



Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| 1. Zur Notwendigkeit einer verstärkten Basswiedergabe und zum Ziel der Dissertation | 3 |
| 2. Psychoakustische Grundlagen | 11 |
| 2.1. Lautstärkeempfindung | 11 |
| 2.1.1. Ruheshörschwelle | 11 |
| 2.1.2. Kurven gleicher Lautstärke | 14 |
| 2.2. Phänomen der fehlenden Grundfrequenz | 15 |
| 2.2.1. Nichtlinearitäten und Hören | 16 |
| 2.2.2. Wahrnehmung von nichtlinearen Verzerrungen | 16 |
| 2.2.3. Tonhöhenwahrnehmung und das Phänomen der fehlenden Grundfrequenz | 17 |
| 2.2.4. Signaltheoretische Betrachtung der Lochsirene | 21 |
| 2.2.5. Neuere Erkenntnisse zur Wahrnehmung des Phänomens der fehlenden Grundfrequenz | 25 |
| 3. Technik der Basswiedergabe | 31 |
| 3.1. Tieftonwiedergabe über Lautsprecher | 31 |
| 3.1.1. Ersatzschaltbild des dynamischen Lautsprechers | 32 |
| 3.1.2. Akustische Eigenschaften | 36 |
| 3.1.3. Ersatzschaltbild | 39 |
| 3.2. Beispiele für Lautsprecher in Consumer-Elektronik-Geräten | 42 |
| 3.2.1. Mobiltelefone | 42 |
| 3.2.2. Flachbild-Fernseher | 42 |
| 4. Anforderungen aus der Consumer-Elektronik an die perzeptuell verbesserte Basswiedergabe | 45 |
| 4.1. Anforderungen an eine Lösung/Implementierung im Bereich Consumer-Elektronik | 45 |
| 4.1.1. Anforderungen an Rechenleistung und Speicherbedarf | 46 |
| 4.1.2. Rechtliche Aspekte | 47 |
| 5. Lösungsansätze zur verbesserten Basswiedergabe | 49 |
| 5.1. Dynamischer Bass-Boost | 49 |
| 5.2. BaryTube | 51 |
| 5.3. Motional Feedback | 54 |



| | |
|---|------------|
| 5.4. Bestehende Verfahren, die auf dem Prinzip der fehlenden Grundfrequenz basieren | 58 |
| 5.4.1. TruBass | 58 |
| 5.4.2. MaxxBass | 61 |
| 5.4.3. Micronas Bass | 66 |
| 5.4.4. Adaptive Ultra Bass (AUB) | 67 |
| 5.4.5. Adaptive Ultra Bass II (AUBII) | 68 |
| 6. Technik New Virtual Bass mit nichtlinearer digitaler Signalverarbeitung | 73 |
| 6.1. Signalflußdiagramm | 73 |
| 6.2. Voraussetzungen zur Signalintegration | 73 |
| 6.3. Nichtlineare Elemente | 75 |
| 6.3.1. Mittelnder Vollperiodenintegrator | 75 |
| 6.3.2. Halbperiodenintegrator | 82 |
| 6.3.3. Halbperiodenintegrator mit Absolutwertbildung | 85 |
| 7. Praktische Implementierung | 89 |
| 7.1. Signal-Filterung | 89 |
| 7.1.1. Filterung im Effektkanal | 89 |
| 7.1.2. Filterung im Stereokanal | 90 |
| 7.1.3. Einfluss der Filter | 91 |
| 7.1.4. Bass-Boost | 91 |
| 8. Technische Realisierung | 93 |
| 8.1. DSP-Implementierung | 93 |
| 8.1.1. Umsetzung der IIR-Filter | 93 |
| 8.1.2. IIR-Filter mit doppelter Genauigkeit | 95 |
| 8.2. Realisierung als Effekt-Plugin | 97 |
| 8.2.1. Überprüfung der NLD | 97 |
| 9. Vergleich der Rechenleistung | 101 |
| 10. Ergebnisse | 103 |
| 10.1. Beispiel 1: Musik mit Tiefbass | 103 |
| 10.2. Beispiel 2: Filmtone | 105 |
| 11. Zusammenfassung | 109 |
| 12. Anhang | 119 |
| A. Abkürzungsverzeichnis | 119 |
| B. Filterentwurf nach Robert Bristow-Johnson | 121 |