

Entwicklung eines Maßes für Rhythmuskomplexität

Projektarbeit

Linda Lühtrath

Betreuung: Johannes Luig

Graz, 17. März 2014



Universität für Musik und darstellende
Kunst Graz
Institut für elektronische Musik und Akus-
tik

Zusammenfassung

Rhythmik spielt nicht nur in der Musikwissenschaft, sondern auch in der Sprachwissenschaft eine große Rolle. Ein markantes Merkmal zur Beschreibung eines Rhythmus ist seine Komplexität. Um diese in Zahlen zu fassen, findet man in der Literatur diverse Ansätze, die entweder auf Hörversuchen oder auf mathematischen Modellen beruhen. In dieser Arbeit wird auf verschiedene Algorithmen eingegangen, die sich in Versuchen aus vorigen Studien als gute Messmethoden der Komplexität von Rhythmen in der Musik erwiesen haben. Diese Maße sind jedoch im Allgemeinen für die Rhythmusbewertung bei Sprache nicht verwendbar, da sie auf der Annahme eines definierten zugrunde liegenden Metrums beruhen. In dieser Projektarbeit wird eine bestehende Idee für ein neues Komplexitätsmaß entwickelt und mit ausgewählten Referenzmaßen verglichen. Umgesetzt wird dies mithilfe von Matlab.

Rhythm is important not only in music theory, but also in linguistics. One distinctive feature for the description of a rhythm is its complexity. In the literature, there are some approaches based on perception tests or mathematical models which try to express these complexities within a fixed scale. In this thesis, the best-performing measures for rhythm complexity are described. These measures can not generally be used for measuring rhythm complexity in speech, because they implicitly assume an underlying metric. In this thesis, a novel measure for rhythm complexity which is also applicable for speech is developed and compared to selected reference measurements. The algorithms are implemented with matlab.

Inhaltsverzeichnis

1	Register	6
2	Experimentelle Komplexit��tsmessungen	9
2.1	Wiedergabekomplexität - Povel und Essens	9
2.2	Wahrgenommene Komplexität - Shmulevich und Povel	11
2.3	��Meter�� Komplexität - Fitch und Rosenfeld	12
3	Komplexitätsmaße	16
3.1	Toussaints metrische Komplexität	16
3.2	��Weighted Note-to-Beat Distance Measure��	18
3.3	Longuet-Higgins und Lee Komplexität	20
3.4	��Tanguiane ��s Unconstrained Complexity��	24
3.5	Informations Entropie	26
3.6	Normalisierungen	28
3.6.1	Palmer und Krumhansl	28
3.6.2	Onset Normalisierung	29
3.6.3	Puls Normalisierung	30
3.6.4	Puls-Onset-Normalisierung	30
3.6.5	Euler-Gewichtung	30
4	Eigener Algorithmus	31
4.1	Methodik	31
4.1.1	Signalgenerierung	33
4.1.2	Flatness-Messung	35
4.1.3	Zweithöchster Peak	36
4.1.4	Informationsentropie	38
4.1.5	Darstellungsformen	38

<i>L. Lühtrath: Entwicklung eines Maßes für Rhythmuskomplexität</i>	4
5 Vergleich der eigenen mit den existenten Maßen anhand des subjektiven Komplexitätsempfindens aus vorherigen Versuchen	40
6 Ergebnisse Experiment 1	48
6.1 Diskriminierung des Stresslevels und der gesprochenen Sätze	48
6.2 Zusammenfassung der Diskriminierung des Stresslevels und der gesprochenen Sätze	57
7 Ergebnisse Experiment 2	58
7.1 Analyse der Emotionen pro Sprecher	60
7.1.1 Sprecher 1	60
7.1.2 Sprecher 2	62
7.1.3 Sprecher 3	64
7.1.4 Sprecher 4	66
7.1.5 Sprecher 5	68
7.1.6 Sprecher 6	70
7.1.7 Sprecher 7	72
7.1.8 Sprecher 8	74
7.1.9 Sprecher 9	76
7.1.10 Sprecher 10	78
7.1.11 Zusammenfassung	80
7.2 Analyse der Sprecherdiskriminierung anhand der einzelnen Emotionen	83
7.2.1 Happy	83
7.2.2 Angry	86
7.2.3 Neutral	88
7.2.4 Bored	90
7.2.5 Sad	92
7.2.6 Anxious	95
7.2.7 Disgusted	97
7.2.8 Zusammenfassung der Beobachtungen für die Sprecherdiskriminierung anhand der verschiedenen Emotionen	99
7.3 Analyse der Sprecherdiskriminierung über alle Sätze und alle Emotionen	100
7.3.1 Zusammenfassung der Sprecherdiskriminierung	105
7.4 Geschlechtsdiskriminierung anhand der Sätze	106

<i>L. Lühtrath: Entwicklung eines Maßes für Rhythmuskomplexität</i>	5
8 Zusammenfassung	112
A Anhang	113
A.1 Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Diskriminierung des Stresslevels und der Sätze aus Experiment 1	113
A.2 Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Emotionsdiskriminierung der verschiedenen Sprecher aus Experiment 2	119
A.3 Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Sprecherdiskriminierung für die einzelnen Emotionen aus Experiment 2	130
A.3.1 Emotion: Happy	130
A.3.2 Emotion: Angry	133
A.3.3 Emotion: Neutral	136
A.3.4 Emotion: Bored	139
A.3.5 Emotion: Sad	142
A.3.6 Emotion: Anxious	146
A.3.7 Emotion: Disgusted	149
A.4 Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Sprecherdiskriminierung über alle Emotionen und Sätze aus Experiment 2	152

1 Register

Um mögliche Fehlinterpretationen zu vermeiden, werden zunächst einige Begriffe erläutert, die in dieser Arbeit verwendet werden.

Rhythmus: Der Rhythmus beschreibt die „zeitliche Gliederung des melodischen Flusses, die sich aus der Abstufung der Tonstärke, der Tondauer und des Tempos ergibt“. [1]

Puls/Grundschat: Der Puls bezeichnet die dem Rhythmus zu Grunde liegende Zeiteinheit, welche nicht weiter unterteilbar ist. [2]

Er kann als „Unterteilung der dahinfließenden Zeit durch gleichmäßige Impulse“ [3] angesehen werden.

Tondauer: Die Tondauer ist abhängig vom Notenwert (Ganze-, Halbe-, Viertel-, Achtel-, Sechzehntelnote etc.). Sie beschreibt, wie lange ein Ton in Abhängigkeit von seinem Notenwert gehalten wird.

Eine Tondauer setzt sich aus einer gewissen Anzahl an Pulsen zusammen. [2]

Thul [2] definiert die Tondauer auch als Anzahl an Zeiteinheiten/Pulsen zwischen den Noten.

Onset/Einsatz: Jene Pulse, wo ein Anschlag stattfindet werden Onsets genannt. [2]

Beat/Schlag: Ein Beat bezeichnet einen stark akzentuierten Puls. Welche Pulse betont werden, wird vom Metrum/von der Taktart vorgegeben.

Metrum: Das Metrum bezeichnet die gleichmäßige Einteilung der Pulse auf den Takt [2]. Die Pulse ziehen sich wie ein Raster durch das Metrum. Mit zunehmender Pulsanzahl wird das Metrum stärker unterteilt und somit besser aufgelöst. In einem 4/4 Takt fallen 4 Beats auf Pulse von Vielfachen von 4, beispielsweise auf 4 Pulse, 8 Pulse, 12 Pulse, 16 Pulse etc. Die Viertelnoten stellen im 4/4-Takt somit die Beats dar.

Zwei Achtelnoten weisen die gleiche Länge wie eine Viertelnote auf. Die erste Achtelnote am Beginn des Taktes würde auf einen betonten Puls, somit einen Beat fallen. Dies wäre beispielsweise Puls 0. Die zweite Achtelnote hingegen würde zwischen zwei Beats, in diesem Beispiel somit auf den unbetonten Puls 2 (siehe Abbildung 1) fallen.

Je nach Wahl der Pulsanzahl und somit der Auflösung könnte dies beispielsweise bedeuten, dass:

- bei einem 4/4 Takt 4 Beats auf 16 Pulse fallen. Somit ist Puls 0, 4, 8 und 12 ein Beat

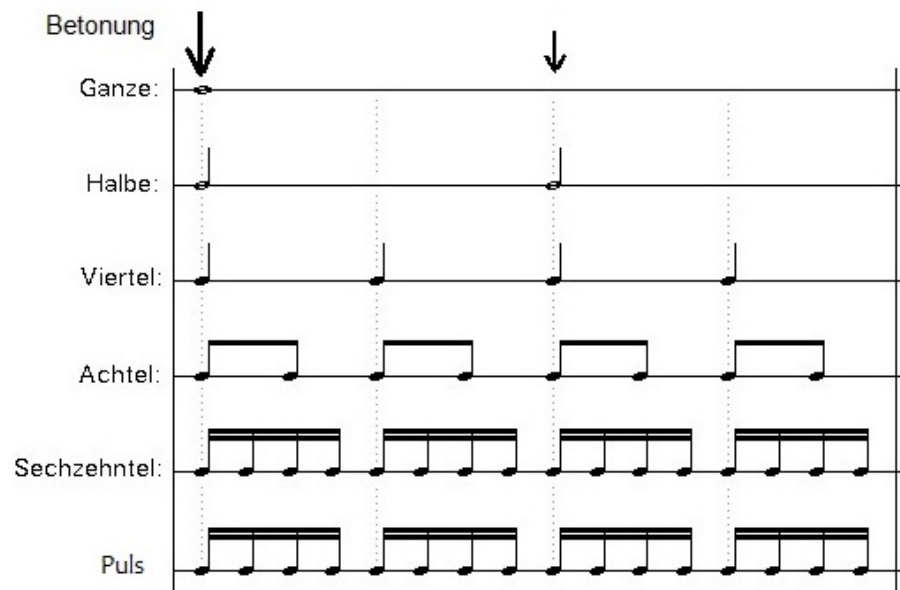


Abbildung 1: Beispiel des Metrums eines Vier-Viertel-Taktes für verschiedene Notenwerte. Hier ist der erste Schlag des Taktes stark betont, der dritte etwas leichter. In diesem Beispiel fallen 4 Beats auf 16 Pulse. (Die zugrundeliegende Graphik entstammt aus Referenz [4])

- bei einem $3/4$ Takt 3 Beats auf 12 Pulse fallen. Hier sind Puls 0, 4 und 8 Beats
- bei einem $2/4$ Takt 2 Beats auf 16 Pulse fallen. Puls 0 und 8 sind betont und stellen somit Beats dar
- bei einem $6/8$ Takt 6 Beats auf 12 Pulse fallen. Puls 0, 2, 4, 6, 8, 10 sind somit Beats. [2]

Synkopierung: Als Sykopierung versteht man die Betonung einer eigentlich unbetonen Taktzeit.

Inter-Onset-Intervall: Inter-Onset-Intervalle sind die Abstände zwischen den verschiedenen Anschlägen in einem Rhythmus.

Inter-Onset-Intervall-Histogramm: Ein Inter-Onset-Intervall-Histogramm ergibt sich aus der Anzahl des Vorkommens von Intervallen zwischen Anschlägen im Rhythmus über den jeweiligen Intervallen.

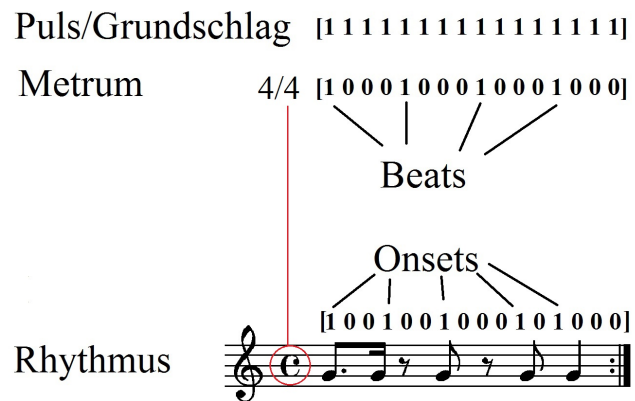


Abbildung 2: Beschreibung der Begriffe Puls/Grundschat, Rhythmus, Metrum, Onset anhand des Rhythmus Clave Son (der Rhythmus wurde entnommen aus [2])

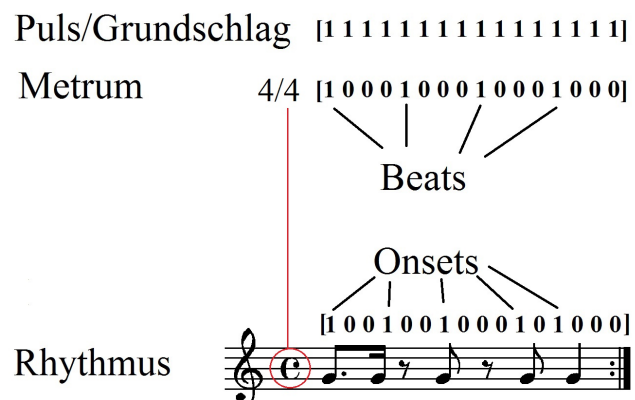


Abbildung 3: Inter-Onset-Intervall-Histogramm für den Rhythmus „Clave Son“

2 Experimentelle Komplexitätsmessungen

In diesem Kapitel werden einige Versuche beschrieben, in denen Versuchspersonen die Komplexität verschiedener Rhythmen bewerteten. Ziel dieser Arbeit ist es, mithilfe eines Algorithmus die Komplexität verschiedener Rhythmen vorherzusagen. Die Ergebnisse des entworfenen Algorithmus sollten im besten Fall mit den subjektiven Komplexitätsbewertungen der folgenden Studien übereinstimmen.

2.1 Wiedergabekomplexität - Povel und Essens

Povel und Essens [5] untersuchten die Komplexität verschiedener Rhythmen daran, wie schwer es Versuchspersonen fiel, diese Rhythmen wiederzugeben. Als Stimuli verwendeten sie, wie in einem Versuch nach ihnen Shmulevich und Povel [6], 35 Sequenzen, welche Permutationen der Kombination $[1\ 1\ 1\ 1\ 2\ 2\ 3\ 4]$ waren. Hier symbolisieren die Zahlen 1 bis 4 folgende Zeitintervalle:

1 = 200 ms,

2 = 400 ms,

3 = 600 ms und

4 = 800 ms.

Die Töne wurden als Rechtecksignale mit 5 Millisekunden Anstiegs- und Abstiegszeit generiert.

An der Studie nahmen 24 Studenten der Psychologie-Abteilung der Nijmegen University als Versuchspersonen teil. Zuvor wurde jede Versuchsperson mit zehn Trainingsdurchläufen geschult. Die Sequenzen wurden in zufälliger Reihenfolge wiedergegeben und über Kopfhörer dargeboten. Die Versuchsperson konnte die Sequenz je nach Belieben so oft wie möglich hören und wurde aufgefordert, mit zu klopfen. Hatte die Versuchsperson das Gefühl den Rhythmus genug zu kennen, konnte sie die Wiedergabe stoppen und musste daraufhin vier Perioden der gehörten Sequenz wiedergeben. Anschließend konnte die Versuchsperson entscheiden, ob sie die Wiedergabe beenden und zum nächsten Stimulus übergehen, oder bei unzufriedener Leistung das momentane Pattern wiederholen wollte.

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Studie aufgelistet. Es wurde eine Nummerierung der Patterns eingeführt, auf die aus Übersichtsgründen im Laufe dieser Arbeit zurückgegriffen wird.

Povel und Essens berechneten anschließend die mittlere prozentuale Abweichung der Reproduktionsgenauigkeit.

Die Genauigkeit der Wiedergabe wurde als Mittelwert der Abweichung zwischen den Intervallen in der präsentierten und in der wiedergegebenen Sequenz definiert.

Tabelle 1: Bewertung der Wiedergabekomplexität von verschiedenen Rhythmen aus dem Versuch von Povel und Essens [5] sowie der wahrgenommenen Komplexität aus dem Versuch von Shmulevich und Povel [6].

No	Pattern/Rhythmus	Wiedergabe- kom- plexität	Wahrgenommene Komplexität
1	1111100110101000	5	1,56
2	1110101110011000	1	2,12
3	1110101110011000	0	2,08
4	1011101110011000	2	1,88
5	1010111110011000	3	1,80
6	1110111011001000	9	2,44
7	1011110110011000	7	2,20
8	1100111110101000	4	2,56
9	1100101110111000	14	3,00
10	1011101111001000	18	2,04
11	1110101110011000	19	2,76
12	1101111010011000	15	2,72
13	1101101111001000	13	3,00
14	1100110110111000	17	3,16
15	1110101110011000	10	2,04
16	1101111011001000	11	2,88
17	1101110111001000	17	2,60
18	1101110011011000	22	2,60
19	1100110111101000	21	2,64
20	1100110111011000	25	3,24
21	1111101101001000	29	3,08
22	1111010011101000	20	3,04
23	1110101110011000	16	3,04
24	1011100101111000	6	2,56
25	1010011110111000	8	2,56
26	1111010100111000	26	2,84
27	1101110100111000	23	3,60
28	1101001110111000	32	2,68
29	1011110100111000	28	3,28
30	1001111101101000	21	3,08
31	1111011100101000	30	3,52
32	1111001101101000	31	3,60
33	1101111001101000	24	3,04
34	1101001111101000	33	2,88
35	1010011101111000	12	3,08

2.2 Wahrgenommene Komplexität - Shmulevich und Povel

Shmulevich und Povel [6] führten einen Versuch durch, in dem Versuchspersonen die Komplexität verschiedener Rhythmen bewerteten.

Es wurden ideale, quantisierte Rhythmen verwendet, die synthetisch erstellt wurden, sodass kein Delay durch die Person, welche den Rhythmus produziert, verursacht werden konnte. Ein weiterer Vorteil dieser Methode ist, dass der Rhythmus in musikalischer Notation angeschrieben werden kann. Shmulevich und Povel definierten die Sechzehntelnote als kleinste verwendete Notendauer. Dargestellt wurden die Rhythmen in einem String, wobei 1en einen Onset und 0en keinen Onset markierten. Diese Rhythmen wurden den Versuchspersonen in einer Schleife vorgespielt.

Von Shmulevich und Povel wird davon ausgegangen, dass Menschen eine interne Clock besitzen. Dies äußert sich beispielsweise durch Wippen mit dem Fuß und der Erkennung einer rhythmischen Struktur als Reaktion auf ein akustisches Signal. Diese interne Clock gibt den Beat vor und teilt somit den Rhythmus in gleiche Intervalle ein. Für einen gegebenen Rhythmus können laut Shmulevich und Povel verschiedene Clocks verwendet werden.

Ein Pattern wird als komplex bewertet, wenn entweder keine interne Clock vorhanden ist, oder wenn die Kodierung des Patterns komplex ist.

An dem Versuch von Shmulevich und Povel nahmen 25 Versuchspersonen - Studenten der University of Nijmegen - mit einem Altersdurchschnitt von 20 Jahren teil. Alle Versuchspersonen waren Musiker mit durchschnittlich 9.2 Jahren praktischer Erfahrung. Die verwendeten Stimuli stammten aus der Studie von Povel und Essens [5]. Sie stellten Patterns mit 4 verschiedenen Intervallen von 200 ms, 400 ms, 600 ms und 800 ms dar. Zur Vereinfachung der Schreibweise wurden die verschiedenen Intervalle mit folgenden Kürzeln bezeichnet:

200 ms = 1

400 ms = 2

600 ms = 3

800 ms = 4

Die Patterns sind Vertauschungen der Intervall-Kombination [1 1 1 1 2 2 3 4], wobei das Intervall mit der Länge von 800 ms immer an das Ende des Patterns gesetzt wurde.

Die 35 verwendeten Patterns und deren, von den Versuchspersonen bestimmte Komplexität sind obiger Tabelle 1 ersichtlich.

Zur Generierung der Audiosignale wurde ein Rhodes 760 MIDI-Synthesizer verwendet, auf welchem das mittlere C mit 261,6 Hz in Verwendung des Marimba-Sounds abgespielt wurde. Wiedergegeben wurden diese Sounds über einen Kawai KM-20 Lautsprecher. Jedes der 3,2 Sekunden langen Patterns wurde drei mal nacheinander wiedergegeben. Die Auswahl der Reihenfolge zwischen den verschiedenen Patterns erfolgte zufällig.

Die Versuchspersonen wurden nun gebeten, die Komplexität des Stimulus auf ei-

ner Skala von 1-5 zu bewerten, wobei der Wert 1 für „simpel“ und 5 für „komplex“ steht. Sie wurden aufgefordert, sich vorzustellen, wie schwer es sei, den gegebenen Rhythmus zu reproduzieren. Die Versuchspersonen konnten vor ihrem Urteil das abgespielte Pattern wiederholt abspielen lassen.

Jede Versuchsperson wurde zunächst mit fünf Probedurchgängen geschult. Um die Zuverlässigkeit des Mittelwertes der Antworten abschätzen zu können, wurde von den Versuchsleitern die Cronbach Alpha-Messung verwendet. Laut Shmulevich und Povel erzielten sie mit $\text{Alpha}=0,88$ eine hohe Zuverlässigkeit. [6]

2.3 “Meter” Komplexität - Fitch und Rosenfeld

16 Studenten mit durchschnittlichem Alter von 21,4 Jahren nahmen an Fitch und Rosenfelds Studie teil [7]. Davon waren 6 weiblichen und 10 männlichen Geschlechts, 15 Rechtshänder und 1 Linkshänder. Die musikalische Erfahrung reichte bei den Teilnehmern von 0 bis 15 Jahren. Sechs von ihnen waren zu dem Zeitpunkt der Studie ernsthaft und regelmäßig in musikalische Aktivitäten involviert. Eine Gruppe von 20 Versuchspersonen diente zum Kalibrieren der Schwierigkeitslevels der Aufgaben und wurden aus den nachfolgenden Tests ausgeschlossen.

Wiedergegeben wurden die Stimuli über die vom verwendeten Apple Macintosh PowerMac G3 computereigenen Lautsprecher.

Für den Reproduktionstest klopfen die Versuchspersonen auf die Tastatur eines Drumcomputers (Roland TR-505 Rhythm Composer). Die Aufnahmen der Versuchspersonen als auch der Stimuli erfolgten mit einer Genauigkeit von 1 ms.

Die verwendeten Stimuli wurden rein synthetisch erzeugt. Jede Note im Pattern stellte einen nontonalen Klick mit einer Länge von 20 ms dar. Die Rhythmus-Patterns wurden mittels eines „Synkopierungs-Indexes“ nach Longuet-Higgins & Lee (1984) [8] bewertet.

Fitch und Rosenfeld definierten, dass ein komplett unsynkopierter Rhythmus einen Synkopierungswert von 0 erreicht. [7]

Die Synkopierungswerte der 30 in der Pulse-Tracking- und der Rhythmus-Reproduktions - Aufgabe verwendeten Rhythmen reichten von 0 - 15. Für die Erkennungsaufgabe wurden 15 dieser Rhythmen sowie 15 neue Rhythmen verwendet. Diese 15 neuen Rhythmen waren den anderen, nicht verwendeten 15 Rhythmen aus dem Reproduktionstest gegensätzlich. Jedoch entsprachen sich die Synkopierungsindexe.

In der Pulse-Tracking-Aufgabe wurden die Rhythmen als „Woodbock“ -Sound wiedergegeben. Ein tieffrequenter Bass-Drum-Sound diente zur Wiedergabe des kontinuierlichen Pulses und das Nachklopfen des Pulses von der Versuchspersonen erklang als synthetischer, hochfrequenter Hi-Hat-Sound.

Im Reproduktionstest wurden die Sounds dementsprechend ausgetauscht. Die Versuchsperson spielte nun den Rhythmus mit dem „Woodbock“-Sound ein, während

der Puls als Hi-Hat-Sound wiedergegeben wurde. Um eine allgemeingültige Aussage über die Ergebnisse machen zu können, wurden verschiedene Geschwindigkeiten von 75, 90 und 105 Beats pro Minute verwendet. Hierdurch ergaben sich laut Fitch und Rosenfeld folgende Inter-Onset-Intervalle (kurz IOI):

- bei 75 Bpm ein IOI von 800 ms,
- bei 90 Bpm ein IOI von 667 ms,
- bei 105 Bpm ein IOI von 571 ms.

Die Versuche wurden an zwei aneinander folgenden Tagen durchgeführt. Zwischen den verschiedenen Aufgabenstellungen und beim Übergang von einem Rhythmus zum nächsten wurden Pausen von jeweils einer Sekunde eingeführt. Die Reihenfolge der Rhythmen und deren Tempos erfolgte zufällig.

Session 1 (Tag 1): Zunächst erfolgten ein „Beat-Tapping“- und ein Rhythmus-Reproduktions-Testdurchlauf für jede Versuchsperson. Die Versuchspersonen durften diesen Testdurchlauf so lange wiederholen, bis sie sich mit dem Ablauf vertraut gemacht hatten (keine von ihnen wiederholte die Testdurchläufe mehr als zwei mal). Anschließend führten die Versuchspersonen die 30 Durchgänge des Pulse - Tracking und Rhythmus-Resproduktionstests durch.

Für die Pulse-Tracking-Aufgabe wurde den Versuchspersonen zunächst zweimal aufeinanderfolgend nur der Puls vorgespielt und anschließend zweimal das Rhythmuspattern. Die Versuchspersonen sollten beim Einsatz des Pulses diesen mitklopfen. Dieser Ablauf wurde 2 mal wiederholt.

Anschließend erfolgte der Rhythmus - Reproduktionstest. Hier spielte der Computer den Puls ab, während die Versuchsperson aufgefordert wurde, den zuvor gehörten Rhythmus zweimal aufeinanderfolgend einzuklopfen.

Nach den beiden Tests folgte nun der Test zur „sofortigen Wiedererkennung (immediate rekognition)“. Hierbei wurden 30 Rhythmen (wovon 15 aus den vorigen Aufgaben bekannt waren) in zufälliger Reihenfolge abgespielt. Die bekannten Rhythmen wurden in dem gleichen Tempo abgespielt, wie in den vorigen Aufgabe, die Tempos der neuen Rhythmen wurden jedoch zufällig gewählt. Die Versuchspersonen sollten daraufhin die aus den vorigen Aufgaben bekannten Rhythmen wiedererkennen. Die Patterns wurden so lange abgespielt, bis die Versuchsperson sie als neu oder bekannt gekennzeichnet hatte.

Session 2 (Tag 2): Diese Versuchseinheit fand zwischen 20 bis 28 Stunden nach der ersten Session der jeweiligen Versuchsperson statt. Der erste Teil bestand aus dem Test zur „verspäteten Wiedererkennung (delay recognition)“. Das Prinzip ist gleich wie bei der sofortigen Wiedererkennung. Wieder sollten aus den 30 zufällig abgespielten Patterns, wovon 15 aus den ersten beiden Aufgaben bekannt waren, diese bereits bekannten Patterns wiedererkannt werden. Auch hier wurden die bekannten Patterns in dem Tempo der vorigen Aufgaben abgespielt, den 15 neuen Patterns jedoch zufällig ein Tempo zugeordnet.

Im zweiten Teil wurden Rhythmustest von Edwin Gordon (1989) „Advanced Measu-

res of Music Audiation (AMMA)“ durchgeführt. Der Test bestand aus 30 Melodie-Paaren, bei denen die Versuchsperson angeben musste, ob sich die zweite Melodie von der ersten in Melodie, Rhythmus oder garnicht unterschied. Diese Testreihe ermöglichte den Versuchsleitern, die musikalische Leistung der Versuchspersonen unabhängig von deren vorigem musikalischem Training oder Erfahrung zu beurteilen.

Auswertung: Bei der Pulse-Tracking-Aufgabe wurden für jedes Klopfen die vom Computer erzeugten mit denen von der Versuchsperson erzeugten Pulse verglichen und anschließend der Absolutwert der beiden Zeiten berechnet. Daraus ergibt sich der Fehler für jedes Klopfen. Anschließend wurde der Fehler zwischen den Tempos normalisiert, indem das beobachtete Inter-Puls-Intervall durch das korrekte Intervall zwischen den Pulsen dividiert wurde. Die Fehler wurden nun von 1 subtrahiert, um die normalisierte Genauigkeit pro Klopfen zu erhalten. Ein Wert von 1 steht in diesem Fall für eine perfekte Genauigkeit.

Um eine Tempo-unabhängige, mittlere Genauigkeit pro Pulse-Tracking-Trial zu erhalten, wurde der Mittelwert der Genauigkeit pro Klopfen für alle Pulse-Tracking-Trials berechnet.

Die Anzahl an „Restets“ [7] in jedem Trial wurde ebenfalls als Genauigkeitsmessung verwendet. Reset bezeichnet hier die Re-Interpretation eines Pulses durch die Versuchsperson. Sie verschiebt den Puls so, dass beispielsweise ein Rhythmus weniger synkopiert erscheint, als er eigentlich ist, vice versa. Eine von Fitch und Rosenfeld als „reset event“ bezeichnete Reinterpretation der Synkopierung wurde erzielt, wenn das Klopfen der Versuchsperson zeitlich näher an einem synkopierten Puls war, als bei dem korrekten unsynkopierten Puls und andersherum.

Bei dem Reproduktionstest wurde ebenfalls der Absolutwert der Differenz zwischen den vom Computer generierten und den von der Versuchsperson eingespielten Rhythmen berechnet. Dieser Fehler wurde anschließend für die verschiedenen Tempos und Intervalllängen auf ein einheitliches Tempo und einheitliche Intervalle normalisiert. Um die Genauigkeit pro Intervall zu erhalten, wurde dieser Fehler wie zuvor von 1 subtrahiert. Auch hier wurde die Reproduktionsgenauigkeit pro Intervall über jedes Trial gemittelt, um eine generelle mittlere Genauigkeit pro Trial für den Reproduktionstest zu gewinnen.

Auch hier wurde eine Nummerierung der Patterns eingeführt, die im Laufe der Arbeit anstelle der Patterns verwendet wird.

Tabelle 2: Diese Tabelle beinhaltet die Reproduktions- und die empfundene Komplexität für verschiedene Rhythmen aus dem Versuch von Fitch und Rosenfeld [7]

No	Pattern/Rhythmus	Wiedergabe- komplexi- t�t	“Beat tapping” Komplexi- t�t	Anzahl an “Resets”
1	1000001010000010	0,138	0,075	2,500
2	1000100010001010	0,145	0,082	2,250
3	1010100000001010	0,153	0,075	2,313
4	1000111000001000	0,257	0,119	8,750
5	0010001010101000	0,133	0,103	5,500
6	0010001010001010	0,235	0,082	3,063
7	1000001001000010	0,215	0,112	6.000
8	1001000100101000	0,208	0,110	5.188
9	1000010001000110	0,250	0,141	6.938
10	1000010001000100	0,171	0,144	10.375
11	0010001000110100	0,220	0,130	6.875
12	0100010001001010	0,226	0,124	6.438
13	0010001100010100	0,387	0,130	6.965
14	0010010000010001	0,239	0,159	11.688
15	0001010000110001	0,485	0,172	13.688
16	1000101110000000	0,173	0,085	2.625
17	1010100000101000	0,179	0,077	2.313
18	0010100010101000	0,182	0,077	2.438
19	1010001010010000	0,252	0,074	1.938
20	0010001010001000	0,142	0,098	3.375
21	1000010100101000	0,305	0,161	11.063
22	0010001010100010	0,321	0,129	8.500
23	1100010000100010	0,320	0,145	7.375
24	0100010001101000	0,265	0,134	7.188
25	0010001000100100	0,176	0,146	8.625
26	0010001000110001	0,326	0,118	6.500
27	0010010000100101	0,368	0,117	6.188
28	0011000100010100	0,344	0,154	10.813
29	0101010100010000	0,185	0,191	15.750
30	0101000100010001	0,158	0,164	11.938

3 Komplexitätsmaße

Die in diesem Kapitel aufgeführten Algorithmen erwiesen sich in der Arbeit von Thul „Measuring the Complexity of Musical Rhythm“ [2] als beste Schätzer für die subjektiven Komplexitätsbewertungen.

3.1 Toussaints metrische Komplexität

Toussaints metrische Komplexität [9] basiert auf der metrischen Struktur nach Ler-dahl und Jackendorff [10]. Der Begriff Metrum bezeichnet hier die gleichmäßige Aufteilung der Pulse. [2] Dies kann auf unterschiedliche Art und Weise geschehen. Ein Beispiel ist in folgender Graphik für 16 Pulse ersichtlich. Diese Struktur ergibt sich aus der Unterteilung in verschiedene Level:

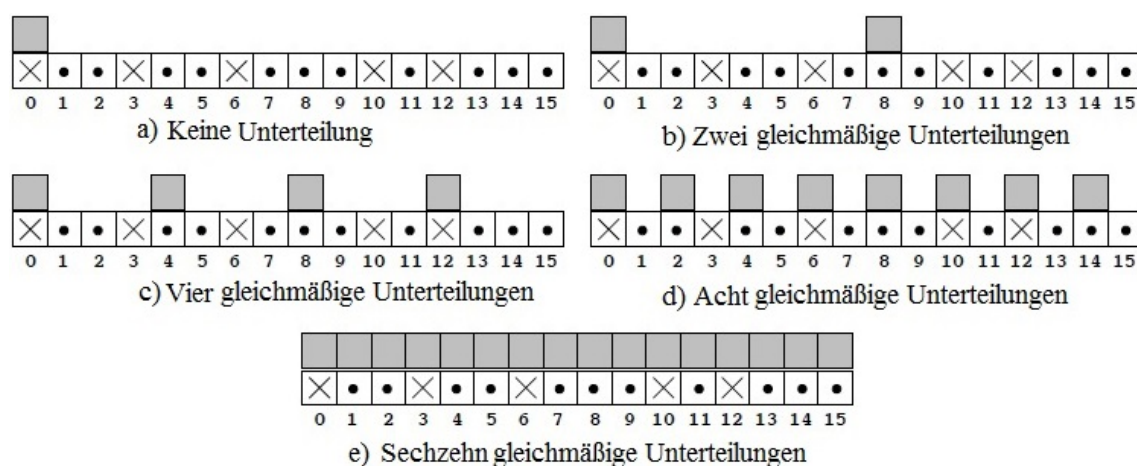


Abbildung 4: Metrische Level eines 16-pulsigen Rhythmus. Die Pulse sind nummeriert von 0 bis 15. Die grauen Kästchen markieren einen Beat. [2]

Abbildung 4a) zeigt Level 1. Die 16 Pulse ergeben eine Gruppe. Nur der erste Puls wird betont und wird somit zu einem Beat.

Abbildung 4b) zeigt Level 2, die Unterteilung in zwei Gruppen. Die jeweils ersten Pulse dieser Gruppen (Puls 0 und 8) werden betont und sind somit Beats.

Abbildung 4c) zeigt Level 3, die Aufteilung in vier Gruppen. Es ergeben sich Beats bei den Pulsen 0, 4, 8, 12.

Abbildung 4d) zeigt Level 3, die Aufteilung in acht Gruppen. Dadurch ergeben sich Beats bei den Pulsen 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 und 14.

Abbildung 4e) zeigt Level 5, die Aufteilung in sechzehn Gruppen, woraus Beats bei jedem Puls resultieren. [2]

Setzt man diese verschiedenen Gewichtungen nun alle zusammen, so ergibt sich die

metrische Hierarchie. Diese ist in Abbildung 5 ersichtlich:

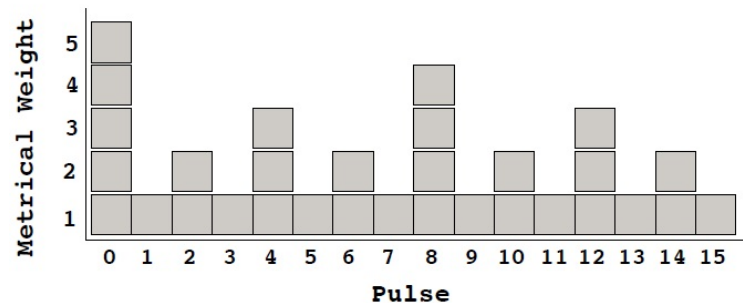


Abbildung 5: Metrische Hierarchie eines 16-pulsigen Rhythmus. Die Gewichtung der jeweiligen Pulse ergeben sich durch zusammensetzen aller metrischen Level [2]

Jedoch gibt es Pulsanzahlen, bei denen nicht nur eine metrische Hierarchie resultiert, sondern mehrere. Für ein 12-pulsiges Pattern würden sich beispielsweise drei metrische Hierarchien ergeben. Hier ist eine Aufteilung wie im obigen Beispiel mit 16 Pulsen nicht möglich. Die drei metrischen Hierarchien a) $2*2*3$, b) $2*3*2$ und c) $3*2*2$ sind in Abbildung 6 ersichtlich.

Aus Abbildung 5 lässt sich für das 16-pulsige Pattern erkennen, dass Puls 0 die höchste metrische Gewichtung aufweist. Die metrische Gewichtung bezeichnet somit die Wichtigkeit, die dem jeweiligen Puls in der Hierarchie zugewiesen wird. Die Gewichtung, die aus dieser metrischen Struktur resultiert, ist umgekehrt proportional zu der metrischen Komplexität. [2]

Basierend auf dieser metrischen Gewichtung entwickelte Toussaint eine Messung für die Komplexität eines Rhythmus. So definiert er die komplette metrische Stärke eines Rhythmus als Metrizität („metricity“). Die Metrizität ergibt sich aus der Summe aller Gewichtungen aus der metrischen Hierarchie für die jeweiligen Anschläge in einem Rhythmus. Als Beispiel führt Toussaint den Rhythmus des Musikstücks „Clave Son“ (Abbildung 2) ein, welches an folgenden Pulsen Anschläge aufweist: 0, 3, 6, 10, 12.

Aus obiger Abbildung 5 lassen sich folgende Gewichtungen für die Noten ablesen: 5, 1, 2, 2 und 3. Zusammenaddiert ergibt sich über die metrische Hierarchie von Ler-dahl und Jackendorff [10] eine Metrizität von $5 + 1 + 2 + 2 + 3 = 13$ für den Rhythmus „Clave Son“ [9]. Diese Metrizitäts-Funktion kann auch als Messung der „metrischen Simplizität“ verstanden werden. Die „metrische Simplizität“ ist umgekehrt proportional zu der metrischen Komplexität. [9] Je kleiner die metrische Simplizität ist, um so größer ist die metrische Komplexität [2]

Die metrische Komplexität für ein 16-pulsiges Pattern mit fünf Onsets ist definiert als 17 abzüglich dem Wert für die Metrizität. Der Wert 17 ergibt sich daraus, dass die Metrizität in einem 16-pulsigen Pattern mit 5 Onsets maximal den Wert 17 an-

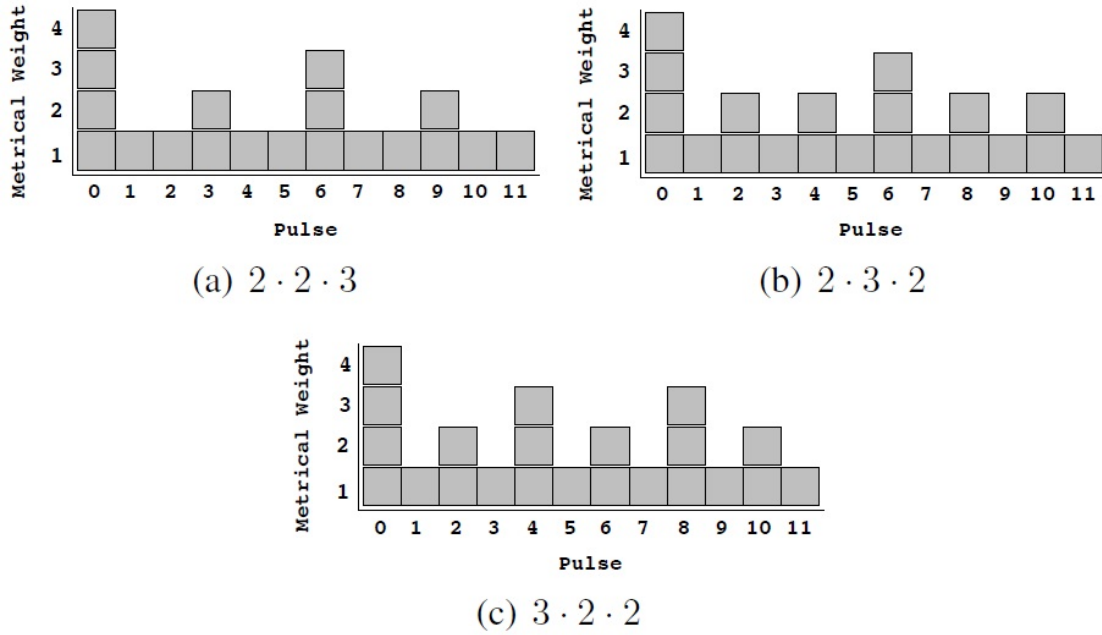


Abbildung 6: Metrische Hierarchie eines 12-pulsigen Rhythmus. Die Gewichtung der jeweiligen Pulse ergeben sich durch Zusammensetzen aller metrischen Level

nehmen kann. Für das Beispiel des Rhythmus „Clave Son“ ergibt sich somit eine metrische Komplexität von $17 - 13 = 4$. [9]

Allerdings sollte beachtet werden, dass die metrische Struktur nach Lerdahl und Jackendorff [10] auf westlicher Musik beruht. Für den Fall, dass mehrere metrische Hierarchien zur Auswahl stehen, wie es in dem Beispiel eines 12-pulsigen Rhythmus der Fall ist, wird die metrische Komplexität für jede dieser Hierarchien berechnet und anschließend für die verschiedenen Hierarchien ein Mittelwert gebildet. [2]

Dieses Maß ist für Sprache nicht anwendbar. Zum einen benötigt man ein Vorwissen, wieviel Anschläge, bzw. bei Sprache Silbenzeitpunkte in dem Pattern bzw. Satz vorhanden sind. Zudem muss man ebenfalls wissen, aus wievielen Pulsen das Pattern bzw. der Satz besteht. Ein weiterer Nachteil ist, dass sich dieses Maß auf westliche musikalische Rhythmen bezieht und somit mit gängigen Taktarten gerechnet wird, was bei Sprache nicht unbedingt der Fall ist.

3.2 ”Weighted Note-to-Beat Distance Measure”

Die Weighted Note-to-Beat Distance Messung (WNBD) stellt eine Messung der Synkopierung dar [2]. Hierbei wird für alle Onsets die Distanz zwischen Onset und dem nächsten Beat (starken/betonten Puls) in einem Rhythmus berechnet.

Nach Gomez et al. [11] sind e_i und e_{i+1} zwei aufeinanderfolgende Beats in einem Takt. Bei einem 4/4 Takt wären diese Beats alle vier Viertelnoten. Je nach Auf-

lösung des Patterns wären die weniger starken Pulse jene, die zwischen den stark betonten Pulsen (Beats) liegen.

x sei nun eine Note, welche nach oder auf dem Beat e_i , jedoch vor dem Beat e_{i+1} beginnt. Wichtig ist bei der WNBD-Messung folgende Definition: Noten enden erst dort, wo die nächste Note beginnt!

Nun wird zunächst die minimale Distanz zwischen Onset und Beat $T(x)$ berechnet. Sie ist definiert als $T(x) = \min(d(x, e_i), d(x, e_{i+1}))$, wobei d die Distanz zwischen den Noten, bezogen auf deren Dauer, bezeichnet. [11]

Die Gewichtung $D(x)$ der Note x wird nach folgenden Regeln berechnet:

ist $x = e_i$, so ist $D(x) = 0$,

ist $x \neq e_i$ und endet vor oder auf e_{i+1} , so ist $D(x) = \frac{1}{T(x)}$,

ist $x \neq e_i$ und endet nach e_{i+1} jedoch vor oder auf e_{i+2} , so ist $D(x) = \frac{2}{T(x)}$,

ist $x \neq e_i$ und endet nach e_{i+2} , so ist $D(x) = \frac{1}{T(x)}$. [11]

Die WNBD-Messung eines Rhythmus stellt nun die Summe über alle Gewichtungen $D(x)$ für alle Noten x in dem Rhythmus dar, geteilt durch die Anzahl an Onsets. [11]

Thul [2] führt hierfür ein Beispiel anhand des Rhythmus „Clave Son“ [1..1..1..1..1..] ein. Sei n die Anzahl der Pulse, k die Anzahl an Onsets und m die Anzahl an starken Pulsen/Beats (im 4/4 Takt die Viertel), so ergibt sich: $n = 16$, $k = 5$ und $m = 4$. Es ergeben sich also 4 Beats, e_1, e_2, e_3, e_4 , an den Stellen 0, 4, 8, 12.

Betrachtet man nun die Onsets x , so sieht man, dass der erste Onset x_0 auf dem ersten Beat e_0 liegt. $D(x_0)$ ist somit nach den oben aufgeführten Regeln $D(x_0) = 0$. Der zweite Onset ist drei Pulse (3/4) von dem ersten Beat e_0 und einen Schlag (1/4) von dem zweiten Beat e_1 entfernt. Dadurch ergibt sich $T(x_1) = \frac{1}{4}$. Da x_1 nach e_1 ,

jedoch vor e_2 endet, ergibt sich $D(x_1) = \frac{2}{T(x_1)} = \frac{2}{\frac{1}{4}}$.

Onset x_2 liegt sowohl 2 Schläge von Beat e_1 als auch von Beat e_2 entfernt, daher folgt $T(x_2) = \frac{1}{2}$ und $D(x_2) = \frac{2}{T(x_2)}$.

Onset x_3 weist die gleiche Distanz zu Beat e_3 und Beat e_4 auf. Daher ergibt sich $T(x_3) = \frac{1}{2}$ und $D(x_3) = \frac{1}{T(x_3)}$.

Der Unterschied zwischen x_2 und x_3 liegt im Beginn der darauf folgenden Note. Wie zuvor bereits erwähnt endet eine Note erst bei dem Beginn der nächsten Note. Da Onset x_3 das Ende von Onset x_2 definiert, endet x_2 nach Beat e_1 jedoch vor Beat e_2 . Hier gilt somit $D(x_2) = \frac{2}{T(x_2)}$.

Onset x_3 endet hingegen bei Onset x_4 . Onset x_4 liegt auf dem Beat e_3 . Daher endet Onset x_3 nach Beat e_2 jedoch auf Beat e_3 . Hier gilt somit: $D(x_3) = \frac{1}{T(x_3)}$.

Onset x_4 ergibt $D(x_4) = 0$, da der Onset auf dem Beat e_3 liegt. Nun berechnet man

die Summe über alle Onsets. Es ergibt sich:

$$WNBD(R) = \frac{1}{k} * \sum_{i=0}^{m-1} D(x_i) = \frac{1}{5} * (0 + \frac{2}{\frac{1}{4}} + \frac{2}{\frac{1}{2}} + \frac{1}{\frac{1}{2}} + 0) = \frac{14}{5}$$

[2]

Auch dieses Maß ist für Sprache nicht anwendbar. Auch hier müsste ein Vorwissen über die Länge des gesprochenen Satzes sowie die Anzahl an Silbenzeitpunkten vorhanden sein, was so für Sprache nicht umsetzbar ist. Für jeden Satz würde sich die Berechnung somit ändern.

3.3 Longuet-Higgins und Lee Komplexität

Longuet Higgins und Lee [8] haben ein Modell entwickelt, in welchem durch schrittweise Zerlegung des Taktes in verschiedene metrische Einheiten (Takte, Noten) eine Baumstruktur gebildet wird. Die „Wurzelknoten“ repräsentieren den gesamten Takt und die anderen Knoten, welche keinen Zweig abschließen, eine geringere metrische Einheit. Die Endknoten des Baumes stellen entweder Pausen oder Noten dar. [8] Zunächst wird die Primfaktorzerlegung für die Pulsanzahl n durchgeführt (wobei die Zahl 1 ignoriert wird). Die Primfaktoren werden aufgelistet. Beispielsweise lässt sich ein 16-pulsiger Takt durch $2*2*2*2$ Pulse darstellen. Für dieses 16-pulsige Pattern existiert nur diese Unterteilung. Für ein 12-pulsiges Pattern existieren jedoch sogenannte eindeutigen Vertauschungen („unique permutation“). Die Zahl 12 lässt sich beispielsweise durch $2*3*2$ darstellen. Für dieses Beispiel existieren drei eindeutige Vertauschungen: $2*3*2$, $2*2*3$ und $3*2*2$. Es wird nun eine dieser eindeutigen Vertauschungen gewählt und ausgehend von dem Wurzelknoten der Baum gebildet. Im Beispiel des 16-pulsigen Patterns gehen jeweils 2 Äste von jedem Knoten aus. Es ergeben sich fünf Level, wie in Abbildung 7 ersichtlich ist. In den weiteren Schritten werden nun die Gewichtungen an jedem Endknoten des Baumes bestimmt, um die metrische Gewichtung eines jeden Pulses im Rhythmus zu ermitteln. Die metrische Gewichtung entspricht hier der metrischen Gewichtung nach Lerda  l and Jackendoff [10], wobei der Wert 0 (im Vergleich zu Toussaint’s metrischer Komplexität) hier die größte Gewichtung darstellt. Das Beispiel von 16 Pulsen wurde in Abbildung 4 bereits aufgeführt. Bei der LHL-Messung wird jedoch die größte metrische Gewichtung mit 0 initialisiert, und die anderen sind dementsprechend kleiner als 0.

Abbildung 7 zeigt die Gewichtungen der metrischen Hierarchie nach Longuet Higgins & Lee für $n = 16$.

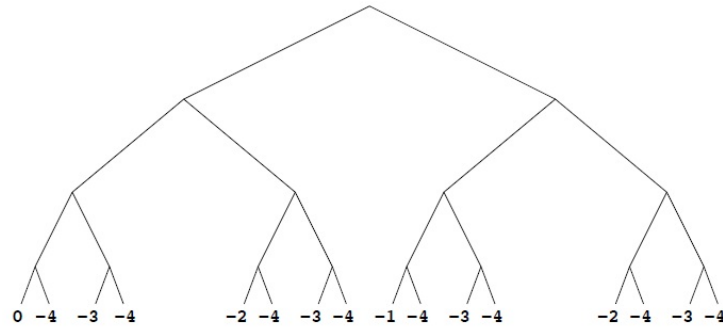


Abbildung 7: Gewichtete metrische Hierarchie nach Longuet-Higgins und Lee für $n=16$ [2]

Allerdings gibt es auch Fälle, in denen mehrere Hierarchien durch verschiedene eindeutige Vertauschungen möglich sind, wie beispielsweise in dem bereits erwähnten Fall von $n = 12$ Pulsen. Hierbei ergeben sich drei Hierarchien, wie sie in Abbildung 8 ersichtlich sind .

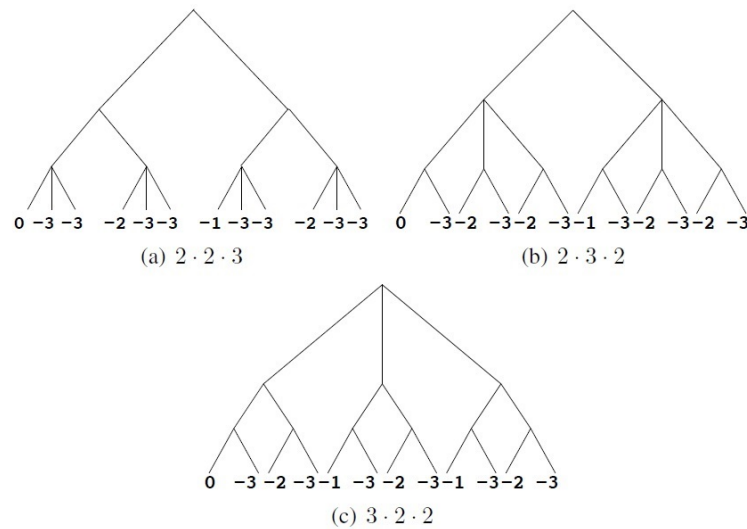


Abbildung 8: Gewichtete metrische Hierarchie nach Longuet-Higgins und Lee für $n=12$. [2]

Nachdem die metrische Hierarchie erstellt wurde, wird anschließend die Komplexität des Rhythmus berechnet. Dafür wird nach stillen Pulsen gesucht, welche eine größere Gewichtung aufweisen als die Onsets, welche ihnen vorangehen. [2]

Handelt es sich um einen stillen Puls, also um eine Pause, so wird im Pattern rückwärts nach dem nächsten Onset bei Puls j gesucht. Ist die Gewichtung des Pulses

j größer als die Gewichtung des stillen Pulses i , so handelt es sich laut Longuet-Higgins und Lee um eine Synkopierung.

Die Longuet-Higgins und Lee Komplexität berechnet sich nun aus der Summe von allen Synkopierungswerten, welche sich wie folgt berechnen: $s = w_i - w_j$ wobei w_i die Gewichtung des stillen Pulses i und w_j die Gewichtung des voran gegangenen Onsets j ist. [2]

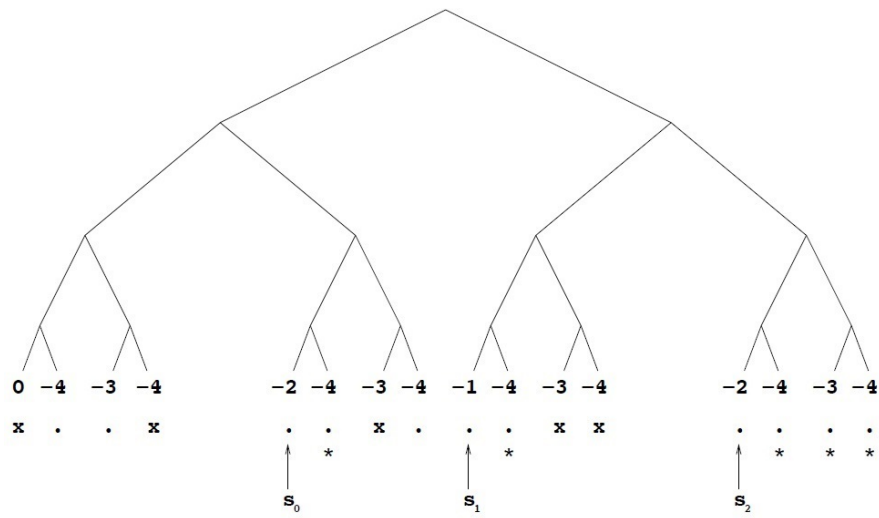
Jedoch gibt es laut Thul eine wichtige Ausnahme in dem Algorithmus. Tritt eine Synkopierung zwischen einer Pause bei Puls i und einem Onset bei Puls j auf, wo $s = w_i - w_j > 0$, so muss ein Test durchgeführt werden, bei dem alle Pausen nach dem Puls i übersprungen werden, bis eine der Gewichtungen der folgenden Pausen größer als die Gewichtung w_i ist. [2]

Dies resultiert aus einer weiteren Regel von Longuet Higgins und Lee für gebundene Noten. Diese besagt, wenn eine Note N , ob gebunden oder angeschlagen, direkt von einer Pause R gefolgt wird, so wird die Pause R durch eine Note ersetzt, welche zur vorigen Note N zurück gebunden wird. [8]

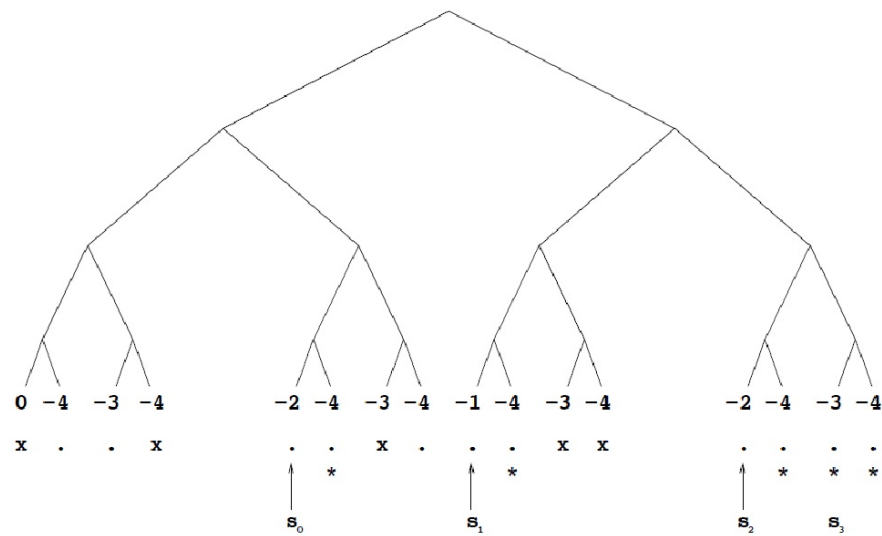
Diese Forderung bezieht sich jedoch auf Synkopierungen. Liegt keine Synkopierung vor, müssen alle metrischen Level nach Pausen untersucht werden. [2]

Thul verwendete neben der Implementierung der LHL-Messung noch zwei weitere Variationen von Fitch & Rosenfeld und von Smith & Honing. Thul schreibt, dass die Version von Fitch & Rosenfeld zwar die Komplexitätsmessung nach Longuet Higgins & Lee verwendet, jedoch nicht die eben erwähnte Ausnahme berücksichtigt. Zur Verdeutlichung des Unterschiedes zwischen den verschiedenen Versionen der LHL Messung führt Thul [2] folgende Graphik an. Hier ist eine zusätzliche Synkopierung bei s_3 ersichtlich, die jedoch ein Teil der metrischen Einheit von s_2 ist. Dies führt zu einem falschen Komplexitätswert.

Die Implementierung der LHL-Messung nach Smith & Honing enthält folgenden Unterschied zu der Implementierung von Thul: Smith & Honing legen fest, dass eine Synkopierung auftritt, wenn $w_i - w_j + 1 > 1$. Dadurch werden mit Smith & Honing die gleichen Synkopierungen wie bei Thuls eigenem Algorithmus erkannt, wie es beispielsweise für den Rhythmus Soukous in der Abbildung 9 ersichtlich ist. Jedoch ergeben sich verschiedene Werte für die Komplexitäten. Nach Thuls Version der LHL-Messung ergibt sich eine Komplexität für den Rhythmus „Soukous“ von $s_0 + s_1 + s_2 + s_3 = 2 + 2 + 2 = 6$. Nach Smith & Honing ergibt sich eine Komplexität von: $s_0 + s_1 + s_2 + s_3 = 3 + 3 + 3 = 9$.



Implementierung von Thul



Implementierung nach Fitch und Rosenfeld

Abbildung 9: Vergleich zweier Implementierungen der Longuet-Higgins und Lee Messung für $n=16$. Obige Abbildung zeigt die Implementierung nach Thul, die untere Abbildung die Implementierung nach Fitch & Rosenfeld [2]. Die Sterne * markieren hierbei jene Pausen, welche übersprungen werden, da sie zur metrischen Einheit der vorangegangenen Synkopierung gehören. Die Pfeile $\uparrow$ zeigen auf jene Pausen, welche mit dem vorangegangenen Onset eine Synkopierung liefern. Der verwendete Rhythmus ist Soukous [1001001000110000]

3.4 “Tanguiane’s Unconstrained Complexity”

Dieses Modell basiert auf Interaktionen von high-level und low-level Patterns während der Wahrnehmung eines Rhythmus [2]. Low-level Patterns stellen Konfiguration der Stimuli selber dar. Im Falle des Rhythmus wären es die Anschläge und deren Dauer. Die Verhältnisse zwischen den low-level Patterns und anderen Eigenschaften des Rhythmus, wie beispielsweise das Tempo stellen die high-level-Patterns dar. [2] [12]

Das Ziel dieses Modells ist, einen Rhythmus mit dem geringsten Anteil an gesamter Komplexität („overall complexity“ [12]) zu beschreiben [2]. Die gewünschte Repräsentation sollte somit die geringste gesamte Komplexität aufweisen [12]. Die Komplexität von Daten ist hier definiert als die von ihnen benötigte Speicherkapazität. Ein Teil des Speichers wird verwendet, um die low-level Patterns zu speichern, und ein Teil wird verwendet, um die high-level Patterns zu speichern. Dies wird auch als „two-level representation of data“ bezeichnet. Die gesamte Komplexität der Repräsentation, also der gesamte Speicherbedarf ist somit die Summe der Komplexitäten der high-level und der low-level Patterns. [12]

Als ein Beispiel zur Verdeutlichung führt Tanguiane folgende Graphik ein, wo die Pixel/Stimuli die low level Patterns, das Symbol A, formen. Die A’s formen das high-level Pattern, die Kontur des Buchstabens B:

```

AAAAAAAAAAAAAAAAAA
AAAAAAAAAAAAAAAAAA
AAAA                      AAAA
AAAA                      AAAA
AAAA                      AAAA
AAAA                      AAAA
AAAA                      AAAA
AAAAAAAAAAAAAAAAAA
AAAAAAAAAAAAAAAAAA
AAAA                      AAAA
AAAA                      AAAA
AAAA                      AAAA
AAAA                      AAAA
AAAA                      AAAA
AAAA                      AAAA
AAAAAAAAAAAAAAAAAA
AAAAAAAAAAAAAAAAAA

```

Abbildung 10: Ein Beispiel zur Verdeutlichung von high- und low-level Patterns. Das high-level Pattern ist der Buchstabe B, welcher aus low-level Patterns, die ein A formen, zusammen gesetzt ist. [12]

Es ist ersichtlich, dass die Speicherung der Konfiguration des einfachen Symbols A und der Kontur von B effizienter ist, als wenn alle Pixel abgespeichert werden. [12] Tanguiane weist darauf hin, dass eine wichtige Eigenschaft einer solchen Repräsentation ist, dass high-level Patterns auch ohne die zugrundeliegenden low-level Patterns erkannt werden können. In diesem Fall würde man die Kontur des B’s auch

erkennen, wenn anstelle des Buchstabens A ein anderer Buchstabe gewählt würde. Ähnlich verhält es sich laut Tanguiane bei der Wahrnehmung von Intervallen und Akkorden.

Ein Ziel dieser Methode ist Redundanz zu entfernen. [12]

Thul schreibt hierzu, dass im low-level Bereich die Patterns bezüglich der musikalischen Elaboration/Ausarbeitung reduziert werden müssen. Patterns, welche keine Ausarbeitung eines anderen Patterns sind, werden als sogenannte Haupt-Patterns („Root Ratterns“) bezeichnet. [2] Hierbei gibt die Anzahl solcher Haupt-Patterns die low-level Komplexität an: je mehr Haupt-Patterns vorhanden sind, um so komplexer ist der Rhythmus.

Diese Methode wird von Thul „Tanguianes Komplexität“ bezeichnet.

Als eine Methode zur Bestimmung der Haupt-Patterns führt Thul die binäre, bitweise „and“ ($\wedge$) Operation ein, welche bei Verwendung von binärer Notation, wie sie in dieser Arbeit verwendet wurde, angewandt werden kann. [2]

Hierfür müssen alle Patterns die gleiche Länge aufweisen und mit einem Onset (1) beginnen. So werden nun bitweise alle Patterns miteinander verglichen, wobei eine 1 resultiert, wenn beide Bits gleich sind, ansonsten eine 0. [2]

Vergleicht man beispielsweise folgende Patterns $a = 101001$ und $b = 101101$ miteinander, so resultiert:

$$a \wedge b = 101001 \wedge 101101 = 101001 = a$$

Es ist somit ersichtlich, dass a das Hauptpattern und b eine Ausarbeitung von a ist. [2]

Um „Tanguianes Komplexität“ zu bestimmen, werden nun alle Patterns miteinander verglichen und die Anzahl der Hauptpatterns bestimmt. Diese Anzahl entspricht Tanguianes Komplexität. [2]

Wie bereits in dem Kapitel 2.2 erwähnt, ist laut Shmulevich und Povel bei gewissen metrischen Strukturen diese Form von Tanguianes Komplexität nicht anwendbar [2]. Bei manchen Strukturen kann eine Unterteilung zu Unter-Patterns führen, die mit 0 beginnen. Abbildung 11 verdeutlicht dieses Problem:

Als Lösung für dieses Problems führte Thul [2] einen Algorithmus ein, welcher Unter-Patterns, die nicht mit einer 1 beginnen, erlaubt. Zunächst wird Tanguianes Komplexität für alle Unter-Patterns, welche mit einer 1 beginnen berechnet. Anschließend wird für jene Patterns, welche mit 0 beginnen deren Komplement/Gegensatz gebildet. Dabei werden alle 0en durch 1en ersetzt und alle 1en durch 0en. [2] Für diese komplementären Patterns wird nun ebenfalls Tanguianes Komplexität berechnet. Anschließend werden die Komplexitätswerte für beide Pattern-Arten addiert. [2] Diese Variante wird von Thul „Tanguiane’s Unconstrained Complexity“ benannt. Für Rhythmen, welche mehrere metrische Strukturen aufweisen können, wie beispielsweise bei 12 Pulsen, wird zur Komplexitätsberechnung der Mittelwert von allen Strukturen verwendet.

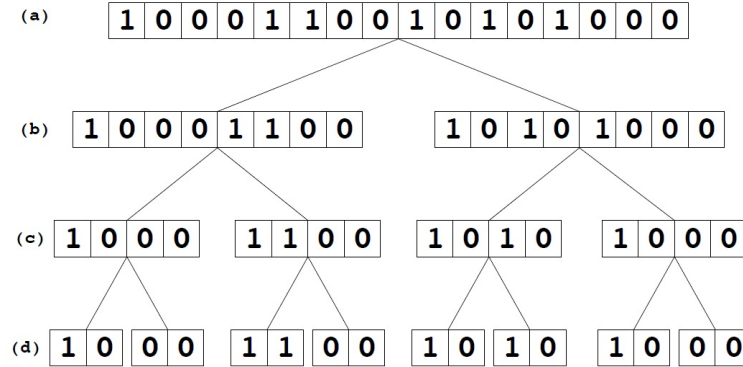


Abbildung 11: Diese Abbildung zeigt die metrischen Level sowie Unter-Patterns eines imaginären Rhythmus. Es ist ersichtlich, dass Tanguianes Komplexitätsmessung nicht für jedes Level angewendet werden kann, da sie für Unterpatterns definiert ist, welche mit 1 beginnen. Dieses Kriterium wird von Level d nicht erfüllt. [2]

3.5 Informations Entropie

Die Informationsentropie wird verwendet, um die Komplexität eines Rhythmus mithilfe der Inter-Onset-Intervall-Histogramme zu berechnen. [2]

Die verschiedenen Intervalle zwischen den einzelnen Anschlägen im Pattern werden gezählt. Ein Inter-Onset-Intervall-Histogramm ergibt sich aus der Anzahl des Vorkommens über den Inter-Onset-Intervallen. Die Anzahl wird normalisiert, sodass die Summe der Vorkommnisse 1 ergibt. Anschließend kann ein solches normalisiertes Histogramm als eine diskrete Wahrscheinlichkeitsverteilung betrachtet werden. Mithilfe folgender Formel kann nun die Shannonsche Informationsentropie berechnet werden:

$$H(\chi) = - \sum_{x \in X} p(x) * \log_2 p(x)$$

[2] [13]

Die Unsicherheit („uncertainty“) wird hierbei maximal, wenn die Wahrscheinlichkeitsverteilung gleichmäßig ist. Thul führte zur Veranschaulichung Abbildung 12 ein.

Dies gilt auch für mehr als zwei Variablen. Hier ist die Unsicherheit einer Zufallsvariablen maximal bei einer gleichmäßigen Wahrscheinlichkeitsverteilung [2]. Die Wahrscheinlichkeiten für das Vorkommen von allen Variablen sind gleich groß. In Abbildung 12 ist dies der Fall bei dem höchsten Punkt der Kurve.

Es lässt sich somit durch die Informationsentropie die Gleichmäßigkeit bzw. Flachheit der normalisierten Inter-Onset-Intervall-Histogramme bestimmen. [2] Thul geht davon aus, dass ein Rhythmus komplexer ist, wenn er eine größere Vielfalt an Tonlängen und somit Inter-Onset-Intervallen aufweist. [2] Je flacher die IOI-Histogramme

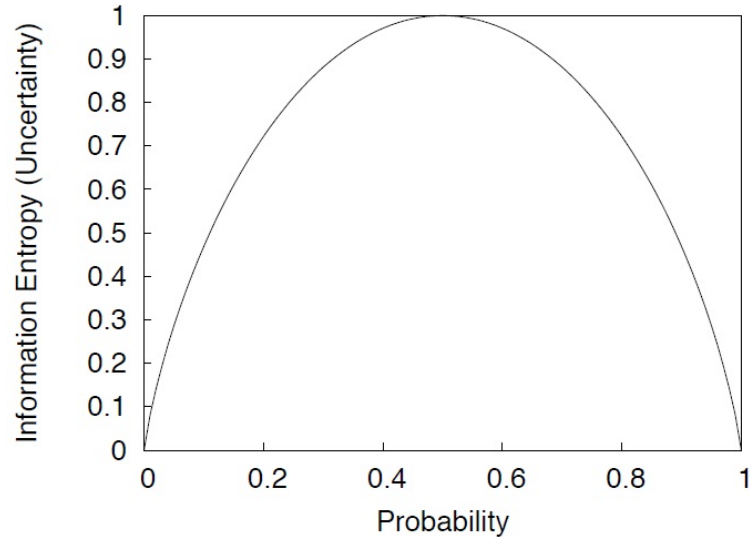


Abbildung 12: Diese Abbildung zeigt die Informationsentropie im Fall von zwei möglichen Variablen mit den Wahrscheinlichkeiten p und $q=p-1$. Es zeigt sich, dass die Entropie bei $p = 0.5$, wo die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von beiden Variablen p und q gleich ist, am größten ist [2] [13]

sind, um so komplexer ist somit der Rhythmus.

In der Implementierung von Thul bezeichnet χ die Menge an IOI, wobei jeder Wert in χ ein Bin des Histogramms repräsentiert. [2]

Die Funktion $f : \chi \rightarrow \mathbb{Z}$ gibt die Häufigkeit für ein gegebenes IOI an, basierend auf dem Histogramm. [2]

$\mathbb{Z}$ ist die Menge der ganzen Zahlen, c ist die Summe aller Werte $f(x)$, wobei $x \in \mathbb{Z}$. Thul definiert die Wahrscheinlichkeitsfunktion p unter Verwendung von f und c wie folgt [2]:

$$p(x) = \begin{cases} \frac{f(x)}{c}, & \text{when } x \in \chi, \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases}$$

χ stellt eine diskrete Zufallsvariable dar, welche Werte von X mit der Wahrscheinlichkeitsfunktion p annimmt. [2]

Die Unsicherheit von χ wird wie folgt berechnet:

$$H(\chi) = - \sum_{x \in \chi} p(x) \log_2 p(x)$$

$H(\chi)$ nimmt zu, wenn die Verteilung gleichmäßiger wird. Das bedeutet, dass viele verschiedene Intervalle gleich-wahrscheinlich vorkommen. Der Rhythmus, von dem die Verteilung hergeleitet wurde, ist somit komplexer.

Es gibt zwei Methoden der Entropieberechnung der Inter-Onset-Intervalle. Zum einen gibt es die lokalen Inter-Onset-Intervalle. Als lokale Inter-Onset-Intervalle werden die Intervalle zwischen benachbarten Onsets bezeichnet (s. Abbildung 13). Zum

anderen gibt es globale Inter-Onset-Intervalle. Globale Inter-Onset-Intervalle sind die Intervalle, die zwischen den benachbarten Onsets auftreten sowie zwischen allen anderen Intervallen (s. Abbildung 14).

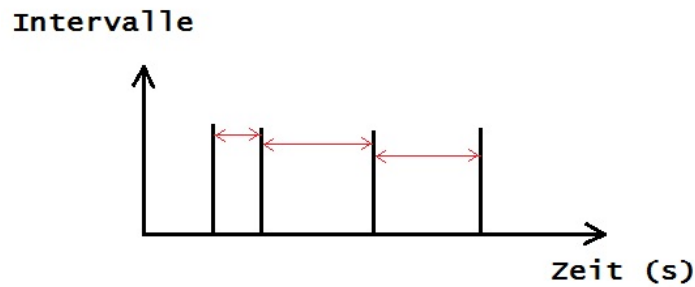


Abbildung 13: Lokale Inter-Onset-Intervalle

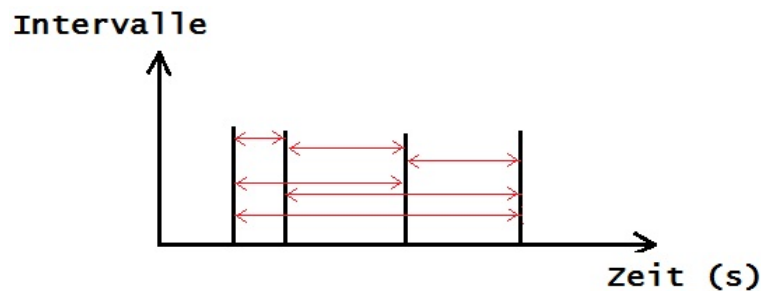


Abbildung 14: Globale Inter-Onset-Intervalle

In dieser Arbeit wurden sowohl die Informationsentropie der globalen als auch der lokalen IOI implementiert und mit den eigenen Maßen verglichen.

3.6 Normalisierungen

Zur Verbesserung obiger Komplexitätsmaße wurden einige Normalisierungen eingeführt, die im folgenden beschrieben werden.

3.6.1 Palmer und Krumhansl

Palmer und Krumhansl [14] untersuchen in dieser Studie den Einfluss von implizitem Wissen der Versuchspersonen über Metren. Sie verfolgen in ihrer Studie drei Fragen:

Trägt das Wissen der Versuchspersonen implizit zu der Wahrnehmung von zeitlichen Abläufen bei?

Repräsentieren Versuchspersonen Metren mit vielen oder wenigen hierarchischen Level?

Welche Rolle spielt die musikalische Erfahrung in der mentalen Repräsentation der Metren?

An ihrem Versuch nahmen 20 Versuchspersonen aus Ithaka, New York teil. Zehn dieser Versuchspersonen spielten seit mindestens fünf Jahren ein Instrument; der Durchschnitt lag bei 7,4 Jahren. Nur zwei dieser Versuchspersonen hatten mehr als zwei Semester musiktheoretisches Training.

Die Versuchspersonen hörten zunächst einen tieffrequenten Beat, der als sogenannter Kontext-Beat definiert wurde. Nach vier Wiederholungen dieses Kontext-Beats wurde den Versuchspersonen gesagt, dass nun ein hochfrequenterer Beat (Palmer und Krumhansl nannten diesen Test-Beat „probe beat“) irgendwo zwischen den Kontext-Beats erklingen würde. Die Zuhörer sollten nun auf einer 7-Punkte-Skala bewerten, wie gut die hochfrequenten Test-Beats in die Kontext-Beats passen. Hierbei bedeutete der Wert 1 „passt garnicht“ und 7 „passt sehr gut“. Es wurden für die 16 Test-Beat-Positionen Metren von 2/4 und 4/4 und für die 12 Test-Beat-Positionen Metren von 3/4 und 6/8 abgespielt.

Palmer und Krumhansl fanden heraus, dass sich die Ergebnisse von Musikern und Nicht-Musikern durchaus unterschieden. Es zeigte sich, dass musikalisches Training Einfluss auf die Bewertung der untersuchten Beatposition in allen Metren ausgenommen 6/8 hat. Sie schlussfolgerten aus den Ergebnissen, dass musikalisches Training Personen an mentalen Repräsentationen für Metren bereichert. Trainierte Menschen neigen zu einer feineren Differenzierung zwischen den verschiedenen hierarchischen Level. [14]

Palmer und Krumhansl zogen daraus die Schlussfolgerung, dass mit zunehmender musikalischer (weniger die theoretische, sondern die praktische) Erfahrung die mentale Repräsentation des Metrums steigt und sich daher immer weiter der Gewichtung der metrischen Level von westlicher tonaler Musik nach Lerdahl & Jackendorff [10] nähert. [14]

3.6.2 Onset Normalisierung

Die Onset Normalisierung wurde für Toussaints metrische Komplexität entwickelt. [2] Die Normalisierung soll zur Verallgemeinerung des Algorithmus für Rhythmen mit unterschiedlicher Anzahl an Pulsen und Onsets dienen.

Hierfür wird zunächst die metrische Komplexität berechnet. Anschließend werden von den k Onsets des Rhythmus diejenigen Onsets mit den größten metrischen Gewichtungen zusammen addiert. Anschließend subtrahiert man die zuvor berechnete metrische Komplexität von dieser Summe. Laut Thul gibt dies Aufschluss über die Entfernung des Rhythmus von einem Rhythmus, welcher alle k Onsets auf den Pulsen mit der höchsten metrischen Gewichtung hat. [2]

3.6.3 Puls Normalisierung

Die Puls Normalisierung gilt für Rhythmen mit unterschiedlicher Puls-Anzahl. Zunächst wird auch hier die metrische Komplexität für das Pattern berechnet und anschließend wird dieser Wert durch die Summe aller Gewichtungen der metrischen Hierarchie geteilt. [2]

3.6.4 Puls-Onset-Normalisierung

Für Puls-Onset-Normalisierung wird das Ergebnis der puls-normalisierten, metrischen Komplexität verwendet, welches nun auf die Anzahl an Onsets im Rhythmus normiert wird. [2]

3.6.5 Euler-Gewichtung

Die Euler-Komplexität stellt ein Gewichtungsschema von Gonzalez dar. Sie bestimmt die Gewichtung eines jeden Pulses in einem Rhythmus. Die Berechnung für die Euler Komplexität ist von Thuls Arbeit entnommen.

Es wird die Euler-Komplexität berechnet für $0 \leq i \leq n - 1$, wobei n die Anzahl an Pulsen darstellt [2]. Nun wird für jeden Iterationsschritt das Verhältnis zwischen dem kleinsten gemeinsamen Vielfachen (kgV) von $i+n$ und n und dem größten gemeinsamen Nenner (ggN) von $i+n$ und n berechnet. [2]

Dieses Verhältnis wird wie folgt bezeichnet [2]:

$$m = \frac{kgV(i + n, n)}{ggN(i + n, n)}$$

Nun wird die Primfaktorzerlegung von m ermittelt und Eulers Formel für die Komplexität unter Verwendung der Primfaktorzerlegung für m angewendet. $c(m)$ ist hierbei die Komplexität, p ein Vektor von eindeutigen Primfaktoren und q der entsprechende Vektor mit der Anzahl, wie oft ein Primfaktor in der Faktorisierung auftritt. [2]

$$c(m) = 1 + \sum_{p \in \mathbf{p}, q \in \mathbf{q}} (p - 1) * q$$

4 Eigener Algorithmus

Die Grundidee für den Algorithmus, ist anhand seiner Autokorrelation eine Aussage über die Komplexität eines Rhythmus treffen zu können. Dieses Komplexitätsmaß soll speziell auch für Sprache anwendbar sein. Ein Vorteil der Autokorrelation ist, dass es sich nicht um quantisierte Rhythmen handeln muss. Leichte Abweichungen von der exakten Taktzeit werden dabei verziehen. Dies ist für Sprache von Vorteil, da es sich hier nicht um quantisierte Silbenzeitpunkte handelt. Zudem kann die Autokorrelation als kontinuierliches Inter-Onset-Intervall-Histogramm der globalen IOI angesehen werden.

4.1 Methodik

Die Entwicklung eines neuen Komplexitätsmaßes auf Basis der Autokorrelationsfunktion beinhaltet folgende Überlegungen:

- ein sehr regelmäßiger Rhythmus weist eine sehr regelmäßige Autokorrelation mit vielen Spitzen auf. Abbildung 15 wurde zur Veranschaulichung eines regelmäßigen und somit wenig komplexen Signals angeführt. Sie zeigt Sinussignal im Zeitbereich und die Autokorrelation dieses Sinussignals im Zeitbereich. Wie im unteren Teil der Abbildung 15 anhand der Autokorrelation des Sinussignals ersichtlich ist, weist die Autokorrelation eines regelmäßigen Rhythmus viele Berge auf.
- ein willkürlicher Rhythmus hingegen weist einen sehr flachen Verlauf der Autokorrelation auf. Hier wurde aus Veranschaulichungszwecken eines Zufallssignals das Beispiel eines weißen Rauschens eingeführt, wie aus dem oberen Teil von Abbildung 16 zu entnehmen ist. Dieses weist einen zufälligen Zeit- und Frequenzverlauf auf. Die Autokorrelation dieses Zufallssignals, wie im unteren Teil von Abbildung 16 ersichtlich ist, weist im Zeitbereich zum Zeitpunkt 0 ein Maximum in der Amplitude auf, da das Signal zu diesem Zeitpunkt mit sich selber am ähnlichsten ist. Verschiebt man das Signal bei der Faltung weiter, tritt ein flacher, um den Nullpunkt fluktuierender Verlauf auf.

Ausgehend von dieser Überlegung ist eine Zuweisung der Komplexität eines Rhythmus über die “Peakyness” der Autokorrelation angedacht. Je komplexer ein Rhythmus ist, um so willkürlicher/zufälliger sind die Onsets verteilt und um flacher ist seine Autokorrelation im Zeitbereich. Je leichter ein Rhythmus ist, um so gleichmäßiger ist das Auftreten der Onsets und um so größer ist die “Peakyness” der Autokorrelation. Eine weitere Eigenschaft der Autokorrelation ist die Höhe des zweithöchsten Peaks. Kommt ein Intervall öfters in dem Signal vor, so zeichnet sich dieses in der Autokorelation durch einen hohen Peak aus, dem zweithöchsten Peak. Auch dies gibt Auskunft über die Komplexität, denn je öfter ein Inter-Onset-Intervall im Rhythmus vorkommt, um so vertrauter wird einem der Rhythmus und ist somit weniger komplex. Das Gegenteil wäre ein Rhythmus, in welchem nur unterschiedliche Inter-

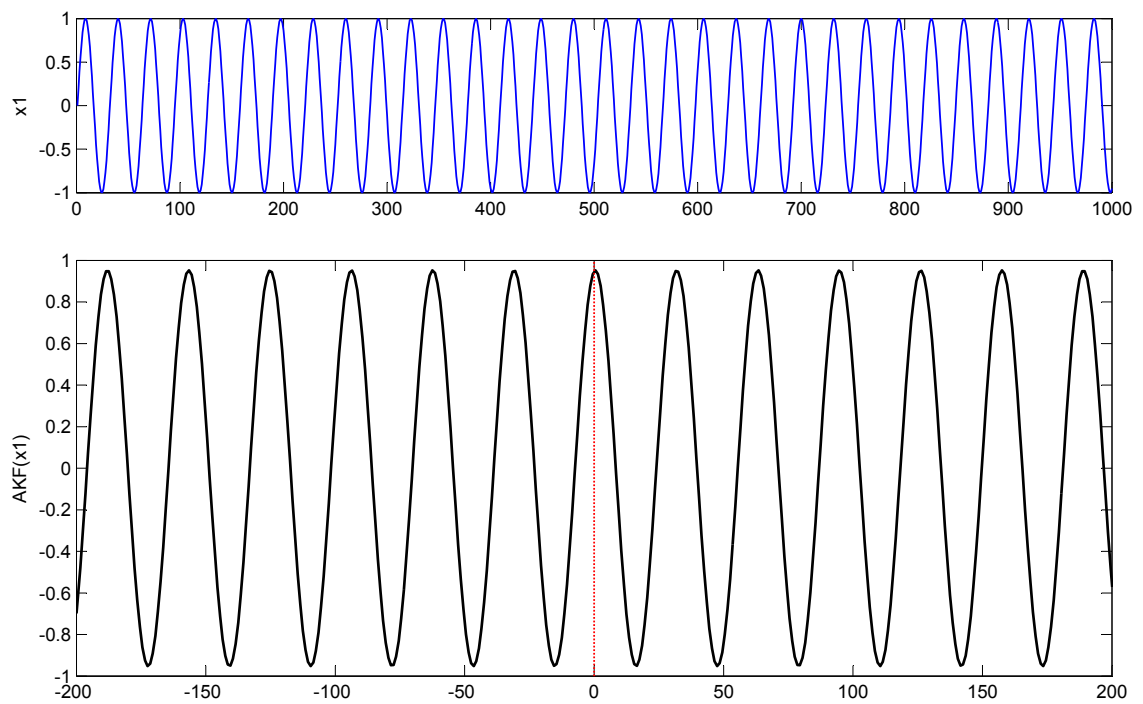


Abbildung 15: Autokorrelation einen Sinus-Signals

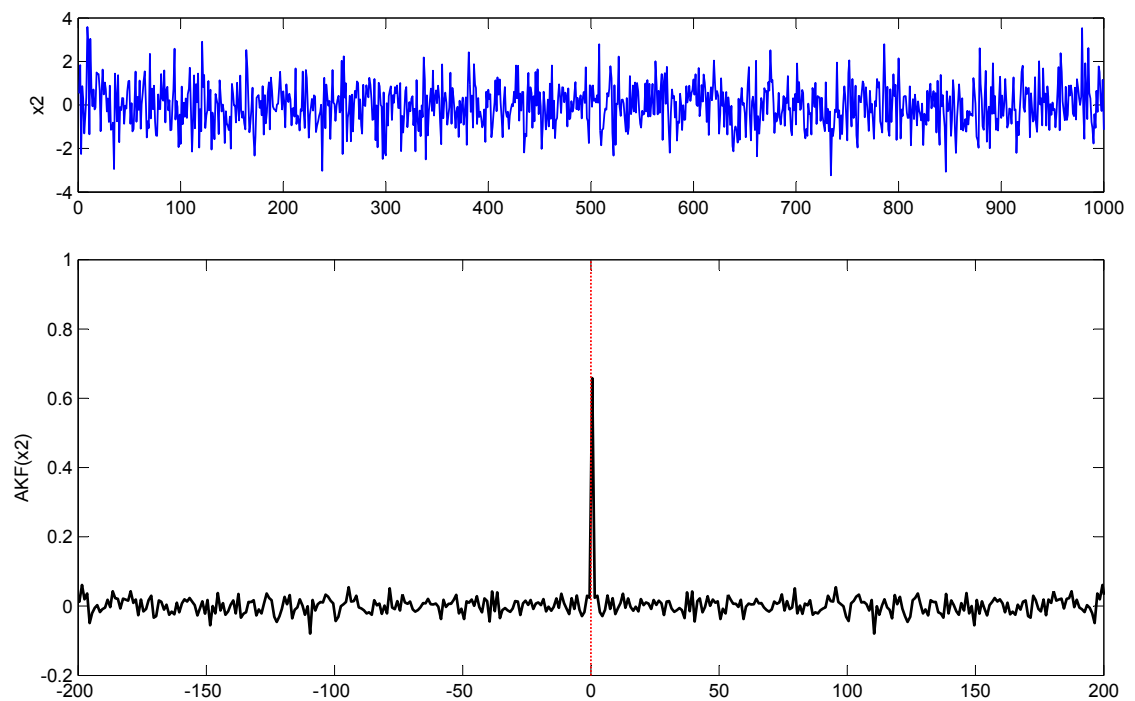


Abbildung 16: Autokorrelation von weißem Rauschen

Onset-Intervalle vorkommen. Dieser Rhythmus würde komplexer bewertet und in der Autokorrelation würde sich ein sehr geringer zweithöchster Peak abbilden.

Eine weitere Eigenschaft der Autokorrelation ist, dass sie ein kontinuierliches Inter-Onset-Intervall-Histogramm darstellt. Somit könnte man diese als kontinuierliche Wahrscheinlichkeitsdichteverteilung betrachten, über welche die Informationsentropie berechnet werden kann. Dieses Komplexitätsmaß wäre ähnlich wie die Informationsentropie der globalen Inter-Onset-Intervalle nach Thul, nur, dass sie zudem für Sprache, also kontinuierliche Signale verwendet werden kann.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden somit folgende Parameter der Autokorrelation überprüft:

- die Flatness
- der zweithöchste Peak
- die Informationsentropie

4.1.1 Signalgenerierung

Für die Untersuchung, wie gut die Methode über die Autokorrelation für bereits existierende Patterns mit Komplexitätsbewertung funktioniert, wurden zunächst die Patterns in Matlab als Vektoren eingegeben. Die Zahl 1 symbolisiert einen Onset und die Zahl 0 symbolisiert keinen Onset. Um einen kontinuierlichen Verlauf zu bekommen, wie es bei einem Sprachsignal der Fall ist, wurde dieser Vektor mit einem von-Hann-Fenster gefaltet. Der übergebene Testvektor hat eine Länge von $N \cdot f_s$ Samples, wobei N hier den größten Zeiteintrag, also die letzte Silbe im Satz darstellt. Dieser Testvektor wird nun mit Nullen aufgefüllt. Dies ist nötig, da bei der Normalisierung der Autokorrelation ansonsten folgender Fehler auftreten würde:

Der letzte Eintrag im Testvektor ist eine 1 (die letzte Silbe). Dieser Testvektor wird nun mit einem von-Hann-Fenster gefaltet, somit ergibt sich ein Ein- und Ausschwingen vor und nach jedem Silbenzeitpunkt. Dieses Signal wird nun autokorreliert und anschließend normalisiert. Dies ist nötig, da ein endliches Signal im Prinzip ein Ausschnitt aus einem unendlich langem Signal ist. Das "Ausschneiden" entspricht der Faltung eines unendlichen Signals mit einer Rechteckfunktion. Eine Faltung mit einem Rechtecksignal entspricht im Zeitbereich einer Multiplikation mit einer Sinc-Funktion. Daher ist die Autokorrelation zum Zeitpunkt 0 maximal und klingt mit zunehmender Zeit ab. Um diese "Verfälschung" zu korrigieren, muss die Autokorrelationsfunktion mit einer Funktion gewichtet werden, die die letzten Samples entsprechend anhebt.

Die Normalisierung wurde in dieser Arbeit über die Subtraktion durch ein Dreiecksignal realisiert. Das Dreiecksignal wurde durch die Autokorrelation von einem Rechtecksignal mit der Länge des mit dem von-Hann-Fensters gefalteten Testsignals generiert. Die Autokorrelation eines Rechtecksignals liefert eine Dreiecksfunktion

mit der Länge der Kreuzkorrelation des Testvektors mit dem von-Hann-Fensters. Hierbei ist nun zu beachten, dass der letzte Eintrag des Test-Vektors eine 1 ist. Bei Faltung mit dem von-Hann-Fenster bildet somit ein von-Hann-Fenster den Abschluss des Kreuzkorrelationsvektors. Die Dreiecksfunktion besitzt am Ende der abfallenden Rampe sehr kleine Werte. Wird nun das von-Hann-Fenster durch diese sehr kleinen Werte geteilt, so ergeben sich dabei sehr große Werte. Um dies zu verhindern, muss der Testvektor am Ende mit Nullen aufgefüllt werden.

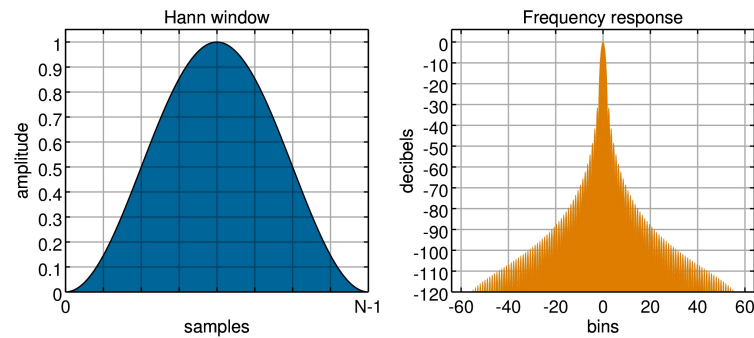
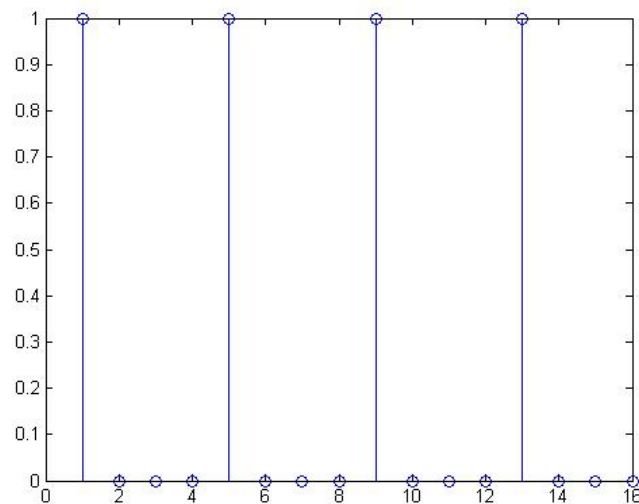


Abbildung 17: Von-Hann-Fenster

Beispielsweise sei folgendes Pattern gegeben: $[1\ 0\ 0\ 0\ 1\ 0\ 0\ 0\ 1\ 0\ 0\ 0\ 1\ 0\ 0\ 0]$, s. Abbildung 18:

Abbildung 18: Pattern $[1\ 0\ 0\ 0\ 1\ 0\ 0\ 0\ 1\ 0\ 0\ 0\ 1\ 0\ 0\ 0]$

Nach der Faltung mit dem von-Hann-Fenster ergibt sich demnach der Verlauf aus Abbildung 19.

Hierbei ist es wichtig, die Richtige Breite für das von-Hann-Fenster zu benutzen.

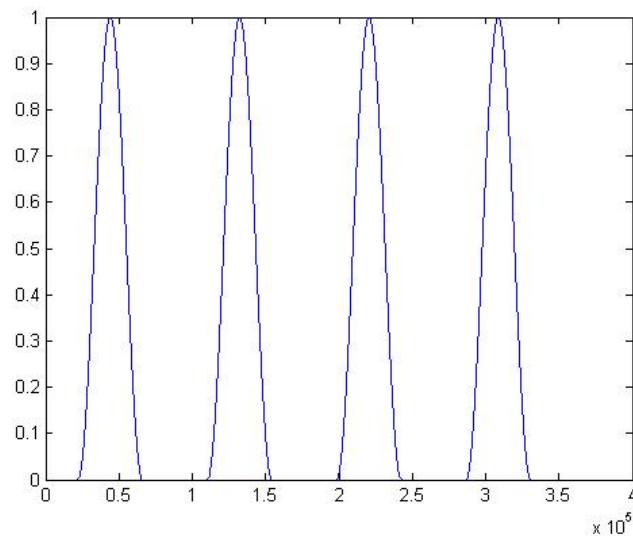


Abbildung 19: Faltung des von-Hann-Fensters mit dem Pattern $[1\ 0\ 0\ 0\ 1\ 0\ 0\ 0\ 1\ 0\ 0\ 0\ 1\ 0\ 0\ 0]$

Der Verlauf von zwei benachbarten Peaks sollte sich nicht zu sehr überlagern, damit bei der Autokorrelation die einzelnen Spitzen noch erkennbar sind. Um diese Separierung zu erhalten, wurde in dem Programm die Fensterbreite automatisch an die kleinste, im Pattern vorkommende Distanz zwischen zwei Onsets angepasst. Die Breite des Fensters wurde somit als minimale Distanz zwischen zwei Onsets multipliziert mit $5,2/8$ festgelegt.

Bei den Patterns von Smulevich und Povel, Povel und Essens sowie Fitch und Rosenfeld hat der minimale Abstand zwischen zwei Onsets keinen Einfluss, weil die Beats quantisiert sind. Der minimale Abstand ist somit jener von zwei aufeinanderfolgenden Beats. Bei Sprachsamples jedoch wurde keine Quantisierung verwendet.

4.1.2 Flatness-Messung

Die Flatnessmessung wurde an die “Spectral-Flatness-Measure” angelehnt. Die “Spectral-Flatness-Measure” gibt an, wie gleichmäßig die Frequenzen in einem Signal verteilt sind und beschreibt somit “die Rauschhaftigkeit des Amplitudenspektrums” [15].

Je flacher das Frequenzspektrum ist, um so rauschhafter ist das Signal. Weißes Rauschen weist ein flaches Spektrum auf und hat somit eine Spectral Flatness von 1.0. Die Energie in allen Frequenzbändern ist gleich. Ein tonales Signal weist eine gewisse Anzahl an Peaks auf bzw. lassen sich Resonanzfrequenzen erkennen. Ein reiner Ton weist eine Spectral Flatness von 0.0 auf. Ist die Energie nur in einer geringen Anzahl an Frequenzbändern präsent, so sinkt die Spectral Flatness und um so tonaler wird das Signal. [16]

In dieser Projektarbeit wurde die Flatness jedoch verwendet, um die Flachheit der

Autokorrelation in dem Zeitbereich zu berechnen. Das basiert auf der zuvor erwähnten Überlegung, dass ein sehr unregelmäßiges Rhythmussignal eine sehr flache Autokorrelation aufweist, weil im Extremfall nur unterschiedliche Intervalle zwischen den Onsets vorkommen. Ein sehr regelmäßiger Rhythmus hingegen würde eine sehr bergige Autokorrelation aufweisen.

Berechnet wird die Spectral Flatness als Quotient aus geometrischen und arithmetischen Mittelwert. Sie wurde in dieser Arbeit folgendermaßen berechnet:

$$SF = \frac{\prod_n x_i^{\frac{1}{n}}}{\frac{1}{n} \sum_n x_i} = \frac{\sqrt[n]{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}}{\frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}}$$

[17] [18]

n bezeichnet die Anzahl der Werte der Autokorrelation, x_i die jeweilige Magnitude. [17] [18]

Die Flatness der Autokorrelation im Zeitbereich soll somit angeben, wie stark die Peaks ausgeprägt sind. Bei einem sehr gleichmäßigen Rhythmus mit vielen gleichen Intervallen zwischen den Onsets wird eine geringe Flatness erwartet. Bei einem sehr ungleichmäßigen Rhythmus mit vielen unterschiedlichen Intervallen wird eine flache Autokorrelation und somit eine große Flatness erwartet.

Als Beispiel für diese Überlegung werden nun zwei Rhythmen miteinander verglichen. Die Patterns wurden als Vektor mit 1en und 0en generiert, wobei 1en einen Onset und 0en keinen Onset symbolisieren. Dieser Rhythmus-Vektor wurde mit einem Hann-Fenster gefaltet, wodurch ein kontinuierliches Signal mit Ein- und Ausschwingvorgang bei jedem Onset erzeugt wurde. Die Fensterbreite des Hann-Fensters wurde mit $f_s/(BPS/2)$ initialisiert.

Das Pattern mit dem regelmäßigen Rhythmus [1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0] liefert eine Autokorrelation, wie in Abbildung 20 ersichtlich und eine Flatness von $SF = 0.1081$.

Ein unregelmäßiges Pattern [0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1], entnommen aus dem Datensatz von Fitch und Rosenfeld, liefert eine Flatness von $SF = 0.8376$ und eine Autokorrelation wie in Abbildung ersichtlich. Fitch und Rosenfeld erhielten für dieses Pattern folgende Komplexitäten: Human Performance Complexity = 0,485, Human Metrical Complexity (Beat tapping) = 0,172 und Human Metrical Complexity (Number of Resets) = 13,688.

Dieser Vergleich zeigt, dass die Grundidee dieses Maßes sinnvoll ist.

4.1.3 Zweithöchster Peak

Ein anderer Ansatz zur Berechnung der Komplexität ist jener über die Höhe des zweithöchsten Peaks. Diese Höhe gibt Auskunft darüber, wie stark ein bestimmtes Intervall zwischen zwei Onsets ausgeprägt ist.

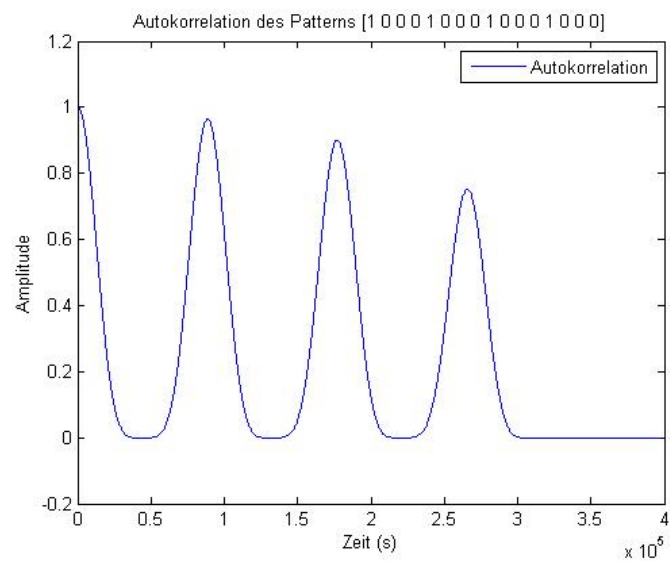


Abbildung 20: Autokorrelation für den Rhythmus [1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0]

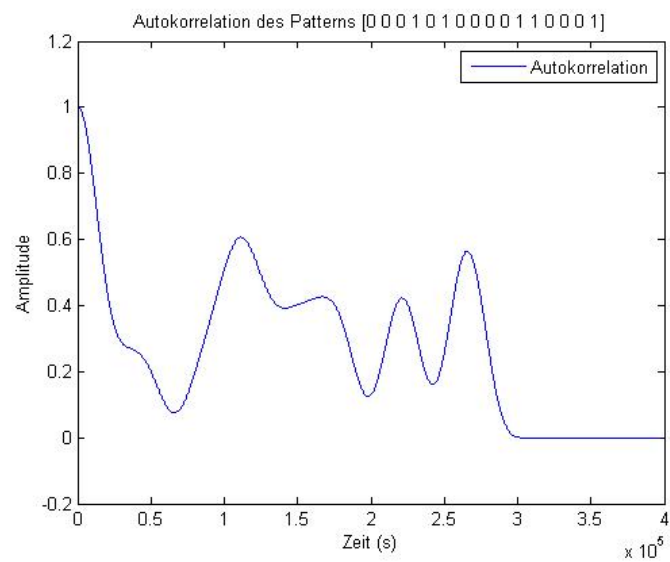


Abbildung 21: Autokorrelation für den Rhythmus [0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1]

Der Gedanke dabei ist, dass ein Rhythmus, in dem ein Intervall zwischen zwei Onsets öfters vor kommt, weniger komplex bewertet würde als ein Rhythmus, in dem nur unterschiedliche Intervalle vorkommen. Ein Rhythmus mit ausschließlich gleichen Inter-Onset-Intervallen weist einen gleichmäßigen, kammförmigen Verlauf auf, bei dem der zweithöchste Peak knapp unter 1 liegt. Das Gegenteil hingegen, ein Rhythmus mit lauter unterschiedlichen Intervallen, hat einen niedrigen zweithöchsten Peak, weil kein Intervall öfter als einmal vor kommt.

4.1.4 Informationsentropie

Da die Autokorrelation im Prinzip einem kontinuierlichen Inter-Onset-Intervall-Histogramm entspricht, kann sie als eine kontinuierliche Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion betrachtet werden. Hierüber kann nun die Informationsentropie berechnet werden. Die Informationsentropie gibt an, welchen mittleren Informationsgehalt ein Zeichen besitzt. [19]

Wie bereits in dem Kapitel 3.5 erwähnt, berechnet sich die Entropie wie folgt zu:

$$H(\chi) = - \sum_{x \in X} p(x) * \log_2 p(x)$$

[2] [13]

Hierbei ist $p(x)$ die Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses x und $\log_2 p(x)$ der Informationsgehalt dieser Wahrscheinlichkeit. Wird der Informationsgehalt noch mit der jeweiligen Eintrittswahrscheinlichkeit $p(x)$ gewichtet, ergibt sich daraus der mittlere Informationsgehalt eines Zeichens. [19]

4.1.5 Darstellungsformen

Die Ergebnisse werden mit zwei verschiedenen graphischen Darstellungsformen präsentiert. Zum einen bietet sich die Verwendung des Boxplots an. Abbildung 22 zeigt den beispielhaften Aufbau eines Boxplots. Innerhalb der Box befinden sich die mittleren 50% der Werte. Der rote Strich in der Box stellt den Median dar. Dieser ist jener Wert in einer Zahlenansammlung, welcher bei einer Reihung der Werte in der Mitte liegt [20].

Der Bereich der Box oberhalb und unterhalb des Medians wird mit Quartil bezeichnet. Hier liegen jene Werte von 25% bis 75%. Die Whisker zeigen den Bereich in dem die Werte ausserhalb von 25% und 75% liegen. Die Enden der Whisker werden dadurch vorgegeben, dass sie 1.5 mal dem Interquartilabstand betragen. Jener Wert, der dem Whisker am nächsten kommt definiert somit den Abschluss der Linie. Werte, die ausserhalb der Whisker liegen, werden Ausreißer genannt. [21]

Da Boxplots nicht sonderlich aussagekräftig sind und zu falschen Interpretationen führen können, wurde zusätzlich der Kruskal-Wallis-Test mit einer Signifikanz von

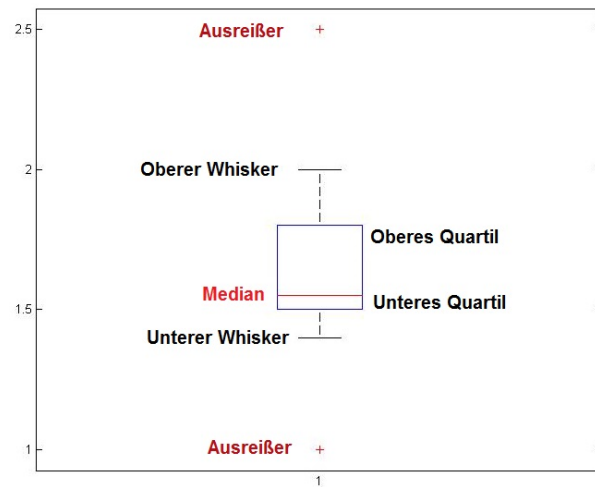


Abbildung 22: Beispiel eines Boxplots

5% zur Verifizierung der Ergebnisse angewendet. Der Kruskal-Wallis-Test ist ein nicht-parametrischer statistischer Test der auf dem Paarvergleich beruht.

Eine andere gewählte Darstellungsform sind die sogenannten Histogramme. Hier wird die Häufigkeit des Vorkommens gezählt und über der jeweiligen zugehörigen Eigenschaft aufgetragen.

5 Vergleich der eigenen mit den existenten Maßen anhand des subjektiven Komplexitätsempfindens aus vorherigen Versuchen

Nun wurden die verschiedenen Maße für die zwei Datensets von Fitch und Rosenfeld sowie Shmulevich und Povel (bzw. Povel und Essens) angewendet, da für diese subjektive Komplexitätsbewertungen aus den Versuchen vorliegen. Folgende Tabellen und Graphiken zeigen eine Gegenüberstellung der verschiedenen Komplexitätsbewertungen der Rhythmuspatterns aus den Versuchen mit der jeweils berechneten Entropie über die Autokorrelation, der Entropie über die lokalen IOI sowie globalen IOI, der Flatness sowie der Höhe des zweithöchsten Peaks der Autokorrelation. Die verwendeten Patterns wiesen alle die gleiche Länge von 16 Pulsen auf. Die Berechnung erfolgte wie oben beschrieben. Jedoch wurden nur die ersten 80% der Autokorrelation betrachtet und der Rest abgeschnitten, da nur dieser Bereich von Interesse war.

Abbildung 23 zeigt eine Gegenüberstellung der Ergebnisse von den verschiedenen Entropie-Berechnungsarten für die Patterns von Shmulevich und Povel sowie Povel und Essens, welche den gleichen Datensatz verwendeten. Die Entropien wurden über die subjektiven Komplexitäten aus den Versuchen von Shmulevich und Povel aufgetragen. Es ist ersichtlich, dass mit steigender Komplexität (x-Achse) die Entropie der globalen, der lokalen IOI sowie der Autokorrelation nicht ansteigt, sondern relativ gleich bleibt.

Zu beachten ist, dass die Entropie der lokalen IOI nur einen Wert annimmt. Dies resultiert daraus, dass Shmulevich und Povel bei allen Patterns eine gleiche Anzahl an Onsets verwendet haben, wo lediglich die Reihenfolge der Inter-Onset-Intervalle variierte. Die Anzahl und Größe der Inter-Onset-Intervalle blieb jedoch gleich. Es treten somit immer gleiche Intervalle auf, weshalb die Entropie darüber gleich bleibt. Auch die Werte für die Entropie der globalen IOI ändern sich kaum. Die Entropie über die Autokorrelation zeigt hingegen eine größere Fluktuation. Jedoch lässt sich auch anhand dieser Werte keine Vorhersage für die subjektive Komplexitätsbewertung der zugrundeliegenden Patterns machen.

Ein Vergleich der Werte für die Flatness und die Höhe des zweithöchsten Peaks pro Pattern von Shmulevich und Povel ist in Abbildung 24 ersichtlich. Die Werte wurden über die von Shmulevich und Povel ermittelten Komplexitäten aufgetragen. Um von den Werten für die Flatness oder die Höhe des zweithöchsten Peaks auf die Komplexität schließen zu können, müssten die Werte in einem Zusammenhang mit den Komplexitäten stehen. Wie Abbildung 24 zeigt, besteht jedoch auch hier kein direkter Zusammenhang zwischen den Werten.

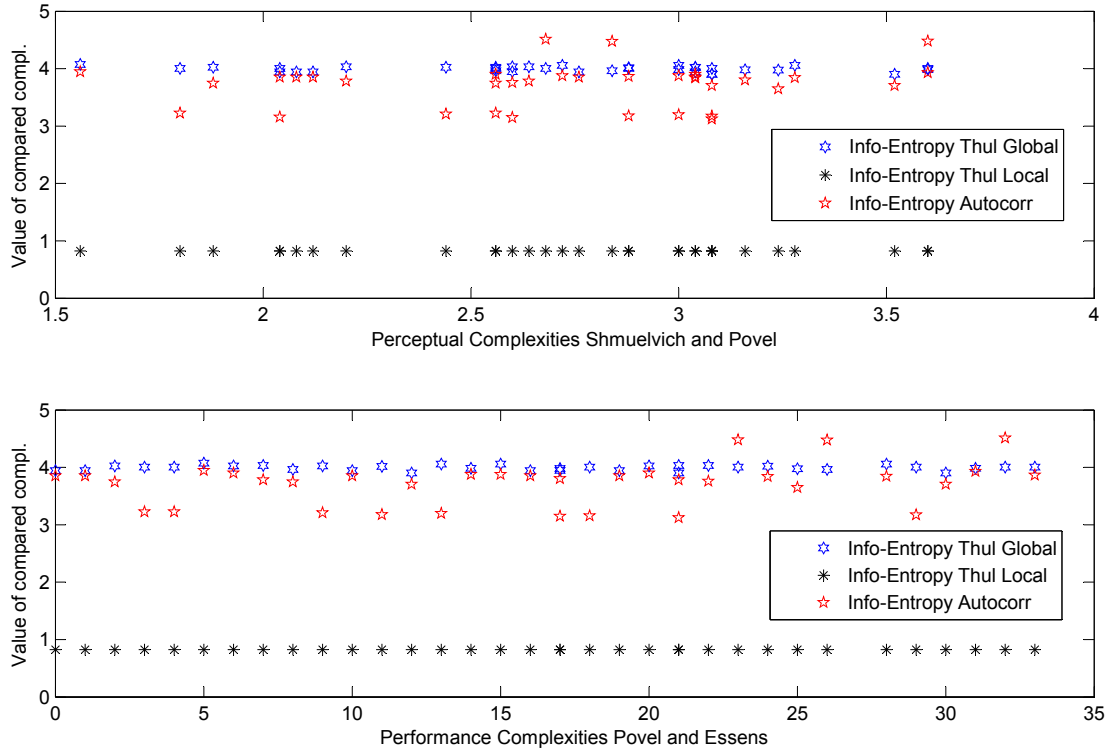


Abbildung 23: Gegenüberstellung der berechneten mit den bewerteten Komplexitäten der verschiedenen Patterns von Shmulevich und Povel sowie Povel und Essens. Obere Abbildung zeigt auf der horizontalen Achse die wahrgenommenen Komplexitäten, die untere Abbildung zeigt auf der horizontalen Achse die Wiedergabekomplexität für die jeweiligen Rhythmuspatterns. Auf der vertikalen Achse sind jeweils die Entropie der Autokorrelation, die Entropie der lokalen und die Entropie der die globalen Inter-Onset-Intervalle aufgetragen

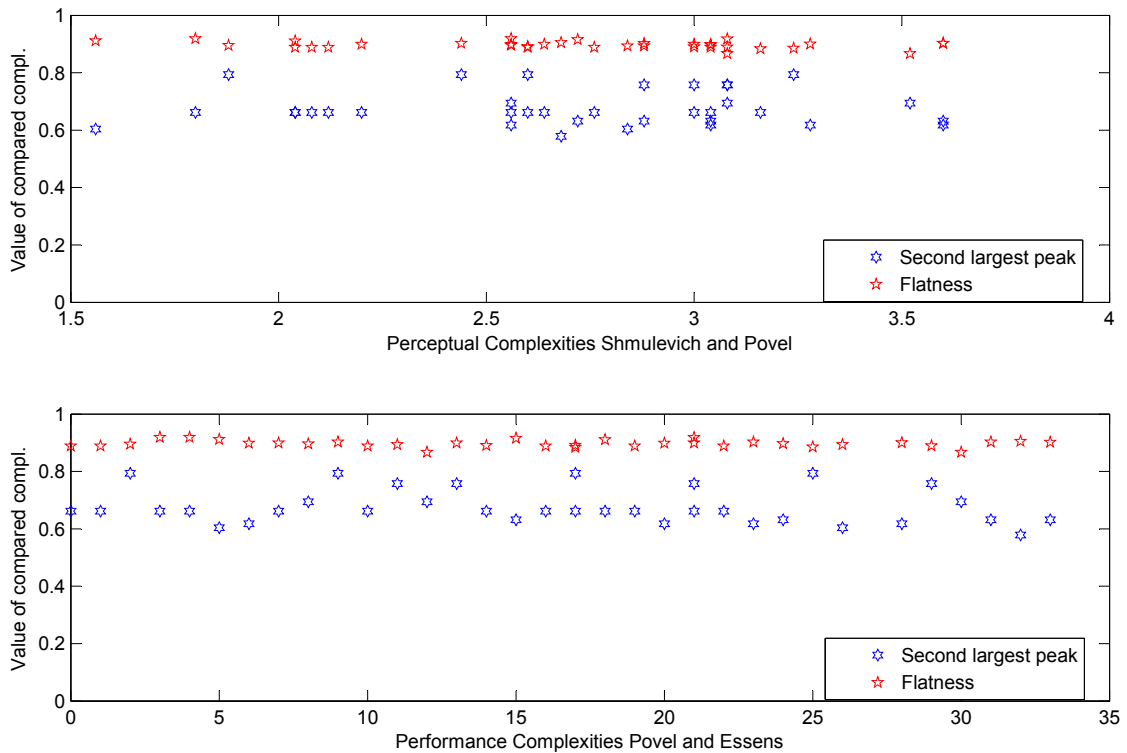


Abbildung 24: Gegenüberstellung von den berechneten und den bewerteten Komplexitäten der verschiedenen Patterns von Shmulevich und Povel sowie Povel und Essens. Obere Abbildung zeigt auf der horizontalen Achse die wahrgenommenen Komplexitäten, die untere Abbildung zeigt auf der horizontalen Achse die Wiedergabekomplexität für die jeweiligen Patterns. Auf der vertikalen Achse sind die Flatness der Autokorrelation und die Höhe des zweithöchsten Peaks aufgetragen

Tabelle 3: Gegenüberstellung der Bewertung der Wiedergabekomplexität von verschiedenen Rhythmen aus dem Versuch von Povel und Essens [5] sowie der wahrgenommenen Komplexität aus dem Versuch von Shmulevich und Povel mit den Ergebnissen der verschiedenen Maße [6].

Pattern	Wahr- genom- mene Kom- plexität	Wieder- gabe- komple- xit�t	Flatness	Zweit- h�chs- ter Peak	Entropie Auto- korrela- tion	Entropie lokale IOI	Entropie globale IOI
1	1,56	5	0,9120	0,6039	3,9460	0,8247	4,0748
2	2,12	1	0,8887	0,6614	3,8541	0,8247	3,9441
3	2,08	0	0,8887	0,6614	3,8541	0,8247	3,9441
4	1,88	2	0,8954	0,7937	3,7463	0,8247	4,0234
5	1,8	3	0,9194	0,6614	3,2263	0,8247	4,0032
6	2,44	9	0,9027	0,7937	3,2094	0,8247	4,0234
7	2,2	7	0,8995	0,6614	3,7855	0,8247	4,0339
8	2,56	4	0,9194	0,6614	3,2263	0,8247	4,0032
9	3	14	0,8903	0,6614	3,8764	0,8247	3,9851
10	2,04	18	0,9107	0,6614	3,1566	0,8247	4,0032
11	2,76	19	0,8887	0,6614	3,8541	0,8247	3,9441
12	2,72	15	0,9154	0,6313	3,8797	0,8247	4,0567
13	3	13	0,8994	0,7576	3,2002	0,8247	4,0567
14	3, 16	17	0,8840	0,6614	3,8054	0,8247	3,9804
15	2,04	10	0,8887	0,6614	3,8541	0,8247	3,9441
16	2,88	11	0,8938	0,7576	3,1777	0,8247	4,0157
17	2,6	17	0,8917	0,7937	3,1514	0,8247	3,9472
18	2,6	22	0,8889	0,6614	3,7610	0,8247	4,0339
19	2,64	21	0,8995	0,6614	3,7855	0,8247	4,0339
20	3,24	25	0,8859	0,7937	3,6496	0,8247	3,9778
21	3,08	29	0,8893	0,7576	3,1758	0,8247	4,0032
22	3,04	20	0,8987	0,6173	3,9017	0,8247	4,0234
23	3,04	16	0,8887	0,6614	3,8541	0,8247	3,9441
24	2,56	6	0,8987	0,6173	3,9017	0,8247	4,0234
25	2,56	6	0,8960	0,6945	3,7484	0,8247	3,9623
26	2,84	26	0,8941	0,6039	4,4773	0,8247	3,9623
27	3,6	23	0,9028	0,6173	4,4819	0,8247	4,0032
28	2,68	32	0,9047	0,5787	4,5115	0,8247	4,0032
29	3,28	28	0,9004	0,6173	3,8465	0,8247	4,0567
30	3,08	21	0,9183	0,7576	3,1235	0,8247	3,9026
31	3,52	30	0,8671	0,6945	3,7079	0,8247	3,9026
32	3,6	31	0,9027	0,6313	3,9323	0,8247	3,9851
33	3,04	24	0,8973	0,6313	3,8430	0,8247	4,0214
34	2,88	33	0,9022	0,6313	3,8647	0,8247	4,0032
35	3,08	12	0,8671	0,6945	3,7079	0,8247	3,9026

Abbildung 25 zeigt eine Gegenüberstellung der drei Entropieberechnungsverfahren über den Komplexitäten für die verschiedenen Patterns von Fitch und Rosenfeld. Auch hier zeigt sich lediglich eine geringe Änderung der Werte für die Entropie über die lokalen IOI. Es ist ersichtlich, dass auch hier kein direkter Zusammenhang zwischen den berechneten Entropien und den subjektiven Komplexitäten besteht.

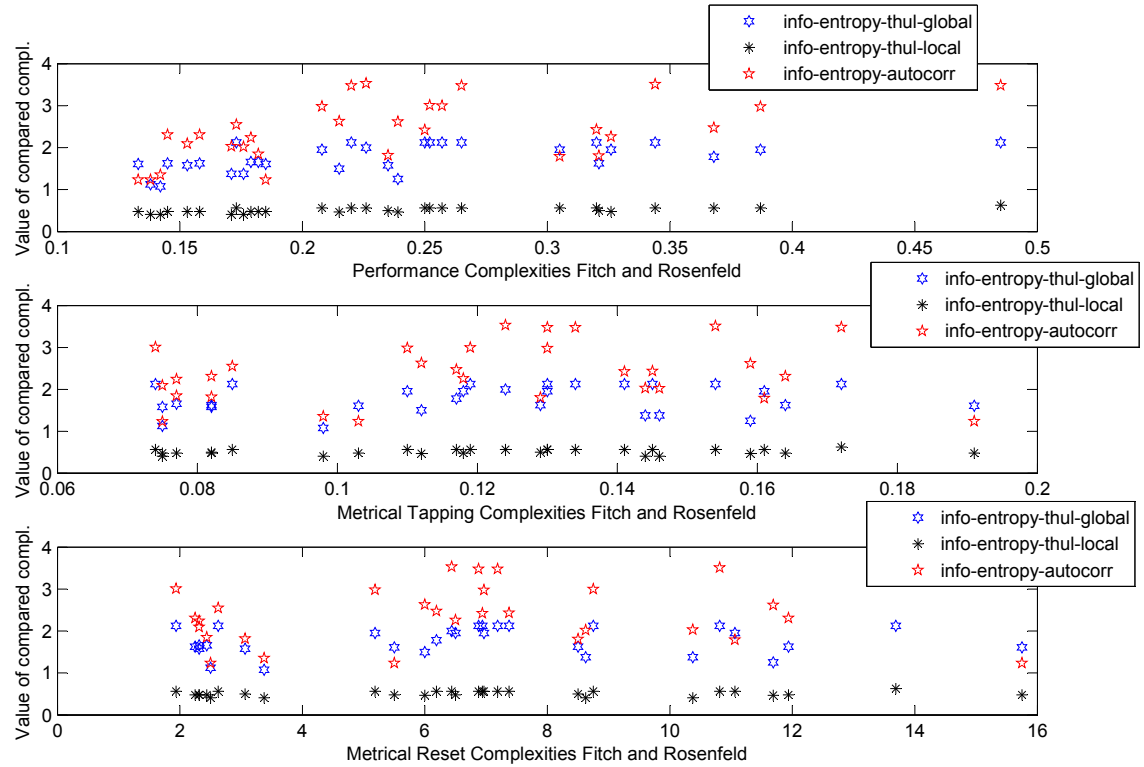


Abbildung 25: Gegenüberstellung von den berechneten und den bewerteten Komplexitäten der verschiedenen Patterns von Fitch und Rosenfeld. Obere Abbildung zeigt auf der horizontalen Achse die wahrgenommenen Komplexitäten, die untere Abbildung zeigt auf der horizontalen Achse die Wiedergabekomplexität für die jeweiligen Patterns. Auf der vertikalen Achse sind jeweils die Entropie der Autokorrelation, die Entropie der lokalen und die Entropie der globalen Inter-Onset-Intervalle aufgetragen

Auch bei der Gegenüberstellung zwischen der Flatness und der Höhe des zweithöchsten Peaks über die Komplexität des jeweiligen Patterns von Shmulevich und Povel in Abbildung 26 zeigt sich, dass weder über die Flatness noch über die Höhe des zweithöchsten Peaks eine Aussage über die Komplexität gemacht werden kann.

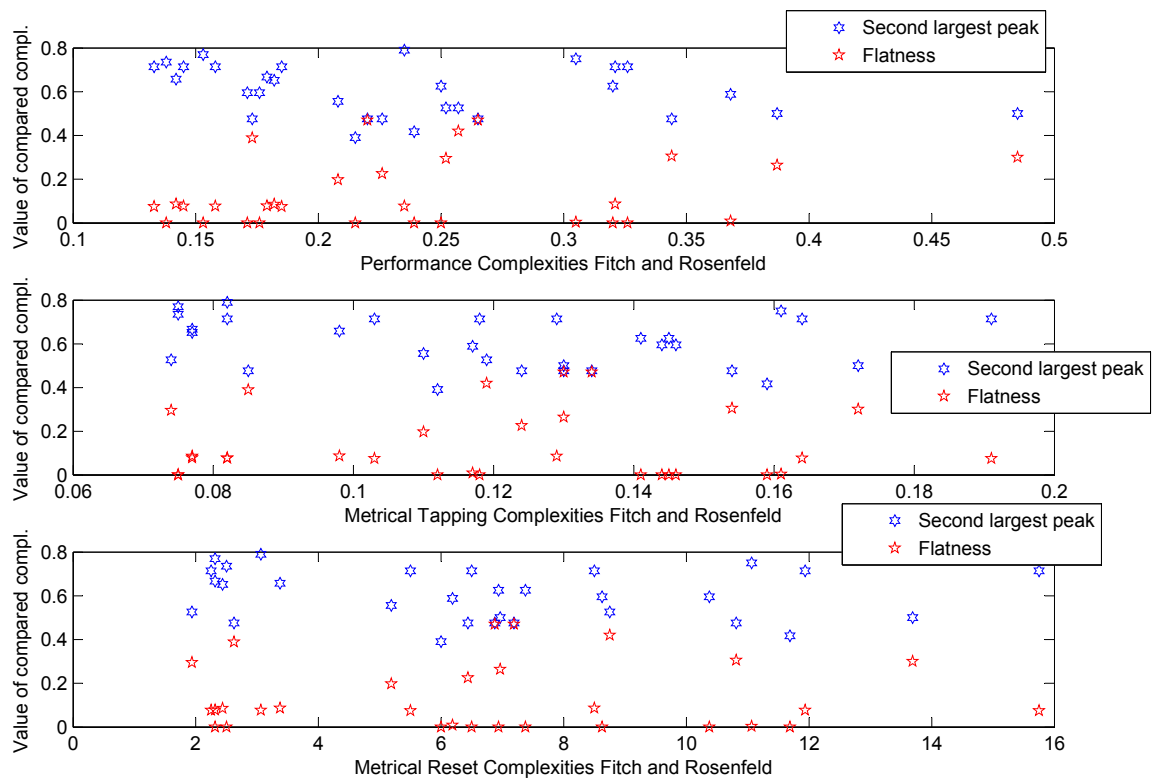


Abbildung 26: Gegenüberstellung der berechneten und der bewerteten Komplexitäten der verschiedenen Patterns von Fitch und Rosenfeld. Obere Abbildung zeigt auf der horizontalen Achse die wahrgenommenen Komplexitäten, die untere Abbildung zeigt auf der horizontalen Achse die Wiedergabekomplexität für die jeweiligen Patterns. Auf der vertikalen Achse sind die Flatness der Autokorrelation und die Höhe des zweithöchsten Peaks aufgetragen

Tabelle 4: Diese Tabelle beinhaltet die empfundene Komplexität sowie die ‘‘Tapping’’und ‘‘Reset’’- Komplexität für verschiedene Rhythmen aus dem Versuch von Fitch und Rosenfeld [7] sowie die für die jeweiligen Patterns berechneten Werte für die 5 verschiedenen Maße

Pattern	Wieder- gabe- kom- plexi- t�t	‘‘Tapping’’- Kom- plexität	‘‘Reset’’- Kom- plexi- t�t	Entropie der Auto- korre- lation	Entropie lokale IOI	Entropie globale IOI	Zweit- h�chs- ter Peak	Flatness
1	0,1380	0,0750	2,5000	1,2343	0,4063	1,1250	0,7353	0,0000
2	0,1450	0,0820	2,2500	2,3108	0,4764	1,6250	0,7143	0,0773
3	0,1530	0,0750	2,3130	2,0953	0,4764	1,5778	0,7694	0,0006
4	0,2570	0,1190	8,7500	2,9985	0,5625	2,1250	0,5263	0,4200
5	0,1330	0,1030	5,5000	1,2362	0,4764	1,6085	0,7143	0,0750
6	0,2350	0,0820	3,0630	1,8206	0,5000	1,5778	0,7895	0,0776
7	0,2150	0,1120	6,0000	2,6283	0,4688	1,5000	0,3907	0,0000
8	0,2080	0,1100	5,1880	2,9841	0,5625	1,9528	0,5556	0,1978
9	0,2500	0,1410	6,9380	2,4242	0,5625	2,1250	0,6251	0,0000
10	0,1710	0,1440	10,3750	2,0304	0,4063	1,3750	0,5953	0,0000
11	0,2200	0,1300	6,8750	3,4782	0,5625	2,1250	0,4762	0,4706
12	0,2260	0,1240	6,4380	3,5312	0,5625	2,0000	0,4762	0,2258
13	0,3870	0,1300	6,9650	2,9800	0,5625	1,9528	0,5000	0,2646
14	0,2390	0,1590	11,6880	2,6198	0,4688	1,2500	0,4167	0,0004
15	0,4850	0,1720	13,6880	3,4825	0,6250	2,1250	0,5000	0,3007
16	0,1730	0,0850	2,6250	2,5511	0,5625	2,1250	0,4762	0,3897
17	0,1790	0,0770	2,3130	2,2422	0,4764	1,6556	0,6667	0,0790
18	0,1820	0,0770	2,4380	1,8495	0,4764	1,6556	0,6522	0,0865
19	0,2520	0,0740	1,9380	3,0078	0,5625	2,1250	0,5263	0,2958
20	0,1420	0,0980	3,3750	1,3537	0,4063	1,0778	0,6579	0,0874
21	0,3050	0,1610	11,0630	1,7906	0,5625	1,9528	0,7500	0,0042
22	0,3210	0,1290	8,5000	1,8068	0,5000	1,6250	0,7143	0,0865
23	0,3200	0,1450	7,3750	2,4332	0,5625	2,1250	0,6251	0,0000
24	0,2650	0,1340	7,1880	3,4782	0,5625	2,1250	0,4762	0,4706
25	0,1760	0,1460	8,6250	2,0219	0,4063	1,3750	0,5953	0,0001
26	0,3260	0,1180	6,5000	2,2612	0,4764	1,9528	0,7143	0,0002
27	0,3680	0,1170	6,1880	2,4743	0,5625	1,7806	0,5883	0,0093
28	0,3440	0,1540	10,8130	3,5103	0,5625	2,1250	0,4762	0,3057
29	0,1850	0,1910	15,7500	1,2362	0,4764	1,6085	0,7143	0,0750
30	0,1580	0,1640	11,9380	2,3108	0,4764	1,6250	0,7143	0,0773

Aus den Tabellen und Graphiken ist ersichtlich, dass mithilfe keines Maßes eine direkte Aussage über die subjektive Komplexitätsbewertung getroffen werden kann. Es ist kein Zusammenhang zwischen den bewerteten und den berechneten Komplexitäten ersichtlich. Jedoch zeigt sich eine größere Varianz zwischen den Werten bei den eigenen Maßen (Entropie der Autokorrelation, Flatness und Höhe des zweithöchsten Peaks) als bei jenen, die bereits existieren. Die Werte der existenten Maße variieren nur geringfügig.

6 Ergebnisse Experiment 1

6.1 Diskriminierung des Stresslevels und der gesprochenen Sätze

Zur Überprüfung des Stresslevels einer Versuchsperson stand ein Datensatz zur Verfügung, in welchem ein Sprecher 7 Sätze vorlas. Hierbei hörte er seine eigene Stimme mit verschiedenen Delaystufen von 5ms, 20ms, 50ms, 75ms und 100ms. Dadurch, dass der Sprecher seine eigene Stimme mit Delay wahrnahm wurde eine gewisse Stresssituation provoziert. Diese lässt sich akustisch aus den Aufnahmen entnehmen. Bei den Sätzen handelte es sich um folgende:

Satz 1: Einst stritten sich Nordwind und Sonne, wer von ihnen beiden nun der stärkere wäre.

Satz 2: Als ein Wanderer, der in einen warmen Mantel gehüllt war, des Weges daher kam.

Satz 3: Sie wurden einig, dass derjenige für den Stärkeren gelten sollte, der den Wanderer zwingen würde, seinen Mantel anzunehmen.

Satz 4: Der Nordwind blies mit aller Macht, aber je mehr er blies, desto fester hüllte sich der Wanderer in seinen Mantel ein.

Satz 5: Endlich gab der Nordwind den Kampf auf.

Satz 6: Nun erwärmte die Sonne die Luft mit ihren freundlichen Strahlen und schon nach wenigen Augenblicken zog der Wanderer seinen Mantel aus.

Satz 7: Da musste der Nordwind zugeben, dass die Sonne von ihnen beiden der Stärkere war.

Die Überprüfung der verschiedenen Sätze beruht auf dem Gedanken, dass möglicherweise ein vorgegebener Satz einen Sprachrhythmus bereits beinhaltet. Somit ist die "Komplexität" bzw. sind die Silbenzeitpunkte bereits indirekt vorgegeben.

Zur Analyse des Stresslevels und der verschiedenen Sätze wurden Boxplots verwendet. Innerhalb eines Boxplots befanden sich somit für die Stressanalyse jene Werte die für die Sätze bei einer Delaystufe erhalten wurden. Für die Analyse der verschiedenen Sätze wurden hingegen die Werte für jeweils die gleichen Sätze verwendet, unabhängig von der Delaystufe.

Um eine Aussage darüber machen zu können, ob signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Delaystufen oder Sätzen existieren wurde der Kruskal-Wallis-Test mit einer Signifikanz von 5% verwendet.

Abbildung 27 zeigt die verschiedenen Boxplots für die Flatness der Autokorrelation. Auf der linken Seite sind die Boxplots der berechneten Werte der Flatness der sieben Sätze pro Delaystufe ersichtlich. Die linke Seite zeigt die Boxplots der berechneten Flatness pro Satz.

Es ist ersichtlich, dass sich die Boxplots der verschiedenen Delaystufen überlappen.

Bei den Sätzen hebt sich der Boxplot für Satz 3 von den anderen ab.

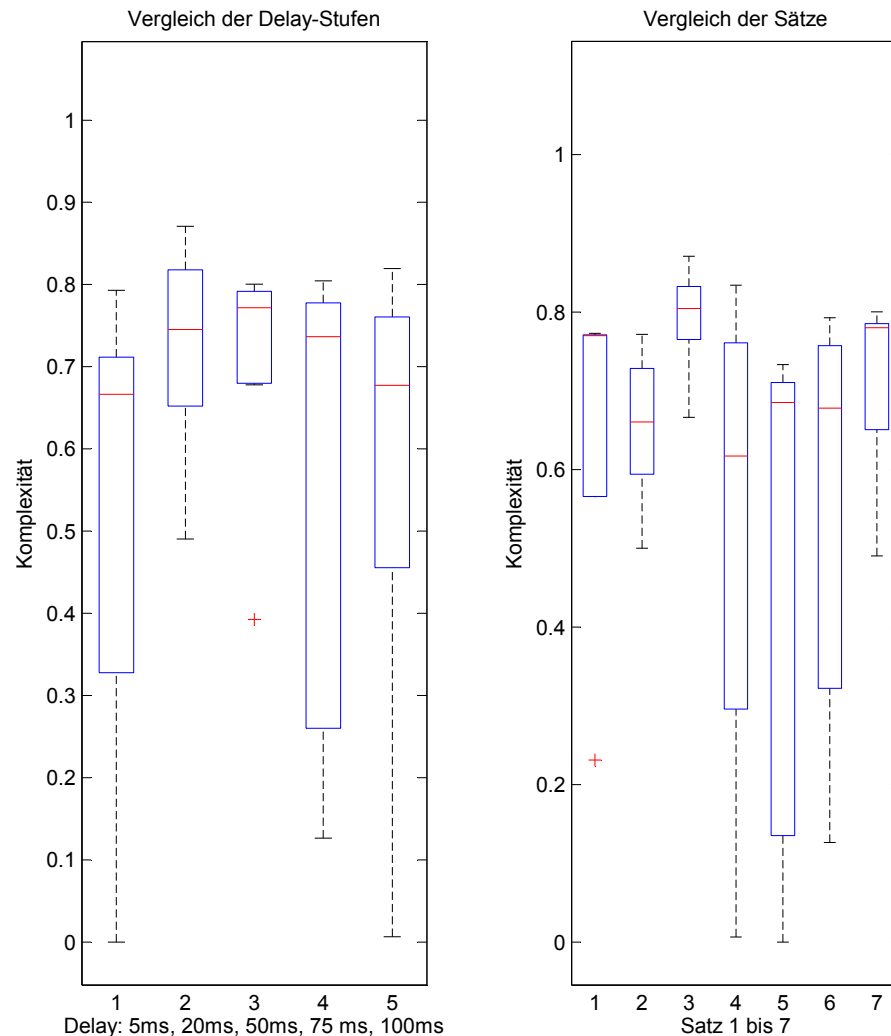


Abbildung 27: Rhythmus-Komplexitätsberechnung über die Flatness: Gegenüberstellung der verschiedenen Komplexitäten der Delaystufen sowie der verschiedenen Sätze. Es wurden sieben Sätze vorgelesen, wobei der Sprecher sich selber mit einem Delay von 5ms, 20ms, 50ms, 75ms und 100ms Verzögerung hörte. Über die daraus entstandenen Sätze wurde die Flatness der Autokorrelation berechnet

Der Kruskal-Wallis-Test mit einer Signifikanz von 5% ergab, dass drei Satzpaare signifikant unterschiedlich sind. Diese sind:

- Satz 3 und Satz 2
- Satz 5 und Satz 3
- Satz 6 und Satz 3

Dieses Ergebnis bestätigt die Beobachtung aus den Boxplots.

Für die verschiedenen Delaystufen ergaben sich jedoch keine signifikanten Unterschiede.

Die Tabelle für den Kruskal-Wallis Test für das Stresslevel befindet sich im Anhang 6. Die Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests für die verschiedenen Sätze befindet sich im Anhang in Tabelle 7.

Abbildung 28 zeigt die Boxplots für das Verfahren der Berechnung der Komplexität über die Höhe des zweithöchsten Peaks. Hier ist anhand der Boxplots ersichtlich, dass die Streuung der Daten für die verschiedenen Sätze im Vergleich zur Flatness stark reduziert ist. Dies ist vor Allem bei den Sätzen 1, 3 und 6 der Fall. Es ließen sich hier die Bereiche der Boxplots von Satz 1 und Satz 6 trennen. Eine leichte Überlappung zeigt sich zwischen Satz 1 und Satz 3 sowie Satz 3 und Satz 5.

Der Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5% ergab, dass es für die Höhe des zweithöchsten Peaks signifikante Unterschiede zwischen 12 Satzpaaren gibt:

- Satz 3 und Satz 1
- Satz 6 und Satz 1
- Satz 7 und Satz 1
- Satz 3 und Satz 2
- Satz 4 und Satz 2
- Satz 6 und Satz 2
- Satz 7 und Satz 2
- Satz 5 und Satz 3
- Satz 6 und Satz 3
- Satz 5 und Satz 4
- Satz 6 und Satz 5
- Satz 7 und Satz 5

Auch hier wird die Beobachtung aus den Boxplots durch den Kruskal-Wallis-Test mit einer Signifikanz von 5% bestätigt. Jedoch zeigen sich noch weitere Satzpaare mit signifikanten Unterschieden, als aus den Boxplots ersichtlich ist.

Zwischen den verschiedenen Stresslevel, bzw. Delaystufen existiert kein signifikanter Unterschied, wie sich aus der Tabelle mit den Ergebnissen für den Kruskal-Wallis Test im Anhang 8 entnehmen lässt. Die Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests für die verschiedenen Sätze befindet sich im Anhang in Tabelle 9.

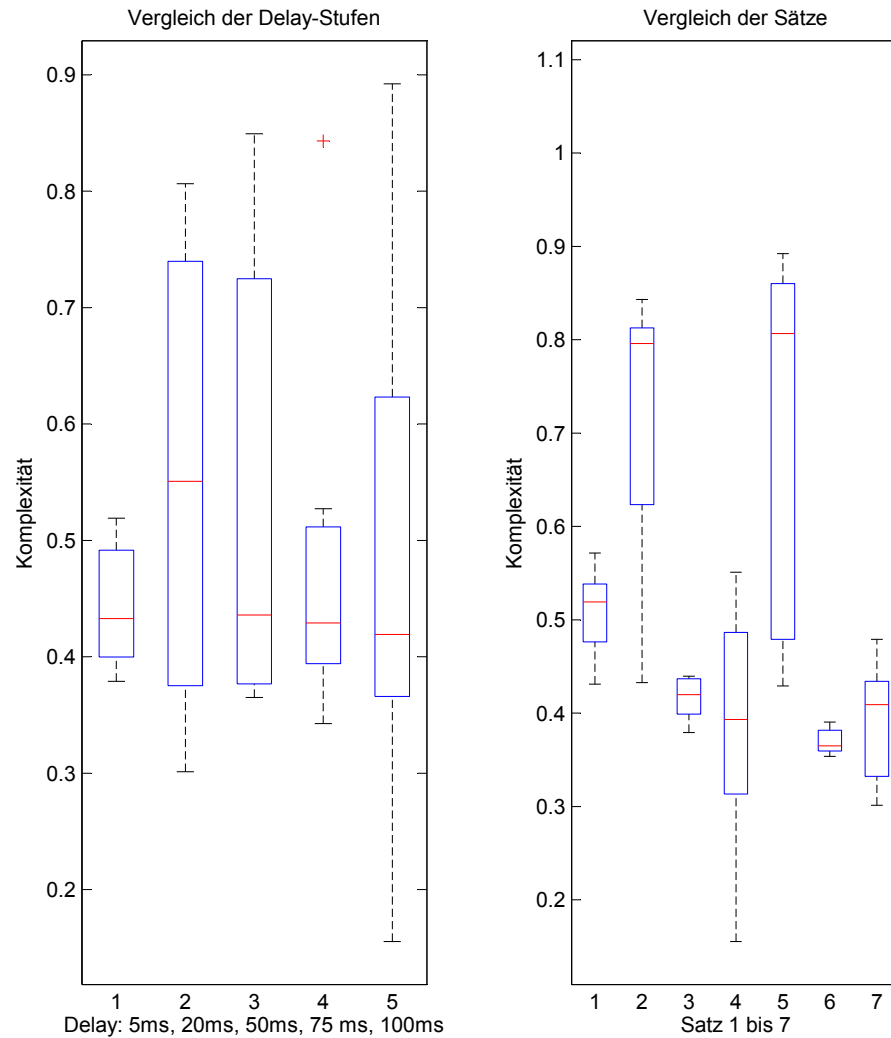


Abbildung 28: Rhythmus-Komplexitätsberechnung über die Höhe des zweithöchsten Peaks der Autokorrelation: Gegenüberstellung der verschiedenen Komplexitäten der Delaystufen sowie der verschiedenen Sätze. Es wurden sieben Sätze vorgelesen, wobei der Sprecher sich selber mit einem Delay von 5ms, 20ms, 50ms, 75ms und 100ms Verzögerung hörte. Über die daraus entstandenen Sätze wurde die Höhe des zweithöchsten Peaks der Autokorrelation berechnet

Abbildung 29 zeigt die Boxplots für die Entropie über die Autokorrelation. Auf der linken Seite ist anhand der Boxplots pro Delaystufe ersichtlich, dass sich die Bereiche stark überlappen. Auf der rechten Seite hingegen ist anhand der Boxplots für die verschiedenen Sätze ersichtlich, dass sich die Bereiche von Satz 3, 4 und 6 von denen der Sätzen 1, 2, 5 und 7 klar abtrennen.

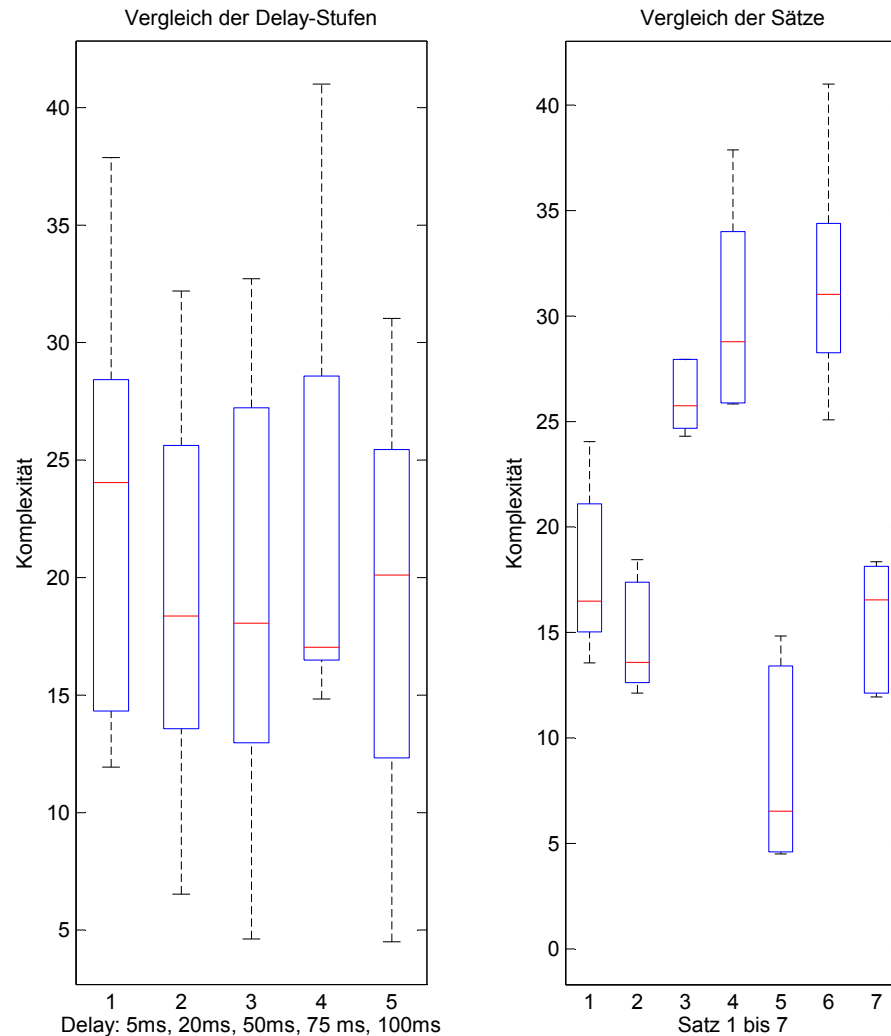


Abbildung 29: Rhythmus-Komplexitätsberechnung über die Entropie der Autokorrelation: Gegenüberstellung der verschiedenen Komplexitäten der Delaystufen sowie der verschiedenen Sätze. Es wurden sieben Sätze vorgelesen, wobei der Sprecher sich selber mit einem Delay von 5ms, 20ms, 50ms, 75ms und 100ms Verzögerung hörte. Über die daraus entstandenen Sätze wurde die Entropie der Autokorrelation berechnet

Der Kruskal-Wallis-Test mit einer Signifikanz von 5% ergab, dass für die Entropie der Autokorrelation signifikante Unterschiede zwischen 14 Satzpaaren existieren:

- Satz 3 und Satz 1
- Satz 4 und Satz 1
- Satz 5 und Satz 1
- Satz 6 und Satz 1
- Satz 3 und Satz 2
- Satz 4 und Satz 2
- Satz 6 und Satz 2
- Satz 5 und Satz 3
- Satz 6 und Satz 3
- Satz 7 und Satz 3
- Satz 5 und Satz 4
- Satz 7 und Satz 4
- Satz 5 und Satz 6
- Satz 7 und Satz 6

Auch hier bestätigte das Ergebnis des Kruskal-Wallis-Tests die Beobachtungen aus den Boxplots.

Der Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5% ergab, dass es für das Stresslevel keine signifikanten Unterschieden zwischen den verschiedenen Delaystufen gibt. Die zugehörige Tabelle befindet sich im Anhang 10. Die Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests für den Satzvergleich befindet sich im Anhang in Tabelle 11.

Abbildung 30 zeigt, dass auch bei den Boxplots für die Entropie über die globalen IOI eine großflächige Überlappung und starke Streuung der Ergebnisse pro Delaystufe existiert. Hingegen zeigt die rechte Seite, dass die Boxplots einiger der verschiedenen Sätzen keine Überlappung aufweisen. Dies ist zwischen den Sätzen 1, 2, 3 und 5 der Fall. Auch weisen die Boxplots für die Sätze 3, 5 und 7 sowie Satz 5 und Satz 6 keine Überlappung auf.

Der Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5% ergab, dass zwischen 10 Satzpaaren signifikante Unterschiede existieren:

- Satz 3 und Satz 1
- Satz 5 und Satz 1
- Satz 3 und Satz 2
- Satz 5 und Satz 2
- Satz 7 und Satz 2
- Satz 5 und Satz 3
- Satz 7 und Satz 3
- Satz 4 und Satz 5
- Satz 6 und Satz 5

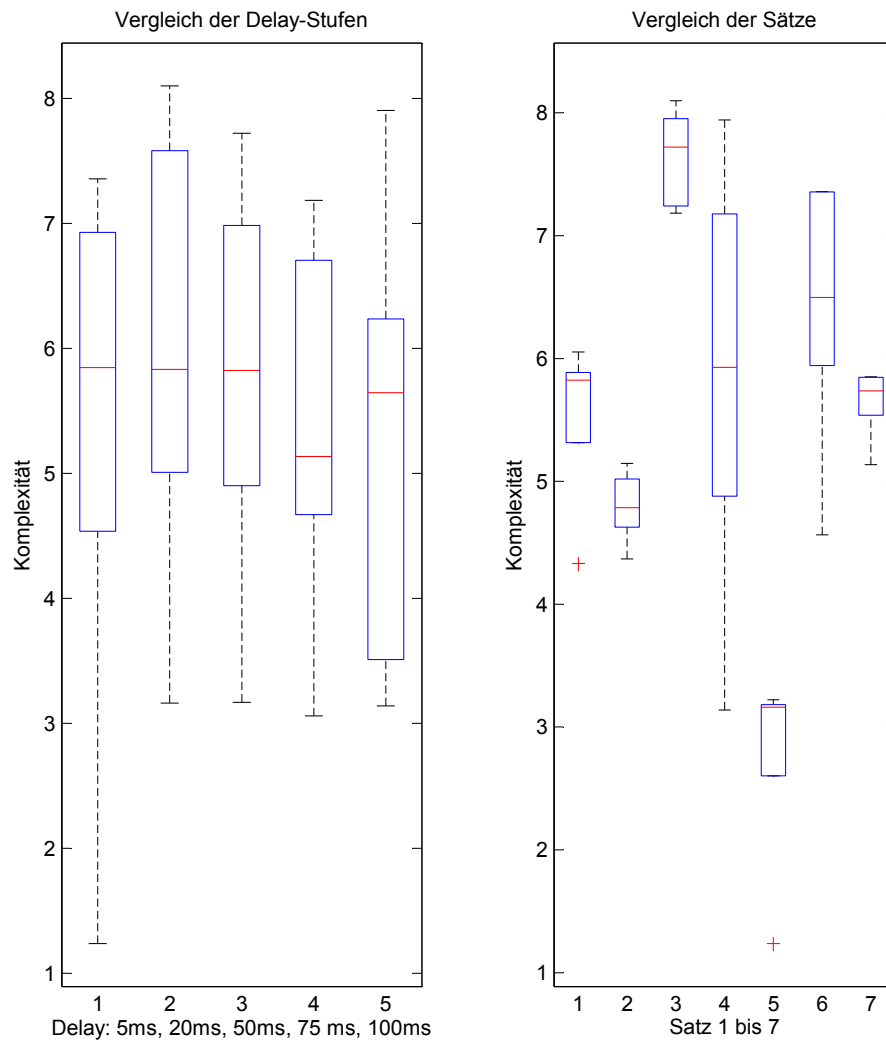


Abbildung 30: Rhythmus-Komplexitätsberechnung über die Entropie der globalen IOI nach Thul [2]: Gegenüberstellung der verschiedenen Komplexitäten der Delay-stufen sowie der verschiedenen Sätze. Es wurden sieben Sätze vorgelesen, wobei der Sprecher sich selber mit einem Delay von 5ms, 20ms, 50ms, 75ms und 100ms Verzögerung hörte. Über die daraus entstandenen Sätze wurde die Entropie der globalen IOI berechnet

- Satz 7 und Satz 5

Einige der Satzpaare, deren Bereiche sich in den Boxplots nicht überlappten sind durch den Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5% als signifikant unterschiedlich bestätigt worden.

Zwischen den verschiedenen Stresslevel, bzw. Delaystufen existieren keine signifikanten Unterschiede. Die Tabelle für den Kruskal-Wallis Test für das Stresslevel befindet sich im Anhang 12. Die Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests für die verschiedenen Sätze befindet sich im Anhang in Tabelle 13.

Aus Abbildung 31 lässt sich entnehmen, dass auch für die Entropie der lokalen IOI keine Diskriminierung zwischen den Delaystufen möglich ist, da die Bereiche vollständig überlappen. Hingegen ist auch hier ersichtlich, dass möglicherweise eine Trennung zwischen manchen Sätzen erfolgen kann. So überlappen die Bereiche der Boxplots der Sätze 2, 3 und 5 sowie 2, 5 und 6 nicht. Gleiches gilt für die Sätze 5 und 1, 5 und 4 sowie 3 und 7.

Der Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5% ergab, dass signifikante Unterschiede zwischen 14 Satzpaaren existieren:

- Satz 3 und Satz 1
- Satz 5 und Satz 1
- Satz 6 und Satz 1
- Satz 3 und Satz 2
- Satz 5 und Satz 2
- Satz 6 und Satz 2
- Satz 4 und Satz 3
- Satz 5 und Satz 3
- Satz 7 und Satz 3
- Satz 5 und Satz 4
- Satz 6 und Satz 4
- Satz 6 und Satz 5
- Satz 7 und Satz 5
- Satz 6 und Satz 7

Auch hier wird die Beobachtung aus den Boxplots für die verschiedenen Sätze durch den Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5% bestätigt. Keine signifikanten Unterschiede lieferte der Kruskal-Wallis Test sich für die verschiedenen Delaystufen.

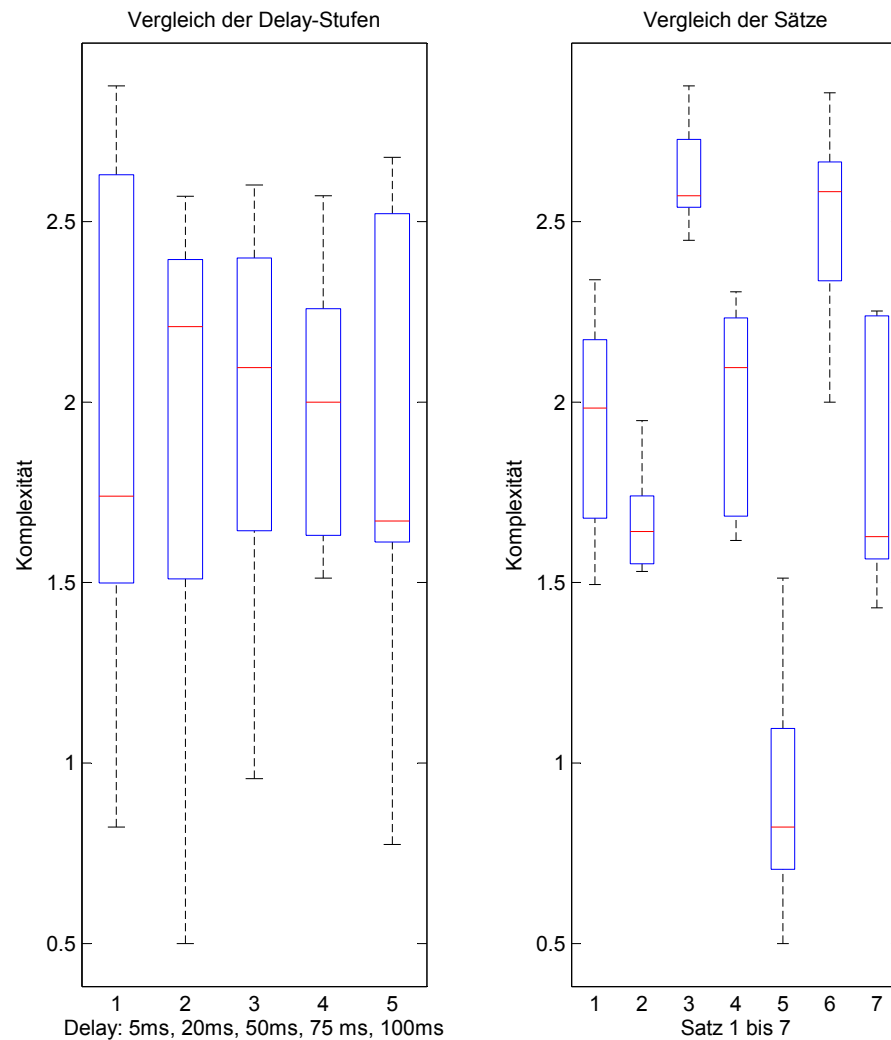


Abbildung 31: Rhythmus-Komplexitätsberechnung über die Entropie der lokalen IOI nach Thul [2]: Gegenüberstellung der verschiedenen Komplexitäten der Delay-stufen sowie der verschiedenen Sätze. Es wurden sieben Sätze vorgelesen, wobei der Sprecher sich selber mit einem Delay von 5ms, 20ms, 50ms, 75ms und 100ms Verzögerung hörte. Über die daraus entstandenen Sätze wurde die Entropie der lokalen IOI berechnet

6.2 Zusammenfassung der Diskriminierung des Stresslevels und der gesprochenen Sätze

Es zeigte sich, dass mithilfe keines Maßes eine Aussage über das Stresslevel der sprechenden Person getroffen werden kann. Der Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5% ergab keine signifikanten Unterschiede.

Allerdings ergab die Analyse, dass einige Satzpaare signifikant unterschiedlich sind. Abbildung 32 zeigt ein Histogramm der signifikant unterschiedlichen Satzpaare pro Komplexitätsmaß. Es ist ersichtlich, dass die Entropie der Autokorrelation und die Entropie der lokalen IOI mit 14 von 21 signifikant unterschiedlichen Satzpaaren das beste Ergebnis erzielten. Die Höhe des zweithöchsten Peaks erreichte 12 von 21 signifikant unterschiedlichen Satzpaaren, die Entropie der globalen IOI 10 und die Flatness der Autokorrelation 3 von 21 signifikant unterschiedlichen Satzpaaren.

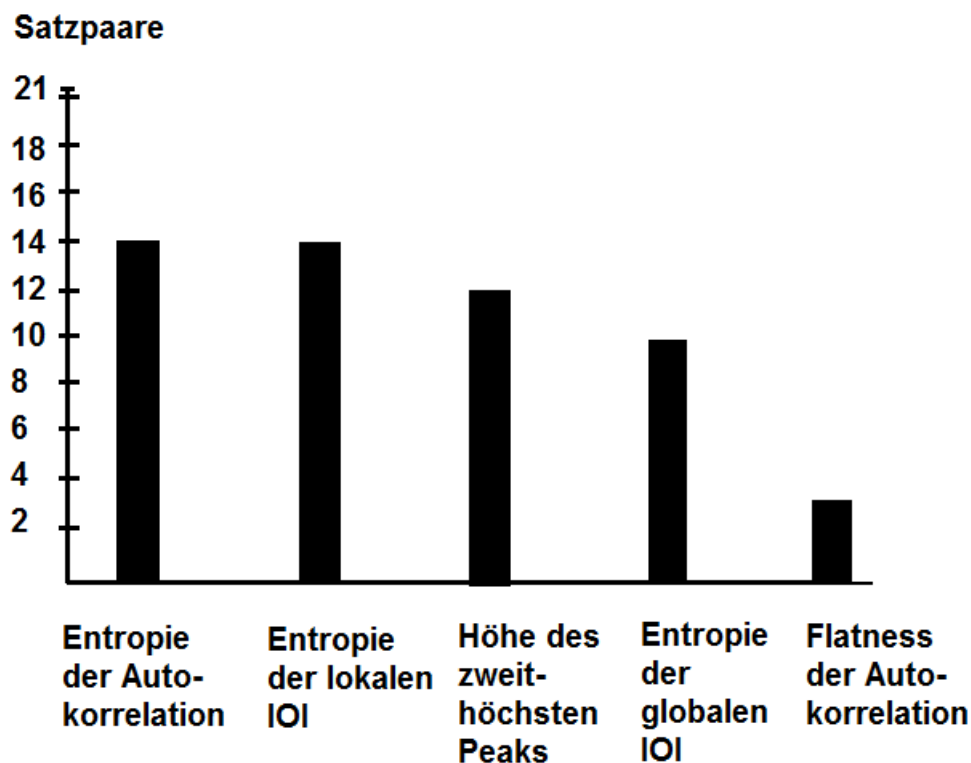


Abbildung 32: Histogramm der signifikant unterschiedlichen Satzpaare für die verschiedenen Komplexitätsmaße

7 Ergebnisse Experiment 2

Es wurde überprüft, ob anhand der Ergebnisse der verschiedenen Maße eine Aussage über die Emotion getroffen werden kann, mit der eine Person spricht. Hierfür stand ein Datensatz zur Verfügung, welcher die Silbenzeitpunkte von 10 Sprechern (5 männlichen und 5 weiblichen) beinhaltet, welche 10 verschiedene Sätze mit 7 verschiedenen Emotionen gesprochen haben. [22]

Um zu bestätigen, dass die Emotionen der gesprochenen Sätze beim Zuhörer tatsächlich so wahrgenommen werden, mussten Versuchspersonen den Sätzen jene Emotionen zuordnen, mit denen sie gesprochen wurden. Falls eine Erkennung nicht eindeutig war, wurde der Satz verworfen. Daher sind nicht alle Emotionen bei den Sprechern gleich vertreten. Zudem wurden die Silbengrenzen von Linguisten annotiert. [22]

Tabelle 5 zeigt, wie oft die verschiedenen Sprecher Sätze in den jeweiligen Emotionen gesprochen haben. Die Emotionsbeschreibung wurde hier auf Englisch aus dem Datensatz übernommen. Es wurde auf eine Übersetzung verzichtet, um mögliche Fehlinterpretationen zu vermeiden.

Die Idee hinter der Betrachtung der verschiedenen Emotionen ist, dass möglicherweise die Emotion den Sprachrhythmus und somit die Komplexität beeinflusst.

	<i>Disgusted</i>	<i>Happy</i>	<i>Bored</i>	<i>Neutral</i>	<i>Sad</i>	<i>Angry</i>	<i>Anxious</i>
<i>Sprecher1(m)</i>	0	7	5	11	4	14	3
<i>Sprecher2(f)</i>	0	10	10	10	9	12	4
<i>Sprecher3(f)</i>	7	3	4	9	2	13	1
<i>Sprecher4(m)</i>	1	2	8	4	2	10	5
<i>Sprecher5(m)</i>	1	7	7	8	7	11	9
<i>Sprecher6(m)</i>	1	2	5	4	1	12	3
<i>Sprecher7(f)</i>	7	10	10	9	5	12	7
<i>Sprecher8(f)</i>	6	8	7	7	10	16	12
<i>Sprecher9(m)</i>	5	6	9	11	3	13	6
<i>Sprecher10(f)</i>	10	9	14	5	9	14	5

Tabelle 5: Auflistung des Vorkommens der einzelnen Emotionen pro Sprecher

7.1 Analyse der Emotionen pro Sprecher

7.1.1 Sprecher 1

Aus Abbildung 33 ist anhand der Boxplots für die verschiedenen Emotionen ersichtlich, dass für Sprecher 1 alle Komplexitätsberechnungsverfahren keine gute Emotionsdiskriminierung liefern. Bei der Entropieberechnung über die Autokorrelation lassen sich die Bereiche der Boxplots für die Emotionen Happy und Sad voneinander trennen. Bei der Komplexitätsberechnung über die Entropie der lokalen IOI lassen sich die Bereiche der Boxplots für die Emotionen Sad und Bored voneinander trennen.

Der Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5% ergab, dass weder für die Flatness noch für die Höhe des zweithöchsten Peaks, der Entropie über die Autokorrelation sowie der Entropie über die globalen IOI ein signifikanter Unterschied zwischen einem Emotionspaar besteht. Einzig für die Entropie über die lokalen IOI ergeben sich drei Emotionspaare, welche signifikant unterschiedlich sind: Happy - Bored, Sad - Bored (wie auch bereits in den Boxplots ersichtlich war), Happy - Neutral. Der p-Wert für das Emotionspaar Angry - Happy wurde mit 0,0523 knapp überschritten.

Die Ergebnisse des Kruskal-Wallis-Tests sind im Anhang in Tabelle 16 zu entnehmen.

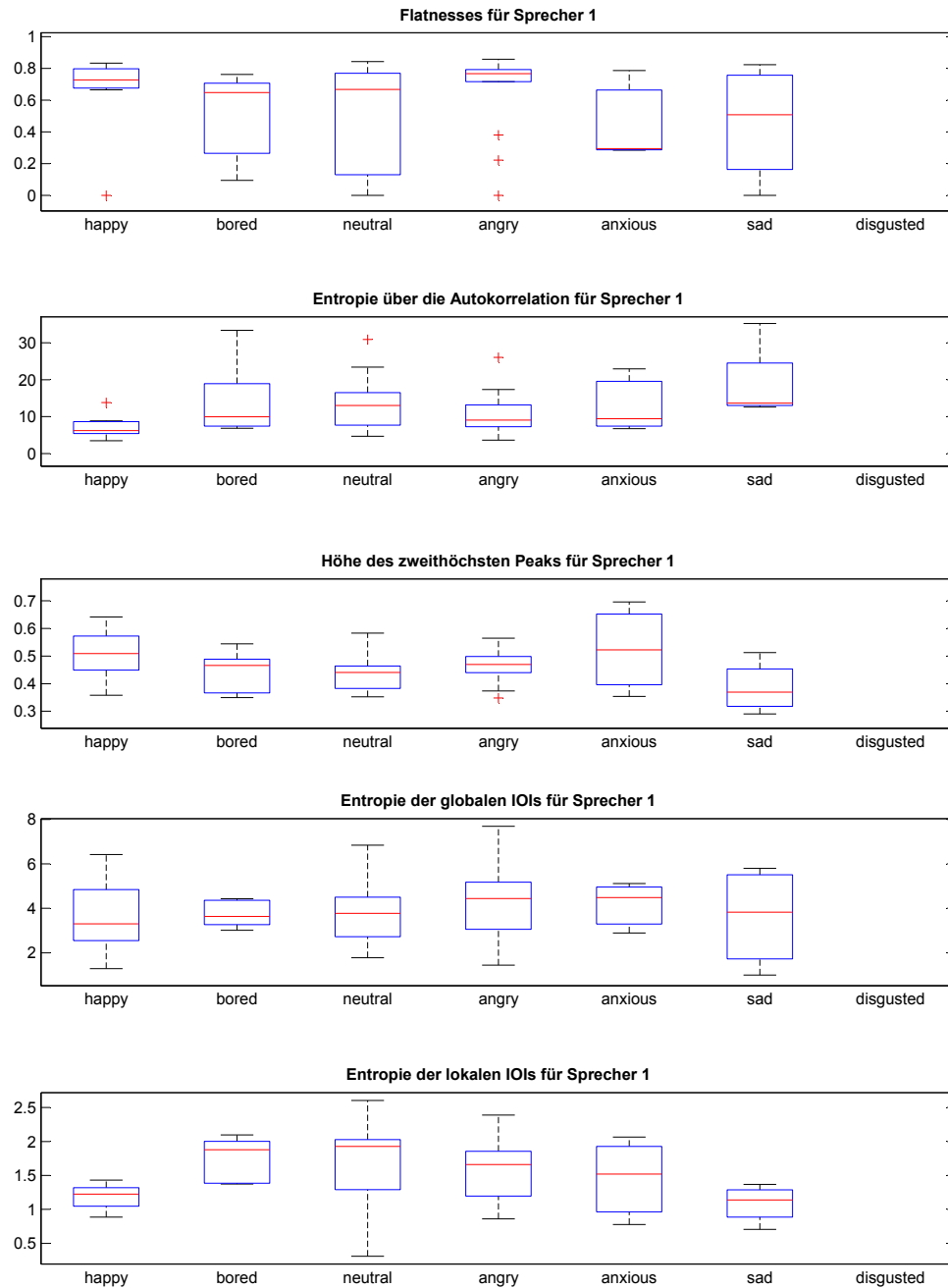


Abbildung 33: Boxplots der Ergebnisse für die verschiedenen Komplexitätsberechnungsverfahren pro Emotion des gesprochenen Satzes für Sprecher 1

7.1.2 Sprecher 2

Auch bei Sprecher 2 lässt sich über die verschiedenen Berechnungsverfahren keine Prognose über die verschiedenen Emotionen aufstellen. Die Bereiche der Boxplots bei den verschiedenen Berechnungsverfahren überlappen zu stark, wie aus Abbildung 34 ersichtlich ist. Einzig bei der Höhe des zweithöchsten Peaks zeigt sich, dass sich die Emotion Sad von den anderen etwas abhebt. Jedoch überlappen auch hier die Bereiche.

Der Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5% ergab, dass für die Entropie über die globalen und lokalen IOI keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Emotionen existieren.

Für die Flatness und die Entropie der Autokorrelation ist jeweils das Emotionspaar Happy - Sad signifikant unterschiedlich.

Die Höhe des zweithöchsten Peaks wies 5 signifikant unterschiedliche Emotionspaare auf: Happy - Sad, Neutral - Sad, Bored - Sad, Angry - Sad und Anxious - Sad. Dieses Ergebnis bestätigt die Beobachtung aus den Boxplots.

Die Ergebnisse des Kruskal-Wallis-Tests sind im Anhang in Tabelle 17 ersichtlich.

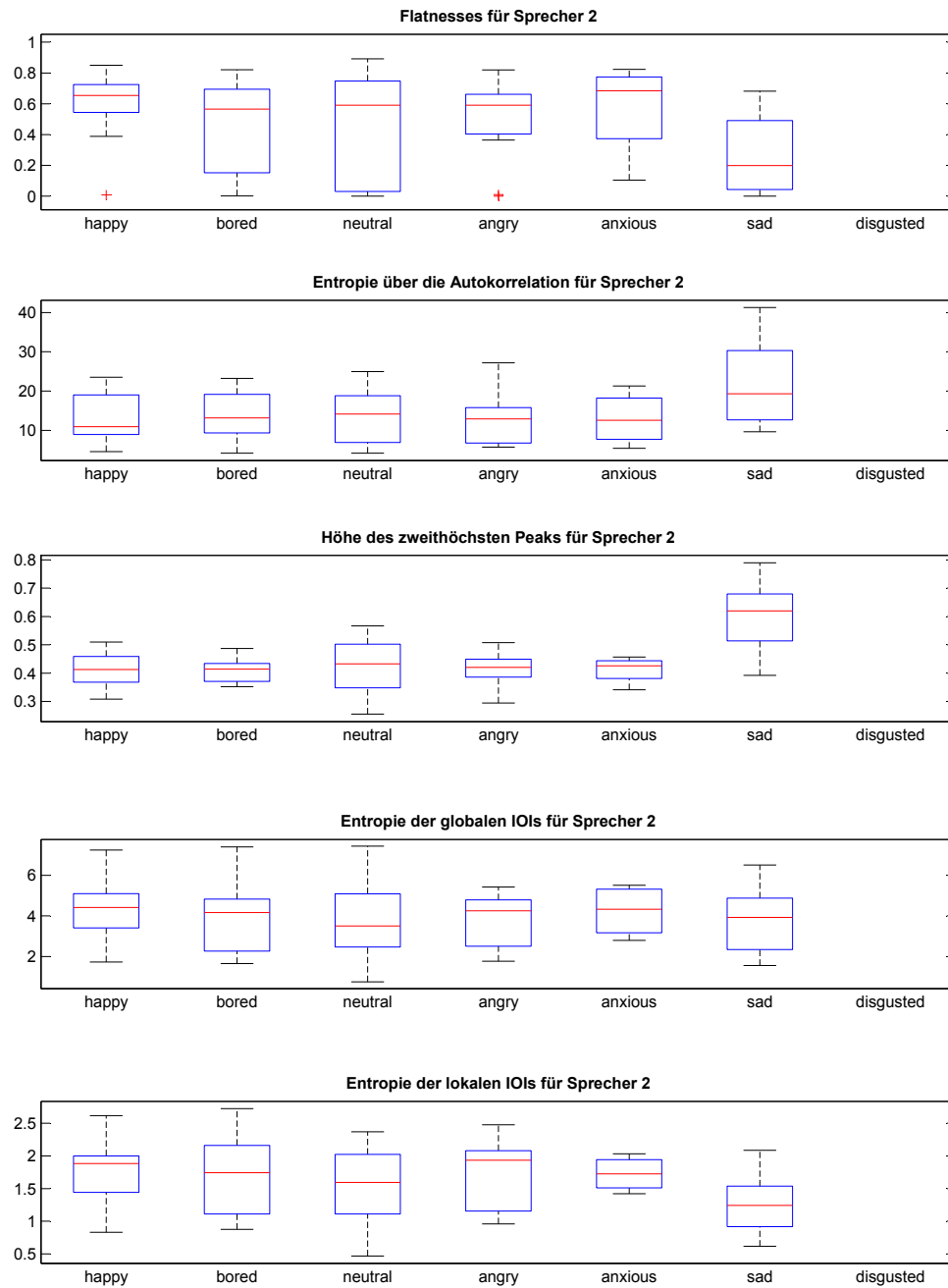


Abbildung 34: Boxplots der Ergebnisse für die verschiedenen Komplexitätsberechnungsverfahren pro Emotion des gesprochenen Satzes für Sprecher 2

7.1.3 Sprecher 3

In Abbildung 35 ist zu beachten, dass dieser Sprecher lediglich einen Satz mit der Emotion Anxious ausgesprochen hat, woraus resultiert, dass nur der Median in der Abbildung eingezeichnet ist. Bei der Berechnung der Flatness lassen sich die Emotionen Happy und Neutral voneinander trennen. Für alle anderen Berechnungsverfahren überlappen die Boxplots für die verschiedenen Emotionen.

Für Sprecher 3 ergab der Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5%, dass für die Flatness, die Entropie der Autokorrelation, die Entropie der lokalen und der globalen IOI kein signifikanter Unterschied zwischen den verschiedenen Emotionspaaren existiert.

Die Höhe des zweithöchsten Peaks wies ein Emotionspaar auf, welches signifikant unterschiedlich ist: Disgusted-Sad. Das Paar Happy-Neutral überschritt den p-Wert minimal mit einem Wert von 0,0522.

Tabelle 18 im Anhang beinhaltet die Ergebnisse des Kruskal-Wallis-Tests.

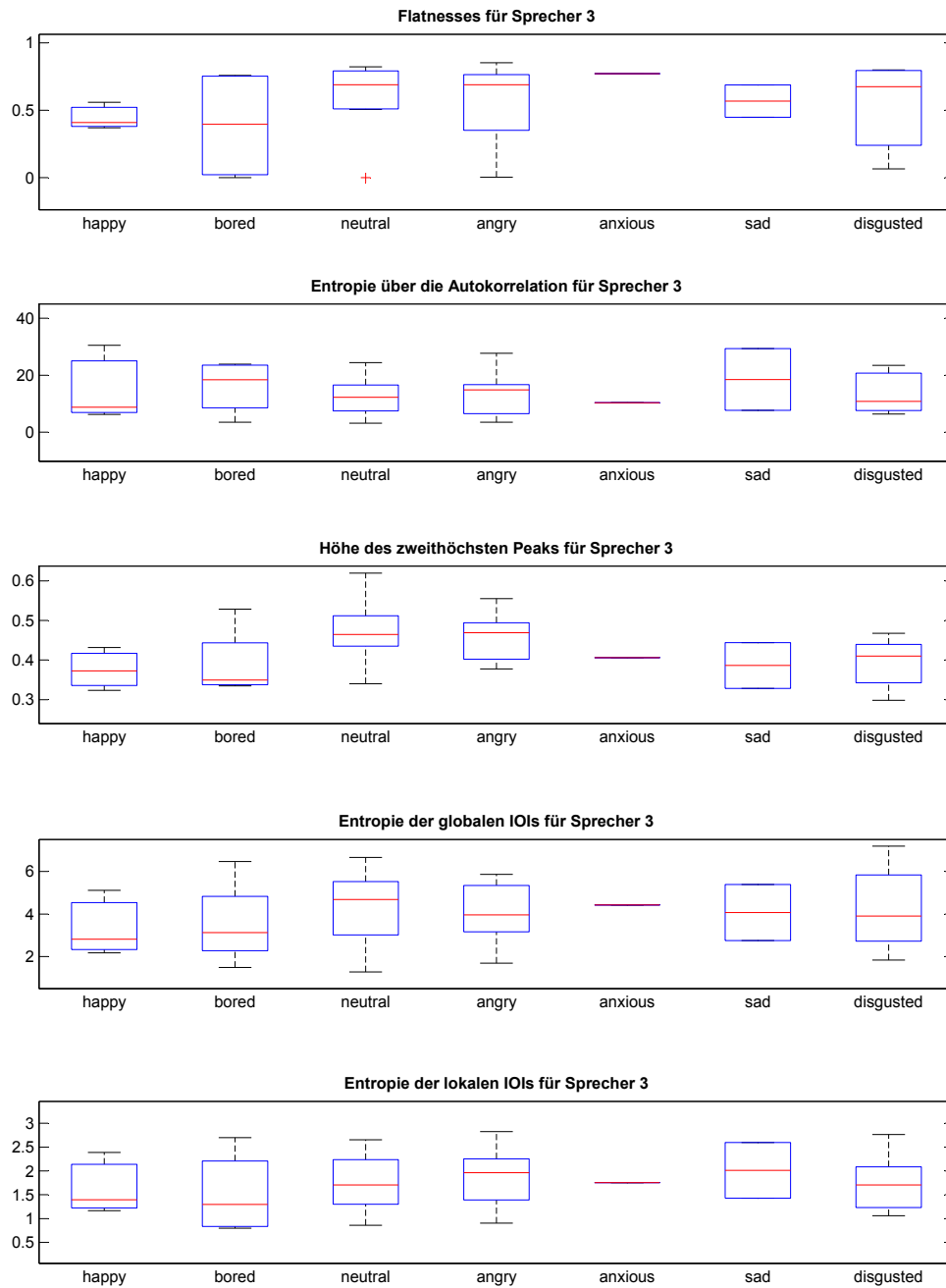


Abbildung 35: Boxplots der Ergebnisse für die verschiedenen Komplexitätsberechnungsverfahren pro Emotion des gesprochenen Satzes für Sprecher 3

7.1.4 Sprecher 4

Auch bei Sprecher 4 zeigt sich in Abbildung 36 lediglich der Median bei Emotion Disgusted, was ebenfalls daran liegt, dass hier nur ein Satz eingesprochen wurde. Gleiches gilt für die Emotionen Happy und Sad. Hier wurden jeweils zwei Sätze mit diesen Emotionen eingesprochen. Die restlichen Boxplots überlappen sehr stark für alle Berechnungsverfahren.

Der Kruskal-Walli Test mit einer Signifikanz von 5% ergab, dass bei der Berechnung der Flatness das Emotionspaar Neutral-Angry signifikant unterschiedlich ist. Für die Höhe des zweithöchsten Peaks ergab der Test, dass das Emotionspaar Angry-Anxious signifikant unterschiedlich ist. Der p-Wert für das Paar Happy-Anxious wurde mit 0,0528 knapp überschritten.

Die Entropie über die Autokorrelation weist ein Emotionspaar auf, welches signifikant unterschiedlich ist: Angry-Neutral. Für die Entropie der lokalen IOI und der globalen IOI ergaben sich keine signifikant unterschiedlichen Emotionspaare für Sprecher 4.

Tabelle 19 im Anhang enthält die Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests.

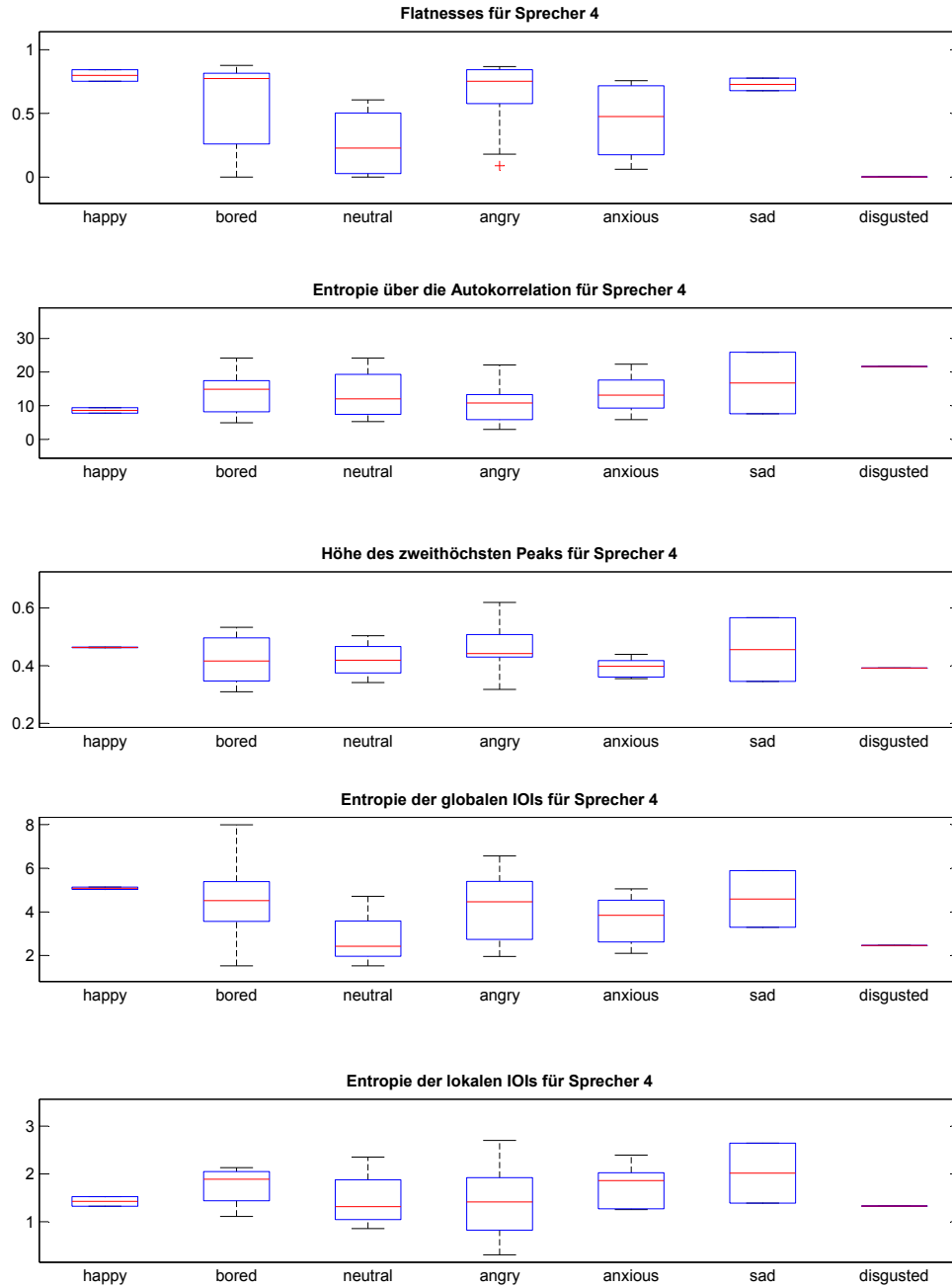


Abbildung 36: Boxplots der Ergebnisse für die verschiedenen Komplexitätsberechnungsverfahren pro Emotion des gesprochenen Satzes für Sprecher 4

7.1.5 Sprecher 5

Abbildung 37 zeigt, dass bei Sprecher 5 sich (zwei Ausreißer ausgenommen) die Boxplots für die Emotionen Angry und Sad bei der Flatnessberechnung nicht überlappen. Bei den restlichen Berechnungsverfahren überlappen die Boxplots recht stark.

Für Sprecher 5 ergab der Kruskal-wallis Test mit einer Signifikanz von 5% einige signifikant unterschiedliche Emotionspaare. Diese sind:

für die Flatness der Autokorrelation: Anxious - Angry, Happy - Sad, Angry - Sad (wie im Boxplot ersichtlich ist),

für die Höhe des zweithöchsten Peaks: Angry-Bored, Angry - Happy,

für die Entropie der Autokorrelation: Happy - Sad, Sad - Angry, Anxious - Angry.

für die Entropie der globalen IOI: Happy - Anxious.

Lediglich für die Entropie der lokalen IOI ergab sich kein Emotionspaar, welches signifikant unterschiedlich ist.

Die Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests befinden sich in Tabelle 20 im Anhang.

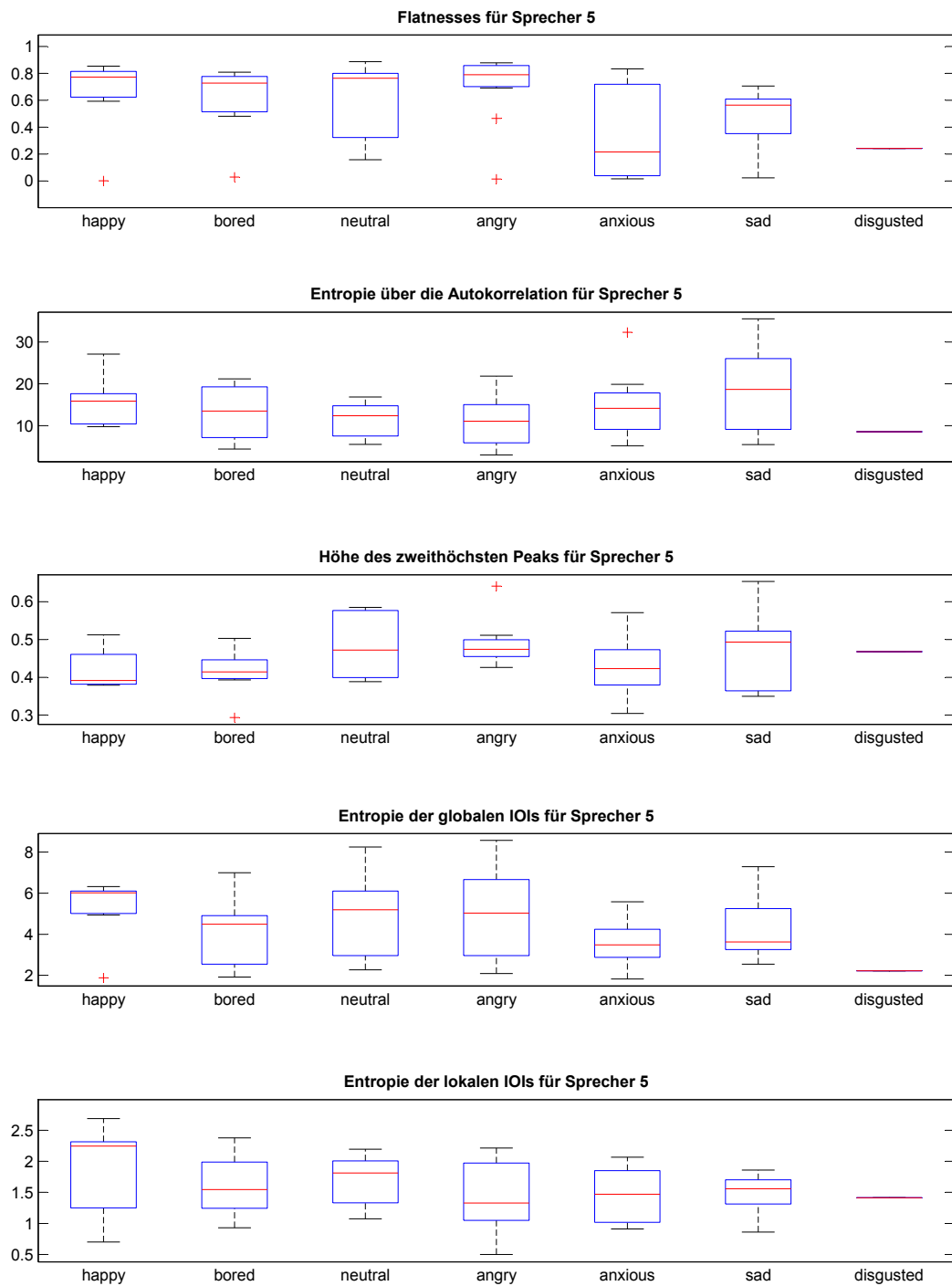


Abbildung 37: Boxplots der Ergebnisse für die verschiedenen Komplexitätsberechnungsverfahren pro Emotion des gesprochenen Satzes für Sprecher 5

7.1.6 Sprecher 6

Für Sprecher 6 zeigt sich in Abbildung 38, dass sich für die Höhe des zweithöchsten Peaks die Boxplots der Emotionen Anxious (3 Sätze) und Neutral (4 Sätze) nicht überlappen. Interessant ist die große Streuung der Emotion Happy, da lediglich 3 Sätze mit dieser Emotion eingesprochen wurden. Für die Emotionen Sad und Disgusted wurde lediglich ein Satz eingesprochen, woher nur der Median in der Abbildung ersichtlich ist.

Der Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5% ergab für Sprecher 6, dass lediglich für die Höhe des zweithöchsten Peaks ein signifikanter Unterschied zwischen Emotionspaaren besteht. Diese sind: Anxious - Neutral (wie sich bereits in den Boxplots zeigt), Angry - Neutral, Angry - Bored. Für alle anderen Maße existiert kein signifikanter Unterschied zwischen den verschiedenen Emotionspaaren. Die Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests befinden sich im Anhang in Tabelle 21.

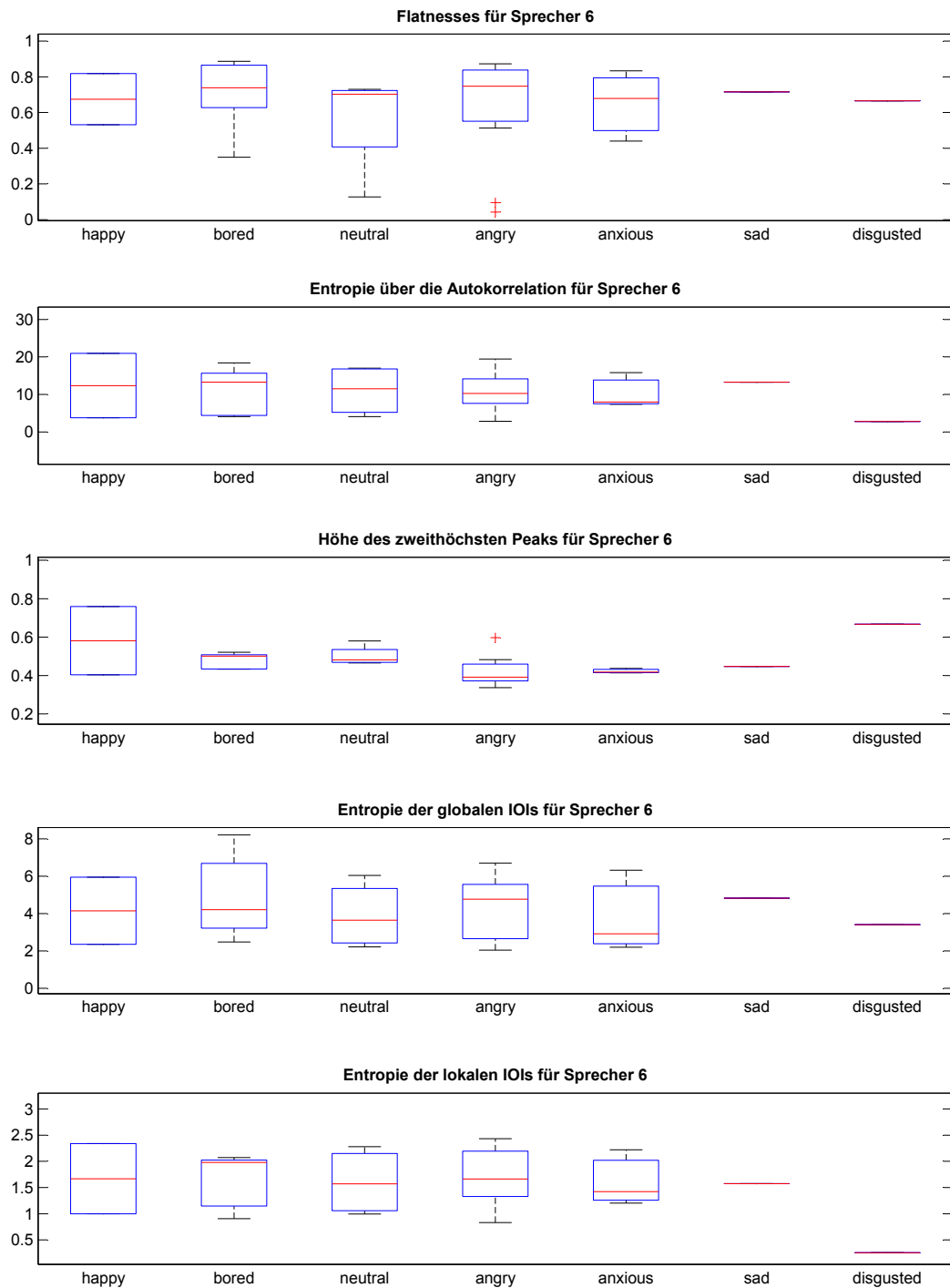


Abbildung 38: Boxplots der Ergebnisse für die verschiedenen Komplexitätsberechnungsverfahren pro Emotion des gesprochenen Satzes für Sprecher 6

7.1.7 Sprecher 7

Für die Flatnessberechnung bei Sprecher 7 zeigt sich in Abbildung 39, dass sich die Bereiche der Boxplots für die Emotionen Angry (12 Sätze) und Sad (5 Sätze) nicht überlagern. Die Streuung für die Emotion Angry ist abgesehen von 2 Ausreißern sehr gering, dafür, dass 12 Sätze mit dieser Emotion gesprochen wurde. Die Boxplots der verschiedenen Emotionen überlappen für die anderen Komplexitätsberechnungsverfahren sehr stark.

Der Kruskal-Wallis-Test mit einer Signifikanz von 5% ergab, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen Emotionspaaren für die Entropie der lokalen und der globalen IOI sowie der Höhe des zweithöchsten Peaks gibt.

Jedoch zeigte sich, dass für die Flatness der Autokorrelation folgende 4 Emotionspaare signifikant unterschiedlich sind: Angry - Disgusted, Angry - Happy, Angry - Bored, Angry - Sad (wie in den Boxplots auch ersichtlich ist). Die gleichen Emotionspaare waren zudem für die Entropie der Autokorrelation signifikant unterschiedlich. Die Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests befinden sich in Tabelle 22 im Anhang.

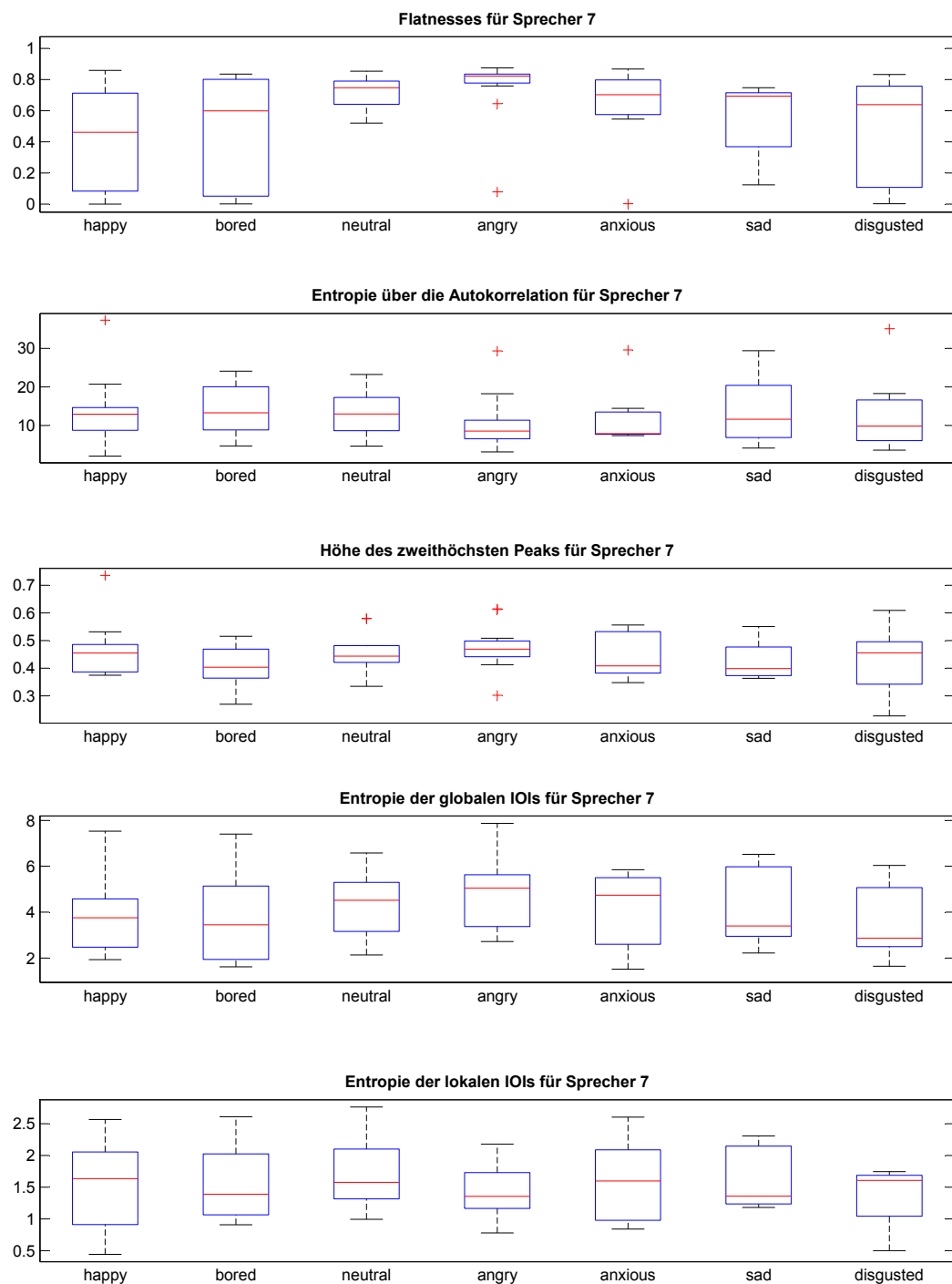


Abbildung 39: Boxplots der Ergebnisse für die verschiedenen Komplexitätsberechnungsverfahren pro Emotion des gesprochenen Satzes für Sprecher 7

7.1.8 Sprecher 8

Für Sprecher 8 zeigt sich aus Abbildung 40, dass die Boxplots für alle 5 Maße überlappen.

Diese Beobachtung wird durch die Ergebnisse des Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5% unterstrichen. Hier ergaben sich für alle Maße keine signifikant unterschiedliche Emotionspaare. Für die Entropie der lokalen IOI wurde der p-Wert für das Emotionspaar Happy - Sad mit dem Wert 0,0506 knapp überschritten.

Tabelle 23 im Anhang beinhaltet die Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests.

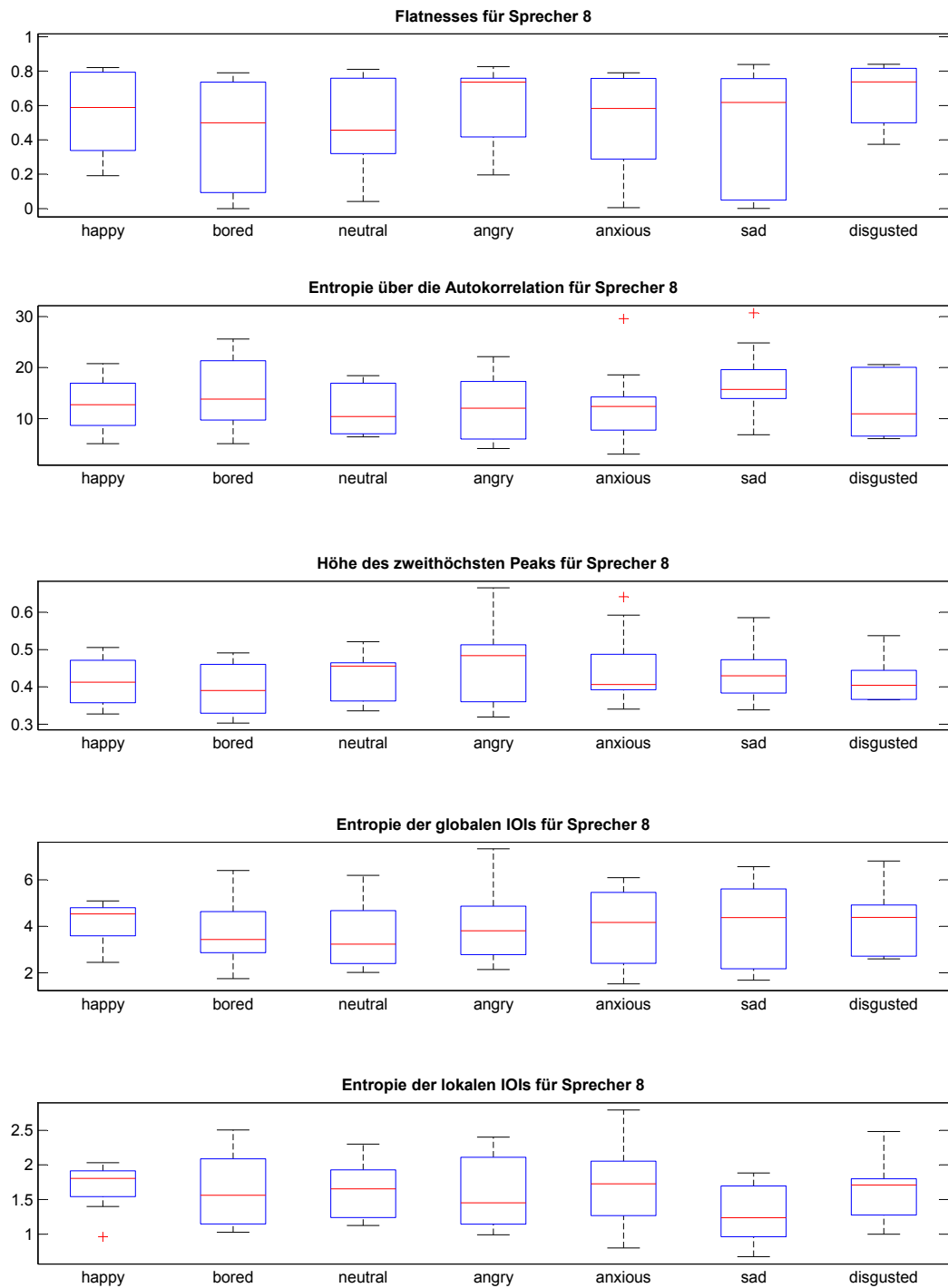


Abbildung 40: Boxplots der Ergebnisse für die verschiedenen Komplexitätsberechnungsverfahren pro Emotion des gesprochenen Satzes für Sprecher 8

7.1.9 Sprecher 9

Auch bei Sprecher 9 überlappen die Boxplots für alle Komplexitätsberechnungsmethoden, wie in Abbildung 41 ersichtlich ist.

Der Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5% bestätigt diese Beobachtung. Mit Ausnahme des Emotionspaars Happy - Bored für die Entropie der lokalen IOI gab es kein weiteres signifikant unterschiedliches Emotionspaar für alle weiteren Maße.

Die Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests befinden sich in Tabelle 24 im Anhang.

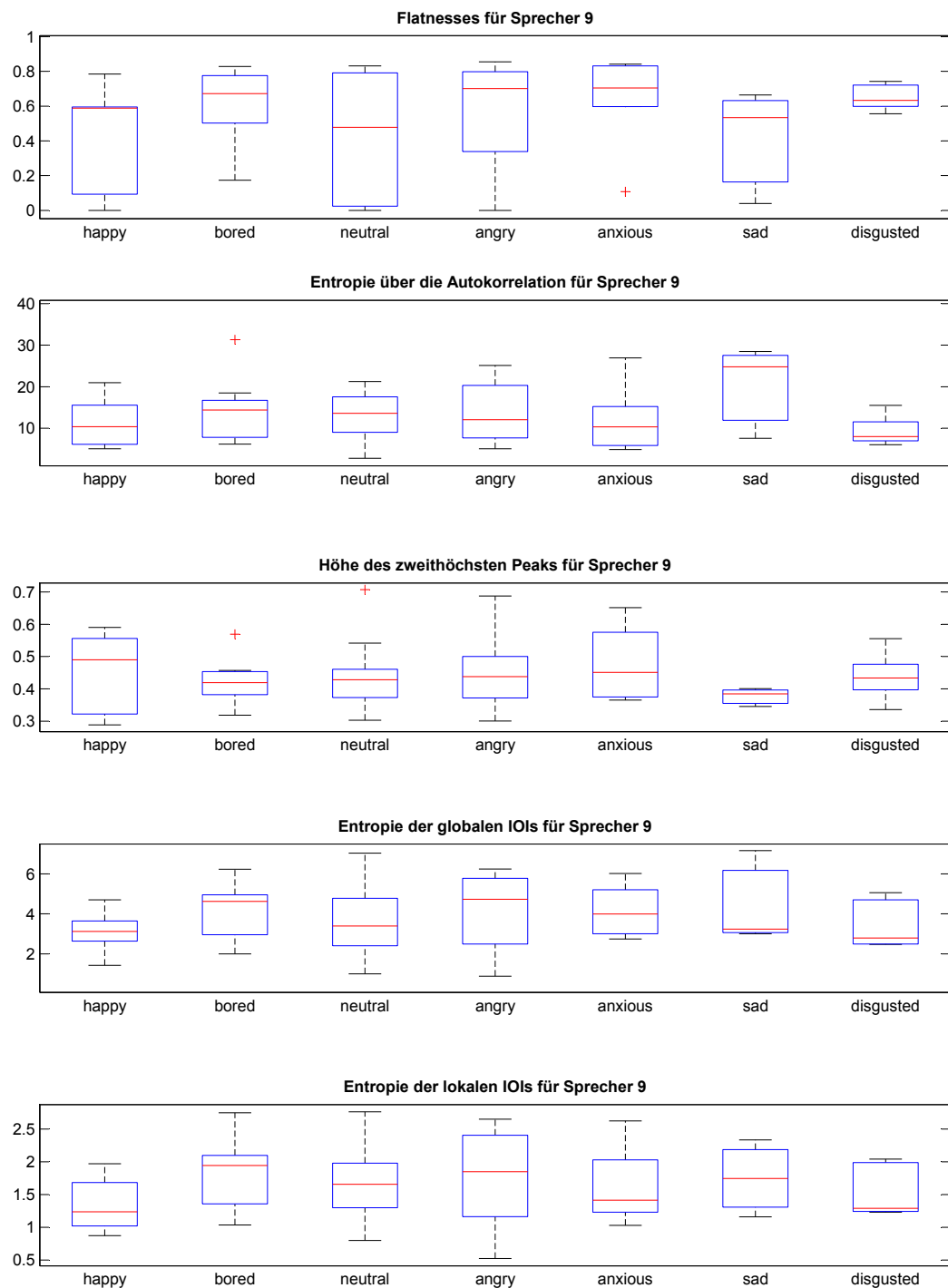


Abbildung 41: Boxplots der Ergebnisse für die verschiedenen Komplexitätsberechnungsverfahren pro Emotion des gesprochenen Satzes für Sprecher 9

7.1.10 Sprecher 10

Abbildung 42 zeigt die Boxplots für die verschiedenen Komplexitätsmaße für Sprecher 10, welche in die verschiedenen Emotionen untergliedert wurden.

Für die Flatnessberechnung zeigt sich eine Überlappung der Boxplots für die meisten Emotionen. Eine Unterscheidung wäre möglich zwischen den Emotionen Anxious und Sad sowie Anxious und Neutral.

Bei den Boxplots der Entropieberechnung über die Autokorrelation zeigt sich, dass sich diese für jegliche Emotionen überlappen. Es ist keine Unterscheidung möglich. Gleiches gilt für die Komplexitätsberechnung über die Höhe des zweithöchsten Peaks. Bei der Entropieberechnung über die globalen IOI ließen sich möglicherweise die Emotionen Sad und Anxious trennen. Für die Entropie der lokalen IOI wäre eine Trennung der Boxplots für die Emotionen Neutral und Anxious möglich.

Der Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5% ergab einige Emotionspaare, welche signifikant unterschiedlich sind. Diese sind:

Flatness der Autokorrelation:

- Anxious - Neutral (wie im Boxplot ebenfalls ersichtlich ist)
- Happy - Bored
- Happy - Neutral
- Happy - Sad
- Neutral - Angry
- Angry - Sad (wie im Boxplot ebenfalls ersichtlich ist)
- Anxious - Sad
- Sad - Disgusted

Der p-Wert für das Emotionspaar Bored - Sad wurde mit 0,0508 knapp überschritten.

Entropie der Autokorrelation:

- Happy - Bored
- Happy - Neutral
- Happy - Sad
- Neutral - Anxious
- Neutral - Angry
- Angry - Sad
- Angry - Anxious
- Disgusted - Sad

Auch hier wurde der p-Wert für das Emotionspaar Bored - Sad mit 0,0508 knapp überschritten.

Entropie der lokalen IOI: Sad - Anxious.

Entropie der globalen IOI: Sad - Anxious (wie sich in den Boxplots bereits gezeigt hat).

Der Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5% ergab, dass für den zweithöchsten Peak der Autokorrelation kein Emotionspaar existiert, welches signifikant unterschiedlich ist.

Die Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests befinden sich in Tabelle 25 im Anhang.

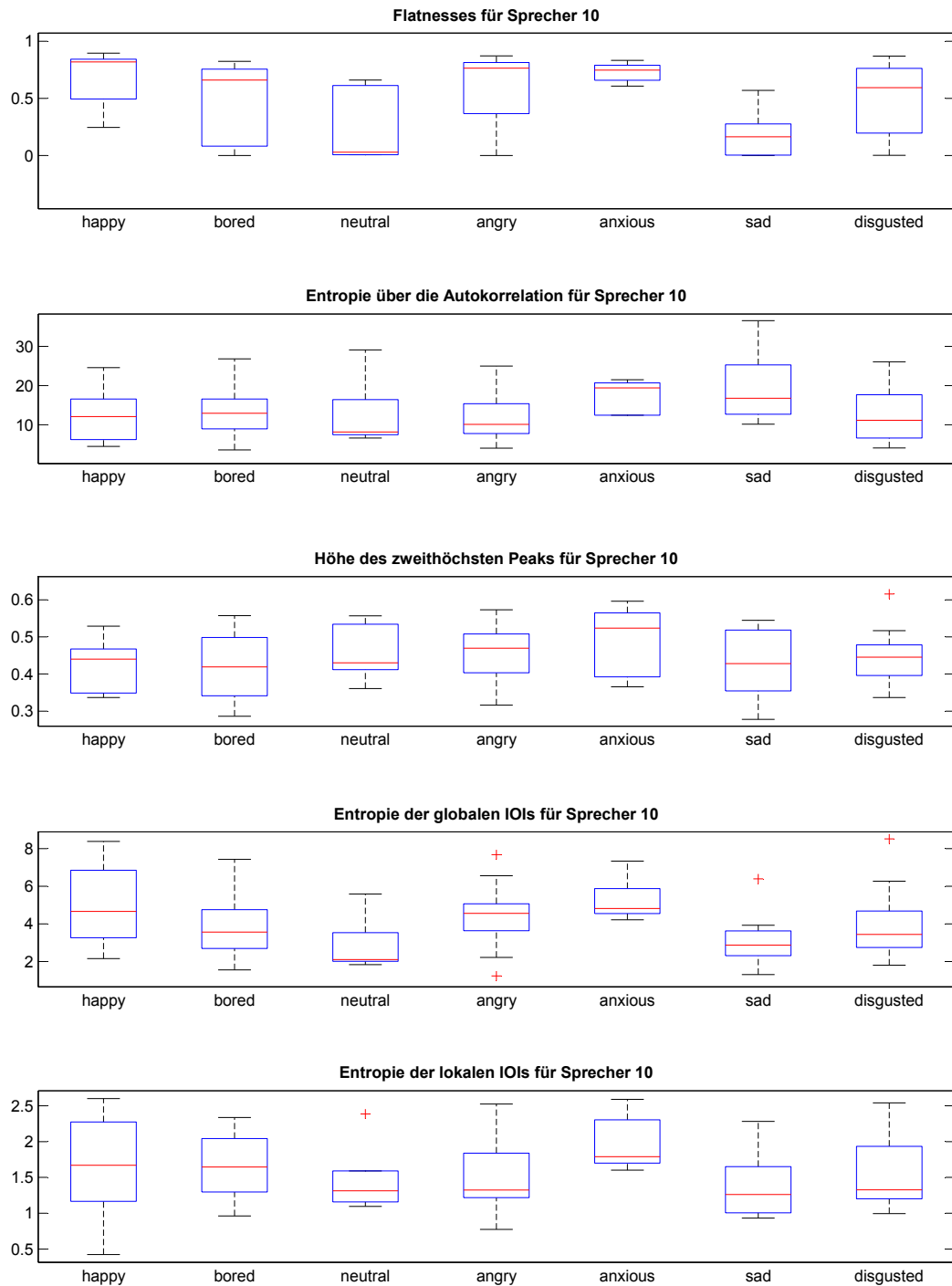


Abbildung 42: Boxplots der Ergebnisse für die verschiedenen Komplexit  tsberechnungsverfahren pro Emotion des gesprochenen Satzes für Sprecher 10

7.1.11 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurden nochmal die Ergebnisse für die Emotionsanalyse aufgeführt. In folgender Auflistung wurden für alle Komplexitätsmaße jene Emotionspaare aufgeschrieben, die für den jeweiligen Sprecher signifikant unterschiedlich waren. Die Farben stehen hier immer für ein Emotionspaar, was sich bei verschiedenen Sprechern und Maßen wiederholt als signifikant unterschiedlich erwies. Die Farbgebung wurde zur leichteren optischen Erfassung gleicher Paare gewählt.

Signifikant unterschiedliche Emotionspaare für die Flatness der Autokorrelation

Sprecher 1: -

Sprecher 2: Happy - Sad

Sprecher 3: -

Sprecher 4: Neutral - Angry

Sprecher 5: Anxious - Angry, Happy - Sad, Angry - sad

Sprecher 6: -

Sprecher 7: Angry - disgusted, angry - happy, angry - bored, sad - angry

Sprecher 8: -

Sprecher 9: -

Sprecher 10: Anxious - Neutral, Happy - Bored, Happy - Neutral, Happy - Sad, Neutral - Angry, Angry - Sad, Anxious - Sad, Sad - Disgusted, (Bored - Sad: 0.0508)

Signifikant unterschiedliche Emotionspaare für die Höhe des zweithöchsten Peaks der Autokorrelation

Sprecher 1: -

Sprecher 2: Happy - Sad, Neutral - Sad, Bored - Sad, Angry - Sad, Anxious - Sad

Sprecher 3: Disgusted - Neutral, (Happy - Neutral 0.0522)

Sprecher 4: Angry - Anxious, (Happy - Anxious 0.0528)

Sprecher 5: Angry - Bored, angry - happy

Sprecher 6: Anxious - Neutral, Angry - Neutral Angry - Bored

Sprecher 7: -

Sprecher 8: -

Sprecher 9: -

Sprecher 10: -

Signifikant unterschiedliche Emotionspaare für die Entropie der Autokorrelation

Sprecher 1: -

Sprecher 2: Happy - Sad,

Sprecher 3: -

Sprecher 4: Angry - Neutral

Sprecher 5: Happy - Sad, Sad - Angry, Anxious - Angry

Sprecher 6: -

Sprecher 7: Happy - Angry, Angry - Bored, Sad - Angry, Angry - Disgusted

Sprecher 8: -

Sprecher 9: -

Sprecher 10: Happy - Bored, Happy - Neutral, Happy - Sad, Neutral - Angry, Neutral - Anxious, Angry - Sad, Angry - Anxious, Disgusted - Sad, (Bored - Sad 0.0508)

Signifikant unterschiedliche Emotionspaare für die Entropie der globalen IOI

Sprecher 1: Happy - Bored, Sad - Bored, Happy - Neutral, (Angry - Happy 0.0523)

Sprecher 2: -

Sprecher 3: -

Sprecher 4: -

Sprecher 5: -

Sprecher 6: -

Sprecher 7: -

Sprecher 8: (Happy - Sad 0.0506)

Sprecher 9: Happy - Bored

Sprecher 10: Sad - Anxious

Signifikant unterschiedliche Emotionspaare für die Entropie der globalen IOI

Sprecher 1: -

Sprecher 2: -

Sprecher 3: -

Sprecher 4: -

Sprecher 5: Happy - Anxious

Sprecher 6: -

Sprecher 7: -

Sprecher 8: -

Sprecher 9: -

Sprecher 10: Sad - Anxious, (Neutral - Happy 0.0532)

Abbildung 43 zeigt obige Auflistung nochmals graphisch. Die Farben der Balken wurden hier gleich gewählt, wie im Text. Eine Farbe steht für das gleiche Emotionspaar. Auf der horizontalen Achse sind die Emotionspaare für die 5 verschiedenen Komplexitätsmaße und auf der vertikalen Achse ist die Anzahl der Sprecher aufgetragen. Es wurden lediglich jene Emotionspaare eingetragen, die für alle Sprecher und Maße mehr als 1 Mal signifikant unterschiedlich waren.

Es ist aus Abbildung 43 ersichtlich, dass die Flatness und die Entropie der Autokorrelation mit 2 gleichen Emotionspaaren bei 3 von 10 Sprechern am Besten funktionieren. Auch lässt sich erkennen, dass die eigenen Komplexitätsmaße für diese Aufgabenstellung besser funktionieren, als die bereits existierenden. Dazu ist zu erwähnen, dass die existenten Maße nicht für die Emotionsdiskriminierung entworfen wurden, sondern für die Messung der Rhythmuskomplexität von musikalischen Rhythmen.

Jedoch sind auch die Ergebnisse für die eigenen Maße mit einer Anzahl von 3 von 10 Sprechern, die die gleichen signifikant unterschiedlichen Emotionspaare aufweisen, recht gering. Somit kann die Emotionsdiskriminierung verworfen werden. Es wurde zusätzlich überprüft, ob Charaktereigenschaften der Emotionen aus den Werten der Komplexitätsmaße entnommen werden können. Dies wäre zum einen die Gegensätzlichkeit der Stimmung, wie es bei den Emotionen Happy und Sad der Fall wäre. Zum anderen wäre es die Intensität, die die Emotion implementiert. [23] So ist beispielsweise die Emotion Angry wesentlich intensiver als die Emotion Neutral. Jedoch lies sich weder eine Tendenz bei der Stimmung noch bei der Intensität erkennen.

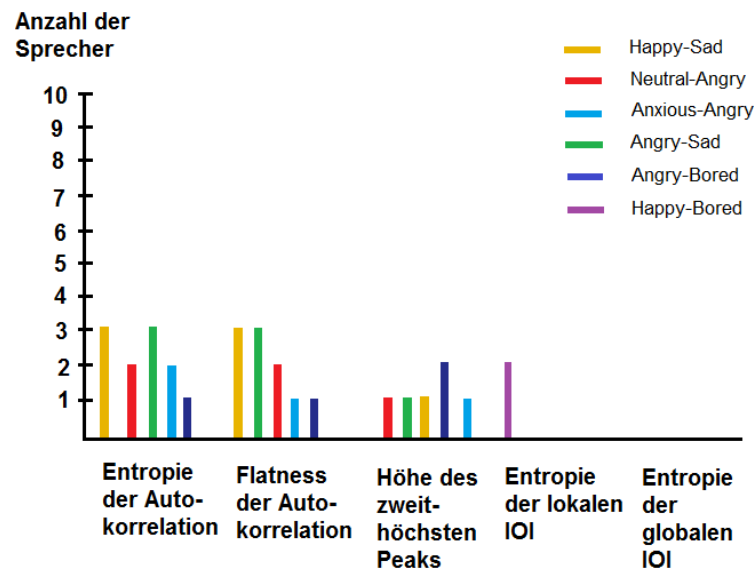


Abbildung 43: Histogramm des Vorkommens der häufigsten signifikant unterschiedlichen Emotionspaare bei den 10 Sprechern für die verschiedenen Komplexitätsmaße

7.2 Analyse der Sprecherdiskriminierung anhand der einzelnen Emotionen

In diesem Kapitel wurde untersucht, ob es sprecherspezifische Unterschiede gibt. Der Gedanke dabei ist, dass möglicherweise gleiche Sätze und Emotionen von verschiedenen Sprechern anders ausgesprochen werden. Daher wurde nun überprüft, ob es bei den gleichen Emotionen Unterschiede zwischen den verschiedenen Sprechern gibt.

7.2.1 Happy

Abbildung 44 zeigt eine Gegenüberstellung der Boxplots für die verschiedenen Sprecher. Es wurden hier für die verschiedenen Komplexitätsmaße die Boxplots pro Sprecher für die Emotion Happy dargestellt. Es ist ersichtlich, dass sich die meisten Boxplots überlagern. Eine Trennung der Bereiche wäre lediglich möglich zwischen:

- Sprecher 3 und 4, 3 und 5, 3 und 1 sowie 3 und 6 bei der Flatnessberechnung.
- Sprecher 4(wobei dieser nur drei Sätze mit der Emotion Happy ausgesprochen hat) und 5 sowie Sprecher 1 und 5 bei der Berechnung der die Entropie über die Autokorrelation.
- Sprecher 4 und 5, Sprecher 4 und 8 sowie 9 für die Entropieberechnung der globalen IOI. Des weiteren ist keine Überlappung für die Emotion Happy zwischen wie Sprecher 5 und Sprecher 9 ersichtlich.

Für die Berechnung über die Höhe des zweithöchsten Peaks sowie die Entropie der lokalen IOI überlappen alle Boxplots.

Der Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5% für die Emotion Happy ergab, dass:

- für die Flatness der Autokorrelation kein Sprecherpaar signifikant unterschiedlich ist
- für die Entropie der Autokorrelation 3 von 45 Sprecherpaaren signifikant unterschiedlich sind: Sprecher 1 und Sprecher 2, Sprecher 5 und Sprecher 1, Sprecher 5 und Sprecher 4 (die letzten beiden Sprecherpaare wiesen auch bei den Boxplots keine überlappenden Bereiche auf)
- für den zweithöchsten Peak lediglich Sprecher 8 und Sprecher 1 signifikant unterschiedlich sind
- für die Entropie der globalen IOI 3 von 45 Sprecherpaaren signifikant unterschiedlich sind: Sprecher 9 und Sprecher 4, Sprecher 8 und Sprecher 5, Sprecher 9 und Sprecher 5
- für die Entropie lokalen IOI 2 von 45 Sprecherpaaren signifikant unterschiedlich sind: Sprecher 2 und Sprecher 1, Sprecher 8 und Sprecher 1.

Die Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests für die Sprecherdiskriminierung anhand der Emotion Happy befinden sich in folgenden Tabellen im Anhang:

Tabelle 26 enthält die Ergebnisse für die Flatness der Autokorrelation,

Tabelle 27 enthält die Ergebnisse für die Entropie der Autokorrelation,

Tabelle 28 enthält die Ergebnisse für die Höhe des zweithöchsten Peaks der Autokorrelation,

Tabelle 29 enthält die Ergebnisse für die Entropie der globalen IOI,

Tabelle 30 enthält die Ergebnisse für die Entropie der lokalen IOI.

Das beste Ergebnis für die Sprecherdiskriminierung erzielten für die Emotion Happy die Entropie der Autokorrelation und die Entropie der globalen IOI mit 3 von 45 Sprecherpaaren. Dieses Ergebnis ist leider nicht besonders gut.

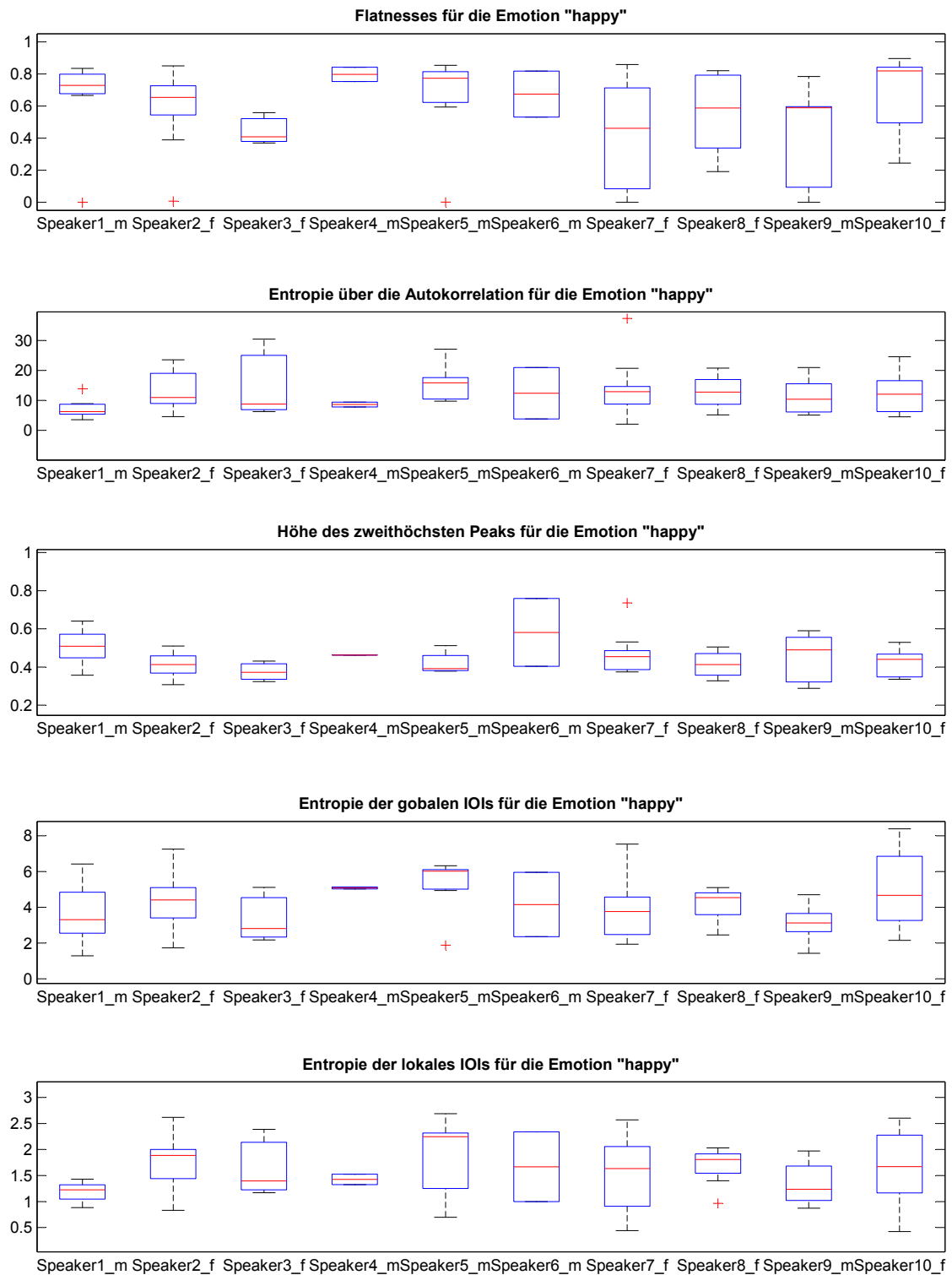


Abbildung 44: Gegenüberstellung der Boxplots der verschiedenen Sprecher für die Emotion "Happy" für alle Komplexitätsmaße

7.2.2 Angry

Für die Emotion Angry ist aus Abbildung 46 ersichtlich, dass sich die Boxplots der Sprecher für alle Maße überschneiden.

Der Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5% für die Emotion Angry ergab ebenfalls, dass für die Flatness der Autokorrelation, die Entropie der Autokorrelation sowie die Entropie der lokalen und globalen IOI kein Sprecherpaar signifikant unterschiedlich ist.

Hingegen ergab der Test, dass für die Flatness folgende 6 von 45 Sprecherpaaren signifikant unterschiedlich sind:

- Sprecher 2 und Sprecher 1
- Sprecher 5 und Sprecher 2
- Sprecher 7 und Sprecher 2
- Sprecher 7 und Sprecher 3
- Sprecher 8 und Sprecher 7
- Sprecher 9 und Sprecher 7

Für die Höhe des zweithöchsten Peaks ergeben sich 5 von 45 Sprecherpaaren die signifikant unterschiedlich sind:

- Sprecher 2 und Sprecher 1
- Sprecher 5 und Sprecher 2
- Sprecher 7 und Sprecher 2
- Sprecher 5 und Sprecher 6
- Sprecher 7 und Sprecher 6

Die Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests für die Sprecherdiskriminierung anhand der Emotion Angry befinden sich in folgenden Tabellen im Anhang:

Tabelle 31 enthält die Ergebnisse für die Flatness der Autokorrelation,

Tabelle 32 enthält die Ergebnisse für die Entropie der Autokorrelation,

Tabelle 33 enthält die Ergebnisse für die Höhe des zweithöchsten Peaks der Autokorrelation,

Tabelle 34 enthält die Ergebnisse für die Entropie der globalen IOI,

Tabelle 35 enthält die Ergebnisse für die Entropie der lokalen IOI.

Hier zeigte sich, dass die Flatness mit 6 von 45 Sprecherpaaren das beste Ergebnis erzielte. Jedoch sind auch 6 von 45 Sprecherpaaren kein besonders gutes Ergebnis.

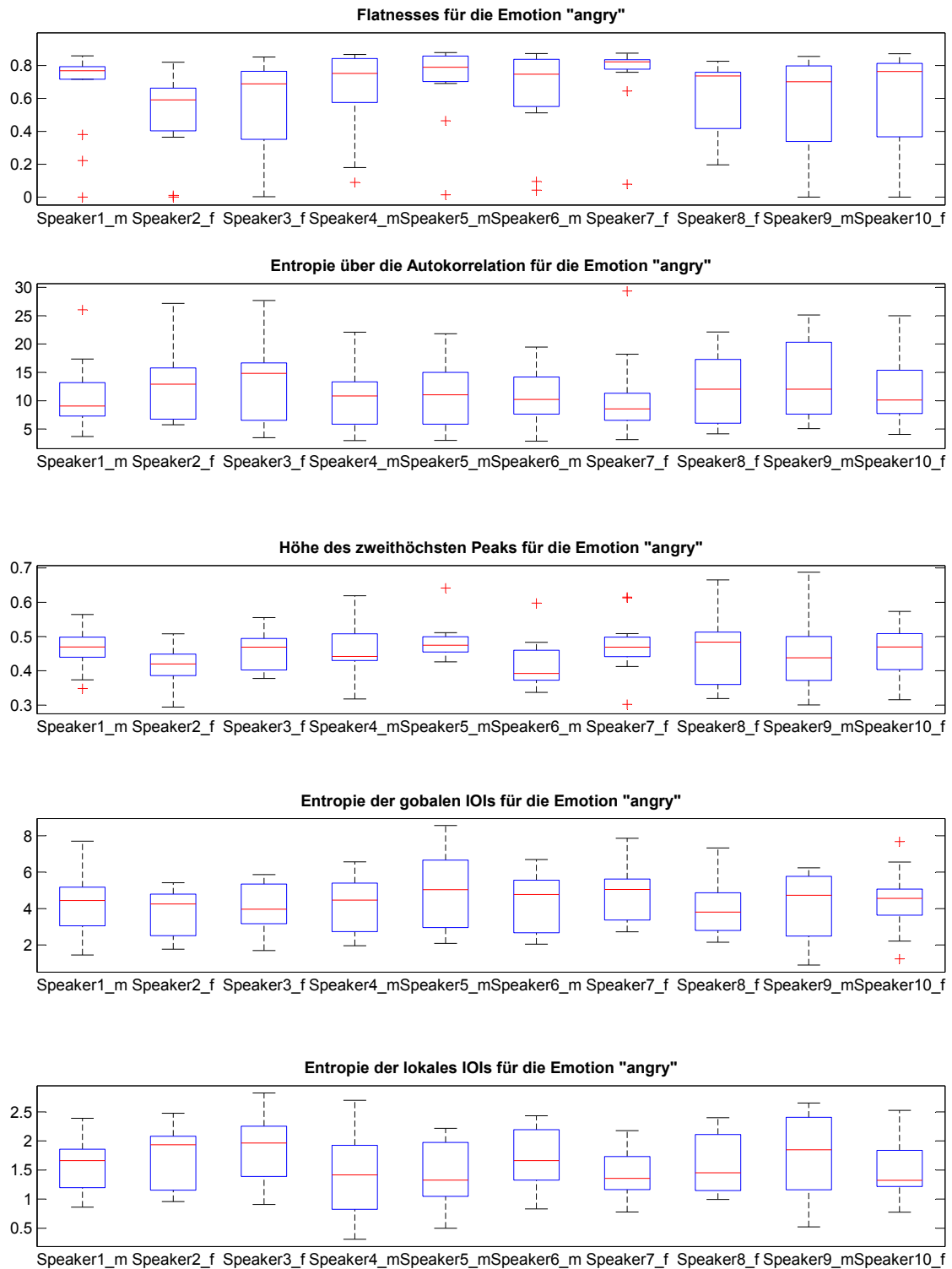


Abbildung 45: Boxplots der Ergebnisse für die verschiedenen Komplexitätsberechnungsverfahren über alle Sätze pro Sprecher für die Emotion "Angry"

7.2.3 Neutral

Auch für die Emotion Neutral überlappen die Boxplots der verschiedenen Sprecher für jedes Komplexitätsmaß, wie in Abbildung 46 ersichtlich ist.

Der Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5% ergab jedoch, dass für die Höhe des zweithöchsten Peaks folgende 2 von 45 Sprecherpaaren signifikant unterschiedlich sind: Sprecher 6 und Sprecher 1 sowie Sprecher 8 und Sprecher 6.

Für die Flatness der Autokorrelation ergeben sich 3 von 45 Sprecherpaaren die signifikant unterschiedlich sind: Sprecher 7 und Sprecher 4, Sprecher 10 und Sprecher 7 sowie Sprecher 5 und Sprecher 10.

Für die drei Entropieberechnungsmaße existieren keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Sprechern.

Die Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests für die Sprecherdiskriminierung anhand der Emotion Neutral befinden sich in folgenden Tabellen im Anhang:

Tabelle 38 enthält die Ergebnisse für die Flatness der Autokorrelation,

Tabelle 36 enthält die Ergebnisse für die Entropie der Autokorrelation,

Tabelle 37 enthält die Ergebnisse für die Höhe des zweithöchsten Peaks der Autokorrelation,

Tabelle 39 enthält die Ergebnisse für die Entropie der globalen IOI,

Tabelle 40 enthält die Ergebnisse für die Entropie der lokalen IOI.

Das Ergebnis für die Emotion Neutral ist mit maximal 3 von 45 Sprecherpaaren, die sich für die Flatness der Autokorrelation als signifikant unterschiedlich erwiesen ebenfalls nicht besonders gut.

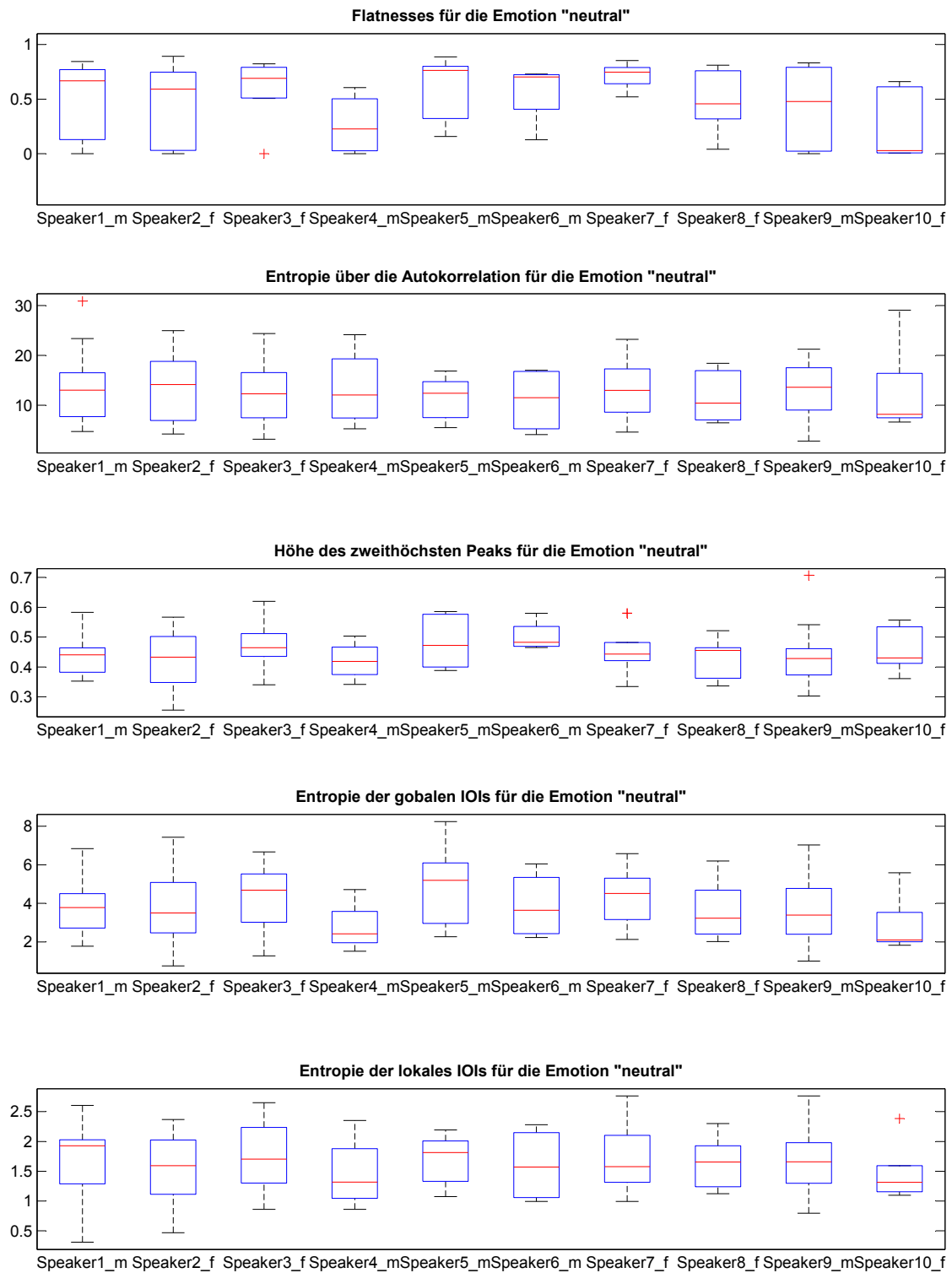


Abbildung 46: Gegenüberstellung der Boxplots der verschiedenen Sprecher für die Emotion "Neutral" für alle Komplexitätsmaße

7.2.4 Bored

Abbildung 47 zeigt, dass auch für die Emotion Bored alle Boxplots überlappen. Diese Beobachtung wird von den Ergebnissen des Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5% unterstützt. Tatsächlich ergibt der Test, dass für die Flatness der Autokorrelation, für die Entropie der Autokorrelation, die Entropie der lokalen und der globalen IOI keine signifikant unterschiedlichen Sprecherpaare existieren.

Lediglich für die Höhe des zweithöchsten Peaks ergeben sich 3 von 45 signifikant unterschiedlichen Sprecherpaaren: Sprecher 6 und Sprecher 2, Sprecher 6 und Sprecher 5 sowie Sprecher 8 und Sprecher 6.

Auch dieses Ergebnis ist vernachlässigbar.

Die Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests für die Sprecherdiskriminierung anhand der Emotion Bored befinden sich in folgenden Tabellen im Anhang:

Tabelle 41 enthält die Ergebnisse für die Flatness der Autokorrelation,

Tabelle 42 enthält die Ergebnisse für die Entropie der Autokorrelation,

Tabelle 43 enthält die Ergebnisse für die Höhe des zweithöchsten Peaks der Autokorrelation,

Tabelle 44 enthält die Ergebnisse für die Entropie der globalen IOI,

Tabelle 45 enthält die Ergebnisse für die Entropie der lokalen IOI.

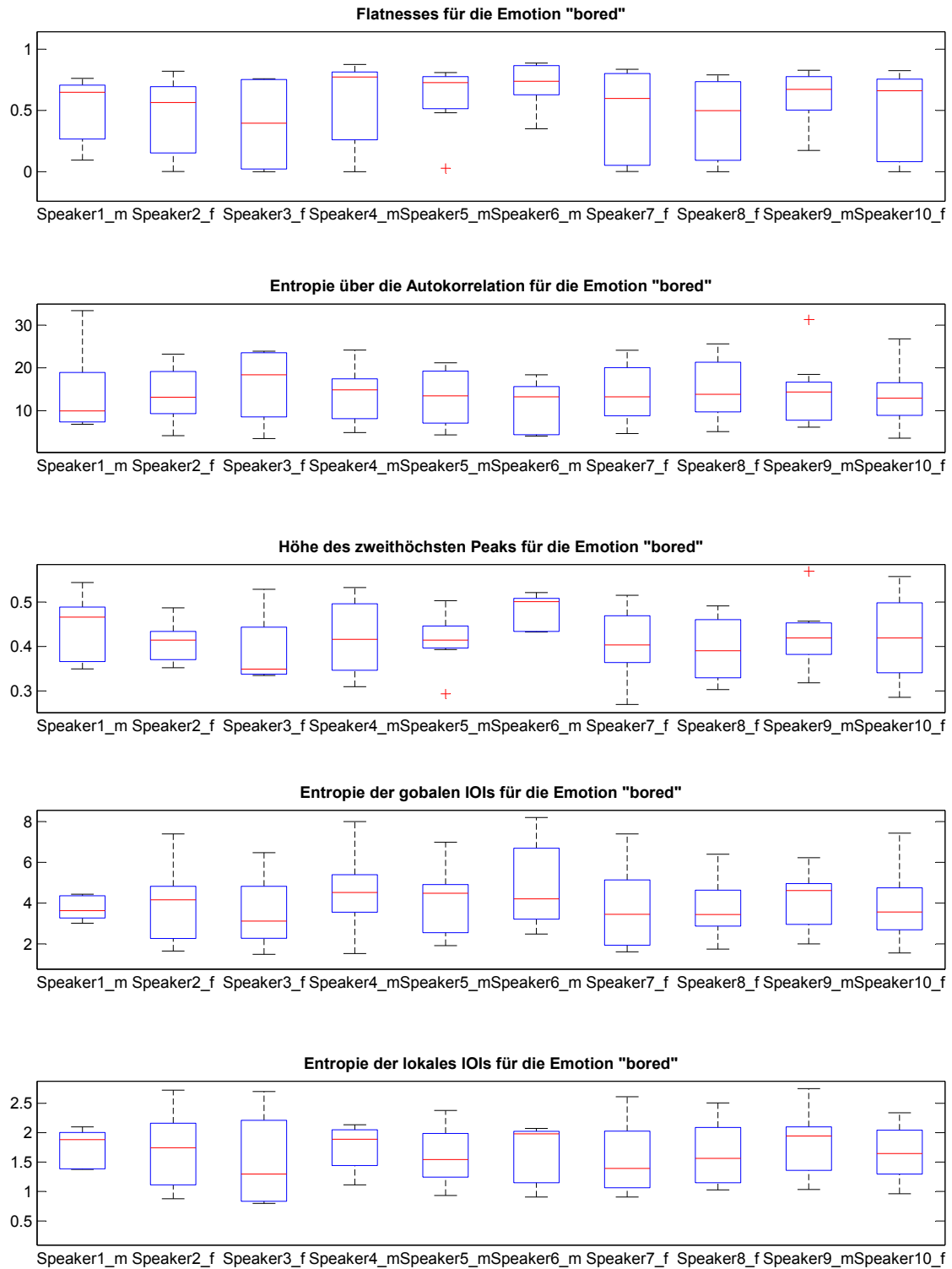


Abbildung 47: Gegenüberstellung der Boxplots der verschiedenen Sprecher für die Emotion "Bored" für alle Komplexitätsmaße

7.2.5 Sad

Abbildung 48 zeigt die Gegenüberstellung der Boxplots für die Sprecher für die Emotion Sad. Hierbei ist zu beachten, dass Sprecher 6 lediglich einen Satz mit der Emotion Sad gesprochen hat. Dieser Sprecher fällt somit aus der Bewertung heraus.

Für die Flatness der Autokorrelation zeigt sich, dass die Boxplots für Sprecher 10 und Sprecher 4 sich nicht überlappen. Dies ist auch der Fall für Sprecher 3 und 4 sowie Sprecher 4 und 9. Hierbei ist zu beachten, dass Sprecher 3 und Sprecher 4 lediglich 2 Sätze mit der Emotion Sad gesprochen haben, was nicht sonderlich repräsentativ ist.

Eine nur geringe Überlappung zeigt sich für Sprecher 9 und Sprecher 2 bei der Berechnung der Komplexität über die Höhe des zweithöchsten Peaks. Für alle anderen Maße überlappen die Boxplots der Sprecher für die Emotion Sad.

Der Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5% hingegen ergab, dass für die Höhe des zweithöchsten Peaks 6 von 45 Sprecherpaaren signifikant unterschiedlich sind:

- Sprecher 2 und Sprecher 1
- Sprecher 5 und Sprecher 2
- Sprecher 7 und Sprecher 2
- Sprecher 8 und Sprecher 2
- Sprecher 9 und Sprecher 2
- Sprecher 10 und Sprecher 2

Für die Flatness der Autokorrelation ergeben sich 3 von 45 signifikant unterschiedlichen Sprecherpaaren:

- Sprecher 10 und Sprecher 4
- Sprecher 10 und Sprecher 5
- Sprecher 10 und Sprecher 7

Der Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5% ergab auch hier, dass für die drei Entropiemaße auch hier keine signifikant unterschiedlichen Sprecherpaare existieren.

Die Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests für die Sprecherdiskriminierung anhand der Emotion Sad befinden sich in folgenden Tabellen im Anhang:

Tabelle 50 enthält die Ergebnisse für die Flatness der Autokorrelation,

Tabelle 49 enthält die Ergebnisse für die Entropie der Autokorrelation,

Tabelle 48 enthält die Ergebnisse für die Höhe des zweithöchsten Peaks der Autokorrelation,

Tabelle 47 enthält die Ergebnisse für die Entropie der globalen IOI,

Tabelle 46 enthält die Ergebnisse für die Entropie der lokalen IOI.

Das beste Ergebnis zur Sprecherdiskriminierung erzielte für die Emotion Sad die

Höhe des zweithöchsten Peaks der Autokorrelation mit 6 von 45 Sprecherpaaren. Auch dieses Ergebnis ist nicht besonders gut.

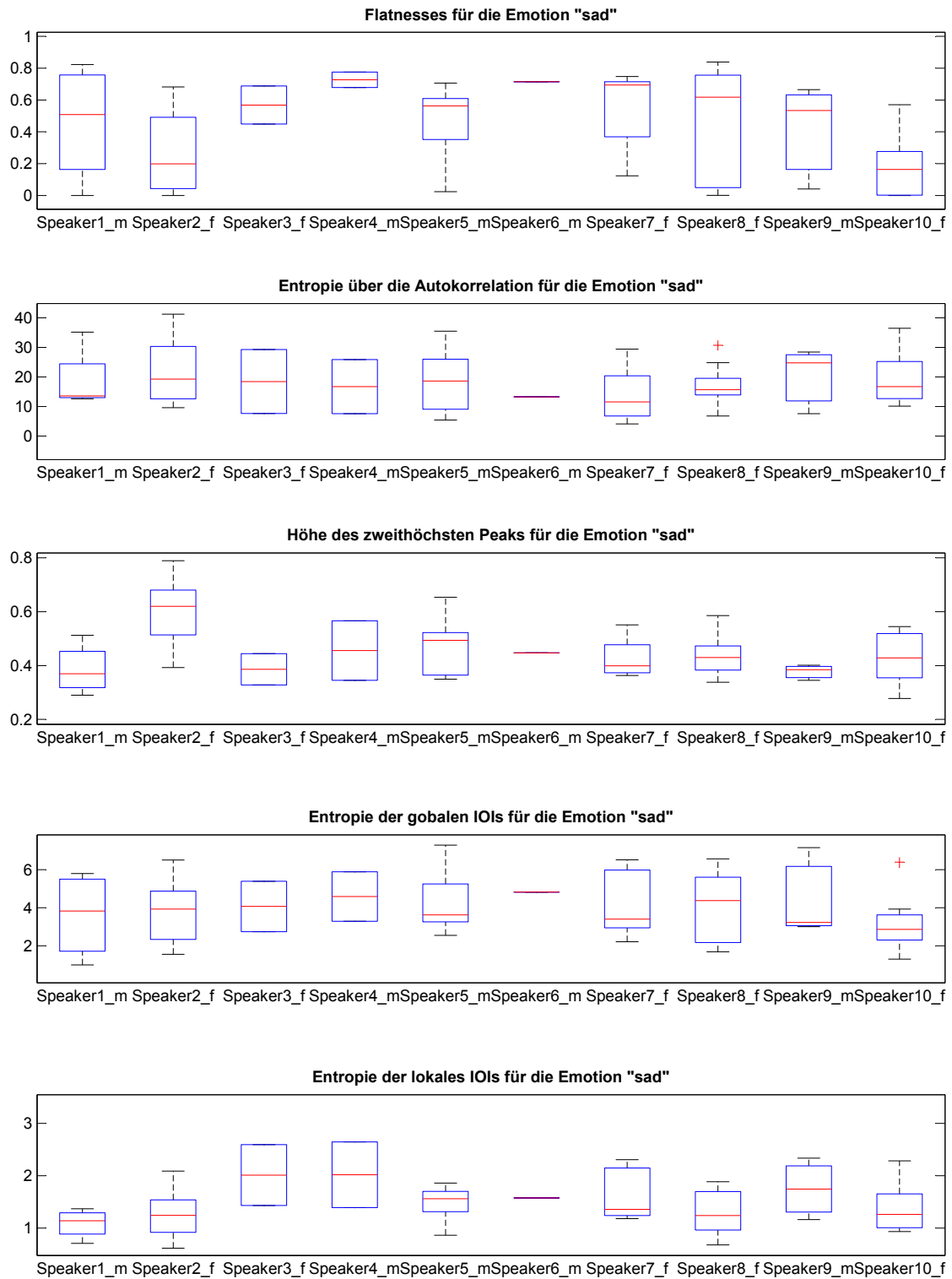


Abbildung 48: Gegenüberstellung der Boxplots der verschiedenen Sprecher für die Emotion "Sad" für alle Komplexitätsmaße

7.2.6 Anxious

Abbildung 49 zeigt, dass sich für die Emotion Anxious alle Boxplots der verschiedenen Sprecher durchgängig überlappen. Es ist somit nicht möglich anhand der Komplexität bei dieser Emotion auf einen Sprecher zu schließen.

Der Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5% unterstreicht diese Beobachtung. Lediglich für die Entropie der globalen IOI ergibt sich ein Sprecherpaar von 45, welches signifikant unterschiedlich ist: Sprecher 10 und Sprecher 5. Für alle anderen Maße erzielte der Kruskal-Wallis Test keine signifikant unterschiedlichen Sprecherpaare.

Dieses Ergebnis ist vernachlässigbar.

Die Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests für die Sprecherdiskriminierung anhand der Emotion Anxious befinden sich in folgenden Tabellen im Anhang:

Tabelle 51 enthält die Ergebnisse für die Flatness der Autokorrelation,

Tabelle 52 enthält die Ergebnisse für die Entropie der Autokorrelation,

Tabelle 53 enthält die Ergebnisse für die Höhe des zweithöchsten Peaks der Autokorrelation,

Tabelle 54 enthält die Ergebnisse für die Entropie der globalen IOI,

Tabelle 55 enthält die Ergebnisse für die Entropie der lokalen IOI.

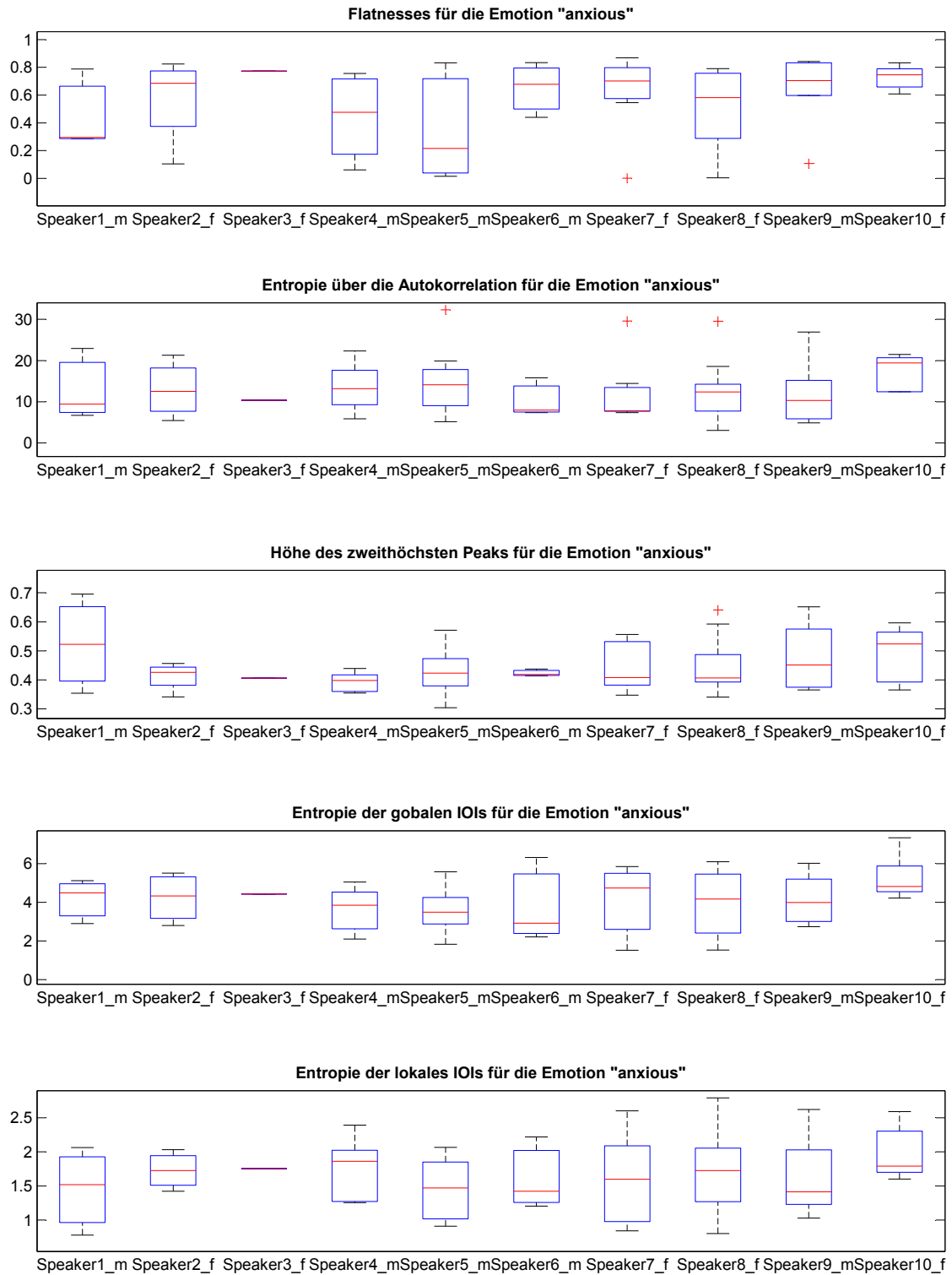


Abbildung 49: Gegenüberstellung der Boxplots der verschiedenen Sprecher für die Emotion "Anxious" für alle Komplexitätsmaße

7.2.7 Disgusted

Für die Emotion Disgusted wurden lediglich von wenigen Sprechern Sätze gesprochen. Heraus fallen hier, wie anhand der Abbildung 50 ersichtlich ist, Sprecher 4, 5 und 6, da diese lediglich einen Satz mit dieser Emotion gesprochen haben. Die Boxplots für Sprecher 7, 8, 9 und 10 überlappen sich.

Diese Beobachtung wird durch den Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5% bestätigt. Es gibt keine signifikant unterschiedlichen Sprecherpaare für jegliche Komplexitätsmaße.

Die Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests für die Sprecherdiskriminierung anhand der Emotion Disgusted befinden sich in folgenden Tabellen im Anhang:

Tabelle 56 enthält die Ergebnisse für die Flatness der Autokorrelation,

Tabelle 57 enthält die Ergebnisse für die Entropie der Autokorrelation,

Tabelle 58 enthält die Ergebnisse für die Höhe des zweithöchsten Peaks der Autokorrelation,

Tabelle 59 enthält die Ergebnisse für die Entropie der globalen IOI,

Tabelle 60 enthält die Ergebnisse für die Entropie der lokalen IOI.

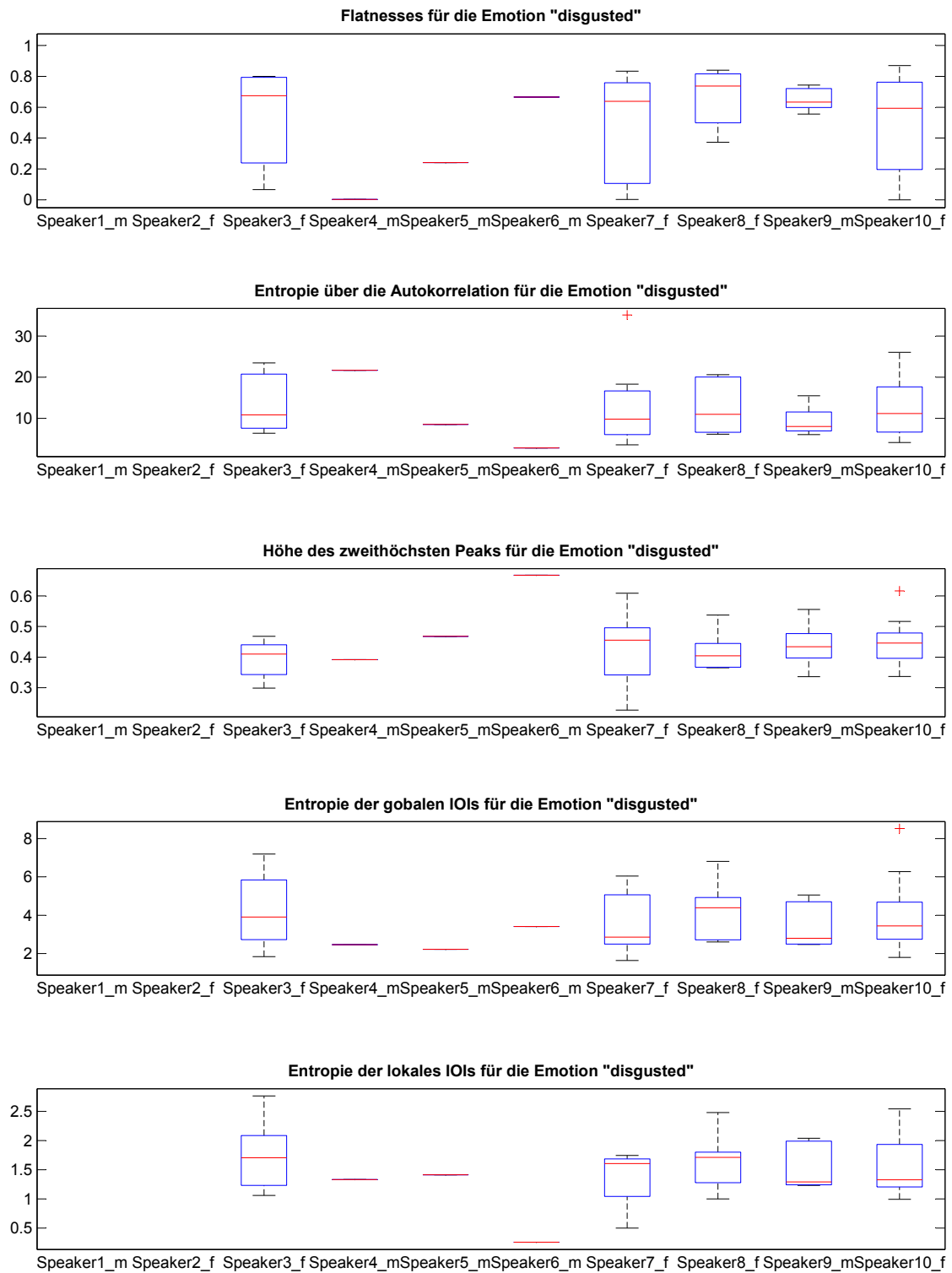


Abbildung 50: Gegenüberstellung der Boxplots der verschiedenen Sprecher für die Emotion "Disgusted" für alle Komplexitätsmaße

7.2.8 Zusammenfassung der Beobachtungen für die Sprecherdiskriminierung anhand der verschiedenen Emotionen

Die Analyse der Sprecherdiskriminierung anhand der einzelnen Emotionen zeigte, dass maximal 6 von 45 Sprecherpaaren signifikant unterschiedlich sind. Dies ist der Fall für die Flatness bei der Emotion Angry und die Höhe des zweithöchsten Peaks bei der Emotion Sad.

Dieses Ergebnis sind nicht sonderlich gut. Jedoch ist die Anzahl der Werte pro Sprecher und Emotion nicht sonderlich hoch, daher die Ergebnisse auch nicht sonderlich repräsentativ. Daher wird nun im folgenden Kapitel überprüft, ob unabhängig von dem gesprochenen Satz und der Emotion möglicherweise signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Sprechern herrschen.

7.3 Analyse der Sprecherdiskriminierung über alle Sätze und alle Emotionen

In diesem Kapitel wurde überprüft, ob unabhängig von dem gesprochenen Satz und der jeweiligen Emotion ein Unterschied zwischen den verschiedenen Sprechern ersichtlich ist. Ein Vorteil hierbei ist, dass zum einen mehr Daten zur Verfügung stehen, weil alle gesprochenen Sätze und Emotionen der jeweiligen Sprecher zusammen ausgewertet werden. Zudem beinhaltet dies die Überlegung, dass möglicherweise zwischen den Sprechern generell Unterschiede in der Sprechweise herrschen, was nun entweder bestätigt oder verworfen werden soll.

Abbildung 51 zeigt die Boxplots aller Sprecher nebeneinander. Innerhalb der Boxen sind die Werte des zweithöchsten Peaks für alle Sätze und Emotionen des jeweiligen Sprechers. Es zeigt sich, dass sich alle Boxplots großflächig überlagern.

Diese Beobachtung wird durch den Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5% unterstützt, welcher ergab, dass für die Höhe des zweithöchsten Peaks keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Sprechern existieren.

Die Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests befinden sich in Tabelle 61 im Anhang.

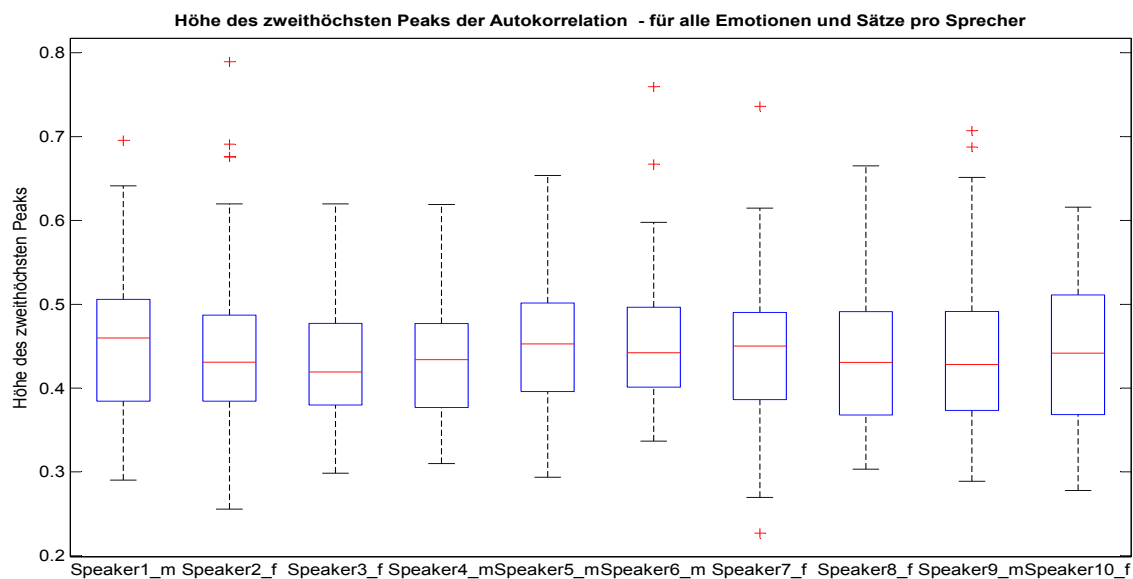


Abbildung 51: Diese Abbildung zeigt die Boxplots für die Höhe des zweithöchsten Peaks aller Sprecher gegenübergestellt. Ein Boxplot enthält die Komplexitäten aller Sätze und aller Emotionen pro Sprecher

Abbildung 52 zeigt die Boxplots der Sprecher für die Flatness der Autokorrelation. Auch hier zeigt sich eine großflächige Überlappung der Boxen.

Der Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5% ergab jedoch, dass sich für die Flatness der Autokorrelation signifikante Unterschiede zwischen 4 Sprecherpaaren ergeben:

- Sprecher 2 und Sprecher 1
- Sprecher 5 und Sprecher 2
- Sprecher 6 und Sprecher 2
- Sprecher 7 und Sprecher 2

Die Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests befinden sich in Tabelle 62 im Anhang.

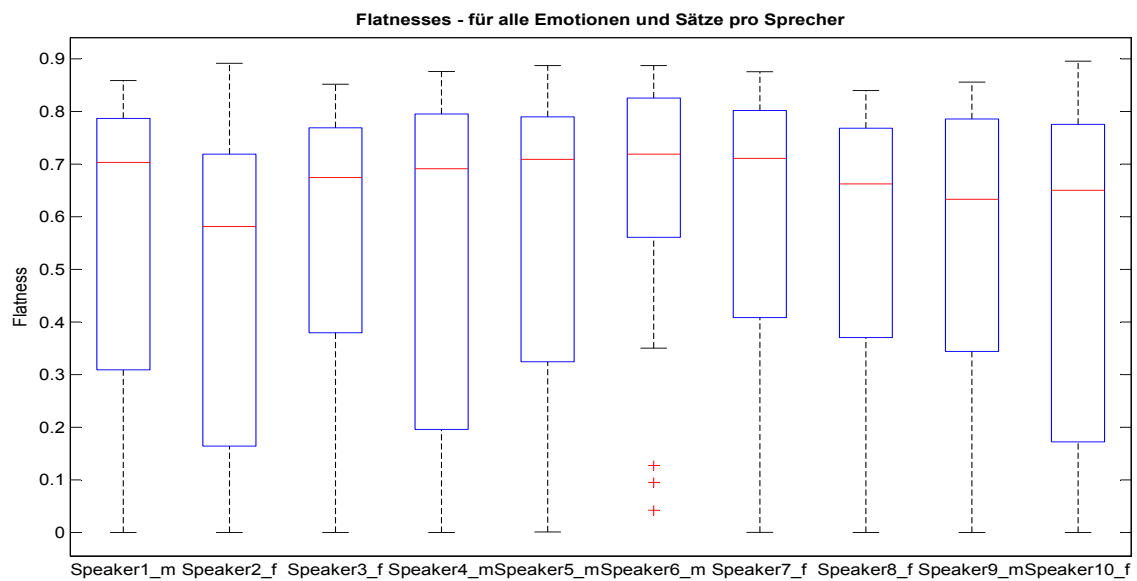


Abbildung 52: Diese Abbildung zeigt die Boxplots für die Flatness der Autokorrelation aller Sprecher gegenübergestellt. Ein Boxplot enthält die Komplexitäten aller Sätze und aller Emotionen pro Sprecher

Die Boxplots aller Sprecher für die Entropie der Autokorrelation sind in Abbildung 53 ersichtlich. Es zeigt sich auch hier eine großflächige Überlappung der Boxplots. Der Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5% bestätigt diese Beobachtung. Es gibt lediglich ein Sprecherpaar, welches signifikant unterschiedlich ist: Sprecher 6 und Sprecher 2.

Die Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests befinden sich in Tabelle 63 im Anhang.

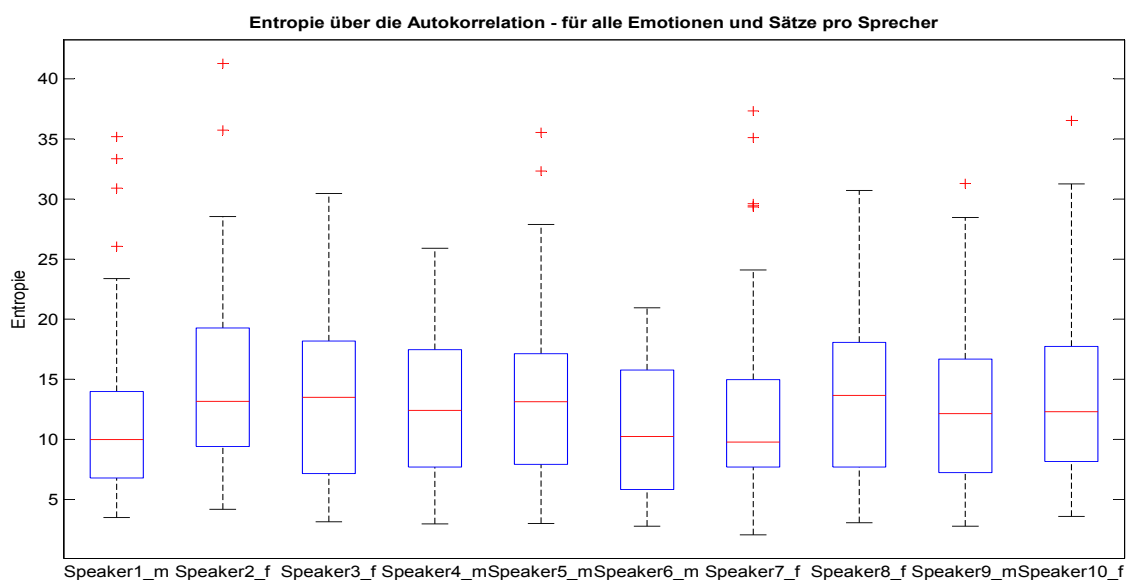


Abbildung 53: In dieser Abbildung sind die Boxplots für die Autokorrelation aller Sprecher gegenübergestellt. Ein Boxplot enthält die Komplexitäten aller Sätze und aller Emotionen pro Sprecher

In Abbildung 54 überlappen sich die Boxplots der verschiedenen Sprecher für die Entropie der lokalen IOI stark. Diese Beobachtung stimmt mit dem Ergebnis des Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% überein. Dieser ergab, dass für die Entropie der lokalen IOI keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Sprechern existieren.

Die Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests befinden sich in Tabelle 65 im Anhang.

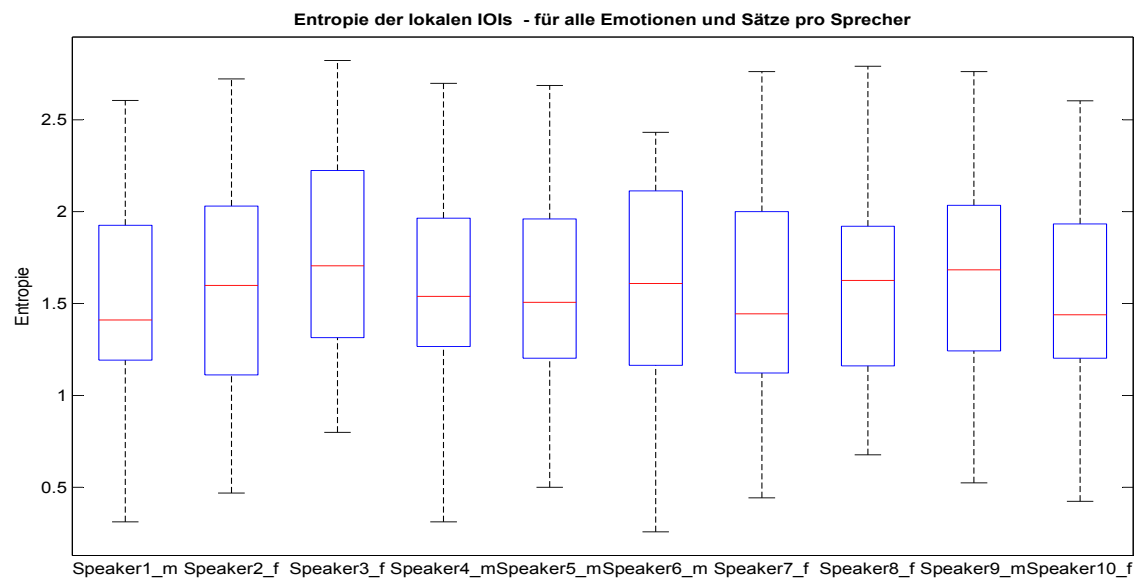


Abbildung 54: Diese Abbildung zeigt die Boxplots für die Entropie der lokalen IOI aller Sprecher gegenübergestellt. Ein Boxplot enthält die Komplexitäten aller Sätze und aller Emotionen pro Sprecher

Abbildung 55 zeigt, dass sich auch die Boxplots für die Entropie der globalen IOI überlappen. Der Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5% ergab auch hier, dass es keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Sprechern gibt. Die Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests befinden sich in Tabelle 64 im Anhang.

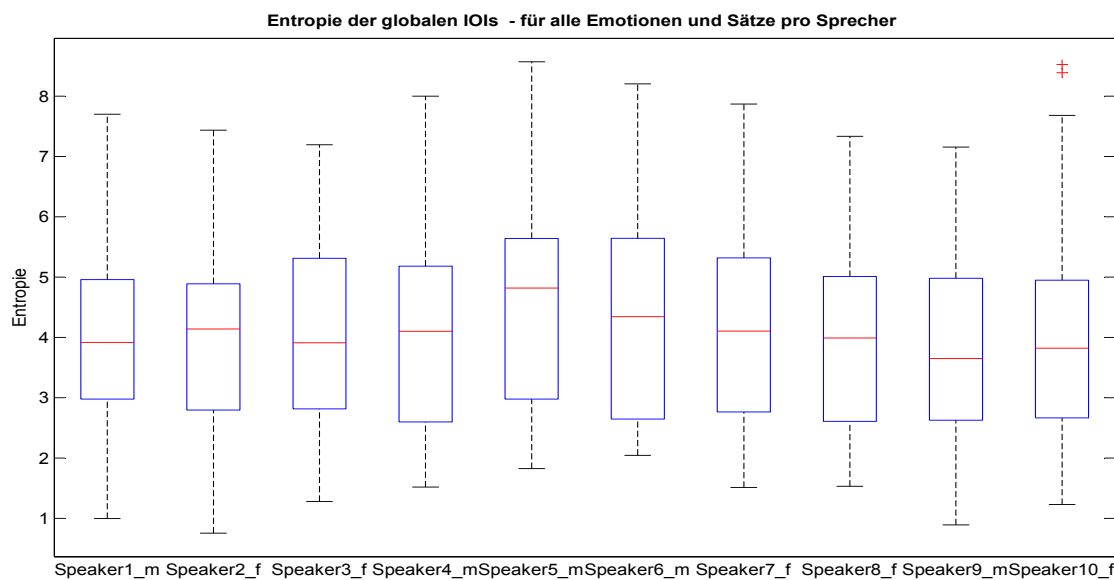


Abbildung 55: In dieser Abbildung sind die Boxplots für Entropie der globalen IOI aller Sprecher gegenübergestellt. Ein Boxplot enthält die Komplexitäten aller Sätze und aller Emotionen pro Sprecher

7.3.1 Zusammenfassung der Sprecherdiskriminierung

Abbildung 56 zeigt die Anzahl der signifikant unterschiedlichen Sprecherpaare für die verschiedenen Komplexitätsmaße, wenn alle Sätze und Emotionen pro Sprecher vereint werden. Es zeigt sich, dass maximal 4 von 45 Sprecherpaaren signifikant unterschiedlich sind. Dies ist der Fall bei der Flatness der Autokorrelation. Lediglich ein Sprecherpaar, welches signifikant unterschiedlich ist ergibt sich für die Entropie der Autokorrelation. Für die anderen Komplexitätsmaße ergeben sich keine signifikant unterschiedlichen Sprecherpaare. Dieses Ergebnis zeigt, dass eine Sprecherdiskriminierung mithilfe keines der Maße möglich ist.

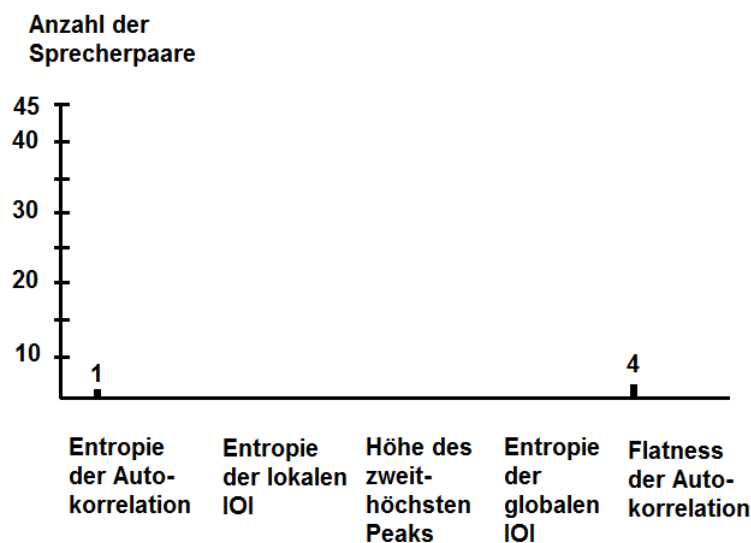


Abbildung 56: Anzahl der signifikant unterschiedlichen Sprecherpaare für die verschiedenen Komplexitätsmaße

7.4 Geschlechtsdiskriminierung anhand der Sätze

In diesem Kapitel wurde untersucht, ob es möglicherweise unterschiedliche Tendenzen der Wertebereiche zwischen männlichen und weiblichen Sprechern gibt. Dies wurde für jedes Komplexitätsmaß betrachtet. Dafür wurden die Werte als Histogramm dargestellt. Zur besseren Diskriminierung der Werte von Männern und Frauen wurden diese zum einen in unterschiedlichen Farben dargestellt, zum anderen wurden die Histogramme in unterschiedliche Richtungen eingezeichnet. Das männliche Histogramm wurde nach unten eingezeichnet, was nicht bedeutet, dass die Werte negativ sind, sondern dies dient lediglich der besseren Wahrnehmung der Verteilungen für Männer und Frauen.

Es wird hierbei kein Unterschied erwartet, da davon ausgegangen wird, dass der Sprachrhythmus zwischen Männern und Frauen sehr ähnlich ist. Diese Betrachtung dient lediglich dazu, einen eventuellen Bias zugunsten der einen oder der anderen Gruppe ausschließen zu können.

Abbildung 57 zeigt, dass die Verteilung der Werte für die Höhe des zweithöchsten Peaks zwischen Männern und Frauen sehr ähnlich ist.

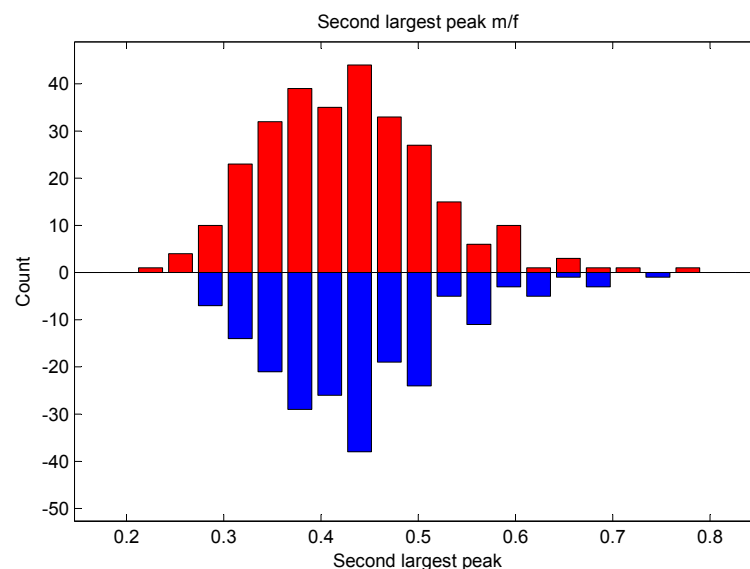


Abbildung 57: Histogramm für die Verteilung der Werte der Höhe des zweithöchsten Peaks der Autokorrelation für die männlichen und weiblichen Sprecher

Auch für die Entropie der globalen IOI zeigt sich, wie in Abbildung 58 ersichtlich, dass wie erwartet kaum ein Unterschied zwischen der Verteilung der Werte zwischen männlichen und weiblichen Sprechern existiert.

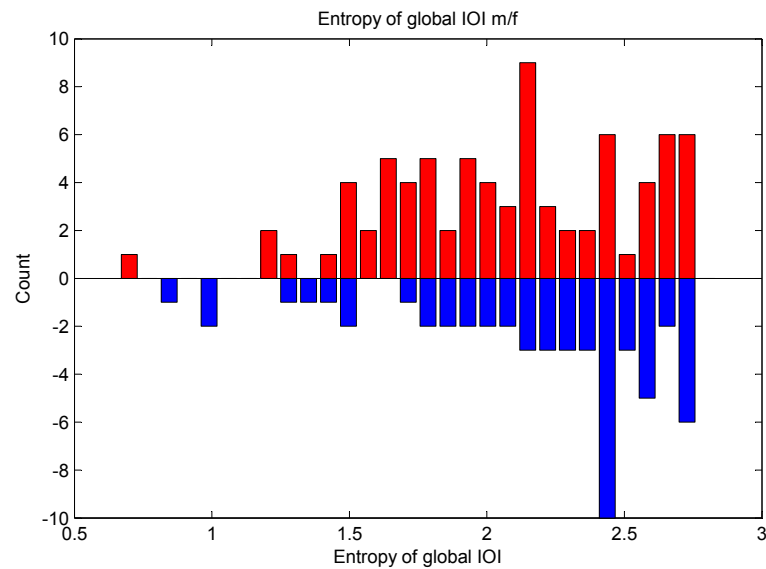


Abbildung 58: Histogramm für die Verteilung der Werte der Entropie der globalen IOI für die männlichen und weiblichen Sprecher

Die Verteilung der Werte zwischen Männern und Frauen für die Entropie der lokalen IOI ist ebenfalls sehr ähnlich, wie Abbildung 59 zeigt.

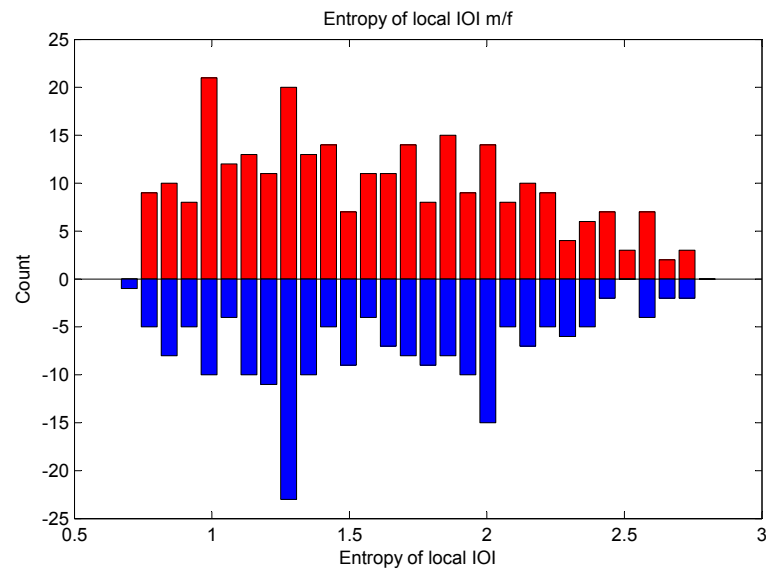


Abbildung 59: Histogramm für die Verteilung der Werte der Entropie der lokalen IOI für die männlichen und weiblichen Sprecher

Abbildung 60 zeigt, dass auch für die Flatness die Histogramme für Männer und Frauen sehr ähnlich sind.

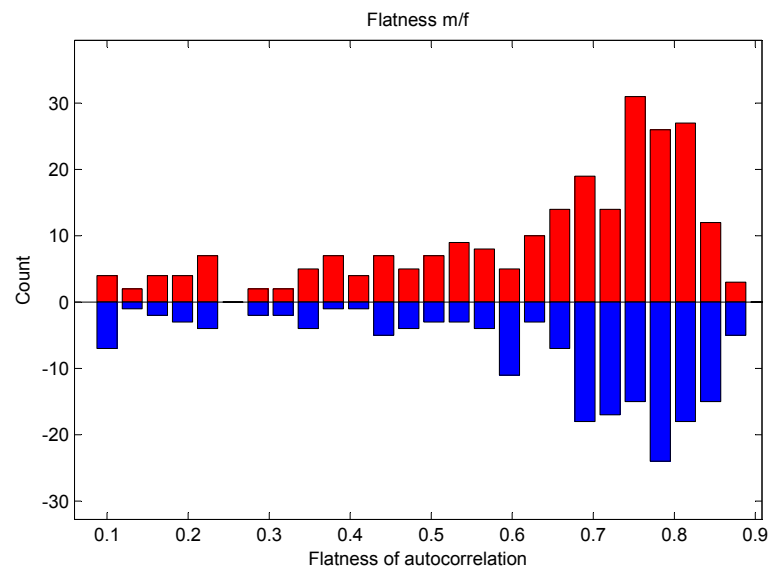


Abbildung 60: Histogramm für die Verteilung der Werte der Flatness der Autokorrelation für die männlichen und weiblichen Sprecher

Die Histogramme für die männlichen und weiblichen Sprecher für die Werte der Entropie der Autokorrelation sind, wie in Abbildung 61 ersichtlich, ebenfalls sehr ähnlich.

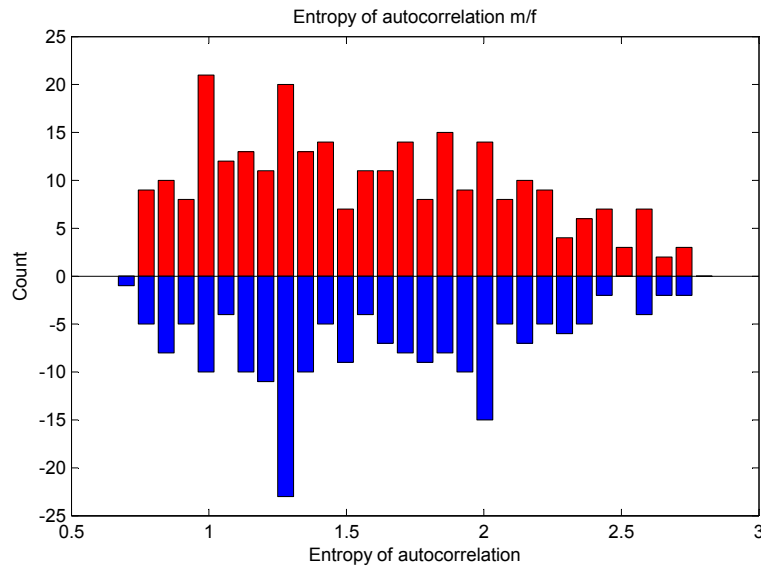


Abbildung 61: Histogramm für die Verteilung der Werte der Entropie der Autokorrelation für die männlichen und weiblichen Sprecher

Diese Ergebnisse zeigen, dass die Verteilungen der Werte zwischen Frauen und Männern sehr ähnlich sind. Es gibt wie erwartet keinen unterschiedlichen Trend zwischen den beiden Geschlechtern.

8 Zusammenfassung

Das Ziel dieser Projektarbeit ein Maß für Komplexität zu finden, was auch für Sprache anwendbar ist, wurde erreicht. Es wurden drei Maße entwickelt, die auf der Autokorrelation basieren und somit für nichtquantisierte Rhythmen, wie es bei Sprache der Fall ist, angewendet werden können. Es wurde gezeigt, dass die eigenen Maße für die Anwendung bei musikalischen Rhythmen gleich gut, bzw. schlecht funktionieren, wie zwei der bereits existierenden Maße für Rhythmuskomplexität. In der Arbeit von Eric Thul [2] wurden Normalisierungen vorgenommen, welche die Funktionalität der existierenden Maße deutlich verbesserten. Es besteht die Möglichkeit, die eigenen Maße ebenfalls durch Normalisierungen zu verbessern, was jedoch nicht Teil dieser Projektarbeit ist.

Die Ergebnisse für die Sprecherdiskriminierung zeigten, dass mithilfe keines Maßes eine Vorhersage darüber getroffen werden kann, welcher Sprecher spricht. Es gab maximal 6 von 45 signifikant unterschiedlichen Sprecherpaaren, welche sich für die Flatness bei der Emotion Angry und die Höhe des zweithöchsten Peaks bei der Emotion Sad ergaben. Über alle Sätze und Emotionen existieren maximal 4 von 45 Sprecherpaaren, welche signifikant unterschiedlich sind. Dies ist der Fall für die Flatness der Autokorrelation. Diese Ergebnisse sind nicht besonders gut und somit kann die Sprecherdiskriminierung über die Maße verworfen werden.

Für die Satzdiskriminierung zeigte sich, dass die Entropie der Autokorrelation sowie die Entropie der lokalen IOI 14 von 21 Satzpaaren mit signifikanten Unterschieden aufwiesen. Dieses Ergebnis ist relativ gut.

Die Höhe des zweithöchsten Peaks erreichte 12 von 21 Satzpaaren, die Entropie der globalen IOI 10 von 21 Satzpaaren und die Flatness lediglich 3 von 21 Satzpaaren mit signifikanten Unterschieden.

Die Ergebnisse zeigten, dass anhand der Werte keine Aussage über das Stresslevel der sprechenden Person getroffen werden kann. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Stresslevel.

Ein unterschiedlicher Trend der Werte von Männern und Frauen ist nicht ersichtlich. Zudem lässt sich auch keine Tendenz der Werte zwischen konträren Emotionen oder Intensitäten feststellen.

A Anhang

A.1 Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Diskriminierung des Stresslevels und der Sätze aus Experiment 1

	5ms	20ms	50ms	75ms	100ms
5ms	<i>NaN</i>	0.1102	0.1417	0.5653	0.7494
20ms	0.1102	<i>NaN</i>	0.9491	0.4062	0.2774
50ms	0.1417	0.9491	<i>NaN</i>	0.4822	0.3379
75ms	0.5653	0.4062	0.4822	<i>NaN</i>	0.8480
100ms	0.7494	0.2774	0.3379	0.8480	<i>NaN</i>

Tabelle 6: p-Werte für dem Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5% für die Flatness der Delaystufen. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Delaystufen und somit Stresslevel für die Flatness der Autokorrelation

	<i>Satz1</i>	<i>Satz2</i>	<i>Satz3</i>	<i>Satz4</i>	<i>Satz5</i>	<i>Satz6</i>	<i>Satz7</i>
<i>Satz1</i>	<i>NaN</i>	0.4647	0.0758	0.4647	0.1745	0.6015	0.2506
<i>Satz2</i>	0.4647	<i>NaN</i>	0.0283	0.6015	0.6015	0.9168	0.2506
<i>Satz3</i>	0.0758	0.0283	<i>NaN</i>	0.1172	0.0472	0.0472	0.1172
<i>Satz4</i>	0.4647	0.6015	0.1172	<i>NaN</i>	0.6015	0.9168	0.3472
<i>Satz5</i>	0.1745	0.6015	0.0472	0.6015	<i>NaN</i>	0.6015	0.0758
<i>Satz6</i>	0.6015	0.9168	0.0472	0.9168	0.6015	<i>NaN</i>	0.2506
<i>Satz7</i>	0.2506	0.2506	0.1172	0.3472	0.0758	0.2506	<i>NaN</i>

Tabelle 7: p-Werte für dem Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5% für die Flatness für die verschiedenen Sätze. Es existieren signifikante Unterschiede zwischen 3 Satzpaaren

	<i>5ms</i>	<i>20ms</i>	<i>50ms</i>	<i>75ms</i>	<i>100ms</i>
<i>5ms</i>	<i>NaN</i>	0.3379	0.9491	0.9491	0.5653
<i>20ms</i>	0.3379	<i>NaN</i>	0.9491	0.5653	0.5653
<i>50ms</i>	0.9491	0.9491	<i>NaN</i>	0.7494	0.5653
<i>75ms</i>	0.9491	0.5653	0.7494	<i>NaN</i>	0.7494
<i>100ms</i>	0.5653	0.5653	0.5653	0.7494	<i>NaN</i>

Tabelle 8: p-Werte des Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% f  r den zweith  chsten Peak f  r die Delaystufen. Es existieren keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Delaystufen

	<i>Satz1</i>	<i>Satz2</i>	<i>Satz3</i>	<i>Satz4</i>	<i>Satz5</i>	<i>Satz6</i>	<i>Satz7</i>
<i>Satz1</i>	<i>NaN</i>	0.0758	0.0283	0.1172	0.3472	0.0090	0.0163
<i>Satz2</i>	0.0758	<i>NaN</i>	0.0283	0.0283	0.6015	0.0090	0.0163
<i>Satz3</i>	0.0283	0.0283	<i>NaN</i>	0.7540	0.0283	0.0163	0.4647
<i>Satz4</i>	0.1172	0.0283	0.7540	<i>NaN</i>	0.0472	0.2506	0.9168
<i>Satz5</i>	0.3472	0.6015	0.0283	0.0472	<i>NaN</i>	0.0090	0.0163
<i>Satz6</i>	0.0090	0.0090	0.0163	0.2506	0.0090	<i>NaN</i>	0.6015
<i>Satz7</i>	0.0163	0.0163	0.4647	0.9168	0.0163	0.6015	<i>NaN</i>

Tabelle 9: p-Werte des Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% f  r den zweith  chsten Peak f  r die verschiedenen S  tze. Es existieren signifikante Unterschiede zwischen 12 Satzpaaren

	<i>5ms</i>	<i>20ms</i>	<i>50ms</i>	<i>75ms</i>	<i>100ms</i>
<i>5ms</i>	<i>NaN</i>	0.6547	0.5653	0.9491	0.5653
<i>20ms</i>	0.6547	<i>NaN</i>	0.9491	0.4062	0.6547
<i>50ms</i>	0.5653	0.9491	<i>NaN</i>	0.5653	0.8480
<i>75ms</i>	0.9491	0.4062	0.5653	<i>NaN</i>	0.4062
<i>100ms</i>	0.5653	0.6547	0.8480	0.4062	<i>NaN</i>

Tabelle 10: p-Werte des Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Entropie der Autokorrelation für die verschiedenen Delaystufen. Es gibt keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Delaystufen

	<i>Satz1</i>	<i>Satz2</i>	<i>Satz3</i>	<i>Satz4</i>	<i>Satz5</i>	<i>Satz6</i>	<i>Satz7</i>
<i>Satz1</i>	<i>NaN</i>	0.2506	0.0090	0.0090	0.0163	0.0090	0.4647
<i>Satz2</i>	0.2506	<i>NaN</i>	0.0090	0.0090	0.1172	0.0090	0.9168
<i>Satz3</i>	0.0090	0.0090	<i>NaN</i>	0.0758	0.0090	0.0472	0.0090
<i>Satz4</i>	0.0090	0.0090	0.0758	<i>NaN</i>	0.0090	0.7540	0.0090
<i>Satz5</i>	0.0163	0.1172	0.0090	0.0090	<i>NaN</i>	0.0090	0.0758
<i>Satz6</i>	0.0090	0.0090	0.0472	0.7540	0.0090	<i>NaN</i>	0.0090
<i>Satz7</i>	0.4647	0.9168	0.0090	0.0090	0.0758	0.0090	<i>NaN</i>

Tabelle 11: p-Werte des Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% f  r die Entropie der Autokorrelation f  r die verschiedenen S  tze. Es existieren signifikante Unterschiede zwischen 14 Satzpaaren

	<i>5ms</i>	<i>20ms</i>	<i>50ms</i>	<i>75ms</i>	<i>100ms</i>
<i>5ms</i>	<i>NaN</i>	0.6547	0.7494	0.7494	0.7494
<i>20ms</i>	0.6547	<i>NaN</i>	0.6547	0.4822	0.2774
<i>50ms</i>	0.7494	0.6547	<i>NaN</i>	0.5653	0.5653
<i>75ms</i>	0.7494	0.4822	0.5653	<i>NaN</i>	0.8480
<i>100ms</i>	0.7494	0.2774	0.5653	0.8480	<i>NaN</i>

Tabelle 12: p-Werte des Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Entropie der globalen IOI für die verschiedenen Delaystufen. Es ergeben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Delaystufen

	<i>Satz1</i>	<i>Satz2</i>	<i>Satz3</i>	<i>Satz4</i>	<i>Satz5</i>	<i>Satz6</i>	<i>Satz7</i>
<i>Satz1</i>	<i>NaN</i>	0.1172	0.0090	0.6015	0.0090	0.0758	0.9168
<i>Satz2</i>	0.1172	<i>NaN</i>	0.0090	0.1172	0.0090	0.0758	0.0163
<i>Satz3</i>	0.0090	0.0090	<i>NaN</i>	0.0758	0.0090	0.0758	0.0090
<i>Satz4</i>	0.6015	0.1172	0.0758	<i>NaN</i>	0.0472	0.6015	0.4647
<i>Satz5</i>	0.0090	0.0090	0.0090	0.0472	<i>NaN</i>	0.0090	0.0090
<i>Satz6</i>	0.0758	0.0758	0.0758	0.6015	0.0090	<i>NaN</i>	0.1172
<i>Satz7</i>	0.9168	0.0163	0.0090	0.4647	0.0090	0.1172	<i>NaN</i>

Tabelle 13: p-Werte des Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% f  r die Entropie der globalen IOI für die verschiedenen Sätze. Es existieren signifikante Unterschiede zwischen 10 Satzpaaren

	<i>5ms</i>	<i>20ms</i>	<i>50ms</i>	<i>75ms</i>	<i>100ms</i>
<i>5ms</i>	<i>NaN</i>	0.9491	0.6547	0.8480	0.6547
<i>20ms</i>	0.9491	<i>NaN</i>	0.8480	0.8480	0.5653
<i>50ms</i>	0.6547	0.8480	<i>NaN</i>	0.8480	0.9491
<i>75ms</i>	0.8480	0.8480	0.8480	<i>NaN</i>	0.9491
<i>100ms</i>	0.6547	0.5653	0.9491	0.9491	<i>NaN</i>

Tabelle 14: p-Werte des Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Entropie der lokalen IOI über die Delaystufen. Es existieren keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Delaystufen

	<i>Satz1</i>	<i>Satz2</i>	<i>Satz3</i>	<i>Satz4</i>	<i>Satz5</i>	<i>Satz6</i>	<i>Satz7</i>
<i>Satz1</i>	<i>NaN</i>	0.1745	0.0090	0.9168	0.0163	0.0283	0.6015
<i>Satz2</i>	0.1745	<i>NaN</i>	0.0090	0.0758	0.0090	0.0090	0.7540
<i>Satz3</i>	0.0090	0.0090	<i>NaN</i>	0.0090	0.0090	0.7540	0.0090
<i>Satz4</i>	0.9168	0.0758	0.0090	<i>NaN</i>	0.0090	0.0472	0.4647
<i>Satz5</i>	0.0163	0.0090	0.0090	0.0090	<i>NaN</i>	0.0090	0.0163
<i>Satz6</i>	0.0283	0.0090	0.7540	0.0472	0.0090	<i>NaN</i>	0.0283
<i>Satz7</i>	0.6015	0.7540	0.0090	0.4647	0.0163	0.0283	<i>NaN</i>

Tabelle 15: p-Werte des Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Entropie der lokalen IOI für die verschiedenen Sätze. Es existieren signifikante Unterschiede zwischen 10 Satzpaaren

A.2 Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Emotionsdiskriminierung der verschiedenen Sprecher aus Experiment 2

	<i>Happy</i>	<i>bored</i>	<i>Neutral</i>	<i>Angry</i>	<i>Anxious</i>	<i>Sad</i>	<i>Disgusted</i>
Flatness							
happy	-	0.2232	0.3896	0.4556	0.4250	0.3447	-
bored	0.2232	-	0.8651	0.0786	0.8815	0.8065	-
neutral	0.3896	0.8651	-	0.1546	0.9379	0.7940	-
angry	0.4556	0.0786	0.1546	-	0.3778	0.2025	-
anxious	0.4250	0.8815	0.9379	0.3778	-	0.7237	-
sad	0.3447	0.8065	0.7940	0.2025	0.7237	-	-
disgusted	-	-	-	-	-	-	-
Zweithöchster Peak							
happy	-	0.2232	0.0938	0.1007	0.7324	0.1306	-
bored	0.2232	-	0.7770	0.5786	0.4561	0.3272	-
neutral	0.0938	0.7770	-	0.1711	0.3918	0.2400	-
angry	0.1007	0.5786	0.1711	-	0.3778	0.1674	-
anxious	0.7324	0.4561	0.3918	0.3778	-	0.1573	-
sad	0.1306	0.3272	0.2400	0.1674	0.1573	-	-
disgusted	-	-	-	-	-	-	-
Entropie der Autokorrelation							
happy	-	0.2232	0.3896	0.4556	0.4250	0.3447	-
bored	0.2232	-	0.8651	0.0786	0.8815	0.8065	-
neutral	0.3896	0.8651	-	0.1546	0.9379	0.7940	-
angry	0.4556	0.0786	0.1546	-	0.3778	0.2025	-
anxious	0.4250	0.8815	0.9379	0.3778	-	0.7237	-
sad	0.3447	0.8065	0.7940	0.2025	0.7237	-	-
disgusted	-	-	-	-	-	-	-
Entropie der lokalen IOI							
happy	-	0.0117	0.0415	0.0523	0.4236	0.5699	-
bored	0.0117	-	0.8651	0.3085	0.6547	0.0143	-
neutral	0.0415	0.8651	-	0.3520	0.6971	0.0676	-
angry	0.0523	0.3085	0.3520	-	0.8011	0.0893	-
anxious	0.4236	0.6547	0.6971	0.8011	-	0.2888	-
sad	0.5699	0.0143	0.0676	0.0893	0.2888	-	-
disgusted	-	-	-	-	-	-	-
Entropie der globalen IOI							
happy	-	0.3718	0.4970	0.2963	0.7324	0.8501	-
bored	0.3718	-	0.8651	0.3085	0.4561	1.0000	-
neutral	0.4970	0.8651	-	0.2503	0.4835	0.8961	-
angry	0.2963	0.3085	0.2503	-	0.8011	0.5954	-
anxious	0.7324	0.4561	0.4835	0.8011	-	1.0000	-
sad	0.8501	1.0000	0.8961	0.5954	1.0000	-	-
disgusted	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 16: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für Sprecher 1

	<i>Happy</i>	<i>bored</i>	<i>Neutral</i>	<i>Angry</i>	<i>Anxious</i>	<i>Sad</i>	<i>Disgusted</i>
Flatness							
happy	-	0.3258	0.7624	0.3226	0.7773	0.0114	-
bored	0.3258	-	0.8798	0.9474	0.3961	0.1416	-
neutral	0.7624	0.8798	-	0.6924	0.6714	0.1914	-
angry	0.3226	0.9474	0.6924	-	0.2751	0.0881	-
anxious	0.7773	0.3961	0.6714	0.2751	-	0.0896	-
sad	0.0114	0.1416	0.1914	0.0881	0.0896	-	-
disgusted	-	-	-	-	-	-	-
Zweithöchster Peak							
happy	-	0.8206	0.6501	0.9474	0.7773	0.0033	-
bored	0.8206	-	0.5967	0.5978	0.6714	0.0019	-
neutral	0.6501	0.5967	-	0.7416	0.6714	0.0071	-
angry	0.9474	0.5978	0.7416	-	0.8084	0.0018	-
anxious	0.7773	0.6714	0.6714	0.8084	-	0.0206	-
sad	0.0033	0.0019	0.0071	0.0018	0.0206	-	-
disgusted	-	-	-	-	-	-	-
Entropie der Autokorrelation							
happy	-	0.3258	0.7624	0.3226	0.7773	0.0114	-
bored	0.3258	-	0.8798	0.9474	0.3961	0.1416	-
neutral	0.7624	0.8798	-	0.6924	0.6714	0.1914	-
angry	0.3226	0.9474	0.6924	-	0.2751	0.0881	-
anxious	0.7773	0.3961	0.6714	0.2751	-	0.0896	-
sad	0.0114	0.1416	0.1914	0.0881	0.0896	-	-
disgusted	-	-	-	-	-	-	-
Entropie der lokalen IOI							
happy	-	0.9397	0.5453	0.9474	0.7773	0.0724	-
bored	0.9397	-	0.7624	1.0000	1.0000	0.1025	-
neutral	0.5453	0.7624	-	0.5097	0.5716	0.2530	-
angry	0.9474	1.0000	0.5097	-	0.8084	0.0756	-
anxious	0.7773	1.0000	0.5716	0.8084	-	0.0896	-
sad	0.0724	0.1025	0.2530	0.0756	0.0896	-	-
disgusted	-	-	-	-	-	-	-
Entropie der globalen IOI							
happy	-	0.4057	0.4497	0.4288	0.8875	0.3691	-
bored	0.4057	-	1.0000	0.9474	0.4795	0.8065	-
neutral	0.4497	1.0000	-	0.9474	0.5716	0.9349	-
angry	0.4288	0.9474	0.9474	-	0.3320	0.8312	-
anxious	0.8875	0.4795	0.5716	0.3320	-	0.5371	-
sad	0.3691	0.8065	0.9349	0.8312	0.5371	-	-
disgusted	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 17: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für Sprecher 2

	<i>Happy</i>	<i>bored</i>	<i>Neutral</i>	<i>Angry</i>	<i>Anxious</i>	<i>Sad</i>	<i>Disgusted</i>
Flatness							
happy	-	1.0000	0.1160	0.3130	0.1797	0.2482	0.3051
bored	1.0000	-	0.5371	0.3650	0.1573	1.0000	0.2568
neutral	0.1160	0.5371	-	0.8674	0.6015	0.3458	0.9578
angry	0.3130	0.3650	0.8674	-	0.2643	0.6104	0.7815
anxious	0.1797	0.1573	0.6015	0.2643	-	0.2207	0.8273
sad	0.2482	1.0000	0.3458	0.6104	0.2207	-	0.7697
disgusted	0.3051	0.2568	0.9578	0.7815	0.8273	0.7697	-
Zweithochster Peak							
happy	-	1.0000	0.0522	0.0693	0.6547	0.5637	0.5688
bored	1.0000	-	0.1649	0.1129	0.4795	0.6434	0.8501
neutral	0.0522	0.1649	-	0.6642	0.2230	0.1573	0.0390
Peak angry	0.0693	0.1129	0.6642	-	0.5351	0.2345	0.0884
anxious	0.6547	0.4795	0.2230	0.5351	-	1.0000	0.8273
sad	0.5637	0.6434	0.1573	0.2345	1.0000	-	1.0000
disgusted	0.5688	0.8501	0.0390	0.0884	0.8273	1.0000	-
Entropie der Autokorrelation							
happy	-	1.0000	0.1160	0.3130	0.1797	0.2482	0.3051
bored	1.0000	-	0.5371	0.3650	0.1573	1.0000	0.2568
neutral	0.1160	0.5371	-	0.8674	0.6015	0.3458	0.9578
angry	0.3130	0.3650	0.8674	-	0.2643	0.6104	0.7815
anxious	0.1797	0.1573	0.6015	0.2643	-	0.2207	0.8273
sad	0.2482	1.0000	0.3458	0.6104	0.2207	-	0.7697
disgusted	0.3051	0.2568	0.9578	0.7815	0.8273	0.7697	-
Entropie der lokalen IOI							
happy	-	0.7237	0.7815	0.7366	0.6547	0.2482	0.9093
bored	0.7237	-	0.6434	0.3650	0.4795	0.6434	0.4497
neutral	0.7815	0.6434	-	0.6886	0.8618	0.4795	0.8738
angry	0.7366	0.3650	0.6886	-	0.9013	0.6104	0.7214
anxious	0.6547	0.4795	0.8618	0.9013	-	1.0000	0.8273
sad	0.2482	0.6434	0.4795	0.6104	1.0000	-	0.7697
disgusted	0.9093	0.4497	0.8738	0.7214	0.8273	0.7697	-
Entropie der globalen IOI							
happy	-	0.7237	0.4054	0.3130	0.6547	0.5637	0.5688
bored	0.7237	-	0.5371	0.4280	0.4795	1.0000	0.7055
neutral	0.4054	0.5371	-	0.8674	0.8618	1.0000	0.8738
angry	0.3130	0.4280	0.8674	-	0.9013	0.8651	0.9054
anxious	0.6547	0.4795	0.8618	0.9013	-	1.0000	0.8273
sad	0.5637	1.0000	1.0000	0.8651	1.0000	-	1.0000
disgusted	0.5688	0.7055	0.8738	0.9054	0.8273	1.0000	-

Tabelle 18: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% fur Sprecher 3

	<i>Happy</i>	<i>bored</i>	<i>Neutral</i>	<i>Angry</i>	<i>Anxious</i>	<i>Sad</i>	<i>Disgusted</i>
happy	-	0.4334	0.0641	0.6674	0.1213	0.4386	0.2207
bored	0.4334	-	0.1742	0.8590	0.3055	0.7940	0.2453
neutral	0.0641	0.1742	-	0.0339	0.2207	0.0641	0.4795
angry	0.6674	0.8590	0.0339	-	0.1416	1.0000	0.1138
anxious	0.1213	0.3055	0.2207	0.1416	-	0.2453	0.1432
sad	0.4386	0.7940	0.0641	1.0000	0.2453	-	0.2207
disgusted	0.2207	0.2453	0.4795	0.1138	0.1432	0.2207	-
Zweithöchster Peak							
happy	-	0.6015	0.3545	0.6674	0.0528	1.0000	0.2207
bored	0.6015	-	1.0000	0.3284	0.7697	0.6015	0.6985
neutral	0.3545	1.0000	-	0.2031	0.6242	0.6434	0.4795
angry	0.6674	0.3284	0.2031	-	0.0373	1.0000	0.2059
anxious	0.0528	0.7697	0.6242	0.0373	-	1.0000	0.7697
sad	1.0000	0.6015	0.6434	1.0000	1.0000	-	1.0000
disgusted	0.2207	0.6985	0.4795	0.2059	0.7697	1.0000	-
Entropie der Autokorrelation							
happy	-	0.4334	0.0641	0.6674	0.1213	0.4386	0.2207
bored	0.4334	-	0.1742	0.8590	0.3055	0.7940	0.2453
neutral	0.0641	0.1742	-	0.0339	0.2207	0.0641	0.4795
angry	0.6674	0.8590	0.0339	-	0.1416	1.0000	0.1138
anxious	0.1213	0.3055	0.2207	0.1416	-	0.2453	0.1432
sad	0.4386	0.7940	0.0641	1.0000	0.2453	-	0.2207
disgusted	0.2207	0.2453	0.4795	0.1138	0.1432	0.2207	-
Entropie der lokalen IOI							
happy	-	0.2963	0.6434	1.0000	0.6985	0.4386	1.0000
bored	0.2963	-	0.3958	0.1826	0.7697	0.6015	0.4386
neutral	0.6434	0.3958	-	0.8875	0.3272	0.3545	1.0000
angry	1.0000	0.1826	0.8875	-	0.4624	0.3902	1.0000
anxious	0.6985	0.7697	0.3272	0.4624	-	0.4386	0.7697
sad	0.4386	0.6015	0.3545	0.3902	0.4386	-	0.2207
disgusted	1.0000	0.4386	1.0000	1.0000	0.7697	0.2207	-
Entropie der globalen IOI							
happy	-	0.2963	0.0641	1.0000	0.1213	1.0000	0.2207
bored	0.2963	-	0.1264	0.8590	0.3798	0.7940	0.2453
neutral	0.0641	0.1264	-	0.0660	0.3272	0.1649	0.4795
angry	1.0000	0.8590	0.0660	-	0.4624	0.6674	0.2059
anxious	0.1213	0.3798	0.3272	0.4624	-	0.4386	0.3798
sad	1.0000	0.7940	0.1649	0.6674	0.4386	-	0.2207
disgusted	0.2207	0.2453	0.4795	0.2059	0.3798	0.2207	-

Tabelle 19: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für Sprecher 4

	<i>Happy</i>	<i>bored</i>	<i>Neutral</i>	<i>Angry</i>	<i>Anxious</i>	<i>Sad</i>	<i>Disgusted</i>
Flatness							
happy	-	0.5653	0.8170	0.4414	0.1530	0.0476	0.2752
bored	0.5653	-	0.5628	0.1604	0.1248	0.0845	0.2752
neutral	0.8170	0.5628	-	0.5089	0.0833	0.1649	0.4386
angry	0.4414	0.1604	0.5089	-	0.0205	0.0164	0.1924
anxious	0.1530	0.1248	0.0833	0.0205	-	0.6338	0.8618
sad	0.0476	0.0845	0.1649	0.0164	0.6338	-	0.2752
disgusted	0.2752	0.2752	0.4386	0.1924	0.8618	0.2752	-
Zweithöchster Peak							
happy	-	0.4822	0.0826	0.0416	0.5604	0.8480	0.5127
bored	0.4822	-	0.2472	0.0164	0.7110	0.4822	0.2752
neutral	0.0826	0.2472	-	0.7412	0.2110	0.5628	1.0000
angry	0.0416	0.0164	0.7412	-	0.0742	0.8919	0.8848
anxious	0.5604	0.7110	0.2110	0.0742	-	0.5604	0.3841
sad	0.8480	0.4822	0.5628	0.8919	0.5604	-	0.8273
disgusted	0.5127	0.2752	1.0000	0.8848	0.3841	0.8273	-
Entropie der Autokorrelation							
happy	-	0.5653	0.8170	0.4414	0.1530	0.0476	0.2752
bored	0.5653	-	0.5628	0.1604	0.1248	0.0845	0.2752
neutral	0.8170	0.5628	-	0.5089	0.0833	0.1649	0.4386
angry	0.4414	0.1604	0.5089	-	0.0205	0.0164	0.1924
anxious	0.1530	0.1248	0.0833	0.0205	-	0.6338	0.8618
sad	0.0476	0.0845	0.1649	0.0164	0.6338	-	0.2752
disgusted	0.2752	0.2752	0.4386	0.1924	0.8618	0.2752	-
Entropie der lokalen IOI							
happy	-	0.5653	0.4179	0.1351	0.2235	0.3379	0.5127
bored	0.5653	-	0.7285	0.5561	0.6338	0.9491	0.5127
neutral	0.4179	0.7285	-	0.3218	0.2482	0.2472	0.4386
angry	0.1351	0.5561	0.3218	-	0.8196	0.7513	0.6639
anxious	0.2235	0.6338	0.2482	0.8196	-	0.7110	0.8618
sad	0.3379	0.9491	0.2472	0.7513	0.7110	-	0.8273
disgusted	0.5127	0.5127	0.4386	0.6639	0.8618	0.8273	-
Entropie der globalen IOI							
happy	-	0.1417	0.7285	0.8919	0.0229	0.2774	0.2752
bored	0.1417	-	0.3545	0.2215	0.4914	0.4822	0.2752
neutral	0.7285	0.3545	-	0.9342	0.1779	0.5628	0.1213
angry	0.8919	0.2215	0.9342	-	0.1194	0.6184	0.1924
anxious	0.0229	0.4914	0.1779	0.1194	-	0.4273	0.2230
sad	0.2774	0.4822	0.5628	0.6184	0.4273	-	0.1266
disgusted	0.2752	0.2752	0.1213	0.1924	0.2230	0.1266	-

Tabelle 20: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für Sprecher 5

	<i>Happy</i>	<i>bored</i>	<i>Neutral</i>	<i>Angry</i>	<i>Anxious</i>	<i>Sad</i>	<i>Disgusted</i>
Flatness							
happy	-	0.6985	0.6434	0.8551	1.0000	1.0000	1.0000
bored	0.6985	-	0.1416	0.5271	0.4561	0.3798	0.3798
neutral	0.6434	0.1416	-	0.4669	1.0000	1.0000	0.4795
angry	0.8551	0.5271	0.4669	-	0.7728	0.7893	0.7893
anxious	1.0000	0.4561	1.0000	0.7728	-	0.6547	0.6547
sad	1.0000	0.3798	1.0000	0.7893	0.6547	-	0.3173
disgusted	1.0000	0.3798	0.4795	0.7893	0.6547	0.3173	-
Zweithöchster Peak							
happy	-	1.0000	1.0000	0.2012	1.0000	1.0000	1.0000
bored	1.0000	-	0.8065	0.0452	0.1011	0.7697	0.1432
neutral	1.0000	0.8065	-	0.0290	0.0339	0.1573	0.1573
angry	0.2012	0.0452	0.0290	-	0.4705	0.5930	0.1088
anxious	1.0000	0.1011	0.0339	0.4705	-	0.1797	0.1797
sad	1.0000	0.7697	0.1573	0.5930	0.1797	-	0.3173
disgusted	1.0000	0.1432	0.1573	0.1088	0.1797	0.3173	-
Entropie der Autokorrelation							
happy	-	0.6985	0.6434	0.8551	1.0000	1.0000	1.0000
bored	0.6985	-	0.1416	0.5271	0.4561	0.3798	0.3798
neutral	0.6434	0.1416	-	0.4669	1.0000	1.0000	0.4795
angry	0.8551	0.5271	0.4669	-	0.7728	0.7893	0.7893
anxious	1.0000	0.4561	1.0000	0.7728	-	0.6547	0.6547
sad	1.0000	0.3798	1.0000	0.7893	0.6547	-	0.3173
disgusted	1.0000	0.3798	0.4795	0.7893	0.6547	0.3173	-
Entropie der lokalen IOI							
happy	-	0.6985	0.6434	0.8551	1.0000	1.0000	0.2207
bored	0.6985	-	0.8065	0.7518	0.8815	0.7697	0.1432
neutral	0.6434	0.8065	-	0.7160	0.7237	1.0000	0.1573
angry	0.8551	0.7518	0.7160	-	0.6650	0.7893	0.1088
anxious	1.0000	0.8815	0.7237	0.6650	-	0.6547	0.1797
sad	1.0000	0.7697	1.0000	0.7893	0.6547	-	0.3173
disgusted	0.2207	0.1432	0.1573	0.1088	0.1797	0.3173	-
Entropie der globalen IOI							
happy	-	0.4386	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
bored	0.4386	-	0.4624	0.7518	0.4561	0.7697	0.3798
neutral	1.0000	0.4624	-	0.6276	1.0000	0.4795	1.0000
angry	1.0000	0.7518	0.6276	-	0.7728	1.0000	0.5930
anxious	1.0000	0.4561	1.0000	0.7728	-	0.6547	0.6547
sad	1.0000	0.7697	0.4795	1.0000	0.6547	-	0.3173
disgusted	1.0000	0.3798	1.0000	0.5930	0.6547	0.3173	-

Tabelle 21: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für Sprecher 6

	<i>Happy</i>	<i>bored</i>	<i>Neutral</i>	<i>Angry</i>	<i>Anxious</i>	<i>Sad</i>	<i>Disgusted</i>
Flatness							
happy	-	0.5967	0.1025	0.0101	0.2416	0.5403	0.7697
bored	0.5967	-	0.4624	0.0250	0.5582	0.8065	0.6256
neutral	0.1025	0.4624	-	0.0646	0.8738	0.1252	0.1858
angry	0.0101	0.0250	0.0646	-	0.1083	0.0204	0.0280
anxious	0.2416	0.5582	0.8738	0.1083	-	0.4649	0.4822
sad	0.5403	0.8065	0.1252	0.0204	0.4649	-	0.9353
disgusted	0.7697	0.6256	0.1858	0.0280	0.4822	0.9353	-
Zweithöchster Peak							
happy	-	0.3258	0.7440	0.5097	0.6256	0.3272	0.9223
bored	0.3258	-	0.3691	0.0993	0.6256	0.9025	0.6963
neutral	0.7440	0.3691	-	0.2008	0.5604	0.4634	0.9578
angry	0.5097	0.0993	0.2008	-	0.3980	0.1706	0.5541
anxious	0.6256	0.6256	0.5604	0.3980	-	0.6847	0.9491
sad	0.3272	0.9025	0.4634	0.1706	0.6847	-	0.6847
disgusted	0.9223	0.6963	0.9578	0.5541	0.9491	0.6847	-
Entropie der Autokorrelation							
happy	-	0.5967	0.1025	0.0101	0.2416	0.5403	0.7697
bored	0.5967	-	0.4624	0.0250	0.5582	0.8065	0.6256
neutral	0.1025	0.4624	-	0.0646	0.8738	0.1252	0.1858
angry	0.0101	0.0250	0.0646	-	0.1083	0.0204	0.0280
anxious	0.2416	0.5582	0.8738	0.1083	-	0.4649	0.4822
sad	0.5403	0.8065	0.1252	0.0204	0.4649	-	0.9353
disgusted	0.7697	0.6256	0.1858	0.0280	0.4822	0.9353	-
Entropie der lokalen IOI							
happy	-	1.0000	0.5136	0.7920	0.6256	0.5403	0.5582
bored	1.0000	-	0.4142	0.7920	1.0000	0.7133	0.8453
neutral	0.5136	0.4142	-	0.2135	0.5604	0.7389	0.3146
angry	0.7920	0.7920	0.2135	-	0.7353	0.4606	0.8658
anxious	0.6256	1.0000	0.5604	0.7353	-	0.6847	0.5653
sad	0.5403	0.7133	0.7389	0.4606	0.6847	-	0.3718
disgusted	0.5582	0.8453	0.3146	0.8658	0.5653	0.3718	-
Entropie der globalen IOI							
happy	-	1.0000	0.2885	0.1135	0.4945	0.7133	0.8453
bored	1.0000	-	0.4142	0.2103	0.8453	0.7133	0.8453
neutral	0.2885	0.4142	-	0.4773	0.8738	0.8415	0.4914
angry	0.1135	0.2103	0.4773	-	0.4990	0.5982	0.1508
anxious	0.4945	0.8453	0.8738	0.4990	-	0.8075	0.6547
sad	0.7133	0.7133	0.8415	0.5982	0.8075	-	0.4649
disgusted	0.8453	0.8453	0.4914	0.1508	0.6547	0.4649	-

Tabelle 22: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für Sprecher 7

	<i>Happy</i>	<i>bored</i>	<i>Neutral</i>	<i>Angry</i>	<i>Anxious</i>	<i>Sad</i>	<i>Disgusted</i>
Flatness							
happy	-	0.4179	0.7285	0.8542	0.5892	0.7223	0.3662
bored	0.4179	-	0.5653	0.2560	0.7353	0.6256	0.0865
neutral	0.7285	0.5653	-	0.5040	0.9326	0.9223	0.1531
angry	0.8542	0.2560	0.5040	-	0.3532	0.4932	0.4610
anxious	0.5892	0.7353	0.9326	0.3532	-	1.0000	0.1340
sad	0.7223	0.6256	0.9223	0.4932	1.0000	-	0.3290
disgusted	0.3662	0.0865	0.1531	0.4610	0.1340	0.3290	-
Zweithchster Peak							
happy	-	0.5628	0.6434	0.2207	0.5371	0.5940	0.8973
bored	0.5628	-	0.4062	0.0948	0.2049	0.2831	0.6682
neutral	0.6434	0.4062	-	0.3496	0.7998	0.8453	0.7751
angry	0.2207	0.0948	0.3496	-	0.5775	0.3703	0.4174
anxious	0.5371	0.2049	0.7998	0.5775	-	0.8432	0.6396
sad	0.5940	0.2831	0.8453	0.3703	0.8432	-	0.6644
disgusted	0.8973	0.6682	0.7751	0.4174	0.6396	0.6644	-
Entropie der Autokorrelation							
happy	-	0.4179	0.7285	0.8542	0.5892	0.7223	0.3662
bored	0.4179	-	0.5653	0.2560	0.7353	0.6256	0.0865
neutral	0.7285	0.5653	-	0.5040	0.9326	0.9223	0.1531
angry	0.8542	0.2560	0.5040	-	0.3532	0.4932	0.4610
anxious	0.5892	0.7353	0.9326	0.3532	-	1.0000	0.1340
sad	0.7223	0.6256	0.9223	0.4932	1.0000	-	0.3290
disgusted	0.3662	0.0865	0.1531	0.4610	0.1340	0.3290	-
Entropie der lokalen IOI							
happy	-	0.8170	0.7285	0.9025	0.9385	0.0506	0.5186
bored	0.8170	-	0.8480	0.9467	0.7998	0.1719	1.0000
neutral	0.7285	0.8480	-	0.7893	0.7353	0.1184	0.8864
angry	0.9025	0.9467	0.7893	-	0.7806	0.0820	0.8828
anxious	0.9385	0.7998	0.7353	0.7806	-	0.1135	0.7787
sad	0.0506	0.1719	0.1184	0.0820	0.1135	-	0.1931
disgusted	0.5186	1.0000	0.8864	0.8828	0.7787	0.1931	-
Entropie der globalen IOI							
happy	-	0.4179	0.2976	0.5403	0.8774	0.8590	0.7963
bored	0.4179	-	0.7494	0.5930	0.8658	0.8453	0.6682
neutral	0.2976	0.7494	-	0.4624	0.7353	0.8453	0.4751
angry	0.5403	0.5930	0.4624	-	0.9630	0.8330	0.5553
anxious	0.8774	0.8658	0.7353	0.9630	-	0.9474	0.6396
sad	0.8590	0.8453	0.8453	0.8330	0.9474	-	0.6644
disgusted	0.7963	0.6682	0.4751	0.5553	0.6396	0.6644	-

Tabelle 23: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für Sprecher 8

	<i>Happy</i>	<i>bored</i>	<i>Neutral</i>	<i>Angry</i>	<i>Anxious</i>	<i>Sad</i>	<i>Disgusted</i>
Flatness							
happy	-	0.1949	0.6877	0.2926	0.0782	0.7963	0.2012
bored	0.1949	-	0.4250	0.9202	0.4795	0.1655	0.9468
neutral	0.6877	0.4250	-	0.5052	0.2689	0.8153	0.6917
angry	0.2926	0.9202	0.5052	-	0.5987	0.3130	0.7301
anxious	0.0782	0.4795	0.2689	0.5987	-	0.1213	0.5839
sad	0.7963	0.1655	0.8153	0.3130	0.1213	-	0.1797
disgusted	0.2012	0.9468	0.6917	0.7301	0.5839	0.1797	-
Zweithöchster Peak							
happy	-	0.4094	0.6153	0.7925	0.7488	0.4386	0.5839
bored	0.4094	-	0.9093	0.6642	0.3458	0.2294	0.7389
neutral	0.6153	0.9093	-	0.7065	0.5465	0.3918	0.6917
angry	0.7925	0.6642	0.7065	-	0.6610	0.3130	0.9607
anxious	0.7488	0.3458	0.5465	0.6610	-	0.1967	0.5839
sad	0.4386	0.2294	0.3918	0.3130	0.1967	-	0.1797
disgusted	0.5839	0.7389	0.6917	0.9607	0.5839	0.1797	-
Entropie der Autokorrelation							
happy	-	0.1949	0.6877	0.2926	0.0782	0.7963	0.2012
bored	0.1949	-	0.4250	0.9202	0.4795	0.1655	0.9468
neutral	0.6877	0.4250	-	0.5052	0.2689	0.8153	0.6917
angry	0.2926	0.9202	0.5052	-	0.5987	0.3130	0.7301
anxious	0.0782	0.4795	0.2689	0.5987	-	0.1213	0.5839
sad	0.7963	0.1655	0.8153	0.3130	0.1213	-	0.1797
disgusted	0.2012	0.9468	0.6917	0.7301	0.5839	0.1797	-
Entropie der lokalen IOI							
happy	-	0.0451	0.2689	0.1883	0.3367	0.1967	0.2733
bored	0.0451	-	0.3423	0.7134	0.3458	0.7815	0.3173
neutral	0.2689	0.3423	-	0.6639	0.7630	0.6971	0.6102
angry	0.1883	0.7134	0.6639	-	0.6930	0.8401	0.4597
anxious	0.3367	0.3458	0.7630	0.6930	-	0.7963	0.9271
sad	0.1967	0.7815	0.6971	0.8401	0.7963	-	0.8815
disgusted	0.2733	0.3173	0.6102	0.4597	0.9271	0.8815	-
Entropie der globalen IOI							
happy	-	0.1949	0.6877	0.2195	0.2002	0.4386	0.8551
bored	0.1949	-	0.4704	0.7134	0.9062	0.9263	0.3173
neutral	0.6877	0.4704	-	0.5820	0.5465	0.6971	0.9548
angry	0.2195	0.7134	0.5820	-	1.0000	0.7366	0.4021
anxious	0.2002	0.9062	0.5465	1.0000	-	0.7963	0.2012
sad	0.4386	0.9263	0.6971	0.7366	0.7963	-	0.2967
disgusted	0.8551	0.3173	0.9548	0.4021	0.2012	0.2967	-

Tabelle 24: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für Sprecher 9

	<i>Happy</i>	<i>bored</i>	<i>Neutral</i>	<i>Angry</i>	<i>Anxious</i>	<i>Sad</i>	<i>Disgusted</i>
Flatness							
happy	-	0.0376	0.0278	0.3135	0.5485	0.0023	0.1416
bored	0.0376	-	0.2288	0.0808	0.1949	0.0508	0.6395
neutral	0.0278	0.2288	-	0.0263	0.0163	0.4634	0.1416
angry	0.3135	0.0808	0.0263	-	0.8531	0.0020	0.2188
anxious	0.5485	0.1949	0.0163	0.8531	-	0.0027	0.3272
sad	0.0023	0.0508	0.4634	0.0020	0.0027	-	0.0338
disgusted	0.1416	0.6395	0.1416	0.2188	0.3272	0.0338	-
Zweithöchster Peak							
happy	-	0.7055	0.4634	0.4497	0.1615	0.6911	0.4624
bored	0.7055	-	0.5169	0.4622	0.2288	0.9498	0.6395
neutral	0.4634	0.5169	-	0.7812	0.7540	0.3861	0.7133
angry	0.4497	0.4622	0.7812	-	0.4047	0.8011	0.6819
anxious	0.1615	0.2288	0.7540	0.4047	-	0.2053	0.3913
sad	0.6911	0.9498	0.3861	0.8011	0.2053	-	0.8065
disgusted	0.4624	0.6395	0.7133	0.6819	0.3913	0.8065	-
Entropie der Autokorrelation							
happy	-	0.0376	0.0278	0.3135	0.5485	0.0023	0.1416
bored	0.0376	-	0.2288	0.0808	0.1949	0.0508	0.6395
neutral	0.0278	0.2288	-	0.0263	0.0163	0.4634	0.1416
angry	0.3135	0.0808	0.0263	-	0.8531	0.0020	0.2188
anxious	0.5485	0.1949	0.0163	0.8531	-	0.0027	0.3272
sad	0.0023	0.0508	0.4634	0.0020	0.0027	-	0.0338
disgusted	0.1416	0.6395	0.1416	0.2188	0.3272	0.0338	-
Entropie der lokalen IOI							
happy	-	0.8501	0.4232	0.7055	0.3173	0.3099	0.8065
bored	0.8501	-	0.4589	0.4763	0.1385	0.1474	0.8148
neutral	0.4232	0.4589	-	0.7812	0.0758	0.5485	0.7133
angry	0.7055	0.4763	0.7812	-	0.0956	0.4497	0.8606
anxious	0.3173	0.1385	0.0758	0.0956	-	0.0388	0.1779
sad	0.3099	0.1474	0.5485	0.4497	0.0388	-	0.4142
disgusted	0.8065	0.8148	0.7133	0.8606	0.1779	0.4142	-
Entropie der globalen IOI							
happy	-	0.2077	0.0532	0.5708	0.6407	0.0576	0.2885
bored	0.2077	-	0.3545	0.3121	0.0786	0.2568	0.9533
neutral	0.0532	0.3545	-	0.0956	0.0758	0.5485	0.2703
angry	0.5708	0.3121	0.0956	-	0.3085	0.0677	0.3488
anxious	0.6407	0.0786	0.0758	0.3085	-	0.0136	0.0864
sad	0.0576	0.2568	0.5485	0.0677	0.0136	-	0.2530
disgusted	0.2885	0.9533	0.2703	0.3488	0.0864	0.2530	-

Tabelle 25: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für Sprecher 10

A.3 Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Sprecherdiskriminierung für die einzelnen Emotionen aus Experiment 2

A.3.1 Emotion: Happy

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.3798	0.0874	0.1432	0.6547	1.0000	0.2046	0.5628	0.1161	0.2664
2	0.3798	-	0.1282	0.1326	0.2416	0.8299	0.3258	0.8590	0.3290	0.1914
3	0.0874	0.1282	-	0.0833	0.0874	0.2482	0.8658	0.4142	0.4386	0.1160
4	0.1432	0.1326	0.0833	-	0.5582	0.4386	0.1326	0.1917	0.0956	0.8137
5	0.6547	0.2416	0.0874	0.5582	-	0.7697	0.2046	0.3545	0.1161	0.6338
6	1.0000	0.8299	0.2482	0.4386	0.7697	-	0.3902	0.4334	0.5050	0.6374
7	0.2046	0.3258	0.8658	0.1326	0.2046	0.3902	-	0.4239	0.9136	0.0724
8	0.5628	0.8590	0.4142	0.1917	0.3545	0.4334	0.4239	-	0.4386	0.1237
9	0.1161	0.3290	0.4386	0.0956	0.1161	0.5050	0.9136	0.4386	-	0.0990
10	0.2664	0.1914	0.1160	0.8137	0.6338	0.6374	0.0724	0.1237	0.0990	-

Tabelle 26: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Berechnung der Flatness der Emotion Happy. Der Kruskal-Wallis Test ergab, dass für die Flatness der Autokorrelation keine signifikanten Unterschiede zwischen den Sprechern existieren

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.0404	0.2100	0.3798	0.0060	0.7697	0.0971	0.0641	0.3173	0.0807
2	0.0404	-	0.7353	0.2827	0.4350	0.8299	0.9397	0.9292	0.6644	0.8065
3	0.2100	0.7353	-	1.0000	0.4250	0.5637	0.8658	0.8383	0.6056	0.9263
4	0.3798	0.2827	1.0000	-	0.0404	1.0000	0.2827	0.2963	1.0000	0.4795
5	0.0060	0.4350	0.4250	0.0404	-	0.7697	0.3291	0.4179	0.1985	0.4914
6	0.7697	0.8299	0.5637	1.0000	0.7697	-	1.0000	1.0000	0.7389	0.8137
7	0.0971	0.9397	0.8658	0.2827	0.3291	1.0000	-	0.7898	0.9136	0.9349
8	0.0641	0.9292	0.8383	0.2963	0.4179	1.0000	0.7898	-	0.6985	0.9233
9	0.3173	0.6644	0.6056	1.0000	0.1985	0.7389	0.9136	0.6985	-	0.6374
10	0.0807	0.8065	0.9263	0.4795	0.4914	0.8137	0.9349	0.9233	0.6374	-

Tabelle 27: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Entropie über die Autokorrelation für die Emotion Happy. Der Kruskal-Wallis Test ergab, dass es signifikante Unterschiede zwischen 3 Sprecherpaaren gibt

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.0510	0.0874	0.3798	0.1102	0.7697	0.2831	0.0372	0.5677	0.1009
2	0.0510	-	0.3105	0.1974	1.0000	0.2827	0.2899	0.9292	0.3855	0.9349
3	0.0874	0.3105	-	0.0833	0.2100	0.2482	0.0630	0.3074	0.4386	0.3092
4	0.3798	0.1974	0.0833	-	0.3798	1.0000	0.6674	0.2963	1.0000	0.2386
5	0.1102	1.0000	0.2100	0.3798	-	0.2416	0.2831	0.4875	0.4751	0.7110
6	0.7697	0.2827	0.2482	1.0000	0.2416	-	0.5192	0.2963	0.5050	0.3458
7	0.2831	0.2899	0.0630	0.6674	0.2831	0.5192	-	0.2135	0.8283	0.1651
8	0.0372	0.9292	0.3074	0.2963	0.4875	0.2963	0.2135	-	0.4386	1.0000
9	0.5677	0.3855	0.4386	1.0000	0.4751	0.5050	0.8283	0.4386	-	0.4795
10	0.1009	0.9349	0.3092	0.2386	0.7110	0.3458	0.1651	1.0000	0.4795	-

Tabelle 28: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für den zweithöchsten Peak für die Emotion Happy. Es gibt laut dem Kruskal-Wallis Test ein signifikant unterschiedliches Sprecherpaar

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.3291	0.5688	0.3798	0.1797	1.0000	0.6963	0.2976	0.8864	0.1858
2	0.3291	-	0.3980	0.2827	0.1184	1.0000	0.3643	0.7223	0.0827	0.5136
3	0.5688	0.3980	-	0.2482	0.1385	0.5637	0.8658	0.5403	0.7963	0.3092
4	0.3798	0.2827	0.2482	-	0.3798	1.0000	0.0857	0.0676	0.0455	0.8137
5	0.1797	0.1184	0.1385	0.3798	-	0.3798	0.0637	0.0279	0.0223	0.7913
6	1.0000	1.0000	0.5637	1.0000	0.3798	-	0.8299	1.0000	0.7389	0.6374
7	0.6963	0.3643	0.8658	0.0857	0.0637	0.8299	-	0.2135	0.5876	0.1416
8	0.2976	0.7223	0.5403	0.0676	0.0279	1.0000	0.2135	-	0.1213	0.5006
9	0.8864	0.0827	0.7963	0.0455	0.0223	0.7389	0.5876	0.1213	-	0.1255
10	0.1858	0.5136	0.3092	0.8137	0.7913	0.6374	0.1416	0.5006	0.1255	-

Tabelle 29: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Entropie der globalen IOI für die Emotion Happy. Der Test ergab, dass signifikante Unterschiede zwischen 3 Sprecherspaaren existieren

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.0247	0.3036	0.0777	0.1098	0.6579	0.3288	0.0150	0.6678	0.1006
2	0.0247	-	0.7353	0.3902	0.6963	1.0000	0.4497	0.5340	0.1289	0.8065
3	0.3036	0.7353	-	1.0000	0.7324	0.5637	0.7353	0.6831	0.3017	0.7815
4	0.0777	0.3902	1.0000	-	0.5582	1.0000	0.6674	0.1917	0.5050	0.4795
5	0.1098	0.6963	0.7324	0.5582	-	1.0000	0.2831	0.4179	0.1531	0.5604
6	0.6579	1.0000	0.5637	1.0000	1.0000	-	0.6674	0.7940	0.7389	0.8137
7	0.3288	0.4497	0.7353	0.6674	0.2831	0.6674	-	0.5940	0.5876	0.6242
8	0.0150	0.5340	0.6831	0.1917	0.4179	0.7940	0.5940	-	0.1213	0.7728
9	0.6678	0.1289	0.3017	0.5050	0.1531	0.7389	0.5876	0.1213	-	0.2888
10	0.1006	0.8065	0.7815	0.4795	0.5604	0.8137	0.6242	0.7728	0.2888	-

Tabelle 30: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Entropie der lokalen IOI für die Emotion Happy. Es existieren signifikante Unterschiede zwischen 2 Sprecherpaaren

A.3.2 Emotion: Angry

<i>Spre-</i> <i>cher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.0236	0.2251	0.9068	0.3244	1.0000	0.0896	0.2617	0.4969	0.8904
2	0.0236	-	0.3014	0.0865	0.0081	0.0735	0.0015	0.1042	0.3014	0.0803
3	0.2251	0.3014	-	0.4568	0.0772	0.3551	0.0123	0.8953	0.7389	0.2251
4	0.9068	0.0865	0.4568	-	0.5262	0.9474	0.2914	0.4292	0.4568	0.9533
5	0.3244	0.0081	0.0772	0.5262	-	0.3889	0.7583	0.0841	0.1111	0.3811
6	1.0000	0.0735	0.3551	0.9474	0.3889	-	0.2727	0.4300	0.4146	0.9181
7	0.0896	0.0015	0.0123	0.2914	0.7583	0.2727	-	0.0062	0.0193	0.0803
8	0.2617	0.1042	0.8953	0.4292	0.0841	0.4300	0.0062	-	1.0000	0.3184
9	0.4969	0.3014	0.7389	0.4568	0.1111	0.4146	0.0193	1.0000	-	0.5604
10	0.8904	0.0803	0.2251	0.9533	0.3811	0.9181	0.0803	0.3184	0.5604	-

Tabelle 31: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Flatness der Emotion Angry. Es existieren signifikante Unterschiede zwischen 6 Sprecherpaaren

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.3545	0.4375	0.7253	0.7843	0.7188	0.5037	0.5060	0.3082	0.6459
2	0.3545	-	0.8704	0.4288	0.3889	0.3556	0.2482	0.6096	0.9566	0.5715
3	0.4375	0.8704	-	0.4568	0.5052	0.5496	0.3275	0.7925	0.9387	0.6275
4	0.7253	0.4288	0.4568	-	0.9439	0.8432	0.5978	0.6733	0.4568	0.9533
5	0.7843	0.3889	0.5052	0.9439	-	0.9509	0.6666	0.5873	0.3692	0.8695
6	0.7188	0.3556	0.5496	0.8432	0.9509	-	0.4189	0.6761	0.3551	0.9590
7	0.5037	0.2482	0.3275	0.5978	0.6666	0.4189	-	0.4862	0.2314	0.4105
8	0.5060	0.6096	0.7925	0.6733	0.5873	0.6761	0.4862	-	0.5987	0.7395
9	0.3082	0.9566	0.9387	0.4568	0.3692	0.3551	0.2314	0.5987	-	0.4667
10	0.6459	0.5715	0.6275	0.9533	0.8695	0.9590	0.4105	0.7395	0.4667	-

Tabelle 32: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Berechnung der Entropie über die Autokorrelation für die Emotion Angry. Es gibt keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Sprechern

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.0449	0.7709	0.8148	0.4434	0.0641	0.7970	0.6776	0.3824	0.8183
2	0.0449	-	0.2109	0.0993	0.0046	0.6861	0.0282	0.1145	0.6245	0.1649
3	0.7709	0.2109	-	0.5767	0.2586	0.0727	0.5139	0.8608	0.5554	1.0000
4	0.8148	0.0993	0.5767	-	0.2599	0.0993	0.6444	0.7122	0.4568	0.8148
5	0.4434	0.0046	0.2586	0.2599	-	0.0097	0.5796	0.8435	0.1396	0.4115
6	0.0641	0.6861	0.0727	0.0993	0.0097	-	0.0377	0.2652	0.4464	0.1649
7	0.7970	0.0282	0.5139	0.6444	0.5796	0.0377	-	1.0000	0.3841	0.7188
8	0.6776	0.1145	0.8608	0.7122	0.8435	0.2652	1.0000	-	0.5107	0.6776
9	0.3824	0.6245	0.5554	0.4568	0.1396	0.4464	0.3841	0.5107	-	0.6623
10	0.8183	0.1649	1.0000	0.8148	0.4115	0.1649	0.7188	0.6776	0.6623	-

Tabelle 33: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Berechnung des zweithöchsten Peaks für die Emotion Angry. Signifikante Unterschiede existieren zwischen 5 Sprecherpaaren

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.3545	0.6979	0.9533	0.3811	1.0000	0.5037	0.4798	1.0000	0.9268
2	0.3545	-	0.4795	0.3226	0.0848	0.2253	0.1060	0.7806	0.3275	0.3819
3	0.6979	0.4795	-	0.9013	0.3391	0.7442	0.4146	0.7257	0.7389	0.8083
4	0.9533	0.3226	0.9013	-	0.5732	0.9474	0.4683	0.5271	1.0000	0.8606
5	0.3811	0.0848	0.3391	0.5732	-	0.4237	0.9020	0.2363	0.2838	0.3520
6	1.0000	0.2253	0.7442	0.9474	0.4237	-	0.4884	0.4862	1.0000	0.8774
7	0.5037	0.1060	0.4146	0.4683	0.9020	0.4884	-	0.1936	0.5139	0.4715
8	0.4798	0.7806	0.7257	0.5271	0.2363	0.4862	0.1936	-	0.6610	0.4798
9	1.0000	0.3275	0.7389	1.0000	0.2838	1.0000	0.5139	0.6610	-	0.9613
10	0.9268	0.3819	0.8083	0.8606	0.3520	0.8774	0.4715	0.4798	0.9613	-

Tabelle 34: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Berechnung der Entropie der globalen IOI für die Emotion Angry. Es gibt keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Sprechern

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.3036	0.2857	0.5982	0.4767	0.6434	0.4404	0.7083	0.4375	0.6294
2	0.3036	-	0.8066	0.1872	0.2813	1.0000	0.2482	0.6761	0.9134	0.2801
3	0.2857	0.8066	-	0.1366	0.1474	0.8278	0.1027	0.3132	0.8777	0.1594
4	0.5982	0.1872	0.1366	-	0.7248	0.2914	0.8432	0.4932	0.2917	0.7253
5	0.4767	0.2813	0.1474	0.7248	-	0.1660	0.9509	0.4897	0.2838	0.9345
6	0.6434	1.0000	0.8278	0.2914	0.1660	-	0.1333	0.5617	0.7236	0.3545
7	0.4404	0.2482	0.1027	0.8432	0.9509	0.1333	-	0.5308	0.2109	0.8571
8	0.7083	0.6761	0.3132	0.4932	0.4897	0.5617	0.5308	-	0.5393	0.6776
9	0.4375	0.9134	0.8777	0.2917	0.2838	0.7236	0.2109	0.5393	-	0.3082
10	0.6294	0.2801	0.1594	0.7253	0.9345	0.3545	0.8571	0.6776	0.3082	-

Tabelle 35: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Berechnung der Entropie der lokalen IOI für die Emotion Angry. Es existieren keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Sprechern

A.3.3 Emotion: Neutral

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.7782	0.9093	0.8961	0.6797	0.6953	0.7903	0.9639	0.9738	0.6102
2	0.7782	-	0.6831	0.7773	0.4772	0.4795	0.8703	0.6963	0.6727	0.7133
3	0.9093	0.6831	-	0.8774	0.7728	0.8774	0.9648	0.9578	0.9093	0.7389
4	0.8961	0.7773	0.8774	-	0.8651	0.7728	0.8774	1.0000	1.0000	0.8065
5	0.6797	0.4772	0.7728	0.8651	-	1.0000	0.5637	0.7285	0.4574	0.7697
6	0.6953	0.4795	0.8774	0.7728	1.0000	-	0.6434	0.4497	0.6015	0.6242
7	0.7903	0.8703	0.9648	0.8774	0.5637	0.6434	-	0.7913	0.9697	0.4634
8	0.9639	0.6963	0.9578	1.0000	0.7285	0.4497	0.7913	-	0.6836	0.9353
9	0.9738	0.6727	0.9093	1.0000	0.4574	0.6015	0.9697	0.6836	-	0.5332
10	0.6102	0.7133	0.7389	0.8065	0.7697	0.6242	0.4634	0.9353	0.5332	-

Tabelle 36: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Berechnung der Entropie über die Autokorrelation für die Emotion Neutral. Es gibt keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Sprechern

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	1.0000	0.1385	0.6015	0.2477	0.0367	0.6761	0.9639	0.5767	0.8651
2	1.0000	-	0.4624	1.0000	0.2481	0.3222	0.5676	0.7697	0.7782	0.5403
3	0.1385	0.4624	-	0.2170	1.0000	0.3545	0.3099	0.2664	0.1599	0.7389
4	0.6015	1.0000	0.2170	-	0.3958	0.1489	0.4404	0.7055	1.0000	0.3272
5	0.2477	0.2481	1.0000	0.3958	-	0.6104	0.5637	0.2472	0.1372	0.5582
6	0.0367	0.3222	0.3545	0.1489	0.6104	-	0.1228	0.0376	0.0502	0.3272
7	0.6761	0.5676	0.3099	0.4404	0.5637	0.1228	-	0.9578	0.4250	0.8415
8	0.9639	0.7697	0.2664	0.7055	0.2472	0.0376	0.9578	-	0.6836	0.4649
9	0.5767	0.7782	0.1599	1.0000	0.1372	0.0502	0.4250	0.6836	-	0.5332
10	0.8651	0.5403	0.7389	0.3272	0.5582	0.3272	0.8415	0.4649	0.5332	-

Tabelle 37: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Berechnung des zweithöchsten Peaks für die Emotion Neutral. Es gibt signifikante Unterschiede zwischen 2 Sprecherpaaren

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.8880	0.7903	0.1172	0.3218	0.6015	0.2100	0.7513	0.6695	0.0791
2	0.8880	-	0.4624	0.2579	0.2863	0.8875	0.1416	1.0000	0.9439	0.1779
3	0.7903	0.4624	-	0.0641	0.7728	0.8774	0.3538	0.3683	0.5184	0.0956
4	0.1172	0.2579	0.0641	-	0.0617	0.0833	0.0136	0.1859	0.3608	1.0000
5	0.3218	0.2863	0.7728	0.0617	-	0.2345	0.8474	0.5628	0.3637	0.0404
6	0.6015	0.8875	0.8774	0.0833	0.2345	-	0.2801	0.7055	0.8961	0.0500
7	0.2100	0.1416	0.3538	0.0136	0.8474	0.2801	-	0.1248	0.2100	0.0136
8	0.7513	1.0000	0.3683	0.1859	0.5628	0.7055	0.1248	-	0.8209	0.1675
9	0.6695	0.9439	0.5184	0.3608	0.3637	0.8961	0.2100	0.8209	-	0.4615
10	0.0791	0.1779	0.0956	1.0000	0.0404	0.0500	0.0136	0.1675	0.4615	-

Tabelle 38: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Flatnesses für die Emotion Neutral. 3 Sprecherpaare weisen signifikante Unterschiede auf

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.9439	0.4704	0.2963	0.2477	0.8961	0.4250	0.6836	0.8696	0.1926
2	0.9439	-	0.4624	0.2579	0.2863	0.8875	0.4142	0.9223	0.9439	0.2703
3	0.4704	0.4624	-	0.1228	0.6304	0.4404	0.9648	0.4914	0.4704	0.1615
4	0.2963	0.2579	0.1228	-	0.1264	0.3865	0.1649	0.3447	0.3608	1.0000
5	0.2477	0.2863	0.6304	0.1264	-	0.3958	0.6304	0.1649	0.2477	0.0570
6	0.8961	0.8875	0.4404	0.3865	0.3958	-	0.7576	0.8501	0.8961	0.2207
7	0.4250	0.4142	0.9648	0.1649	0.6304	0.7576	-	0.3146	0.4250	0.0956
8	0.6836	0.9223	0.4914	0.3447	0.1649	0.8501	0.3146	-	0.8209	0.2232
9	0.8696	0.9439	0.4704	0.3608	0.2477	0.8961	0.4250	0.8209	-	0.3356
10	0.1926	0.2703	0.1615	1.0000	0.0570	0.2207	0.0956	0.2232	0.3356	-

Tabelle 39: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Berechnung der Entropie der globalen IOI für die Emotion Neutral. Es gibt keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Sprechern.

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.4813	0.9697	0.5139	0.7412	0.7940	0.9697	0.5561	0.7676	0.3356
2	0.4813	-	0.4142	0.6714	0.4772	1.0000	0.6831	0.6963	0.6470	0.7133
3	0.9697	0.4142	-	0.3545	0.9233	0.6434	1.0000	0.7913	0.7324	0.2571
4	0.5139	0.6714	0.3545	-	0.4969	1.0000	0.3545	0.5708	0.5139	1.0000
5	0.7412	0.4772	0.9233	0.4969	-	0.8651	1.0000	0.8170	0.6203	0.3798
6	0.7940	1.0000	0.6434	1.0000	0.8651	-	0.5886	0.7055	0.7940	0.8065
7	0.9697	0.6831	1.0000	0.3545	1.0000	0.5886	-	0.8738	0.8196	0.2571
8	0.5561	0.6963	0.7913	0.5708	0.8170	0.7055	0.8738	-	0.9639	0.4649
9	0.7676	0.6470	0.7324	0.5139	0.6203	0.7940	0.8196	0.9639	-	0.4615
10	0.3356	0.7133	0.2571	1.0000	0.3798	0.8065	0.2571	0.4649	0.4615	-

Tabelle 40: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Berechnung der Entropie der lokalen IOI für die Emotion Neutral. Es existieren keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Sprechern

A.3.4 Emotion: Bored

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.9025	0.6242	0.3055	0.4649	0.1172	0.6242	0.9353	0.4634	0.8531
2	0.9025	-	0.7773	0.3284	0.3798	0.0864	0.6501	0.6256	0.3272	0.8148
3	0.6242	0.7773	-	0.2345	0.5708	0.3272	0.2579	0.7055	0.3545	0.6710
4	0.3055	0.3284	0.2345	-	0.5628	0.6605	0.7223	0.2472	0.7003	0.3059
5	0.4649	0.3798	0.5708	0.5628	-	0.4649	0.8453	0.3379	0.8738	0.4556
6	0.1172	0.0864	0.3272	0.6605	0.4649	-	0.3272	0.1229	0.2053	0.1155
7	0.6242	0.6501	0.2579	0.7223	0.8453	0.3272	-	0.4350	0.8065	0.5195
8	0.9353	0.6256	0.7055	0.2472	0.3379	0.1229	0.4350	-	0.2235	0.7654
9	0.4634	0.3272	0.3545	0.7003	0.8738	0.2053	0.8065	0.2235	-	0.4497
10	0.8531	0.8148	0.6710	0.3059	0.4556	0.1155	0.5195	0.7654	0.4497	-

Tabelle 41: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Flatness der Emotion Bored. Der Kruskal-Wallis Test ergab, dass keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Sprechern existieren

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.9025	0.8065	0.7697	0.9353	0.7540	0.7133	0.6847	0.7389	0.8531
2	0.9025	-	0.3961	0.9292	0.9223	0.5403	1.0000	0.6256	1.0000	0.8606
3	0.8065	0.3961	-	0.7341	0.3447	0.4624	0.5716	0.8501	0.7576	0.5240
4	0.7697	0.9292	0.7341	-	0.8170	0.3798	0.8590	0.5628	0.8474	0.7329
5	0.9353	0.9223	0.3447	0.8170	-	0.5698	0.8453	0.4822	0.7913	0.9405
6	0.7540	0.5403	0.4624	0.3798	0.5698	-	0.4624	0.2912	0.3861	0.7111
7	0.7133	1.0000	0.5716	0.8590	0.8453	0.4624	-	0.5582	1.0000	0.8148
8	0.6847	0.6256	0.8501	0.5628	0.4822	0.2912	0.5582	-	0.7913	0.5019
9	0.7389	1.0000	0.7576	0.8474	0.7913	0.3861	1.0000	0.7913	-	0.8501
10	0.8531	0.8606	0.5240	0.7329	0.9405	0.7111	0.8148	0.5019	0.8501	-

Tabelle 42: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Entropie der Autokorrelation für die Emotion Bored. Es gibt keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Sprechern

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.4624	0.2207	0.5582	0.5698	0.4647	0.6242	0.4649	0.4634	0.8531
2	0.4624	-	0.2031	0.8590	0.7697	0.0143	0.8798	0.5582	0.6242	0.6819
3	0.2207	0.2031	-	0.6104	0.4497	0.2207	0.3961	0.8501	0.4404	0.3956
4	0.5582	0.8590	0.6104	-	0.8170	0.3798	0.8590	0.5628	0.9233	0.7848
5	0.5698	0.7697	0.4497	0.8170	-	0.0424	0.8453	0.4062	0.7913	0.8814
6	0.4647	0.0143	0.2207	0.3798	0.0424	-	0.0864	0.0284	0.1252	0.2666
7	0.6242	0.8798	0.3961	0.8590	0.8453	0.0864	-	0.6256	0.8703	0.8148
8	0.4649	0.5582	0.8501	0.5628	0.4062	0.0284	0.6256	-	0.3683	0.5019
9	0.4634	0.6242	0.4404	0.9233	0.7913	0.1252	0.8703	0.3683	-	0.9498
10	0.8531	0.6819	0.3956	0.7848	0.8814	0.2666	0.8148	0.5019	0.9498	-

Tabelle 43: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Berechnung des zweithöchsten Peaks für die Emotion Bored. Es existieren signifikante Unterschiede zwischen 3 Sprecherpaaren

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.7133	0.4624	0.2416	0.5698	0.6015	1.0000	0.6847	0.3861	1.0000
2	0.7133	-	0.4795	0.5340	0.5582	0.4624	0.8798	0.9223	0.5676	0.9533
3	0.4624	0.4795	-	0.2345	0.4497	0.3272	0.5716	0.5708	0.5371	0.5954
4	0.2416	0.5340	0.2345	-	0.8170	0.8836	0.5940	0.4179	0.8474	0.3393
5	0.5698	0.5582	0.4497	0.8170	-	0.5698	1.0000	0.8480	0.9578	0.6544
6	0.6015	0.4624	0.3272	0.8836	0.5698	-	0.3272	0.3718	0.7389	0.4047
7	1.0000	0.8798	0.5716	0.5940	1.0000	0.3272	-	0.9223	0.6831	0.8148
8	0.6847	0.9223	0.5708	0.4179	0.8480	0.3718	0.9223	-	0.6338	0.9405
9	0.3861	0.5676	0.5371	0.8474	0.9578	0.7389	0.6831	0.6338	-	0.5287
10	1.0000	0.9533	0.5954	0.3393	0.6544	0.4047	0.8148	0.9405	0.5287	-

Tabelle 44: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Entropie der globalen IOI für die Emotion Bored. Es existieren keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Sprechern

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	1.0000	0.4624	1.0000	0.8075	0.9168	0.3913	0.8075	0.8415	0.4047
2	1.0000	-	0.3961	0.8590	0.7325	1.0000	0.5453	0.8453	0.5136	0.8606
3	0.4624	0.3961	-	0.3958	0.7055	0.4624	0.6714	0.5708	0.2801	0.5240
4	1.0000	0.8590	0.3958	-	0.4875	0.7697	0.2863	0.5628	0.8474	0.5851
5	0.8075	0.7325	0.7055	0.4875	-	0.9353	0.5582	0.7494	0.4914	0.8814
6	0.9168	1.0000	0.4624	0.7697	0.9353	-	0.9511	0.9353	0.7389	1.0000
7	0.3913	0.5453	0.6714	0.2863	0.5582	0.9511	-	0.6256	0.2530	0.5195
8	0.8075	0.8453	0.5708	0.5628	0.7494	0.9353	0.6256	-	0.4914	0.9405
9	0.8415	0.5136	0.2801	0.8474	0.4914	0.7389	0.2530	0.4914	-	0.2842
10	0.4047	0.8606	0.5240	0.5851	0.8814	1.0000	0.5195	0.9405	0.2842	-

Tabelle 45: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Entropie der lokalen IOI für die Emotion Bored. Auch hier existieren keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Sprechern

A.3.5 Emotion: Sad

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.6434	0.0641	0.0641	0.0890	0.1573	0.1416	0.4795	0.1573	0.3545
2	0.6434	-	0.0990	0.1573	0.3146	0.3841	0.1615	0.9349	0.2294	0.6911
3	0.0641	0.0990	-	1.0000	0.3798	1.0000	0.2453	0.1974	0.5637	0.1573
4	0.0641	0.1573	1.0000	-	0.3798	1.0000	0.2453	0.1974	0.5637	0.1573
5	0.0890	0.3146	0.3798	0.3798	-	0.8273	0.8075	0.4350	0.4250	0.3683
6	0.1573	0.3841	1.0000	1.0000	0.8273	-	0.7697	0.5271	0.6547	0.6015
7	0.1416	0.1615	0.2453	0.2453	0.8075	0.7697	-	0.2207	0.8815	0.3173
8	0.4795	0.9349	0.1974	0.1974	0.4350	0.5271	0.2207	-	0.1763	0.8065
9	0.1573	0.2294	0.5637	0.5637	0.4250	0.6547	0.8815	0.1763	-	0.3092
10	0.3545	0.6911	0.1573	0.1573	0.3683	0.6015	0.3173	0.8065	0.3092	-

Tabelle 46: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Entropie der lokalen IOI für die Emotion Sad. Es gibt keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Sprechern

<i>Spre-</i> <i>cher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.8774	0.6434	0.3545	0.5708	1.0000	0.6242	0.8875	0.4795	1.0000
2	0.8774	-	0.6374	0.4795	0.4273	0.3841	0.5485	0.7440	0.6439	0.3538
3	0.6434	0.6374	-	0.4386	1.0000	1.0000	0.6985	0.8299	0.5637	0.4795
4	0.3545	0.4795	0.4386	-	0.7697	1.0000	0.6985	0.6674	0.5637	0.2386
5	0.5708	0.4273	1.0000	0.7697	-	0.8273	0.8075	0.6963	0.7324	0.1009
6	1.0000	0.3841	1.0000	1.0000	0.8273	-	0.7697	0.7518	0.6547	0.2230
7	0.6242	0.5485	0.6985	0.6985	0.8075	0.7697	-	0.6242	0.8815	0.3173
8	0.8875	0.7440	0.8299	0.6674	0.6963	0.7518	0.6242	-	0.6121	0.3272
9	0.4795	0.6439	0.5637	0.5637	0.7324	0.6547	0.8815	0.6121	-	0.2294
10	1.0000	0.3538	0.4795	0.2386	0.1009	0.2230	0.3173	0.3272	0.2294	-

Tabelle 47: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Entropie der globalen IOI für die Emotion Sad. Auch hier existieren keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Sprechern

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.0206	1.0000	0.3545	0.2568	0.4795	0.3272	0.3222	0.7237	0.4404
2	0.0206	-	0.0593	0.1573	0.0390	0.2230	0.0196	0.0043	0.0208	0.0092
3	1.0000	0.0593	-	0.4386	0.2416	0.2207	0.4386	0.3902	1.0000	0.4795
4	0.3545	0.1573	0.4386	-	0.7697	1.0000	1.0000	1.0000	0.5637	0.6374
5	0.2568	0.0390	0.2416	0.7697	-	0.8273	0.9353	0.5582	0.3051	0.7110
6	0.4795	0.2230	0.2207	1.0000	0.8273	-	0.7697	0.7518	0.1797	0.8618
7	0.3272	0.0196	0.4386	1.0000	0.9353	0.7697	-	0.7133	0.4561	0.8415
8	0.3222	0.0043	0.3902	1.0000	0.5582	0.7518	0.7133	-	0.1763	1.0000
9	0.7237	0.0208	1.0000	0.5637	0.3051	0.1797	0.4561	0.1763	-	0.4054
10	0.4404	0.0092	0.4795	0.6374	0.7110	0.8618	0.8415	1.0000	0.4054	-

Tabelle 48: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für den zweithöchsten Peak bei der Emotion Sad. Es existieren signifikante Unterschiede zwischen 6 Sprecherpaaren

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.6434	0.6434	0.6434	0.7055	0.4795	0.3272	0.5716	1.0000	0.7576
2	0.6434	-	0.6374	0.4795	0.4914	0.6015	0.1615	0.4142	0.7815	0.7573
3	0.6434	0.6374	-	0.4386	0.7697	1.0000	1.0000	1.0000	0.5637	0.6374
4	0.6434	0.4795	0.4386	-	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.6374
5	0.7055	0.4914	0.7697	1.0000	-	0.5127	0.4649	0.6963	0.5688	0.7913
6	0.4795	0.6015	1.0000	1.0000	0.5127	-	0.7697	0.3428	0.6547	0.6015
7	0.3272	0.1615	1.0000	1.0000	0.4649	0.7697	-	0.3272	0.6547	0.2053
8	0.5716	0.4142	1.0000	1.0000	0.6963	0.3428	0.3272	-	0.6121	0.6831
9	1.0000	0.7815	0.5637	1.0000	0.5688	0.6547	0.6547	0.6121	-	0.9263
10	0.7576	0.7573	0.6374	0.6374	0.7913	0.6015	0.2053	0.6831	0.9263	-

Tabelle 49: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Entropie über die Autokorrelation für die Emotion Sad. Es gibt keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Sprechern

<i>Spre-</i> <i>cher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.4404	1.0000	0.6434	0.8501	0.4795	0.6242	0.7773	0.7237	0.2801
2	0.4404	-	0.1573	0.0593	0.1248	0.1172	0.0532	0.1208	0.5175	0.4529
3	1.0000	0.1573	-	0.4386	0.5582	0.2207	0.4386	0.6674	0.5637	0.0990
4	0.6434	0.0593	0.4386	-	0.0790	1.0000	0.4386	0.5192	0.0833	0.0339
5	0.8501	0.1248	0.5582	0.0790	-	0.1266	0.3718	0.5582	0.9093	0.0390
6	0.4795	0.1172	0.2207	1.0000	0.1266	-	0.3798	0.7518	0.1797	0.1172
7	0.6242	0.0532	0.4386	0.4386	0.3718	0.3798	-	1.0000	0.2967	0.0388
8	0.7773	0.1208	0.6674	0.5192	0.5582	0.7518	1.0000	-	0.4990	0.1025
9	0.7237	0.5175	0.5637	0.0833	0.9093	0.1797	0.2967	0.4990	-	0.2294
10	0.2801	0.4529	0.0990	0.0339	0.0390	0.1172	0.0388	0.1025	0.2294	-

Tabelle 50: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Flatnessberechnung für die Emotion Sad. Es existieren signifikante Unterschiede zwischen 3 Sprecherpaaren

A.3.6 Emotion: Anxious

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.7237	0.6547	0.6547	0.4054	0.2752	0.4250	0.7728	0.4386	0.2967
2	0.7237	-	0.4795	0.4624	0.2801	0.7237	0.8501	0.6276	0.6698	0.4624
3	0.6547	0.4795	-	0.1432	0.2230	0.6547	0.8273	0.2850	0.6171	0.7697
4	0.6547	0.4624	0.1432	-	0.5485	0.4561	0.2912	0.6733	0.2733	0.1172
5	0.4054	0.2801	0.2230	0.5485	-	0.2294	0.2235	0.4344	0.1255	0.0719
6	0.2752	0.7237	0.6547	0.4561	0.2294	-	0.9093	0.4705	0.7963	0.8815
7	0.4250	0.8501	0.8273	0.2912	0.2235	0.9093	-	0.3105	0.8864	0.8075
8	0.7728	0.6276	0.2850	0.6733	0.4344	0.4705	0.3105	-	0.3029	0.1706
9	0.4386	0.6698	0.6171	0.2733	0.1255	0.7963	0.8864	0.3029	-	0.7150
10	0.2967	0.4624	0.7697	0.1172	0.0719	0.8815	0.8075	0.1706	0.7150	-

Tabelle 51: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Flatnessberechnung der Emotion Anxious. Es existieren keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Sprechern

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	1.0000	0.6547	0.8815	0.7815	0.8273	0.9093	0.8852	0.7963	0.4561
2	1.0000	-	1.0000	0.6242	0.7576	0.7237	0.7055	0.8084	0.8312	0.3272
3	0.6547	1.0000	-	0.3798	0.6015	0.6547	0.8273	0.5930	1.0000	0.1432
4	0.8815	0.6242	0.3798	-	0.7389	0.4561	0.5698	0.8330	0.4652	0.4647
5	0.7815	0.7576	0.6015	0.7389	-	0.4054	0.4273	0.4773	0.3458	0.3861
6	0.8273	0.7237	0.6547	0.4561	0.4054	-	0.9093	0.7728	1.0000	0.1011
7	0.9093	0.7055	0.8273	0.5698	0.4273	0.9093	-	0.6726	1.0000	0.0882
8	0.8852	0.8084	0.5930	0.8330	0.4773	0.7728	0.6726	-	0.7079	0.1138
9	0.7963	0.8312	1.0000	0.4652	0.3458	1.0000	1.0000	0.7079	-	0.2733
10	0.4561	0.3272	0.1432	0.4647	0.3861	0.1011	0.0882	0.1138	0.2733	-

Tabelle 52: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Entropie der Autokorrelation für die Emotion Anxious. Auch für die Entropie der Autokorrelation gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Sprechern

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.2888	0.6547	0.4561	0.3092	0.5127	0.5688	0.5637	0.7963	0.8815
2	0.2888	-	0.4795	0.4624	0.8774	0.7237	0.7055	0.8084	0.3938	0.3272
3	0.6547	0.4795	-	0.7697	0.8618	0.1797	0.8273	1.0000	0.6171	0.7697
4	0.4561	0.4624	0.7697	-	0.4634	0.1797	0.4649	0.3428	0.1441	0.1172
5	0.3092	0.8774	0.8618	0.4634	-	0.9263	0.8738	0.9433	0.4094	0.2571
6	0.5127	0.7237	0.1797	0.1797	0.9263	-	0.7324	0.4705	0.6056	0.6547
7	0.5688	0.7055	0.8273	0.4649	0.8738	0.7324	-	0.9326	0.6682	0.4649
8	0.5637	0.8084	1.0000	0.3428	0.9433	0.4705	0.9326	-	0.5741	0.5982
9	0.7963	0.3938	0.6171	0.1441	0.4094	0.6056	0.6682	0.5741	-	0.8551
10	0.8815	0.3272	0.7697	0.1172	0.2571	0.6547	0.4649	0.5982	0.8551	-

Tabelle 53: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Höhe des zweithöchsten Peaks für die Emotion Anxious. Für die Höhe des zweithöchsten Peaks existieren keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Sprechern

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.7237	0.6547	0.2967	0.5175	0.8273	0.7324	0.8852	0.7963	0.2967
2	0.7237	-	1.0000	0.3893	0.4404	0.7237	1.0000	0.7160	0.8312	0.4624
3	0.6547	1.0000	-	0.3798	0.3841	0.6547	0.8273	1.0000	1.0000	0.3798
4	0.2967	0.3893	0.3798	-	0.8415	0.8815	0.4649	0.5982	0.4652	0.0758
5	0.5175	0.4404	0.3841	0.8415	-	0.7815	0.5604	0.6189	0.4795	0.0278
6	0.8273	0.7237	0.6547	0.8815	0.7815	-	0.9093	1.0000	0.6056	0.2967
7	0.7324	1.0000	0.8273	0.4649	0.5604	0.9093	-	0.8658	1.0000	0.4649
8	0.8852	0.7160	1.0000	0.5982	0.6189	1.0000	0.8658	-	0.8514	0.2463
9	0.7963	0.8312	1.0000	0.4652	0.4795	0.6056	1.0000	0.8514	-	0.3613
10	0.2967	0.4624	0.3798	0.0758	0.0278	0.2967	0.4649	0.2463	0.3613	-

Tabelle 54: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Entropie der globalen IOI für die Emotion Anxious. Ein Sprecherpaar weist signifikante Unterschiede auf

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.7237	0.6547	0.6547	0.9263	0.8273	0.5688	0.5637	0.7963	0.1797
2	0.7237	-	1.0000	1.0000	0.3545	0.7237	0.8501	0.8084	0.3938	0.3272
3	0.6547	1.0000	-	0.7697	0.8618	0.6547	0.8273	1.0000	0.6171	0.7697
4	0.6547	1.0000	0.7697	-	0.3861	0.6547	0.6847	0.9161	0.7150	0.6015
5	0.9263	0.3545	0.8618	0.3861	-	0.6439	0.7913	0.4344	0.7237	0.1252
6	0.8273	0.7237	0.6547	0.6547	0.6439	-	0.7324	0.7728	1.0000	0.2967
7	0.5688	0.8501	0.8273	0.6847	0.7913	0.7324	-	0.9326	0.7751	0.2912
8	0.5637	0.8084	1.0000	0.9161	0.4344	0.7728	0.9326	-	0.7787	0.3428
9	0.7963	0.3938	0.6171	0.7150	0.7237	1.0000	0.7751	0.7787	-	0.2012
10	0.1797	0.3272	0.7697	0.6015	0.1252	0.2967	0.2912	0.3428	0.2012	-

Tabelle 55: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Berechnung der Entropie der lokalen IOI für die Emotion Anxious. Auch für die Entropie der lokalen IOI existieren keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Sprechern

A.3.7 Emotion: Disgusted

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	0.1266	0.5127	0.5127	0.4822	0.3914	0.5698	0.8453
4	-	-	0.1266	-	0.3173	0.3173	0.2752	0.1336	0.1432	0.2059
5	-	-	0.5127	0.3173	-	0.3173	0.5127	0.1336	0.1432	0.7518
6	-	-	0.5127	0.3173	0.3173	-	0.8273	0.6171	0.7697	1.0000
7	-	-	0.4822	0.2752	0.5127	0.8273	-	0.2531	0.9353	0.8453
8	-	-	0.3914	0.1336	0.1336	0.6171	0.2531	-	0.5839	0.4477
9	-	-	0.5698	0.1432	0.1432	0.7697	0.9353	0.5839	-	0.7133
10	-	-	0.8453	0.2059	0.7518	1.0000	0.8453	0.4477	0.7133	-

Tabelle 56: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Test mit einer Signifikanz von 5% der Flatness für die Emotion Disgusted. Für die Flatness gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Sprechern

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	0.5127	0.5127	0.1266	0.6547	0.5677	0.2912	0.7697
4	-	-	0.5127	-	0.3173	0.3173	0.2752	0.1336	0.1432	0.3428
5	-	-	0.5127	0.3173	-	0.3173	0.5127	0.6171	0.7697	0.7518
6	-	-	0.1266	0.3173	0.3173	-	0.1266	0.1336	0.1432	0.1138
7	-	-	0.6547	0.2752	0.5127	0.1266	-	0.7751	0.6847	0.8453
8	-	-	0.5677	0.1336	0.6171	0.1336	0.7751	-	0.4652	1.0000
9	-	-	0.2912	0.1432	0.7697	0.1432	0.6847	0.4652	-	0.5403
10	-	-	0.7697	0.3428	0.7518	0.1138	0.8453	1.0000	0.5403	-

Tabelle 57: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Entropie der Autokorrelation für die Emotion Disgusted. Auch für die Entropie der Autokorrelation gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Sprechern

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	0.8273	0.1266	0.1266	0.2774	0.7751	0.2912	0.1719
4	-	-	0.8273	-	0.3173	0.3173	0.5127	1.0000	0.3798	0.3428
5	-	-	0.1266	0.3173	-	0.3173	0.8273	0.3173	0.3798	0.5271
6	-	-	0.1266	0.3173	0.3173	-	0.1266	0.1336	0.1432	0.1138
7	-	-	0.2774	0.5127	0.8273	0.1266	-	0.6682	0.8075	0.9223
8	-	-	0.7751	1.0000	0.3173	0.1336	0.6682	-	0.7150	0.5876
9	-	-	0.2912	0.3798	0.3798	0.1432	0.8075	0.7150	-	0.7133
10	-	-	0.1719	0.3428	0.5271	0.1138	0.9223	0.5876	0.7133	-

Tabelle 58: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für den zweithöchsten Peak für die Emotion Disgusted. Für die Höhe des zweithöchsten Peaks ergeben sich auch keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Sprechern

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	0.2752	0.2752	0.8273	0.4822	0.8864	0.4649	0.8453
4	-	-	0.2752	-	0.3173	0.3173	0.5127	0.1336	0.1432	0.3428
5	-	-	0.2752	0.3173	-	0.3173	0.2752	0.1336	0.1432	0.3428
6	-	-	0.8273	0.3173	0.3173	-	0.8273	0.6171	0.7697	1.0000
7	-	-	0.4822	0.5127	0.2752	0.8273	-	0.5677	0.9353	0.6963
8	-	-	0.8864	0.1336	0.1336	0.6171	0.5677	-	0.3613	0.5876
9	-	-	0.4649	0.1432	0.1432	0.7697	0.9353	0.3613	-	0.7133
10	-	-	0.8453	0.3428	0.3428	1.0000	0.6963	0.5876	0.7133	-

Tabelle 59: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Entropie der globalen IOI für die Emotion Disgusted. Für die Entropie der globalen IOI gibt es ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Sprechern

<i>Sprecher</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	0.5127	0.5127	0.1266	0.2248	0.7751	0.8075	0.6256
4	-	-	0.5127	-	0.3173	0.3173	0.8273	0.6171	0.7697	1.0000
5	-	-	0.5127	0.3173	-	0.3173	0.8273	0.6171	0.7697	0.7518
6	-	-	0.1266	0.3173	0.3173	-	0.1266	0.1336	0.1432	0.1138
7	-	-	0.2248	0.8273	0.8273	0.1266	-	0.1985	0.3718	0.4945
8	-	-	0.7751	0.6171	0.6171	0.1336	0.1985	-	0.8551	0.8283
9	-	-	0.8075	0.7697	0.7697	0.1432	0.3718	0.8551	-	0.7133
10	-	-	0.6256	1.0000	0.7518	0.1138	0.4945	0.8283	0.7133	-

Tabelle 60: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Entropie der lokalen IOI für die Emotion Disgusted. Der Kruskal-Wallis Test ergab, dass für die Entropie der lokalen IOI auch keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Sprechern existieren

A.4 Ergebnisse des Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Sprecherdiskriminierung über alle Emotionen und Sätze aus Experiment 2

<i>Spr.</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.2368	0.1655	0.1850	0.8320	0.8534	0.5850	0.1499	0.1473	0.4457
2	0.2368	-	0.7098	0.8950	0.3456	0.3913	0.5380	0.7078	0.7610	0.7588
3	0.1655	0.7098	-	0.9263	0.2338	0.2473	0.3482	0.9471	0.9653	0.4821
4	0.1850	0.8950	0.9263	-	0.3182	0.3208	0.3939	0.9758	0.9061	0.6440
5	0.8320	0.3456	0.2338	0.3182	-	0.9170	0.7187	0.1791	0.2272	0.5583
6	0.8534	0.3913	0.2473	0.3208	0.9170	-	0.7201	0.2211	0.2257	0.5031
7	0.5850	0.5380	0.3482	0.3939	0.7187	0.7201	-	0.3190	0.3366	0.7769
8	0.1499	0.7078	0.9471	0.9758	0.1791	0.2211	0.3190	-	0.9403	0.5270
9	0.1473	0.7610	0.9653	0.9061	0.2272	0.2257	0.3366	0.9403	-	0.5966
10	0.4457	0.7588	0.4821	0.6440	0.5583	0.5031	0.7769	0.5270	0.5966	-

Tabelle 61: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für den zweithöchsten Peak der Autokorrelation für alle Sprecher. Für die Höhe des zweithöchsten Peaks ergeben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Sprechern

<i>Spr.</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.0323	0.5230	0.9748	0.9396	0.3377	0.5626	0.5178	0.3574	0.4312
2	0.0323	-	0.1459	0.1092	0.0382	0.0040	0.0085	0.1366	0.2022	0.2883
3	0.5230	0.1459	-	0.6944	0.5136	0.1209	0.1925	0.8997	0.8713	0.8527
4	0.9748	0.1092	0.6944	-	0.8791	0.3506	0.5885	0.6278	0.5374	0.5907
5	0.9396	0.0382	0.5136	0.8791	-	0.3432	0.6743	0.4584	0.4020	0.3665
6	0.3377	0.0040	0.1209	0.3506	0.3432	-	0.4960	0.0741	0.0579	0.0870
7	0.5626	0.0085	0.1925	0.5885	0.6743	0.4960	-	0.1337	0.1503	0.1699
8	0.5178	0.1366	0.8997	0.6278	0.4584	0.0741	0.1337	-	0.9744	0.8342
9	0.3574	0.2022	0.8713	0.5374	0.4020	0.0579	0.1503	0.9744	-	0.9872
10	0.4312	0.2883	0.8527	0.5907	0.3665	0.0870	0.1699	0.8342	0.9872	-

Tabelle 62: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Flatness der Autokorrelation für alle Sprecher. Für die Flatness der Autokorrelation ergeben sich signifikante Unterschiede zwischen 4 Sprecherpaaren

<i>Spr.</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.0601	0.2941	0.4425	0.1679	0.6607	0.7224	0.1398	0.3925	0.1569
2	0.0601	-	0.5991	0.3693	0.5005	0.0274	0.0941	0.5019	0.3062	0.4661
3	0.2941	0.5991	-	0.7638	0.9934	0.1473	0.4309	0.9894	0.6899	0.8319
4	0.4425	0.3693	0.7638	-	0.7682	0.1923	0.5828	0.6936	0.9638	0.7218
5	0.1679	0.5005	0.9934	0.7682	-	0.0977	0.2772	0.9112	0.6922	0.9822
6	0.6607	0.0274	0.1473	0.1923	0.0977	-	0.4305	0.0782	0.2145	0.0917
7	0.7224	0.0941	0.4309	0.5828	0.2772	0.4305	-	0.2696	0.5847	0.2633
8	0.1398	0.5019	0.9894	0.6936	0.9112	0.0782	0.2696	-	0.6727	0.9601
9	0.3925	0.3062	0.6899	0.9638	0.6922	0.2145	0.5847	0.6727	-	0.5673
10	0.1569	0.4661	0.8319	0.7218	0.9822	0.0917	0.2633	0.9601	0.5673	-

Tabelle 63: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Entropie der Autokorrelation für alle Sprecher. Für die Entropie der Autokorrelation ergibt sich ein signifikant unterschiedliches Sprecherpaar

<i>Spr.</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.9439	0.7773	0.7127	0.2030	0.5252	0.6263	0.9271	0.9020	0.9805
2	0.9439	-	0.6870	0.6567	0.0972	0.3212	0.4298	0.8473	0.9534	0.9502
3	0.7773	0.6870	-	0.9080	0.3091	0.7410	0.8635	0.7553	0.5614	0.7104
4	0.7127	0.6567	0.9080	-	0.3370	0.5633	0.8537	0.8202	0.7509	0.7105
5	0.2030	0.0972	0.3091	0.3370	-	0.6542	0.3679	0.1294	0.1045	0.1472
6	0.5252	0.3212	0.7410	0.5633	0.6542	-	0.6542	0.4298	0.4386	0.4978
7	0.6263	0.4298	0.8635	0.8537	0.3679	0.6542	-	0.6252	0.5009	0.6391
8	0.9271	0.8473	0.7553	0.8202	0.1294	0.4298	0.6252	-	0.8726	0.9420
9	0.9020	0.9534	0.5614	0.7509	0.1045	0.4386	0.5009	0.8726	-	0.8474
10	0.9805	0.9502	0.7104	0.7105	0.1472	0.4978	0.6391	0.9420	0.8474	-

Tabelle 64: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Entropie der globalen IOI für alle Sprecher. Für die Entropie der globalen IOI ergeben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Sprechern

<i>Spr.</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	0.3089	0.0806	0.4941	0.5596	0.3707	0.9423	0.4867	0.2318	0.7441
2	0.3089	-	0.3531	0.7480	0.6649	0.8851	0.4331	0.7351	0.7261	0.6619
3	0.0806	0.3531	-	0.3064	0.2103	0.4381	0.0890	0.2458	0.4968	0.1708
4	0.4941	0.7480	0.3064	-	0.9205	0.8069	0.5744	0.8379	0.7201	0.6714
5	0.5596	0.6649	0.2103	0.9205	-	0.6134	0.5808	0.7998	0.5526	0.9112
6	0.3707	0.8851	0.4381	0.8069	0.6134	-	0.4571	0.7660	0.8155	0.7534
7	0.9423	0.4331	0.0890	0.5744	0.5808	0.4571	-	0.4848	0.2619	0.6409
8	0.4867	0.7351	0.2458	0.8379	0.7998	0.7660	0.4848	-	0.5281	0.7865
9	0.2318	0.7261	0.4968	0.7201	0.5526	0.8155	0.2619	0.5281	-	0.3835
10	0.7441	0.6619	0.1708	0.6714	0.9112	0.7534	0.6409	0.7865	0.3835	-

Tabelle 65: p-Werte des paarweisen Kruskal-Wallis Tests mit einer Signifikanz von 5% für die Entropie der lokalen IOI für alle Sprecher. Auch für die Entropie der lokalen IOI gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen einzelnen Sprechern

Literatur

- [1] [Online]. Available: <http://www.duden.de/rechtschreibung/Rhythmus>
- [2] E. Thul, “Measuring the complexity of musical rhythm,” Ph.D. dissertation, McGill University, 2008.
- [3] [Online]. Available: <http://de.wikipedia.org/wiki/Grundschrift>
- [4] [Online]. Available: http://musicsite.schule.at/G_dateien/themen/musiklehre/Notenwerte.htm
- [5] D.-J. Povel and P. Essens, “Perception of temporal patterns,” *Music Perception*, pp. 411–440, 1985.
- [6] I. Shmulevich and D.-J. Povel, “Measures of temporal pattern complexity,” *Journal of New Music Research*, vol. 29, no. 1, pp. 61–69, 2000.
- [7] W. T. Fitch and A. J. Rosenfeld, “Perception and production of syncopated rhythms,” *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, vol. 25, no. 1, pp. 43–58, 2007.
- [8] H. Longuet-Higgins and C. Lee, “The rhythmic interpretation of monophonic music,” *Studies of music Performance (J. Sundberg, editor)*, 1983.
- [9] G. Toussaint, “A mathematical analysis of african, brazilian, and cuban clave rhythms,” in *Townson University*. CiteSeer, 2002.
- [10] F. A. LERDAHL and R. S. Jackendoff, *A generative theory of tonal music*. The MIT Press, 1983.
- [11] F. Gómez, A. Melvin, D. Rappaport, and G. T. Toussaint, “Mathematical measures of syncopation,” in *Proc. BRIDGES: Mathematical Connections in Art, Music and Science*, 2005, pp. 73–84.
- [12] A. Tanguiane, “A principle of correlativity of perception and its application to music recognition,” *Music Perception*, pp. 465–502, 1994.
- [13] C. E. Shannon, “A mathematical theory of communication,” *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, vol. 5, no. 1, pp. 3–55, 2001.
- [14] C. Palmer and C. L. Krumhansl, “Mental representations for musical meter,” *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, vol. 16, no. 4, p. 728, 1990.
- [15] J. Luig, “Music information retrieval 02 vo.”
- [16] [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Spectral_flatness
- [17] [Online]. Available: http://de.wikipedia.org/wiki/Arithmetisches_Mittel
- [18] [Online]. Available: http://de.wikipedia.org/wiki/Geometrisches_Mittel
- [19] [Online]. Available: http://de.wikipedia.org/wiki/Entropie_%28Informationstheorie%29
- [20] [Online]. Available: <http://de.wikipedia.org/wiki/Median>
- [21] [Online]. Available: <http://de.wikipedia.org/wiki/Boxplot>

- [22] F. Burkhardt, A. Paeschke, M. Rolfes, W. F. Sendlmeier, and B. Weiss, “A database of german emotional speech.” in *Interspeech*, vol. 5, 2005, pp. 1517–1520.
- [23] R. Cowie and R. Cornelius, “Describing the emotional states that are expressed in speech,” *Speech Communication*, vol. 40, no. 1-2, pp. 5–32, 2003.