

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	vii
Notation	ix
Kurzfassungen	x
1 Einleitung	1
1.1 Anwendungsszenario der automatisierten Musikklassifikation	2
1.2 Zielsetzung der Arbeit	4
1.3 Aufbau der Arbeit	6
2 Algorithmische Grundlagen zur Audio-Signalklassifikation	7
2.1 Verarbeitungsschritte der Audio-Signalklassifikation	7
2.1.1 Merkmalsextraktion	8
2.1.2 Prozessierung	14
2.1.3 Klassifikation	15
2.2 Evaluation von Klassifikationsmethoden durch die Klassifikationsgüte	17
2.2.1 Optimierung von Klassifikationsmethoden	18
2.2.2 Musik-Datenbanken und Referenzen	19
2.3 Anwendungen der Audio-Signalklassifikation	20
2.4 Stand der Technik von Musikklassifikations- und Musikempfehlungssystemen	21
2.5 Stand der Forschung im Bereich der automatisierten Musikklassifikation .	23
3 Metriken zur effizienten Exploration des applikationsspezifischen Entwurfsraums	26
3.1 Kostenfaktoren und Metriken	26
3.1.1 Kostenfaktoren	26
3.1.2 Kombinierte Kosten-Metriken	27
3.2 Quantitative Erfassung der Kostenfaktoren	28
4 Klassifikationsmethoden zur Bestimmung von Durchsatzraten	30
4.1 Software-Framework für Analysen und Demonstrationen	30
4.2 Festlegung der für Musik geeigneten Klassifikationsmethoden	32
4.2.1 Klassifikationsmethode I (MCI)	33
4.2.2 Klassifikationsmethode II (MCII)	34

4.2.3	Klassifikationsmethode III (MCIII)	37
4.2.4	Klassifikationsmethode IV (MCIV)	38
4.3	Bewertung der Klassifikationsmethoden	39
5	Konzeption der Merkmalsextraktion mit Fixpunkt-Arithmetik	43
5.1	Fixpunktzahlendarstellung	43
5.2	Algorithmen zur Approximation algebraischer Operationen	45
5.2.1	Long Division	47
5.2.2	Nonrestoring-Verfahren zur Approximation der Quadratwurzel	49
5.2.3	BKM-Algorithmus zur Approximation des natürlichen Logarithmus	50
5.3	Methodik zur Festlegung von Fixpunktattributen	52
5.3.1	Implementierung der Fixpunkt-basierten Merkmalsextraktion	54
5.3.2	Wortlängenoptimierung	55
5.3.3	Methode zur Erstellung der Fehlerspezifikation	56
5.4	Evaluation der Fixpunktattribut-Festlegung	59
6	Architekturspezifische Optimierung der Musikklassifikation	62
6.1	General Purpose Prozessoren (x86)	63
6.1.1	Bewertung der Extraktionszeiten	64
6.2	Graphics Processing Unit (GPU)	64
6.2.1	Verwendung von GPUs für allgemeine Aufgaben	64
6.2.2	GPU-spezifische Optimierung	67
6.2.3	Anwendung des CUDA-Modells auf den Extraktionsprozess	72
6.2.4	Beschleunigte Extraktion der Merkmale	73
6.2.5	Bewertung der Extraktionszeiten	75
6.2.6	Kommunikationslatenz zwischen Host und GPU	76
6.3	RISC-basierte Architekturen	77
6.3.1	ARM-Cortex A8	78
6.3.2	Laufzeitanalyse der Verarbeitungsschritte	79
6.3.3	Analyse der FFT Extraktion	80
6.3.4	Bewertung der Extraktionszeiten	82
6.4	Digitale Signalprozessoren	82
6.4.1	TI C674x DSP	83
6.4.2	Optimierung der Merkmalsextraktion	85
6.4.3	Bewertung der Extraktionszeiten	86
6.4.4	Kommunikationslatenz im Betrieb in einer heterogenen Architektur	87
6.5	Applikationsspezifische Instruktionssatz Prozessoren	88
6.5.1	ARC600 Architektur	88
6.5.2	Anwendungsspezifische Optimierung des ARC600	90
6.5.3	Bewertung der Extraktionszeiten	99
6.6	Dedizierte Hardware-Architektur	99
6.6.1	Schnittstellen-Spezifikation	101

6.6.2	Pipeline FFT-Prozessor	102
6.6.3	Funktionseinheiten für mathematische Operationen	104
6.6.4	Design der Extraktionseinheiten am Beispiel der MFCC Merkmale	108
6.6.5	Sortier-Modul zur Extraktion des OSC Merkmals	110
6.6.6	Kommunikationslatenz: Konzepte zur Übertragung extrahierter Merkmale in externen Speicher	111
6.6.7	Verifikationsumgebung	113
6.6.8	FPGA- und ASIC-spezifische Implementierung	114
7	Evaluation des quantitativ erfassten Entwurfsraums	118
7.1	Architektur-spezifische Laufzeitevaluation der vollständigen Musikklassifikation	118
7.2	Bewertung der Architekturansätze zur beschleunigten Merkmalsextraktion	120
7.3	Energie- und Flächeneffizienz von Architekturen zur Merkmalsextraktion	123
7.4	Bewertung heterogener Architekturansätze	126
7.4.1	Laufzeiten heterogener Architekturen	127
7.4.2	ATE-Kosten heterogener Architekturen	129
7.5	Bewertung der Ergebnisse für Endbenutzer-Geräte	131
7.5.1	Trainingslaufzeiten	132
7.5.2	Laufzeiten bei Analyse von Musikdaten auf externen Speichermedien	133
7.5.3	Laufzeiten bei komprimierten Musikdaten	134
8	Anwendung des quantitativ erfassten Entwurfsraums für die Audio-Szenen-Erkennung	136
8.1	Bewertung Architektur-spezifischer Eigenschaften für die Audio-Szenen-Erkennung	136
8.2	Klassifikationsgüten bei der Audio-Szenen Erkennung	138
9	Zusammenfassung	141
A	Software-Framework	144
A.1	Algorithmen-Übersicht	144
A.2	Anwendungsbeispiele	145
A.3	Implementierte Klassifikationsmethoden	146
B	Messergebnisse des ARC600	147
B.1	Daten-Cache abhängige Laufzeiten des ARC600	147
B.2	Instruktions-Cache abhängige Laufzeiten des ARC600	148
B.3	Effizienzwerte des ARC600 bei verschiedenen Konfigurationen	149
C	Evaluationsergebnisse	150
	Literaturverzeichnis	154