP-Filters  
 (Amplitudenverlauf um 10 dB versetzt eingezeichnet)



**Abbildung 5**    Einzelfrequenzgänge eines 3-Wege Lautsprechers

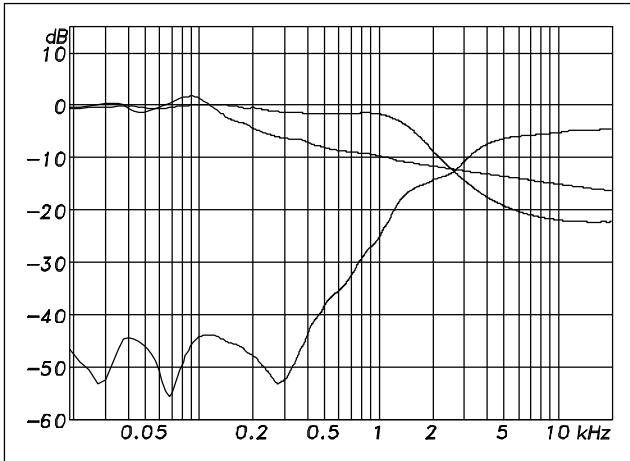


Abbildung 6 Filterfunktionen einer passiven Weiche

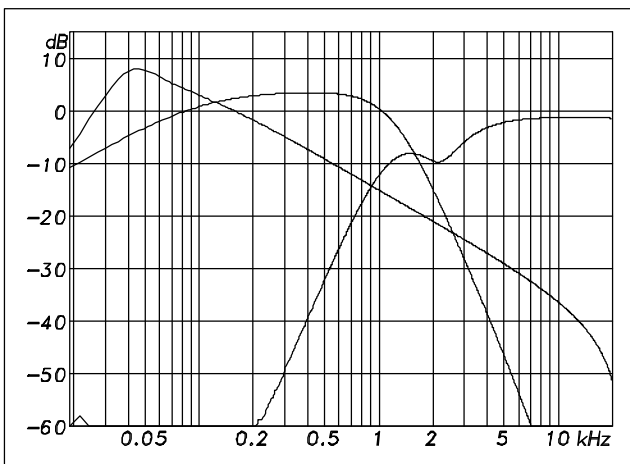


Abbildung 7 Filterfunktionen einer aktiven Weiche

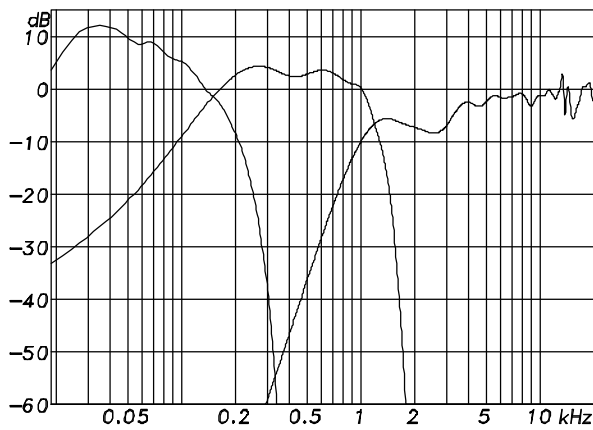


Abbildung 8 Filterfunktionen einer FIR-Filter Weiche

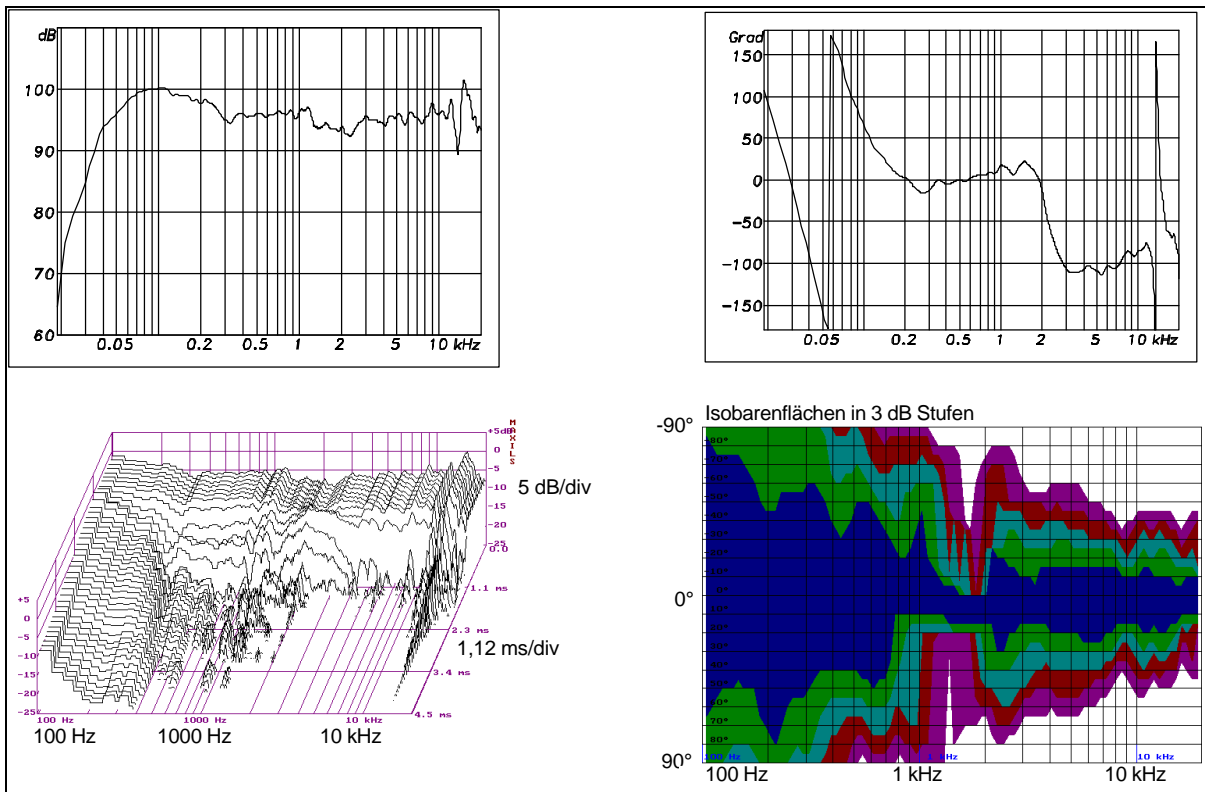


Abbildung 9 Gesamtfrequenzgang, Phasengang, Zerfallsspektrum und vertikale Isobaren des 3-Wege Systems mit passiver Weiche

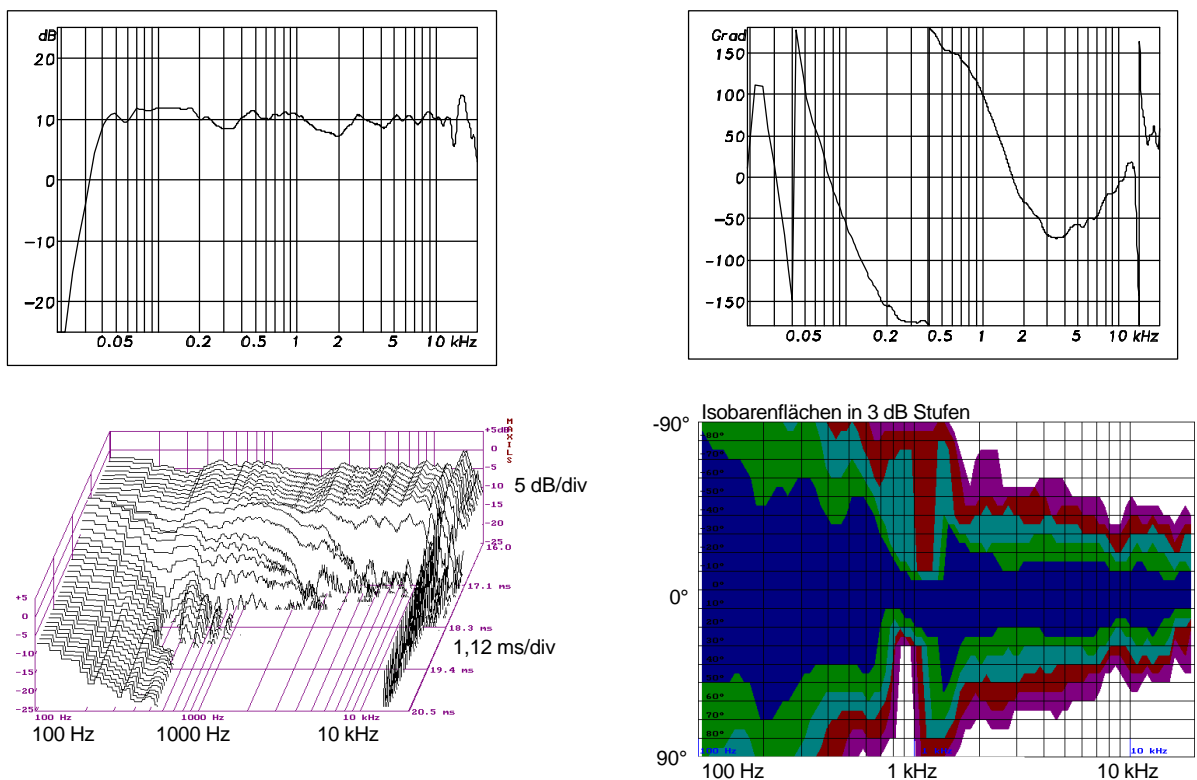


Abbildung 10 Gesamtfrequenzgang, Phasengang, Zerfallsspektrum und vertikale Isobaren des 3-Wege Systems mit aktiver Weiche

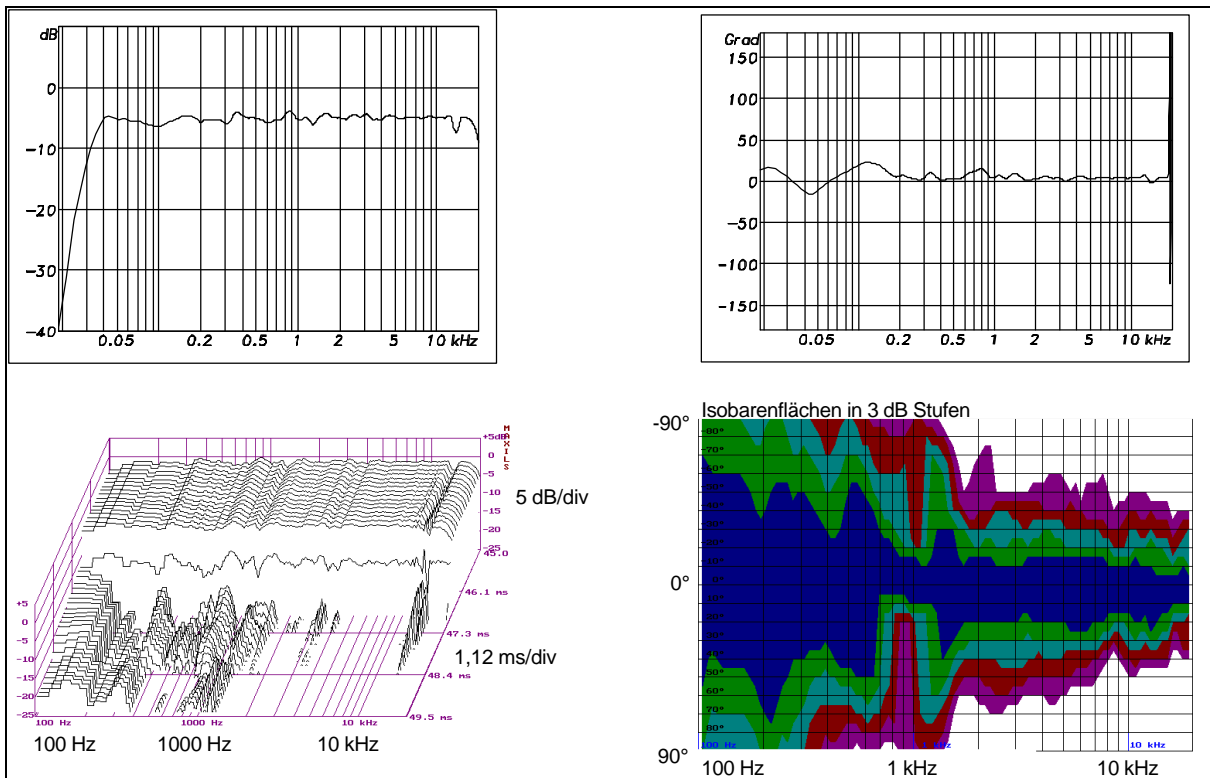


Abbildung 11 Gesamtfrequenzgang, Phasengang, Zerfallsspektrum und vertikale Isobaren des 3-Wege Systems mit FIR-Filter Weiche

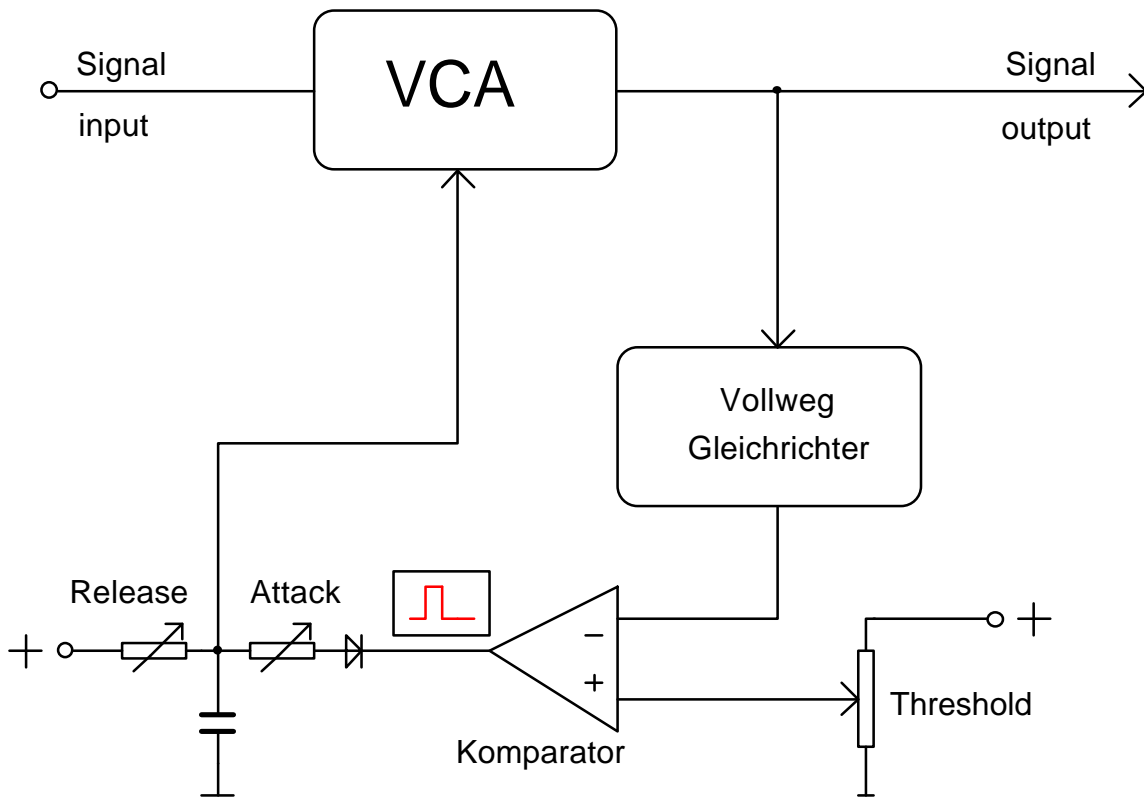


Abbildung 12 Blockschaltbild eines konventionellen Peak Limiters

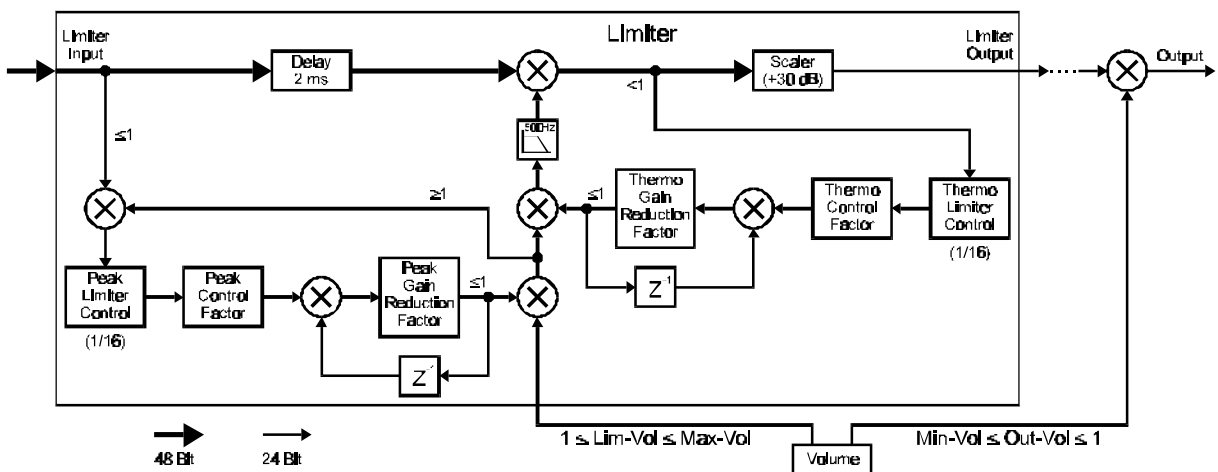


Abbildung 13 Blockschaltbild des digitalen Limiters



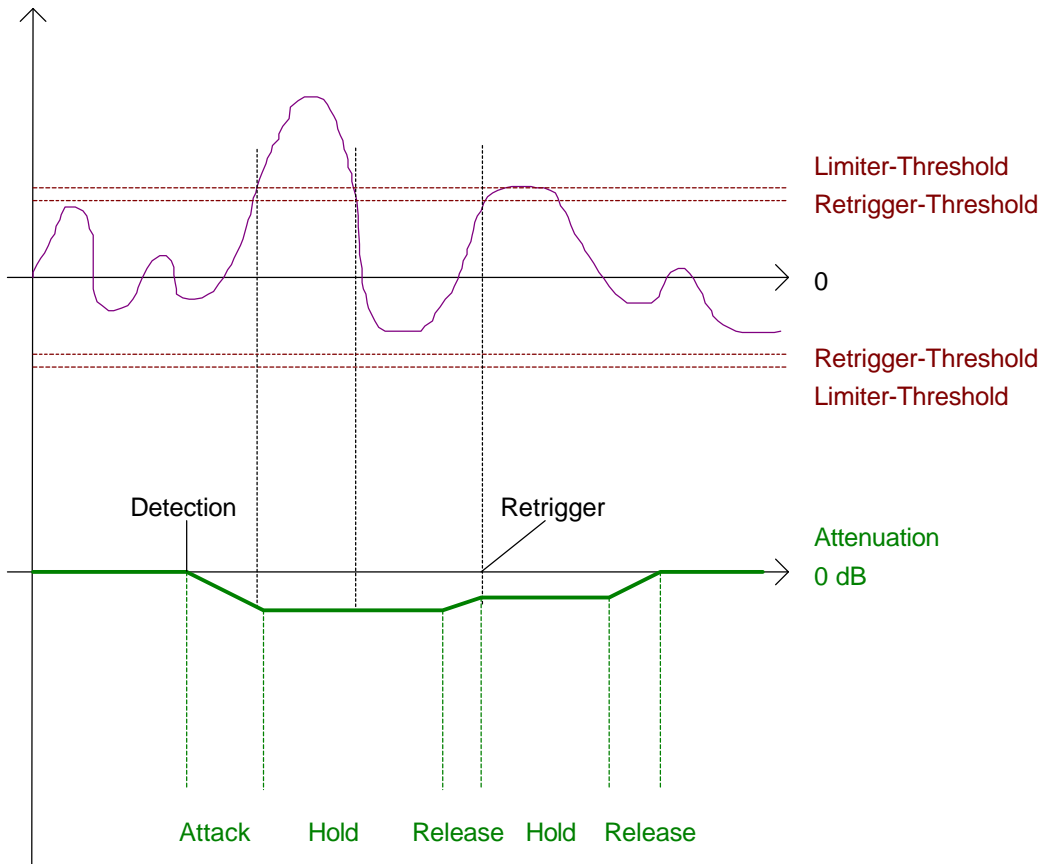


Abbildung 14 Digitaler Limiter mit vorausschauender Signalanalyse

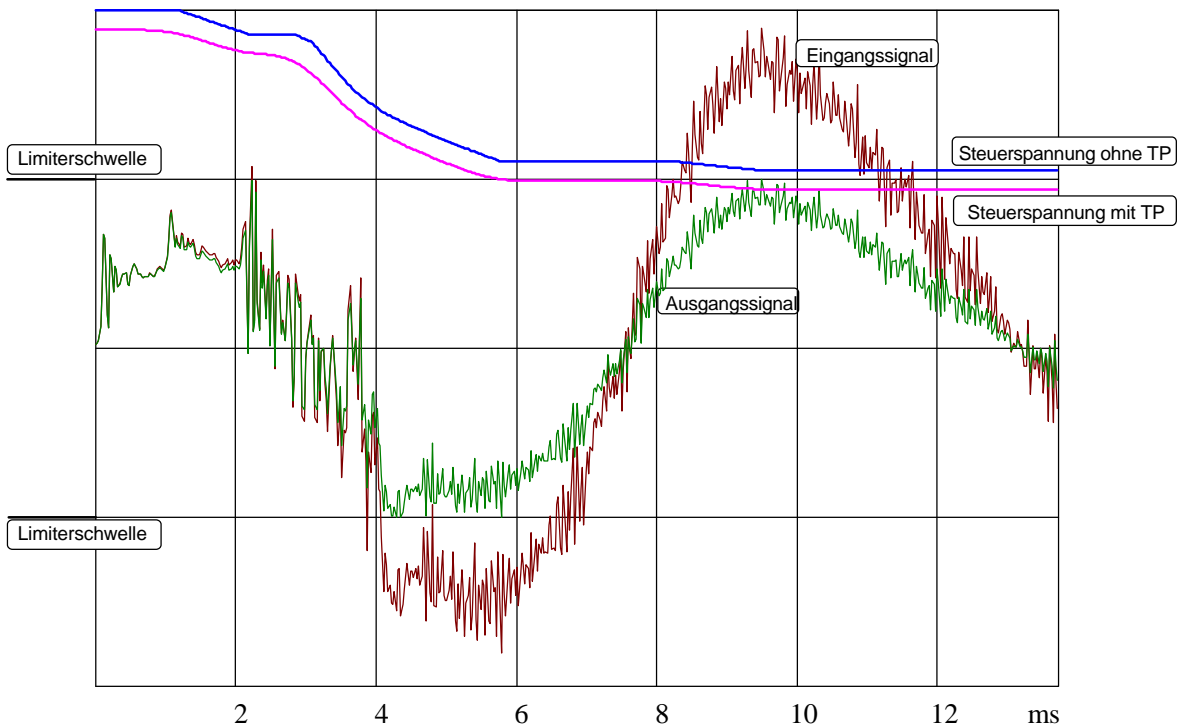


Abbildung 15 Signalbearbeitung durch den digitalen Limiter

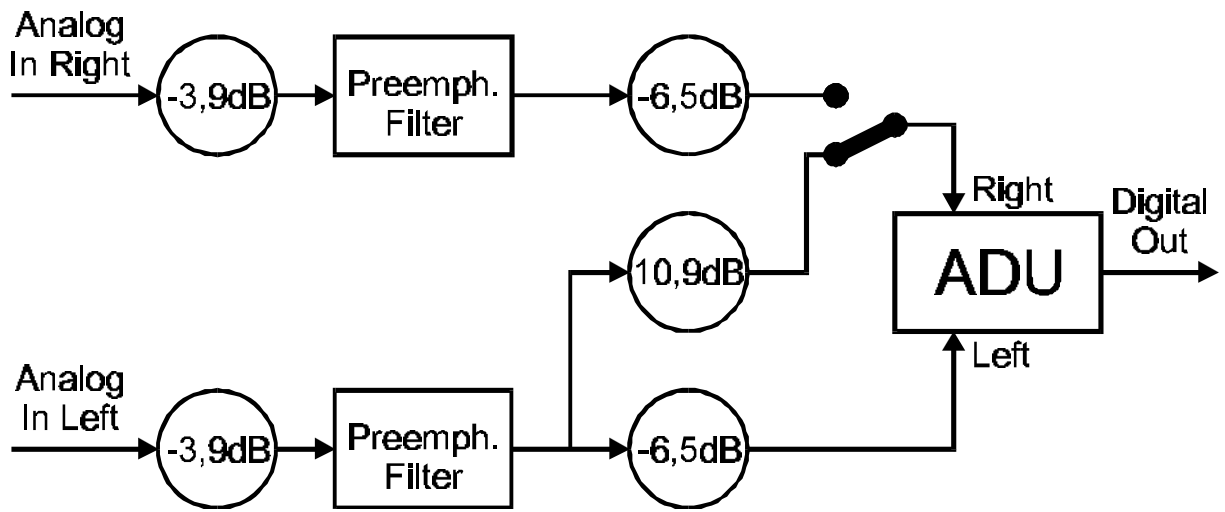


Abbildung 16 Gestufter AD-Umsetzer

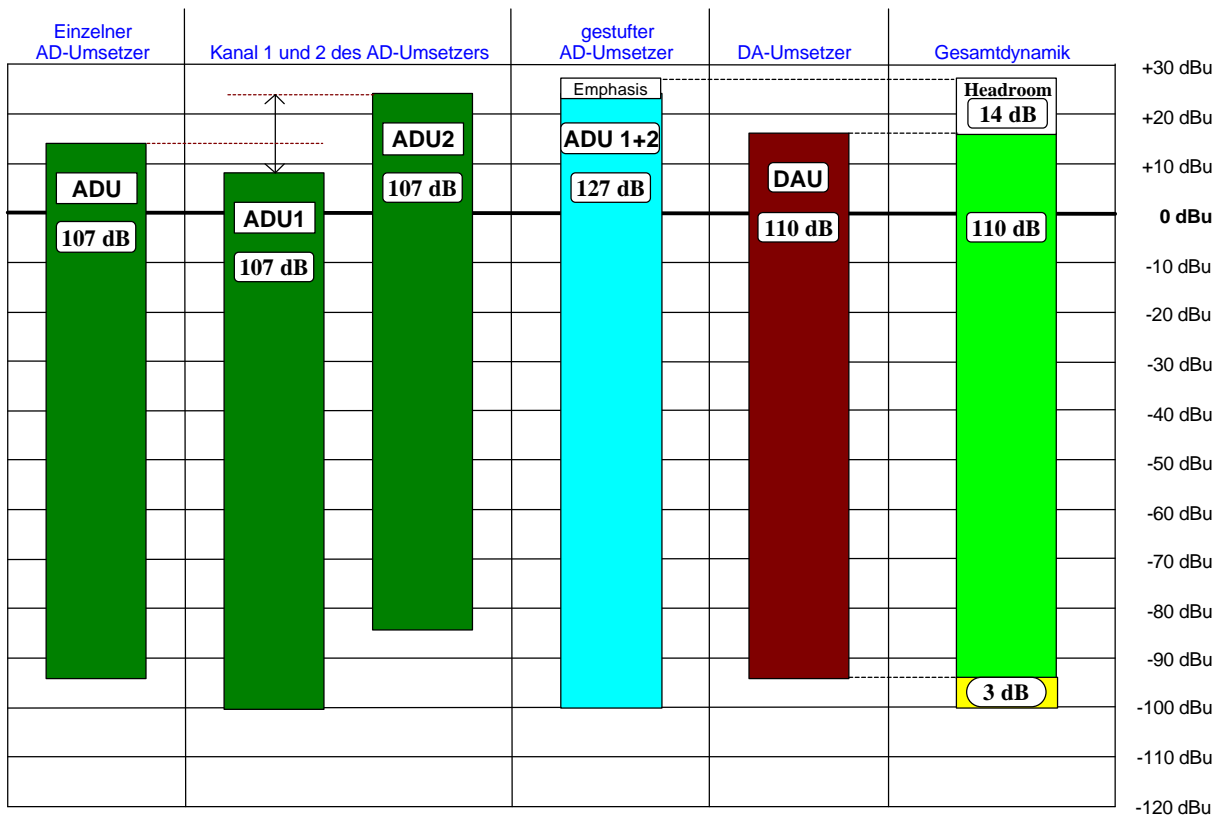


Abbildung 17 Dynamikbetrachtung  
 Verstärkungsunterschied für die AD-Umsetzer: 17,4 dB  
 Effektiver Dynamikgewinn durch Preemphasis: ca. 3 dB

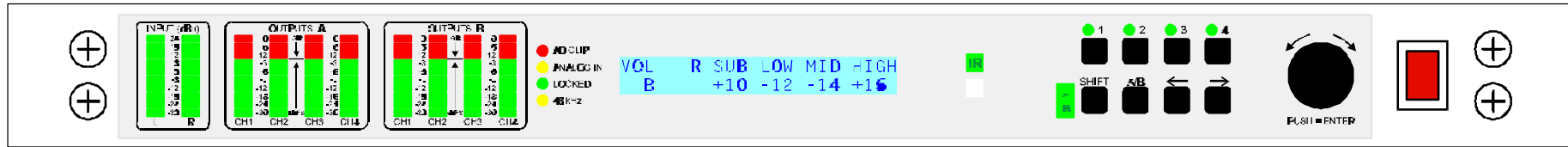


Abbildung 18 Frontansicht

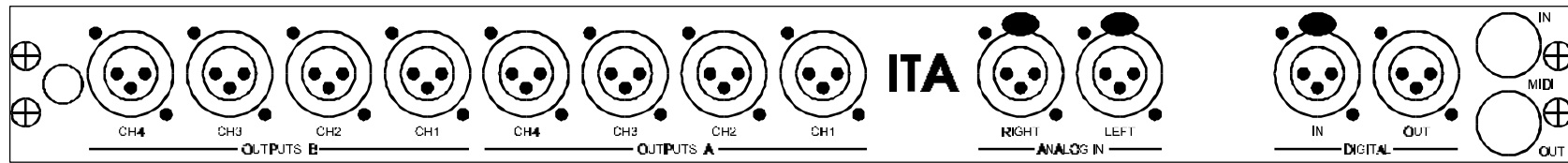


Abbildung 19 Rückansicht