



# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Zur Notwendigkeit einer verstärkten Basswiedergabe und zum Ziel der Dissertation</b>	<b>3</b>
<b>2. Psychoakustische Grundlagen</b>	<b>11</b>
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
<b>3. Technik der Basswiedergabe</b>	<b>31</b>
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
<b>4. Anforderungen aus der Consumer-Elektronik an die perzeptuell verbesserte Basswiedergabe</b>	<b>45</b>
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
<b>5. Lösungsansätze zur verbesserten Basswiedergabe</b>	<b>49</b>
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
<b>6.</b>	<b>Technik New Virtual Bass mit nichtlinearer digitaler Signalverarbeitung</b>	<b>73</b>
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
<b>7.</b>	<b>Praktische Implementierung</b>	<b>89</b>
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
<b>8.</b>	<b>Technische Realisierung</b>	<b>93</b>
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
<b>9.</b>	<b>Vergleich der Rechenleistung</b>	<b>101</b>
<b>10.</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>103</b>
10.1.	Beispiel 1: Musik mit Tiefbass . . . . .	103
10.2.	Beispiel 2: Filmtone . . . . .	105
<b>11.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>109</b>
<b>12.</b>	<b>Anhang</b>	<b>119</b>
A.	Abkürzungsverzeichnis . . . . .	119
B.	Filterentwurf nach Robert Bristow-Johnson . . . . .	121