



universität
wien

DISSERTATION

Titel der Dissertation

„Die attraktive Stimme: Fluktuierende Asymmetrie und
Stimmqualität“

verfasst von

Peter Abend

angestrebter akademischer Grad

Doktor der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)

Wien, 2013

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 091 442

Dissertationsgebiet lt. Studienblatt: Anthropologie

Betreut von: Prof. Dr. Karl Grammer

Diese Arbeit widme ich meiner Tochter Ayla Sofie.

Danksagung

Eine wissenschaftliche Arbeit ist nie das ausschließliche Werk einer einzelnen Person. Für mich ist es damit an der Zeit bei allen Menschen, obgleich hier genannt oder ungenannt, zu bedanken, die mir bei der Erschaffung dieser Dissertation geholfen haben.

Mein Doktorvater Karl Grammer hat mich zu jeder Zeit, mit seinem unerschöpflichen Fundus an thematischen und wissenschaftlichen Hinweisen in neue Sphären gelenkt. Unter anderem seiner wissenschaftliche Kreativität habe ich die Idee zu dieser Arbeit zu verdanken. Dafür möchte ich mich herzlich bedanken.

Mein ausgesprochener Dank gilt auch meinem Kollegen Markus Koppensteiner, dem ich mich über die Jahre am Institut inzwischen freundschaftlich verbunden fühle. Unsere häufigen auch kritischen wissenschaftlichen Diskussionen über diese Dissertation hinaus habe ich viel zu verdanken. Besonders danke ich ihm für das äußerst genaue Lesen der Rohfassung auch zwischen den Zeilen.

Ein großes „Danke!“ verdienen Lena Sophie Pflüger und Pia Stephan, die ebenfalls mir dabei halfen, die Inhalte meiner Rohfassung verständlicher zu formulieren und manchen Gedanken zu ordnen. Bedanken möchte ich mich auch bei Sonja Windhager und Katrin Schäfer für ihre äußerst wertvollen Hinweise in methodischen und administrativen Fragen.

Ganz besonders möchte ich mich bei meinen Freunden bedanken, die mich auf Ideen brachten, mich menschlich und teilweise fachlich bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützten: Martin Klose, Jens Altmann, Uwe Steudten, Wieland Barthel, Stefan Dornberger und Sebastian Wolff.

Nicht minder aufreibend waren die vergangenen Jahre für meine Freundin Dilek Fidan, die diese Arbeit in allen Phasen mit jeder möglichen Unterstützung bedacht hat und ohne die dieses Werk nie entstanden wäre. Ihr gilt mein besonderer Dank.

Eine herausragende Stellung in jeglicher Hinsicht nehmen meine Eltern ein, welche diese Dissertation mitfinanzierten und mich in meiner Studien- und Berufslaufbahn stets in dem, was ich tat, bestärkten. Ich danke Euch!

Zusammenfassung

Physische Attraktivität ist weit mehr als die bloße Schönheit eines Gesichtes. So besagt die *redundant message hypothesis*, dass bei der Partnerwahl verschiedenartige Signale eine Rolle spielen und eine gemeinsame Ornamentierung herausbilden. Dies erlaubt eine verlässlichere Einschätzung der generellen körperlichen Verfassung. Diese Arbeit ging von der Überlegung aus, dass visuelle und akustische Attraktivitätsmerkmale beim Menschen in die gleiche Richtung weisen und ein gemeinsames Ornament bilden. Um diese Annahme zu überprüfen, wurden die Stimmen von Frauen und Männern aufgenommen und deren Gesichter fotografiert. Darüber hinaus wurden die Körper und die Gesichter anthropometrisch vermessen und somit die fluktuierende Asymmetrie von Körper und Gesicht bestimmt. Hierbei ist die fluktuierende Asymmetrie ein wichtiges Merkmal für die Einschätzung von Entwicklungsstabilität bei vielen Spezies wie auch im menschlichen Organismus. Sie spielt kulturübergreifend eine bedeutende Rolle bei der Einschätzung von physischer Attraktivität und bei der Partnerwahl. Die Stimmen und die Gesichter wurden vom jeweils anderen Geschlecht nach Attraktivität bewertet. Zusätzlich erfolgte eine phonetische Analyse der Stimmqualität. Dazu wurde die Fundamentalfrequenz, die Schwingungsirregularitäten der Fundamentalfrequenz, das Harmonie-Rausch-Verhältnis und die Verteilung der Formantfrequenzen von allen Vokalen in den aufgezeichneten Stimmen untersucht. Die Analysen erbrachten unterschiedliche Ergebnisse für Frauen und für Männer. Die Attraktivitätsbewertungen von Stimmen und Gesichtern zeigten bei den Frauen eine hohe Übereinstimmung. Eine geringe fluktuierende Asymmetrie von Körper und Gesicht war bei den Frauen mit hoher Attraktivität der Stimmen und Gesichter assoziiert. Ferner zeigten die phonetischen Analysen bei den Frauen, dass diejenigen akustischen Parameter, welche mit Gesundheit in Verbindung stehen, einen direkten Zusammenhang mit der fluktuierenden Asymmetrie und den Attraktivitätsbewertungen. Bei den Frauen stützen die gefundenen Ergebnisse die *redundant message hypothesis*. Bei den Männern waren die Ergebnisse heterogener. Die Attraktivitätsbewertungen von Stimme und Gesicht standen zwar in einem direkten Verhältnis zur fluktuierenden Asymmetrie des Körpers, aber nicht des Gesichtes. Die phonetischen Analysen erbrachten ebenfalls keine eindeutigen Zusammenhänge mit der fluktuierenden Asymmetrie von Körper und Gesicht. Für Männer fanden sich damit keine Belege für die *redundant message hypothesis*. Eine mögliche Ursache kann im für die Geschlechter unterschiedlichen Selektionsdruck liegen. Weiterführende Forschung ist hierzu notwendig.

Abstract

There is more to attractiveness than a beautiful face. The redundant message hypothesis suggests that mate choice is guided by different cues, which in combination give a better estimate of the general condition of the potential partner. This thesis hypothesized that such signal redundancy may also be true for human attractiveness. To test this, female and male faces were photographed and their voices recorded. Additionally, anthropometric data of bodies and faces have been collected to estimate the fluctuating asymmetry of bodies and faces. In many species as well as in humans, fluctuating asymmetry is a reliable indicator of developmental stability. It plays an important role in attractiveness ratings and mate choice across different cultures. Recorded voices and faces were rated on attractiveness by the opposite sexes. For the assessment of voice quality the voices were phonetically analyzed. This was done by measuring fundamental frequency, jitter, shimmer, harmony-to-noise ratio and formant dispersion of all vowels in the recorded voices. The analyses demonstrated different results for women and men. There was a significant relationship between males' ratings of female faces and voices. Low levels of fluctuating asymmetry of women's bodies and faces were associated with high ratings on facial and vocal attractiveness. Moreover, phonetical analyses revealed that parameters associated with physical health are directly correlated with the attractiveness ratings and the fluctuating asymmetry. The results found in females support the redundant message hypothesis. In males, the results were inconclusive, showing a dependency of attractiveness ratings and fluctuating asymmetry of bodies, but not for faces. Phonetical analyses also provided no clear correlation with fluctuating asymmetry of bodies and faces. Consequently, for males the redundant message hypothesis was not supported by this study. A possible explanation could be the diverging selection pressure for both sexes. Additional research concerning this aspect will be necessary.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	iii
Zusammenfassung	v
Abstract	vii
Inhalt	ix
Inhaltsverzeichnis	ix
Abbildungsverzeichnis	xiii
Tabellenverzeichnis	xv
1 Einleitung	21
2 Theoretischer Hintergrund	23
2.1 Multiple Signale und deren Verschränkungen	23
2.1.1 Die „multiple message hypothesis“	24
2.1.2 Die „redundant signal hypothesis“	25
2.1.3 Die „backup hypothesis“ und die „efficacy backup hypothesis“	25
2.2 Physische Attraktivität	26
2.2.1 Der attraktive Stereotypus	26
2.2.2 Physische Attraktivität und Partnerwahl	27
2.2.3 Präferenzen für physischer Attraktivität	28
2.2.3.1 Durchschnittlichkeit	29
2.2.3.2 Fluktuierende Asymmetrie	30
2.2.3.3 Hormonmarker	31
2.3 Die menschliche Stimme	32
2.3.1 Physiologie des Vokaltraktes und die Entstehung der Stimme	34
2.3.2 Hormonelle Einflüsse auf den Sprachapparat	36
2.3.3 Stimmwahrnehmung, auditorischer Kortex und bildgebende Verfahren	37
2.4 Stimmqualität	39
2.4.1 Definition von Stimmqualität	39
2.4.1.1 Zeitfenster	41
2.4.1.2 Settings	41

INHALTSVERZEICHNIS

2.4.2 Variablen der Stimmqualität	42
2.4.2.1 Phonatorische Settings: Larynx	43
2.4.2.2 Artikulatorische Settings: Vokaltrakt	46
2.4.2.3 Settings der Muskelanspannungen	50
2.4.2.4 Prosodische Settings	51
2.5 Vokale Attraktivität und akustische Kenngrößen	52
2.5.1 Fundamentalfrequenz f_0	52
2.5.2 Jitter und Shimmer	54
2.5.3 Harmonie-Rausch-Verhältnis (HNR)	55
2.5.4 Formanten	56
2.6 Zusammenfassung der theoretischen Hintergründe und Fragestellung	57
3 Material und Methoden	61
3.1 Überblick	61
3.2 Material	61
3.3 Methoden	63
3.3.1 Schritt I – Datenerhebung	63
3.3.2 Schritt II – Datenaufbereitung	64
3.3.3 Schritt III – Bewertungen der Stimuli	65
3.3.3.1 Bewertungen der Gesichter	65
3.3.3.2 Bewertungen der Stimmen	67
3.3.3.3 Statistische Aufbereitung und Interrater-Reliabilität	68
3.3.4 Schritt IV – Analyse der fluktuierenden Asymmetrie	68
3.3.4.1 Fluktuierende Asymmetrie im Gesicht	68
3.3.4.2 Fluktuierende Asymmetrie des Körpers	72
3.3.5 Schritt V – Akustische Analyse	73
3.3.5.1 Messungen der Fundamentalfrequenz f_0	76
3.3.5.2 Messungen der Schwingungsirregularitäten von f_0	76
3.3.5.3 Messungen des Harmonie-Rausch-Verhältnisses	77
3.3.5.4 Messungen der Formantfrequenzen	77
4 Ergebnisse	81
4.1 Vorbemerkungen zur Stimuliauswahl und Bewertung	81
4.2 Fluktuierende Asymmetrien	82
4.2.1 Fluktuierende Asymmetrie des Körpers	82
4.2.1.1 Messfehler, directionale und fluktuierende Asymmetrie	82
4.2.1.2 Homogenität von FA der vermessenen Körpertemodifizierteile	84
4.3 Fluktuierende Asymmetrie des Gesichtes	85
4.4 Hauptkomponentenanalysen der Bewertungen	86
4.4.1 Hauptkomponentenanalysen der Stimmbewertungen	86
4.4.1.1 Bewertungen von weiblichen Stimmen durch Männer	86
4.4.1.2 Bewertungen von männlichen Stimmen durch Frauen	87

4.4.2	Hauptkomponentenanalysen der Gesichtsbewertungen	88
4.4.2.1	Bewertungen von weiblichen Gesichtern durch Männer	88
4.4.2.2	Bewertungen von männlichen Gesichtern durch Frauen	89
4.5	Fluktuierende Asymmetrie und Bewertungen	90
4.5.1	FA und Bewertungen weiblicher Stimuli durch Männer	90
4.5.2	FA und Bewertungen männlicher Stimuli durch Frauen	90
4.5.3	Interkorrelationen der Stimm- und Gesichtsbewertungen	92
4.6	Ergebnisse der akustischen Analysen	93
4.6.1	Fundamentalfrequenz f_0	93
4.6.2	Schwingungsirregularitäten von f_0	96
4.6.3	Harmonie-Rausch-Verhältnis	97
4.6.3.1	Analysen über gesamten Frequenzbereich	97
4.6.3.2	Analysen der Frequenzbereiche 0 bis 500, 2000 und 5000 Hz	98
	Bewertungen weiblicher Stimmen durch Männer	98
	Bewertungen männlicher Stimmen durch Frauen	99
4.6.4	Formanten und euklidische Distanzen	100
4.6.4.1	Messungen über gesamten Vokal	100
	Bewertungen weiblicher Stimmen durch Männer	100
	Bewertungen männlicher Stimmen durch Frauen	100
4.6.4.2	Messungen im Zentrum des Vokals	102
	Bewertungen weiblicher Stimmen durch Männer	102
	Bewertungen männlicher Stimmen durch Frauen	102
5	Diskussion	105
5.1	Diskussion und Kritik zu den ausgewählten Methoden	105
5.2	Diskussion zu den Ergebnissen	108
5.2.1	Hauptkomponentenanalysen und Bewertungen	109
5.2.2	Fluktuierende Asymmetrie und Bewertungen von Stimmen und Gesichtern	110
5.2.3	Akustische Kenngrößen der Stimmqualität und Stimmbewertungen	111
	Fundamentalfrequenz f_0	111
	Schwingungsirregularitäten von f_0	112
	Harmonie-Rausch-Verhältnis	113
	Formanten	114
5.3	Allgemeine Diskussion und Ausblick	117
	Literaturverzeichnis	121
	Glossar	141
	Anhang A	145
	Fragebögen für Probanden	147
	Stimuli-Phonation der Vokale (IPA-Transkription)	159
	Lagedefinitionen der somatometrischen Messpunkte im Gesicht	161
	Schema der somatometrischen Messpunkte im Gesicht	163

Anhang B: Ausführliche Auflistung der Analysen	165
Fluktuierende Asymmetrien und Bewertungen	167
FA und Bewertungen weiblicher Stimuli durch Männer	167
FA und Bewertungen männlicher Stimuli durch Frauen	168
Interkorrelationen der Stimm- und Gesichtsbewertungen	169
Akustischen Analysen	169
Fundamentalfrequenz f_0	169
Bewertungen weiblicher Stimmen durch Männer	169
Bewertungen männlicher Stimmen durch Frauen	171
Differenz zum geschlechtsspezifischen Mittelwert von f_0	172
Bewertungen weiblicher Stimmen durch Männer	172
Bewertungen männlicher Stimmen durch Frauen	173
Schwingungsirregularitäten von f_0	174
Harmonie-Rausch-Verhältnis	175
Analysen über gesamten Frequenzbereich	175
Analysen der Frequenzbereiche 0 bis 500, 2000 und 5000 Hz	176
Bewertungen weiblicher Stimmen durch Männer	176
Bewertungen männlicher Stimmen durch Frauen	177
Euklidische Distanzen einzelner Frequenzpaarungen	178
Messungen über gesamten Vokal	178
Bewertungen weiblicher Stimmen durch Männer	178
Bewertungen männlicher Stimmen durch Frauen	181
Messungen im Zentrum des Vokals	184
Bewertungen weiblicher Stimmen durch Männer	184
Bewertungen männlicher Stimmen durch Frauen	187
Gemittelte euklidische Distanzen zum geschlechtsspezifischen Mittelwert	190
Messungen über gesamten Vokal	190
Bewertungen weiblicher Stimmen durch Männer	190
Bewertungen männlicher Stimmen durch Männer	191
Messungen im Zentrum des Vokals	192
Bewertungen weiblicher Stimmen durch Männer	192
Bewertungen männlicher Stimmen durch Frauen	193
Anhang C: Praat-Skripte	195
Resampling des Ausgangsmaterials	197
Segmentgrenzen im Nulldurchlauf	201
Voice Report	205
HNR-Analyse	219
Formant-Analyse	231
Curriculum vitae	251

Abbildungsverzeichnis

2.1	Darstellungen des Larynx bei Atmung und Artikulation	34
2.2	Schematische Darstellung der Quelle-Filter-Theorie	35
2.3	Entwicklung der Fundamentalfrequenz bei Männern und Frauen	36
2.4	Neuronales Modell der Stimmwahrnehmung	38
2.5	Schematische Darstellung der modalen Stimme	43
2.6	Schematische Darstellung der Kopfstimme	44
2.7	Schematische Darstellung der knarrenden Stimme	44
2.8	Schematische Darstellung der flüsternden Stimme	45
2.9	Schematische Darstellung der behauchten Stimme	45
2.10	Schematische Darstellung der rauen Stimme	46
2.11	Artikulatorienstellungen mehrerer englischer Worte	48
2.12	Frequenzlage der Formanten F1 bis F4 bei den Vokalen /a/ und /ε/	49
2.13	Abhängigkeit der Formantenlage von der Zungenhöhe und Zungenposition . . .	49
2.14	Idealisierte Spektren mehrerer Formantfrequenzen	49
2.15	Intensitäten der ersten harmonischen Frequenzen	51
3.1	Normierung der zeitlichen Abstände der einzelnen Lautäußerungen	64
3.2	Bildschirmfoto des Online-Fragebogens vor den Bewertungen	66
3.3	Bildschirmfoto der Bewertungsprozedur von Gesichtern	66
3.4	Bildschirmfoto der Bewertungsprozedur von Stimmen	67
3.5	Bildschirmfoto mit Messpunkten zur Bestimmung von FA im Gesicht	69
3.6	Schritte einer GPA-Transformation	70
3.7	Bildschirmfoto aus SAGE einer weiblichen Messpunktkonfigurationen	71
3.8	Bildschirmfoto von „Laut“ im Editor-Fenster von PRAAT	74
3.9	Ausschnitt eines Bildschirmfotos von „Laut“ im Editor-Fenster von PRAAT. . .	75
3.10	Bildschirmfoto vom Nulldurchgang des Stimmsignals bei der Annotation. . . .	75
3.11	Schmalbandiger spektraler Schnitt in PRAAT mit Fundamentalfrequenz f_0 , Harmonischen und Formanten einer männlichen Stimme.	75
3.12	Vergleichende Darstellung der Formanten im FFT- und LPC-Spektrum	76
3.13	Konstante Frequenzverläufe von F2, F3 und F4 im Vokal /e/.	78
3.14	Formantabbiegung von F2 beim Übergang von /e/ zu /i/ im Diphthong /ei/. . .	78
3.15	Formantmessungen als Tracking oder als spektraler Schnitt im Zentrum	79

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

3.16	Euklidische Distanzen zum Mittelwert von f_0 und F1 weiblicher Stimmen . . .	80
5.1	Formantbeziehungen der euklidischen Distanzen zum geschlechtsspezifischen Mittelwert weiblicher und männlicher Stimmen	115
A.1	Bildschirmfoto der somatometrischen Messpunkte im Gesicht	163

Tabellenverzeichnis

4.1	Ergebnisse der FA-Bestimmung der vermessenen Körperteile	82
4.2	Berechnung des F-Quotienten für Signifikanztests	84
4.3	Ergebnisse des Levene-Tests auf Homogenität von FA	84
4.4	Ergebnisse der FA-Bestimmung von weiblichen Gesichtern	85
4.5	Ergebnisse der FA-Bestimmung von männlichen Gesichtern	85
4.6	Faktorenladungen der Hauptkomponentenanalyse von den Bewertungen weiblicher Stimmen durch Männer	86
4.7	Faktorenladungen der Hauptkomponentenanalyse von den Bewertungen männlicher Stimmen durch Frauen	87
4.8	Faktorenladungen der Hauptkomponentenanalyse von den Bewertungen weiblicher Gesichter durch Männer	88
4.9	Faktorenladungen der Hauptkomponentenanalyse von den Bewertungen männlicher Gesichter durch Frauen	89
4.10	Korrelationen von FA mit bewerteten Eigenschaften, Mann bewertet Frau . . .	91
4.11	Korrelationen von FA mit bewerteten Eigenschaften, Frau bewertet Mann . . .	91
4.12	Interkorrelationen der gegengeschlechtlichen Stimm- und Gesichtsbewertungen	92
4.13	Korrelationen zwischen Stimmbewertungen und Parametern der mittleren f_0 , Mann bewertet Frau	94
4.14	Korrelationen zwischen Stimmbewertungen und Abstand zur mittleren f_0 , Mann bewertet Frau	94
4.15	Korrelationen zwischen Stimmbewertungen und Parametern der mittleren f_0 , Frau bewertet Mann	95
4.16	Korrelationen zwischen Stimmbewertungen und Abstand zur mittleren f_0 , Frau bewertet Mann	95
4.17	Korrelationen zwischen gegengeschlechtlichen Stimmbewertungen und Schwingungsunregelmäßigkeiten	96
4.18	Korrelationen zwischen gegengeschlechtlichen Stimmbewertungen und HNR über gesamten Frequenzbereich	97
4.19	Korrelationen zwischen Stimmbewertungen und HNR bei Tiefpassfilterungen, Mann bewertet Frau	98
4.20	Korrelationen zwischen Stimmbewertungen und HNR bei Tiefpassfilterungen, Frau bewertet Mann	99

TABELLENVERZEICHNIS

4.21	Korrelationen euklidischer Distanzen zum Mittelwert mehrerer gemittelter Frequenzpaare über gesamten Vokal, Mann bewertet Frau	101
4.22	Korrelationen euklidischer Distanzen zum Mittelwert mehrerer gemittelter Frequenzpaare über gesamten Vokal, Frau bewertet Mann	101
4.23	Korrelationen euklidischer Distanzen zum Mittelwert mehrerer gemittelter Frequenzpaare im Zentrum des Vokals, Mann bewertet Frau	103
4.24	Korrelationen euklidischer Distanzen zum Mittelwert mehrerer gemittelter Frequenzpaare im Zentrum des Vokals, Frau bewertet Mann	103
A.1	Lagedefinitionen der somatometrischen Messpunkte im Gesicht	161
B.1	Korrelationen von FA mit allen Bewertungen, Mann bewertet Frau	167
B.2	Korrelationen von FA mit allen Bewertungen, Frau bewertet Mann	168
B.3	Interkorrelationen der gegengeschlechtlichen Stimm- und Gesichtsbewertungen	169
B.4	Korrelationen zwischen Stimmbewertungen und Parametern der mittleren f_0 , Mann bewertet Frau	170
B.5	Korrelationen zwischen Stimmbewertungen und Parametern der mittleren f_0 , Frau bewertet Mann	171
B.6	Korrelationen zwischen Stimmbewertungen und Abstand zur mittleren f_0 , Mann bewertet Frau	172
B.7	Korrelationen zwischen Stimmbewertungen und Abstand zur mittleren f_0 , Frau bewertet Mann	173
B.8	Korrelationen zwischen gegengeschlechtlichen Stimmbewertungen und Schwingungsunregelmäßigkeiten	174
B.9	Korrelationen zwischen gegengeschlechtlichen Stimmbewertungen und HNR über gesamten Frequenzbereich	175
B.10	Korrelationen zwischen Stimmbewertungen und HNR bei Tiefpassfilterungen, Mann bewertet Frau	176
B.11	Korrelationen zwischen Stimmbewertungen und HNR bei Tiefpassfilterungen, Frau bewertet Mann	177
B.12	Korrelationen euklidischer Distanzen zum Mittelwert von f_0 und F1 bis F5 über gesamten Vokal, Mann bewertet Frau	178
B.13	Korrelationen euklidischer Distanzen zum Mittelwert von F1 und f_0 bis F5 über gesamten Vokal, Mann bewertet Frau	179
B.14	Korrelationen euklidischer Distanzen zum Mittelwert höherer Formanten über gesamten Vokal, Mann bewertet Frau	180
B.15	Korrelationen euklidischer Distanzen zum Mittelwert von f_0 und F1 bis F5 über gesamten Vokal, Frau bewertet Mann	181
B.16	Korrelationen euklidischer Distanzen zum Mittelwert von F1 und f_0 bis F5 über gesamten Vokal, Frau bewertet Mann	182
B.17	Korrelationen euklidischer Distanzen zum Mittelwert höherer Formanten über gesamten Vokal, Frau bewertet Mann	183
B.18	Korrelationen euklidischer Distanzen zum Mittelwert von f_0 und F1 bis F5 im Zentrum des Vokals, Mann bewertet Frau	184

B.19	Korrelationen euklidischer Distanzen zum Mittelwert von F1 und f0 bis F5 im Zentrum des Vokals, Mann bewertet Frau	185
B.20	Korrelationen euklidischer Distanzen zum Mittelwert höherer Formanten im Zentrum des Vokals, Mann bewertet Frau	186
B.21	Korrelationen euklidischer Distanzen zum Mittelwert von f0 und F1 bis F5 im Zentrum des Vokals, Frau bewertet Mann	187
B.22	Korrelationen euklidischer Distanzen zum Mittelwert von F1 und f0 bis F5 im Zentrum des Vokals, Frau bewertet Mann	188
B.23	Korrelationen euklidischer Distanzen zum Mittelwert höherer Formanten im Zentrum des Vokals, Frau bewertet Mann	189
B.24	Korrelationen euklidischer Distanzen zum Mittelwert mehrerer gemittelter Frequenzpaare über gesamten Vokal, Mann bewertet Frau	190
B.25	Korrelationen euklidischer Distanzen zum Mittelwert mehrerer gemittelter Frequenzpaare über gesamten Vokal, Frau bewertet Mann	191
B.26	Korrelationen euklidischer Distanzen zum Mittelwert mehrerer gemittelter Frequenzpaare im Zentrum des Vokals, Mann bewertet Frau	192
B.27	Korrelationen euklidischer Distanzen zum Mittelwert mehrerer gemittelter Frequenzpaare im Zentrum des Vokals, Frau bewertet Mann	193

Da das intellektuelle Streben
nicht bloß den Verstand be-
schäftigt, sondern den ganzen
Menschen anregt, so wird auch
dies vorzugsweise durch den
Laut der Stimme befördert.

Wilhelm von Humboldt

1

Einleitung

Eine Vielzahl von Spezies verwenden in ihrer sexuellen Kommunikation nicht nur ein Signal. So deutet beispielsweise beim Alpen-Kammolch die leuchtende Balzfärbung der Männchen sowie ihr auffallender Rückenkamm darauf hin, dass visuelle Reize im Balzverhalten eine wichtige Rolle spielen. Visuelle Stimuli übermitteln aber auch Informationen über den Grad der Paarungskondition der Weibchen. Ein großes Kammolch-Weibchen mit angeschwollenem Abdomen wird von den Männchen selbst über weite Distanzen bevorzugt. Nach der optischen Annäherung wird beim Kammolch eine chemische Kommunikation wirksam (Malacarne, 1984). Bei vielen Buntbarscharten wie auch beim dreistacheligen Stichling ist ein eindeutiges Balzverhalten mit einem farbenprächtigen Laichausschlag kombiniert. Das Männchen vom dreistacheligen Stichling signalisiert dem Weibchen mit der leuchtenden Balzfärbung unter anderem Information über seine Parasitenresistenz (Lenz und Kalbe, 2009). Bei männlichen Stockenten mit ihrem Prachtkleid signalisiert die Intensität der Schnabelfärbung die Immunabwehr (Peters, 2006).

Für die die große Vielfalt von multiplen Signalen bei Vögeln untersuchten Møller und Pomiankowski (1993) das Ausmaß der zwischenartlichen Schwankungen von sexuell selektierten Körpermerkmalen, welche möglicherweise ebenso eine Relevanz für andere Spezies besitzen und damit als ein generelles Modell der sexuellen Kommunikation gelten könnten. Unter anderen stellten sie dazu zwei relevante Hypothesen auf:

1. Die *multiple signalling hypothesis* besagt, dass jedes Ornament einen separaten Fitnessaspekt aufweist.
2. Nach der *redundant signal hypothesis* vermitteln verschiedene Ornamente des Körpers ähnliche Fitnessaspekte und damit Informationen über die Gesamtkonstitution eines Signalsenders.

Beim Menschen übermittelt das Gesicht und der Körper eine Vielzahl von Signalen, die eine Bedeutung bei der Partnerwahl haben. Studien über den Zusammenhang von Partnerwahl und Attraktivität von Gesichtern haben versucht, die Merkmale von Attraktivität in drei Haupt-

kategorien zu kennzeichnen: das Verhältnis von Attraktivität und Symmetrie, Durchschnitt und nichtdurchschnittlichen geschlechtsspezifischen Merkmalen (Hormonmarker). Es wird angenommen, dass all diese Attraktivitätsmerkmale sich auf Gesundheit beziehen. Beispielsweise signalisiert dabei die Bilateralsymmetrie die individuelle Entwicklungsstabilität aufgrund eines guten Immunsystems.

In den vergangenen Jahren wurde demonstriert, dass Bilateralsymmetrie nicht nur mit der Attraktivität von Gesichtern und Körpern in Verbindung steht, sondern sich auch in den Attraktivitätsbewertungen von anderen Kommunikationskanälen widerspiegelt. So zeigte sich bei beiden Geschlechtern eine Verbindung zwischen der Bilateralsymmetrie des Körpers mit der Attraktivität des Körpergeruchs (Rikowski und Grammer, 1999) und der Stimme (Hughes *et al.*, 2002). Diese Ergebnisse lassen die generelle Legitimation der *redundant signal hypothesis* bei der Partnerwahl vermuten. Dennoch sind bislang die Verflechtungen zwischen visuellen und akustischen Charakteristika sowie den Merkmalen der Entwicklungsstabilität nicht ausreichend untersucht wurden. Entsprechend der *redundant signal hypothesis* ist davon auszugehen, dass Bilateralsymmetrie sowohl mit der Attraktivität von Körpern und Gesichtern als auch der Attraktivität von Stimmen korreliert und diese Wechselwirkung darüber hinaus in akustisch messbaren Signalen erkennbar ist.

Die vorliegende, im Wesentlichen explorativ ausgerichtete Arbeit unternimmt den Versuch, Abweichungen von der Bilateralsymmetrie als redundant wahrnehmbares Kriterium sowohl in den gegengeschlechtlichen Attraktivitätsbewertungen von Stimmen und Gesichtern als auch in den messphonetischen Analysen der Stimmen nachzuweisen. Nach der Auseinandersetzung mit Theorien der Signalredundanz, einer theoretischen Darstellung der Bedeutung der physischen Attraktivität aus einer psychologischen und evolutionären Sicht, der physiologischen und phonetischen Beschreibung von Stimme und Stimmqualität folgt der empirische Teil dieser Arbeit. In den Untersuchungen wurden die aufgenommenen Stimmen und die fotografierten Gesichter nach deren Attraktivität bewertet. Der Einfluss der gemessenen Bilateralsymmetrie von Körper und Gesicht auf diese gegengeschlechtlichen Bewertungen und die messphonetischen Untersuchungen aller Vokale wurde im nächsten Schritt untersucht. Die Arbeit endet mit einer abschließenden Diskussion zur *redundant signal hypothesis* und gibt einen Ausblick für weitere Studien.

Anzumerken bliebe, dass in dieser Arbeit ausschließlich wegen der einfacheren Lesbarkeit männliche Ausdrücke zur Anwendung kamen und diese primär als geschlechtsneutral zu verstehen sind. Einige englische Ausdrücke wurden nicht übersetzt, da deren Übertragungen einen Sinnverlust zur Folge gehabt hätten. Stattdessen wurden diese Termini in kursiver Schrift herausgestellt. Wörter in fetter Schriftstärke beinhalten phonetische Fachausdrücke und sind gesondert im Glossar ab Seite 141 aufgeführt.

Ich habe mich bemüht, sämtliche Inhaber der Bildrechte ausfindig zu machen. Sollte dennoch eine Urheberrechtsverletzung bekannt werden, ersuche ich um Meldung bei mir.

2

Theoretischer Hintergrund

2.1 Multiple Signale und deren Verschränkungen

Bereits 1871 wies Darwin darauf hin, dass die extravagante Ausprägung von sekundären Geschlechtsmerkmalen der sexuellen Selektion unterliegt und den Individuen keinesfalls einen Adaptationsvorteil bietet. Dabei forciert die sexuelle Selektion jene Merkmale, welche die physische Attraktivität für das andere Geschlecht erhöhen und somit den Zugang zum anderen Geschlecht ermöglichen. Die sexuelle Selektion fördert also Merkmale, welche den individuellen Fortpflanzungserfolg vergrößern (differenzielle Partnerwahl). Sie begünstigt die Ausprägung von sekundären Geschlechtsmerkmalen, wie beispielsweise das Geweih des Rothirschs oder das Gehörn des Alpen-Steinbocks. In Auseinandersetzungen zwischen männlichen Individuen können diese als waffenähnliche Strukturen verwendet werden, um den Zugang zum anderen Geschlecht zu ermöglichen. Andere extravagante Geschlechtsmerkmale, wie das Prachtgefieder von Paradiesvögeln oder die intensive Farbgebung von Cichliden dienen nicht als „Waffen“ und besitzen bei der Partnerwahl eine reine Signalfunktion (Darwin, 1871).

Darüber hinaus stellte bereits Darwin (1871) fest, dass die Ausprägung von extravaganten Geschlechtsmerkmalen keinesfalls zufällig im Tierreich verteilt ist. Während die Männchen einiger Spezies mehrere extravagante Geschlechtsmerkmale zur Schau stellen, unterscheiden sich die männlichen Individuen anderer Spezies kaum zu den Weibchen oder unterscheiden sich untereinander nur in einem einzigen Merkmal. Der evolutionäre Hintergrund dieses unterschiedlichen Ausmaßes der Ornamentierung ist bisher kaum untersucht worden (Møller und Pomiankowski, 1993). Um den unterschiedlichen Grad der Ornamentierung in einen größeren funktionellen Zusammenhang zu stellen, analysierten Møller und Pomiankowski (1993) bei Vögeln eine Reihe von Erklärungen von extravaganten multiplen Signalen. Ihre Überlegungen führten unter anderen zu der *multiple message hypothesis* und der *redundant signal hypothesis*. Letztere ist von Johnstone (1996) durch die *backup hypothesis* erweitert worden. Die genannten Hypothesen werden in den nachfolgenden Abschnitten näher erläutert.

2.1.1 Die „multiple message hypothesis“

Die *multiple message hypothesis* besagt, dass die unterschiedlichen Ornamente eines Individuums auch unterschiedliche Merkmale der individuellen körperlichen Verfassung signalisieren (Møller und Pomiankowski, 1993).

Diese Hypothese beruht auf frühere Annahmen von Tinbergen (1959), von Sebeok (1977) und von Andersson (1980), wonach die Ausprägung von Ornamentierungen auf eine begrenzte Anzahl von Zusammenhängen hin adaptiert ist. Zum einen können verschiedene Ornamente verschiedene Informationen über den generellen Zustand eines Individuums übermitteln. Beispielsweise kann ein Ornament die Menge der Nahrungsaufnahme signalisieren, wenn das Ausmaß der betreffenden Ornamentierung direkt von der Nahrungsaufnahme abhängt. Beispielsweise kann eine bestimmte Rotfärbung das Ausmaß der Aufnahme von Carotinoiden in der Nahrung signalisieren. Zum anderen können verschiedene Ornamentierungen Informationen über die individuelle Konstitution innerhalb verschiedener Zeiträume enthalten. Beispielsweise kann das jährliche Wachstum des Geweihs eines Rothirschs oder auch die extravagante Ausprägung von Federn die generelle Konstitution eines Individuums während der zeitlich langen Phase der Ontogenese signalisieren. Falls vom Individuum Ressourcen gespeichert werden müssen, um ein perfekt ausgeprägtes sekundäres Geschlechtsmerkmal zu entwickeln, entspricht die Ausprägung des Ornaments der individuellen Fähigkeit, sich Ressourcen über einen längeren Zeitraum zu beschaffen und signalisiert gleichzeitig eine individuelle Effizienz im Umgang mit diesen Ressourcen bei der Entwicklung der Ornamentierung.

Møller und Pomiankowski (1993) machten auf Basis dieser Hypothese zwei Vorhersagen: Erstens, falls die multiple Ornamentierungen jeweils einen bestimmten Aspekt der individuellen Konstitution signalisieren, müssen diese Ausprägungen unempfindlich gegenüber den vielen Veränderungen der körperlichen Konstitution während des Lebens sein. Dagegen müssen sie allerdings hochempfindlich gegenüber einer spezifischen Signalqualität sein. Beim Guppy ist beispielsweise die Leuchtkraft bestimmter Flecken abhängig von der Menge an aufgenommenen Carotinoiden, während die strukturelle Farbgebung unabhängig vom Carotinoidgehalt während der Nahrungsaufnahme ist. Zweitens, falls die multiplen Ornamentierungen die individuelle Verfassung über längere Zeiträume signalisiert, müssen diese Merkmale empfindlich gegenüber kurzzeitigen Schwankungen innerhalb der Umwelt reagieren und dadurch eine größere Variabilität aufweisen. Infolgedessen sind diese Merkmale für die Auswahl potenzieller Geschlechtspartner ungeeignet. Beispielsweise können solche Kurzzeitmerkmale den gegenwärtigen körperlichen Zustand signalisieren, wie eine gegenwärtige potenzielle Kampfbereitschaft oder auch die Abwesenheit ansteckender Krankheiten. Diejenigen Ornamente, welche sich über verschiedene Zeiträume eines Jahres entwickeln, müssen hingegen nicht notwendigerweise eine ähnliche Signalqualität aufweisen, weil sie unterschiedliche körperliche Konstitutionen zu verschiedenen Zeitpunkten eines jährlichen Zyklus signalisieren. Umgekehrt ist es unwahrscheinlich, dass die Ornamentierungen, die innerhalb des gleichen Zeitraumes auftreten, die individuelle körperliche Verfassung über verschiedene Zeiträume des Jahres signalisiert. Beispielsweise signalisiert die Fiederung von Vögeln im Herbst nicht notwendigerweise den körperlichen Zustand aus dem Frühjahr.

2.1.2 Die „*redundant signal hypothesis*“

Die *redundant signal hypothesis* besagt, dass bereits die Ausprägungen eines einzigen sekundären Geschlechtsmerkmals die partielle Repräsentation der individuellen Gesamtkonstitution umfassen (Møller und Pomiankowski, 1993).

Nach dieser Überlegung korrelieren mehrere verschiedene körperliche Merkmale untereinander mit der individuellen körperlichen Konstitution. Mehrere korrelierte Ornamentierungen heranzuziehen, kann als Absicherung verstanden werden. Die Beschränkung auf lediglich ein Signal führt zu einer erhöhten Fehlerquote.

Auf der anderen Seite führt demnach eine Partnerwahl an Hand einer einzigen sekundären Geschlechtsmerkmals dazu, dass Weibchen solche Partner wählen, welche in Wirklichkeit nur eine mangelhafte körperliche Konstitution vorweisen können. Für das Weibchen verbessert sich die Wahrscheinlichkeit, auf eine hochwertige *mate quality* zu treffen, wenn es Männchen auf zwei oder mehr unkorrelierte Merkmale hin auswählt. Dies wäre besonders der Fall, wenn die entsprechenden Ornamente verschiedene Entwicklungsverläufe und Entwicklungshintergründe aufwiesen.

Møller und Pomiankowski (1993) machten zu dieser Hypothese ebenfalls zwei Vorhersagen: Erstens, alle sekundären Geschlechtsmerkmale signalisieren bei der Partnerwahl den Zustand des Körpers. Zweitens, die verschiedenen sekundären Geschlechtsmerkmale korrelieren untereinander mit der körperlichen Konstitution auf ornamentalspezifische Weise. Zwar dauert die Einschätzung der verschiedenen Ornamente eines potenziellen Geschlechtspartner länger, allerdings ist die Einschätzung zuverlässiger und mit wenig Kosten verbunden.

2.1.3 Die „*backup hypothesis*“ und die „*efficacy backup hypothesis*“

Johnstone (1996) beschrieb mit der *backup hypothesis* einen spieltheoretischen Ansatz, wonach Signalsender mehr als eine Ornamentierung verwenden können, um die körperliche Verfassung zu signalisieren. Nach dem Modell sind Signalempfänger ebenfalls anfällig für Diskriminierungsfehler. Gegenüber Einzelsignalen dienen zusätzliche dargebotene Ornamentierungen als *Backup*-Signale. Die multiple Signale erhöhen damit die Genauigkeit in der Einschätzung der Signalqualität eines potenziellen Sexualpartners.

Die *efficacy backup hypothesis* von Hebets und Papaj (2005) erweitert den Ansatz von Johnstone (1996). Die Hypothese geht davon aus, dass bedingt durch umweltbedingte Störungen jedes Einzelsignal gegenüber den anderen Signalen als ein *Backup*-Signal fungiert. Jedes Signal ist in der Lage, eine Reaktion des Signalempfängers hervorzurufen. Die Wahrscheinlichkeit dieser Verhaltensantwort ist allerdings dann am größten, wenn mehrere Signale gleichzeitig statt isoliert dargeboten werden. Aufgrund des gleichen Informationsgehaltes der Signale besitzen die Signale untereinander eine geringe Kovarianz.

2.2 Physische Attraktivität

Attraktivität ist kein reiner Zuschreibungsprozess. Sie ist real existent. Eine Vielzahl von empirischen Arbeiten widmete sich bis zum heutigen Tage der Bewertung und Messung von physischer Attraktivität, deren Stellenwert für die Partnerwahl und jenen Unterschieden, wie Frauen und Männer beim anderen Geschlecht physische Merkmale als attraktiv einschätzen.

Die besondere Bedeutung, welcher der Mensch der physischen Attraktivität zuschreibt, ist kulturübergreifend. Bereits Charles Darwin (1871) betonte die Bedeutung in vielen Kulturen, bei der eine Vielzahl von Praktiken angewandt werden, um die Attraktivität des physischen Erscheinungsbildes zu erhöhen.

Wie wichtig Schönheit ist, zeigt sich auch daran, dass nach Schätzungen der Gesellschaft für ästhetische Chirurgie Deutschland e.V. (GÄCD, 2008) rund 400.000 Schönheitsoperationen in Deutschland durchgeführt wurden. Die Österreichische Gesellschaft für Plastische, Ästhetische und Rekonstruktive Chirurgie nennt Zahlen von rund 40.000 Schönheitsoperationen im Jahr 2009.

2.2.1 Der attraktive Stereotypus

Die Obsession für Schönheit und sexuelle Attraktivität ist seit Jahrhunderten ein immer wieder kontrovers diskutierter Gegenstand der Künste, der Philosophie und Naturwissenschaften. Im antiken Griechenland glaubte man beispielsweise an einen elementaren Zusammenhang zwischen Schönheit und positiven Persönlichkeitseigenschaften. Was schön ist musste auch gut sein. Im 20. Jahrhundert wurde in mehreren Studien dieser Zusammenhang empirisch untersucht. In „Was schön ist, ist auch gut.“ demonstrierten Dion *et al.* (1972), dass physisch attraktiven Menschen positive Attribute und physisch unattraktiven Menschen negative Eigenschaften zugeschrieben werden. Attraktive Personen wurden als glücklicher und beruflich erfolgreicher eingeschätzt und außerdem wurden ihnen Berufe mit höherem gesellschaftlichen Status zugeschrieben. Ausschließlich die Annahme, dass attraktive Personen auch eine bessere voraussichtliche Eignung als Elternteil aufweisen, wurde nicht bestätigt.

Auch tritt bei der Beurteilung von attraktiven Personen häufiger ein sogenannter Glamour-Effekt (Bassili, 1981) auf. Zum Beispiel werden attraktiven Personen sozial unerwünschte Verhaltensweisen eher verziehen als von unattraktiven Personen. Ein weitere Besonderheit stellt der Chamäleon-Effekt (Leeuwen *et al.*, 2009) dar. Dabei werden attraktivere Individuen häufiger imitiert als unattraktive Personen. Darüber hinaus vermuteten Leeuwen *et al.* (2009), dass attraktive Individuen als „gute Menschen“ empfunden werden und die befragten Probanden sich soziale Nähe mit ihnen wünschen. Darüber hinaus zeigen empirische Untersuchungen, dass Individuen größeres Interesse an attraktiven als an unattraktiven Personen zeigen (Alley und Hildebrandt, 1988; Eagly *et al.*, 1991). In einer Meta-Analyse untersuchten Eagly *et al.* (1991) zudem den Zusammenhang zwischen Attraktivität und sozialen Fähigkeiten. Sie kamen zu dem Schluss, dass attraktive Personen tatsächlich über eine hohe soziale Kompetenz verfügen. Dies kann durch Lernprozesse erklärt werden. So mutmaßten Langlois *et al.* (2000), dass attraktive Kinder und Erwachsene im Verlauf der Persönlichkeitsentwicklung positivere Rückmeldungen erfahren, was sie ebenfalls zu mehr positiven Verhalten ermutigt. Einen

anderen Aspekt des Attraktivitätsstereotypus untersuchten (Dermer und Thiel, 1975). In ihrer Studie wurden attraktive Frauen als glücklicher und erfolgreicher beurteilt. Andererseits wurden ihnen auch Prädikate, wie eingebildeter, egoistischer und ihnen wurde eine politisch konservativere Orientierung zugeordnet. Außerdem wurden attraktive Frauen für schlechtere Mütter gehalten und außerehelichem Sex weniger abgeneigt zu sein.

Die Existenz eines attraktiven Stereotypus wurde ebenfalls interkulturell festgestellt (siehe Meta-Analysen von Eagly *et al.*, 1991 und Langlois *et al.*, 2000). Die charakteristischen positiven Attribute, mit denen attraktive Individuen in Verbindung gebracht werden, unterscheiden sich dabei jedoch kulturspezifisch. Im Gegensatz zu individualisierten westlichen Kulturen, wird in den kollektivistischen Kulturen Asiens Attraktivität beispielsweise mit dem Wohlergehen von anderen assoziiert (Shaffer *et al.*, 2000; Wheeler und Kim, 1997). In westlichen Kulturen entsprechen die Zuordnungen von Attraktivität eher Persönlichkeitseigenschaften wie „sympathisch“, „kraftvoll“, „verträglich“, „zuversichtlich“ oder „hohes Ansehen“ (Dion *et al.*, 1972).

In anderen Forschungsarbeiten (beispielsweise Henss, 1987, 1988) wurde untersucht, inwieweit die Wahrnehmung von Attraktivität innerhalb einer Population konvergiert. Es zeigte sich, dass ganz bestimmte Gesichter, unabhängig von Alter, Geschlecht oder Herkunft, übereinstimmend als attraktiv eingeschätzt. Dies spricht für ein allgemeinen Attraktivitätsempfinden innerhalb einer Population. Attraktivitätsstandards sind daher nicht nur gesellschaftlich determiniert (Grogan, 1999), denn Bewertungsstudien mit verschiedenen Ethnien zeigen, dass kulturell übergreifende Schönheitsstandards existieren. Schönheit, physische Attraktivität und sexuelle Anziehung werden dabei als Synonyme verwendet und sind unabhängig von sozialer Herkunft, Alter oder Geschlecht (Langlois *et al.*, 2000; Little *et al.*, 2007; Perrett *et al.*, 1994; Thornhill und Gangestad, 1999; Thornhill und Grammer, 1999).

In ihrer Meta-Analyse von interkulturell durchgeführten Bewertungsstudien physischer Attraktivität stellten Langlois *et al.* (2000) außerdem die Geschlechterübereinstimmung in der Bewertungen von Attraktivität heraus. Die Unterschiede in der Bewertung von Attraktivität sind dann am geringsten, wenn heterosexuelle Personen gegengeschlechtlich bewerten. Dies weist auf die Bedeutung der Attraktivitätswahrnehmung bei der Partnerwahl hin, worauf im nachfolgenden Abschnitt näher eingegangen wird.

2.2.2 Physische Attraktivität und Partnerwahl

Strategien der Partnerwahl sind psychologische Mechanismen, die beim Menschen eine erfolgreiche Fortpflanzung garantieren sollen (Buss und Schmitt, 1993). Beispielsweise müssen heterosexuelle Männer innerhalb einer gewissen Lebensspanne einen fertilen Geschlechtspartner finden, um ihre Erbinformationen mit Erfolg weiterzugeben. Dabei bedarf es der Entwicklung von Präferenzen für Frauen, die auch Fruchtbarkeit signalisieren. Ohne diese Präferenzen wäre es schwieriger die Erbinformation an die nächste Generation weiterzugeben. Diese Partnerwahlstrategie ist dabei eine Lösungen auf ein adaptives Problem des Mannes. Diejenigen Männer, welche diese Strategie nicht entwickelt hatten, gehören eher nicht zu den Vorfahren des Menschen. Sie konnten sich weniger erfolgreich reproduzieren (Buss und Schmitt, 1993). Nach Cosmides und Tooby (1992) ist der gesamte menschliche Organismus, inklusive des

menschlichen Gehirns ein Resultat multipler Adaptationen. Diese Adaptationen sind Lösungen auf Problemstellungen, welche den individuellen Reproduktionserfolg in der Phase der EEA (*Environment of Evolutionary Adaptness*¹) sicher stellten.

Partnerwahlstrategien benötigen keine bewusste Planung. Allerdings werden die adaptiven Strategien durch Präferenzen ausgelöst. Diese wiederum steuern die individuelle Achtsamkeit (Buss und Schmitt, 1993). So sind einige Präferenzen von heterosexuellen Partnerwünschen bei beiden Geschlechtern gleich. In absteigender Reihenfolge sollte der Partner nett und verständnisvoll, sozial verträglich, gesund und attraktiv sein (Buss, 1989; Regan *et al.*, 2000). Andere Partnerwünsche unterschieden sich in der Bewertung der Geschlechter. Die größten geschlechtsspezifischen Unterschiede wurden für Status und Dominanz gefunden (Buss, 1989, 1992), wobei Frauen beim Partner diese Eigenschaften präferieren und Männer eher ablehnen. Allerdings ist dabei allerdings ausschlaggebend, ob es sich um Kurz- oder Langzeitinteraktionen handelt. Abgesehen davon, dass Männer eher als Frauen Kurzzeitbeziehungen bevorzugen (Buss und Schmitt, 1993), präferierten beide Geschlechter bei kurzfristigen Beziehungen Merkmale wie Gesundheit und Attraktivität (Burris *et al.*, 2011; Buss, 2004; Regan *et al.*, 2000). Gegenüber einer Langzeitbeziehung akzeptierten Frauen in einer Kurzzeitbeziehung vermehrt, dass ihr Partner weniger verständnisvoll und weniger sozial verträglich ist (Buss und Schmitt, 1993). Sie favorisieren in einer Kurzzeitbeziehung attraktive „maskulinere“ Männer (Penton-Voak *et al.*, 1999). Bei der Auswahl von Langzeitpartnern geben Frauen Kriterien wie nett und verständnisvoll, soziale Verträglichkeit und dem sozialer Status mehr Gewicht als Attraktivität (Buss und Schmitt, 1993). Ähnliches gilt für Männer. Auch sie bewerteten bei der Auswahl von Langzeitpartnern Attribute wie nett, verständnisvoll und soziale Verträglichkeit sehr hoch. Im Unterschied zu Frauen wurden allerdings Merkmale wie Gesundheit und Attraktivität höher bewertet als sozialer Status (Buss und Schmitt, 1993).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass für Männer eher physische Eigenschaften im Vordergrund stehen, welche auf die Reproduktionsfähigkeit der Frau schließen lassen, wogegen Frauen solche Partner präferieren, die bereit sind, in Nachwuchs zu investieren.

2.2.3 Präferenzen für physischer Attraktivität

potenzielle Geschlechtspartner besitzen einen unterschiedlichen *mate value* (Symons, 1992), was sich in einem differentiellen Reproduktionserfolg widerspiegelt. Das heisst, dass in der Phase der EEA diejenigen Individuen mit psychologischen Passungen im Vorteil sind, die den unterschiedlichen *mate value* eines potenziellen Geschlechtspartners als verschieden sexuell attraktiv erkennen können (Ellis, 1992). Eine Präferenz für wahrnehmbare Kennzeichen von physischer Attraktivität müsste dabei Individuen dahin prädisponieren, ihre Aufmerksamkeit selektiv nach spezifischen eindeutig erkennbaren Stimuli in der umgebenden sozialen Umwelt auszurichten. Nach Buss (1992) findet dies durch aktives Aufsuchen oder Vermeiden statt. Die weltweite teils obsessive Beschäftigung mit physischer Attraktivität ist äußerst zeitintensiv

¹„Das *Environment of Evolutionary Adaptness* oder EEA bezieht sich auf die statistische Zusammensetzung des Selektionsdrucks, der während der Evolutionsperiode einer Adaptation vorherrschend war (Cosmides und Tooby, 1992). Anders ausgedrückt bezieht sich das EEA jeder Adaptation auf den Selektionsdruck oder die adaptiven Probleme, die während der Evolution für ihre Form verantwortlich waren.“ (aus Buss, 2004)

und dadurch mit Kosten verbunden (Buss, 1994). Der Zeitaufwand muss damit einen Nutzen im Hinblick auf den reproduktiven Erfolg haben.

Wenn während der EEA psychologische Präferenzen für das aktive Aufsuchen physisch attraktiver Merkmale entstanden sind, die den *mate value* eines potenziellen Geschlechtspartners anzeigen und damit den individuellen Reproduktionserfolg steigern, besteht ein direkter Zusammenhang zwischen physischer Attraktivität und genetischer Fitness (*Good Genes-Hypothese*: Hamilton und Zuk, 1982; Roberts *et al.*, 2005; Thornhill und Gangestad, 1993). Für dies Annahme existieren Belege. Beispielsweise konnten Gangestad und Buss (1993) nachweisen, dass die Bedeutung von physischer Attraktivität in jenen der 29 untersuchten Kulturen am höchsten ausgeprägt ist, wo die Belastung durch schwerwiegenden Umweltstressoren, wie Malaria, Bilharziose oder andere Parasiten gegeben ist.

Nach Symons (1979) gibt es Präferenzen für jene Merkmale, welche auf die Gesundheit und die Fertilität eines potenziellen Geschlechtspartners hinweisen. Zu diesen Merkmalen gehören Hautzustand, Hautstruktur, Zustand der Augen, Zähne und Haare. Der Stellenwert der genannten Merkmale ist dabei in mehreren untersuchten Kulturen gleich hoch (Symons, 1979). Zudem wurde in mehreren empirischen Studien ein deutlicher Zusammenhang zwischen physischer Attraktivität, sexueller Reife, Entwicklungsstabilität und Gesundheit gefunden (Fink *et al.*, 2006; Gangestad und Buss, 1993; Little *et al.*, 2007; Pflüger *et al.*, 2012; Roberts *et al.*, 2005; Solera *et al.*, 2003). Die Merkmale des Gesichtes Durchschnittlichkeit, Symmetrie und Hormonmarker (Fink und Penton-Voak, 2002; Grammer *et al.*, 2003) sind nachfolgend näher beschrieben.

2.2.3.1 Durchschnittlichkeit

„'Durchschnitt' bezieht sich auf den mathematischen Mittelwert in der Population und zwar ... simultan bezogen auf alle Merkmalsausprägungen.“ (Henss, 1998)

Bereits im 19. Jahrhundert führte der britische Anthropologe Galton (1879) Studien über die Durchschnittlichkeit von Gesichtern durch. Er projizierte verschiedene weibliche und männliche Gesichter auf eine einzelne photographische Abbildung und erstellte damit das kompositorische Porträt eines Durchschnittsgesichtes. Symons (1979) nahm an, dass eine Präferenz für die Durchschnittlichkeit von Gesichtern existiert. Mit einem ähnlichen Verfahren wie Galton untersuchten Langlois und Roggman (1990) die Attraktivität von Durchschnittsbildern. Sie verwendeten aus Einzelgesichtern sukzessiv überlagerte Computerbilder. In einer nachfolgenden Bewertungsstudie konnten sie zeigen, dass das erzeugte durchschnittliche Gesicht insgesamt attraktiver bewertet wurde als die verschiedenen Einzelgesichter. Nur bei weiblichen Gesichtern kamen Grammer und Thornhill (1994) zu ähnlichen Ergebnissen. Dabei wiesen die kompositorischen Gesichter einen höheren Symmetriegrad auf. Allerdings waren die Attraktivitätsbewertungen der männlichen Durchschnittsgesichter gegenüber den Einzelgesichtern niedriger. Grammer und Thornhill (1994) nahmen an, dass durch das Vereinigen der Einzelbilder die typischen männlichen Gesichtsmerkmale verloren gingen, die als attraktiv wahrgenommen werden.

Thornhill und Gangestad (1993) nahmen an, dass die Durchschnittlichkeit eines Gesichtes ein ehrliches Signal darstellt und von potenziellen Geschlechtspartnern bevorzugt wird. Es

stellt ein nach außen sichtbares Merkmal eines Genotypus dar, ein hohes Maß an individueller Heterozygotität aufzuweisen. Darüber hinaus vermuten sie, dass diejenigen Individuen, deren Gesichtsform näher am Durchschnitt einer Population liegen, über einen geringeren Grad an schädlichen Mutationen verfügen und weniger von Parasiten und Krankheitserregern infiziert sind. Dabei sind diese Pathogene an häufig auftretende Proteine und deren kodierenden Gene innerhalb der Wirtspopulation angepasst. Beim Vorkommen mehrerer Varianten eines Genes innerhalb eines homologen Chromosoms ist damit die Passung für die Pathogene erschwert. Thornhill und Gangestad (1993) vermuten, dass jene Genotypen, welche stark vom Durchschnitt abweichen, eine Disposition für eine homozygote Akkumulation schädlicher Allele besitzen, was sich wiederum in einem unattraktiven Phänotyp widerspiegelt.

2.2.3.2 *Fluktuierende Asymmetrie*

Der menschlichen Körper beziehungsweise das menschliche Gesicht als bilateralsymmetrische Objekte sind nicht frei von geringer Asymmetrie. Die Asymmetrie selbst ist die formale Summe aus direktonaler Asymmetrie (DA) und fluktuierender Asymmetrie (FA). Im Gegensatz zur DA, bei der eine Seite gleichmäßig überwiegt, bestehen bei der FA kleine eher zufällige Abweichungen von der perfekten Bilateralsymmetrie (Valen, 1962).

Die Asymmetrie im Gesicht manifestiert sich sehr früh in der menschlichen Ontogenese und verändert sich während des Lebens kaum noch (Thornhill und Gangestad, 1996; Thornhill und Møller, 1997). Es wird angenommen, dass diese kleinen physischen Anomalien Instabilitäten während der frühen Embryonalentwicklung widerspiegeln. Die Ausbildung von annähernd perfekter Bilateralsymmetrie ist begünstigt, wenn der Organismus in der Lage ist, sich mit Hilfe seines Immunsystems erfolgreich gegen Umweltstressoren, wie Pathogene, Toxine und Parasiten zu wehren (Møller und Swaddle, 1997). Daher ist ein hohes Maß an Bilateralsymmetrie ein Anzeichen für ein gutes Immunsystem. Fluktuierende Asymmetrie ist somit ein Indikator für individuelle ontogenetische Stabilität (Gangestad und Thornhill, 1997; Møller und Thornhill, 1998) und Langlebigkeit (Møller und Swaddle, 1997).

Andererseits wird vermutet, dass rezessive Gene und Homozygotie ebenfalls verantwortlich für die Ausbildung von Asymmetrien sind. Die menschliche Spezies war während ihrer Entwicklung immer wieder einer nicht geringen Parasitenpräsenz ausgesetzt. Hamilton und Zuk (1982) schließen daraus, dass es zur Abwehr von Parasiten keine evolutionäre Passungen geben kann. In einem beiderseitigem Vorgang entwickeln Parasiten und Wirte Lösungen, die Abwehr des Immunsystems der Wirte einerseits zu umgehen und andererseits wieder herzustellen. Für eine erfolgreiche Fortpflanzung war es für potenzielle Geschlechtspartner daher bedeutsam, eine Präferenz für jene Individuen zu entwickeln, die eine hohe Parasitenresistenz und damit ein geringes Ausmaß an fluktuierende Asymmetrie aufweisen. Diejenigen Individuen, welche hingegen eine ausgeprägte fluktuierende Asymmetrie zeigen, sollten als weniger attraktiv wahrgenommen werden. So vermuten Thornhill und Gangestad (1999), dass die fluktuierende Asymmetrie ein intrinsisches, nicht nachahmbares und damit ehrliches Signal darstellt. Als sichtbares Merkmal bilateralsymmetrischer Strukturen wie dem Gesicht ist fluktuierende Asymmetrie schnell und eindeutig identifizierbar. Daher sollte FA eine bedeutende Rolle bei der Partnerwahl einnehmen (Møller und Thornhill, 1998).

Empirischen Studien, bei denen ein negativer Zusammenhang zwischen der Attraktivitätsbewertung von Gesichtern und der fluktuierende Asymmetrie im Gesicht existiert, untermauern diese Überlegungen (Grammer und Thornhill, 1994; Schaefer *et al.*, 2006). Für Männer fanden Gangestad *et al.* (1994) einen negativen Zusammenhang zwischen der Attraktivitätsbewertung von Gesichtern und der fluktuierenden Asymmetrie von Körpern.

Auch wenn einige Forschungsarbeiten einen Zusammenhang zwischen fluktuierender Asymmetrie und den visuellen Attraktivitätsbewertungen von Gesichtern festgestellt hatten, wurde in anderen empirischen Arbeiten ebenfalls eine Verbindung zwischen FA und den Attraktivitätsbewertungen in anderen Modalitäten konstatiert. Eine Studie von Rikowski und Grammer (1999) ergab, dass Frauen während der Ovulation die Körpergerüche von Männern mit geringer Körperasymmetrie als angenehmer empfinden. Frauen in der fertilen Phase fanden den Geruch symmetrischer Männer „sexier“ als Frauen in einer nicht-fertilen Phase. Bei den Bewertungen der Attraktivität weiblicher Körpergerüche durch Männer korrelierten diese ebenfalls mit der fluktuierenden Asymmetrie des Körpers. Hughes *et al.* (2002) zeigten, dass bei beiden Geschlechtern die Bewertungen der Stimmattraktivität auch mit der fluktuierenden Asymmetrie des Körpers korrelierten. Auf Grund dieser Ergebnisse vermuteten Hughes *et al.* (2002), dass die Stimme ebenfalls als Indikator von ontogenetischer Stabilität dienen kann.

2.2.3.3 Hormonmarker

Pränatale Sexualhormone besitzen eine entschiedene Rolle in der ontogenetischen Entwicklung geschlechtsspezifischer sekundärer Charakteristika. Zu diesen gehören ebenfalls die Reifemerkmale von Gesichtsproportionen. Feminine Gesichtsproportionen gehen bei Frauen mit einem erhöhtem Titer an Östrogenen (Durante und Li, 2009; Puts *et al.*, 2013) und maskuline Gesichtsproportionen bei Männern mit einem erhöhtem Titer an Testosteron (Penton-Voak und Chen, 2004) einher.

Einige empirische Arbeiten zeigen, dass bei beiden Geschlechtern der Titer Reproduktionsfähigkeit (Johnston und Franklin, 1993; Peters *et al.*, 2008; Pflüger *et al.*, 2012) signalisiert. Allerdings verursacht ein erhöhter Hormontiter Kosten für das Individuum, indem er suppressiv auf das Immunsystem wirkt (Ahmed und Talal, 1990; Carlsten, 2005; Kanda *et al.*, 1996; Verthelyi, 2006). Es wird angenommen, dass tatsächlich nur diejenigen Individuen mit einer hohen Immunkompetenz in der Lage sind, die toxischen Auswirkungen eines hohen Hormontiters zu tolerieren und damit die als attraktiv wahrgenommenen ausgeprägten Gesichtsproportionen entwickeln zu können (Folstad und Karter, 1992; Thornhill und Grammer, 1999). Demnach stellen ausgeprägte geschlechtsspezifische Gesichtsproportionen ein Handikap dar, dessen Träger es sich leisten kann, diese auch auszubilden (Handikap-Prinzip: Zahavi, 1975). Es wird angenommen, dass sie damit ein ehrliches Signal darstellen (Fink und Penton-Voak, 2002).

Während der Pubertät verbreitern sich bei Männern unter dem Einfluss von Testosteron der Kiefer, das Kinn und die Jochbeine. Darüber hinaus ist Testosteron ebenfalls verantwortlich für eine Verlängerung sowie eine prägnante Ausprägung der unteren Gesichtshälfte und der Augenwülste (Folstad und Karter, 1992). Dabei werden maskuline männliche Gesichter mit einer prominenten Ausprägung der Kiefer- und Wangenknochen von Frauen sowohl als dominant (Mazur *et al.*, 1994) als auch als attraktiv beurteilt (Cunningham *et al.*, 1990;

Grammer und Thornhill, 1994; Johnston *et al.*, 2001). Diese Attraktivitätsbewertungen sind jedoch zyklusabhängig. In der fertilen Phase bevorzugen Frauen ausgeprägte maskuline Reifemerkmale, wogegen in der nicht-fertilen Phase femininere männliche Gesichter bevorzugt werden (Johnston *et al.*, 2001; Penton-Voak und Perrett, 2000; Penton-Voak *et al.*, 1999). Nach Buss (1994) sind diese Präferenzen davon abhängig, ob Frauen eine Lang- oder Kurzzeitinteraktion anstreben. Für eine Langzeitbeziehung bevorzugen Frauen Männer, welche Ehrlichkeit, Kooperation und Treue signalisieren. Demnach tendieren Frauen in nicht-fertilen Phasen eher in Richtung eines Langzeitpartners. Besonders maskuline Männer scheinen diese Eigenschaften nicht zu signalisieren. Nach Buss' Annahme sind Kurzzeitinteraktionen eher in den fertilen Phasen wahrscheinlicher, bei dem der Sexualpartner einen guten Genpool zur Verfügung stellt (*gene shopping*).

Ein anderer Aspekt männlicher Attraktivität ist ein Zusammenhang der maskulinen Gesichtsausprägung und die Dominanz und Durchsetzungsfähigkeit männlicher Individuen in Konfliktbeziehungsweise Konkurrenzsituationen. Dabei bringen Neave *et al.* (2003) die männliche Dominanz und Durchsetzungsfähigkeit mit einem hohen sozialen Status in Verbindung. Dieser wiederum steigert den *mate value* eines Mannes (Buss, 1994). Überdies können maskuline Gesichtsscharakteristika die individuelle physische Leistungsfähigkeit eines Mannes signalisieren. Fink *et al.* (2007) vermuten, dass für Frauen männliche Dominanz und Durchsetzungsfähigkeit in der Phase ist der EEA ein entscheidendes Kriterium im Bezug auf Schutz und Verteidigung gegen feindliche Übergriffe war.

Der hemmenden Einfluss von Östrogen auf die Entwicklung der unteren Gesichtshälfte lässt bei Frauen die Gesichtsscharakteristika femininer wirken (Law Smith *et al.*, 2006). Im Vergleich zum Mann bleiben die Proportionen von Nase, Kiefer und Kinn schmal. Die Überaugenwulst ist einem langsameren Wachstum unterworfen, was die Augen größer erscheinen lässt. Darüber hinaus ist Östrogen verantwortlich für eine erhöhte Lipideinlagerung im Bereich der Jochbeine und der Lippen. Nach Thornhill und Gangestad (1993) sollten beispielsweise feminine Gesichtsproportionen mit hoch ausgeprägter Wangenknochen von Männern als attraktiv wahrgenommen werden. Perrett *et al.* (1998) fanden für diese Annahme Belege in verschiedenen Kulturen.

2.3 Die menschliche Stimme

„Die Stimme kann Ärger, Freude, Angst, Trauer, Langeweile ausdrücken. Sie markiert ferner mit dem Sprechrhythmus neben den kulturspezifischen Sprechstilen soziale Stellung, Geschlecht, Persönlichkeit und anders mehr.“ (Scherer und Giles, 1980)

Die menschliche Stimme ist das tragende Element von Rede und Sprache. Obwohl Rede und Sprache manchmal als Synonyme verwendet werden, ist es unter evolutionären Gesichtspunkten bedeutsam, zwischen beiden zu unterscheiden. Sprache ist ein System zur Darstellung und Kommunikation komplexer begrifflicher Strukturen. Im Gegensatz dazu bezieht sich die Rede auf das auditive beziehungsweise vokale Medium, um die Sprache zu transportieren. Obwohl Sprache und Rede eng miteinander verbunden sind, können sie getrennt analysiert werden.

Die menschliche Stimme enthält nicht ausschließlich inhaltliche Informationen. Ebenfalls transportiert sie nonverbale Signale und kann als „auditives Gesicht“ verstanden werden. Ebenso ist es möglich, aus der Stimme Individuen und emotionale Zustände zu erkennen (Belin *et al.*, 2004). Aufgrund der anatomischen Struktur des menschlichen Vokaltraktes sind Stimmen gekennzeichnet durch eine einzigartige und individuelle Kombination physischer Eigenschaften (siehe auch die Abschnitte 2.3.1, 2.4.2.1 und 2.4.2.2). Wie Gesichter beinhalten kurze inter- und intraindividuelle Veränderungen um diese generische Struktur wertvolle Informationen. Diese können in drei Kategorien eingeteilt werden: Inhaltsinformation, Identitätsinformation und affektive Information (Young, 1989). Die Stimme überträgt Informationen, über die eine Person identifiziert werden kann. Diese wiederum gliedern sich in statische Eigenschaften wie Timbre (Klangfarbe: direkt abhängig von physischen Eigenschaften wie Alter und Geschlecht) und dynamische Eigenschaften (regionalspezifische Betonung: Akzent und individuelle Sprechweise). Darüber hinaus ist es möglich, an Hand dieser Informationen mit hoher Präzision das Geschlecht und das Alter von Personen wiederzuerkennen (Linville, 1996). Ob auch andere physische Merkmale, wie das Gewicht des Körpers oder auch psychologische Eigenschaften, wie Vertrauenswürdigkeit in der Stimme wahr genommen werden können, ist dagegen nicht hinreichend gesichert (Kreiman, 1997). Die Fähigkeit in der Stimme individuelle Informationen wahrzunehmen, äußert sich in besonderer Weise in der präzisen Wiedererkennung eines Sprechers (Papcun *et al.*, 1989; Schweinberger *et al.*, 1997). Ebenso kann bei vorpubertären Kindern das Geschlecht gut erkannt werden, obwohl es in diesem Alter keine bekannten Geschlechtsunterschiede in der Anatomie des Larynx und des Vokaltraktes gibt (Fitch und Giedd, 1999).

Wie Gesichtsausdrücke wird auch der Klang der Stimme direkt vom emotionalen Status eines Individuums beeinflusst. So modifizieren verschiedene affektive Zustände die **Prosodie** und die akustischen Kenngrößen. Damit wird es möglich, den emotionalen Zustand eines Sprechers einzuschätzen. Induziert werden diese durch den autonomen Einfluss und spezifische Muster muskulärer Kontraktionen (Monrad-Krohn, 1963). Darüber hinaus vermitteln nicht-gesprochene Interjektionen (Lachen, Schreie und Ächzen) affektive Informationen und können auch als akustisches Äquivalent zu emotionalen Gesichtsausdrücken betrachtet werden. Wie im Fall der Identitätsinformationen, können affektive Informationen in statischen Merkmalen, wie das charakteristische Timbre einer schreienden Stimme, oder in den dynamischeren Merkmalen, wie der melodischen Form einer Äußerung, enthalten sein.

Die akustischen Merkmale der Stimme können mehr als einen Typus von Informationen beinhalten. Beispielsweise transportieren die Formanten sowohl Rede- und als auch Identitätsinformationen. Die Formanten entsprechen dabei denjenigen Frequenzen, die durch Filterungen im Rachenraum verstärkt werden. Sie übermitteln wichtige phonetische Informationen (siehe auch die Abschnitte 2.3.1 und 2.4.2.2). Die meisten geäußerten Phoneme können dabei gut approximiert werden, indem Töne in Form von Formantfrequenzen synthetisiert werden (Klatt, 1980). Obgleich es den synthetisierten Lautäußerungen an Stimmqualität ermangelt, können unsinnige Sätze, die lediglich aus Tönen der ersten drei Formantfrequenzen bestehen („Sprache“ erzeugt durch Sinuskurven), gut verstanden werden (Remez *et al.*, 1981).

2.3.1 Physiologie des Vokaltraktes und die Entstehung der Stimme

Um in einer kurzen Lautäußerung eine Fülle von Informationen einzuschließen, variiert die menschliche Stimme ein Vielzahl von akustischen Parametern. Der diesem Prozess zu Grunde liegende Mechanismus ist beim Menschen und anderen Vertebraten sehr ähnlich. Die kinetische Energie des Luftstromes aus den Lungen wird im Larynx (Kehlkopf) in akustische Energie umgewandelt. Die Stimmlippen beziehungsweise die Stimmbänder (siehe Abbildung 2.1) sind dabei die Signalquelle und bestehen aus mobilen elastischen Strukturen. Sie agieren als mechanische Vibratoren mit eigener Elastizität und Masse, was eine Begrenzung respektive eine Manipulation des pulmonalen Luftstromes ermöglicht. Bei der Passage der Luft durch die Vibratoren entsteht an den Stimmlippen eine Oszillationsbewegung, die beim Verschluss als akustische Energie an der Glottis (Stimmritze) freigesetzt wird (siehe Abbildung 2.1). Dabei unterstützt der BERNOULLI-Effekt die Schließungsfunktion der Stimmlippen. Das periodische Öffnen und Schließen der Stimmlippen erzeugt einen typischen Klang mit einer charakteristischen Wellenform, welche durch die Grundfrequenz beziehungsweise Fundamentalfrequenz (f_0) und ganzzahliger Vielfacher der Fundamentalfrequenz (Harmonische beziehungsweise Obertöne) bei der Lautbildung gekennzeichnet ist (myoelastische-aerodynamische Theorie: Titze, 1994). Ein variabler Anteil von Atemgeräuschen trägt zu den hauchigen und flüsternden Qualitäten der Stimme bei. Die Oszillation der Stimmlippen arbeitet nie ohne Beeinträchtigungen in der Bewegung. Eine nahezu konstante Fundamentalfrequenz ist immer mit mehr oder weniger hörbaren **Mikrofluktuationen**, wie **Jitter** (Flimmern) und **Shimmer** (Schimmern) sowie **interharmonischen Rauschen** (**Harmonie-Rausch-Verhältnis: HNR**) durchsetzt.

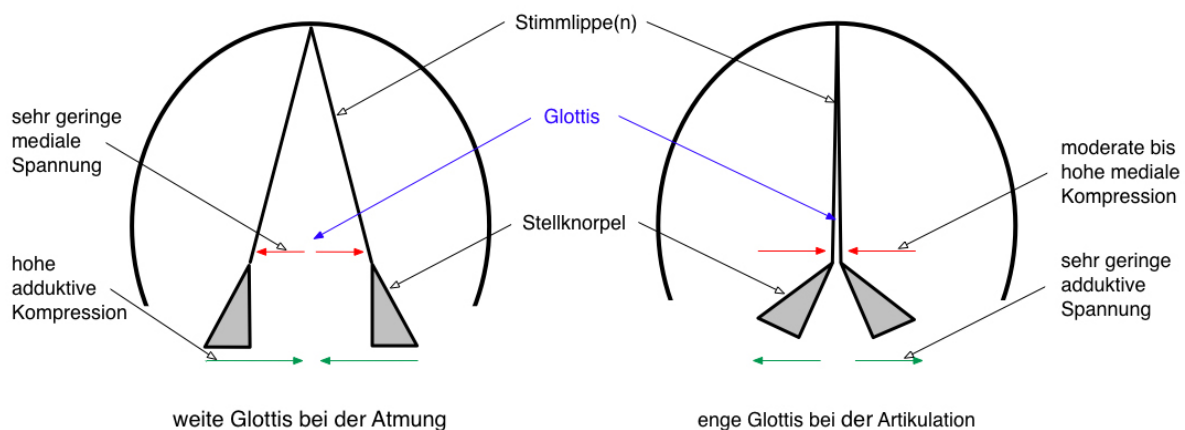


Abbildung 2.1: Schematische Darstellungen des Larynx und der Kehlkopfmuskulatur bei der Atmung und bei der Artikulation.

Der nachfolgende Vokaltrakt besteht aus dem Pharynx (Rachenraum), dem Oraltrakt und dem Nasaltrakt. In der deutschsprachigen Literatur wird auch der Begriff Ansatzrohr verwendet. Durch Heben und Senken des Velums (Gaumensegel) wird der Nasaltrakt vom Vokaltrakt ab- oder angekoppelt. Das Velum ist beim normalen Atmen abgesenkt. Durch Bewegungen der Artikulatoren (Kiefer, Rachen, Lippe oder Zunge) verändert sich die räumliche Struktur des Vokaltraktes. Dies führt zu einer Modulation des laryngealen Quellsignals, welches für die Bildung von stimmhaften Lauten, wie Halbvokale oder Vokale, notwendig ist (Titze, 1994).

Funktionell gesehen ist der Vokaltrakt ein komplexer beweglicher Filter mit Eigenresonanz, der bestimmte Frequenzen des Quellsignals verstärkt und andere vermindert. Die verstärkten Frequenzen, die Formanten, hängen von der Größe und der Form des Ansatzrohres ab, welche durch die anatomische Struktur des Vokaltraktes bestimmt werden (Fitch, 2000). Da die Formanten eine Folge der Artikulatoreinstellung und nicht eine Eigenschaft des Sprachsignals sind, müssen die Formantfrequenzen nicht mit den Frequenzen einer Harmonischen aus dem laryngealen Quellsignal übereinstimmen (Reetz, 2003).

Diese Unabhängigkeit von Signalerzeugung und Signalfilterung ist eines der Schlüsselkenntnisse moderner Sprachakustik und führte zur Quelle-Filter-Theorie (Fant, 1960), die eine getrennte Charakterisierung der gesamten akustischen Signale als Grundlage festlegt (siehe Abbildung 2.2).

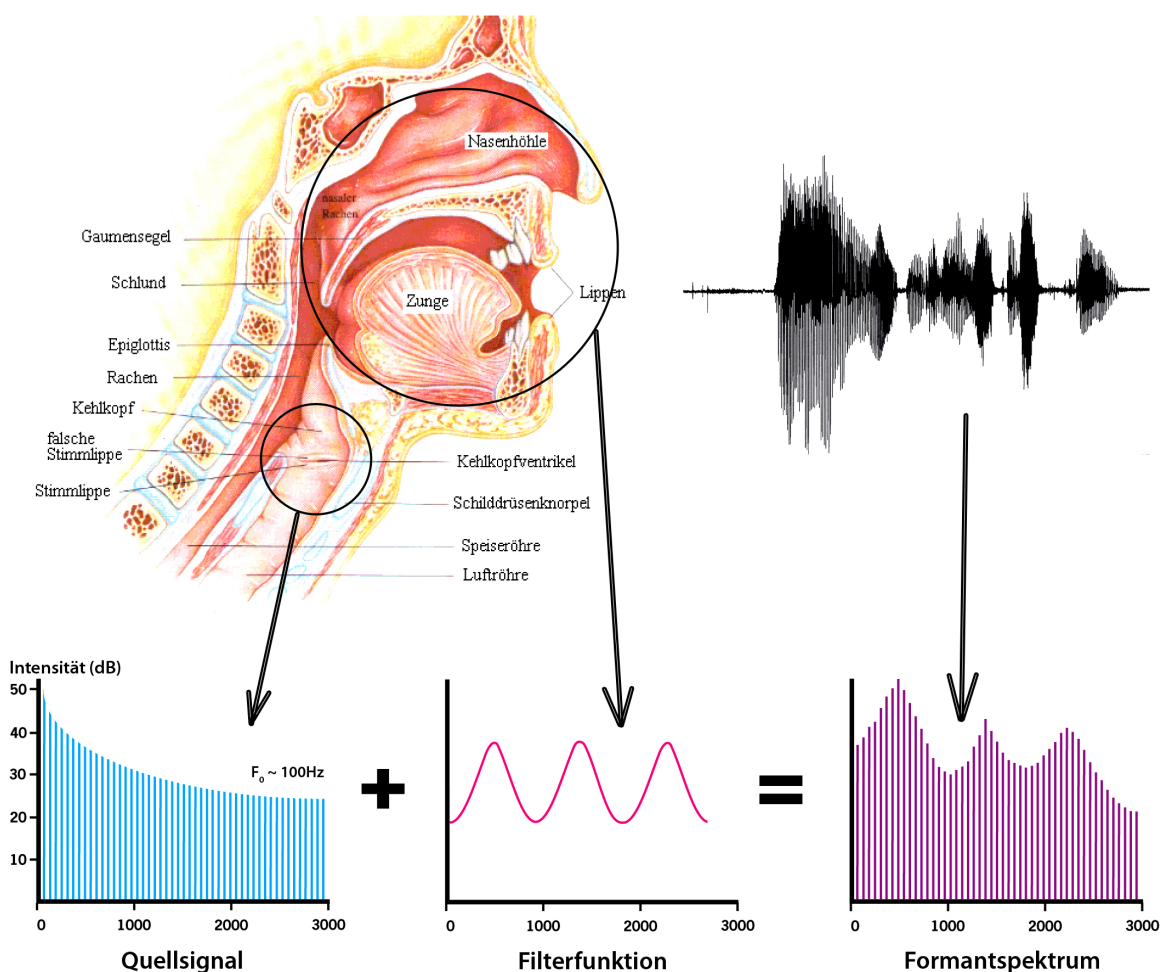


Abbildung 2.2: Schematische Darstellung der Quelle-Filter-Theorie nach Fant (1960). Querschnitt des Vokaltraktes aus Sobotta (2010).

2.3.2 Hormonelle Einflüsse auf den Sprachapparat

Nach der Geburt liegen die weibliche und die männliche Fundamentalfrequenz f_0 bei etwa 440 Hz (Kammerton a). Während der Ontogenese wird die Entwicklung des Sprachapparats durch den Einfluss von Sexualhormonen modifiziert. Bei neun- bis zwölfjährigen Jungen im Stimmbruch löst Testosteron das Wachstum des Larynx (Schilddrüse und Stimmlippe) aus. In geringerem Ausmaß findet dieser Prozess ebenfalls bei Mädchen statt (siehe Abbildung 2.3).

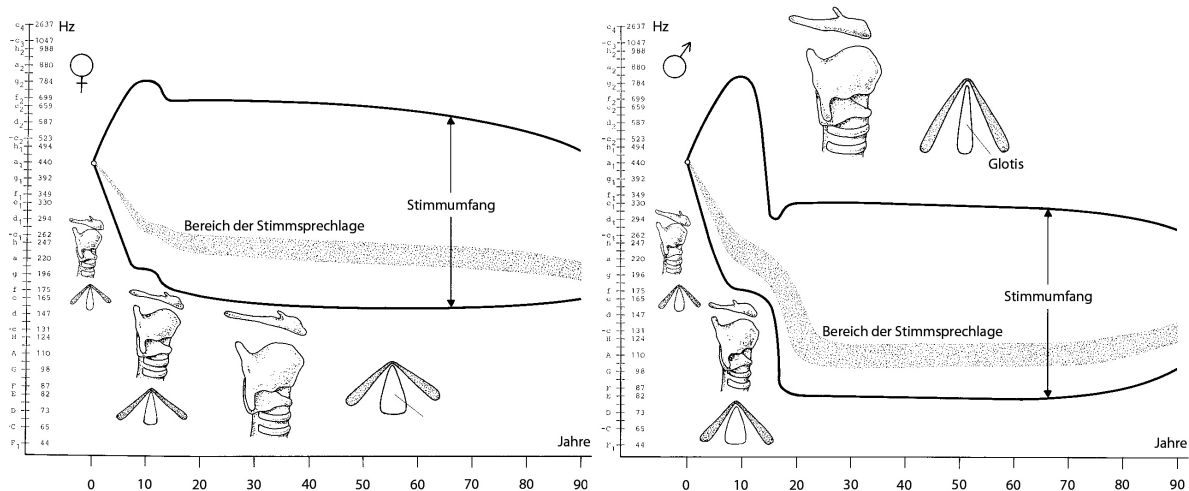


Abbildung 2.3: Entwicklung der Fundamentalfrequenz und des Vokaltraktes bei Frauen (links) und Männern (rechts) während der Ontogenese. Übernommen aus Mathelitsch und Friedrich (1995).

Im Alter von etwa 18 Jahren sind bei jungen Männern die anatomischen Veränderungen des Sprachapparates abgeschlossen. Die weibliche Stimme hingegen verändert sich von der Kindheit bis zu den Wechseljahren unter dem Einfluss von Östrogen, Progesteron und Testosteron. Überdies erhalten weibliche Stimmen nach Testosteronapplikationen zu jedem Zeitpunkt maskuline akustische Charakteristika (Abitbol *et al.*, 1999). Eine solche Änderung wird als Stimmperversion bezeichnet und ist irreversibel. Im Gegensatz dazu besitzen männliche Kastrati feminine Stimmen (Jenkins, 1998), da sich während der Pubertät der Larynx durch den verminderten Testosterontiter charakteristisch weiblich entwickelt.

Die Fundamentalfrequenz der Stimme ist bei allen Primaten abhängig von der Dicke und der Größe der Stimmlippen, welche aus Knorpelgewebe bestehen (Fant, 1960; Schön, 1995). Unter dem Einfluss von Testosteron nimmt die Dicke und Größe der Stimmlippen zu (Beckford *et al.*, 1985; Hollien, 1960), was zu der tiefen Stimmlage bei Männern führt (Dabbs und Mallinger, 1999). Gleichzeitig mit den Veränderungen der Körperform und Körperhöhe treten in der Pubertät die Veränderungen des Vokalapparates auf. Dabei ist die relative Zunahme der Stimmlippenlänge größer als die der Körperhöhe (Hollien *et al.*, 1994). Während der Adoleszenz besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der Fundamentalfrequenz f_0 und Körperhöhe, da sich die Körperhöhe vergrößert und gleichzeitig die Stimmlage tiefer wird. Diese Beziehung geht in späteren Phasen der Pubertät verloren (Hollien *et al.*, 1994).

Bei Frauen verändert sich in der Menopause die Stimme deutlich (Abitbol *et al.*, 1999). Der Rückgang der Ovarialfollikel leitet das Ausbleiben der Menstruation und der Sekretion von Progesteron ein. Durch erhöhte Ausschüttung von follikelstimulierenden Hormonen (FSH) und

luteinisierenden Hormonen (LH) verändert sich die endokrine Sekretion der Eierstöcke. Das Verhältnis von Östrogenen und Androgenen verschiebt sich zugunsten der Androgene. Der Einfluss der Androgene ist vielfältig und äußert sich beispielsweise in einer Verringerung der Stimmintensität, einem Absenken der Fundamentalfrequenz, einem höheren *Jitter*, einer vokalen Ermüdung, einem verringerten Stimmumfang und einem Verlust des Timbres (Abitbol *et al.*, 1999; Ramig *et al.*, 2001). Bei Männern kommt es zu einer Abnahme der von Androgensekretion. Diese verläuft graduell und führt beispielsweise zu einer Verringerung der Stimmintensität, einer Erhöhung der Fundamentalfrequenz, einem höheren *Jitter* und einem erhöhten Harmonie-Rausch-Verhältnis (Ferrand, 2002; Gugatschka *et al.*, 2010; Ramig *et al.*, 2001).

2.3.3 Stimmwahrnehmung, auditorischer Kortex und bildgebende Verfahren

Der Ansatz von multiplen, parallel arbeitenden Signalwegen ist in verschiedenen Forschungsfeldern der kognitiven Neurowissenschaften, wie Gedächtnis (Squire, 1992) und Sehvermögen (Ungerleider und Mishkin, 1982) umfangreich untersucht wurden. Im Bereich der visuellen Wahrnehmung bezieht sich dies auf einen WAS-Signalweg (Erkennung von Objekten) und einen WO-Signalweg (Lokalisierung von Objekten: Ungerleider und Mishkin, 1982). Modifiziert wurde die Sichtweise durch die Postulierung eines WIE-Signalweges. Dies umfasst die Bestimmung des eigenen Ortes und Vorbereitung visuell geleiteter Aktionen, wie beispielsweise Greifbewegungen (Goodale und Milner, 1992).

Im Gegensatz zur visuellen Wahrnehmung ist relativ wenig über die Verarbeitung von nonverbalen Informationen im auditiven Kortex bekannt. Im vergangenen Jahrzehnt rückte die Stimme als „auditorisches Gesicht“ (Belin *et al.*, 2004) allerdings vermehrt in das Blickfeld der Neurowissenschaften. Belin und Zatorre (2000) nehmen an, dass die akustische Wahrnehmung funktionell genau wie die visuelle Wahrnehmung über WAS-, WO- und WIE-Signalwege arbeitet. So ließen Studien über die Wahrnehmung von sprachliche Inhalten (WAS-Signalweg: Hickok und Poeppel, 2000; Zatorre und Binder, 2000) eine beidseitige spezifische Einbindung nicht-primärer Regionen des oberen Temporallappens erkennen. Einige Studien untersuchten mit Hilfe bildgebender Verfahren affektive Informationen in der Stimme (WIE-Signalweg). Um verschiedene emotionale Zustände wiederzugeben, verwendeten sie Sprachstimuli, in denen die Prosodie manipuliert wurde. Untersuchungen mittels Positronen-Emissions-Tomographie (PET: George *et al.*, 1996) oder funktioneller Magnetresonanztomographie (fMRI: Buchanan *et al.*, 2000; Mitchell *et al.*, 2003) zeigten die Aktivierung des rechten Temporallappens und des rechten inferioren präfrontalen Kortex, wenn die Aufmerksamkeit sich direkt auf emotionale Prosodie richtet. Wenig ist über die neuronale Basis der Erkennung und Wiedererkennung von Sprechern bekannt. Patienten mit Hirnläsionen zeigten in klinischen Studien ein Defizit in der Unterscheidung und Wiedererkennung von Sprechern (Neuner und Schweinberger, 2000; Van Lancker und Canter, 1982). Diese Studien zeigen, dass einerseits zwischen Defiziten in der Unterscheidung unbekannter Sprecher und andererseits zwischen Defiziten in der Wiedererkennung bekannter Sprecher (Phonagnosie) unterschieden werden kann. Allerdings kommen beide Fälle häufiger nach Läsionen in der rechten Hemisphäre vor. Wichtig ist hierbei eine zweifache Unterscheidung zwischen der Wahrnehmung und Wiedererkennung von Sprechern. Gezeigt werden konnte dies durch Fälle mit vorhandener Wahrnehmung aber beeinträchtigter

Wiedererkennung und durch Fälle mit Aphasie bei normaler Stimmerkennung. Dies unterstützt ein Modell der Signalorganisation, in dem Rede- und Identitätsinformationen in teilweise getrennten kortikalen Regionen verarbeitet werden (Belin *et al.*, 2004; siehe Abbildung 2.4).

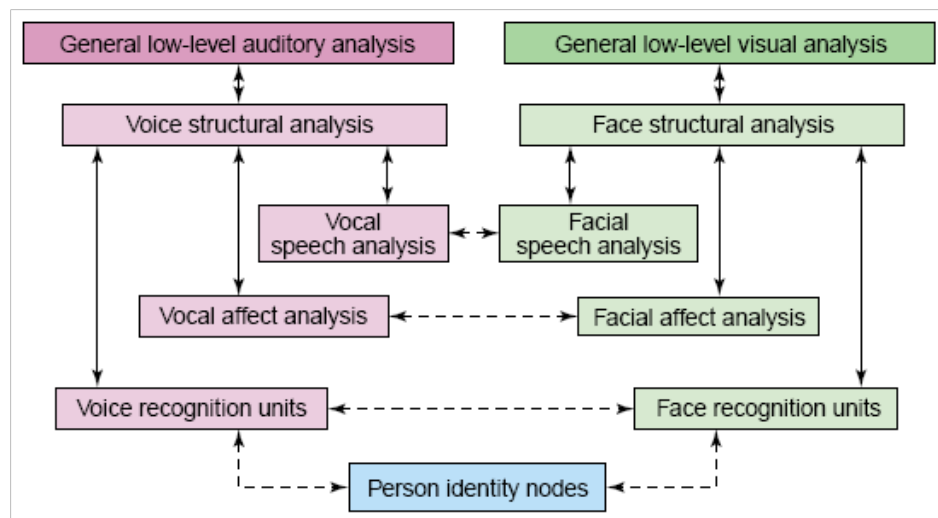


Abbildung 2.4: Modell der visuellen und der Stimmwahrnehmung. Der rechte Teil der Karte ist übernommen von Bruce und Young. Der linke Teil schlägt eine ähnliche funktionelle Organisation für die Stimmverarbeitung vor. Gestrichelte Linien weisen auf multimodale Interaktionen hin. Aus Belin *et al.* (2004).

Imaizumi *et al.* (1997) untersuchten mit Hilfe der Positronen-Emissions-Tomographie die Muster der zerebralen Aktivität, die bei der Identifikation von Sprechern erzeugt werden. In beiden Hemisphären war während der Identifizierung der Sprechers der anteriore Temporallappen aktiver, als bei der Identifikation von Emotionen. Kriegstein *et al.* (2003) verwendeten fMRI, um die Hirnaktivitäten zu messen, die sich auf die Identifikation des Sprechers oder eher auf den verbalen Inhalt der Sätze richteten. Sie fanden, dass der rechte anteriore Temporale Sulcus (STS) und ein Teil des rechten Precuneus aktiver waren, wenn der Wahrnehmungsprozess auf des Sprechers Identität gerichtet war, hingegen die linke mittlere Region im Superioren Temporalen Sulcus (STS) beim Erkennen des Sprachinhaltes aktiver war. Obgleich die vokalen Stimuli unter beiden Bedingungen ähnlich waren, modulierte die Aufmerksamkeit jedes Mal Aktivitäten in den STS-Regionen. Darüber hinaus gibt es Hinweise dafür, dass die Verarbeitung der Sprecheridentifikationen in der Region des anterioren Temporallappens der rechten Hemisphäre und zum Teil in der rechten anterioren STS-Region stattfindet (Kriegstein *et al.*, 2003). Dies stimmt mit Modellen der Organisation des auditiven Kortex von Primaten überein (Kaas und Hackett, 1999), in denen ein ventraler WAS-Signalweg homolog zum Signalweg im visuellen System (Rauschecker und Tian, 2000) auf Wiedererkennung auditiver Objekte und individueller Stimmen (Kriegstein *et al.*, 2005) spezialisiert wurde.

Eine neuere fMRI-Studie weist auf eine Beteiligung von stimmsensitiven Arealen der bilateralen Regionen der Superioren Temporalen Sulci (STS), der Superioren Temporalen Gyri (STG) und des dreieckigen rechten Inferioren Frontalen Gyrus (IFG) bei der Wahrnehmung von unattraktiven Stimmen hin (Bestelmeyer *et al.*, 2012). Die durch mehrfaches auditives Morphing erzeugten attraktiven Stimmen (Bruckert *et al.*, 2010) führten hingegen zu einer

verstärkten Aktivierung der bilateralen Frontalen Gyri (FG) und des linken mediooccipitalen Kortex (Bestelmeyer *et al.*, 2012). Obwohl die bilateralen FG, die regulär für die Verarbeitung von Informationen des Gesichtes zuständig sind, sich etwas medialer befinden, demonstriert das Ergebnis die Beteiligung von visuell sensitiven Regionen bei der Attraktivitätswahrnehmung von Stimmen. Zudem stützt dies die Annahme einer Homologie in der funktionellen Organisation der Wahrnehmung und Verarbeitung von Stimmen und Gesichtern (Belin *et al.*, 2004; Latinus und Belin, 2011). Darüber hinaus vermuten Bestelmeyer *et al.* (2012) wie auch Latinus und Belin (2011), dass ein vokaler Prototypus existiert, wobei mit zunehmender Abweichung von diesem Prototyp die STS- und STG-Regionen aktiviert werden.

2.4 Stimmqualität

2.4.1 Definition von Stimmqualität

Den Begriff „Stimmqualität“ so wie den Begriff „Stimme“ genau zu definieren, ist schwierig (Kreiman *et al.*, 2004). Die Stimmqualität wird in vielen Konzepten verwendet. Einerseits bezieht sich Stimmqualität auf die Signalqualitäten des Kehlkopfes oder einer speziellen Form der Phonation, zum Beispiel einer behauchten Stimme. Andererseits wird die Stimmqualität als unbestimmter Begriff verwendet, um die Lautäußerungen eines Sprechers mit den Parametern Fundamentalfrequenz, Stimmlage oder Lautstärke zu beschreiben. Die Mehrzahl der durchgeführten Untersuchungen eines mehrdimensionalen und hochkomplexen auditiven Signals wie der Stimmqualität, beschränken mehrheitlich sich auf die Identifizierung und Definition beschreibender ohrenphonetischer Charakteristika von Stimmen (Kreiman *et al.*, 2004).

Aufgrund der uneindeutigen Definition von Stimmqualität ist sowohl die ohrenphonetische als auch die messphonetische Analyse von Stimmqualität genauso uneindeutig. Beispielsweise unterscheiden sich einerseits die subjektiven Bewertungen von pathologisch rauhen Stimmen häufig in ihren Übereinstimmungen von Klinik zu Klinik, da keine genormten Messskalen existieren (Kreiman *et al.*, 1993). Andererseits zeigten Kreiman *et al.* (1992), dass die individuelle ohrenphonetische Charakterisierung von gesunder und pathologischer Stimmqualität sehr von der Erfahrung der Beurteilenden abhängig ist.

In den letzten Jahren etablierten sich verschiedene Klassifikationssysteme für die ohrenphonetische Analyse von pathologischer Stimmgüte durch professionell trainierte Beurteiler. In der US-amerikanischen und japanischen Phonologie hat sich dabei die GRBAS-Skala durchgesetzt (Hirano, 1981). Diese ist nachfolgend dargestellt:

- G: *overall grade or degree* (Grad der Heiserkeit)
- R: *rough* (Rauigkeit)
- B: *breathy* (Behauchtheit)
- A: *asthenic* (Klangarmut)
- S: *strained quality* (Spannung).

Im europäischen Sprachraum ist die GRBAS-Skala allerdings umstritten, da Asthenie mit Behauchtheit korreliert. Daher wird das RBH-System (Wendler *et al.*, 1986) bevorzugt verwendet, das sich in folgende Elemente gliedert:

- R: *roughness* (Rauigkeit)
 B: *breathiness* (Behauchtheit)
 H: *hoarseness* (Heiserkeit).

Bei dieser Art der Klassifizierung von Stimmen ist zusätzlich zu beachten, dass beispielsweise eine pathologisch raue Stimme rauer als eine gesunde raue Stimme sein kann. Der Grad der Rauheit ist allerdings nicht vergleichbar. Ebenfalls entscheidend ist die Erfahrung des Beurteilenden. Falls eine Pathologie vorliegt, ist die Ursache für die raue Stimme geklärt. Für nicht pathologische Stimmen kann die Stimmqualität aber ein Merkmal der sozialen Identität sein. Ohne zusätzliche Informationen über den Sprecher kann die Rauigkeit in der Stimme nicht zweifelsfrei interpretiert werden.

Definition von Stimmqualität in dieser Arbeit

In einer Metaanalyse von messphonetischen Untersuchungen stellten Maryn *et al.* (2009) die Stimmqualität als formantbedingte Qualität oder als Maß von akustischen Parametern der Schwingungsirregularitäten *Jitter* und *Shimmer* und den Anteil des interharmonischen Rauschens (HNR) heraus. Die akustischen Analysen bezogen sich dabei Lautäußerungen von segmentierte Vokalen kontinuierlich gesprochener Sprache beziehungsweise auf die separate Artikulation von gehaltenen Vokalen (beispielsweise ein langes /a:/). Im Gegensatz zur rein messphonetischen Beschreibung von Stimmqualität untersuchten Baumann und Belin (2010) zusätzlich die individuellen und geschlechtsspezifischen ohrenphonetischen Charakteristika von gehaltenen Vokalen nicht-pathologischer Stimmen. Entscheidend für die individuelle Sprechererkennung war dabei die Unterscheidung von akustischen Parametern des Larynx (f_0 , *Jitter*, *Shimmer*) und des Vokaltraktes (mittlere Lage der Formanten und Formantdispersion).

Die weiter oben beschriebenen Uneindeutigkeiten in der Definition von Stimmqualität ist bisher innerhalb der Phonetik nicht zufrieden stellend gelöst wurden, da kein Modell existiert, welches Physiologie, Akustik und Stimmqualität vereint (Kreiman *et al.*, 2004). In dieser Arbeit wird versucht, Stimmqualität mit Hilfe der akustischen Parameter Fundamentalfrequenz, *Jitter* und *Shimmer*, Harmonie-Rausch-Verhältnis (HNR) und mittlere Lage der Formanten zu beschreiben. Sie stützt sich in den nachfolgenden Abschnitten auf die klassische Rahmendefinitionen von Laver (Laver, 1980, 1994), welcher Stimmqualität als vokale Profilanalyse erstmals umfassend beschrieb und definierte. Lavers vokale Profilanalyse versucht, die weiter oben beschriebenen Definitionsprobleme von Stimmqualität zu limitieren. Sie verwendet dazu die zu Grunde liegende generische und physiologische Konfigurationen des Sprachapparates, welche den Klang von nicht-pathologischen Stimmen erzeugen (siehe Abschnitt 2.3.1). In der physiologischen Beschreibung der Klangerzeugung ist Lavers Profilanalyse umfassend und so weit als möglich mit den phonetischen Modellen der Sprachproduktion konsistent (Kreiman *et al.*, 2004). Lavers Begriffsbestimmungen basieren auf der Vorarbeit von Abercrombie (1967).

2.4.1.1 Zeitfenster

Der erste Punkt in Lavers Definition von Stimmqualität ist die zeitliche Ausdehnung der Lautäußerungen. Vokale Merkmale können sich über kurze, mittlere oder längere Zeiträume erstrecken. Dabei haben diese drei Domänen verschieden involvierte Aufgaben (Laver, 1994). Kurzzeitige Unterscheidungsmerkmale besitzen linguistische Funktionen. Sie übertragen nacheinander begriffliche Inhalte phonologischer und grammatikalischer Einheiten in längeren strukturellen Einheiten. Zu diesen gehören neben Konsonanten, Vokale, Wörter auch längere Lautäußerungen. Linguistische Einheiten besitzen eine kommunikative und informelle Funktion.

Merkmale über ein mittleres Zeitfenster haben paralinguistische Funktionen. Sie übermitteln den emotionalen Status des Sprechers, wie Ärger oder Enttäuschung. Beispielsweise kann Ärger mit einer scharfen, lauten oder hohen Stimme kommuniziert werden. Diese Eigenschaften werden stets mit dem Klang der Stimme assoziiert. Wie linguistische Merkmale auch besitzen paralinguistische Merkmale eine kommunikative und eine informative Funktion. Im Gegensatz zu linguistischen Merkmalen gibt es bei paralinguistischen Informationen keine sequentielle Struktur. Ein bestimmte Klang der Stimme während der Artikulation in einem bestimmten Moment steht nicht notwendigerweise in einer Beziehung zum Klang der Stimme in einem anderen Moment.

Merkmale mit einem langen Zeitfenster erfüllen extralinguistische Funktionen. Die Merkmale bestehen aus Elementen, welche mehr oder weniger dauerhaft im Stimmsignal vorhanden sind, wie beispielsweise der Stimmlage eines Sprechers. Nach Lavers Modell haben extralinguistische Merkmale informative, aber keine kommunikativen Funktionen. Die vom Zuhörer abgeleiteten Informationen sind unabhängig von der Intention des Sprechers. Der individuelle Klang des Sprechers beziehungsweise Identitätsinformationen, wie Alter, Geschlecht, Gesundheit oder regionale Herkunft werden ebenfalls den extralinguistischen Funktionen zugeordnet (Laver, 1994).

2.4.1.2 Settings

„Der Begriff Stimmqualität bezieht sich auf die Charakteristika, welche mehr oder weniger dauerhaft vorhanden sind, während eine Person spricht. Der Klang, der den Mund verlässt, besitzt eine quasi-dauerhafte Qualität.“ (Abercrombie, 1967)

„Stimmqualität wird hier in einen breiten Rahmen gefasst. Dieser schließt auch die individuelle charakteristische Klangfarbe eines Sprechers ein und nicht nur die abgeleitete Kehlkopfaktivität. Beide, die Merkmale des Kehlkopfes und Merkmale des Rachenraumes können zur Stimmqualität beitragen.“ (Laver, 1980)

In der ersten der beiden Definition verwendete Abercrombie den Begriff 'quasi-dauerhaft'. Damit verweist Abercrombie auf eine bewusste Änderung der Stimmqualität. Laver überarbeitete diesen Ansatz, indem er zwei Merkmalstypen mit langem Zeitfenster unterschied. Dazu gehören anatomisch bedingte Merkmale der Stimmkomponenten, die nicht veränderbar sind und bewusst beeinflussbare vokale Settings der Sprachapparatkonfiguration.

Die anatomischen Stimmkomponenten sind auf morphologisch bedingten Unterschiede zwischen den verschiedenen Sprechern zurückzuführen, was wiederum die Unterschiede der

Stimmqualität individueller Sprecher beziehungsweise verschiedener Gruppen erklärt. Ein weiteres anatomisches Merkmal ist der bei Frauen und Männern wahrnehmbare Unterschied in der mittleren Stimmlage/Fundamentalfrequenz aufgrund der unterschiedlichen Größe und Masse der Stimmlippen (siehe auch Abschnitt 2.5.1).

Beim Formen der extralinguistischen Struktur der Stimme spielen kulturelle Faktoren und lokale Gewohnheiten ebenfalls eine Rolle. Das vokale Setting der Sprachapparatkonfiguration wird beispielsweise durch dialektal typisches Verlängern oder Kürzen von Lautsegmenten modifiziert. Wenn beispielsweise ein Sprecher eine bestimmte nasale Stimmqualität produziert, sind diese nasalen Charakteristika dann durchgehend in den Sprachsegmenten enthalten. Zu unterscheiden sind diese allerdings von typischen Nasallauten wie /n/ oder /m/, die eine linguistische Funktion aufweisen und damit begriffliche Inhalte übertragen.

Der Bereich des Settings kann kurze, mittlere oder längere Zeiträume umfassen. Ein kurzzeitiges Setting kann eine Koartikulation sein, bei der die arrondierten Merkmale eines Vokals in einen nachfolgenden Konsonanten überführt werden (beispielsweise eine **r-Vokalisierung**, siehe auch „Phonation der Vokale“ im Anhang A auf Seite 159). Ein Setting über einen mittleren Zeitraum ist beispielsweise das Flüstern. Um beispielsweise vertrauliche Informationen zu übermitteln, kann ein Sprecher sich bewusst entscheiden, die Artikulation mit einem Flüstern zu unterlegen.

Die anatomisch bedingten Charakteristika der Stimme und die bewussten Settings der Stimmqualität unterliegen den gleichen akustischen Parametern. Der Stimmumfang wird durch die physiologischen Eigenschaften der Stimmlippen begrenzt. Der Tonumfang kann aber ebenfalls ein Setting der Stimmqualität sein. Ein Sprecher kann den Stimmumfang bewusst beeinflussen.

2.4.2 Variablen der Stimmqualität

Laver (1991a) standardisierte in einem neutralen Setting den Sprechapparat, um die anatomisch bedingte Stimmqualität und das bewussten Setting zu unterscheiden. Der Typus eines bestimmten Settings wird dabei als Grad der Abweichung vom neutralen Zustand beschrieben. Das neutrale Setting ist definiert als Ausgangsposition relativ zu den möglichen Einstellungen (Laver, 1991a). Mit dieser Beschreibung wird Stimmqualität als eine Superposition einerseits der individuellen Settings und andererseits der anatomischen Komponenten betrachtet, die zu einem großen Teil die basale Stimmqualität eines individuellen Sprechers, das heißt sein neutrales Setting kennzeichnen.

Die individuellen Settings von nicht-pathologischen Stimmen unterteilte Laver (1994) in phonatorische Settings, artikulatorische Settings, Settings der Muskelspannungen und prosodische Settings, die in den nächsten Abschnitten genauer beschrieben sind. Zudem können die einzelnen Settings in reiner oder auch gemischter Form auftreten.

Faktoren, welche ausschließlich die laryngeale Struktur der Stimmlippen und des zugehörigen Muskel- und Knorpelgewebes und damit die Signalerzeugung betreffen, werden von Laver als phonatorisches Settings bezeichnet. Dabei unterteilte Laver weiter in Phonationstypen der Stimmqualität und in phonatorische Modifikationen modaler Stimmqualität. Das artikulatorische Setting umfasst die generelle Konfiguration des Vokaltraktes beim Sprechen, welche

mit einer Modulation des unabhängigen laryngealen Quellsignals verbunden ist. Settings der Muskelspannungen beschreiben den Grad muskulärer Spannung innerhalb des Sprachapparates. Zum einen werden dabei laryngeale Spannungen und zum anderen supralaryngeale Spannungen unterschieden, welche sich in einer kraftlosen oder kraftvollen Phonation beziehungsweise Artikulation manifestieren.

Die prosodische Settings umfassen die Stimmlage (*pitch*), die Lautstärke und die Sprechgeschwindigkeit.

2.4.2.1 Phonatorische Settings: Larynx

Modale Stimme

Die modale Stimmqualität umfasst den vollständigen Einsatz der Glottis beim Sprechen mit periodischen Schwingungen der Stimmbänder ohne hörbare Reibung. Die modale Stimme wird begleitet von moderaten Muskelspannungen (Abbildung 2.5), wenn sich die Fundamentalfrequenzen im unteren Bereich des Stimmumfangs befinden. Die modale Stimme dient als Referenz zur Abgrenzung von anderen phonatorischen Settings als eine Art Standard. (Laver, 1991a,b).

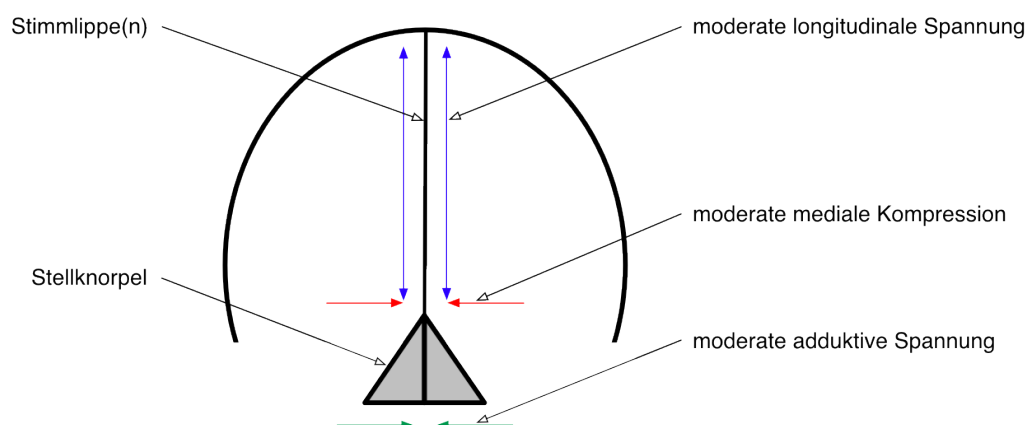


Abbildung 2.5: Modale Stimme: Schematische Darstellung der Muskelspannungen im Larynx.

Falsett/Kopfstimme

Bei der Kopfstimme dehnen sich die Stimmlippen bis sie zu dünnen Bändern werden. Sie schwingen mit einer hohen Frequenz, da die Stimmlippen eine kleine Masse und eine hohe Spannung aufweisen (Abbildung 2.6). Durch den ausbleibenden Verschluss der Glottis ist eine lange ermüdungsarme Artikulation möglich. Die Fundamentalfrequenz mit geringer Amplitude und kurzen bis nicht abgeschlossenen Perioden ist bis zu einer Oktave nach oben verschoben.

Knarrende Stimme

Die Werte der Fundamentalfrequenzen sind bei knarrenden Stimmen äußerst niedrig (30–50 Hz) und liegen nicht im Bereich der modalen Stimmqualität (Laver, 1980). Dies unterscheidet die knarrende Stimme von der rauen Stimme, der sie sonst ähnlich ist. Deutlich wahrnehmbar sind die einzelnen, periodisch abrupten Schläge der Stimmlippen, als würde ein Stock an einem Geländer schleifen. Knarrende Stimmen entstehen durch die Aktivität von kompak-

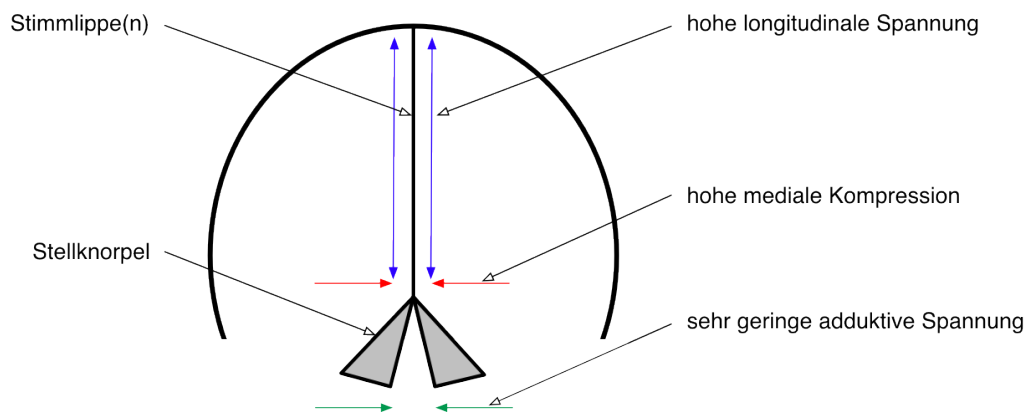


Abbildung 2.6: Kopfstimme: Schematische Darstellung der Muskelspannungen im Larynx.

ten und verdickten Stimmlippen. Bei ihrer Interaktion berühren sie die Taschenfalten über den Stimmlippen (falsche Stimmlippen) und haben damit einen dämpfenden Effekt auf die Schwingungen der Vibratoren. Akustisches Merkmal einer knarrenden Stimme sind nach Laver (1980) sowie Klatt und Klatt (1990) eine kurze Glottisperiode, eine tiefe Fundamentalfrequenz und eine mögliche Diplophonie (doppelte Fundamentalfrequenz) aufgrund der zusätzlichen Schwingungen der falschen Stimmlippen (Abbildung 2.7).

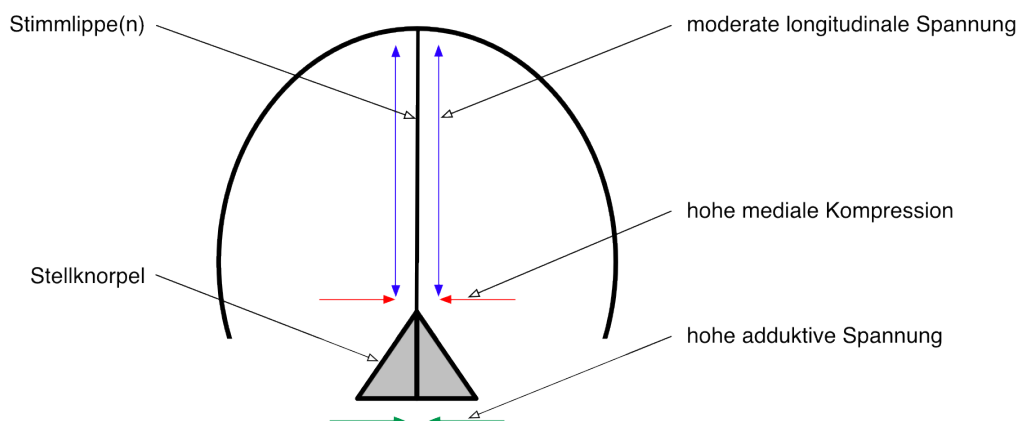


Abbildung 2.7: Knarrende Stimme: Schematische Darstellung der Muskelspannungen im Larynx.

Flüsternde Stimme

Das Sprechen mit flüsternder Stimme ist mit deutlichen Reibungsgeräuschen verbunden. Dabei ist die Muskelspannung moderat bis hoch (Abbildung 2.8). Der mittlere Bereich der Stimmlippen ist dicht geschlossen. Auf der Seite der Stellknorpel kann die Luft durch eine dreiseitige Öffnung entweichen (sog. Flüsterdreieck). Die Größe der Öffnung verhält sich umgekehrt zum Anteil wahrnehmbarer Frikation (Reibungsgeräusche). Die Öffnung ist kleiner bei einer ausgeprägten Flüsterstimme. Die Flüsterstimme ist keine modale Stimmqualität. Phonetische Analysen von flüsternden Stimmen weisen auf einen erhöhten Anteil des interharmonischen Rauschens (HNR) in höheren Frequenzlagen hin (Klatt und Klatt, 1990; Krom, 1994a). Das Rauschen wird durch Turbulenzen an den Stimmlippen erzeugt, welche wiederum durch den verstärkten Luftstrom durch die Stimmritze und dem unvollständigen Schließen der Stimmlippen verursacht werden (siehe auch behauchte Stimme).

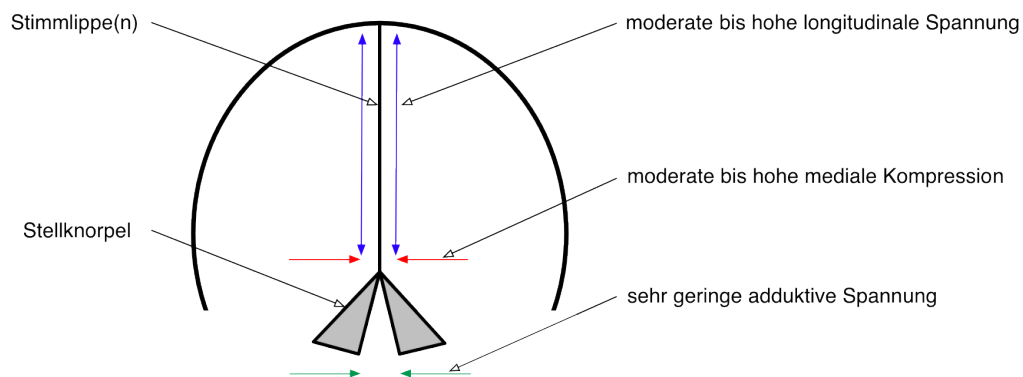


Abbildung 2.8: Flüsternde Stimme: Schematische Darstellung der Muskelspannungen im Larynx.

Behauchte Stimme

Wie flüsternde Stimmen sind behauchte Stimmen sind charakterisiert durch eine wahrnehmbare Reibung im Stimmklang. Dabei durchströmt die Luft hörbar die Stimmlippen. Der Hauptunterschied beider Phonationstypen ist der Anteil der Spannung in der Stimme (Abbildung 2.9). Behauchte Stimmen sind eine Modifikationen der modalen Stimmqualität (Laver, 1980) und zeichnen sich durch eine entspannte Stimmuskulatur aus. Während flüsternde Stimmen eher typisch für eine leise verbale Kommunikation in Bibliotheken ist, können behauchte Stimmen beispielsweise intimer Natur sein.

Während des Sprechens mit behauchter Stimme ist die Muskelspannung gering. Dies verhindert das Verschließen der Stimmbänder während der Vibration; sie berühren sich im mittleren Bereich der Stimmbänder nicht. Deshalb wird der Zustrom der Luft durch die Stimmlippen erhöht, was sich in Turbulenzen und wahrnehmbarer Reibung äußert. Laver (1980) weist außerdem darauf hin, dass der Begriff der behauchten Stimme häufig dann verwendet wird, wenn der Begriff einer flüsternden Stimme angemessener gewesen wäre. Durch das unvollständige Schließen der Glottis kommt es zu einer Dämpfung höherer Frequenzen (Klatt und Klatt, 1990; Krom, 1994a). Der Grad des interharmonischen Rauschens wird durch den mittleren Unterschied zwischen der periodischen Komponente der Harmonischen und dem Rauschanteil im Spektrum (HNR) angezeigt. Flüsternde Stimmen besitzen die gleichen phonetischen Kenngrößen wie behauchte Stimmen.

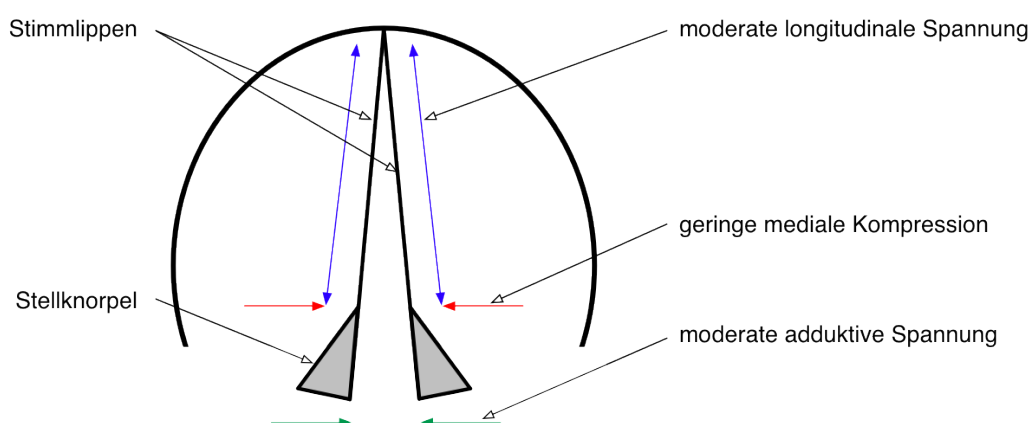


Abbildung 2.9: Behauchte Stimme: Schematische Darstellung der Muskelspannungen im Larynx.

Raue Stimme

Raue Stimmen (Abbildung 2.10) werden auch als harte beziehungsweise kratzige Stimmen bezeichnet. Sie sind eine Modifikation der modalen Stimmqualität. Die Rauigkeit wird als schnarrender Klang wahrgenommen. Die Artikulation beginnt häufig mit einem harten Glottisschlag anstatt einer weichen Aspiration.

Akustisch können raue Stimmen als Irregularitäten im Schwingungsmuster der Stimmbänder (*Jitter* und *Shimmer*) und spektrales Rauschen (HNR) erfasst werden (Laver, 1980). Die *Jitter*-Werte für normale Stimmen liegen bei rund 1 %. Werte bis 10 % charakterisieren raue Stimmen und Werte über 10 % gelten als pathologisch. Der Durchschnittswert für den *Shimmer* der Stimme eines gesunden Menschen liegt zwischen 0,05 und 0,22 dB (Michaelis, 2000). Außerdem weist die Zunahme des interharmonischen Rauschens in tieferen Frequenzen mehr auf eine raue Stimme hin, als die Zunahme in höheren Frequenzbereichen (Krom, 1994a).

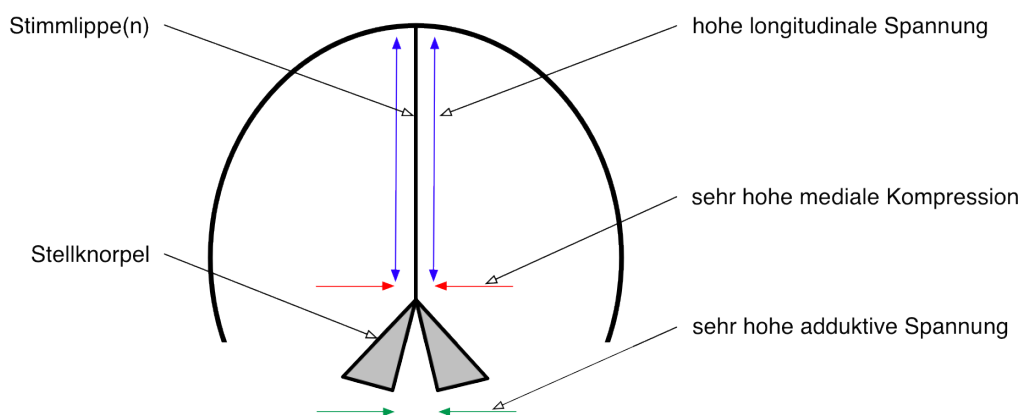


Abbildung 2.10: Raue Stimme: Schematische Darstellung der Muskelspannungen im Larynx.

2.4.2.2 Artikulatorische Settings: Vokaltrakt

Als artikulatorisches Setting bezeichnet Laver (1994) die Abweichungen vom neutralen Setting, welche durch das supraglottale System erzeugt werden. Dazu gehören die longitudinalen Settings des Vokaltraktes, die Settings des Vokaltraktquerschnittes und die velopharyngealen Settings des Ansatzrohres, die nachfolgend beschrieben sind.

Ogleich die ohrenphonetischen Effekte des laryngealen Settings einerseits relativ einfach beschrieben werden können, ist es jedoch andererseits relativ schwierig bis unmöglich, von der rein messphonetischen Analyse supralaryngealer Faktoren auf die wahrnehmbare Stimmqualität zu schließen. Dafür verantwortlich ist das so genannte Inversionsproblem, bei dem eine eindeutige aber keine absolut eindeutige Zuordnung zwischen dem artikulatorischen Setting und dem messphonetischen Wert möglich ist. Das heißt, von einem gegebenem artikulatorischen Setting ist es zwar möglich, eindeutig auf ein zugehöriges akustisches Signal zu schließen, umgekehrt ist die Bestimmung des artikulatorischen Settings ausgehend vom messphonetischen Wert nicht möglich (Atal *et al.*, 1978). Beispielsweise verursacht eine Verengung des Vokaltraktes an der Mundöffnung genauso wie eine Erweiterung des Ansatzrohres in der Nähe der Glottis ein Absinken der ersten Formantfrequenzen (Laver, 1980).

Longitudinale Settings des Vokaltraktes

Die longitudinale Achse des Vokaltraktes kann durch muskuläre Veränderungen an beiden Enden beeinflusst werden. Der Vokaltrakt kann einerseits durch das Hinaufziehen des Larynx oder das Einstülpen der Lippen bei dieser Labiodentalisation verkürzt werden. Andererseits kann der Vokaltrakt durch Absenken des Larynx oder vortretende Lippen verlängert werden. Ein nach oben verlagerter Kehlkopf ist oftmals mit höherer mittlerer Stimmsprechlage und einer Erhöhung der muskulären Spannung verbunden. Umgekehrt ist ein nach unten verlagerter Larynx häufig mit einer tieferen mittleren Stimmsprechlage verbunden (Laver, 1994). Prinzipiell ist eine Längenänderung des Ansatzrohres mit einer Verlagerung der oberen Formantfrequenzen verbunden (Laver, 1980).

Settings des Vokaltraktquerschnittes

Das Setting des Vokaltraktquerschnittes resultiert aus einer Verengung beziehungsweise Ausdehnung des supralaryngealen Querschnittes, die mit einer Längenänderung des Ansatzrohres einhergeht (Laver, 1994). Dies durch wird die Aktivität der Artikulatoren (Lippen, Kiefer, Gaumen, Zunge) verursacht. Genauer gesagt beeinflusst die Position der Artikulatoren bei einem identischen laryngealen Quellsignal spezifisch die Lage der Formanten im Spektrum.

Wie bereits im Abschnitt „Longitudinale Settings des Vokaltraktes“ erklärt, verursacht eine Rundung beziehungsweise ein Vorstülpen der Lippen (im deutschen Sprachraum beispielsweise /o/ oder /u/), eine Verlängerung des Vokaltraktes und damit ein Absenken der Formanten. Ein Spreizen der Lippen führt zu einer Vergrößerung des Ansatzrohrquerschnittes und einem leichten Anheben der Formanten (beispielsweise /e/ oder /i/).

Den größten Einfluss auf die spektrale Lage der Formanten besitzt allerdings das linguale Setting. Die Zunge ist das beweglichste Stimm- und Sprechwerkzeug und kann aufgrund ihrer anatomischen Struktur, den Luftstrom des laryngealen Quellsignals am intensivsten beeinflussen. Dazu erweitert oder verengt sie spezifisch den Resonanzraum des Vokaltraktes am Artikulationsort. Die Regionen der Zunge unterteilt Laver (1994) beim linguale Setting weiter in den Bereich um die frei bewegliche Zungenspitze und des dahinter liegende Zungenblattes, den Bereich um den Zungenkörper mit Zungenrücken und Zungengrund und den Bereich um die Zungenwurzel. Der Bereich der Zunge, welcher die Artikulation ausführt, wird als aktiver Artikulator bezeichnet, während der Artikulationsort als passiver Artikulator agiert.

Bei der Bildung von Vokalen (siehe Abbildung 2.11) ergibt sich aus den Lippenstellungen sowie den verschiedenen Stellungen des Zungenkörpers die Unterscheidung von Vorder- und Hinterzungenvokalen. Bestimmend dabei ist die Position des aktiven Artikulators beziehungsweise entsprechend der Zungenhöhe auch die Unterscheidung von Hoch- und Tiefzungenvokalen (Ladefoged, 2006).



Abbildung 2.11: Artikulationsstellungen für die englischen Worte

- 1 - *heed*,
- 2 - *hid*,
- 3 - *head*,
- 4 - *had*,
- 5 - *father*,
- 6 - *good*,
- 7 - *food*.

Aus Ladefoged (2006).

Vokale sind spektral an der charakteristischen Lage ihrer Formanten erkennbar (Abbildung 2.12). Dabei bildet die Formante F1 reziprok die Zungenhöhe ab. Hochzungenvokale besitzen eine tiefe F1, während Tiefzungenvokale eine hohe erste Formante aufzeigen. Im Gegensatz dazu entspricht die zweite Formante der horizontalen Zungenposition. Vorderzungenvokale weisen eine hohe F2 auf, während Hinterzungenvokale durch eine tiefe zweite Formante gekennzeichnet sind (siehe Abbildung 2.13). Die Formante F3 hingegen charakterisiert die Artikulationsstelle eines angrenzenden Konsonanten. Nach den Untersuchungen von Fant (1960) und (Baumann und Belin, 2010) sind F4 und höhere Formanten weniger von den Querschnittsänderungen des Vokaltraktes abhängig. Sie spiegeln vielmehr individuelle Sprechermerkmale wieder.

Entsprechend der Quelle-Filter-Theorie (Abschnitt 2.3.1) sind die Formanten eine Folge der Artikulationsstellung und nicht ausschließlich eine Eigenschaft des Sprachsignals. Damit müssen die Formantfrequenzen nicht notwendigerweise mit der Frequenz einer Harmonischen im Larynxsignal übereinstimmen (Abbildung 2.14). Die Fundamentalfrequenz f_0 ist ein Charakteristikum der schwingenden Stimmlippen. Die Formanten F1 bis F5 sind Eigenschaften, die durch den Vokaltrakt vorgegeben werden.

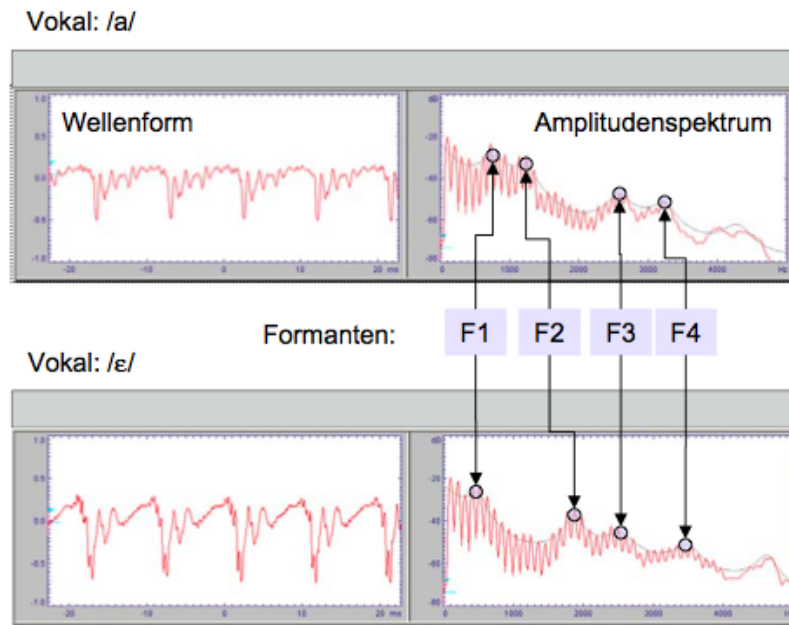


Abbildung 2.12: Frequenzlage der Formanten F1 bis F4 in den Vokalen /a/ und /ε/ im Amplitudenspektrum. Bildschirmfotos aus ST^x (Noll, 2013).

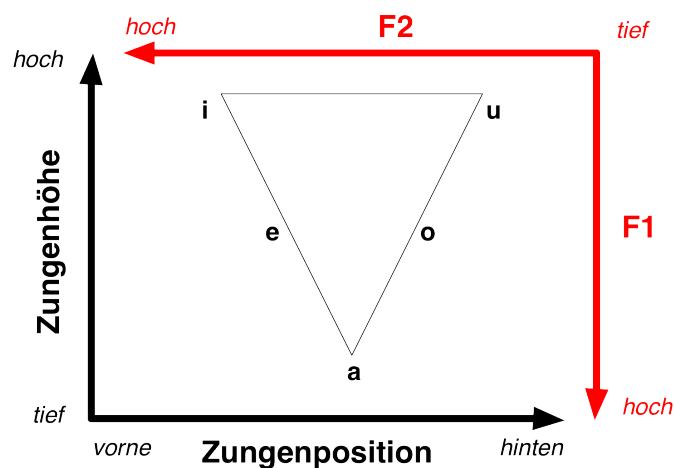


Abbildung 2.13: Vokaldreieck: Abhängigkeit der Formantenlage von der Zungenhöhe und Zungenposition.

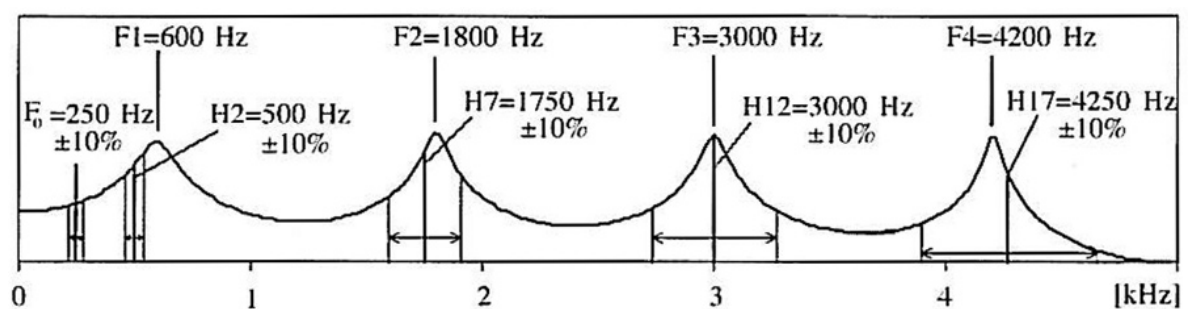


Abbildung 2.14: Idealisierte Spektren der Formanten bei 600, 1800, 3000 und 4200 Hz. F – Formante. H – Harmonische. Aus Reetz (2003).

Velopharyngeale Settings des Vokaltraktes

Bei der neutralen Konfiguration des velopharyngealen Settings ist das Velum an der Rückseite des Nasopharynx angelehnt und schließt dabei die Verbindung zum Nasaltrakt. Dies gilt für alle Lautäußerungen, bei denen Nasalität keine abweichende Voraussetzung darstellt. Das heißt, das neutrale velopharyngeale Setting kommt mit einem Minimum von Nasalität aus (Laver, 1994). Während des Sprechens wird das Velum gewöhnlich mehr oder wenig abgesenkt, was sich nicht notwendigerweise in einer nasalen Stimme widerspiegelt. Entscheidend ist die Öffnung des Oraltraktes zum Nasaltrakt im Verhältnis zur Öffnung des Pharynx zum Oraltrakt. Falls die Öffnung des Oral-/Nasaltraktes größer als die Öffnung des Pharynx/Oraltraktes ist, besitzt die Stimme einen nasalen Charakter. Die akustischen Merkmale der Nasalität sind das Vorhandensein von so genannten Nasalformanten, Anti-Formanten, Formantverschiebungen und Formantreduktionen. Da es bisher nicht geklärt ist, wie nasale Stimmqualität von anderen artikulatorischen Settings inklusive der sprachspezifischen Konfigurationen abhängig ist, müssen die genauen Details des akustischen Spektrums in Abhängigkeit von der spezifischen Konfiguration des Vokaltraktes betrachtet werden (Laver, 1980, 1994).

2.4.2.3 Settings der Muskelanspannungen

Laver (1994) beschreibt mit den Settings der Muskelanspannungen die Intensität der gesamten muskulären Anspannung innerhalb des Sprachapparates. Er unterscheidet dabei zwischen laryngealen und supralaryngealen Anspannungen, welche sich in einer kraftlosen oder kraftvollen Phonation beziehungsweise intensiven Artikulation manifestieren. Ein wichtiger Aspekt laryngealer Anspannungen ist der Anteil der Muskelanspannungen in den Stimmlippen. Dies wurde bereits weiter oben im Abschnitt 2.4.2.1 beschrieben. Danach wurde eine behauchte Stimme mit einer kraftlosen Phonation beziehungsweise eine flüsternde oder raue Stimme mit einer kraftvollen Phonation in Verbindung gebracht. Dies ist allerdings nicht immer der Fall. So können die Stimmlippen leicht erschlaffen. Sie können weniger unter Anspannung stehen, ohne dass notwendigerweise eine behauchte, flüsternde oder raue Stimmqualität entstehen muss. Der wichtigste Faktor der supralaryngealen Anspannung ist der Betrag muskulärer Anspannung innerhalb des Pharynx und der Mundhöhle. Supralaryngeale Anspannungen beeinflussen den Grad der Nasalität und die Verteilung der ersten beiden Formanten im akustischen Vokalraum (siehe Vokaldreieck, Abbildung 2.13). Eine geringe supralaryngeale Anspannung kann dazu führen, dass sich die Muskeln um das Gaumensegel herum entspannen und das Velum sich mit hörbarer Nasalität absenkt. Supralaryngeale Anspannungen können ebenfalls die Zungenbewegungen beeinflussen. Unter Anspannung stehende Stimmen werden häufig von sich unterschiedlich ausdehnenden akustischen Vokalräumen begleitet, wobei der Einfluss der Anspannung nicht notwendigerweise zu einem veränderten Vokalraum oder zu Nasalität führen muss. Das phonetische Hauptmerkmal von unter Anspannung oder Entspannung stehenden Stimmen ist der unterschiedliche Energieanteil in den höheren Frequenzen. Die unter Anspannung stehenden Stimmen besitzen in den höheren Harmonischen eine größere Intensität (Laver, 1980). Zur Charakterisierung wird dabei die Intensität der ersten Harmonischen ($H1 = \text{Fundamentalfrequenz } f_0$) mit der zweiten Harmonischen ($H2$) oder mit den Harmonischen im Bereich der Formanten verglichen (Klatt und Klatt, 1990; Stevens, 2000). Modale Stimmen

sind gekennzeichnet durch eine ähnliche Intensität der ersten beiden Harmonischen, wogegen die zweite Harmonische der unter Anspannung stehenden knarrende Stimme eine wesentlich höhere Intensität als die erste Harmonische aufweist. Bei entspannten, behauchten Stimmen ist die Intensität der ersten Harmonischen größer als die der zweiten Harmonischen (Abbildung 2.15).

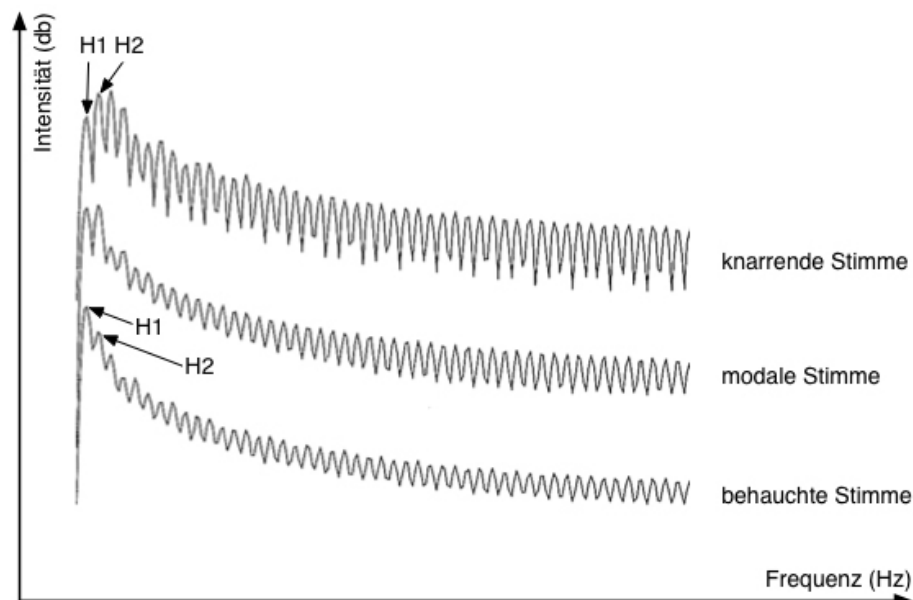


Abbildung 2.15: Spektrale Darstellung der Intensität der ersten harmonischen Frequenzen einer knarrenden, modalen und behauchten Stimme. Nach Stevens (2000).

2.4.2.4 Prosodische Settings

Die prosodischen Settings umfassen die Gesamtheit der habituellen Konfiguration der Stimm-lage, der Lautstärke und des Tempos. Auf die Stimmlage wird im Abschnitt 2.5.1 eingegangen.

Lautstärke

Die Lautstärke beziehungsweise Lautheit eines Stimmsignals gibt an, wie intensiv ein Sprecher wahrgenommen wird. Entscheidende akustische Kenngrößen für Lautstärke sind die Intensität und der Schalldruckpegel. Der Schalldruckpegel beziehungsweise der Schallpegel ist ein logarithmisches Maß und wird üblicherweise in Dezibel (dB) angegeben. Gesprächslautstärke im Abstand von einem Meter erzeugt 60 dB. Eine Erhöhung des Schalldruckpegels von 3 dB hat eine Verdopplung der Intensität zur Folge. Intensität wird in durch die RMS-Amplitude (*root mean square*) bestimmt.

Tempo

Beim Tempo wird zwischen Kontinuität und Sprechgeschwindigkeit unterschieden (Laver, 1994). Kontinuität umfasst das Vorhandensein von stillen Pausen, betonten Pausen (beispielsweise „äh“, „hmm“) und Wortverlängerungen (beispielsweise „Toooooor“). Die Wahrnehmung der Sprechgeschwindigkeit ist abhängig von der Anzahl der gesprochenen Worte über eine bestimmte Zeit. Die Anzahl und Länge der Pausen ist für die Ermittlung der Sprechgeschwindigkeit zu berücksichtigen.

2.5 Vokale Attraktivität und akustische Kenngrößen

Gilt „Was schön ist, ist auch gut.“ (Dion *et al.*, 1972) nicht nur für visuelle Reize (Abschnitt 2.2.1) sondern auch für akustische Reize? Mit „Was gut klingt, ist auch gut“ postulierten Zuckerman und Driver (1989) in ihrer klassischen Arbeit die Existenz eines Stereotypus vokaler Attraktivität. Sie nahmen an, dass Individuen mit attraktiven Stimmen positiver wahrgenommen und ihnen wünschenswerte Persönlichkeitseigenschaften zugeschrieben werden. Die Beurteilerübereinstimmung in diesen Bewertungen ist in der Regel sehr hoch (Zuckerman und Driver, 1989; Zuckerman und Miyake, 1993). Die Versuche, die akustischen Kenngrößen vokaler Attraktivität mit messphonetischen Analyseverfahren zu identifizieren, erwiesen sich dagegen als schwieriger. Zuckerman und Miyake (1993) betonten dabei, dass die vokale Attraktivität ein wichtiges Merkmal darstellt, aber keinesfalls alle Aspekte der Stimmqualität umfassen kann. Genauso uneinig, wie die phonetische Forschung bei der Definition von Stimmqualität ist, existiert bisher keine eindeutige oder genormte Methode, die Parameter vokaler Attraktivität messphonetisch zu isolieren. Weiterhin sind die Mehrzahl der bisherigen Untersuchungen zu vokaler Attraktivität in englischer Sprache durchgeführt wurden. Dabei unterscheidet sich der Anteil des inter-harmonischen Rauschens (HNR) als Element der Stimmqualität nämlich von Sprache zu Sprache (Braun und Wagner, 2002).

Die akustischen Parameter des supralaryngealen Filters gelten bei der Definition vokaler Attraktivität als umstritten. Als einzige, kulturell übergreifende Kenngröße vokaler Attraktivität und als gesichert gilt die mittlere Fundamentalfrequenz f_0 . Sie stellt eine Funktion des laryngealen Quellsignals dar. Andere akustische Kenngrößen der laryngealen Quelle, wie HNR, gerieten gerade in den letzten Jahren vermehrt in den Fokus der Attraktivitätsforschung.

2.5.1 Fundamentalfrequenz f_0

Die Fundamentalfrequenz eines Stimmsignals wird im englischsprachigen Raum häufig mit dem Begriff *pitch* assoziiert (Titze, 1994). *Pitch* bezieht sich allerdings mehr auf die ohrenphonetische Wahrnehmung der Tonhöhe beziehungsweise auf die Stimmlage, als auf einen physikalisch messbaren Parameter des Stimmsignals. *Pitch* wird häufig als Synonym für die Fundamentalfrequenz (f_0) oder Fundamentalperiode (t_0) verwendet. Die Beziehung zwischen *pitch* und Fundamentalfrequenz ist komplex, weil *pitch* mit den physikalischen Merkmalen der Fundamentalfrequenz, der Harmonischen, der Intensität, der Dauer und den spektralen Charakteristika nicht-linear korreliert (Clark *et al.*, 2007). Auf die physikalischen Zusammenhänge zwischen Fundamentalfrequenz und Stimmlage wird in dieser Arbeit nicht eingegangen. Es wird jedoch versucht, diese Begriffe zu unterscheiden.

Frauen weisen im Unterschied zu Männer eine niedrigere durchschnittliche Fundamentalfrequenz f_0 auf, obgleich sich der f_0 -Bereich für beide Geschlechter überlappen kann. Bei Vokalen liegt die durchschnittliche mittlere Fundamentalfrequenz beim adulten Mann bei 100 Hz, bei Frauen liegt sie bei 200 Hz (Titze, 1989). Die primäre Ursache der unterschiedlichen Fundamentalfrequenzen bei Frau und Mann ist der unterschiedliche Einfluss von Sexualhormonen auf den Larynx während der Ontogenese (siehe auch Abschnitt 2.3.2) mit den entsprechenden morphologischen Auswirkungen auf die Elastizität, Dicke und Länge der

Stimmlippen. So sind männliche Stimmlippen im Durchschnitt um den Faktor 1,6 länger als die weibliche Stimmlippen (Titze, 1989). Bei Frauen agieren die Stimmlippen in einer offeneren Konfiguration als bei Männern, was zusätzlich zu höheren Frequenzen und zu mehr Atemgeräuschen führt (Hanson und Chuang, 1999; Titze, 1989).

Der Zusammenhang von Testosteron auf die Entwicklung der Stimmlippen bei Mann wurde bereits im Abschnitt 2.3.2 aufgezeigt. So konnten Dabbs und Mallinger (1999) nachweisen, dass beim Mann durch einen erhöhten Hormontiter sich die Fundamentalfrequenz absenkt. Sie vermuten einerseits, dass durch den Einfluss von Testosteron sich die Physiologie der Stimmlippen ändert. Dabbs und Mallinger (1999) sowie Collins (2000) mutmaßen andererseits, dass durch den hormonellen Einfluss männliche Individuen in der Lage sind, ihre Fundamentalfrequenz so einzusetzen, dass sie andere beeinflussen können. Eine tiefere mittlere Fundamentalfrequenz bei Männern wird von beiden Geschlechtern als dominant eingeschätzt (Collins, 2000; Feinberg *et al.*, 2006; Puts *et al.*, 2007). Ein hoher endogener Testosterontiter wird ebenfalls mit aggressiveren (Archer *et al.*, 1998) und dominanten (Neave *et al.*, 2003) Verhalten assoziiert.

Trotz des Zusammenhangs von Testosteron und dominanten Verhaltens bevorzugen Frauen generell maskulinere beziehungsweise durchschnittlich tiefere Fundamentalfrequenzen bei männlichen Stimmen (Collins, 2000; Feinberg *et al.*, 2008a, 2005b; Zuckerman und Miyake, 1993). Ein anderer Aspekt von Dominanz ist die Durchsetzungsfähigkeit männlicher Individuen in Konflikt- beziehungsweise Konkurrenzsituationen (siehe auch Abschnitt 2.2.3.3). Aufgrund dieses Dualismus vermuten Collins (2000) und Apicella *et al.* (2007), dass ein Selektionsdruck in Richtung tieferer Männerstimmen existiert. Apicella *et al.* (2007) konnten nachweisen, dass in einer Jäger- und Sammlerpopulationen (Hazda/Tansania) Männer mit tieferen Fundamentalfrequenzen einen höheren Fortpflanzungserfolg besaßen. In einer anderen Studie untersuchten Apicella und Feinberg (2009) die Präferenzen der weiblichen Hazda (Tansania) für die Stimmlage von männlichen Jägern. Stillende Mütter bevorzugten dabei höhere Fundamentalfrequenzen, wogegen nicht-stillende Frauen tiefere Fundamentalfrequenzen präferierten.

Einige Untersuchungen über weibliche Zyklusabhängigkeit und Attraktivitätsbewertungen männlicher Stimmen weisen auf eine Bevorzugung tieferer Fundamentalfrequenzen in der fertilen Phase hin. Puts (2005) verwendete manipulierte durchschnittliche Fundamentalfrequenzen und erfasste zusätzlich das Interesse an einer Kurzzeit- beziehungsweise Langzeitbeziehung. Innerhalb der fertilen Phase favorisieren Frauen deutlich tiefere Fundamentalfrequenzen beim Interesse an einer Kurzzeitbeziehung. Außerhalb der fertilen Phase bestand dieser Zusammenhang weniger deutlich. Zu ähnliche Ergebnissen kamen Feinberg *et al.* (2006). Sie manipulierten die Fundamentalfrequenzen und die zugehörige Dispersion der Formanten von männlicher Stimmen. In der fertilen Phase bewerteten die Frauen die manipulierten tieferen Fundamentalfrequenzen als attraktiver. Diese Ergebnisse decken sich mit Bewertungsstudien von zyklusabhängigen Attraktivitätsbewertungen männlicher Gesichter (Gangestad *et al.*, 2004; Johnston *et al.*, 2001).

Pipitone und Gallup (2008) zeigten, dass die Attraktivitätsbewertungen von weiblichen Stimmen sich im Laufe des Zyklus verändert. Zum Zeitpunkt der Ovulation, wenn auch der Östrogenspiegel am höchsten war, artikulieren Frauen mit höherer Fundamentalfrequenz (Bryant und Haselton, 2009). Dagegen waren bei der Einnahmen von hormonellen Kontrazeptiva die männlichen Attraktivitätsbewertungen unverändert über den weiblichen Zyklus (Pipitone und Gallup, 2008). Überdurchschnittlich höhere weibliche Fundamentalfrequenzen wurden von Männern neben Attraktivität außerdem mit Jugendlichkeit in Verbindung gebracht, durchschnittlich tiefere weibliche Fundamentalfrequenzen hingegen wurden mit höherem Alter assoziiert und unattraktiver bewertet (Collins und Missing, 2003). Außerdem stellten Feinberg *et al.* (2008b) sowie Collins und Missing (2003) heraus, dass Männer durchschnittlich hohe weibliche Fundamentalfrequenzen mit Femininität verbinden.

Eine Besonderheit in den Attraktivitätsbewertungen war bei beiden Geschlechtern die anfängliche Stimmlage der nacheinander bewerteten Stimuli. Dies war sowohl für weibliche (Feinberg *et al.*, 2008b) als auch für männliche Stimmen (Collins, 2000) der Fall. Lag die anfängliche Fundamentalfrequenz der durch Männer bewerteten Stimmen unterhalb der durchschnittlichen Fundamentalfrequenz, war die erfolgte Attraktivitätsbewertung größer. Bei durch Frauen bewerteten Stimmen war unter gleichen Bedingungen diese Besonderheit ebenfalls existent. Allerdings war der Effekt einer als attraktiv bewerteten Fundamentalfrequenz geringer als bei Männern. Feinberg *et al.* (2008b) vermuten, dass bei Frauen eine Limitierung in der Attraktivitätsempfindung für obere Fundamentalfrequenzen existiert.

Alle bisher genannten Studien verwendeten die mittlere Fundamentalfrequenz als akustische Kenngröße zur Attraktivitätsbewertung. Baumann und Belin (2010) weisen allerdings darauf hin, dass die Fundamentalfrequenz nicht ausschließlich im Verhältnis zu anderen akustischen Kenngrößen als Identifikationsfaktor eines Sprechers geeignet ist, sondern die Standardabweichung von f_0 ein besseres Kriterium darstellt. Ähnlich argumentieren Hodges-Simeon *et al.* (2010). So schlagen vor, dass bei beiden Geschlechtern die mittlere Fundamentalfrequenz und die Variationen von f_0 unterschiedliche sozialökologische Auswirkungen besitzen und im Hinblick auf zukünftige Forschungen verschieden beurteilt werden sollten.

2.5.2 Jitter und Shimmer

Wie bereits im Abschnitt 2.4.2.1 dargelegt, sind *Jitter* und *Shimmer* physikalisch messbare Eigenschaften von Schwingungsirregularitäten der Stimmlippen. Sie werden zur Abgrenzung gesunder von pathologischen Stimmen verwendet. Sie sind bisher bei Attraktivitätsbeurteilungen kaum untersucht wurden. In einer Studie von Hughes *et al.* (2008) wurde bei Männern ein negativer Zusammenhang zwischen *Shimmer* apq11² von aufgezeichneten Lautäußerungen und der fluktuierenden Asymmetrie mehrerer bilateral symmetrischer Körpermerkmale aufgezeigt.

²*Shimmer* apq11 ist ein 11-punktiger Amplituden-Perturbationsquotient. Gemeint ist die durchschnittliche absolute Differenz (in dB) zwischen der Amplitude einer Periode und der durchschnittlichen Amplitude des zehntnächsten Nachbars geteilt durch die durchschnittliche Amplitude.

2.5.3 Harmonie-Rausch-Verhältnis (HNR)

Mit Sprachaufzeichnungen kombinierte Videoaufnahmen von Stimmlippen zeigten, dass die Unregelmäßigkeiten von Stimmlippenbewegungen sich messphonetisch in einem erhöhtem Harmonie-Rausch-Verhältnis (HNR) widerspiegeln. Bei modalen Stimmen werden diese Unregelmäßigkeiten als heißere, raue oder knarrende Stimmqualität wahrgenommen (Verdonck-de Leeuw *et al.*, 2001; Yumoto *et al.*, 1982).

Heiserkeit ist beispielsweise ein typisches Merkmal einer Erkältung. Ebenso kann sie auch die Folge einer eventuell vorhandenen Pathologie sein. Die Unregelmäßigkeiten in der Periodizität der Stimmlippenbewegungen verbunden mit einem erhöhtem Rauschanteil werden ab einem bestimmten Schwellenwert als pathologisch eingeschätzt (Krom, 1994b; Michaelis, 2000). Das Harmonie-Rausch-Verhältnis wurde dabei von Krom (1994b) in vier aneinander grenzenden Frequenzbänder aufgeteilt. Hingegen differenzierte Biemans (2000) bei gesunden Stimmen für HNR drei Frequenzbänder und stellte neben f_0 , *Jitter* und *Shimmer* die Frequenzbänder 0 bis 400 Hz und 2000 bis 5000 Hz als geschlechtsspezifisch heraus. Im Bereich von 0 bis 400 Hz wird eine Stimme als maskulin eingeschätzt. Der Bereich von 2000 bis 5000 Hz bestimmt, wie sehr die Stimme eine knarrende Stimmqualität aufweist. Weibliche Stimmen knarren mehr, weil die höhere Fundamentalfrequenz in den oberen Frequenzbereichen intensivere Harmonische produzieren. Neben geschlechtsspezifischen Merkmalen spiegelt HNR in der Stimme gleichfalls das Alter wider. Ältere Individuen produzieren in ihren Stimmen einen erhöhten Rauschanteil (Ferrand, 2002).

Im Stimmsignal konnten Bruckert *et al.* (2010) mit Hilfe eines Morphingprozesses (siehe auch Abschnitt 2.3.3) eine Glättung im Spektrum sowie ohrenphonetisch eine Erhöhung der Klarheit feststellen. Dies äußerte sich einerseits aufgrund einer verringerten euklidischen Distanz zum $\lg(f_0)$ - $\lg(F1)$ -Mittelwert (siehe auch nachfolgenden Abschnitt 2.5.4). Ebenfalls bestand andererseits eine Reduktion des interharmonischen Rauschens. Die gemorphten und nicht-gemorphten Stimmen wurden von beiden Geschlechtern bewertet. Dabei waren die Attraktivitätsbewertungen von einzelnen nicht-gemorphten Stimmen teilweise höher als die der gemorphten Stimmen. Allerdings ging der Zusammenhang zwischen HNR und Attraktivität bei ausschließlicher Verwendung von nicht-gemorphten Stimmen verloren. Basierend auf dieser Studie untersuchte Andraszewicz (2010) den Einfluss von HNR sowie der euklidischen Distanz zum $\lg(f_0)$ - $\lg(F1)$ -Mittelwert auf die Attraktivitätsbewertungen von künstlich [über HTS-Stimmsynthesizer (*Hidden Markov Model based text-to-speech synthesis system*)] erzeugten Stimmen. Dabei ermittelte sie bei einem einzelnen Vokal, einem unsinnigen Wort und einem komplett gesprochenem Satz die Attraktivitätsbewertungen von einzelnen und mehrfach kombinierten künstlichen männlichen Stimmen und konnte damit das Ergebnis von Bruckert *et al.* (2010) replizieren. Bei der Bewertung des einzelnen Vokals und des unsinnigen Wortes ergab sich bei mehrfach kombinierten Stimmen ein positiver Zusammenhang zwischen HNR und Attraktivität. Für den komplett synthetisierten Satz ermittelte Andraszewicz (2010) den HNR-Wert über die gesamte Lautäußerung und stellte keinen Zusammenhang zwischen HNR und Attraktivität fest. Zudem stellte sie für das unsinnige Wort und des Satz keinen eindeutigen Zusammenhang zwischen HNR und der euklidischen Distanz zum $\lg(f_0)$ - $\lg(F1)$ -Mittelwert fest.

2.5.4 Formanten

Männer besitzen gegenüber Frauen einen weiter abgesenkten Kehlkopf und damit eine tiefere Stimmsprechlage (Fitch, 1994; Fitch und Giedd, 1999). Unter landlebenden Vertebraten ist diese Eigenart ebenfalls existent, wobei die Absenkung des Kehlkopfes beim Menschen gegenüber nicht-menschlichen Primaten wesentlich ausgeprägter ist (Fitch und Hauser, 2003; Fitch *et al.*, 2002; Fitch und Reby, 2001). Nach den Autoren ist die ultimate Ursache für die tiefere Stimmlage bei Männern in der intrasexuellen Konkurrenz begründet. So schlagen Fitch und Giedd (1999) vor, dass die Verlängerung der Vokaltraktlänge bei Männern die Körperhöhe signalisiert, indem sie unproportioniert die Formantfrequenzen senkt (*size exaggeration theory*). Sie könnte daher in aggressiven Auseinandersetzungen den Gegner im Bezug auf die reale Körpergröße täuschen. Die Fundamentalfrequenz hingegen scheint die Körperhöhe nicht zu signalisieren, da hierfür beim Menschen kein empirischer Beleg gefunden wurde (Fitch, 2000).

Wie in Abschnitt 2.4.2.2 bereits erläutert, sind die Formanten Eigenschaften, die durch den Vokaltrakt vorgegeben werden. Abgesehen von den charakteristischen Frequenzen der Formanten F1 und F2 bei verschiedenen Vokalen sind die Frequenzen der Formanten F4 und F5 spezifisch für die Sprecheridentifikation (Fant, 1960). Um diejenigen akustische Parameter zu isolieren, die Sprecher individuell identifizieren, verwendeten Baumann und Belin (2010) gemittelte Formantwerte von allen lang gehaltenen Vokalen. Dabei ist bei Frauen die Frequenz der Formante F1 für die Sprecheridentifikation von primärer Bedeutung. Bei Männern hingegen ist die Frequenz der Formante F4 und die Formantdispersion von F4 und F5 vorrangig bedeutsam. Zurückzuführen ist dies auf die bei Frauen generell geringeren Intensität der oberen Formanten, die damit schlechter wahrnehmbar sind. Relevant für die Sprecheridentifikation bei beiden Geschlechtern ist weiterhin die Frequenz von F5 und die Dispersion der Formanten F1 bis F5 (Baumann und Belin, 2010).

In der in Abschnitt 2.5.1 genannten Studie von Collins (2000) sind weibliche Attraktivitätsbeurteilungen von männlichen Stimmen in hohem Maß von akustischen Charakteristika, wie die der Fundamentalfrequenz, abhängig. Obgleich es in dieser Studie keine signifikante Beziehung zwischen körperlichen und den akustischen Eigenschaften der Vokale gab, verwenden Frauen akustische Kenngrößen, um auf physische Eigenschaften der Männer zu schließen. Stimmen mit tieferen Frequenzen der Harmonischen und einer geringeren Dispersion der Harmonischen wurden als älter, schwerer, größer und attraktiver wahrgenommen. Die Dispersion der gemittelten Formanten F1 bis F5 von allen Vokalen zeigte allerdings keinen Zusammenhang mit den gemessenen körperlichen Merkmalen (Collins, 2000). Zu einem ähnlichen Ergebnis kam González (2004), der die Formanten von Probanden mit Spanisch als Muttersprache untersuchte. Er analysierte bei beiden Geschlechtern den Zusammenhang zwischen den Frequenzen der Formanten F1 bis F4, der Dispersion F1 bis F4 von lang gehaltenen Vokalen beziehungsweise von fortlaufender natürlicher Sprache und Körpergewicht sowie Körperhöhe. Bei Männern korrelierten die Frequenzen von F2 der gehaltenen Vokale schwach mit dem Körpergewicht. Bei Frauen war der Zusammenhang zwischen F2, F3 und Körpergewicht beziehungsweise F2 und Körperhöhe ebenfalls schwach. Bei Frauen kam es für fortlaufende Sprache zu einem schwachen Zusammenhang zwischen den Frequenzen von F1, F2 und Körpergewicht beziehungsweise der Dispersion von F1 bis F3, F1 bis F4 und der Körperhöhe.

Einen positiven Zusammenhang zwischen männlichen Attraktivitätsbewertungen von weiblichen Stimmen und Gesichtern konnten Collins und Missing (2003) feststellen. Als Stimuli und für die akustische Analyse verwendeten sie gehaltene einzelne Vokale. Weiter nahmen sie physiologische Daten zum Alter, Körperhöhe, Gewicht, Hüft- und Taillenumfang sowie zum BMI (*body mass index*) auf. Über Hauptkomponentenanalysen wurden die anatomischen und akustischen Parameter isoliert und vereinfacht. Es ergab sich, dass Frauen mit höheren Frequenzen in den Harmonischen (inklusive Fundamentalfrequenz f_0 = erste Harmonische) und relativ höheren Frequenzen der Formanten wurden als attraktiver und jünger eingeschätzt wurden. Frauen mit „größeren“ Körpern (Kombination aus hohem BMI, Gewicht, großem Hüft- und Taillenumfang) wurden weniger attraktiv eingeschätzt und wiesen niedrigere Frequenzen in den Harmonischen auf. Die durchschnittliche Dispersion der Formanten F4 und F5 korrelierte mit der Körperhöhe. Hughes und Gallup (2003) bestätigten den Zusammenhang von WHR (*waist-to-hip ratio*) und vokaler Attraktivität bei Frauen. Babel *et al.* (2010) zeigten bei beiden Geschlechtern, dass in segmentierten Vokalen höhere Frequenzen der zweiten Formante als attraktiver wahrgenommen. So vermuteten Babel *et al.* (2010), dass ihr Ergebnis eine Besonderheit des kalifornischen Dialekts darstellt, da ihr Ergebnis nicht mit anderen Erhebungen vergleichbar war.

Die von Bruckert *et al.* (2010) durch mehrfaches auditives Morphen erzeugten Stimmen wurden von beiden Geschlechtern als attraktiver wahrgenommen (siehe auch Abschnitt 2.5.3). Bruckert *et al.* (2010) vermuteten, dass aufgrund des Morphingprozesses, welcher mit einer Glättung im Spektrum einhergeht, die erzeugten Stimmen durchschnittlicher wurden. Dabei sind die Kombinationen verschiedener individueller Stimmen dem Durchschnitt der Population gleichen Geschlechts umso ähnlicher, je mehr Stimmen kombiniert werden. Bruckert *et al.* (2010) berechneten die euklidischen Distanz zum Mittelwert des dekadischen Logarithmus der Fundamentalfrequenz und des dekadischen Logarithmus der Formante F1. Anschließend setzten sie die euklidische Distanz ins Verhältnis zur bewerteten Attraktivität. Es zeigte sich, dass je geringer die euklidische Distanz zum geschlechtsspezifischen Mittelwert war, umso attraktiver wurden die Stimmen wahrgenommen. Der Effekt war allerdings bei der Verwendung von nicht gemorphten Stimmen etwas schwächer. Obgleich Bruckert *et al.* (2010) ausschließlich ein einziges englisches Wort zum Morphen und für die messphonetische Analyse verwendeten („bah“), vermuten sie, dass die durch Morphen erzeugte Durchschnittlichkeit in den Stimmen dem akustischen Pendant der Durchschnittlichkeit von Gesichtern (siehe Abschnitt 2.2.3.1) entspricht.

2.6 Zusammenfassung der theoretischen Hintergründe und Fragestellung

Viele Tiere verlassen sich bei ihrer sexuellen Kommunikation nicht nur auf ein Signal, sondern sie bevorzugen verschiedene Signale als Informationsquelle. Solche Signale sind daher häufig komplex und setzen sich aus einer Vielzahl von Signalkomponenten zusammen. Beispielsweise ist die strahlende Ornamentierung des Gefieders vieler männlicher Vögel mit einem komplizierten Balzgesang verbunden und viele Fischarten kombinieren einen farbenprächtigen Laichausschlag mit einem eindeutigen Balzverhalten.

Møller und Pomiankowski (1993) untersuchten bei Vögeln eine Reihe von Erklärungen für die Evolution von multiplen Signalen, welche möglicherweise ebenso eine Relevanz für andere Spezies besitzen und damit als ein generelles Modell der sexuellen Kommunikation gelten könnten. Unter anderen stellten sie die *multiple message hypothesis* und die *redundant signal hypothesis* auf. Entsprechend der *multiple message hypothesis* signalisieren verschiedene Ornamente verschiedene Fitnessaspekte eines Individuums. Dagegen vermitteln nach der *redundant signal hypothesis* verschiedene Ornamente des Körpers ähnliche Fitnessaspekte auf verschiedenen Kommunikationsebenen und damit Informationen über die Gesamtkonstitution des Signalsenders. Letztere ist durch die *backup hypothesis* erweitert worden (Johnstone, 1996), welche wiederum besagt, dass verschiedene Signale gleichartigen Inhalt übermitteln und damit die Empfangsgenauigkeit erhöhen. Die Einschätzung eines potenziellen Geschlechtspartners verbessert sich, weil die *mate quality* an mehr als einem sexuell charakteristischen Merkmal des Senders erschlossen werden kann.

Tatsächlich wurde beim Menschen empirisch belegt, dass der weibliche Körper und das weibliche Gesicht gemeinsam als ein Ornament betrachtet werden kann (Thornhill und Grammer, 1999) und dass bei beiden Geschlechtern die Bilateralsymmetrie des Körpers in direkter Verbindung mit der Attraktivität des Körpergeruch (Rikowski und Grammer, 1999) und Stimme (Hughes *et al.*, 2002) stehen. Dies spricht für die *redundant signal hypothesis* bei der Partnerwahl.

Dabei haben mehrere Studien über den Zusammenhang von Partnerwahl und physischer Attraktivität von Gesichtern versucht, die Merkmale von Attraktivität in drei Hauptkategorien zu beschreiben: dem Verhältnis von Attraktivität und Symmetrie, Durchschnittlichkeit und nichtdurchschnittlichen geschlechtsspezifischen Reifemerkmalen (Hormonmarker). In den durchgeführten Studien wird vermutet, dass all diese Eigenschaften sich auf Gesundheit, Fertilität und Entwicklungsstabilität beziehen. So wird vermutet, dass Bilateralsymmetrie beziehungsweise Asymmetrie als ein ehrliches Signal bei der Partnerwahl agiert. Dabei ist die Asymmetrie selbst die formale Summe aus direktonaler und fluktuierender Asymmetrie. Es wird außerdem angenommen, dass der Organismus durch geringe fluktuierende Asymmetrie gute Ernährungsbedingungen und damit Entwicklungsstabilität signalisiert. Er ist in der Lage, mit Hilfe eines wirksamen Immunsystems den Einfluss von Krankheiten, schädlichen Umwelteinflüssen oder Parasiten auszugleichen. Der Organismus signalisiert somit potenziellen Geschlechtspartnern Attraktivität. Das heißt, dass der Mensch im Laufe der Evolution psychologische Mechanismen entwickelt hat, körperliche Merkmale als attraktiv und damit potenzielle Geschlechtspartner als gesund einzuschätzen.

Neben fluktuierender Asymmetrie stellen Durchschnittlichkeit und Hormonmarker weitere visuelle Attraktivitätsmerkmale des Gesichtes dar. Bezogen auf die Durchschnittlichkeit wird vermutet, dass diejenigen Individuen, die nahe am Mittel einer Population liegen ein hohes Maß an Protein-Heterozygotität besitzen. Sie sind dadurch weniger von Krankheiten und Parasiten befallen, da diese Heterozygotität für die Parasiten schwer zu überwinden ist. Ausgeprägte geschlechtsspezifische Reifemerkmale hingegen signalisieren, dass der Organismus den toxischen Effekt hoher Konzentrationen von Geschlechtshormonen tolerieren kann. Nur gesunde Individuen mit einem ausgleichendem Immunsystem können sich die hohen Hormonkonzentrationen leisten. Die Hormonmarker sind damit ebenfalls ehrliche Signale.

Andere Studien haben versucht, neben visuellen Merkmalen des Gesichtes auch akustische Kenngrößen der Stimme mit Attraktivität in Verbindung zu bringen. Die Fundamentalfrequenz ist dabei das einzige sicher isolierte akustische Merkmal von vokaler Attraktivität. Dennoch ist bislang die Verflechtung zwischen visuellen und akustischen Charakteristika sowie Merkmalen der Entwicklungsstabilität nicht ausreichend untersucht wurden. Entsprechend der *redundant signal hypothesis* ist davon auszugehen, dass ein geringes Maß an fluktuierender Asymmetrie sowohl mit der Attraktivität von Gesichtern, als auch der Attraktivität von Stimmen korreliert und beim Menschen beide Modalitäten relevant für die Einschätzung potenzieller Fortpflanzungspartner sind. Darüber hinaus ist ebenfalls davon auszugehen, dass bestimmte akustische Kenngrößen der Stimmqualität mit der fluktuierenden Asymmetrie von Körper und Gesicht korrelieren. Auch wenn innerhalb der akustischen Phonetik keine eindeutige Definition der Stimmqualität existiert, sind nach Laver (1980, 1994) Fundamentalfrequenz, *Jitter*, *Shimmer*, Harmonie-Rausch-Verhältnis und Formantverteilung geeignete akustische Parameter, die Qualität einer Stimme zu charakterisieren.

Diese explorative Arbeit untersucht neben den Attraktivitätsbewertungen von Stimmen und Gesichtern auch den Einfluss von Bilateralsymmetrie auf diese Bewertungen. Mit Methoden der akustischen Phonetik werden die Kenngrößen der Stimmqualität Fundamentalfrequenz, *Jitter*, *Shimmer*, Harmonie-Rausch-Verhältnis und Formantverteilung aus den Stimmen isoliert. Es soll geklärt werden, wie die akustischen Kenngrößen der Stimmqualität mit vokaler Attraktivität in Verbindung stehen und in wie weit darüber hinaus ein Zusammenhang mit der Bilateralsymmetrie von Körpern und Gesichtern besteht.

3

Material und Methoden

3.1 Überblick

Der methodische Teil der Arbeit gliedert sich in fünf Schritte. In Schritt I wurden Informationen über die physiologischen Merkmale der Probanden ermittelt. Dabei wurden ihre Gesichter abgelichtet und ihre Stimmen aufgezeichnet. In Schritt II wurden die erhaltenen Stimuli für die nachfolgende Bewertungsstudie aufbereitet. In Schritt III erfolgte die Bewertung der Stimmen und Gesichter. In Schritt IV wurden die Analysen der fluktuierenden Asymmetrie des Körpers und des Gesichtes durchgeführt. In Schritt V erfolgte von den aufgezeichneten Stimmen die Analyse der akustischen Parameter.

3.2 Material

Schritt I – Datenerhebung

- professionelles Kondensatormikrofon mit Supernieren-Richtcharakteristik: SONY C-74 (40–16 000 Hz, 60 dB **Signal -Rausch-Verhältnis** , SNR)
- externe 16 bit/48 kHz-Soundkarte mit Mikrofonvorverstärker: M-AUDIO Mobile-Pre (20–20 000 Hz, 77 dB SNR)
- APPLE Macintosh G3 zur Stimmaufnahme
- PEAK, Version 4 (Bias Inc, 2005)
- Maßband
- Anthropometer mit 1 mm Genauigkeit
- Personenwaage mit 0,5 kg Genauigkeit
- digitaler Messschieber mit 0,01mm Genauigkeit: PREISSER Digi-Met

- Digitalkamera: CANON EOS 300D
- Kamerastativ: MANFROTTO 058B
- zwei Beleuchtungssets: PRIMALUX 2500
- neutraler Hintergrund für Porträtaufnahmen
- geschlechtsspezifische Fragebögen (siehe Anhang A, Seiten 147–156)

Schritt II – Datenaufbereitung

- PHOTOSHOP Creative Suite, Version 3 (Adobe Systems Inc, 2008)
- WAVELAB, Version 5 (Steinberg GmbH, 2004)

Schritt III – Stimulibewertungen

- zwei APPLE MacBook zur Bewertung der akustischen Stimuli
- zwei professionelle geschlossene Kopfhörer: AKG K271 Studio (16–28 000 Hz)
- vier APPLE Mac Mini mit farbgeicherten Monitoren für die Gesichtsbewertung: LACIE Electron 19blue IV
- browserbasierendes automatisiertes Bewertungsskript (Grammer und Abend, 2007)
- PASW, Version 18 (Spss Inc, 2009)

Schritt IV – Analyse der fluktuierenden Asymmetrie

- tpsDig2, Version 2.1.2 (Rohlf, 2008)
- tpsRelw, Version 1.49 (Rohlf, 2010a)
- tpsUtil, Version 1.46 (Rohlf, 2010b)
- SAGE, Version 1.05 (Márquez, 2008)
- PASW, Version 18 (Spss Inc, 2009)

Schritt V – Akustische Analyse

- PRAAT, Version 5.3 (Boersma und Weenink, 2011)
- Skripte für phonetische Analysen in PRAAT (Anhang C, ab Seite 197)
- PASW, Version 18 (Spss Inc, 2009)

3.3 Methoden

3.3.1 Schritt I – Datenerhebung

Stimme

122 Teilnehmer (61 Frauen und 61 Männer) wurden für die Datenerhebung als Stimuli vermessen. Die Probanden hatten das Alter von 18 Jahren vollendet. Bei den männlichen Probanden stellte dies sicher, dass sie ihren Stimmbruch beendet hatten. Die Probanden im Schritt I waren ausschließlich Studenten der Universität Wien mit Deutsch als Muttersprache. Die Probanden wurde vor der Datenerhebung nicht über die Zielsetzung des Versuchs informiert.

Zu Beginn der Datenerhebung wurde erfragt, ob die Versuchsbeteiligten eine Verkühlung oder andere krankheitsbedingte Veränderungen des Vokaltraktes aufweisen. Die Teilnehmer füllten einen geschlechtsspezifischen anonymen Fragebogen und eine Einverständniserklärung aus. Es wurden Daten zum Alter, zur momentanen Partnerschaft, sexueller Orientierung, Knochen- und Gelenkfrakturen, Nasen- und Rachenoperationen, medikamentöser hormoneller Behandlung und Zigarettenkonsum erhoben. Frauen wurden zusätzlich über ihren Zyklus und mögliche Kontrazeption befragt (siehe Anhang A, Seite 147). Die erhobenen Daten dienten als Kontrollvariablen.

Derzeit ist noch keine eindeutige Methode zur Bewertung akustischer Attraktivität bekannt. Da ausschließlich Vokale Fundamentalfrequenzen (f_0) und Formanten (F1–F5) produzieren (Quelle-Filter-Theorie, siehe Abschnitt 2.3.1), war die Verwendung von vokalreichen Wörtern ausschlaggebend für die Auswahl der aufzuzeichnenden Lautäußerungen. Die Auswahl der Stimuli erfolgte in Anlehnung an bestehenden Methoden (Gruppe „Zahl“: nach Hughes *et al.*, 2002, 2008). Zusätzlich wurden in drei weiteren Gruppen („Frage“, „Laut“, „Vokal“) ökologisch valide Lautäußerungen erfasst (siehe Anhang A auf Seite 159).

Aufgrund der besonderen Sensibilität des Equipment für die Sprachaufnahmen fanden diese in einem ruhigen Raum statt. Zur Aufnahme wurde ein APPLE Macintosh G3 mit der Software PEAK verwendet. Die Aufnahme erfolgte mit dem Mikrofon SONY C-74 und der externen Soundkarte M-AUDIO Mobile-Pre bei einer Auflösung von 16 bit sowie einer **Abtastrate** von 48 kHz in Mono.

Der Proband wurde angewiesen, in normaler Geschwindigkeit und Gesprächslautstärke (ca. 70 db) zu sprechen, während die Position des Mikrofons und die Aussteuerung an der Soundkarte justiert wurde. Der Abstand des Mikrophons vom Mund betrug 10 cm. Um eine mögliche Beeinflussungen des Probanden zu vermeiden, verließ der Versuchsleiter während der finalen Stimmaufnahme den Raum.

Gesicht

Zur Bestimmung der Asymmetrie im Gesicht wurde unter standardisierten Bedingungen (neutraler Hintergrund, Beleuchtung, Stativ, „Frankfurt Plane“) ein Frontalporträt mit der Kamera CANON EOS 300D erstellt. Die Probanden wurden angewiesen, Brillen und vorhandene Schmuckaccessoires abzunehmen, ihre Haare aus dem Gesicht zu streichen und einen neutralen Gesichtsausdruck anzunehmen. Je Proband wurden mindestens zwei Bilder aufgenommen. Die Aufnahmebedingungen der Porträts waren konstant (Brennweite der Kamera: 55 mm, Auf-

lösung: 2048 x 1360 Bildpunkte). Die physiologischen Merkmale der Probanden (Körperhöhe, Gewicht, Halslänge, Brust-, Bauch-, Hüftumfang, Fuß-, Knöchel-, Knie-, Ellbogen-, Hand-, Handgelenksbreite, Ohrhöhe, -breite; nach Livshits und Kobylansky 1989) wurden mittels Maßband, Anthropometer, Waage und digitalem Messschieber ermittelt (Messprozedur nach Knussmann, 1996). Um die Reliabilität der Messungen zu erhöhen, wurden diese zweimalig durchgeführt. Der gesamte Vorgang der Datenerhebung nahm etwa 45 Minuten pro Person in Anspruch.

3.3.2 Schritt II – Datenaufbereitung

Die 122 Frontalporträts und Stimmaufnahmen aus Schritt I wurden für die Eignung der nachfolgenden Bewertungen überprüft. Unscharfe Bilder beziehungsweise Stimmaufnahmen mit Artefakten wurden ausgeschlossen. Damit ergab sich eine Gesamtzahl von 117 Probanden (58 Frauen und 59 Männer), deren Porträt- und Stimmaufnahmen aufbereitet wurden.

Stimme

Die Geschwindigkeiten der aufgezeichneten Lautäußerungen wurden mit dem Programm WAVELAB standardisiert, um die Sprechgeschwindigkeit als eine mögliche Störgröße zu verringern. Dabei wurden im ersten Schritt die Lautäußerungen inklusive der Atemgeräusche im Nulldurchgang periodengenau (siehe Abbildung 3.10) in ihre einzelnen Wörter zerlegt und getrennt gespeichert. Vorversuche wiesen darauf hin, die Wörter und Laute zweifach hintereinander aufzuzeichnen und damit den Einfluss von akustischen Artefakten zu verringern. Für die anschließende Neuordnung wurde die zweite der nacheinander folgenden Lautäußerungen ausgewählt. Nur im Falle eines akustischen Artefaktes wurde die erste Lautäußerung selektiert. Um die Sprechgeschwindigkeit zu standardisieren, wurden die Abstände des Stimmeinsatzes bei den einzelnen Lautäußerungen mit zwei Sekunden gleichgesetzt (siehe Abbildung 3.1; Vorgehen nach Saxton *et al.*, 2006, Pisanski und Rendall, 2011). Die Lautäußerungen der Frage „Würdest Du bitte das Fenster öffnen?“ wurden zeitlich nicht angepasst, um deren prosodische Struktur nicht zu beeinflussen. Für jeden der 117 Probanden ergab sich abschließend je eine Datei für „Zahl“, „Vokal“, „Laut“ und „Frage“, die abschließend auf 99 % des Maximalpegels normalisiert wurden. Die Auflösung der Audiodateien lag unverändert gegenüber den Stimmaufnahmen bei 16 bit und 48 kHz.

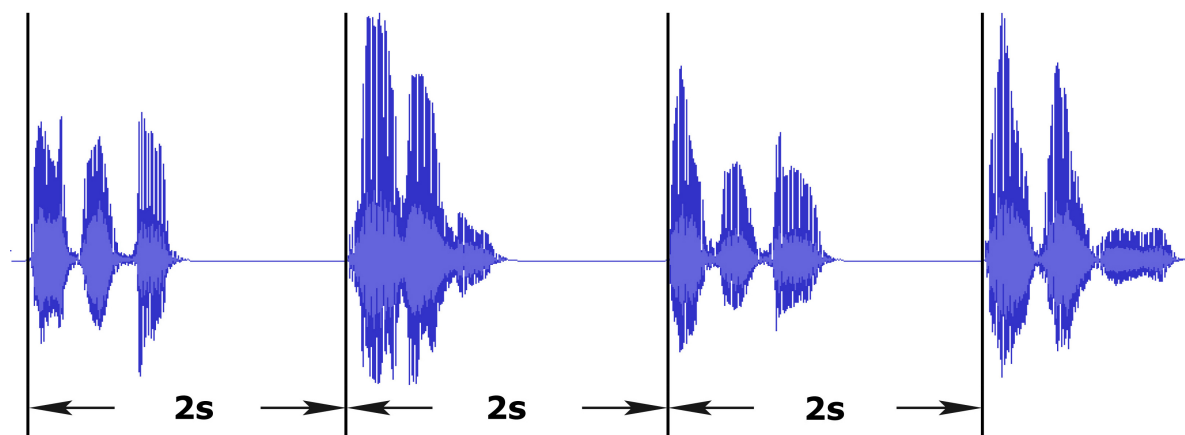


Abbildung 3.1: Normierung der zeitlichen Abstände der einzelnen Äußerungen von „Laut“.

Gesicht

Die Frontalporträts wurden in PHOTOSHOP auf einheitliche Größe des Gesichtes standardisiert (Auflösung: 600 x 800 Bildpunkte). Anschließend wurde in PHOTOSHOP ein Oval auf das Gesicht gelegt, welches mit einem weichen Rand von zwei Bildpunkten die Haare maskierte. Die Informationen über Haaransatz, Kinn, Ohren blieben dabei erhalten (siehe Abbildung 3.3). Für die Ermittlung der fluktuierenden Asymmetrie des Gesichtes wurde ein zweiter Porträtsatz ohne Maskierung angefertigt.

3.3.3 Schritt III – Bewertungen der Stimuli

3.3.3.1 Bewertungen der Gesichter

Im dritten Schritt wurden die 58 weiblichen Porträts von 133 Männern und die 59 männlichen Porträts von 133 Frauen bewertet. Die Bewertungen der Gesichter wurden im Department für Anthropologie der Universität Wien durchgeführt. Die Teilnehmer waren Studenten der Universität Wien mit Deutsch als Muttersprache. Probanden aus dem ersten Schritt nahmen nicht am Schritt III teil.

Die Bewertungen der Gesichter wurden über ein automatisiertes Skript für Webbrowser durchgeführt. Für die Bewertungen wurden vier Mac Minis mit farbgeeeichten 19"-Monitoren (LACIE Electron 19blue IV) bei einer Auflösung von 1400 x 1050 Bildpunkten und einer Bildwiederholfrequenz von 85 Hz verwendet.

Vor Beginn der Bewertungen wurden die Probanden zu Alter, Geschlecht, Partnerstatus und sexueller Orientierung befragt. Frauen gaben zusätzlich Daten über ihren Zyklus und möglicher hormoneller Kontrazeption oder Schwangerschaft an (Abbildung 3.2). Die Probanden wurden ebenfalls im Vorfeld nicht über die Zielsetzung der Bewertungen informiert. Die Erhebung erfolgt anonym. Um die Teilnehmer nicht primär auf das Ziel der Attraktivitätsbewertung zu fokussieren, bewertete jeder Proband insgesamt zehn Gesichter nach Gesundheit, Attraktivität, Dominanz, Fürsorglichkeit und zusätzlich nach dem Fünf-Faktoren-Modell der Persönlichkeit (*Big Five*: Henss, 1995). Die Stimuli wurden per Zufallsgenerator ausgewählt und jeweils mindestens 14-mal gegengeschlechtlich bewertet. Im Webskript benutzen die Teilnehmer zur Beurteilung unipolare beziehungsweise bipolare Schieberegler mit einer Skalierung von 100 nicht sichtbaren Schritten. (siehe Abbildung 3.3). Dabei wiesen die unipolare Schieberegler auf der rechten Seite durchgehend den größten Wert auf. Beispielsweise markierte der Schieberegler bei der bewerteten Eigenschaft „fürsorglich“ auf der linken Seite „nicht fürsorglich“ (Wert 0) und auf der rechten Seite „äußerst fürsorglich“ (Wert 100). Die bipolaren Schieberegler hingegen beinhalteten Eigenschaften, welche gegensätzlich bewertet wurden. Beispielsweise besaß von den bewerteten bipolaren Eigenschaften „unterwürfig – dominant“, die Eigenschaft „dominant“ auf der rechten Seite den Wert von 100. Die Ausgangsposition der Schieberegler lag bei beiden Typen in der Mitte mit einen Wert von 50.

Die Stimuli wurden optisch getrennt, indem nach der vollständigen Bewertung eines Gesichtes ein leeres Zwischenfenster mit der Aufforderung fortzufahren gezeigt wurde. Die Dauer der Bewertung für die zehn Gesichter lag bei durchschnittlich 10 Minuten.

emotional systems

Dies ist eine einfache Bewertungsaufgabe.

Beschreiben Sie den Eindruck, den diese Stimme auf Sie macht, indem Sie den Schieberegler nach rechts oder links verschieben. Damit das Experiment beginnen kann, füllen Sie die Informationsfelder unten aus und klicken Sie auf "WEITER".

Bitte verwenden Sie einen professionellen Kopfhörer für die Bewertung.

Wo jetzt

Alter

Geschlecht

ID

Momentan bin ich

Sexuelle Orientierung

Ich nehme die Pille

Nehme andere Hormonpräparate

Ich bin schwanger

Mein monatlicher Zyklus dauert

Mein Zyklus

Beginn der letzten Menstruation

(Dauer vom Beginn einer Menstruation bis zum Beginn der nächsten)
(Format: TT.MM. Heute ist der 05.03.2008.)

WEITER

Abbildung 3.2: Bildschirmfoto der vor der Stimmbewertung anonym abgegebenen persönlichen Angaben eines weiblichen Probanden.



männlich		weiblich
freundlich		feindlich
unterwürfig		dominant
krank		gesund
egoistisch		kooperativ
unattraktiv		attraktiv
		gewissenhaft
		fürsorglich
		emotional stabil
		offen gegenüber Neuem
		sexy
		sozial verträglich
		extrovertiert

WEITER

Abbildung 3.3: Bildschirmfoto zur Bewertungsprozedur der Gesichter. Auf der linken Seite befand sich das zu bewertende Gesicht, auf der rechten Seite die uni- beziehungsweise bipolaren Schieberegler mit den zu bewertenden Adjektiven. Für eine Bewertung mussten die anfänglich in der Mitte stehenden Schieberegler vom Beurteilenden an die intuitiv passende Stelle bewegt werden. Der Schieberegler besaß eine stufenlose Unterteilung von 100 Schritten, wobei die Skala links den Wert 0 und rechts den Wert 100 aufwies. Die Bewertungen für ein Gesicht wurden durch Klicken des Schalters „Weiter“ finalisiert.

3.3.3.2 Bewertungen der Stimmen

Bei den Beurteilungen der Stimmen wurden die Aufnahmen der 58 weiblichen Probanden von 301 Männern und die Aufnahmen der 59 männlichen Probanden von 302 Frauen bewertet. Die Stimmbewertungen fanden im Hauptgebäude der Universität Wien, im Neuen Institutsgebäude (NIG) der Universität Wien, in den Räumlichkeiten des Departments für Anthropologie der Universität Wien, im Naturhistorischen Museum Wien und im Technischen Museum Wien statt. Die Probanden für die Bewertungen der Stimmen waren zu circa zwei Drittel Studenten der Universität Wien mit Deutsch als Muttersprache.

Die Stimmbewertungen erfolgten mobil mit jeweils zwei MacBooks und geschlossenen Kopfhörern AKG K271 Studio. Die Bewertungen der Stimmen wurden wiederum über das bereits weiter oben beschriebene automatisierte Skript für Webbrowser durchgeführt. Unter Verwendung der gleichen Fragen erfolgte die Bewertungsprozedur der Stimmen analog zu den Gesichtsbewertungen. Entsprechend der Präsentation der Stimmen waren jedoch in der Webmaske auf der linken Seite keine Gesichter zu sehen waren (Abbildung 3.4). Zudem wurden die Stimmen in einer Endlosschleife mit einer Pause von zwei Sekunden abgespielt. Die Lautäußerungen von „Zahl“, „Vokal“, „Laut“ und „Frage“ wurden in der Summe mindestens 22-mal gegengeschlechtlich bewertet.

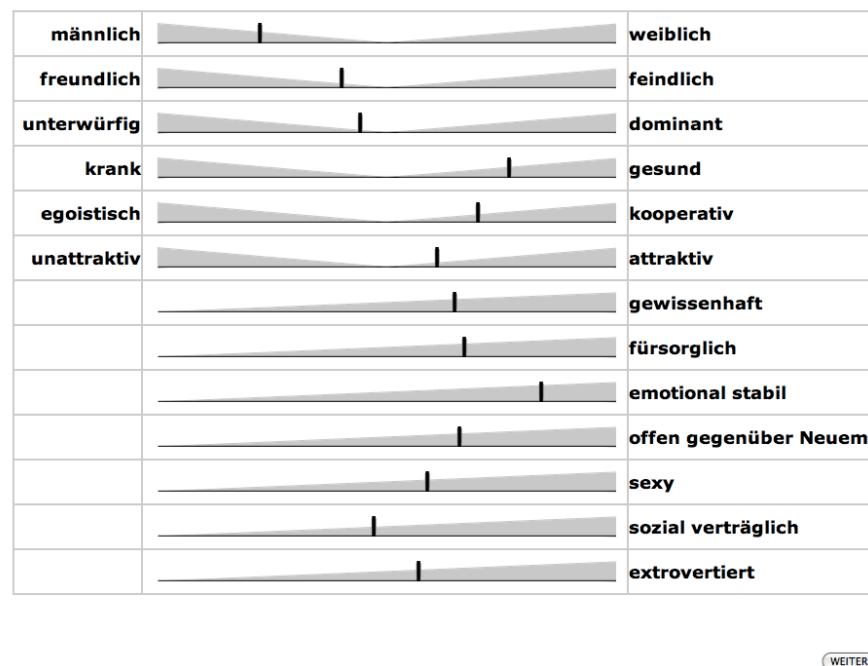


Abbildung 3.4: Bildschirmfoto zur Bewertungsprozedur der Stimmen. Auf der linken Seite befand sich ein nicht sichtbarer Platzhalter der zu bewerteten Stimme, auf der rechten Seite die uni- beziehungsweise bipolaren Schieberegler mit den zu bewertenden Adjektiven. Die Stimme wurde in einer Endlosschleife mit einer Pause von zwei Sekunden präsentiert. Für eine Bewertung mussten die in der Mitte stehenden Schieberegler vom Beurteilenden an die intuitiv passende Stelle bewegt werden. Der Schieberegler besaß eine stufenlose Unterteilung von 100 Schritten, wobei die Skala links den Wert 0 und rechts den Wert 100 aufwies. Die Bewertungen für eine Stimme wurden durch Klicken des Schalters „Weiter“ beendet.

Für vollkommen standortunabhängige Bewertungen, wurde das von Karl Grammer entwickelte PHP-Skript vom Autor erweitert (Grammer und Abend, 2007), sodass eine Internetanbindung unter Verwendung eines lokal installierten Servers auf den MacBooks nicht mehr zwingend notwendig war. Eine standortunabhängige Evaluation war damit gewährleistet. Unter Zuhilfenahme dieser mobilen Lösung konnte eine breitere Stichprobe gezogen werden, was verlässliche Rückschlüsse auf die Grundgesamtheit ermöglichte.

Standortunabhängige Bewertungen der Gesichter konnte aufgrund der Immobilität der verwendeten farbkalibrierten Röhrenmonitoren nicht durchgeführt werden.

3.3.3.3 Statistische Aufbereitung und Interrater-Reliabilität

Es wurden diejenigen Bewertungen von Probanden ausgeschlossen, welche von den 13 zu bewertenden Eigenschaften pro Stimulus keine Bewertungen vorgenommen hatten (13-mal die Slider-Stellung mit dem Ausgangswert von 50). Die abgegebenen Bewertungen homosexueller Individuen wurden ebenfalls ausgeschlossen. Die von bisexuellen und heterosexuellen Individuen abgegebenen Bewertungen über die Attraktivität von Gesichtern und Stimmen wurden anschließend in PASW (Spss Inc, 2009) geschlechtsspezifisch aggregiert.

Die zu testenden Variablen wurden im Vorfeld der Analysen mittels Kolmogorov-Smirnow-Tests auf Normalverteilung geprüft. Alle Variablen waren normal verteilt. Die Signifikanzgrenze für die nachfolgenden parametrischen Testverfahren lag bei 5 % ($p \leq 0,005$).

Um gerade bei Attraktivitätsbewertungen den Einfluss eines systematischen Kontrasteffektes (Kenrick und Gutierrez, 1980; Kenrick *et al.*, 1989) auszuschließen, wurden den beurteilenden Probanden in einer zufälligen Reihenfolge zehn der 117 Stimmen beziehungsweise Gesichter dargeboten (siehe auch die beiden oberen Abschnitte 3.3.3.1 und 3.3.3.2). Damit war die Zusammenstellung der Stimuliauswahl bei jedem bewertenden Teilnehmer verschieden und es bestand keine Regelmäßigkeit in der Auswahl der Stimuli. Statistische Methoden, welche Teilmengen auf Konkordanzen hin überprüfen (Bortz *et al.*, 2008), waren gleichermaßen ungeeignet, da diese eine Regelmäßigkeit in der Stimuliauswahl voraussetzen. Das heißt, die Kombinationen der Stimuliauswahl müssten gleich oft vorkommen (balancierter Boniturenplan: Bortz *et al.*, 2008).

Somit war es nicht möglich, eine Konkordanz der durchgeführten Bewertungen zu berechnen und eine Aussage über die Güte der Beurteilungen zu treffen.

3.3.4 Schritt IV – Analyse der fluktuierenden Asymmetrie

3.3.4.1 Fluktuierende Asymmetrie im Gesicht

Die Bestimmung der fluktuierenden Asymmetrie im Gesicht erfolgte in drei Schritten mit Hilfe von zweidimensionaler *Geometric Morphometric Methodology* (GMM: Bookstein, 1991). Im ersten Teil wurden die Messpunkte (*landmarks*: LM) für die GMM-Analyse der fluktuierenden Asymmetrie gesetzt. Im zweiten Teil erfolgte unter Verwendung dieser Messpunkte die Standardisierung der Gesichtsproportionen über ein GMM-eigenes Verfahren. Im dritten Teil fand die eigentliche Isolation der fluktuierenden Asymmetrie von der direktionalen Asymmetrie und individuellen Variationen der Gesichtsform statt.

Definition der Messpunktkonfiguration

Zu Beginn wurden für die ausgewählten Frauen und Männer getrennt jeweils 72 somatometrische Messpunkte (*landmarks*: LM) auf jedem Gesicht platziert. Diese Trennung der weiblichen und männlichen LM-Definitionen war notwendig, da die Form des *Procrustes*-Durchschnitts (Beschreibung siehe weiter unten) geschlechtsspezifisch definiert wurde.

Für die zweidimensionale Definition und Wiedergabe von dreidimensionalen craniometrischen Messpunkten im Gesicht ist es notwendig, diese Punkte als anatomisch homolog und zugleich reliabel zu identifizieren. Bookstein (1991) definiert dazu drei Typen von Messpunkten: Mit Typ I charakterisiert Bookstein (1991) homologe Strukturen als das Aufeinandertreffen von drei verschiedenen Strukturen beziehungsweise den Mittelpunkt einer runden Struktur. Typ II definiert das absolute Maximum einer Krümmung, Typ III charakterisiert Extrempunkte als homologe Messpunkte.

Die Auswahl der anatomischen homologen Messpunkte dieser Arbeit erfolgte in Anlehnung an Windhager *et al.* (2011), welche die Determinationen von Bookstein (1991) berücksichtigten (siehe Messpunkt-Definition und Messpunkt-Schema im Anhang A auf den Seiten 161 und 163). Für die zweidimensionale Digitalisierung der Koordinaten wurde die Software tpsDIG2 (Rohlf, 2008) verwendet (siehe Abbildung 3.5).



Abbildung 3.5: Bildschirmfoto aus tpsDIG2 (Rohlf, 2008) mit 72 Messpunkten und einer nicht tolerablen Kopfneigung (links) und einer tolerablen Kopfneigung (rechts) von weiblichen Stimuli. Die nicht tolerable Kopfneigung zeigte beispielsweise, dass die korrespondierenden Messpunkte der Kieferpartie (z.B. 54 und 72 oder 56 und 70) bei medianer Spiegelung eine so große Differenz aufwiesen, welche durch eine individuelle Asymmetrie nicht mehr erklärbar war (siehe Abschnitt 4.1). Bei der tolerable Kopfneigung war diese mediane Spiegelung hingegen ausgewogen.

In einem zweiten Schritt erfolgte die Auswahl der gleitenden Messpunkte (*sliding landmarks*). Dies geschah durch eine Umwandlung von 34 ausgewählten fixen Messpunkten aus dem ersten Schritt in gleitende Messpunkte. Die Definition der gleitenden Messpunkte war notwendig, um an den Krümmungen einzelner Formen im Gesicht (Augenbrauen, Lippenrundungen, Kiefer; weiße Punkte im Messpunkt-Schema auf Seite 163 im Anhang A) die beinhaltete abgerundete Form bestmöglich zu definieren. Dies geschah durch *sliden* entlang der Krümmungslinie in der nachfolgenden *Procrustes superimposition* (siehe nachfolgenden Abschnitt). Damit konnten die gleitenden Messpunkte für die weiterführende Verwendung als homologe Messpunkte eingesetzt werden (Bookstein, 1997; Gunz *et al.*, 2005). Die Bestimmung der gleitenden Messpunkte (*sliding landmarks*) erfolgte mit Hilfe der Software tpsUtil (Rohlf, 2010b). In der Summe ergaben sich für jedes Geschlecht schließlich 38 fixe und 34 gleitende Messpunkte für die Messpunkt-konfiguration. Für die Bestimmung der fluktuierenden Asymmetrie im Gesicht (Seite 71) wurde für die notwendige Messwiederholung eine zweite Messpunkt-konfiguration für jedes Geschlecht angefertigt.

Procrustes Superimposition

Der erste Schritt einer jeden GMM-Analyse ist die *Generalized Procrustes superimposition analysis* (GPA: Rohlf und Slice, 1990). Dazu wurden diese auf das Gesicht gesetzten rohen Messpunkte (Abbildung 3.6a) als homologe Punkte betrachtet und die Gesichtsform in drei nacheinander folgenden Schritten standardisiert, indem die Lage, Orientierung und Größe in der Messpunkt-konfiguration herausgerechnet wurde (Bookstein, 1991). Im ersten Schritt wurden dazu die Koordinaten der Messpunkte translatiert (Abbildung 3.6b). Das heißt, die Durchschnittskordinaten der Messpunkte aller individuellen Konfigurationen wurden auf einen gemeinsamen Schwerpunkt (*Centroid*) hin zentriert. In Schritt Zwei erfolgte eine Skalierung der Messpunkt-kordinaten, so dass jede Konfiguration eine *Centroid*-Größe (CS: Quadratwurzel der summierten euklidischen Distanzen aller Messpunkte zu ihrem Schwerpunkt; Dryden und Mardia, 1998) besaß (Abbildung 3.6c). Zuletzt wurde eine Rotation der Messpunkt-kordinaten in die gleiche Richtung so durchgeführt, dass die Gesamtsumme der quadrierten Distanzen aller gepaarter Messpunkte ein Minimum ergab (Abbildung 3.6d). Der Prozess der GPA-Transformation wurde mit tpsRelw (Rohlf, 2010a) durchgeführt.

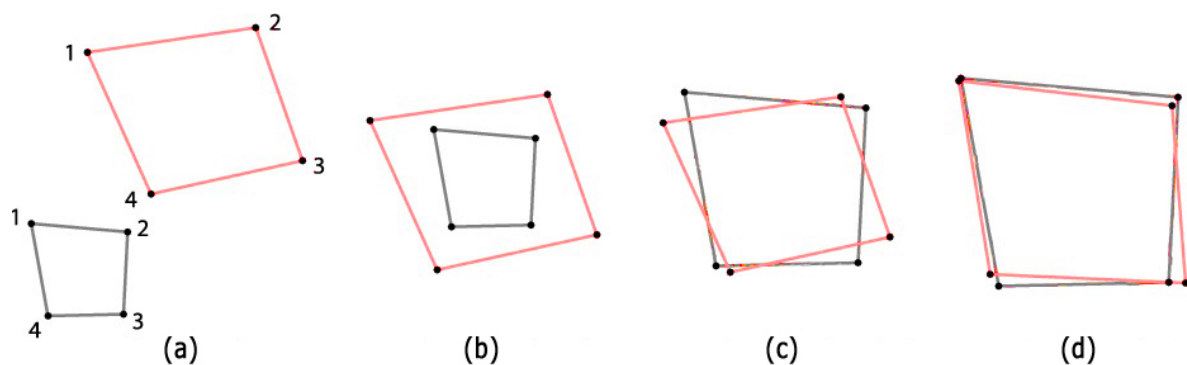


Abbildung 3.6: Schritte einer GPA-Transformation. (a) Zwei Messpunkt-konfigurationen mit Rohdaten. (b) Zwei Messpunkt-konfigurationen mit gemeinsamen Schwerpunkt in der Konfiguration. (c) Skalierung der beiden Messpunkt-konfigurationen auf die gleiche Größe. (d) Rotation der beiden Messpunkt-konfigurationen in die gleiche Richtung. Aus Mitteroecker und Gunz (2009).

Ermittlung der fluktuierenden Asymmetrie im Gesicht

Um die fluktuierende Asymmetrie im Gesicht zu bestimmen und von der direktionalen Asymmetrie zu trennen, wurde die Methodik der Objekt-Symmetrie (Klingenberg *et al.*, 2002) verwendet. Diese setzte voraus, dass die Varianz zwischen den einzelnen Messpunkten isotrop verteilt war. Diese Methode berechnet die Asymmetrie aus den *Procrustes*-Abständen einer Gesichtsseite und ihrer median gespiegelten Form (Abbildung 3.7). Für die Isolierung der FA-Komponente wurde dazu eine für *Procrustes*-Daten spezifisch adaptierte *mixed model two-way ANOVA* mit Messwiederholung angewandt (ausführliche Beschreibung in Klingenberg *et al.*, 2002). Diese ANOVA isolierte die Zwischensubjekt-Effekte „Individuen“, „Seiten“, „Individuen x Seiten“ und „Messfehler“ (Klingenberg *et al.*, 2002; Klingenberg und McIntyre, 1998) und wurde ursprünglich für die Verwendung konventioneller Längenmessungen konzipiert (Leamy, 1984; Palmer, 1994). Für die Verwendung mit *Procrustes*-Daten wurde sie um die entsprechenden Freiheitsgrade erweitert (Klingenberg *et al.*, 2002; Klingenberg und McIntyre, 1998).

Als ein Ergebnis beinhaltet der Zwischensubjekt-Effekt „Individuen“ die individuellen Variationen der Gesichtsform unter Ausschluss der Asymmetrien. „Individuen“ erklärt zugleich den größten Varianzanteil. Die „Seiten“-Komponente enthält die direktionale Asymmetrie (DA) zwischen beiden Gesichtshälften. Weiter beinhaltet die „Individuen x Seiten“-Komponente die fluktuierende Asymmetrie (FA). Die Komponente des „Messfehlers“ erklärt die Unterschiede im Setzen der Messpunkte des zweiten angefertigten Messpunktsatzes. Um die statistische Signifikanz von FA zu bestimmen, wurde der F-Quotient zwischen dem mittleren Quadrat des „Individuen x Seiten“-Wertes und dem mittleren Quadrat des Messfehlers berechnet (Leamy, 1984; Palmer und Strobeck, 1986).

Für die Ermittlung des Signifikanzniveaus von FA wurde ein Permutationstest mit 5000 Durchgängen angewendet. Alle Berechnungen wurden in SAGE (Márquez, 2008) durchgeführt. Um jeweils die individuellen FA-Werte zu erhalten, wurde die Quadratsumme der in SAGE ermittelten *Procrustes*-Abstände zwischen einer Gesichtsseite und ihrer median gespiegelten Form berechnet (Mardia *et al.*, 2000).

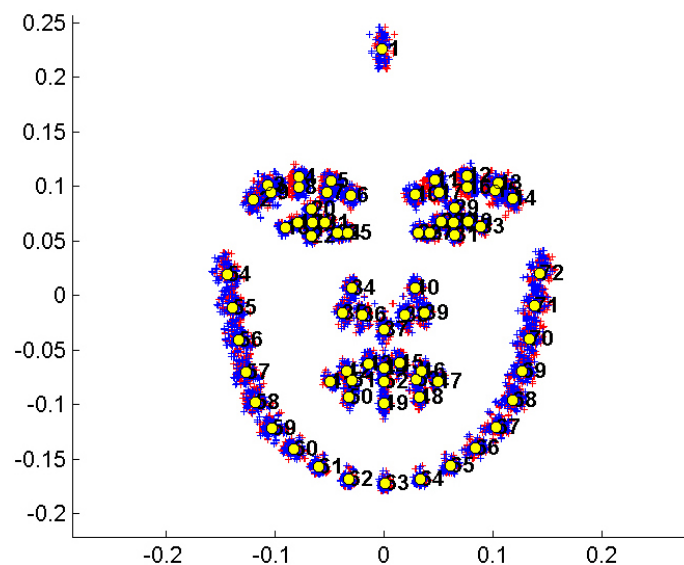


Abbildung 3.7: Bildschirmfoto aus SAGE (Márquez, 2008) von originalen (rot) und median gespiegelten (blau) Messpunkten weiblicher Gesichter nach der *Procrustes superimposition*.

3.3.4.2 Fluktuierende Asymmetrie des Körpers

Messfehler und Berechnung der fluktuierenden Asymmetrie

Die Analyse der fluktuierenden Asymmetrie des Körpers kann durch Messfehler hochgradig beeinflusst werden (Palmer und Strobeck, 2003a). Einerseits wird durch Messfehler die Erstellung eines verlässlichen individuellen FA-Index und damit dessen verlässliche Verwendung in nachfolgenden statistischen Analysen unmöglich. Andererseits weisen die Verteilung der gerichteten FA-Indizes und die Verteilung der Messfehler die gleichen statistischen Merkmale (das heisst Normalverteilung bei einem Mittelwert von Null) auf und sind deshalb nicht zu unterscheiden (Palmer, 1994; Palmer und Strobeck, 1986; Swaddle *et al.*, 1994).

Aus diesem Grund wurden im Vorfeld der statistischen Berechnungen die im Fragebogen angegebenen verletzten Körperteile aus dem Datensatz entfernt. Danach wurden die beidseitigen Messwerte eines Körperteils (erste und zweite Messung der Fuß-, Knöchel-, Knie-, Ellbogen-, Hand-, Handgelenksbreite, Ohrhöhe, und -breite) in einem Boxplot visuell gegenübergestellt, um mögliche Ausreißer aufgrund von Dateneingabefehlern zu identifizieren (Palmer und Strobeck, 2003b). Mit der nachfolgenden Formel wurden potenzielle Ausreißer aufgrund von Messfehlern mit dem GRUBB-Test ermittelt, was im Grunde einer Z-Transformation entsprach.

$$t_G = \frac{X_i - \bar{X}}{SD}$$

Dazu wurde zuerst für jedes Körperteil die Differenz zwischen rechts und links (X_i) von beiden gemittelten Messungen berechnet. $\bar{X}$ kommt dabei dem Mittelwert dieser Differenz gleich und SD entspricht der Standardabweichung der Differenz von allen vermessenen Individuen (Vorgehen nach Palmer und Strobeck, 2003b). Der Wert der Variable t_G wurde zweiseitig (positiv und negativ) mit den tabellierten Grenzwerten in Rohlf und Sokal (1995, Tabelle DD) verglichen. Je ein Messwertepaar von Knie- und Handbreite sowie Ohrhöhe überschritten diesen Grenzwert und wurden deshalb von der weiteren statistischen Verwertung ausgeschlossen.

Für die Bestimmung der fluktuierenden Asymmetrie wurde zudem sichergestellt, dass die gemessenen Asymmetrien der Körperteile keine Artefakte aufgrund von Messfehlern darstellten. Dazu wurde für jedes gemessene Körperteil eine univariate Varianzanalyse mit Messwiederholung (*mixed model two-way ANOVA*) durchgeführt, die eine Größenabschätzung von FA in Relation zum vorhandenen Messfehler ermöglicht (Palmer, 1994; Palmer und Strobeck, 1986, 2003b; Swaddle *et al.*, 1994). Für die ANOVA wurden die Körperseiten rechts und links als fester Faktor und die Individuen als Zufallsfaktor festgelegt. Die wiederholten Messungen der Körperteile pro Individuum bestimmen den abhängigen Faktor. Das Signifikanzniveau der ANOVA wurde auf 0,05 gesetzt.

Analog zur Methode der FA-Bestimmung im Gesicht berechnet die hier verwendete ANOVA für die einzelnen Körperteile die Zwischensubjekt-Effekte „Seite“, „Individuum“, die Interaktion von „Seite x Individuum“ und „Messfehler“. Dabei umfasst „Seite“ die directionale Asymmetrie (DA) und „Individuum“ die individuellen Unterschiede zwischen den Körperseiten. Der Interaktionsterm „Seite x Individuum“ beinhaltet die fluktuierende Asymmetrie (FA). Der Effekt „Messfehler“ beschreibt innerhalb der Wiederholungen die Varianz der wiederholten Messungen.

Aus den Ergebnissen in Tabelle 4.1 ist ersichtlich, dass bei allen vermessenen Körperteilen der Effekt „Messfehler“ kleiner als der Interaktionsterm (FA) war. Dies war Voraussetzung, den jeweils vermessenen Körperteil für die Erstellung der individuellen FA-Indizes zu subsummieren. Für das Körperteil Handbreite (siehe Ergebnisse, Tabelle 4.1) bestand signifikant directionale Asymmetrie. Die Handbreite wurde nicht zur nachfolgenden Erstellung der individuellen FA-Indizes der Körper herangezogen.

Erstellung des individuellen FA-Index

In Anlehnung an Palmer (1994) wurde ein individueller Index vom Typ FA 2 in dieser Arbeit verwendet (für die verschiedenen möglichen FA-Typen siehe Palmer, 1994). Mit nachfolgender Formel wurde der FA 2-Index berechnet aus der relativen Distanz der vermessenen Körperteile (Abweichungen zwischen rechts und links bezogen auf die mittlere Größe). Dabei wurden die Summen aller Differenzen (Gangestad *et al.*, 1994; Thornhill *et al.*, 1995) und die mittleren relativen Asymmetrien aller vermessenen Körperteile (Manning, 1995; Palmer und Strobeck, 1986) verwendet.

$$FA\ 2 = Mittelwert \left(2 \cdot \frac{R + L}{|R - L|} \right)$$

Homogenität der FA-Werte

Im Vorfeld der Erstellung eines FA-Index des Körpers erfolgte eine Überprüfung auf Unterschiede der fluktuierenden Asymmetrie zwischen den untersuchten Individuen und den gemessenen Körperteilen. Dazu wurde ein modifizierter Levene-Test für die Heterogenität der Varianz zwischen den Individuen eingesetzt (Vorgehen nach Palmer, 1994). Diese *mixed model two-way ANOVA* verwendet die untersuchten Körperteile als festen Faktor, die Individuen als zufälligen Faktor und den Betrag der individuellen Differenz beider Körperseiten (|rechts minus links|) als abhängigen Faktor. Für die ANOVA wurde ein Signifikanzniveau von 0,05 vorausgesetzt. Die statistischen Analysen wurden mit PASW (Spss Inc, 2009) durchgeführt.

3.3.5 Schritt V – Akustische Analyse

Die akustische Untersuchung der 468 Sounddateien (117 Probanden mit den Lautäußerungen von „Zahl“, „Vokal“, „Laut“ und „Frage“) erfolgte mit Hilfe der Software PRAAT (Boersma und Weenink, 2011). Die Software PRAAT ist in der Qualität ihrer Algorithmen mit anderen professionellen akustischen Analyseprogrammen vergleichbar (Amir *et al.*, 2009; Maryn *et al.*, 2009; Minnema und Stoll, 2008).

Eine Besonderheit von PRAAT ist die Möglichkeit, Skripte für spezifische Analyseaufgaben zu verwenden. Hierfür wurden in dieser Arbeit mehrere stapelverarbeitende Skripte für die beabsichtigten Analysen programmiert. Der dazu programmierte Code der einzelnen Skripte ist im Anhang C ab Seite 197 gelistet.

Wie bereits in Abschnitt 2.3.1 erläutert, bildet das an den Stimmlippen erzeugte Quellsignal das akustische Rohmaterial für alle stimmhaften Laute. Dieses wird weiter im supralaryngalen System gefiltert, bevor es als Stimmsignal abgestrahlt wird. Da in der Regel nur stimmhafte Laute Fundamental- und Formantfrequenzen bilden, wurden zur Analyse die Vokale der von den Probanden getätigten Lautäußerungen ausgewählt („Phonation der Vokale“ im Anhang A

auf Seite 159). Zur Analyse der Signalqualität wurden die Vokale nicht-destruktiv markiert. Das heisst, dass die Vokale in den einzelnen Sounddateien markiert wurden, ohne dadurch den zeitlichen Verlauf und damit die Stimmaufnahmen zu verändern. Dazu wurden für jedes Individuum die einzelnen Vokale im Editor-Fenster von PRAAT mittels sogenannter *TextGrids* von den Nachbarlauten abgegrenzt (Abbildung 3.8).

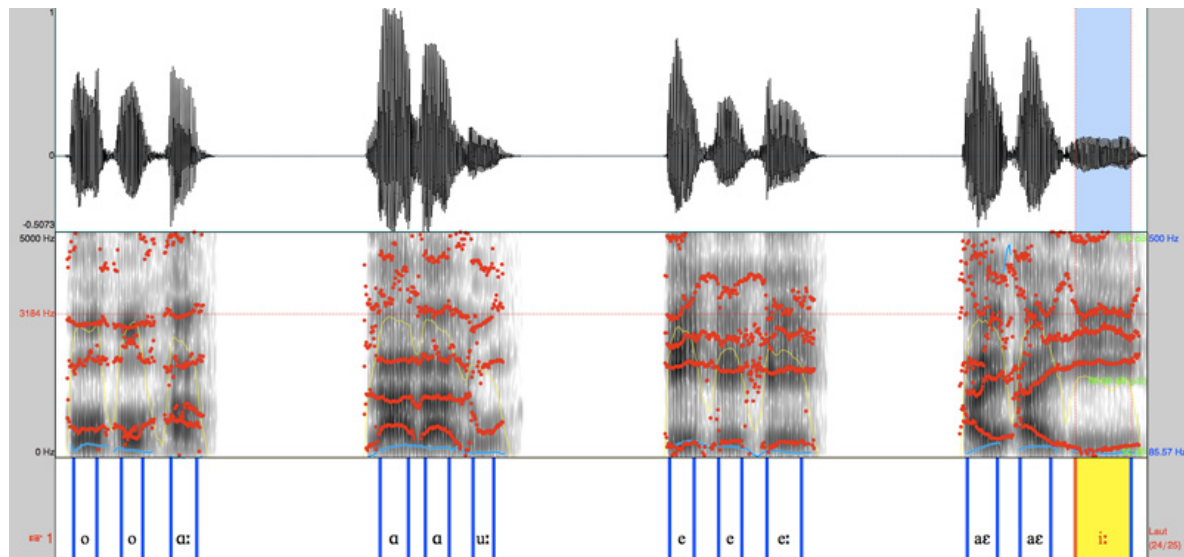


Abbildung 3.8: Bildschirmfoto von „Laut“ im Editor-Fenster von PRAAT (Boersma und Weenink, 2011). Im unteren Drittel sind die durchgeführten Segmentierungen mit Annotationen sichtbar. Im mittleren Fenster sind die Fundamentalfrequenz (blau) und ersten bis fünfte Formante (rot) spektrografisch dargestellt. Oben ist der Amplitudenverlauf der Lautäußerungen erkennbar.

Die Unterscheidung der Vokale von den Nachbarlauten ist im Breitband-Spektrogramm (Abbildung 3.9) durch einen steileren Anstieg beziehungsweise Abfall der zweiten und dritten Formante sichtbar (Siebenhaar *et al.*, 1998). Zur Vermeidung von Artefakten bei den nachfolgenden Analysen passierten die Segmentmarkierungen den Nulldurchgang des Signals (Abbildung 3.10). Anschließend wurden für jeden Vokal die Benennungen der Annotationen in den zu den Audiodateien gehörigen *TextGrid*-Dateien in Zahlen umgewandelt. Dies vereinfachte den Import der von PRAAT ausgegebenen Analyseergebnisse in PASW.

Die Bestimmung der Fundamentalfrequenz f_0 , HNR, *Jitter*, *Shimmer* und die Ermittlung der Formantfrequenzen (spektrale Schnitte; siehe Abbildungen 3.11 und 3.12) benötigen Messungen mit angepassten **FFT-Spektren** und **LPC-Spektren** sowie wiederum für die Spektralanalysen angepasste **Samplingfrequenzen** (Deliyski *et al.*, 2005). Das **Resampling** des Ausgangsmaterials von 48 kHz/16 bit auf verschiedene Analysefrequenzen war notwendig, um einerseits dem **Nyquist-Kriterium** zu genügen und andererseits um **Aliasing-Effekte** zu vermeiden. Spezifisch für den Frequenzbereich der vorgesehene Analyse wurde dazu das Eingangsmaterial mit einem **Antialiasing-Filter** (**Tiefpass-Filter**) versehen. Aufgrund der zeitlichen Veränderung des Ausgangsmaterials während des Resamplings war es wiederum erforderlich, danach die Segmentgrenzen unter Verwendung eines PRAAT-Skripts auf den Nulldurchgang nachzujustieren (Abbildung 3.10). Fundamentalfrequenz, HNR, *Jitter* und *Shimmer* wurden über FFT-Spektren und die Formanten über LPC-Spektren in PRAAT analysiert.

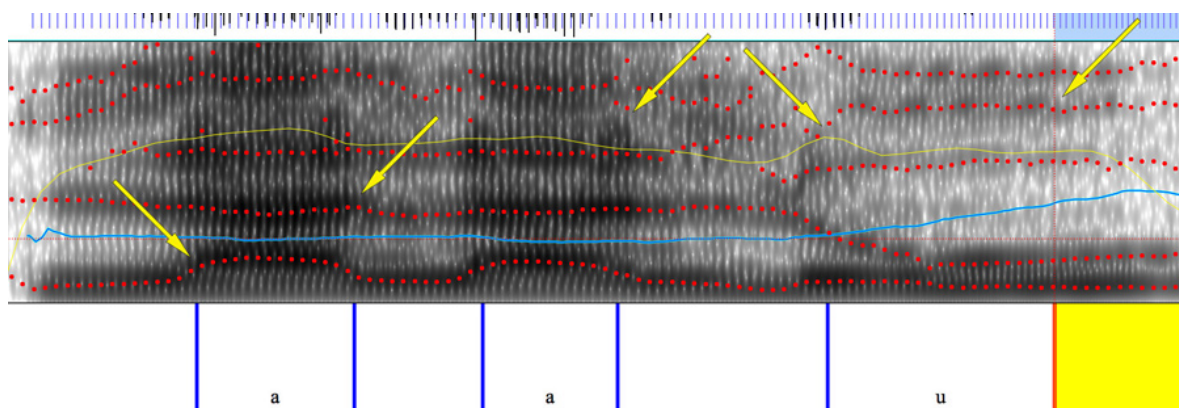


Abbildung 3.9: Ausschnitt eines Bildschirmfotos von „Laut“ im Editor-Fenster von PRAAT (Boersma und Weenink, 2011). Die Pfeile markieren die Abgrenzungen der Vokale von den Nachbarlauten in der spektrografischen Darstellung.

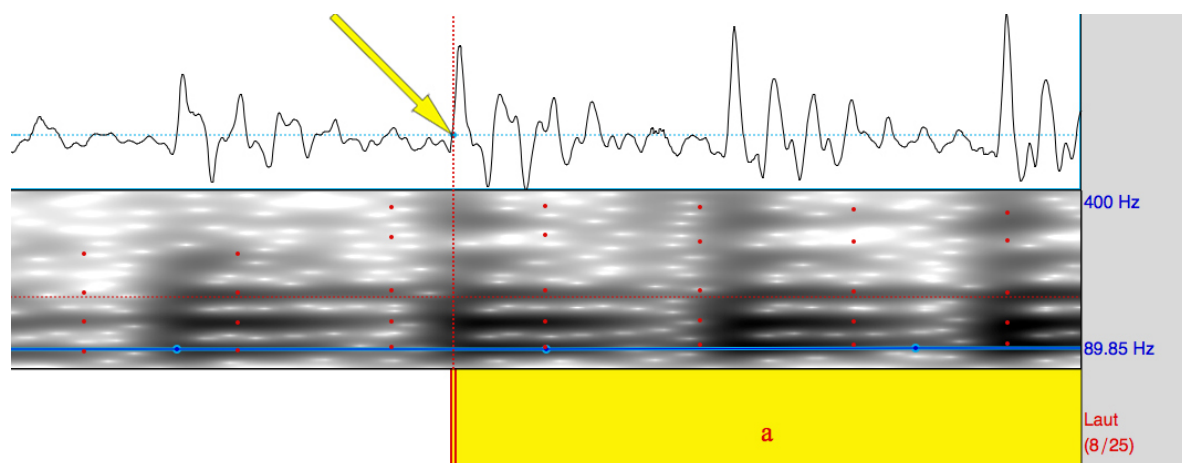


Abbildung 3.10: Bildschirmfoto von „Laut“ im Editor-Fenster von PRAAT (Boersma und Weenink, 2011). Der Pfeil zeigt auf den Nulldurchgang des Stimmsignals bei der Annotation eines Vokals.

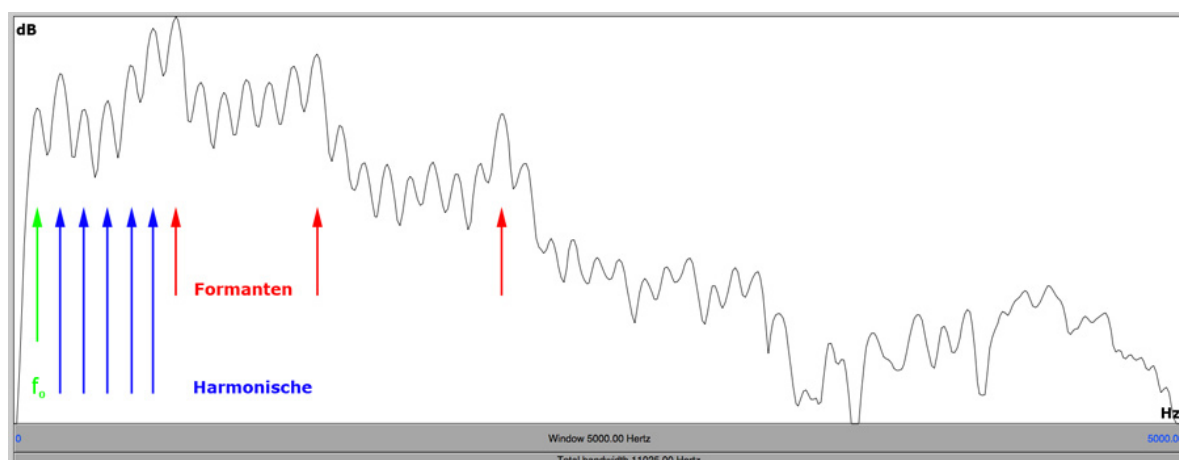


Abbildung 3.11: Bildschirmfoto eines schmalbandigen spektralen Schnitts von einem Vokal einer männlichen Stimme in PRAAT (Boersma und Weenink, 2011). Die Fundamentalfrequenz f_0 (grün), die Harmonischen (blau) und die Formanten (rot) sind dabei markiert.

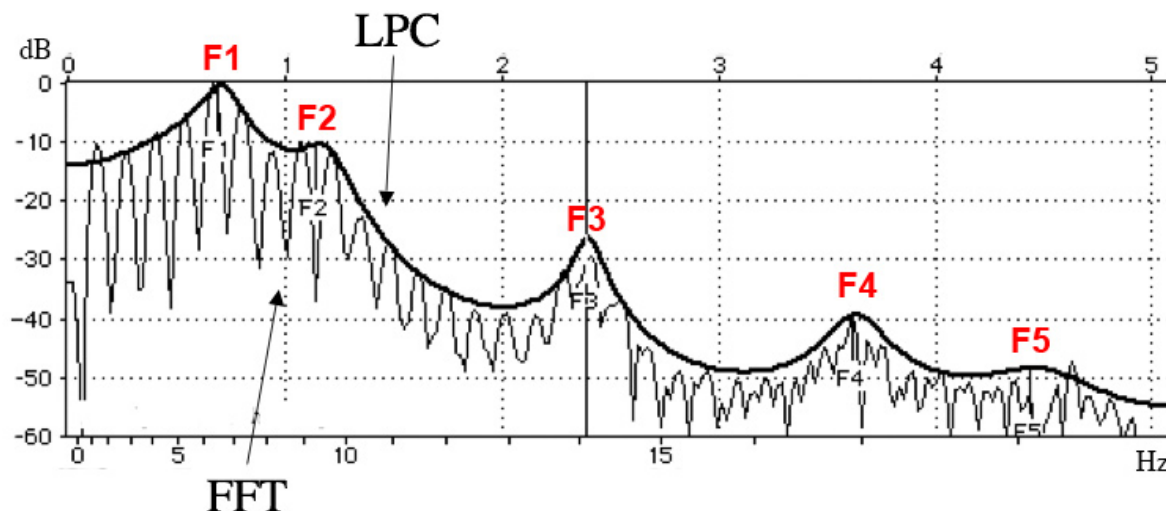


Abbildung 3.12: Vergleichende Darstellung der Formanten im FFT- und LPC-Spektrum. Aus Reetz (2003), verändert.

3.3.5.1 Messungen der Fundamentalfrequenz f_0

Das Ausgangsmaterial wurde auf 11,025 kHz geresampelt (Vukovic *et al.*, 2010). Für die Analyse der Fundamentalfrequenz wurde ein stapelverarbeitendes Skript programmiert (Anhang C, Seite 205), welches f_0 über den in PRAAT implementierten *VoiceReport* für alle segmentierten Vokale ausgab. Der *VoiceReport* wurden bereits in den Analysen von Hughes *et al.* (2008) verwendet. Hier wurden die Standardeinstellungen des *VoiceReport* verwendet (Ruhehörschwelle: 0,03; Signalthörschwelle: 0,45; *Maximum period factor*: 1,3; *Maximum amplitude factor*: 1,6). Der in der Analyse verwendete Algorithmus, der vom Programmierer von PRAAT, Paul Boersma, für Stimmanalysen empfohlen wird, arbeitete auf Basis einer Kreuz-Korrelation. Die Analysen erfolgten geschlechtsspezifisch für die einzelnen Vokale (Messbereich für Männer: 75–350 Hz, für Frauen: 100–500 Hz).

Um den Einfluss der durchschnittlichen Fundamentalfrequenzen auf die Bewertungen zu ermitteln, wurde getrennt für beide Geschlechter jeweils der Mittelwert von f_0 ermittelt. Abschließend wurde der individuelle absolute Betrag der Differenz zum geschlechtsspezifischen Mittelwert, dem Minimum und dem Maximum der Fundamentalfrequenz berechnet.

3.3.5.2 Messungen der Schwingungsirregularitäten von f_0

In der Regel benötigen die Perturbationsmessungen von *Jitter* und *Shimmer* lange Vokale beziehungsweise gehaltene Vokale (Klatt und Klatt, 1990). Auf der anderen Seite verweist Michaelis (2000) darauf hin, dass es keine eindeutig definierte Methodik zur *Jitter*- und *Shimmer*-Messung existiert. Deliyski *et al.* (2005) macht darauf aufmerksam, dass unabhängig von der Länge der Lautäußerung die *Shimmer*-Messungen in PRAAT mit einer Samplingfrequenz von 20,6 kHz beziehungsweise 24,4 kHz ungenau sind. Um die genannten Ungenauigkeit auszuschließen, wurden in dieser Arbeit die Werte von *Jitter* und *Shimmer* in der Auflösung der Aufnahmen von 48 kHz/16 bit und bei einem Antialiasing-Filter von 24 kHz analysiert. Die Mikrofluktuationen wurden dabei über die gesamte Länge der segmentierten Vokale mit dem bereits bei der Bestimmung der Fundamentalfrequenz verwendeten PRAAT-Skript (Anhang C, Seite 205) ermittelt.

3.3.5.3 Messungen des Harmonie-Rausch-Verhältnisses

In PRAAT wurde das Ausgangsmaterial auf eine Abtastrate von 16 kHz resampelt (Bruckert *et al.*, 2010). Das verwendete PRAAT-Skript (Anhang C, Seite 219) extrahierte im ersten Schritt die HNR-Werte aller segmentierten Vokale für den gesamten Frequenzbereich mit einer Fensterlänge von 0,025 s. Es wurden Standardeinstellungen vorgenommen (zeitliche Auflösung: 0,01 s; Ruheshwelle: 0,01; *Number of periods per window*: 4,5). In einem zweiten Schritt erfolgte mit den gleichen Einstellungen die HNR-Analyse separat für die Frequenzbereiche 0–500 Hz, 0–2000 Hz und 0–5000 Hz (PRAAT: *pass Hann band*; angelehnt an die Prozedur von Biemans, 2000 und Krom, 1994a). Die Frequenzen oberhalb von 5000 Hz konnten für die Filterung vernachlässigt werden, da sie die meisten Rauschanteile beinhalteten (Biemans, 2000). Der verwendete Algorithmus arbeitet auf Basis der von den Programmierern von PRAAT empfohlenen Kreuz-Korrelation (Signal-Rausch-Verhältnis bei 60 dB und zeitliche Auflösung bei 0,012 s). Die alternative Messung mittels Autokorrelation (Boersma, 1993) wurde verworfen, da sie trotz eines besseren Signal-Rausch-Verhältnisses von 80 dB eine wesentlich höhere zeitliche Auflösung benötigte (PRAAT Handbuch: Boersma und Weenink, 2011). Dies hätte zur Folge gehabt, dass ein Großteil der segmentierten Vokale nicht messbar gewesen wären.

Der verwendete Kreuz-Korrelations-Algorithmus in PRAAT benötigt für die HNR-Analysen im Vorfeld die Messungen der Fundamentalfrequenzen (PRAAT Handbuch: Boersma und Weenink, 2011). Diese wurden geschlechtsspezifisch ermittelt (Männer: 70–300 Hz, Frauen: 100–500 Hz). Die Bestimmung von HNR in den Frequenzbereichen 500–2000 Hz und 2000–5000 Hz war aufgrund der im Algorithmus benötigten Fundamentalfrequenz nicht ausführbar. Der Einsatz von **Bandpass-Filter** für die HNR-Messung in den genannten Frequenzbereichen hätte das Ausfiltern der Fundamentalfrequenz zur Folge gehabt, was wiederum die HNR-Bestimmung voraussetzt. Die Problematik des Ausfiltern der Fundamentalfrequenz hätte ebenfalls bei einer Analyse über den alternativen Autokorrelationsalgorithmus bestanden. Damit war eine unabhängige HNR-Analyse der genannten Frequenzbereiche mit Hilfe von PRAAT nicht möglich.

3.3.5.4 Messungen der Formantfrequenzen

Die Audiodateien wurden im Vorfeld der Formantanalysen von 48 kHz auf 11,025 kHz resampelt (Collins, 2000; Feinberg *et al.*, 2005b) und die Position der Segmentgrenzen (*TextGrids*) mittels Skript auf den Nulldurchgang des Signals nachjustiert (Abbildung 3.10). Zur Bestimmung der Formanten wurden die Frequenzen von F1 bis F5 über ein LPC-Spektrum bestimmt. Für die LPC-Analyse wurde die Burg-Methode (Vorgehen nach Feinberg *et al.*, 2005a) mit der zu erwartenden Anzahl der Pole, einer Fensterlänge von 0,025 s, einer Schrittweite von 0,01 s zwischen aufeinander folgenden Analysefenstern, einer Präemphasis von 50 Hz und einer maximalen Formantfrequenz von 5500 Hz (**Nyquist-Frequenz**) verwendet.

Die Frequenzanalyse wurde nur für die **Monophthonge** /a/, /e/, /i/, /o/, /u/, /æ/, /ʏ/ („Phonation der Vokale“ im Anhang A auf Seite 159) aufgrund der erwarteten Konstanz des Frequenzverlaufs durchgeführt (siehe Abbildung 3.13). **Diphtonge**, r-Vokalisierung und

silbische Nasale (siehe Seite 159) wurden im Hinblick auf zu erwartende *formant transitions* (Formantabbiegungen: Abbildung 3.14; Reetz, 2003; Stevens, 2000) nicht untersucht.

Die Messung der Formantfrequenzen erfolgte wiederum über ein stapelverarbeitendes Skript, welches für diese Arbeit programmiert wurde (siehe Anhang C, Seite 231). Mit dem Skript wurden neben den Formantfrequenzen zusätzlich die Fundamentalfrequenzen (Messbereich für Männer: 75–350 Hz, für Frauen: 100–500 Hz) in den segmentierten Vokalen gemessen.

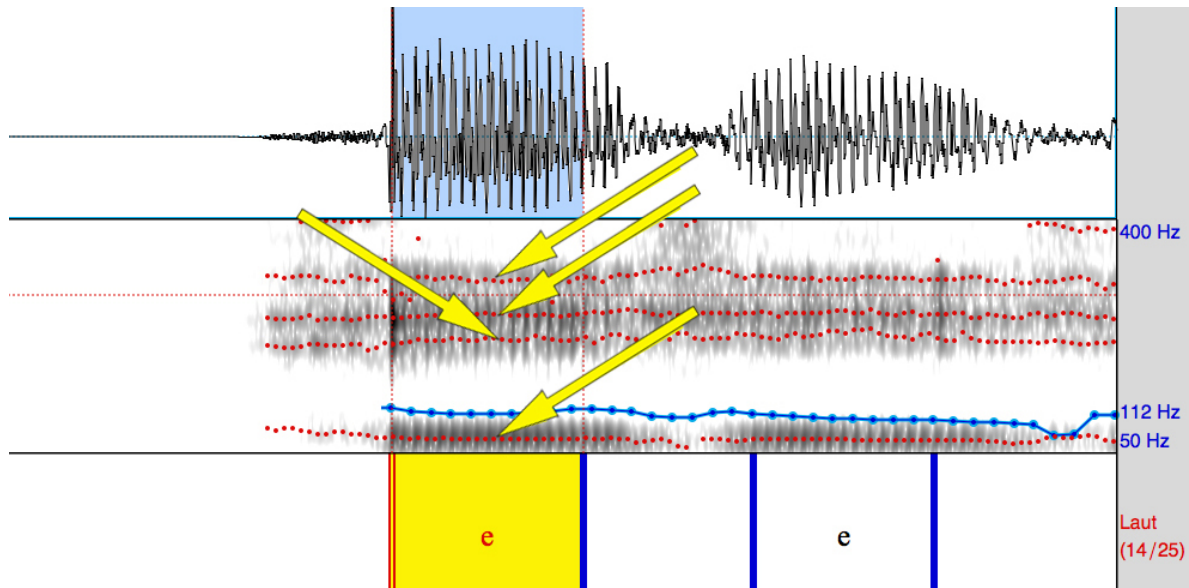


Abbildung 3.13: Ausschnitt eines Bildschirmfotos von „Laut“ im Editor-Fenster von PRAAT (Boersma und Weenink, 2011). Die gelben Pfeile markieren die konstanten Frequenzverläufe der zweiten (F2), dritten (F3) und vierten Formante (F4) im Vokal /e/.

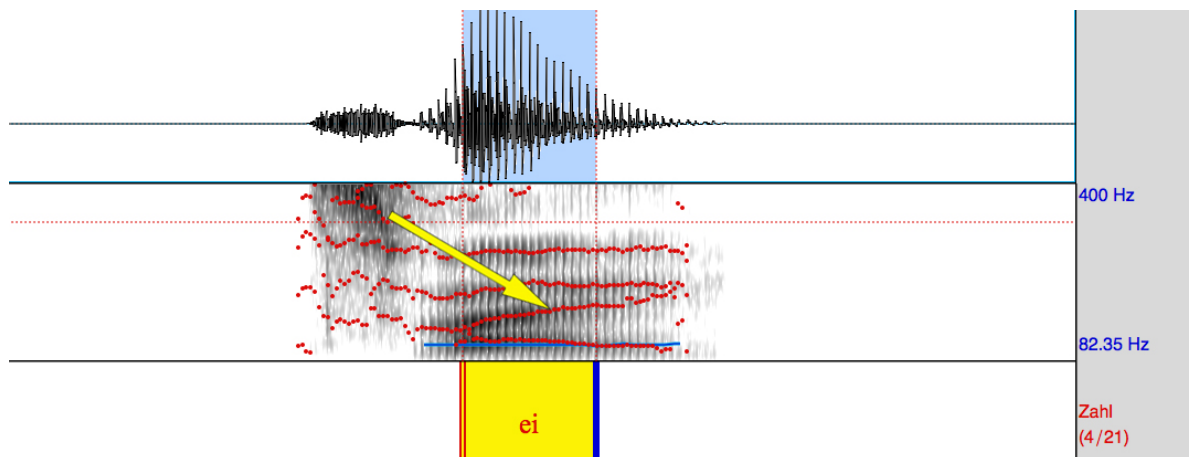


Abbildung 3.14: Ausschnitt eines Bildschirmfotos von „Zahl“ im Editor-Fenster von PRAAT (Boersma und Weenink, 2011). Der gelbe Pfeil markiert die Formantabbiegung der zweiten Formante (F2) beim Übergang von /e/ zu /i/ im Diphtong /ei/.

Die Ermittlung der Frequenzwerte erfolgte einerseits als nacheinander folgende Einzelmessungen mit einer Schrittweite von 5 ms (**formant tracking**) über den gesamten zeitlichen Verlauf der segmentierten Vokale beziehungsweise als spektrale Schnitte genau in der Mitte der segmentierten Vokale (Abbildung 3.15). Die einzelnen Frequenzwerte der nacheinander durchgeführten Messungen wurden für den jeweiligen segmentierten Vokal gemittelt (Vorgehen nach Baumann und Belin, 2010).

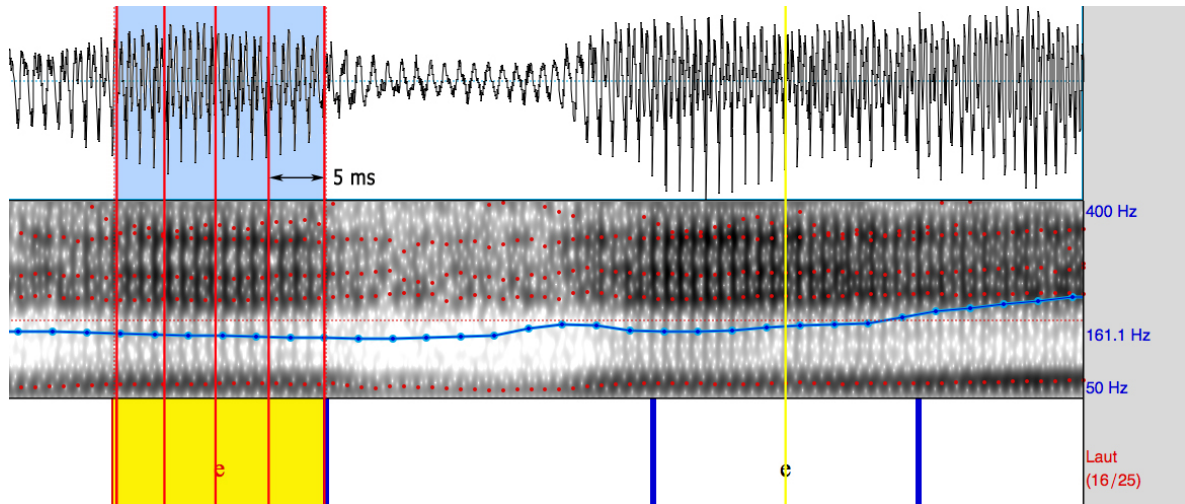


Abbildung 3.15: Ausschnitt eines Bildschirmfotos von „Laut“ im Editor-Fenster von PRAAT (Boersma und Weenink, 2011). Die roten Linien links skizzieren schematisch die nacheinander folgenden Formantmessungen mit einer Schrittweite von 5 ms. Die gelbe Linie rechts markiert die Frequenzmessung als spektraler Schnitt in der Mitte eines Vokals.

In Anlehnung an die Methode von Bruckert *et al.* (2010) (siehe Abschnitte 2.5.3 und 2.5.4) wurden für die euklidische Distanzen zum geschlechtsspezifischen Mittelwert die Fundamentalfrequenzen und die Frequenzwerte der ersten Formante berechnet. Diese Frequenzwerte wurden für alle untersuchten Monophthonge gemittelt. Für die Ermittlung der mittleren geschlechtsspezifischen Frequenzwerte wurden für Frauen und Männer die zuvor ermittelten individuellen Werte von f_0 und F1 separat aggregiert. Nachfolgend ist beispielhaft die individuelle Berechnung der euklidischen Distanz zum geschlechtsspezifischen Mittelwert für das Frequenzpaar f_0 /F1 dargestellt.

$$d_{f_0, F1} = \sqrt{\left(\lg f_0^{\text{Individuum}} - \lg f_0^{\text{Mittelwert } \varphi / \sigma} \right)^2 + \left(\lg F1^{\text{Individuum}} - \lg F1^{\text{Mittelwert } \varphi / \sigma} \right)^2}$$

Für die Frequenzpaarungen von f_0 /F2, f_0 /F3, f_0 /F4, f_0 /F5, F1/F2, F1/F3, F1/F4, F1/F5, F2/F3, F2/F4, F2/F5, F3/F4, F3/F5 und F4/F5 erfolgte im nächsten Schritt die Berechnung der euklidischen Distanzen zum geschlechtsspezifischen Mittelwert analog zur Berechnung von Frequenzpaar f_0 /F1. Aus den Pearson-Korrelationen der euklidischen Distanzen sämtlicher Frequenzpaare mit den gegengeschlechtlichen Bewertungen und der fluktuierenden Asymmetrie war ersichtlich, dass die Frequenzpaare der Fundamentalfrequenz bei Frauen und die Frequenzpaare der ersten Formante bei Männern signifikante Beziehungen aufwiesen (siehe Tabellen B.12 bis B.23 im Anhang B auf den Seiten 178–189).

Zusätzlich wurden der in Abschnitt 2.4.2.2 (Seite 48) beschriebene Einfluss der Zungenposition auf die Vokalbildung und die Unabhängigkeit der Formanten F4 und F5 auf individuelle Sprechermerkmale eingeschätzt. Dazu wurden im letzten Schritt die euklidischen Distanzen zum geschlechtsspezifischen Mittelwert der Frequenzpaarungen $f_0/F1$, $f_0/F2$, $f_0/F3$, und $f_0/F1$, $f_0/F2$, $f_0/F3$, $f_0/F4$, $f_0/F5$ sowie $F1/f_0$, $F1/F2$, $F1/F3$ und $F1/f_0$, $F1/F2$, $F1/F3$, $F1/F4$, $F1/F5$ zunächst jeweils gemittelt. Die gemittelten euklidischen Distanzen zum geschlechtsspezifischen Mittelwert von $f_0/F1$ – $F3$, $f_0/F1$ – $F5$, $F1/f_0$ – $F3$ und $F1/f_0$ – $F5$ wurden abschließend mit den Bewertungen korreliert.

In Abbildung 3.16 sind die gemessenen Werte vom Logarithmus der Fundamentalfrequenz (f_0) und vom Logarithmus der ersten Formante (F1) für die Ermittlung der euklidischen Distanz zum geschlechtsspezifisch weiblichen Mittelwert dargestellt. Der Abstand zum Mittelwert aller logarithmierten Frequenzpaare von f_0 und F1 weiblicher Stimuli (roter Punkt) definiert die euklidische Distanz, welche für die Korrelationen mit der Attraktivitätsbewertungen weiblicher Stimmen verwendet wurde (siehe Tabelle B.12 im Anhang B auf Seite 178).

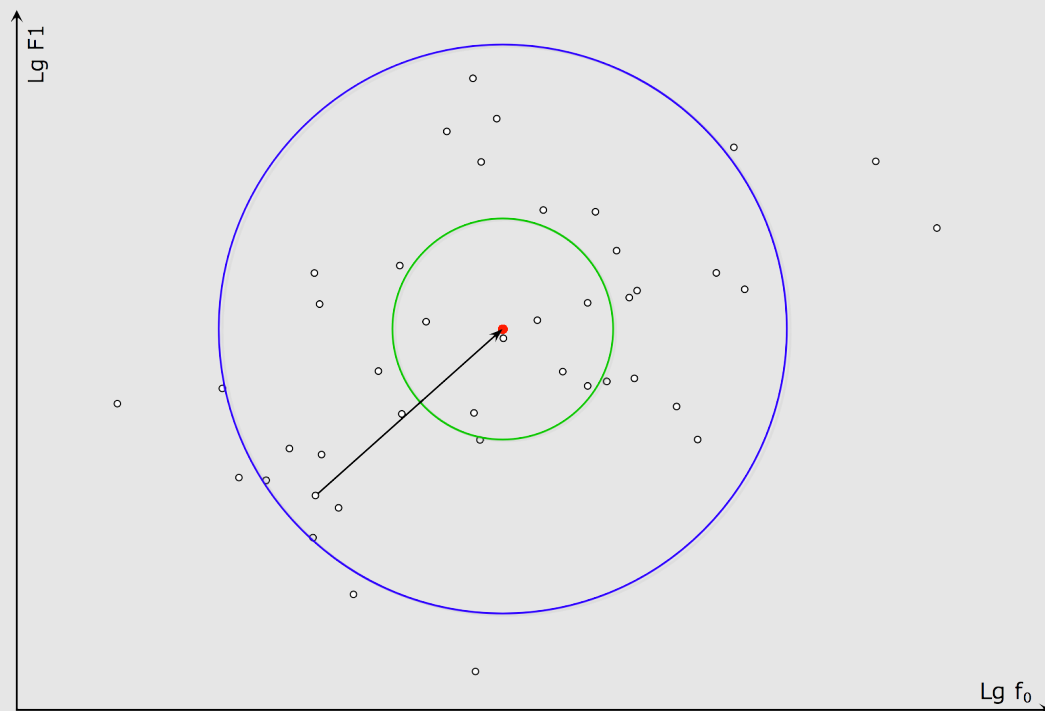


Abbildung 3.16: Darstellung der euklidischen Distanz zum Mittelwert am Beispiel von Fundamentalfrequenz (f_0) und erster Formante (F1) weiblicher Stimuli. Die schwarzen Punkte stellen die gemessenen individuellen f_0 -F1-Frequenzpaarungen weiblicher Probanden dar. Der rote Punkt charakterisiert die gemittelte Frequenzpaarung aller weiblichen Stimuli. Der schwarze Pfeil gibt die euklidische Distanz zum Mittelwert der weiblichen Probanden wieder. Eine geringe euklidische Distanzen zum Mittelwert (grüner Kreis) zeigte vokale Attraktivität an, wogegen hohe euklidische Distanzen zum Mittelwert (blauer Kreis) als unattraktiv von Männern bewertet wurden.

4

Ergebnisse

4.1 Vorbemerkungen zur Stimuliauswahl und Bewertung

Von den bewerteten Stimuli ($N = 117$) wurden 11 weibliche und 16 männliche Probanden ausgeschlossen. Der Grund für diesen Ausschluss waren nicht tolerable Verdrehungen der Kopfposition, die andernfalls eine hohe Ungenauigkeit der FA-Analyse im Gesicht hervorrufen (siehe Abbildung 3.5 links). Zusätzlich wurden fünf weibliche und drei männliche Probanden auf Grund von Erkältungen ausgeschlossen.

Damit ergab sich für weiterführende Analysen eine Zahl von 42 weiblichen Stimuli (Alter: 19 bis 42 Jahre; Mittelwert: 24,1 Jahre; Standardabweichung: 5,5 Jahre) und 40 männlichen Stimuli (Alter: 18 bis 33 Jahre; Mittelwert: 23,8 Jahre; Standardabweichung: 3,7 Jahre). Demnach reduzierte sich die Anzahl der zu analysierenden Bewertungen. 108 heterosexuelle Männer (Alter: 19 bis 67 Jahre; Mittelwert: 26,2 Jahre; Standardabweichung: 7,1 Jahre) bewerteten weibliche Stimmen. 65 heterosexuelle Männer (Alter: 18 bis 44 Jahre; Mittelwert: 25,5 Jahre; Standardabweichung: 4,2 Jahre) bewerteten die Gesichter der weiblichen Stimuli. 102 heterosexuelle Frauen (Alter: 18 bis 48 Jahre; Mittelwert: 24,3 Jahre; Standardabweichung: 4,9 Jahre) bewerteten männliche Stimmen und 63 heterosexuelle Frauen (Alter: 18 bis 46 Jahre; Mittelwert: 23,6 Jahre; Standardabweichung: 3,9 Jahre) bewerteten die Gesichter der Männer. Von den verbliebenen 42 weiblichen Stimuli befanden sich 14 Individuen in der fertilen Phase. Aufgrund dieses geringen Stichprobenumfanges wurde jene Analysen verzichtet, welche genauer die Ovulation weiblicher Stimuli als möglichen Einflussfaktor untersuchen. Des Weiteren wurde davon abgesehen, die Zyklusabhängigkeit weiblicher Probanden zu unterscheiden, da die Anzahl fertiler Individuen bei der Bewertung der männlichen Stimmen ($N = 24$ von 102) und männlichen Gesichter ($N = 17$ von 63) zu gering war.

Einige Lautäußerungen der Gruppen „Zahl“, „Vokal“, „Laut“ oder „Frage“ wurden teilweise nur dreimal bewertet. Deshalb wurden diese Gruppen nicht getrennt analysiert, sondern über die Summe der aufgezeichneten Lautäußerungen ermittelt.

4.2 Fluktuierende Asymmetrien

4.2.1 Fluktuierende Asymmetrie des Körpers

4.2.1.1 Messfehler, direktionale und fluktuierende Asymmetrie

Für die vermessenen Körperteile berechnete die ANOVA die Zwischensubjekt-Effekte „Seite“, „Individuum“, die Interaktion von „Seite x Individuum“ und „Messfehler“. Dabei umschlossen „Seite“ die direktionale Asymmetrie (DA) und „Individuum“ die individuellen Unterschiede zwischen den Körperseiten. Der Interaktionsterm „Seite x Individuum“ beschrieb die fluktuierende Asymmetrie (FA). Der Effekt „Messfehler“ beinhaltete innerhalb der Messwiederholungen die Varianz der wiederholten Messungen.

Da nur zwei Faktorstufen existierten, gab es nur ein mögliches Messwertepaar. Ein Vergleich der Differenzen war damit nicht möglich. Das heißt, in PASW konnte einen Mauchly-Test auf Sphärizität nicht ausgewertet werden, weil der Messwiederholungsfaktor nur zwei Stufen besaß.

Alle vermessenen Körperteile wiesen signifikant fluktuierende Asymmetrie auf ($F_{41,81}$ zwischen 20,10 und 48,19; $p \leq 0,001$; siehe Tabelle 4.1). Aus Tabelle 4.1 war ebenfalls ersichtlich, dass bei allen vermessenen Körperteilen der Effekt „Messfehler“ kleiner als der Interaktionsterm (FA) war. Die stellte die Voraussetzung dar, das jeweils vermessene Körperteil für die Erstellung der individuelle FA-Indices zu subsummieren (Palmer, 1994). Für das Körperteil Handbreite bestand eine signifikante direktionale Asymmetrie ($F_{1,41} = 9,978$; $p = 0,002$; Tabelle 4.1). Deshalb wurde die Handbreite nicht mit zur Berechnung der individuelle FA-Indices einbezogen.

Tabelle 4.1: Detaillierte Auflistung der ANOVA-Ergebnisse zur FA-Bestimmung aller vermessenen Körperteile. QS = Quadratsumme, f = Freiheitsgrade, QMW = quadratischer Mittelwert. F = F-Quotient für Signifikanztest (zur Berechnung siehe Tabelle 4.2). α = Signifikanzniveau. % = erklärte Varianz in Prozent. DA = direktionale Asymmetrie. FA = fluktuierende Asymmetrie.

Körperteil	ANOVA Effekt	QS	f	QMW	F	α	%
Fußbreite	Individuum	12001,86	81	148,17	33,99	0,001	97,00
	Seite (DA)	0,93	1	0,93	0,21	0,65	0,01
	Seite x Individuum (FA)	353,12	81	4,36	42,67	0,001	2,85
	Messfehler	16,75	164	0,102	—	—	0,14
	Summe	12372,66	—	—	—	—	100,00
Knöchelbreite	Individuum	6651,91	81	82,12	17,94	0,001	94,51
	Seite (DA)	0,17	1	0,17	0,04	0,847	0,00
	Seite x Individuum (FA)	370,70	81	4,58	48,19	0,001	5,27
	Messfehler	15,56	164	0,095	—	—	0,22
	Summe	7038,34	—	—	—	—	100,00

Fortsetzung nächste Seite...

Körperteil	ANOVA Effekt	QS	f	QMW	F	α	%
Knie- breite	Individuum	8863,81	80	110,80	43,61	0,001	97,49
	Seite (DA)	8,78	1	8,78	3,46	0,067	0,10
	Seite x Individuum (FA)	203,27	80	2,54	25,53	0,001	2,23
	Messfehler	16,12	162	0,10	—	—	0,18
	Summe	9091,98	—	—	—	—	100,00
Ell- bogen- breite	Individuum	36135,92	81	446,12	175,62	0,001	99,36
	Seite (DA)	5,74	1	5,74	2,26	0,137	0,02
	Seite x Individuum (FA)	205,76	81	2,54	20,10	0,001	0,56
	Messfehler	20,73	164	0,13	—	—	0,06
	Summe	36368,15	—	—	—	—	100,00
Ohr- höhe	Individuum	4234,15	80	52,93	25,50	0,001	95,83
	Seite (DA)	4,05	1	4,05	1,95	0,166	0,09
	Seite x Individuum (FA)	166,04	80	2,08	23,72	0,001	3,76
	Messfehler	14,18	162	0,09	—	—	0,32
	Summe	4418,42	—	—	—	—	100,00
Ohr- breite	Individuum	2322,41	81	28,67	13,37	0,001	92,60
	Seite (DA)	0,68	1	0,68	0,32	0,575	0,03
	Seite x Individuum (FA)	173,70	81	2,14	31,74	0,001	6,93
	Messfehler	11,08	164	0,07	—	—	0,44
	Summe	2507,87	—	—	—	—	100,00
Hand- gelenks- breite	Individuum	4980,94	81	61,49	24,50	0,001	95,67
	Seite (DA)	7,10	1	7,10	2,83	0,097	0,14
	Seite x Individuum (FA)	203,28	81	2,51	27,07	0,001	3,90
	Messfehler	15,21	164	0,09	—	—	0,29
	Summe	5206,53	—	—	—	—	100,00
Hand- breite	Individuum	12435,08	81	153,52	43,35	0,001	97,36
	Seite (DA)	35,34	1	35,34	9,98	0,002	0,28
	Seite x Individuum (FA)	286,86	81	3,54	39,96	0,001	2,25
	Messfehler	14,54	164	0,09	—	—	0,11
	Summe	12771,82	—	—	—	—	100,00

Tabelle 4.2: Berechnung des F-Quotienten für Signifikanztests aus den Ergebnissen einer ANOVA zur Bestimmung von fluktuierender Asymmetrie. QMW = quadratischer Mittelwert. DA = direktionale Asymmetrie. FA = fluktuierende Asymmetrie (angepasst nach Palmer, 1994).

Signifikanztest für	F-Quotient
Individuum	QMW (Individuum) / QMW (Seite x Individuum)
Seite (DA)	QMW (Seite) / QMW (Seite x Individuum)
Seite x Individuum (FA)	QMW (Seite x Individuum) / QMW (Messfehler)

4.2.1.2 Homogenität von FA der vermessenen Körpertemodifizierteile

Der nach Palmer (1994) angewandte Levene-Test auf Homogenität aller vermessener Körperteile (ohne Handbreite) war beim Zwischensubjekt-Effekt „Körperteil“ signifikant ($F_{6,81} = 4,595$; $p \leq 0,001$; Tabelle 4.3). Nach Palmer (1994) gibt der Zwischensubjekt-Effekt „Körperteil“ an, inwieweit einige in der ANOVA untersuchten Körperteile weniger asymmetrisch sind als andere Körperteile. Dies war für die in dieser Arbeit vermessenen Stimuli nicht der Fall. Der Effekt „Individuum“ dokumentierte, dass für die in der ANOVA analysierten Körperteile die Varianz zwischen den vermessen Individuen signifikant nicht variierte ($F_{81,484} = 1,694$; $p \leq 0,001$; Tabelle 4.3). Der Interaktionsterm „Körperteil x Individuum“ diente hierbei zur Fehlerbeschreibung der untersuchten Effekte und konnte ignoriert werden (Palmer, 1994).

Tabelle 4.3: Ergebnisse des modifizierten Levene-Tests auf Homogenität der fluktuierenden Asymmetrie. QS = Quadratsumme, f = Freiheitsgrade, QMW = quadratischer Mittelwert. F = F-Quotient für Signifikanztest. α = Signifikanzniveau.

ANOVA Effekt	QS	f	QMW	F	α
Körperteil	26,674	6	4,446	4,595	0,001
Individuum	132,773	81	1,639	1,694	0,001
Körperteil x Individuum	468,227	484	0,967	—	—

4.3 Fluktuierende Asymmetrie des Gesichtes

Die für Procrustes-Analysen verwendete ANOVA brachte die gleichen Zwischensubjekt-Effekte heraus wie die ANOVA, welche für die Berechnung der Körpermaße verwendet wurde. Sowohl die weiblichen Gesichter ($F_{2870,5880} = 18,67$; $p \leq 0,001$; siehe Tabelle 4.4), als auch die männlichen Gesichter ($F_{2730,5600} = 4,79$; $p \leq 0,001$; siehe Tabelle 4.5) wiesen signifikant fluktuierende Asymmetrie auf. Der quadratische Mittelwert des Messfehlers war bei beiden vermessenen Geschlechtern deutlich kleiner als das quadratische Mittel des Interaktionsterms von der fluktuierenden Asymmetrie.

Tabelle 4.4: Detaillierte Auflistung der ANOVA-Ergebnisse zur Bestimmung von fluktuierender Asymmetrie der weiblichen Gesichter. QS = Quadratsumme, f = Freiheitsgrade, QMW = quadratischer Mittelwert. F = F-Quotient für Signifikanztest (zur Berechnung siehe Tabelle 4.2). α = Signifikanzniveau. % = erklärte Varianz in Prozent. DA = direktionale Asymmetrie. FA = fluktuierende Asymmetrie.

ANOVA Effekt	QS	f	QMW	F	α	%
Individuum	0,51087	2870	$1,789 \cdot 10^{-4}$	9,66	0,001	88,05
Seite (DA)	0,010611	70	$1,5158 \cdot 10^{-4}$	8,22	0,001	1,83
Seite x Individuum (FA)	0,052906	2870	$1,8434 \cdot 10^{-5}$	18,67	0,001	9,12
Messfehler	0,0058065	5880	$9,875 \cdot 10^{-7}$	—	—	1,00
Summe	0,5801935	—	—	—	—	100,00

Tabelle 4.5: Detaillierte Auflistung der ANOVA-Ergebnisse zur Bestimmung von fluktuierender Asymmetrie der männlichen Gesichter. QS = Quadratsumme, f = Freiheitsgrade, QMW = quadratischer Mittelwert. F = F-Quotient für Signifikanztest (zur Berechnung siehe Tabelle 4.2). α = Signifikanzniveau. % = erklärte Varianz in Prozent. DA = direktionale Asymmetrie. FA = fluktuierende Asymmetrie.

ANOVA Effekt	QS	f	QMW	F	α	%
Individuum	0,54488	2730	$1,9959 \cdot 10^{-4}$	12,71	0,001	88,49
Seite (DA)	0,0096981	70	$1,3854 \cdot 10^{-4}$	8,82	0,001	1,57
Seite x Individuum (FA)	0,042862	2730	$1,57 \cdot 10^{-5}$	4,79	0,001	6,96
Messfehler	0,018343	5600	$3,2756 \cdot 10^{-6}$	—	—	2,98
Summe	0,6157831	—	—	—	—	100,00

4.4 Hauptkomponentenanalysen der Bewertungen

In den Tabellen 4.6–4.9 sind die Ergebnisse der durchgeführten Hauptkomponentenanalysen ausführlich aufgelistet.

4.4.1 Hauptkomponentenanalysen der Stimmbewertungen

4.4.1.1 Bewertungen von weiblichen Stimmen durch Männer

Das KMO-Maß (*Kaiser-Mayer-Olkin Measure*) für die prinzipielle Durchführbarkeit einer Hauptkomponentenanalyse lag bei 0,791. Der Bartlett-Test auf Sphärizität war signifikant (Chi-Quadrat: 525,922; $p \leq 0,001$). Damit konnte davon ausgegangen werden, dass mindestens zwei Variablen in der Grundgesamtheit miteinander korrelieren. Die Analyse mit Varimax-Rotation von den Bewertungen weiblicher Stimmen durch Männer erbrachte drei Hauptkomponenten, die 82,66 Prozent der gesamten Varianz erklärten. Faktor Eins wies einen Eigenwert von 5,29 auf und erklärte 40,69 Prozent der gesamten Varianz. Faktor Eins wurde mit Verträglichkeit benannt. Faktor Zwei hatte einen Eigenwert von 3,91. Sie erklärte 30,05 Prozent der Gesamtvarianz und wurde mit Attraktivität benannt. Faktor Drei hatte wiederum einem Eigenwert von 1,56 und erklärte 11,92 Prozent der Gesamtvarianz. Die Benennung erfolgte mit Gewissenhaftigkeit. (Tabelle 4.6).

Tabelle 4.6: Faktorenladungen der Hauptkomponentenanalyse bei rotierender Komponentenmatrix mit Kaiser-Normalisierung von den Bewertungen weiblicher Stimmen durch Männer.

Bewertungen	Faktor 1 Verträglichkeit	Faktor 2 Attraktivität	Faktor 3 Gewissenhaftigkeit
egoistisch - kooperativ	0,920	0,047	-0,190
feindlich - freundlich	0,895	0,286	-0,021
fürsorglich	0,876	0,022	0,247
sozial verträglich	0,815	0,293	0,125
unterwürfig - dominant	-0,798	0,433	0,227
männlich - weiblich	0,582	0,536	-0,219
extrovertiert	-0,104	0,861	-0,048
krank - gesund	0,163	0,812	0,277
offen gegenüber Neuem	0,588	0,708	-0,004
unattraktiv - attraktiv	0,598	0,704	-0,059
sexy	0,646	0,672	-0,019
emotional stabil	-0,272	0,642	0,614
gewissenhaft	0,067	-0,024	0,937

4.4.1.2 Bewertungen von männlichen Stimmen durch Frauen

Bei den Bewertungen männlicher Stimmen durch Frauen erbrachte die Hauptkomponentenanalyse mit Varimax-Rotation drei Hauptkomponenten, die insgesamt 86,86 Prozent der gesamten Varianz erklärten. Das KMO-Maß war 0,793. Der Bartlett-Test auf Sphärizität ergab Signifikanz (Chi-Quadrat: 643,09; $p \leq 0,001$). Faktor Eins mit der Benennung Attraktivität besaß einen Eigenwert von 5,49 und erklärte 42,25 Prozent der Gesamtvarianz. Faktor Zwei wies einen Eigenwert von 4,51 auf und erklärte 34,71 Prozent der gesamten Varianz. Die Benennung für Faktor Zwei erfolgte mit Verträglichkeit. Der mit Gewissenhaftigkeit benannte Faktor Drei besaß einem Eigenwert von 1,29 und begründete 9,90 Prozent der Gesamtvarianz (Tabelle 4.7).

Tabelle 4.7: Faktorenladungen der Hauptkomponentenanalyse bei rotierender Komponentenmatrix mit Kaiser-Normalisierung von den Bewertungen männlicher Stimmen durch Frauen.

Bewertungen	Faktor 1 Attraktivität	Faktor 2 Verträglichkeit	Faktor 3 Gewissenhaftigkeit
extrovertiert	0,932	0,074	0,022
emotional stabil	0,892	0,137	0,328
sexy	0,862	0,372	-0,134
unattraktiv - attraktiv	0,792	0,512	-0,038
unterwürfig - dominant	0,774	-0,523	0,252
männlich - weiblich	-0,773	0,027	0,058
krank - gesund	0,734	0,347	0,357
offen gegenüber Neuem	0,677	0,615	-0,107
egoistisch - kooperativ	-0,118	0,964	0,045
fürsorglich	0,072	0,905	0,205
feindlich - freundlich	0,263	0,899	0,052
sozial verträglich	0,418	0,861	0,070
gewissenhaft	0,050	0,135	0,949

4.4.2 Hauptkomponentenanalysen der Gesichtsbewertungen

4.4.2.1 Bewertungen von weiblichen Gesichtern durch Männer

Die mit Varimax-Rotation durchgeführte Hauptkomponentenanalyse von den Bewertungen männlicher Stimmen durch Frauen lieferte drei Hauptkomponenten. Diese erklärten insgesamt 85,67 Prozent der gesamten Varianz. Das KMO-Maß lag bei 0,844. Der Bartlett-Test auf Sphärizität war signifikant (Chi-Quadrat: 615,304; $p \leq 0,001$). Faktor Eins wies einen Eigenwert von 4,58 auf und erklärte 35,20 Prozent der Gesamtvarianz. Der Faktor wurde mit Attraktivität benannt. Zwei lieferte einen Eigenwert von 4,09. Er erklärte 31,49 Prozent der Gesamtvarianz und wurde mit Verträglichkeit benannt. Faktor Drei besaß einem Eigenwert von 2,47, der 18,99 Prozent der Gesamtvarianz beschrieb. Die Bezeichnung erfolgte mit Gewissenhaftigkeit. (Tabelle 4.8).

Tabelle 4.8: Faktorenladungen der Hauptkomponentenanalyse bei rotierender Komponentenmatix mit Kaiser-Normalisierung von den Bewertungen weiblicher Gesichter durch Männer.

Bewertungen	Faktor 1 Attraktivität	Faktor 2 Verträglichkeit	Faktor 3 Gewissenhaftigkeit
sexy	0,921	0,202	0,170
unattraktiv - attraktiv	0,897	0,252	0,231
extrovertiert	0,855	-0,199	0,261
offen gegenüber Neuem	0,849	0,270	0,123
männlich - weiblich	0,764	0,234	0,092
egoistisch - kooperativ	0,087	0,933	0,196
unterwürfig - dominant	-0,037	-0,909	0,248
fürsorglich	0,177	0,847	0,386
feindlich - freundlich	0,357	0,822	0,324
sozial verträglich	0,337	0,715	0,473
emotional stabil	0,452	0,062	0,813
gewissenhaft	0,036	0,454	0,783
krank - gesund	0,631	0,095	0,665

4.4.2.2 Bewertungen von männlichen Gesichtern durch Frauen

Die letzte durchgeführte Hauptkomponentenanalyse mit Varimax-Rotation der Bewertungen männlicher Stimmen durch Frauen ergab zwei Hauptkomponenten. Sie deckten insgesamt 79,57 Prozent der gesamten Varianz ab. Das KMO-Maß lag bei 0,827. Der Bartlett-Test auf Sphärizität war signifikant (Chi-Quadrat: 578,603; $p \leq 0,001$). Faktor Eins mit der Benennung Attraktivität hatte einen Eigenwert von 5,41. Dieser erklärte 41,62 Prozent der Gesamtvarianz. Für den mit Verträglichkeit benannten Faktor Zwei ergab sich ein Eigenwert von 4,93. Dieser erklärte 37,94 Prozent der Gesamtvarianz (Tabelle 4.9).

Tabelle 4.9: Faktorenladungen der Hauptkomponentenanalyse bei rotierender Komponentenmatrix mit Kaiser-Normalisierung von den Bewertungen männlicher Gesichter durch Frauen.

Bewertungen	Faktor 1 Attraktivität	Faktor 2 Verträglichkeit
extrovertiert	0,913	-0,029
sexy	0,889	0,239
unattraktiv - attraktiv	0,878	0,334
emotional stabil	0,833	0,259
krank - gesund	0,788	0,279
offen gegenüber Neuem	0,742	0,482
männlich - weiblich	-0,689	0,351
unterwürfig - dominant	0,647	-0,641
fürsorglich	0,126	0,947
egoistisch - kooperativ	-0,034	0,943
feindlich - freundlich	0,262	0,867
sozial verträglich	0,383	0,857
gewissenhaft	0,155	0,761

4.5 Fluktuierende Asymmetrie und Bewertungen

4.5.1 FA und Bewertungen weiblicher Stimuli durch Männer

Die Pearson-Korrelationen der Bewertungen weiblicher Stimmen und Gesichter durch Männer mit der fluktuierenden Asymmetrie von Körper und Gesicht sind in Tabelle 4.10 dargestellt. Diese waren überwiegend negativ. Bei den Bewertungen der Stimme korrelierte die Eigenschaft „*krank – gesund*“ signifikant negativ der FA des Körpers ($r = -0,401$; $p = 0,009$) und bei den Bewertungen der Gesichter korrelierte „*krank – gesund*“ signifikant negativ mit der FA des Gesichtes ($r = -0,564$; $p < 0,001$). Bei den Stimmbewertungen korrelierte die Eigenschaft „*unattraktiv – attraktiv*“ signifikant negativ mit der FA des Körpers ($r = -0,382$; $p = 0,013$) und der FA des Gesichtes ($r = -0,443$; $p = 0,003$). Bei den Bewertungen der Gesichter korrelierte „*unattraktiv – attraktiv*“ nicht nur negativ signifikant mit der fluktuierende Asymmetrie des Körpers ($r = -0,418$; $p = 0,006$), sondern auch signifikant negativ mit der FA des Gesichtes ($r = -0,457$; $p = 0,002$). Die Eigenschaft „*sexy*“ korrelierte bei den Bewertungen der Stimmen signifikant negativ mit der FA des Körpers ($r = -0,420$; $p = 0,006$) und wies eine signifikant negative Beziehung zur FA des Gesichtes auf ($r = -0,399$; $p = 0,009$). Bei den Bewertungen der Gesichter korrelierte „*sexy*“ signifikant negativ mit der FA des Körpers ($r = -0,468$; $p = 0,002$) und der FA des Gesichtes ($r = -0,434$; $p = 0,004$).

Zwischen der fluktuierenden Asymmetrie weiblicher Körper und Gesichter bestand eine signifikant positive Korrelation ($r = 0,351$; $p = 0,023$).

4.5.2 FA und Bewertungen männlicher Stimuli durch Frauen

In Tabelle 4.11 sind die Pearson-Korrelationen der Bewertungen männlicher Stimmen und Gesichter durch Frauen mit der fluktuierenden Asymmetrie von Körper und Gesicht aufgelistet. Diese waren ebenfalls vorwiegend negativ. Die Bewertungen der Eigenschaft „*krank – gesund*“ korrelierte signifikant negativ mit der FA des Körpers sowohl bei den Bewertungen der Stimmen ($r = -0,459$; $p = 0,003$) als auch der Gesichter ($r = -0,337$; $p = 0,033$). Die Eigenschaft „*unattraktiv – attraktiv*“ korrelierte bei den Stimmbewertungen signifikant negativ mit der FA des Körpers ($r = -0,477$; $p = 0,002$). Bei den Gesichtern korrelierte die bewertete Eigenschaft „*unattraktiv – attraktiv*“ signifikant negativ mit der FA des Körpers ($r = 0,385$; $p = 0,014$). Die Stimmbewertungen ergaben für die Eigenschaft „*sexy*“ einen signifikant negativen Zusammenhang mit der fluktuierenden Asymmetrie des Körpers ($r = -0,369$; $p = 0,019$) und bei den Bewertungen der Gesichter korrelierte „*sexy*“ signifikant negativ mit der FA des Körpers ($r = -0,344$; $p = 0,030$).

Bei den Männern bestand eine positive aber nicht signifikante Interkorrelation zwischen der fluktuierenden Asymmetrie von Körper und Gesicht.

Tabelle 4.10: Pearson-Korrelationen der von Männern bewerteten Eigenschaften weiblicher Stimmen und Gesichter mit der fluktuierenden Asymmetrie von Körper und Gesicht sowie die Interkorrelation der fluktuierenden Asymmetrie von Körper und Gesicht weiblicher Stimuli.

Bewertungen Stimme Frau	FA Körper	FA Gesicht	Bewertungen Gesicht Frau	FA Körper	FA Gesicht
unterwürfig - dominant	$r = 0,098$ $p = 0,537$	$r = 0,101$ $p = 0,526$	unterwürfig - dominant	$r = 0,030$ $p = 0,852$	$r = -0,265$ $p = 0,090$
krank - gesund	$r = -0,401$ $p = 0,009$	$r = -0,286$ $p = 0,066$	krank - gesund	$r = -0,166$ $p = 0,293$	$r = -0,564$ $p \leq 0,001$
unattraktiv - attraktiv	$r = -0,382$ $p = 0,013$	$r = -0,443$ $p = 0,003$	unattraktiv - attraktiv	$r = -0,418$ $p = 0,006$	$r = -0,457$ $p = 0,002$
sexy	$r = -0,420$ $p = 0,006$	$r = -0,399$ $p = 0,009$	sexy	$r = -0,468$ $p = 0,002$	$r = -0,434$ $p = 0,004$
FA Gesicht				$r = 0,351$ $p = 0,023$	—

Tabelle 4.11: Pearson-Korrelationen der von Frauen bewerteten Eigenschaften männlicher Stimmen und Gesichter mit der fluktuierenden Asymmetrie von Körper und Gesicht sowie die Interkorrelation der fluktuierenden Asymmetrie von Körper und Gesicht männlicher Stimuli.

Bewertungen Stimme Mann	FA Körper	FA Gesicht	Bewertungen Gesicht Mann	FA Körper	FA Gesicht
unterwürfig - dominant	$r = -0,191$ $p = 0,239$	$r = 0,078$ $p = 0,631$	unterwürfig - dominant	$r = -0,125$ $p = 0,441$	$r = 0,279$ $p = 0,081$
krank - gesund	$r = -0,459$ $p = 0,003$	$r = -0,113$ $p = 0,487$	krank - gesund	$r = -0,337$ $p = 0,033$	$r = -0,073$ $p = 0,654$
unattraktiv - attraktiv	$r = -0,477$ $p = 0,002$	$r = -0,139$ $p = 0,391$	unattraktiv - attraktiv	$r = -0,385$ $p = 0,014$	$r = -0,128$ $p = 0,430$
sexy	$r = -0,369$ $p = 0,019$	$r = -0,136$ $p = 0,402$	sexy	$r = -0,344$ $p = 0,030$	$r = -0,096$ $p = 0,556$
FA Gesicht				$r = 0,299$ $p = 0,061$	—

4.5.3 Interkorrelationen der Stimm- und Gesichtsbewertungen

In Tabelle 4.12 sind die Interkorrelationen der durch Männer durchgeführten Stimm- und Gesichtsbewertungen weiblicher Stimuli aufgeführt. Die bewerteten Modalitäten der Eigenschaft „*unattraktiv – attraktiv*“ ($r = 0,521$; $p \leq 0,001$) korrelierten signifikant positiv. Auch korrelierten positiv signifikant die Stimm- und Gesichtsbewertungen der Eigenschaft „*sexy*“ ($r = 0,515$; $p \leq 0,001$).

Ebenfalls in der Tabelle 4.12 sind die Interkorrelationen der durch Frauen durchgeführten Stimm- und Gesichtsbewertungen männlicher Stimuli gelistet. Dabei waren keine signifikanten Korrelationen zwischen den bewerteten Stimmen und Gesichtern feststellbar.

Tabelle 4.12: Interkorrelationen der beurteilten Eigenschaften von gegengeschlechtlich durchgeführten Stimm- und Gesichtsbewertungen

Bewertungen Stimme / Gesicht	Bewertungen weiblicher Stimuli durch Männer	Bewertungen männlicher Stimuli durch Frauen
unterwürfig - dominant	$r = 0,017$	$r = 0,160$
	$p = 0,914$	$p = 0,324$
krank - gesund	$r = 0,143$	$r = 0,020$
	$p = 0,367$	$p = 0,902$
unattraktiv - attraktiv	$r = 0,521$	$r = 0,200$
	$p \leq 0,001$	$p = 0,215$
sexy	$r = 0,519$	$r = 0,161$
	$p \leq 0,001$	$p = 0,320$

4.6 Ergebnisse der akustischen Analysen

4.6.1 Fundamentalfrequenz f_0 , Differenz zum geschlechtsspezifischen Mittelwert von f_0 , Stimmbewertungen und fluktuierende Asymmetrie

Bewertungen weiblicher Stimmen durch Männer

Die Pearson-Korrelationen der mit Hilfe von PRAAT extrahierten Werte der Fundamentalfrequenz f_0 und den Bewertungen weiblicher Stimmen durch Männer sind in Tabelle 4.13 enumeriert. Bis auf die positiven signifikanten Korrelationen der Standardabweichung von f_0 mit der FA des Körpers ($r = 0,323$; $p = 0,037$) ergaben sich keine signifikanten Zusammenhänge.

Die Person-Korrelationen der Bewertungen weiblicher Stimmen durch Männer und der Differenz zum Mittelwert weiblicher Stimmen von f_0 sowie dem Minimum und dem Maximum von f_0 sind in Tabelle 4.14 aufgeführt. Aus der Tabelle geht hervor, dass die Bewertungen der Eigenschaft „*krank – gesund*“ signifikant negativ mit der Differenz zum geschlechtsspezifischen Mittelwert der Fundamentalfrequenz ($r = -0,310$; $p = 0,046$) korrelierte. „*Unattraktiv – attraktiv*“ korrelierte signifikant negativ mit der Differenz zum Mittelwert von f_0 ($r = -0,487$; $p \leq 0,001$) und der Differenz zum Minimum von f_0 ($r = -0,436$; $p = 0,004$). Die Eigenschaft „*sexy*“ korrelierte signifikant negativ mit der Differenz zum Mittelwert der Fundamentalfrequenz ($r = -0,443$; $p = 0,003$) und der Differenz zum geschlechtsspezifischen Minimum von f_0 ($r = -0,397$; $p = 0,009$) weiblicher Stimmen.

Die Differenzen zum Mittelwert der Fundamentalfrequenz sowie dem Minimum und Maximum von f_0 weiblicher Stimmen wiesen keine Zusammenhänge mit der fluktuierenden Asymmetrie von Körper und Gesicht auf.

Bewertungen männlicher Stimmen durch Frauen

Aus den Pearson-Korrelationen der Bewertungen männlicher Stimmen durch Frauen (Tabelle 4.15) ist ersichtlich, dass zwischen den Bewertungen und den Standardabweichungen der Fundamentalfrequenz keine signifikanten Zusammenhänge bestanden. Weiter ergaben sich keine signifikanten Beziehungen zwischen den fluktuierenden Asymmetrien und den gemessenen Parametern der Fundamentalfrequenz. Die bewertete Eigenschaft „*unattraktiv – attraktiv*“ korrelierte signifikant negativ mit der mittleren Fundamentalfrequenz ($r = -0,602$; $p \leq 0,001$), dem Minimum von f_0 ($r = -0,628$; $p \leq 0,001$) und dem Maximum von f_0 ($r = -0,588$; $p \leq 0,001$). Zwischen „*sexy*“ und der mittleren Fundamentalfrequenz ($r = -0,647$; $p \leq 0,001$), dem Minimum von f_0 ($r = -0,659$; $p \leq 0,001$) und dem Maximum von f_0 ($r = -0,596$; $p \leq 0,001$) bestanden die höchsten signifikant negativen Korrelationen der bewerteten Eigenschaften.

In Tabelle 4.16 sind die Pearson-Korrelationen der Bewertungen männlicher Stimmen durch Frauen und der Differenz zum geschlechtsspezifisch männlichen Mittelwert von f_0 , der Standardabweichung von f_0 sowie dem Minimum und dem Maximum der Fundamentalfrequenz aufgeführt. Es bestanden keine Zusammenhänge zwischen den bewerteten Eigenschaften und den genannten Differenzen. Ebenfalls bestanden keine Zusammenhänge mit den FA-Werten von Körper und Gesicht.

Tabelle 4.13: Pearson-Korrelationen zwischen gegengeschlechtlich bewerteten weiblichen Stimmen und den gemessenen Parametern der mittleren Fundamentalfrequenz, der Standardabweichung der Fundamentalfrequenz, dem Minimum und dem Maximum der Fundamentalfrequenz.

Bewertungen Stimme Frau / FA	Mittlere Fundamental- frequenz	Standard- abweichung von f_0	Minimum von f_0	Maximum von f_0
unterwürfig - dominant	$r = -0,248$ $p = 0,113$	$r = -0,179$ $p = 0,256$	$r = -0,214$ $p = 0,173$	$r = -0,246$ $p = 0,116$
krank - gesund	$r = 0,017$ $p = 0,917$	$r = -0,287$ $p = 0,065$	$r = 0,099$ $p = 0,532$	$r = -0,085$ $p = 0,591$
unattraktiv - attraktiv	$r = -0,065$ $p = 0,682$	$r = -0,106$ $p = 0,505$	$r = -0,078$ $p = 0,624$	$r = -0,121$ $p = 0,445$
sexy	$r = -0,062$ $p = 0,698$	$r = -0,092$ $p = 0,564$	$r = -0,079$ $p = 0,619$	$r = -0,115$ $p = 0,468$
FA Körper	$r = 0,018$ $p = 0,911$	$r = 0,323$ $p = 0,037$	$r = -0,073$ $p = 0,644$	$r = 0,108$ $p = 0,495$
FA Gesicht	$r = 0,093$ $p = 0,559$	$r = 0,303$ $p = 0,051$	$r = 0,081$ $p = 0,611$	$r = 0,219$ $p = 0,163$

Tabelle 4.14: Pearson-Korrelationen der männlichen Bewertungen weiblicher Stimmen und der Differenzen zum geschlechtsspezifisch weiblichen Mittelwert der Fundamentalfrequenz, dem Minimum und dem Maximum der Fundamentalfrequenz.

Bewertungen Stimme Frau / FA	Differenz zum geschlechtsspezifischen Mittelwert von Fundamental- frequenz f_0	Minimum von f_0	Maximum von f_0
unterwürfig - dominant	$r = -0,007$ $p = 0,966$	$r = -0,016$ $p = 0,921$	$r = -0,088$ $p = 0,581$
krank - gesund	$r = -0,310$ $p = 0,046$	$r = -0,294$ $p = 0,059$	$r = -0,157$ $p = 0,320$
unattraktiv - attraktiv	$r = -0,487$ $p \leq 0,001$	$r = -0,436$ $p = 0,004$	$r = -0,225$ $p = 0,152$
sexy	$r = -0,443$ $p = 0,003$	$r = -0,397$ $p = 0,009$	$r = -0,214$ $p = 0,173$
FA Körper	$r = 0,214$ $p = 0,173$	$r = 0,139$ $p = 0,380$	$r = 0,255$ $p = 0,103$
FA Gesicht	$r = 0,161$ $p = 0,308$	$r = 0,119$ $p = 0,453$	$r = 0,051$ $p = 0,747$

Tabelle 4.15: Pearson-Korrelationen zwischen gegengeschlechtlich bewerteten männlichen Stimmen und den gemessenen Parametern der mittleren Fundamentalfrequenz, der Standardabweichung der Fundamentalfrequenz, dem Minimum und dem Maximum der Fundamentalfrequenz.

Bewertungen Stimme Mann / FA	Mittlere Fundamental- frequenz	Standard- abweichung von f_0	Minimum von f_0	Maximum von f_0
unterwürfig - dominant	$r = -0,267$ $p = 0,096$	$r = -0,159$ $p = 0,328$	$r = -0,241$ $p = 0,135$	$r = -0,271$ $p = 0,090$
krank - gesund	$r = -0,249$ $p = 0,096$	$r = 0,090$ $p = 0,581$	$r = -0,280$ $p = 0,080$	$r = -0,206$ $p = 0,202$
unattraktiv - attraktiv	$r = -0,602$ $p \leq 0,001$	$r = -0,148$ $p = 0,362$	$r = -0,628$ $p \leq 0,001$	$r = -0,588$ $p \leq 0,001$
sexy	$r = -0,647$ $p \leq 0,001$	$r = -0,232$ $p = 0,149$	$r = -0,659$ $p \leq 0,001$	$r = -0,644$ $p \leq 0,001$
FA Körper	$r = 0,053$ $p = 0,746$	$r = 0,135$ $p = 0,407$	$r = 0,045$ $p = 0,784$	$r = 0,088$ $p = 0,588$
FA Gesicht	$r = -0,205$ $p = 0,204$	$r = 0,083$ $p = 0,611$	$r = -0,283$ $p = 0,150$	$r = -0,144$ $p = 0,375$

Tabelle 4.16: Pearson-Korrelationen der weiblichen Bewertungen männlicher Stimmen und der Differenzen zum geschlechtsspezifisch männlichen Mittelwert der Fundamentalfrequenz, dem Minimum und dem Maximum der Fundamentalfrequenz.

Bewertungen Stimme Mann / FA	Differenz zum geschlechtsspezifischen Mittelwert von Fundamental- frequenz f_0	Minimum von f_0	Maximum von f_0
unterwürfig - dominant	$r = 0,188$ $p = 0,246$	$r = -0,112$ $p = 0,492$	$r = 0,095$ $p = 0,561$
krank - gesund	$r = -0,006$ $p = 0,970$	$r = -0,138$ $p = 0,397$	$r = -0,024$ $p = 0,883$
unattraktiv - attraktiv	$r = -0,084$ $p = 0,608$	$r = -0,156$ $p = 0,335$	$r = -0,091$ $p = 0,576$
sexy	$r = -0,075$ $p = 0,646$	$r = -0,155$ $p = 0,340$	$r = -0,083$ $p = 0,609$
FA Körper	$r = -0,031$ $p = 0,850$	$r = -0,022$ $p = 0,895$	$r = -0,063$ $p = 0,700$
FA Gesicht	$r = 0,055$ $p = 0,735$	$r = 0,113$ $p = 0,489$	$r = 0,033$ $p = 0,839$

4.6.2 Schwingungsirregularitäten der Fundamentalfrequenz, Stimmbewertungen und fluktuierende Asymmetrie

Die Pearson-Korrelationen zwischen den Schwingungsirregularitäten der Fundamentalfrequenz *Jitter* und *Shimmer*, den gegengeschlechtlichen Stimmbewertungen und den fluktuierenden Asymmetrien sind in Tabelle 4.17 aufgelistet. Während bei den Bewertungen weiblicher Stimmen vorwiegend negative Korrelationen mit *Shimmer* bestanden, korrelierten bei den männlichen Stimmen die bewerteten Eigenschaften vorwiegend positiv mit *Jitter*.

Die in PRAAT gemessenen Werte des lokalen *Jitters* ($r = -0,366$; $p = 0,017$) und lokalen *Shimmers* ($r = -0,356$; $p = 0,020$) korrelierten bei den weiblichen Stimmen signifikant negativ mit den Bewertungen der Eigenschaft „*krank – gesund*“. Bei den weiblichen Stimmen korrelierte der lokale *Shimmer* zudem signifikant negativ mit den Bewertungen der Eigenschaft „*unattraktiv – attraktiv*“ ($r = -0,330$; $p = 0,023$). Die Wechselbeziehung zwischen lokalem *Shimmer* weiblicher Stimmen und der FA von Körper ($r = 0,496$; $p \leq 0,001$) und Gesicht ($r = 0,362$; $p = 0,018$) war signifikant positiv.

Bei den analysierten Stimmen der Männer korrelierte lokaler *Jitter* signifikant positiv mit den bewerteten Eigenschaften „*unattraktiv – attraktiv*“ ($r = 0,422$; $p = 0,007$) und „*sexy*“ ($r = 0,386$; $p = 0,037$). Bei den männlichen Stimmen existierten keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den Pertubationsmessungen und der fluktuierenden Asymmetrie von Körper und Gesicht.

Tabelle 4.17: Pearson-Korrelationen zwischen den jeweils gegengeschlechtlich bewerteten Stimmen sowie den fluktuierenden Asymmetrien und den gemessenen Mikro-fluktuationen lokaler *Jitter* und lokaler *Shimmer*.

Bewertungen Stimme Frau	Jitter Frau	Shimmer Frau	Bewertungen Stimme Mann	Jitter Mann	Shimmer Mann
unterwürfig - dominant	$r = -0,098$ $p = 0,535$	$r = 0,167$ $p = 0,289$	unterwürfig - dominant	$r = 0,190$ $p = 0,240$	$r = 0,154$ $p = 0,343$
krank - gesund	$r = -0,366$ $p = 0,017$	$r = -0,356$ $p = 0,020$	krank - gesund	$r = 0,223$ $p = 0,167$	$r = 0,122$ $p = 0,454$
unattraktiv - attraktiv	$r = -0,031$ $p = 0,847$	$r = -0,339$ $p = 0,023$	unattraktiv - attraktiv	$r = 0,422$ $p = 0,007$	$r = 0,001$ $p = 0,995$
sexy	$r = -0,025$ $p = 0,876$	$r = -0,224$ $p = 0,154$	sexy	$r = 0,386$ $p = 0,037$	$r = -0,008$ $p = 0,959$
FA Körper	$r = 0,219$ $p = 0,163$	$r = 0,496$ $p \leq 0,001$	FA Körper	$r = -0,065$ $p = 0,692$	$r = 0,054$ $p = 0,739$
FA Gesicht	$r = 0,070$ $p = 0,660$	$r = 0,362$ $p = 0,018$	FA Gesicht	$r = 0,154$ $p = 0,343$	$r = -0,068$ $p = 0,876$

4.6.3 HNR, Stimmbewertungen und fluktuierende Asymmetrie

4.6.3.1 Analysen über gesamten Frequenzbereich

Die Pearson-Korrelationen zwischen dem über den gesamten Frequenzbereich gemessenen Harmonie-Rausch-Verhältnis (HNR) und den gegengeschlechtlichen Bewertungen der Stimme und der fluktuierenden Asymmetrie von Körper und Gesicht sind in Tabelle 4.18 aufgeführt.

Bei weiblichen Stimmen korrelierte signifikant der Rauschanteil in HNR ($r = -0,364$; $p = 0,018$) mit den Bewertungen der Eigenschaft „*unterwürfig – dominant*“. Darüber hinaus bestand bei den weiblichen Stimmen ein signifikanter Zusammenhang des Rauschanteils in HNR ($r = -0,425$; $p = 0,005$) mit der fluktuierenden Asymmetrie des Körpers.

Die HNR-Analysen männlicher Stimmen wiesen keine bedeutsamen Zusammenhänge mit den Bewertungen und den fluktuierenden Asymmetrie von Körper und Gesicht auf.

Tabelle 4.18: Pearson-Korrelationen zwischen den gegengeschlechtlich bewerteten Stimmen und dem mittleren Harmonie-Rausch-Verhältnis (HNR) über den gesamten Frequenzbereich.

Bewertungen Stimme Frau / FA	Mittelwert von HNR	Bewertungen Stimme Mann / FA	Mittelwert von HNR
unterwürfig - dominant	$r = -0,364$ $p = 0,018$	unterwürfig - dominant	$r = 0,295$ $p = 0,064$
krank - gesund	$r = 0,242$ $p = 0,122$	krank - gesund	$r = -0,233$ $p = 0,147$
unattraktiv - attraktiv	$r = 0,132$ $p = 0,405$	unattraktiv - attraktiv	$r = -0,168$ $p = 0,300$
sexy	$r = 0,142$ $p = 0,368$	sexy	$r = -0,165$ $p = 0,309$
FA Körper	$r = -0,425$ $p = 0,005$	FA Körper	$r = -0,164$ $p = 0,311$
FA Gesicht	$r = -0,282$ $p = 0,070$	FA Gesicht	$r = 0,082$ $p = 0,616$

4.6.3.2 Analysen der Frequenzbereiche 0 bis 500, 2000 und 5000 Hz

Bewertungen weiblicher Stimmen durch Männer

Die Person-Korrelationen der mit PRAAT ermittelten Werte des mittleren Harmonie-Rausch-Verhältnisses (HNR) über die Frequenzbereiche 0-500 Hz, 0-2000 Hz und 0-5000 Hz mit den Stimmbewertungen durch Männer sowie der fluktuierenden Asymmetrie weiblicher Stimuli sind in Tabelle 4.19 zusammengestellt.

Die Bewertungen von „*unterwürfig – dominant*“ korrelierten signifikant im Frequenzbereich 0-2000 Hz ($r = -0,334$; $p = 0,031$) und im Frequenzbereich 0-5000 Hz ($r = -0,367$; $p = 0,017$) mit dem interharmonischen Rauschen in HNR. Die Bewertungen von „*krank – gesund*“ wiesen im Frequenzbereich 0-500 Hz einen signifikanten Zusammenhang mit dem harmonischen Anteil in HNR ($r = 0,317$; $p = 0,041$) auf.

Bei den weiblichen Stimuli korrelierte die fluktuierende Asymmetrie des Körpers signifikant im Frequenzbereich 0-500 Hz ($r = -0,486$; $p \leq 0,001$), 0-2000 Hz ($r = -0,456$; $p = 0,002$) und 0-5000 Hz ($r = -0,431$; $p = 0,004$) mit dem Rauschanteil in HNR. Darüber hinaus korrelierte die fluktuierende Asymmetrie des Gesichtes signifikant im Frequenzbereich 0-500 Hz ($r = -0,357$; $p = 0,020$) und 0-2000 Hz ($r = -0,312$; $p = 0,045$) mit dem Rauschanteil in HNR.

Tabelle 4.19: Pearson-Korrelationen zwischen den von Männern bewerteten weiblichen Stimmen und dem mittleren Harmonie-Rausch-Verhältnis (HNR) bei einer Tiefpassfilterung der Frequenzbereiche von 500, 2000 und 5000 Hz.

Bewertungen Stimme Frau / FA	Mittleres HNR 500 Hz	Mittleres HNR 2000 Hz	Mittleres HNR 5000 Hz
unterwürfig - dominant	$r = -0,298$ $p = 0,055$	$r = -0,334$ $p = 0,031$	$r = -0,367$ $p = 0,017$
krank - gesund	$r = 0,317$ $p = 0,041$	$r = 0,265$ $p = 0,089$	$r = 0,246$ $p = 0,117$
unattraktiv - attraktiv	$r = 0,146$ $p = 0,356$	$r = 0,112$ $p = 0,479$	$r = 0,140$ $p = 0,378$
sexy	$r = 0,138$ $p = 0,384$	$r = 0,099$ $p = 0,534$	$r = 0,149$ $p = 0,345$
FA Körper	$r = -0,486$ $p \leq 0,001$	$r = -0,457$ $p = 0,002$	$r = -0,431$ $p = 0,004$
FA Gesicht	$r = -0,349$ $p = 0,023$	$r = -0,301$ $p = 0,053$	$r = -0,283$ $p = 0,069$

Bewertungen männlicher Stimmen durch Frauen

Die Person-Korrelationen des mittleren HNR über die Frequenzbereiche 0 - 500 Hz, 0 - 2000 Hz und 0 - 5000 Hz und den Bewertungen durch Frauen sowie der fluktuierenden Asymmetrie männlicher Stimuli sind in Tabelle 4.20 zusammengefasst.

Die Bewertungen der Eigenschaft „*unterwürfig – dominant*“ korrelierten im Frequenzbereich 0 - 2000 Hz signifikant ($r = -0,338$; $p = 0,033$) mit dem interharmonischen Rauschen in HNR. Die Bewertungen von „*krank – gesund*“ korrelierten im Frequenzbereich 0 - 2000 Hz ($r = -0,323$; $p = 0,040$) signifikant mit dem Rauschanteil im Harmonie-Rausch-Verhältnis. Im Frequenzbereich 0 - 500 Hz ($r = -0,330$; $p = 0,044$) und im Frequenzbereich 0 - 2000 Hz ($r = -0,318$; $p = 0,046$) bestand zwischen den Bewertungen des Merkmals „*unattraktiv – attraktiv*“ ein signifikanter Zusammenhang mit dem Rauschanteil in HNR. Die Bewertungen der Eigenschaft „*sexy*“ korrelierte darüber hinaus signifikant im Frequenzbereich 0 - 500 Hz ($r = -0,343$; $p = 0,030$) und im Frequenzbereich 0 - 2000 Hz ($r = -0,323$; $p = 0,042$) mit dem Rauschanteil im Harmonie-Rausch-Verhältnis.

Die fluktuierende Asymmetrie von Körper und Gesicht wiesen wie bei den Messungen über den gesamten Frequenzbereich keine signifikanten Zusammenhänge mit den HNR-Analysen männlicher Stimmen auf.

Tabelle 4.20: Pearson-Korrelationen zwischen den von Frauen bewerteten männlichen Stimmen und dem mittleren Harmonie-Rausch-Verhältnis (HNR) bei einer Tiefpassfilterung von 500, 2000 und 5000 Hz.

Bewertungen Stimme Mann / FA	Mittleres HNR 500 Hz	Mittleres HNR 2000 Hz	Mittleres HNR 5000 Hz
unterwürfig - dominant	$r = -0,295$ $p = 0,065$	$r = -0,338$ $p = 0,033$	$r = -0,295$ $p = 0,064$
krank - gesund	$r = -0,255$ $p = 0,112$	$r = -0,326$ $p = 0,040$	$r = -0,232$ $p = 0,149$
unattraktiv - attraktiv	$r = -0,330$ $p = 0,044$	$r = -0,318$ $p = 0,046$	$r = -0,167$ $p = 0,302$
sexy	$r = -0,343$ $p = 0,030$	$r = -0,323$ $p = 0,042$	$r = -0,165$ $p = 0,309$
FA Körper	$r = -0,159$ $p = 0,328$	$r = -0,127$ $p = 0,435$	$r = -0,166$ $p = 0,305$
FA Gesicht	$r = -0,147$ $p = 0,364$	$r = 0,096$ $p = 0,556$	$r = 0,084$ $p = 0,604$

4.6.4 Formanten, gemittelte euklidische Distanzen zum geschlechtsspezifischen Mittelwert, Stimmbewertungen und fluktuierende Asymmetrie

4.6.4.1 Messungen über gesamten Vokal

Zusammengefasst in den Tabellen 4.21 und 4.22 sind die Pearson-Korrelationen der jeweils gegengeschlechtlich durchgeführten Bewertungen und der fluktuierenden Asymmetrie mit den gemittelten euklidischen Distanzen der Frequenzpaare aus Fundamentalfrequenz f_0 und erster bis dritter Formante (F1-F3), erster bis fünfter Formante (F1-F5) zum geschlechtsspezifischen Mittelwert sowie die gemittelten euklidischen Distanzen der Frequenzpaare aus erster Formante (F1) und Fundamentalfrequenz bis dritte Formante (f_0 -F3), Fundamentalfrequenz bis fünfte Formante (f_0 -F5) zum Mittelwert der Stimmen.

Die euklidischen Distanzen zum geschlechtsspezifischen Mittelwert beziehen sich auf die durchgeführten Frequenzmessungen über den gesamten zeitlichen Verlauf der segmentierten Vokale. In den Tabellen B.12–B.17 (Anhang B auf den Seiten 178–183) sind die Korrelationen der einzelnen Frequenzpaarungen mit den gegengeschlechtlichen Bewertungen der Stimmen und der fluktuierenden Asymmetrie ausführlich aufgelistet. Die Korrelationen der gemittelten euklidischen Distanzen zum geschlechtsspezifischen Mittelwert sind in den Tabellen B.24 und B.25 (Anhang B, auf den Seiten 190–191) aufgeführt.

Bewertungen weiblicher Stimmen durch Männer

Die mittlere euklidische Distanz des Frequenzpaares f_0 /F1-F3 ($r = -0,399$; $p = 0,009$) und des Frequenzpaares f_0 /F1-F5 ($r = -0,385$; $p = 0,012$) korrelierten signifikant negativ mit der bewerteten Eigenschaft „krank – gesund“. Die Bewertungen von „unattraktiv – attraktiv“ korrelierten signifikant negativ mit der mittleren euklidischen Distanz des Frequenzpaares f_0 /F1-F3 ($r = -0,422$; $p = 0,005$) und des Frequenzpaares f_0 /F1-F5 ($r = -0,427$; $p = 0,005$). Die euklidische Distanz des Frequenzpaares f_0 /F1-F3 ($r = -0,350$; $p = 0,023$) und des Frequenzpaares f_0 /F1-F5 ($r = -0,347$; $p = 0,025$) wies einen signifikante Zusammenhang mit „sexy“ auf.

Aus den Daten war darüber hinaus ersichtlich, dass die FA des Körpers signifikant positiv mit der euklidische Distanz des Frequenzpaares f_0 /F1-F3 ($r = 0,351$; $p = 0,022$) und des Frequenzpaares f_0 /F1-F5 ($r = 0,320$; $p = 0,039$) korrelierte. Die FA des Gesichtes korrelierte signifikant positiv mit der gemittelte euklidische Distanz der Frequenzpaares F1/ f_0 -F3 ($r = 0,319$; $p = 0,039$).

Bewertungen männlicher Stimmen durch Frauen

Die mittlere euklidische Distanz der Frequenzpaare F1/ f_0 -F3 ($r = 0,474$; $p = 0,002$) und F1/ f_0 -F5 ($r = 0,461$; $p = 0,003$) korrelierte signifikant negativ mit „unattraktiv – attraktiv“. Die euklidischen Distanz der Frequenzpaare F1/ f_0 -F3 ($r = 0,541$; $p \leq 0,001$) und F1/ f_0 -F5 ($r = 0,534$; $p \leq 0,001$) korrelierten signifikant negativ mit „sexy“.

Signifikant korrelierte die fluktuierende Asymmetrie des Körpers und des Gesichtes mit keiner mittleren euklidischen Distanz zum Mittelwert männlicher Stimmen.

Tabelle 4.21: Pearson-Korrelationen der männlichen Bewertungen weiblicher Stimmen und über den gesamten Vokal ermittelten mittleren euklidischen Distanzen zum geschlechtsspezifisch weiblichen Mittelwert der Frequenzpaare aus Fundamentalfrequenz (f_0) und erster bis dritter Formante (F1-F3), erster bis fünfter Formante (F1-F5) sowie der euklidischen Distanzen aus erster Formante (F1) und Fundamentalfrequenz bis dritte Formante (f_0 -F3), Fundamentalfrequenz bis fünfte Formante (f_0 -F5).

Gemittelte euklidische Distanzen der Frequenzpaare				
Bewertungen Stimme Frau / FA	f_0 /F1-F3 Frau	f_0 /F1-F5 Frau	F1/ f_0 -F3 Frau	F1/ f_0 -F5 Frau
unterwürfig - dominant	$r = -0,080$ $p = 0,613$	$r = -0,065$ $p = 0,685$	$r = -0,074$ $p = 0,624$	$r = -0,069$ $p = 0,663$
krank - gesund	$r = -0,399$ $p = 0,009$	$r = -0,385$ $p = 0,012$	$r = -0,230$ $p = 0,143$	$r = -0,173$ $p = 0,274$
unattraktiv - attraktiv	$r = -0,422$ $p = 0,005$	$r = -0,427$ $p = 0,005$	$r = -0,227$ $p = 0,148$	$r = -0,190$ $p = 0,229$
sexy	$r = -0,350$ $p = 0,023$	$r = -0,347$ $p = 0,025$	$r = -0,228$ $p = 0,147$	$r = -0,192$ $p = 0,223$
FA Körper	$r = 0,351$ $p = 0,022$	$r = 0,320$ $p = 0,039$	$r = 0,286$ $p = 0,067$	$r = 0,223$ $p = 0,156$
FA Gesicht	$r = 0,284$ $p = 0,068$	$r = 0,262$ $p = 0,093$	$r = 0,319$ $p = 0,039$	$r = 0,290$ $p = 0,063$

Tabelle 4.22: Pearson-Korrelationen der weiblichen Bewertungen männlicher Stimmen und über den gesamten Vokal ermittelten mittleren euklidischen Distanzen zum geschlechtsspezifisch männlichen Mittelwert der Frequenzpaare aus Fundamentalfrequenz (f_0) und erster bis dritter Formante (F1-F3), erster bis fünfter Formante (F1-F5) sowie der euklidischen Distanzen aus erster Formante (F1) und Fundamentalfrequenz bis dritte Formante (f_0 -F3), Fundamentalfrequenz bis fünfte Formante (f_0 -F5).

Gemittelte euklidische Distanzen der Frequenzpaare				
Bewertungen Stimme Mann / FA	f_0 /F1-F3 Mann	f_0 /F1-F5 Mann	F1/ f_0 -F3 Mann	F1/ f_0 -F5 Mann
unterwürfig - dominant	$r = 0,126$ $p = 0,438$	$r = 0,139$ $p = 0,391$	$r = 0,001$ $p = 0,994$	$r = -0,032$ $p = 0,846$
krank - gesund	$r = -0,070$ $p = 0,666$	$r = -0,052$ $p = 0,750$	$r = -0,192$ $p = 0,235$	$r = -0,178$ $p = 0,273$
unattraktiv - attraktiv	$r = -0,262$ $p = 0,102$	$r = -0,232$ $p = 0,150$	$r = -0,474$ $p = 0,002$	$r = -0,461$ $p = 0,003$
sexy	$r = -0,300$ $p = 0,060$	$r = -0,270$ $p = 0,092$	$r = -0,541$ $p \leq 0,001$	$r = -0,534$ $p \leq 0,001$
FA Körper	$r = -0,150$ $p = 0,354$	$r = -0,167$ $p = 0,302$	$r = 0,136$ $p = 0,402$	$r = 0,197$ $p = 0,224$
FA Gesicht	$r = -0,106$ $p = 0,514$	$r = -0,105$ $p = 0,518$	$r = -0,155$ $p = 0,339$	$r = -0,137$ $p = 0,398$

4.6.4.2 Messungen im Zentrum des Vokals

Aufgelistet in den Tabellen 4.23 und 4.24 sind die Pearson-Korrelationen der gegengeschlechtlichen Bewertungen der Stimmen und der fluktuierenden Asymmetrie mit den gemittelten euklidischen Distanzen der Frequenzpaare aus Fundamentalfrequenz (f_0) und erster bis dritter Formante (F1-F3), erster bis fünfter Formante (F1-F5) zum geschlechtsspezifischen Mittelwert sowie die gemittelten euklidischen Distanzen der Frequenzpaare aus erster Formante (F1) und Fundamentalfrequenz bis dritte Formante (f_0 -F3), Fundamentalfrequenz bis fünfte Formante (f_0 -F5) zum Mittelwert.

Die euklidischen Abstände zum jeweils geschlechtsspezifischen Mittelwert beziehen sich auf die durchgeführten Frequenzbestimmungen, bei denen der spektrale Schnitt in der Mitte der segmentierten Vokale ausgeführt wurde. Ausführlich sind in den Tabellen B.18–B.23 (Seiten 184–189 im Anhang B) die Pearson-Korrelationen der euklidischen Distanzen zum spezifischen Mittelwert sämtlicher Frequenzpaare mit den gegengeschlechtlichen Bewertungen und der fluktuierenden Asymmetrie verzeichnet. Die Korrelationen gemittelten euklidischen Distanzen zum geschlechtsspezifischen Mittelwert sind in den Tabellen B.24–B.25 (Anhang B, Seiten 192–193) verzeichnet.

Bewertungen weiblicher Stimmen durch Männer

Die euklidische Distanz des Frequenzpaares f_0 /F1-F3 ($r = -0,406$; $p = 0,008$) und des Frequenzpaares f_0 /F1-F5 ($r = -0,390$; $p = 0,011$) korrelierten signifikant negativ mit der bewerteten Eigenschaft „*krank – gesund*“. Signifikant negativ korrelierte „*unattraktiv – attraktiv*“ mit der euklidischen Distanz des Frequenzpaares f_0 /F1-F3 ($r = -0,432$; $p = 0,004$) und des Frequenzpaares f_0 /F1-F5 ($r = -0,433$; $p = 0,004$). Die euklidische Distanz des Frequenzpaares f_0 /F1-F3 ($r = -0,374$; $p = 0,015$) und des Frequenzpaares f_0 /F1-F5 ($r = -0,367$; $p = 0,017$) wiesen einen signifikant negativen Zusammenhang mit der bewerteten Eigenschaft „*sexy*“ auf.

Die FA des Körpers korrelierte signifikant positiv mit der euklidischen Distanz des Frequenzpaares f_0 /F1-F3 ($r = 0,382$; $p = 0,013$) und des Frequenzpaares f_0 /F1-F5 ($r = 0,353$; $p = 0,022$).

Bewertungen männlicher Stimmen durch Frauen

Die euklidischen Distanzen der Frequenzpaare F1/ f_0 -F3 ($r = 0,473$; $p = 0,002$) und F1/ f_0 -F5 ($r = 0,485$; $p = 0,002$) wiesen eine signifikant negativ Wechselwirkung mit der bewerteten Eigenschaft „*unattraktiv – attraktiv*“ auf. Die euklidischen Distanzen des Frequenzpaares F1/ f_0 -F3 ($r = 0,539$; $p \leq 0,001$) und des Frequenzpaares F1/ f_0 -F5 ($r = 0,552$; $p \leq 0,001$) korrelierten signifikant negativ mit „*sexy*“.

Die fluktuierende Asymmetrie des Körpers und des Gesichtes korrelierte ebenfalls nicht bei der Messung der Formantfrequenzen im Zentrum des Vokals mit der euklidischen Distanz zum Mittelwert männlicher Stimmen.

Tabelle 4.23: Pearson-Korrelationen der männlichen Bewertungen weiblicher Stimmen und der im Zentrum des Vokals ermittelten mittleren euklidischen Distanzen zum geschlechtsspezifisch weiblichen Mittelwert der Frequenzpaare aus Fundamentalfrequenz (f_0) und erster bis dritter Formante (F1-F3), erster bis fünfter Formante (F1-F5) sowie den euklidischen Distanzen aus erster Formante (F1) und Fundamentalfrequenz bis dritte Formante (f_0 -F3), Fundamentalfrequenz bis fünfte Formante (f_0 -F5).

Gemittelte euklidische Distanzen der Frequenzpaare				
Bewertungen Stimme Frau / FA	f_0 /F1-F3 Frau	f_0 /F1-F5 Frau	F1/ f_0 -F3 Frau	F1/ f_0 -F5 Frau
unterwürfig - dominant	$r = -0,044$ $p = 0,780$	$r = -0,023$ $p = 0,885$	$r = -0,035$ $p = 0,827$	$r = -0,022$ $p = 0,891$
krank - gesund	$r = -0,406$ $p = 0,008$	$r = -0,390$ $p = 0,011$	$r = -0,229$ $p = 0,145$	$r = -0,168$ $p = 0,287$
unattraktiv - attraktiv	$r = -0,432$ $p = 0,004$	$r = -0,433$ $p = 0,004$	$r = -0,236$ $p = 0,132$	$r = -0,191$ $p = 0,226$
sexy	$r = -0,374$ $p = 0,015$	$r = -0,367$ $p = 0,017$	$r = -0,249$ $p = 0,112$	$r = -0,206$ $p = 0,191$
FA Körper	$r = 0,382$ $p = 0,013$	$r = 0,353$ $p = 0,022$	$r = 0,291$ $p = 0,061$	$r = 0,228$ $p = 0,146$
FA Gesicht	$r = 0,271$ $p = 0,083$	$r = 0,255$ $p = 0,103$	$r = 0,272$ $p = 0,082$	$r = 0,249$ $p = 0,111$

Tabelle 4.24: Pearson-Korrelationen der weiblichen Bewertungen männlicher Stimmen und der im Zentrum des Vokals ermittelten mittleren euklidischen Distanzen zum geschlechtsspezifisch männlichen Mittelwert der Frequenzpaare aus Fundamentalfrequenz (f_0) und erster bis dritter Formante (F1-F3), erster bis fünfter Formante (F1-F5) sowie der euklidischen Distanzen aus erster Formante (F1) und Fundamentalfrequenz bis dritter Formante (f_0 -F3), Fundamentalfrequenz bis fünfter Formante (f_0 -F5).

Gemittelte euklidische Distanzen der Frequenzpaare				
Bewertungen Stimme Mann / FA	f_0 /F1-F3 Mann	f_0 /F1-F5 Mann	F1/ f_0 -F3 Mann	F1/ f_0 -F5 Mann
unterwürfig - dominant	$r = 0,096$ $p = 0,555$	$r = 0,117$ $p = 0,472$	$r = -0,030$ $p = 0,857$	$r = -0,057$ $p = 0,725$
krank - gesund	$r = -0,079$ $p = 0,629$	$r = -0,058$ $p = 0,723$	$r = -0,263$ $p = 0,101$	$r = -0,276$ $p = 0,085$
unattraktiv - attraktiv	$r = -0,249$ $p = 0,121$	$r = -0,223$ $p = 0,167$	$r = -0,473$ $p = 0,002$	$r = -0,485$ $p = 0,002$
sexy	$r = -0,297$ $p = 0,063$	$r = -0,268$ $p = 0,095$	$r = -0,539$ $p \leq 0,001$	$r = -0,552$ $p \leq 0,001$
FA Körper	$r = -0,180$ $p = 0,265$	$r = -0,189$ $p = 0,244$	$r = 0,034$ $p = 0,835$	$r = 0,110$ $p = 0,501$
FA Gesicht	$r = -0,089$ $p = 0,585$	$r = -0,094$ $p = 0,562$	$r = -0,038$ $p = 0,814$	$r = -0,010$ $p = 0,949$

5

Diskussion

5.1 Diskussion und Kritik zu den ausgewählten Methoden

Die in dieser Arbeit ohren- und messphonetisch analysierten Stimmen wurden in den Räumlichkeiten des Departements für Anthropologie der Universität Wien aufgezeichnet. Die Umgebung des für die Stimmaufnahmen verwendeten Raumes war weitgehend ruhig. Allerdings war der Raum ursprünglich nicht für akustische Aufnahmen vorgesehen. Das heisst, dass der Raum weder gegen Störgeräusche von außen gut abgeschirmt noch mit entsprechenden akustisch-dämpfenden Raumelementen ausgestattet war. Darüber hinaus war der Raum auch nicht von der Umgebung elektromagnetisch isoliert. Somit war nicht auszuschließen, dass beispielsweise bereits das Flackern weiter entfernter Leuchtstofflampen in der Aufnahme zu hören war. Die Flackern wiederum wurde dabei durch die wiederholten erfolglosen Zündversuche der Leuchtstofflampen hervorgerufen. Aus diesem Grund war es notwendig, vor jeder Stimmaufzeichnung alle Leuchtstofflampen in einem Umkreis von circa 25 Metern auf ein Flackern hin zu überprüfen und gegebenenfalls auszuschalten. Zusätzlich zur fehlenden elektromagnetischen Isolierung des Raumes war nicht auszuschließen, dass in den Stimmaufnahmen zusätzliche akustische Artefakte neben natürlich auftretenden Störungen wie Rauschen aufgenommen wurden. Zwar wurden hörbare Störungen vor der weiteren Verwendung herausgenommen; allerdings war es nicht auszuschließen, dass weniger gut wahrnehmbare Artefakte in den übrigen Aufnahmen verblieben.

Der zweite Kritikpunkt betrifft ebenfalls die technischen Rahmenbedingungen der Stimmaufnahme und -wiedergabe. Die Aufzeichnungen erfolgten mit einer externen Soundkarte, deren Analog-Digital-Wandler die Audioinformation mit einer Auflösung von 16 bit/48 kHz und einem Signal-Rausch-Abstand von 77 db speicherten. Hochwertige Wandler sind allerdings Voraussetzung dafür, dass im Audiosignalweg der Klang für eine ohrenphonetische Beurteilung unverfälscht und natürlich übertragen wird. Ein technischer Report (Virtins Technology, 2010) über den A/D-Wandler der verwendeten Soundkarte M-AUDIO Mobile-Pre ergab, dass die Wandlerqualität durchaus für Heimstudioaufnahmen geeignet ist. Hierbei muss angemerkt

werden, dass für die messphonetische Analyse der Stimmen die Auflösung der Soundkarte zwar vollkommen ausreichend war, aber im Hinblick auf mögliche Nachfolgestudien höherwertigere A/D-Wandler mit einer höheren Auflösung empfehlenswert sind. Damit lässt sich konstatieren, dass für eine ohrenphonetische Einschätzung die Qualität des Audiosignalweges von der Stimmaufnahme bis hin zur Beurteilung zwar nicht den Qualitätskriterien eines professionellen Tonstudios entsprach, aber für die Zielsetzung des Projektes ausreichend war.

Ein dritter Kritikpunkt betrifft die Auswahl der aufgezeichneten Lautäußerungen („Phonation der Vokale“, Seite 159). Die vorliegende Arbeit mit eingeschlossen, wurde in allen bisherigen Studien der Attraktivität von Stimmen die sogenannte Lesesprache untersucht. Diese ist gekennzeichnet durch eine relativ konstante Prosodie und eine charakteristische Artikulationsabschwächung in der konstanten Wortfolge. Für eine Standardisierung der zu beurteilenden akustischen Stimuli ist dies sicher von Vorteil. Damit ist allerdings die ökologische Validität des Stimmsignals durch sich ständig wiederholende Lautäußerungen eingeschränkt.

Darüber hinaus gibt es bislang keine standardisierte Methode, die vokale Attraktivität zu messen. So stelle Hughes *et al.* (2008) fest, dass keine einheitliche Methode existiert und alle Forschungsarbeiten ihre Stimuli unterschiedlich einsetzen. Beispielsweise verwendeten Collins (2000), Collins und Missing (2003), Feinberg *et al.* (2005a) und Feinberg *et al.* (2005b) einzelne gehaltenen Vokale (beispielsweise /a:/) für die gegengeschlechtlichen Attraktivitätsbeurteilungen der Stimmen. Hughes *et al.* (2002) und Hughes *et al.* (2004) hingegen hießen von Eins bis Zehn zählen. Bruckert *et al.* (2010) untersuchten lediglich die Silbe *had*, um deren Vokal ohren- und messphonetisch zu analysieren. Feinberg (2008) stellte ebenfalls fest, dass die Unterschiede in den Attraktivitätsbewertungen mehrerer Studien neben der nicht-einheitlichen Methodik auch mit verschiedenen Betonungen der akustischen Stimuli zusammen hängen.

In einer anderen messphonetischen Analyse untersuchte Freienstein (2000) nicht die vokale Attraktivität, sondern sprecherspezifische Merkmale von einzelnen gehaltenen Vokalen und von Vokalen aus fließender Sprache, die er miteinander verglich. Er kam zu dem Ergebnis, dass sowohl bei isoliert gesprochene Vokalen als auch bei Vokalen aus fließender Sprache die Sprechgewohnheiten die sprecherspezifischen anatomischen Eigenheiten überlagern. Beide bleiben aber dennoch erkennbar.

So ist nach wie vor nicht erschöpfend geklärt, was die genauen akustischen Kenngrößen für die Attraktivität von Stimmen sind. Die Isolierung von solchen Signalen bedarf einer vertiefenden Auseinandersetzung mit Methoden der artikulatorischen und der akustischen Phonetik. Bislang ist dies in den Forschungsarbeiten über vokale Attraktivität unzureichend beachtet worden. Hierzu unternimmt die vorliegende Arbeit den Versuch, Standardmethoden der akustischen Phonetik, wie die nicht-destruktive Segmentierung von Vokalen, in die Signalisolierung einfließen zu lassen und damit die Variablen für vokale Attraktivität in der Lesestimme einzugrenzen. Dies sollte auch nur als ein erster Schritt verstanden werden. Neben der nicht-destruktiven Isolierung der Vokale versucht diese Arbeit darüber hinaus durch die Verwendung mehrerer verschiedener Gruppen von Lautäußerungen („Frage“, „Laut“, „Vokal“ und „Zahl“), die Diskrepanz in der ökologischen Validität von Lesesprache ansatzweise zu verringern. Auch aus diesem Grund trägt diese Arbeit einen explorativen Charakter.

Der vierte Kritikpunkt beinhaltet die Ermittlung der der akustischen Kenngrößen durch halbautomatische Messverfahren in PRAAT. Halbautomatische Messverfahren sind bei Analyse eines komplexen dynamischen Signals, wie der Stimme, grundsätzlich fehlerbehaftet. Trotz manueller visueller Kontrolle war es beispielsweise möglich, dass bestimmte Formantwerte statt der dritten, der vierten Formante zugeordnet worden sind. Dieser Formantverschiebungen treten auf, wenn die beiden Formanten spektrografisch besonders nah beieinander stehen. Die Formantverschiebungen sind in PRAAT allerdings nicht manuell korrigierbar. Die einzige Möglichkeit für eine anschließende Korrektur war die visuelle Kontrolle der Formanten im Spektrogramm mit der Gegenüberstellung der ausgegebenen Frequenzwerte. Dabei war eine gewisse Fehlerquote nicht auszuschließen. Eine Lösung für dies Problem bietet die Software ST^x (Noll, 2013). Diese ist in der Lage, fehlidentifizierte Formanten manuell nachzujustieren und darüber hinaus ist ein Datenaustausch mit PRAAT möglich.

Ein fünfter Kritikpunkt umfasst die verwendeten Samplingfrequenzen der durchgeführten messphonetischen Analysen. Die vorliegende Arbeit orientierte sich beim Festlegen der Samplingrate an das NYQUIST-Abtasttheorem. Dies steht im teilweisen Widerspruch zu bisherigen Studien, in denen das des akustische Ausgangsmaterial mit unterschiedlichen Abtastraten für bestimmte Kenngrößen analysiert wurde. Die in dieser Arbeit für die Messungen der Fundamentalfrequenz verwendete Abtastrate von 11,025 kHz wurden ebenfalls von Vukovic *et al.* (2010) und Hodges-Simeon *et al.* (2010) verwendet. Babel *et al.* (2010) setzten für die Analysen der Fundamentalfrequenz und Formanten eine Samplingfrequenz von 44,1 kHz ein. Saxton *et al.* (2009) maßen f_0 ebenfalls bei 44,1 kHz. Die Verwendung einer Samplingrate von 48 kHz bei der Analyse der Frequenzperturbationen (*Jitter*) und der Amplitudenperturbationen (*Shimmer*) der Fundamentalfrequenz oblag der Zielsetzung, diese Mikrofluktuationen möglichst hochauflösend zu untersuchen. Allerdings ist bislang der Zusammenhang zwischen vokaler Attraktivität und den Mikrofluktuationen der Fundamentalfrequenz nicht präzise untersucht wurden. Zwar konnte Hughes *et al.* (2008) bei Männern einen Zusammenhang zwischen der Attraktivität von Stimmen und *Shimmer* apq11 feststellen (siehe Abschnitt 2.5.2). Allerdings fanden ihre Analysen über die gesamten unsegmentierten Lautäußerungen statt. In dieser Arbeit erfolgte die Bestimmung der Formantfrequenzen bei einer Samplingrate von 11,025 kHz. Die Rate wurde auch von Collins (2000), Collins und Missing (2003) und Feinberg *et al.* (2005b) für ihre messphonetischen Analysen eingesetzt. Unter akustischen Gesichtspunkten war die von Bruckert *et al.* (2010) eingesetzte Samplingrate von 16 kHz allerdings zu hoch gewählt. Bei einer maximalen Formantfrequenz von 5,5 kHz und unter der Berücksichtigung des NYQUIST-Abtasttheorems ist die Verwendung einer Abtastrate von 11 kHz notwendig. In dieser Arbeit erfolgte die Bestimmung des Harmonie-Rausch-Verhältnisses (HNR) mit einer Abtastrate von 16 kHz. Das entspricht der verwendeten Samplingfrequenz in den HHR-Analysen von Bruckert *et al.* (2010). Das Harmonie-Rausch-Verhältnis als akustische Kenngröße der Stimmqualität wurde bisher vorrangig in der akustischen Phonetik untersucht. Ein Zusammenhang zwischen HNR und vokaler Attraktivität ist bislang mit den Methoden der akustischen Phonetik nicht genauer untersucht wurden. Dieses Problem führt zugleich zum sechsten Kritikpunkt dieser Arbeit.

Die Analyse des Harmonie-Rausch-Verhältnisses erfolgte in dieser Arbeit in den sich überlappenden Frequenzbereichen von 0-500 Hz, 0-2000 Hz und 0-5000 Hz. Die Analysen von Krom (1994b) und Biemans (2000) hingegen untersuchten HNR in aneinandergrenzenden Frequenzbändern. Wie bereits in Abschnitt 3.3.5.3 erläutert wurde, war es in PRAAT aufgrund des verwendeten Algorithmus nicht möglich, die Frequenzbereiche getrennt zu untersuchen. Die in dieser Arbeit gefundenen Ergebnissen lassen somit nur allgemeine Aussagen über den Einfluss von HNR auf die vokale Attraktivität in verschiedenen Frequenzbereichen zu. Infolgedessen sind konsequente Untersuchungen notwendig, die den möglichen Zusammenhang zwischen HNR in aneinandergrenzenden sowie nicht überlappende Frequenzbändern und vokaler Attraktivität genauer untersuchen. Diese können ebenfalls mit Hilfe der Software ST^x erfolgen, welche die Frequenzbereiche separat untersuchen kann.

Der siebente Kritikpunkt umfasst die generelle Methode einer messphonetische Analyse von vokaler Attraktivität. Aufgrund der individuellen anatomischen Unterschiede (Stimmlippen, Kehlkopf, Vokaltrakt et cetera) besitzen beispielsweise die Formanten gleicher Vokale keine identischen Werte. Selbst einzelne Individuen bilden bei den gleichen Vokalen unterschiedliche Formantfrequenzen aus. Derartige Streuungen werden durch die Sprechgeschwindigkeit, durch Nachbarlaute, durch verschiedene Sprechstile oder durch die emotionalen Verfassung eines Sprechers beeinflusst. Darüber hinaus besteht bei allen messphonetischen Analysen das Inversionsproblem (Atal *et al.*, 1978; siehe auch Abschnitt 2.4.2.2). Im Bezug auf die im nachfolgenden Abschnitt 5.2 diskutierten Ergebnisse lässt das Inversionsproblem keinen absolut eindeutigen Rückschluss der gefundenen akustischen Kenngrößen auf die Konfiguration des Vokaltraktes zu. Damit können die gefundenen Ergebnisse allenfalls als weiterer Anhaltspunkte für vokale Attraktivität gewertet werden.

Der achte und letzte Punkt in der Methodenkritik bezieht sich auf die angewandte *Geometric Morphometric Methodology* (GMM). Die in Abbildung 3.5 und im Abschnitt 4.1 beschriebenen Verdrehungen der Kopfposition hatten einen hohen Ausschluss von Probanden zu Folge. Die Ursache dafür ist ein generelles Anwendungsproblem von zweidimensionaler GMM. Die dreidimensionalen Proportionen von Gesichtern lassen sich nur dann in zweidimensionale Bildinformationen übertragen, wenn die Position des Kopfes präzise zu Kamera sowohl horizontal wie vertikal ausgerichtet ist. Dies gelang in dieser Arbeit nur bei etwas zwei Drittel der Porträtaufnahmen. Aus diesem Grund sollten in nachfolgenden Studien die Analysen von fluktuierender Asymmetrie im Gesicht mit Hilfe von GMM dreidimensional erfolgen.

5.2 Diskussion zu den Ergebnissen

Diese Arbeit hatte zum Ziel herauszufinden, wie sich beim Menschen die gegengeschlechtlichen Bewertungen der Attraktivität von Gesichtern zu den Attraktivitätsbeurteilungen von Stimmen verhalten. Dazu wurde der Einfluss der fluktuierenden Asymmetrie von Körper und Gesicht auf diese Attraktivitätsbewertungen untersucht. Darüber hinaus sollte mit dieser Arbeit geklärt werden, auf welche Weise die akustischen Parameter von Stimmqualität, Fundamentalfrequenz, *Jitter*, *Shimmer*, Harmonie-Rausch-Verhältnis und Formantverteilung in einem Zusammenhang mit vokaler Attraktivität und Bilateralsymmetrie stehen. ,

5.2.1 Hauptkomponentenanalyse und die Bewertungen von Stimmen und Gesichtern

Die in dieser Arbeit nach Attraktivität bewerteten Stimmen und Gesichtern wurden auch nach Gesundheit, Dominanz, Fürsorglichkeit und den fünf großen Faktoren der Persönlichkeit bewertet (siehe Abschnitt 3.3.3).

Die mit allen bewerteten Eigenschaften durchgeführten Hauptkomponentenanalysen zeigten, dass bis auf die gegengeschlechtliche Bewertungen weiblicher Stimmen der Faktor mit der größten Gesamtvarianz jeweils immer die Attraktivitätseigenschaften enthielt. Zudem unterschied sich bei beiden Geschlechtern die Zuordnung von Dominanz zu einem bestimmten Faktor. Bei den von Männern bewerteten weiblichen Stimmen und Gesichtern enthielt der Faktor „Verträglichkeit“ die zweitgrößten Gesamtvarianz. Dieser Faktor beinhaltete Bewertungen wie „feindlich – freundlich“, „fürsorglich“, „unterwürfig – dominant“ und „sozial verträglich“. Bei den von Frauen bewerteten männlichen Stimmen und Gesichtern hingegen war Dominanz dem Faktor „Attraktivität“ zugeordnet. Der Faktor „Verträglichkeit“ schloss vielmehr die Bewertungen „egoistisch – kooperativ“, „fürsorglich“, „feindlich – freundlich“ und „sozial verträglich“ ein.

Damit lassen die Ergebnisse der Hauptkomponentenanalyse vermuten, dass sowohl bei den bewerteten Stimmen als auch Gesichtern ein Geschlechtsdimorphismus in der Bewertung von Dominanz und Attraktivität besteht. Für Frauen sind wahrscheinlich Dominanz und Attraktivität von einander abhängige Eigenschaften in der Einschätzung von männlichen Stimmen und Gesichtern. Im Gegensatz dazu sind für Männer Dominanz und Attraktivität voneinander unabhängige Aspekte bei der Beurteilung von weiblichen Stimmen und Gesichtern.

Die Verbindung von Dominanz und Attraktivität bei Männern zeigten auch die Ergebnisse anderer Studien. In diesen wurden die dominanten beziehungsweise maskulinen Ausprägungen von männlichen Gesichtern (Grammer und Thornhill, 1994; Keating, 1985) und Stimmen (Zuckerman und Driver, 1989) auch attraktiver bewertet. Darüber hinaus nehmen Zuckerman und Driver (1989) an, dass die vokale Attraktivität bei Männern mehr mit Dominanz assoziiert wird als die visuelle Attraktivität, welche wiederum mehr mit Sympathie in Verbindung gebracht wird. Allerdings wird in einigen neueren Forschungsarbeiten vermutet, dass sowohl in Gesichtern (Windhager *et al.*, 2011) als auch in Stimmen (Hodges-Simeon *et al.*, 2010; Pisanski *et al.*, 2012) Dominanz und Attraktivität verschiedene Aspekte des *mate value* bei Männern repräsentieren.

Bei den Stimmen sind die gefundenen Ergebnisse der Hauptkomponentenanalysen nicht mit den Ergebnissen von Hughes *et al.* (2008) konsistent. So enthielten sowohl die männlichen Bewertungen weiblichen Stimmen als auch die weiblichen Bewertungen männlicher Stimmen den Faktor mit der größten Gesamtvarianz, der auch die Attraktivitätseigenschaften umfasste. Darüber hinaus konnten Hughes *et al.* (2008) sowohl für Männer, als auch für Frauen eine Unabhängigkeit von Dominanz und Attraktivität in der Stimme feststellen. Im Gegensatz dazu zeigte die Arbeit von Pisanski *et al.* (2012), dass Attraktivität bei den weiblichen Bewertungen männlicher Stimmen den Faktor mit der zweitgrößten Gesamtvarianz einschloss und dass die Einschätzung von Maskulinität und Attraktivität von einander unabhängige Eigenschaften sind. Vertiefende Studien über den Einfluss von Attraktivität und Dominanz auf die Einschätzung von Stimmen sind hierzu notwendig.

5.2.2 Fluktuierende Asymmetrie und die Bewertungen von Stimmen und Gesichtern

Die gefundenen Ergebnissen zeigten, dass die visuellen und akustischen Bewertungen vom Grad der bilateralsymmetrischen Ausprägung von Körper und Gesicht abhängig sind. Die eingehenderen Analysen der Einzelbewertungen lieferten für den Körper bei beiden Geschlechtern einen negativen Zusammenhang für Gesundheit und Attraktivität. Darüber hinaus bestand allerdings nur bei Frauen dieser Zusammenhang ebenfalls bei den Gesichtern. Für Dominanz (siehe die Tabellen 4.10 und 4.11) bestand diese Wechselbeziehung weder bei Frauen noch bei Männern. Der in dieser Arbeit gefundene negative Zusammenhang zwischen der fluktuierenden Asymmetrie weiblicher Gesichter und der durch Männer bewerteten Attraktivität dieser Gesichter stimmt sowohl mit den Ergebnissen von Grammer und Thornhill (1994) als auch Schaefer *et al.* (2006) überein. Die gefundene negative Wechselbeziehung zwischen der fluktuierenden Asymmetrie des Körpers und der Attraktivität von Gesichtern stimmt hingegen nicht mit den Ergebnissen von Gangestad *et al.* (1994) und Thornhill und Gangestad (1994) überein. Sie fanden einen negativen Zusammenhang lediglich für männliche, jedoch nicht für weibliche Stimuli. Die Ergebnisse dieser Arbeit jedoch zeigten, dass sowohl bei Männern, als auch Frauen eine negative Wechselbeziehung zwischen der fluktuierenden Asymmetrie des Körpers und den gegengeschlechtlichen Bewertungen des Gesichtes besteht.

Hughes *et al.* (2002) demonstrierten, dass bei beiden Geschlechtern ein negativer Zusammenhang zwischen der fluktuierenden Asymmetrie des Körpers und den gegengeschlechtlichen Attraktivitätsbewertungen von Stimmen besteht. Einerseits wiederholte die vorliegende Arbeit diesen Befund und sie erweitert ihn andererseits. Sie zeigte, dass nur bei Frauen die fluktuierende Asymmetrie von Körper und Gesicht gleichermaßen negativ mit der Attraktivitätsbewertung von Stimmen als auch Gesichtern assoziiert ist. Darüber hinaus korrelierten die fluktuierende Asymmetrie von Körper und Gesicht bei Frauen positiv untereinander und zeigen damit in die selbe Richtung. Bei Männern hingegen bestand zwar ein negativer Zusammenhang zwischen der Attraktivitätsbewertungen von Stimmen und der fluktuierenden Asymmetrie von Körper und Gesicht. Allerdings war dieser nur für die Körper signifikant. Gleichfalls bestand ein nicht signifikanter positiver Zusammenhang zwischen der fluktuierenden Asymmetrie von Körper und Gesicht.

Ein ähnliches Muster stellte sich in den Interkorrelationen der Attraktivitätsbewertungen von Stimme und Gesicht dar. Bei Frauen bestand eine positive Beziehung zwischen den Bewertungen, was bei Männern nicht der Fall war. Das Ergebnis replizierte vorherige Analysen von Collins und Missing (2003) und von Lander (2008), die in gleicher Weise nur bei Frauen einen positiven Zusammenhang feststellen konnten. Bei den männlichen Stimuli war die Interkorrelation der Stimm- und Gesichtsbewertungen zwar positiv, aber nicht signifikant. Dies entsprach ebenfalls dem Ergebnis von Lander (2008).

Die in dieser Arbeit gefundenen Ergebnissen über den Einfluss von fluktuierender Asymmetrie auf die akustischen und visuellen Bewertungen lassen vermuten, dass beide Modalitäten in gleicher Weise bedeutungsvoll bei der Partnerwahl sind. Wenn visuelle Signale nicht vorhanden beziehungsweise zweideutig sind, kann die Stimme in gleichen Maße Informationen über potenzielle Fortpflanzungspartner enthalten. Die vokale Kommunikation befreit die Hände für andere Tätigkeiten. Sie benötigt keinen Sichtkontakt und ermöglicht eine Verständigung

beim Ausführen anderer Aktivitäten. Ein weiterer Vorteil vokaler Kommunikation ist die Unabhängigkeit des Senders und des Empfängers vom Licht. Vor dem Gebrauch von Feuer oder anderer künstlicher Beleuchtung war wahrscheinlich die Kommunikation mittels Gestik auf ungefähr 12 Stunden Licht pro Tag eingeschränkt. Damit war vermutlich die Stimme ein wichtiger Informationsträger in der Nacht, um potenzielle Fortpflanzungspartner einzuschätzen.

5.2.3 Akustische Kenngrößen der Stimmqualität und die Bewertungen von Stimmen

Fundamentalfrequenz f_0

Die Fundamentalfrequenzanalysen erbrachten unterschiedliche Ergebnisse für weibliche und für männliche Stimmen. Während bei den weiblichen Stimmen die absoluten Frequenzanalysen von f_0 keinen Zusammenhang mit den männlichen Bewertungen zeigten, bestand ein positiver Zusammenhang zwischen der Standardabweichung von f_0 und der fluktuierenden Asymmetrie des Körpers. Für ein derartiges Ergebnis existiert keine Referenz. Allerdings fanden Ray *et al.* (1991) sowie Oguchi und Kikuchi (1997), dass bei beiden Geschlechtern die Einschätzung von sozialer Attraktivität mit einer geringen Standardabweichung von f_0 verbunden ist. Auch wenn in dieser Arbeit keine weiteren Wechselwirkungen der Standardabweichung von f_0 mit den durchgeführten Bewertungen vorlagen. Eine mögliche Ursache kann das verwendete Methode bei der Fundamentalfrequenzmessung sein (siehe Abschnitte 3.3.5 und 3.3.5.1), welche die Frequenzwerte innerhalb von Vokalen und nicht über die gesamte Lautäußerung ermittelte. Allerdings sollten nachfolgende Untersuchungen den Einfluss der Standardabweichung von f_0 mit berücksichtigen. So vermuteten Hodges-Simeon *et al.* (2010), dass bei beiden Geschlechtern die Standardabweichung von f_0 unterschiedliche Auswirkungen auf die Einschätzung von Dominanz und Attraktivität besitzt.

Die durchgeführten Differenzmessungen zum geschlechtsspezifischen Mittelwert weiblicher Stimmen erbrachten mehrere Unterschiede zu bisherigen Untersuchungen der Fundamentalfrequenzparameter. Die Attraktivitätsbewertungen („*unattraktiv* – *attraktiv*“ und „*sexy*“) fielen umso höher aus, je geringer die Differenz zum geschlechtsspezifisch weiblichen Mittelwert der Fundamentalfrequenz war. Darüber hinaus wurden die weiblichen Stimmen umso attraktiver bewertet, je geringer die Differenz zum geschlechtsspezifischen Minimum der Fundamentalfrequenz war. Gleichzeitig wiesen die Differenzwerte keine Beziehungen zu der fluktuierenden Asymmetrie von Körper und Gesicht auf. Insgesamt lassen die Differenzmessungen bei den Frauen darauf schließen, dass diejenigen Fundamentalfrequenzen, deren Frequenzbereiche sich nahe am Mittelwert einer Population befinden, als attraktiv wahrgenommen werden. Dies gilt ebenso wenn auch weniger deutlich für die Fundamentalfrequenzen nahe am Minimum des Populationswertes. Für die Fundamentalfrequenzen, welche näher am Maximum einer Population sind, besteht dieser Zusammenhang nicht. Dieses aufgezeigte Ergebnis steht im Widerspruch zu bisher durchgeführten Studien (siehe Review von Pisanski und Feinberg, 2013). Wie bereits in der Methodenkritik (Abschnitt 5.1) angeführt, bestand in den bisherigen messphonetischen Analysen keine einheitliche Methode. So zeigten innerhalb des niederländischen (Collins und Missing, 2003) und des englischen Sprachraums (Feinberg *et al.*, 2008b; Pisanski und Rendall, 2011) die männlichen Attraktivitätsbewertungen weiblicher Stimmen eine Bevorzugung höherer Fundamentalfrequenzen gegenüber dem Durchschnitt. Inwieweit im

Bezug auf die durchschnittlichen Fundamentalfrequenzen für weibliche Stimmen ein kulturspezifischer Unterschied im deutschen Sprachraum vorliegt oder das Ergebnis eine Folge der verwendeten Methode darstellt (messphonetische Analyse von Einzelvokalen; siehe Abschnitt 3.3.5), muss in weiteren Studien geklärt werden.

Bei den männlichen Stimmen bestand ein deutlich ausgeprägter Zusammenhang zwischen den gemessenen Fundamentalfrequenzen (Minimum, Maximum, Mittelwert von f_0) und den gegengeschlechtlichen Attraktivitätsbewertungen. Dabei wurden die männlichen Stimmen umso attraktiver bewertet, je tiefer die absolute Fundamentalfrequenz war. Eine Verbindung der Fundamentalfrequenzparameter männlicher Stimmen bestand weder zu der fluktuierenden Asymmetrie von Körper und Gesicht noch zu den gemessenen Distanzen zum geschlechtsspezifischen Mittelwert. Die Ergebnisse zur Frequenzabhängigkeit der Attraktivität männlicher Stimmen steht im Einklang zu vorhergehenden Studien (Babel *et al.*, 2010; Feinberg *et al.*, 2005b; Riding *et al.*, 2006; Zuckerman und Miyake, 1993). Allerdings bestanden in anderen Studien Unterschiede bei den weiblichen Bewertungen männlicher Stimmen in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Ovulation (Feinberg *et al.*, 2006; Puts, 2005) oder beim Interesse an einer Kurzzeitbeziehung (Puts, 2005). Die Abhängigkeiten wurden in dieser Arbeit nicht untersucht (siehe auch Abschnitt 4.1).

Der in anderen Studien ermittelte Zusammenhang zwischen der Wahrnehmung von Dominanz und einer tiefen Fundamentalfrequenz männlicher Stimmen (Collins, 2000; Feinberg *et al.*, 2005b) konnte in in dieser Arbeit nicht gefunden werden. Eine möglich Ursache kann einerseits die verwendete Methode der Einzelvokalanalyse (Abschnitt 3.3.5) sein. Andererseits ist nicht auszuschließen, dass die gewählten Wortinhalte der Stimmaufnahmen (siehe „Phonation der Vokale“ auf Seite 159) die Ursache für den ausbleibenden Zusammenhang waren. So wies Hodges-Simeon *et al.* (2010) auf den Zusammenhang von physischer Dominanz und geringen Fundamentalfrequenzvariationen sowie physisch dominanten Wortinhalten (beispielsweise die Androhung von physischer Gewalt) hin. Soziale Dominanz ergab sich ausschließlich aus sozial dominanten Wortinhalten (beispielsweise die Androhung von sozialer Benachteiligung). Für den deutschen Sprachraum existiert bisher keine derartige Untersuchung, was in nachfolgenden Studien überprüft werden sollte.

Schwingungsirregularitäten von f_0

Die Messungen der Mikrofluktuationen *Jitter* und *Shimmer* lieferten einen Unterschied für Frauen und Männer. Während bei den gegengeschlechtlichen Bewertungen weiblicher Stimmen Attraktivität und Gesundheit signifikant negativ mit den gemessenen Amplitudenvariationen von f_0 (*Shimmer*) in Verbindung standen, war dies für männliche Stimmen nicht der Fall. Bei den Männern standen die Variationen der Periodenlängen von f_0 (*Jitter*) in einem signifikant positiven Zusammenhang mit den Attraktivitätsbewertungen. Bei den Frauen war darüber hinaus der Shimmer umso intensiver ausgeprägt, je größer die fluktuierende Asymmetrie von Körper und Gesicht waren. Bei Männern bestand dieser Zusammenhang nicht. Weder bei Frauen noch bei Männern bestand eine Verbindung zwischen der Einschätzung von Dominanz und den gemessenen Schwingungsirregularitäten der Fundamentalfrequenz. Die in Tabelle B.8 auf Seite 174 (Anhang B) ausführliche Auflistung der Korrelationen zwischen den Perturbationsmaßen und den gegengeschlechtlich bewerteten Eigenschaften unterstreichen

den gefundenen Geschlechtsunterschied. Dabei korrelierten bei den weibliche Stimmen der gemessene *Shimmer* vorwiegend negativ und bei den männliche Stimmen der gemessene *Jitter* vorwiegend positiv mit den Bewertungen.

Ein Vergleich der in dieser Arbeit gefundenen Ergebnisse mit existierender Literatur war aufgrund mehrheitlich nicht durchgeführter Perturbationsmessungen nicht möglich. Damit können über die gefundenen Ergebnisse nur Vermutungen angestellt werden. So könnte der *Jitter* bei männlichen Stimmen als Reife- beziehungsweise Altersmerkmal den männlichen Individuen zugeschrieben werden (siehe auch Abschnitte 2.2.3.3 und 2.3.2). Bei Männern nimmt mit zunehmenden Alter die Spannung in den Stimmlippen graduell ab, was zu höheren *Jitter*werten führt. Dies würde auch den fehlenden Zusammenhang mit der fluktuierenden Asymmetrie erklären, da diese zeitlebens erhalten bleibt. Hingegen könnte bei Frauen die in der akustischen Phonetik mit den Schwingungsirregularitäten von f_0 in Verbindung gebrachte Abgrenzung von gesunden zu pathologischen Stimmen die Ursache für den negativen Einfluss des *Shimmers* auf die Bewertungen von Attraktivität und Gesundheit sein. Der positive Zusammenhang zwischen der fluktuierenden Asymmetrie von Körper sowie Gesicht und *Shimmer* unterstützt diese Annahme bei den Frauen. Schließlich lässt sich für die Schwingungsirregularitäten der Fundamentalfrequenz resümieren, dass diese als wahrnehmbare Merkmale der Stimme von beiden Geschlechtern als bedeutsam für die Einschätzung von Attraktivität empfunden wurden. Weiterführende Forschung über den maßgeblichen Einfluss der Schwingungsirregularitäten von f_0 und über den gefundenen Geschlechtsdimorphismus sollte hier ansetzen.

Harmonie-Rausch-Verhältnis

Ebenso wie in der Studie von Bruckert *et al.* (2010) erbrachten die Analysen des Harmonie-Rausch-Verhältnisses über den gesamten Frequenzbereich kein signifikantes Ergebnis für die beiden gegengeschlechtlichen Attraktivitätsbewertungen. In dieser Arbeit bestand allerdings bei den Frauen ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Rauschanteil im Stimmsignal und der Einschätzung von Dominanz sowie der fluktuierenden Asymmetrie des Körpers. Die bei Bruckert *et al.* (2010) gefundene Verbindung zwischen dem interharmonischen Rauschen und der Attraktivität von Stimmen beschränkte sich ausschließlich auf die Bewertungen mehrfach ineinander gemorphter Stimmen. Für nicht-gemorphte, natürliche Stimmen existierte dieser Zusammenhang nicht.

In dieser Arbeit erbrachte die eingehenden messphonetischen Analysen des Harmonie-Rausch-Verhältnisses in den einzelnen Frequenzbereichen ein leicht differenzierteres Bild. So zeigte sich bei beiden Geschlechtern eine deutliche Frequenzabhängigkeit bei den einzelnen Bewertungen. Allerdings ist eine substanzielle Aussage zu spezifischen Frequenzabhängigkeiten aufgrund der Überlappungen der Frequenzbereiche nicht eindeutig möglich. Die vorliegenden Ergebnisse lassen aber vermuten, dass Individuen für die Einschätzung verschiedener Eigenschaften auch verschiedene Frequenzbereiche heranziehen (siehe Tabellen 4.19 und 4.20). So erfolgte bei den Frauen die Einschätzung von Dominanz und Gesundheit in verschiedenen Frequenzbereichen. Bei den Männern überlappten sich teilweise die Frequenzbereiche bei den Bewertungen von Attraktivität, Dominanz und Gesundheit.

Wie bereits bei den HNR-Messungen über den gesamten Frequenzbereich bestand ebenfalls bei den Analysen der einzelnen Frequenzbänder ein Zusammenhang mit der fluktuierenden Asymmetrie des Körpers ausschließlich bei den Frauen. Zusätzlich bestand im Frequenzbereich 0-500 Hz eine negative Korrelation mit der fluktuierenden Asymmetrie des Gesichtes. Diese Beziehung ging allerdings in den höheren Frequenzbereichen verloren. Auch wenn kein eindeutiger Zusammenhang zwischen der vokalen Attraktivität und HNR festgestellt werden konnte, deuten die Ergebnisse der fluktuierenden Asymmetrie in Wechselwirkung mit den Schwingungsirregularitäten der Fundamentalfrequenz und der Periodizität der Stimmlippenbewegungen (HNR) einen gleichgerichteten Zusammenhang für die weiblichen Stimmen an. Höhere HNR-Werte werden als heißere, raue oder auch knarrende Stimmqualität wahrgenommen (siehe Abschnitt 2.5.3). Ab einem bestimmten Schwellenwert wird HNR ohrenphonetisch als pathologisch eingeschätzt. Allerdings ist bis heute ungeklärt, in wie weit nicht-pathologische HNR-Werte einen Einfluss auf die Attraktivität von Stimmen haben. Um den nicht-pathologischen Einfluss von HNR auf die Stimmqualität und damit auf die vokale Attraktivität zu untersuchen, sollten in kommenden Forschungsarbeiten die Methoden der akustischen Phonetik angewendet werden. Beispielsweise könnte die Intensität der ersten beiden harmonischen Frequenzen (siehe Abbildung 2.15) und deren Wechselwirkung mit HNR sowie vokaler Attraktivität bei beiden Geschlechtern detaillierter analysiert werden. Wie bereits in der Methodenkritik (Abschnitt 5.1) dargelegt, sollten dazu die Frequenzbereiche für HNR zusätzlich getrennt überprüft werden.

Bei den männlichen Stimmen zeigten die Analysen von HNR in den einzelnen Frequenzbändern gegenüber den weiblichen Stimmen teilweise gegensätzliche Zusammenhänge. Die Einschätzungen von Dominanz, Gesundheit und Attraktivität korrelierten positiv mit dem Rauschanteil im Stimmsignal. Dieses Ergebnis ging einher mit den im vorherigen Abschnitt diskutierten höheren Werten für *Jitter*, die ebenfalls als attraktiv bewertet wurden. Die Interkorrelationen von HNR und *Jitter* wurden in dieser Arbeit nicht untersucht, was aber einen Ansatz für eventuell nachfolgende Studien sein könnte. Ebenfalls sollten nachfolgende Untersuchungen abklären, inwieweit bei Männern das Harmonie-Rausch-Verhältnis in Verbindung mit den höheren *Jitter*-Werten als Reife- beziehungsweise Altersmerkmal im Stimmsignal von Bedeutung ist.

Formanten

Der Einfluss der gemessenen euklidischen Distanzen aus mehreren Frequenzpaarungen der Formanten beziehungsweise der Fundamentalfrequenz auf die Attraktivitätsbewertungen von Stimmen erbrachte einen deutlichen Zusammenhang. Diese Arbeit replizierte damit das Ergebnis von Bruckert *et al.* (2010), welche ebenfalls für beide Geschlechter einen signifikanten Zusammenhang zwischen vokalen Attraktivitätsbewertungen und der euklidischen Distanz vom Logarithmus der Fundamentalfrequenz (f_0) sowie vom Logarithmus der ersten Formante (F1) zum geschlechtsspezifischen Mittelwert finden konnten. Allerdings galt dies nur für den Vokal /a/ aus dem englischen Wort *had*.

Nach der Methode von Bruckert *et al.* (2010) wurden die euklidischen Distanzen mehrerer Frequenzpaarungen über den zeitlichen Verlauf aller einzelnen Vokale gemessen (siehe Tabellen B.12 bis B.17 auf den Seiten 178 bis 183). Die von Bruckert *et al.* (2010) identifizierte Beziehung zwischen den Frequenzpaaren f_0 und F1 wurde in dieser Arbeit ebenfalls gefunden.

Darüber hinaus wurde ein eindeutiger Geschlechtsdimorphismus sichtbar (Abbildung 5.1). So zeigten bei den Frauen die Bewertungen von Gesundheit und Attraktivität einen durchweg negativen Zusammenhang mit den Frequenzpaaren der Fundamentalfrequenz und den einzelnen Formanten F1 bis F4. Nur die Bewertung von Attraktivität korrelierte ebenfalls mit $f_0/F5$. Zudem bestand bei den Frauen ein positiver Zusammenhang zwischen der euklidischen Distanz von $f_0/F1$ mit der fluktuierenden Asymmetrie des Körpers und des Gesichtes. Diese Beziehung ging allerdings mit höheren Formanten zunehmend verloren. Im Vergleich zu den Frauen bestand bei den Männern ein Zusammenhang der Attraktivitätsbewertungen und den euklidischen Distanzen der ersten Formante und den Frequenzen von f_0 bis F5. Bei männlichen Stimmen bestand außerdem ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen der euklidischen Distanz von F1/F5 und der fluktuierenden Asymmetrie des Körpers. Weder bei Frauen noch bei Männern bestand ein signifikanter Zusammenhang mit der Einschätzung von Dominanz.

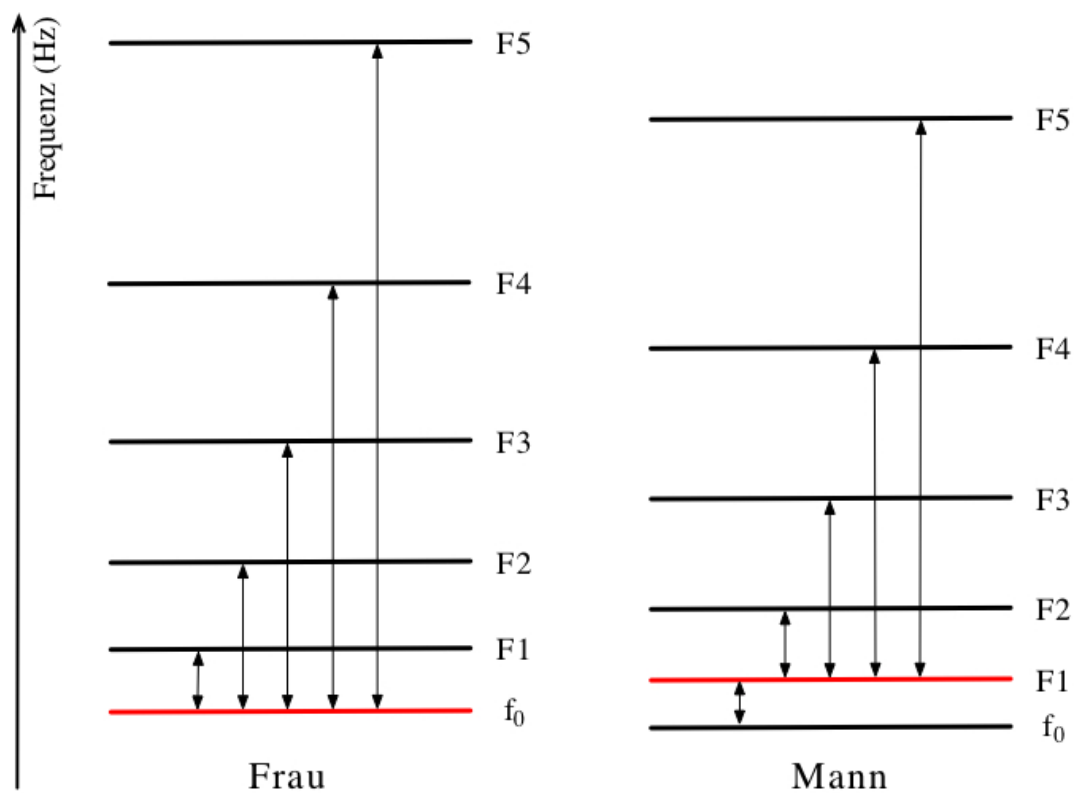


Abbildung 5.1: Schematisch dargestellte Formantbeziehungen der euklidischen Distanzen zum geschlechtsspezifischen Mittelwert weiblicher und männlicher Stimmen.

Nahezu identischen Ergebnissen erbrachte die Methode, welche die Frequenzpaarungen nicht über den zeitlichen Verlauf, sondern über einen einzelnen spektralen Schnitt in der Mitte des Vokals ermittelte (Tabellen B.18 bis B.23 auf den Seiten 184 bis 189). Die Messung über den gesamten Vokal erbrachte bei den Frauen ebenfalls einen Zusammenhang zwischen den Bewertungen von Gesundheit sowie Attraktivität und den Frequenzpaaren der Fundamentalfrequenz und den einzelnen Formanten F1 bis F4. Bei den Männern bestand zusätzlich eine Wechselwirkung mit einzelnen euklidischen Distanzen der ersten Formante und der Bewertung von Gesundheit. Im Unterschied zu den Frauen bestand bei dieser Methode ebenfalls keinen signifikanten Zusammenhang mit der fluktuierenden Asymmetrie.

Aufgrund der sehr ähnlichen Effektgrößen und einer damit anzunehmenden Robustheit von beiden Methoden, kann davon ausgegangen werden, dass die angewandten Verfahren der Formantmessungen (siehe dazu Abschnitt 3.3.5.4) reliabel und akkurat arbeiten. Bei beiden angewandten Methoden war eine verminderte Beteiligung der Formanten F4 und F5 an den Attraktivitätsbewertungen der Stimmen festzustellen. Nach Fant (1960) sowie Baumann und Belin (2010) geben aber gerade die höheren Formanten individuelle Sprechermerkmale wieder, zu denen vokale Attraktivität zählt. Um diese Beteiligung der höheren Formanten F4 und F5 auf die Attraktivitätsbewertungen einzugrenzen, wurden für beide Methoden die gemittelten euklidischen Abstände von $f_0/F1-F3$, $f_0/F1-F5$, $F1/f_0-F3$ und $F1/f_0-F5$ berechnet. Für beide Methoden fand sich erneut der bereits bei den Einzelanalysen festgestellte Geschlechtsdimorphismus der gegengeschlechtlichen Attraktivitätsbewertungen. Bei den Frauen zeigten die Bewertungen von Gesundheit und Attraktivität einen negativen Wechselwirkung mit den gemittelten Frequenzpaaren von $f_0/F1-F3$ und $f_0/F1-F5$. Die fluktuierende Asymmetrie des Körpers korrelierte positiv mit $f_0/F1-F3$ und $f_0/F1-F5$. Bei den Männern bestand ein Zusammenhang zwischen den Attraktivitätsbewertungen und den gemittelten Frequenzpaarungen von $F1/f_0-F3$ und $F1/f_0-F5$. Bei beiden Geschlechtern waren die Unterschiede in der Effektgröße von $F1-F3$ beziehungsweise $F1-F5$ gering. Weitere Untersuchungen über die Beteiligung höherer Formanten an der Attraktivitätsbewertung von Stimmen sind notwendig, da in PRAAT eine erhöhte Fehlerquote durch das halbautomatische Messen höherer Formanten nicht auszuschließen war (siehe auch Abschnitt 5.1). Andererseits ist die spektrale Kontur der Formanten F4 und F5 besonders bei weiblichen Stimmen aufgrund des intensiveren *spectral tilt* (spektrale Neigung; Baumann und Belin, 2010; Mendoza *et al.*, 2010) noch stärker gedämpft. Vermutlich ist die *spectral tilt* auch die Ursache für den beobachteten Unterschied der Geschlechter. Der Schalldruckpegel männlicher Stimmen ist gegenüber weiblichen Stimmen größer. Der ebenfalls größere Vokaltrakt beim Mann ist demnach in der Lage, die Formanten intensiver auszuprägen, als weibliche Stimmen. Die erste Formante besitzt dabei die größte Intensität (siehe Abbildung 3.11).

Bei den Frauen demonstrierten die Differenzen zum geschlechtsspezifischen Mittelwert der Fundamentalfrequenz einen Zusammenhang mit der vokalen Attraktivität. Trotz der Unabhängigkeit von Signalerzeugung im Kehlkopf und Signalfilterung im Vokaltrakt zeigte sich bei den durchgeführten Analysen ebenfalls dieser Zusammenhang für die euklidischen Differenzen aus mehreren Frequenzpaarungen der Formanten und der Fundamentalfrequenz. Der signifikante Einfluss der fluktuierenden Asymmetrie auf die euklidischen Distanzen dieser Frequenzpaarungen lässt vermuten, dass FA nicht nur eine Rolle bei der Signalerzeugung im Kehlkopf, sondern auch bei der Signalfilterung im Vokaltrakt spielt. Ein weiterer Aspekt stellt die Interaktion zwischen der vokalen Attraktivität, der fluktuierenden Asymmetrie und durchschnittlichen akustischen Parametern weiblicher Stimmen dar. Die gefundenen Ergebnisse zeigen, dass je näher sich sich Frequenzpaarungen aus Fundamentalfrequenz und Formanten dem Mittelwert einer Population nähern, diese auch als attraktiver empfunden werden und dies mit einer geringeren fluktuierenden Asymmetrie einher geht. Auch wenn für Männer der Einfluss der fluktuierenden Asymmetrie nur unzureichend nachgewiesen werden konnte, besteht vermutlich ebenfalls dieser Zusammenhang zwischen vokaler Attraktivität und dem geschlechtsspezifischen Mittelwert von Frequenzpaarungen aus erster und weiteren Formanten.

5.3 Allgemeine Diskussion und Ausblick

Was macht eine Person attraktiv? Spielt das Gesicht die Hauptrolle in der Beurteilung von physischer Attraktivität? Welchen Einfluss besitzen bei der Einschätzung von physischer Attraktivität solche körperlichen Merkmale wie Bilateralsymmetrie oder auch Stimmqualität? Haben diese Merkmale einen gleichberechtigten Einfluss auf die Wahrnehmung von Attraktivität? Oder stellen Bilateralsymmetrie und Stimmqualität sogar Ornamentierungen dar, welche Informationen über Attraktivität redundant übermitteln?

Um diese Fragen teilweise beantworten zu können, wurden in dieser Arbeit die Stimmen von Frauen und Männern aufgezeichnet, deren Gesichter fotografiert und die physische Attraktivität beider Stimuli jeweils vom anderen Geschlecht bewertet. Es wurde untersucht, ob zwischen diesen Bewertungen ein direkter Zusammenhang bestand und in welchem Maß diese multi-modalen Beurteilungen abhängig von der fluktuierenden Asymmetrie von Körper und Gesicht waren. Darüber hinaus wurde die Stimmqualität der aufgezeichneten Stimmen phonetisch analysiert. Abschließend wurde untersucht, ob eine Abhängigkeit zwischen der fluktuierenden Asymmetrie von Körper und Gesicht, den zur Stimmqualität gehörigen akustischen Parameter Fundamentalfrequenz, *Jitter*, *Shimmer*, Harmonie-Rausch-Verhältnis, Formantverteilung und den gegengeschlechtlichen Bewertungen der Stimmen bestand.

Die in dieser Arbeit gefundenen Ergebnisse stellen einen deutlichen Unterschied zwischen den Geschlechtern heraus. So zeigte sich bei den Bewertungen der Attraktivität weiblicher Stimmen und Gesichter durch Männer ein ausgesprochen ausgeprägter Zusammenhang. Bei den Frauen waren die Attraktivitätsbewertungen von sowohl Stimme als auch Gesicht deutlich abhängig von der fluktuierenden Asymmetrie von Körper und Gesicht. Zudem bestand bei Frauen zwischen der fluktuierenden Asymmetrie vom Körper und der fluktuierenden Asymmetrie vom Gesicht eine deutliche Verbindung. Darüber hinaus erbrachten die statistischen Analysen bei den Frauen einen Zusammenhang zwischen den Attraktivitätsbewertungen, der fluktuierenden Asymmetrie und den akustischen Kenngrößen *Shimmer* sowie der euklidischen Distanz zum geschlechtsspezifischen Mittelwert aus mehreren Frequenzpaarungen von Formanten. Bei den Männern zeigten die Attraktivitätsbewertungen der Stimmen und der Gesichter durch Frauen keine Interaktion. Wie bei den Frauen bestand bei den Männern eine Abhängigkeit der Attraktivitätsbeurteilung der Stimme als auch des Gesichts von der fluktuierenden Asymmetrie des Körpers. Für die fluktuierende Asymmetrie des Gesichtes bestand diese Wechselbeziehung nicht. Ebenfalls konnte bei Männern in dieser Arbeit kein signifikanter Zusammenhang zwischen der fluktuierenden Asymmetrie vom Körper und der fluktuierenden Asymmetrie vom Gesicht gefunden werden. Auch wenn die akustischen Kenngrößen Fundamentalfrequenz, *Jitter*, Harmonie-Rausch-Verhältnis und euklidischen Distanz zum geschlechtsspezifischen Mittelwert aus mehreren Frequenzpaarungen von Formanten mit den Attraktivitätsbewertungen männlicher Stimmen interagierten, konnten in dieser Arbeit keine eindeutigen Belege für einen Zusammenhang mit der fluktuierenden Asymmetrie von Körper und Gesicht gefunden werden.

Diese Ergebnisse demonstrieren, dass bei Frauen die Merkmale physischer Attraktivität über verschiedene Kommunikationskanäle transportieren. Damit stützen sie die *redundant signal hypothesis* (Møller und Pomiankowski, 1993) und die Annahme von Thornhill und Grammer (1999), dass der weibliche Körper, das weibliche Gesicht und auch die weibliche Stimme eine

gemeinsame Ornamentierung ausbilden. Diese Ornamentierung kommuniziert einen übergreifenden Fitnesszustand des Signalsenders. In Übereinstimmung mit Rikowski und Grammer (1999) lässt sich aus den Ergebnissen ebenfalls schlussfolgern, dass Attraktivitätssignale aus verschiedenen Modalitäten auf eine gemeinsame Basis zurückzuführen sind. So wiesen bei den Frauen die wechselseitigen Beziehungen aus fluktuierender Asymmetrie von sowohl Körper als auch Gesicht, aus den Attraktivitätsbewertungen von Stimme und Gesicht und aus den messphonetischen Analysen stets in die gleiche Richtung. Deshalb legt dies ebenfalls die Vermutung nahe, dass die *redundant signal hypothesis* (Møller und Pomiankowski, 1993) eine Gültigkeit für den Menschen besitzt. Da anatomische Merkmale beim Menschen in der Regel bilateralsymmetrisch angelegt sind, kann davon ausgegangen werden, dass falls eine fluktuierende Asymmetrie besteht, diese in allen bilateral symmetrischen Strukturen existent ist. In gleicher Weise unterliegen die bilateralen Strukturen innerhalb des Stimmapparates mit seinen Bestandteilen Stimmlippen, Kehlkopf, Rachenraum, Oraltrakt und Nasaltrakt (Abschnitt 2.3.1) jenem ontogenetischen Prozess, welcher ebenfalls die bilateralsymmetrischen Strukturen des Körpers und des Gesichtes heraus bildet. So konnte Hirano *et al.* (1989) für den Kehlkopf fluktuierende Asymmetrie nachweisen. Diese Asymmetrien werden damit gleichermaßen mit das Stimmsignal übermittelt und stellen ein redundantes Signal für Attraktivität und Fitness dar.

Nach den Überlegungen von Thornhill und Gangestad (1993) besteht bei beiden Geschlechtern ein positiver Zusammenhang zwischen der Attraktivität von Gesichtern, dem Durchschnitt von Gesichtern, der Heterozygotität, der Bilateralsymmetrie von Gesichtern und mit bilateralsymmetrischen Merkmalen von Strukturen außerhalb des Gesichtes. Dabei besitzt die Durchschnittlichkeit für Männer einen höheren Stellenwert in der gegengeschlechtlichen Beurteilung von Attraktivität als für Frauen. Die Ergebnisse der messphonetischen Analysen in dieser Arbeit demonstrieren, dass die Annahmen von Thornhill und Gangestad (1993) vermutlich ebenfalls relevant für die Attraktivität von Stimmen sind. So bestand sowohl bei Frauen als auch Männern eine Verbindung zwischen der vokalen Attraktivität und der Durchschnittlichkeit des Stimmsignals. Genauer ausgedrückt wurden diejenigen Stimmen als attraktiver bewertet, je näher sie am Mittelwert von geschlechtsspezifischen Frequenzpaarungen der Formanten waren. Überdies bestand bei den Frauen zusätzlich eine Interaktion mit der fluktuierenden Asymmetrie. Dies ist ein weiterer Indiz für die Legitimität der *redundant signal hypothesis* beim Menschen.

Bruckert *et al.* (2010) vermuteten, dass der Abstand zum geschlechtsspezifischen Mittelwert von Stimmen durch neuronale Populationen reflektiert wird, bei der individuelle Stimmen, analog zu individuellen Gesichtern, als Abstand zu einem zentralen Prototypen enkodiert werden. Zudem konnten Bestelmeyer *et al.* (2012) zeigen, dass die stimmsensitive Regionen des präfrontalen Kortex gleichzeitig mit gesichtssensitiven Arealen aktiviert wurden. Je größer der euklidische Abstand vom geschlechtsspezifischen Mittelwert bestimmter Frequenzpaarungen war, das heisst, je weniger durchschnittlich die Stimme war, um so mehr gesichtssensitive Areale wurden aktiviert. Hierbei muss allerdings angemerkt werden, dass Bestelmeyer *et al.* (2012) die Durchschnittlichkeit von Stimmen durch auditives Morphen erzeugten. In nachfolgenden Untersuchungen sollte geklärt werden, wie sich diese neuronale Aktivität mit durchschnittlichen und nicht-durchschnittlichen natürlichen Stimmen verhält.

Im Vergleich zu den Frauen waren die Ergebnisse zur physischen Attraktivität bei Männern inkonsistenter. So transportierte der akustische und visuelle Kanal zwar ebenfalls redundante Informationsinhalt über die Merkmale physischer Attraktivität. Dies heisst, dass auch der männliche Körper und auch die männliche Stimme eine gemeinsame Ornamentierung ausbilden. Jedoch bestand bei der gegengeschlechtlichen Einschätzungen der physischen Attraktivität beider Modalitäten keine Interaktion. Die fluktuierende Asymmetrie des Gesichtes lieferte ebenfalls keine Zusammenhänge. Darüber hinaus war das Signal der Durchschnittlichkeit, aber nicht der Bilateralsymmetrie messphonetisch im Stimmsignal identifizierbar. Der Argumentation von Puts (2010) folgend, könnte ein Erklärungsversuch sein, dass die Stimmen von Männern mehr durch die intrasexuelle Selektion geformt wurden, wogegen die Stimmen von Frauen eher durch intersexuelle Selektion beeinflusst wurden. Die Fundamentalfrequenz männlicher Stimmen ist tiefer als die von weiblichen Stimmen. Tiefere männliche Stimmen sind nicht nur attraktiver, sie signalisieren zugleich Größe (*size exaggeration theory*) und damit ein zu überwindendes Hindernis in aggressiven Interaktionen männlicher Individuen. Auch wenn in dieser Arbeit keine Belege für einen Zusammenhang zwischen der Fundamentalfrequenz und der Einschätzung von Dominanz bei Männern gefunden werden konnten, ist es durchaus vorstellbar, dass tiefere männliche Stimmen ein Signal potenzieller Kampfbereitschaft darstellen. Dies sollte in weiteren Studien untersucht werden. Die weiblichen Fundamentalfrequenzen hingegen waren umso attraktiver, je näher die Fundamentalfrequenz dem Mittelwert aller untersuchten weiblichen Stimmen war. Wie bereits weiter oben erläutert, bestand diese Verbindung ebenfalls für den Mittelwert von bestimmten geschlechtsspezifischen Frequenzpaarungen der Formanten. Ungeachtet der Vermutungen von Symons (1979) und Thornhill und Gangestad (1993), wonach ein Zusammenhang zwischen der Durchschnittlichkeit von weiblichen Gesichtern, Heterozygotität und männlicher Partnerwahl besteht, ist dies für weibliche Stimmen anscheinend ebenfalls der Fall. Dabei ist die Annahme relativ unkontrovers, nach welcher die männliche Partnerwahl einen entscheidenden Selektionsdruck auf Frauen ausübt. Allerdings ist die Gewichtung des intrasexuellen männlichen Wettbewerbes gegensätzlich zur vorherrschenden Meinung, nach der die weibliche Partnerwahl den männlichen Phänotypus in der Phase der EEA formte. Weiterführende und kulturübergreifende Forschung ist hier notwendig.

Mit den Ergebnisse in dieser Arbeit konnten keine Belege für das *multiple fitness model* physischer Attraktivität von Cunningham *et al.* (2002) gefunden werden. Die Autoren schlugen in ihrem Modell vor, dass nicht alle, sondern nur einige Merkmale des Körpers und des Gesichtes als universell physisch attraktiv Merkmale beim Menschen wahrgenommen werden. Nach dem Ansatz von Cunningham *et al.* (2002) würden verschiedene Klassen dieser Ornamente auch verschiedene Formen von Fitness anzeigen. So würde bei einem idealen romantischen Partner die Einschätzung der Fitness solche Merkmale wie Jugendlichkeit, sexuelle Reife, Freundlichkeit und kulturelle Ähnlichkeit einschließen. Zudem können örtlichen ökologischen Gegebenheiten einen vorhersehbaren Einfluss auf die Betonung und Bevorzugung bestimmter physischer Merkmale und Funktionen aufweisen. Dem zuletzt genannten Punkt muss allerdings gerade im Hinblick auf die Bevorzugung beziehungsweise Ablehnung von Dialekten eine besondere Beachtung beigemessen werden (Auer *et al.*, 2005; Delia, 1975; Eckert, 2008). Gerade soziolinguistische Merkmale spielen einen nicht zu unterschätzender

Faktor bei Attraktivitätsbewertungen von Stimmen. So zeigten Babel *et al.* (2010), dass bei jungen Frauen die Frequenzen der zweiten Formante im Vokal /u/ charakteristisch höhere Werte für die Lautäußerungen in Kalifornien (USA) aufwiesen. Babel *et al.* (2010) vermuteten, dass diese lokale Besonderheit der Formantverteilung die Ursache für die höheren Attraktivitätsbewertungen beider Geschlechter in ihrer Studie waren. Auch wenn in dieser Arbeit der Einfluss von Dialekten nicht analysiert wurde, ist dies für künftige Untersuchungen der Stimme zu empfehlen, um den Dialekt als eventuelle Störgröße auszuklammern. Es sollte daher bei Attraktivitätsbewertungen die mundartliche Herkunft der Probanden zusätzlich erhoben werden. Weiterhin könnte ebenfalls die Attraktivität der zu bewertenden Stimme mit abgefragt werden. Außerdem wäre ein Vergleich der Attraktivitätsbewertungen von Stimmen in urbanen Ballungsräumen und eher lokal isolierteren Populationen in ländlichen Gebieten vorstellbar, um den Effekt von Dialekten auf vokale Attraktivitätsbewertungen einzuschätzen.

Im Verlauf dieser Dissertation ergaben sich aus den eingesetzten Methoden und auch aus den Ergebnissen neue Ideen, Fragestellungen und Projektansätze. Beispielsweise könnte die Methode der nicht-destruktiven Vokalisierung und -segmentierung ebenfalls für die ökologisch validere Spontansprache eingesetzt werden. Aufgrund der Robustheit der Formantfrequenzanalyse von Vokalen mit PRAAT könnten zudem in historische Film- und Tondokumenten die Stimmen von als attraktiv geltenden Personen auf Durchschnittlichkeit hin untersucht werden. Unter Verwendung der bereits für die Bestimmung der fluktuierenden Asymmetrie der Gesichter verwendete Messpunktconfiguration könnte mit Hilfe der *Geometric Morphometric Methodology* (GMM) eine tiefer gehende, multivariate Analyse der Form beziehungsweise der Formveränderung weiblicher und männlicher Gesichter stattfinden. Auf diese Weise könnten die Formveränderungen des Gesichtes in Abhängigkeit von den gegengeschlechtlichen Attraktivitätsbewertungen der Stimmen und Gesichter ermittelt werden. Ist diese Formveränderung in Abhängigkeit von den Stimm- und Gesichtsbewertungen sehr ähnlich und erklärt die zugehörige Formregression signifikant die Varianz in der Form, würde dies die *redundant signal hypothesis* (Møller und Pomiankowski, 1993) zusätzlich untermauern. Mit Hilfe von GMM ließe sich klären, welche akustischen Parameter darüber hinaus mit vokaler Attraktivität assoziiert sind. So könnte überprüft werden, inwieweit das in dieser Arbeit gefundene Durchschnittssignal des euklidischen Abstandes zum geschlechtsspezifischen Mittelwert sich in der Gesichtsform beider Geschlechter widerspiegelt und ob es der Gesichtsform attraktiver Stimmen beziehungsweise Gesichter nicht nur ähnelt, sondern auch die Varianz zureichend erklärt. Damit ließe sich Durchschnittlichkeit zuverlässig auch für die Stimme als attraktives Signal bestimmen.

Literaturverzeichnis

- ABERCROMBIE, D. (1967). Elements of general phonetics. Edinburgh: Edinburgh University Press
- ABITBOL, J., ABITBOL, P. und ABITBOL, B. (1999). Sex hormones and the female voice. *Journal of Voice*, 13(3), S. 424–446. DOI: 10.1016/S0892-1997(99)80048-4
- ADOBE SYSTEMS INC (2008). Creative Suite. Software. Version 3. Photoshop. San Jose, USA. URL: <http://www.adobe.com>
- AHMED, S. A. und TALAL, N. (1990). Sex hormones and the immune system—part 2. Animal data. *Bailliere's Clinical Rheumatology*, 4(1), S. 13–31. DOI: 10.1016/s0950-3579(05)80241-9
- ALLEY, T. R. und HILDEBRANDT, K. A. (1988). Determinants and Consequences of Facial Aesthetics. In: ALLEY, T. R. (Hrsg.) *Social and Applied Aspects of Perceiving Face*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, S. 101–140
- AMIR, O., WOLF, M. und AMIR, N. (2009). A clinical comparison between two acoustic analysis softwares: MDVP and Praat. *Biomedical Signal Processing and Control*, 4(3), S. 202–205. DOI: 10.1016/j.bspc.2008.11.002
- ANDERSSON, M. (1980). Why are there so many threat displays? *Journal of Theoretical Biology*, 86(4), S. 773–781. DOI: 10.1016/0022-5193(80)90310-0
- ANDRASZEWICZ, S. (2010). Are Synthetic Average Voices More Beautiful? Masterarbeit. Edinburgh: University of Edinburgh
- APICELLA, C. L. und FEINBERG, D. R. (2009). Voice pitch alters mate-choice-relevant perception in hunter-gatherers. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 276(1659), S. 1077–1082. DOI: 10.1098/rspb.2008.1542
- APICELLA, C. L., FEINBERG, D. R. und MARLOWE, F. W. (2007). Voice pitch predicts reproductive success in male hunter-gatherers. *Biology Letters*, 3(6), S. 682–684. DOI: 10.1098/rsbl.2007.0410
- ARCHER, J., BIRRING, S. S. und WU, F. C. W. (1998). The association between testosterone and aggression among young men: Empirical findings and a meta-analysis. *Aggressive*

- Behavior*, 24(6), S. 411–420. DOI: 10.1002/(SICI)1098-2337(1998)24:6<411::AID-AB2>3.0.CO;2-9
- ATAL, B. S., CHANG, J. J., MATHEWS, M. V. und TUKEY, J. W. (1978). Inversion of articulatory-to-acoustic transformation in the vocal tract by a computer-sorting technique. *Journal of the Acoustical Society of America*, 63(5), S. 1535–1553
- AUER, P., HINSKENS, F. und KERSWILL, P. (2005). *Dialect Change. Convergence and Divergence in European Languages*. New York: Cambridge University Press
- BABEL, M., KING, J., MCGUIRE, G. L. und MILLER, T. (2010). Acoustic determiners of vocal attractiveness go well beyond apparent talker size. Laboratory Report 2010. University of British Columbia. URL: <http://people.ucsc.edu/~gmcguir1/LabReport/BabelKingMcGuireMillerLRC.pdf>
- BASSILI, J. N. (1981). The Attractiveness Stereotype: Goodness or Glamour? *Basic and Applied Social Psychology*, 2(4), S. 235–252. DOI: 10.1207/s15324834basp0204_1
- BAUMANN, O. und BELIN, P. (2010). Perceptual scaling of voice identity: common dimensions for different vowels and speakers. *Psychological Research*, 74(1), S. 110–120. DOI: 10.1007/s00426-008-0185-z
- BECKFORD, N. S., ROOD, S. R., SCHAID, D. und SCHANBACHER, B. (1985). Androgen stimulation and laryngeal development. *Annals of otology, rhinology & laryngology*, 94(6), S. 634–40
- BELIN, P., FECTEAU, S. und BÉDARD, C. (2004). Thinking the voice: neural correlates of voice perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 8(3), S. 129–135. DOI: 10.1016/j.tics.2004.01.008
- BELIN, P. und ZATORRE, R. J. (2000). ‘What’, ‘where’ and ‘how’ in auditory cortex. *Nature Neuroscience*, 3(10), S. 965–966. DOI: 10.1038/79890
- BESTELMEYER, P., LATINUS, M., BRUCKERT, L., ROUGER, J., CRABBE, F. und BELIN, P. (2012). Implicitly Perceived Vocal Attractiveness Modulates Prefrontal Cortex Activity. *Cerebral Cortex*, 22(6), S. 1263–1270. DOI: 10.1093/cercor/bhr204
- BIAS INC (2005). *Peak. Software. Version 4*. Petaluma, USA: Berkley Integrated Audio Software Inc. URL: <http://www.bias-inc.com>
- BIEMANS, M. A. J. (2000). *Acoustic description of voice quality*. Dissertation. Nijmegen: LOT Utrecht
- BOERSMA, P. (1993). Accurate short-term analysis of the fundamental frequency and the Harmonics-to-Noise Ratio of a sampled sound. *Proceedings of the Institute of Phonetic Sciences, Amsterdam*, 17, S. 97–110
- BOERSMA, P. und WEENINK, D. (2011). *PRAAT: doing phonetics by computer*. Software. Version 5.3. URL: <http://www.praat.org>

- BOOKSTEIN, F. L. (1991). Morphometric tools for landmark data: geometry and biology. Cambridge University Press
- BOOKSTEIN, F. L. (1997). Landmark methods for forms without landmarks: morphometrics of group differences in outline shape. *Medical Image Analysis*, 1(3), S. 225–243. DOI: 10.1016/S1361-8415(97)85012-8
- BORTZ, J., LIENERT, G. A. und BOEHNKE, K. (2008). Urteilerübereinstimmung. In: *Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik*. 3. Aufl. Springer-Lehrbuch. Springer Berlin Heidelberg. Kap. 9, S. 449–502. DOI: 10.1007/978-3-540-74707-9_9
- BRAUN, A. und WAGNER, A. (2002). Is voice quality language-dependent? In: BRAUN, A. und MASTHOFF, H. F. (Hrsg.) *Phonetics and Its Applications: Festschrift for Jens-Peter Köster on the Occasion of His 60th Birthday*. Stuttgart: Franz Steiner Verlag, S. 298–312
- BRUCKERT, L., BESTELMEYER, P., LATINUS, M., ROUGER, J., CHAREST, I., ROUSSELET, G. A., KAWAHARA, H. und BELIN, P. (2010). Vocal Attractiveness Increases by Averaging. *Current biology*, 20(2), S. 116–120. DOI: 10.1016/j.cub.2009.11.034
- BRYANT, G. A. und HASELTON, M. G. (2009). Vocal cues of ovulation in human females. *Biology Letters*, 5(1), S. 12–15. DOI: 10.1098/rsbl.2008.0507
- BUCHANAN, T. W., LUTZ, K., MIRZAZADE, S., SPECHT, K., SHAH, N. J., ZILLES, K. und JÄNCKE, L. (2000). Recognition of emotional prosody and verbal components of spoken language: an fMRI study. *Brain Research. Cognitive Brain Research*, 9(3), S. 227–238. DOI: 10.1016/S0926-6410(99)00060-9
- BURRISS, R. P., WELLING, L. L. und PUTS, D. A. (2011). Mens's attractiveness predicts their preference for female facial femininity when judging for short-term, but not long-term, partners. *Personality and Individual Differences*, 50(5), S. 542–546. DOI: 10.1016/j.paid.2010.11.022
- BUSS, D. M. (1989). Sex differences in human mate preferences: Evolutionary hypotheses tested in 37 cultures. *Behavioral and Brain Sciences*, 12(1), S. 1–49
- BUSS, D. M. (1992). Mate preference mechanisms: Consequences for partner choice and intrasexual competition. In: BARKOW, J. H., COSMIDES, L. und TOOBY, J. (Hrsg.) *The adapted mind: Evolutionary psychology and the generation of culture*. New York: Oxford University Press Inc., S. 249–266
- BUSS, D. M. (1994). The evolution of desire: Strategies of human mating. New York: Basic Books
- BUSS, D. M. (2004). Evolutionäre Psychologie. 2. Aufl. München: Verlag Pearson-Studium
- BUSS, D. M. und SCHMITT, D. P. (1993). Sexual Strategies Theory: An evolutionary perspective on human mating. *Psychological Review*, 100(2), S. 204–232. DOI: 10.1037/0033-295X.100.2.204

- CARLSTEN, H. (2005). Immune responses and bone loss: the estrogen connection. *Immunological Reviews*, 208(1), S. 194–206. DOI: 10.1111/j.0105-2896.2005.00326.x
- CLARK, J. E., YALLOP, C. und FLETCHER, J. (2007). An introduction to phonetics and phonology. 3. Aufl. Blackwell Textbooks in Linguistics. Oxford, UK: Blackwell Pub.
- COLLINS, S. A. (2000). Mens's voices and woman's choices. *Animal Behaviour*, 60(6), S. 773–780. DOI: 10.1006/anbe.2000.1523
- COLLINS, S. A. und MISSING, C. (2003). Vocal and visual attractiveness are related in women. *Animal Behaviour*, 65(5), S. 997–1004. DOI: 10.1006/anbe.2003.2123
- COSMIDES, L. und TOOBY, J. (1992). Cognitive adaptations for social exchange. In: BARKOW, J. H., COSMIDES, L. und TOOBY, J. (Hrsg.) *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the Generation of Culture*. New York: Oxford University Press Inc., S. 163–228
- CUNNINGHAM, M. R., BARBEE, A. P. und PHILHOWER, C. L. (2002). Dimensions of facial physical attractiveness: The intersection of biology and culture. In: RHODES, G. und ZEBROWITZ, L. A. (Hrsg.) *Facial attractiveness: evolutionary, cognitive, and social perspectives*. Westport, Connecticut: Ablex, S. 193–238
- CUNNINGHAM, M. R., BARBEE, A. P. und PIKE, C. L. (1990). What do women want? Facialmetric assessment of multiple motives in the perception of male facial physical attractiveness. *Journal of Personality and Social Psychology*, 59(1), S. 61–72
- DABBS, J. M. und MALLINGER, A. (1999). High testosterone levels predict low pitch among men. *Personality and Individual Differences*, 27, S. 801–804. DOI: 10.1016/S0191-8869(98)00272-4
- DARWIN, C. (1871). *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex*. London: John Murray
- DELIA, J. G. (1975). Regional dialect, message acceptance, and perceptions of the speaker. *Central States Speech Journal*, 26(3), S. 188–194. DOI: 10.1080/10510977509367842
- DELIYSKI, D. D., SHAW, H. S. und EVANS, M. K. (2005). Influence of sampling rate on accuracy and reliability of acoustic voice analysis. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 30(2), S. 55–62. DOI: 10.1080/1401543051006721
- DERMER, M. und THIEL, D. L. (1975). When beauty may fail. *Journal of Personality and Social Psychology*, 31(6), S. 1168–1176. DOI: 10.1037/h0077085
- DION, K. K., BEIRSCHEID, E. und WALSTER, E. (1972). What is beautiful is good. *Journal of Personal Social Psychology*, 24, S. 285–290
- DRYDEN, I. L. und MARDIA, K. V. (1998). *Statistical shape analysis*. J. Wiley
- DURANTE, K. M. und LI, N. P. (2009). Oestradiol level and opportunistic mating in women. *Biology Letters*, 5(2), S. 179–182. DOI: 10.1098/rsbl.2008.0709

- EAGLY, A. H., ASHMORE, R. D., MAKHIJANI, M. G. und LONGO, L. C. (1991). What is beautiful is good, but...: A meta-analytic review of research on the physical attractiveness stereotype. *Psychological Bulletin*, 110(1), S. 109–128. DOI: 10.1037/0033-2909.110.1.109
- ECKERT, P. (2008). Where do ethnolects stop? *International Journal of Bilingualism*, 12(1-2), S. 25–42. DOI: 10.1177/13670069080120010301
- ELLIS, B. J. (1992). The evolution of sexual attraction: Evaluative mechanisms in women. In: BARKOW, J. H., COSMIDES, L. und TOOBY, J. (Hrsg.) *The adapted mind: Evolutionary psychology and the generation of culture*. New York: Oxford University Press Inc., S. 267–288
- FANT, G. (1960). *Acoustic Theory of Speech Production*. 2. Aufl. The Hague: Mouton & Co
- FEINBERG, D. R. (2008). Are human faces and voices ornaments signaling common underlying cues to mate value? *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 17(2), S. 112–118. DOI: 10.1002/evan.20166
- FEINBERG, D. R., DEBRUINE, L. M., JONES, B. C. und LITTLE, A. C. (2008a). Correlated preferences for men's facial and vocal masculinity. *Evolution and Human Behavior*, 29(4), S. 233–241. DOI: 10.1016/j.evolhumbehav.2007.12.008
- FEINBERG, D. R., DEBRUINE, L. M., JONES, B. C. und PERRETT, D. I. (2008b). The role of femininity and averageness of voice pitch in aesthetic judgments of women's voices. *Perception*, 37(4), S. 615–623. DOI: 10.1068/p5514
- FEINBERG, D. R., JONES, B. C., DEBRUINE, L. M., MOORE, F. R., LAW SMITH, M. J., CORNWELL, R. E., TIDDEMAN, B. P., BOOTHROYD, L. G. und PERRETT, D. I. (2005a). The voice and face of woman: One ornament that signals quality? *Evolution and Human Behavior*, 26(5), S. 398–408. DOI: 10.1016/j.evolhumbehav.2005.04.001
- FEINBERG, D. R., JONES, B. C., LAW SMITH, M. J., MOORE, F. R., DEBRUINE, L. M., CORNWELL, R. E., HILLIER, S. G. und PERRETT, D. I. (2006). Menstrual cycle, trait estrogen level, and masculinity preferences in the human voice. *Hormones and Behavior*, 49(2), S. 215–222. DOI: 10.1016/j.yhbeh.2005.07.004
- FEINBERG, D. R., JONES, B. C., LITTLE, A. C. und PERRETT, D. I. (2005b). Manipulations of fundamental and formant frequencies influence the attractiveness of human male voices. *Animal Behaviour*, 69(3), S. 561–568. DOI: 10.1016/j.anbehav.2004.06.012
- FERRAND, C. T. (2002). Harmonics-to-noise ratio: an index of vocal aging. *Journal of Voice*, 16(4), S. 480–7
- FINK, B., NEAVE, N., MANNING, J. T. und GRAMMER, K. (2006). Facial symmetry and judgements of attractiveness, health and personality. *Personality and Individual Differences*, 41(3), S. 491–499. DOI: 10.1016/j.paid.2006.01.017

- FINK, B., NEAVE, N. und SEYDEL, H. (2007). Male facial appearance signals physical strength to women. *American Journal of Human Biology*, 19(1), S. 82–87. DOI: 10.1002/ajhb.20583
- FINK, B. und PENTON-VOAK, I. S. (2002). Evolutionary Psychology of Facial Attractiveness. *Current Directions in Psychological Science*, 11(5), S. 154–158. DOI: 10.1111/1467-8721.00190
- FITCH, W. T. (1994). Vocal Tract Length Perception and the Evolution of Language. Dissertation. Brown University
- FITCH, W. T. (2000). The evolution of speech: a comparative review. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(7), S. 258–267. DOI: 10.1016/S1364-6613(00)01494-7
- FITCH, W. T. und GIEDD, J. (1999). Morphology and development of the human vocal tract: a study using magnetic resonance imaging. *Journal of the Acoustical Society of America*, 106(3), S. 1511–22. DOI: 10.1121/1.427148
- FITCH, W. T. und HAUSER, M. D. (2003). Unpacking “Honesty”: Vertebrate Vocal Production and the Evolution of Acoustic Signals. In: SIMMONS, A. M., POPPER, A. N. und FAY, R. R. (Hrsg.) *Acoustic Communication*. Bd. 3. Springer Handbook of Auditory Research. New York: Springer, S. 65–137
- FITCH, W. T., NEUBAUER, J. und HERZEL, H. (2002). Calls out of chaos: the adaptive significance of nonlinear phenomena in mammalian vocal production. *Animal Behaviour*, 63, S. 407–418. DOI: 10.1006/anbe.2001.1912
- FITCH, W. T. und REBY, D. (2001). The descended larynx is not uniquely human. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 268(1477), S. 1669–1675. DOI: 10.1098/rspb.2001.1704
- FOLSTAD, I. und KARTER, A. J. (1992). Parasites, Bright Males, and the Immunocompetence Handicap. *The American Naturalist*, 139(3), S. 603–622
- FREIENSTEIN, H. (2000). Vokaltraktmodellbasiert Schätzung von Steuerparametern eines Moduls zur Sprechernormalisierung. Dissertation. Göttingen: Georg-August-Universität Göttingen. URL: <http://ediss.uni-goettingen.de/bitstream/handle/11858/00-1735-0000-0006-B5A3-E/freienstein.pdf>
- GÄCD (2008). Pressemitteilung 2008. Gesellschaft für Ästhetische Chirurgie Deutschland e.V. URL: <http://www.gacd.de/presse/pressemitteilungen/2008/9/2>
- GALTON, F. (1879). Psychometric experiments. *Brain: A Journal of Neurology*, 2, S. 149–162
- GANGESTAD, S. W. und BUSS, D. M. (1993). Pathogen prevalence and human mate preferences. *Ethology and Sociobiology*, 14(2), S. 89–96. DOI: 10.1016/0162-3095(93)90009-7

- GANGESTAD, S. W., SIMPSON, J. A., COUSINS, A. J., GARVER-APGAR, C. E. und CHRISTENSEN, P. N. (2004). Women's Preferences for Male Behavioral Displays Change Across the Menstrual Cycle. *Psychological Science*, 15(3), 203–207(5). DOI: 10.1111/j.0956-7976.2004.01503010.x
- GANGESTAD, S. W. und THORNHILL, R. (1997). The evolutionary psychology of extrapair sex: The role of fluctuating asymmetry. *Evolution and Human Behavior*, 18(2), S. 69–88. DOI: 10.1016/S1090-5138(97)00003-2
- GANGESTAD, S. W., THORNHILL, R. und YEO, R. A. (1994). Facial attractiveness, developmental stability, and fluctuating asymmetry. *Ethology and Sociobiology*, 15(2), S. 73–85. DOI: 10.1016/0162-3095(94)90018-3
- GEORGE, M. S., PAREKH, P. I., ROSINSKY, N., KETTER, T. A., KIMBRELL, T. A., HEILMAN, K. M., HERSCOVITCH, P. und POST, R. M. (1996). Understanding emotional prosody activates right hemisphere regions. *Archives Of Neurology*, 53(7), S. 665–670. DOI: 10.1001/archneur.1996.00550070103017
- GONZÁLEZ, J. (2004). Formant frequencies and body size of speaker: A weak relationship in adult humans. *Journal of Phonetics*, 32(2), S. 277–287. DOI: 10.1016/S0095-4470(03)00049-4
- GOODALE, M. A. und MILNER, A. D. (1992). Separate visual pathways for perception and action. *Trends in Neurosciences*, 15(1), S. 20–25. DOI: 10.1016/0166-2236(92)90344-8
- GRAMMER, K. und ABEND, P. (2007). Emotional Systems. Software. Version 0.5 alpha. Vienna. URL: <http://www.urbanethology.at>
- GRAMMER, K., FINK, B., MØLLER, A. P. und THORNHILL, R. (2003). Darwinian aesthetics: sexual selection and the biology of beauty. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 78(3), S. 385–407. DOI: 10.1017/S1464793102006085
- GRAMMER, K. und THORNHILL, R. (1994). Human (Homo Sapiens) facial attractiveness and sexual Selection: The role of symmetry and averageness. *Journal of Comparative Psychology*, 108(3), S. 233–242
- GROGAN, S. (1999). Body image: understanding body dissatisfaction in men, women and children. London: Routledge
- GUGATSCHKA, M., KIESLER, K., OBERMAYER-PIETSCH, B., SCHOEKLER, B., SCHMID, C., GROSELJ-STRELE, A. und FRIEDRICH, G. (2010). Sex Hormones and the Elderly Male Voice. *Journal of Voice*, 24(3), S. 369–373. DOI: 10.1016/j.jvoice.2008.07.004
- GUNZ, P., MITTEROECKER, P. und BOOKSTEIN, F. L. (2005). Semilandmarks in three Dimensions. In: SLICE, D. E. (Hrsg.) *Modern Morphometrics in Physical Anthropology*. New York: Kluwer Press, S. 73–98

- HAMILTON, W. D. und ZUK, M. (1982). Heritable true fitness and bright birds: a role for parasites? *Science*, 213(4570), S. 384–387. DOI: DOI:10.1126/science.7123238
- HANSON, H. M. und CHUANG, E. S. (1999). Glottal characteristics of male speakers: acoustic correlates and comparison with female data. *Journal of the Acoustical Society of America*, 106(2), S. 1064–77. DOI: 10.1121/1.417440
- HEBETS, E. A. und PAPA, D. R. (2005). Complex signal function: developing a framework of testable hypotheses. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 57(3), S. 197–214. DOI: 10.1007/s00265-004-0865-7
- HENSS, R. (1987). Zur Beurteilerübereinstimmung bei der Einschätzung der physischen Attraktivität junger und alter Menschen. *Zeitschrift für Sozialpsychologie*, 18, S. 118–130
- HENSS, R. (1988). ‚... wer ist der/die Schönste im ganzen Land ?‘ Zur Beurteilerübereinstimmung bei der Einschätzung der physischen Attraktivität. *Annales – Forschungsmagazin der Universität des Saarlandes*, 1, S. 54–58
- HENSS, R. (1995). Das Fünf-Faktoren-Modell der Persönlichkeit bei der Beurteilung von Gesichtern. *Report Psychologie*, 20(3), S. 28–39
- HENSS, R. (1998). Gesicht und Persönlichkeitseindruck. Lehr- und Forschungstexte Psychologie. Göttingen: Hogrefe, Verlag für Psychologie
- HICKOK, G. und POEPPPEL, D. (2000). Towards a functional neuroanatomy of speech perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(4), S. 131–138. DOI: 10.1016/S0892-1997(89)80005-0
- HIRANO, M. (1981). Clinical examination of voice. New York: Springer-Verlag
- HIRANO, M., KURITA, S., YUKIZANE, K. und HIBI, S. (1989). Asymmetry of the laryngeal framework: a morphologic study of cadaver larynges. *Annals of otology, rhinology & laryngology*, 98(2), S. 135–140
- HODGES-SIMEON, C. R., GAULIN, S. J. C. und PUTS, D. A. (2010). Different Vocal Parameters Predict Perceptions of Dominance and Attractiveness. *Human Nature*, 21(4), S. 406–427. DOI: 10.1007/s12110-010-9101-5
- HOLLIEN, H. (1960). Some laryngeal correlates of vocal pitch. *Journal of Speech and Hearing Research*, 3, S. 52–58
- HOLLIEN, H., GREEN, R. und MASSEY, K. (1994). Longitudinal research on adolescent voice change in males. *Journal of the Acoustical Society of America*, 96(5), S. 2646–54. DOI: 10.1121/1.411275
- HUGHES, S. M., DISPENZA, F. und GALLUP, G. G. (2004). Ratings of voice attractiveness predict sexual behavior and body configuration. *Evolution and Human Behavior*, 25(5), S. 295–304. DOI: 10.1016/j.evolhumbehav.2004.06.001

- HUGHES, S. M. und GALLUP, G. G. (2003). Sex differences in morphological predictors of sexual behavior: Shoulder to hip and waist to hip ratios. *Evolution and Human Behavior*, 24(3), S. 173–178. DOI: 10.1016/S1090-5138(02)00149-6
- HUGHES, S. M., HARRISON, M. A. und GALLUP, G. G. (2002). The sound of symmetry: Voice as a marker of developmental instability. *Evolution and Human Behavior*, 23(3), S. 173–180. DOI: 10.1016/S1090-5138(01)00099-X
- HUGHES, S. M., PASTIZZO, M. und GALLUP, G. G. (2008). The sound of symmetry revisited: Subjective and objective analyses of voice. *Journal of Nonverbal Behavior*, 32(2), S. 93–108. DOI: 10.1007/s10919-007-0042-6
- IMAIZUMI, S., MORI, K., KIRITANI, S., KAWASHIMA, R., SUGIURA, M., FUKUDA, H., ITOH, K., KATO, T., NAKAMURA, A., HATANO, K., KOJIMA, S. und NAKAMURA, K. (1997). Vocal identification of speaker and emotion activates different brain regions. *Neuroreport*, 8(12), S. 2809–2812
- JENKINS, J. S. (1998). The voice of the castrato. *Lancet*, 351(9119), S. 1877–1880. DOI: 10.1016/S0140-6736(97)10198-2
- JOHNSTON, V. S. und FRANKLIN, M. (1993). Is beauty in the eye of the beholder? *Ethology and Sociobiology*, 14(3), S. 183–199. DOI: 10.1016/0162-3095(93)90005-3
- JOHNSTON, V. S., HAGEL, R., FRANKLIN, M., FINK, B. und GRAMMER, K. (2001). Male facial attractiveness: Evidence for hormone mediated adaptive design. *Evolution and Human Behavior*, 22(4), S. 251–267. DOI: 10.1016/S1090-5138(01)00066-6
- JOHNSTONE, R. A. (1996). Multiple Displays in Animal Communication: ‘Backup Signals’ and ‘Multiple Messages’. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 351(1337), S. 329–338. DOI: 10.1098/rstb.1996.0026
- KAAS, J. H. und HACKETT, T. A. (1999). ‘What’ and ‘where’ processing in auditory cortex. *Nature Neuroscience*, 2(12), S. 1045–7. DOI: 10.1038/15967
- KANDA, N., TSUCHIDA, T. und TAMAKI, K. (1996). Testosterone inhibits immunoglobulin production by human peripheral blood mononuclear cells. *Clinical and Experimental Immunology*, 106(2), S. 410–415. DOI: 10.1046/j.1365-2249.1996.d01-842.x
- KEATING, C. F. (1985). Gender and the Physiognomy of Dominance and Attractiveness. *Social Psychology Quarterly*, 48(1), S. 61–70
- KENRICK, D. T. und GUTIERRES, S. E. (1980). Contrast effects and judgments of physical attractiveness: When beauty becomes a social problem. *Journal of Personality and Social Psychology*, 38, S. 131–140
- KENRICK, D. T., GUTIERRES, S. E. und GOLDBERG, L. L. (1989). Influence of popular erotica on judgments of strangers and mates. *Journal of Experimental Social Psychology*, 25, S. 159–167

- KLATT, D. H. (1980). Software for a cascade/parallel formant synthesizer. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 67(3), S. 971–995. DOI: 10.1121/1.383940
- KLATT, D. H. und KLATT, L. C. (1990). Analysis, synthesis, and perception of voice quality variations among female and male talkers. *Journal of the Acoustical Society of America*, 87(2), S. 820–857. DOI: 10.1121/1.398894
- KLINGENBERG, C. P., BARLUENGA, M. und MEYER, A. (2002). Shape analysis of symmetric structures: Quantifying variation among individuals and asymmetry. *Evolution*, 56(10), S. 1909–1920. DOI: 10.1111/j.0014-3820.2002.tb00117.x
- KLINGENBERG, C. P. und MCINTYRE, G. S. (1998). Geometric Morphometrics of Developmental Instability: Analyzing Patterns of Fluctuating Asymmetry with Procrustes Methods. *Evolution*, 52(5), S. 1363–1375. DOI: 10.2307/2411306
- KNUSSMANN, R. (1996). Vergleichende Biologie des Menschen. Lehrbuch der Anthropologie und Humangenetik. 2. Aufl. Stuttgart, Jena, Lübeck, Ulm: Fischer
- KREIMAN, J. (1997). Listening to voices: theory and practice in voice perception research. In: JOHNSON, K. und MULLENIX, J. (Hrsg.) *Talker Variability in Speech Research*. New York: Academic Press, S. 85–108
- KREIMAN, J., GERRATT, B. R., KEMPSTER, G. B., ERMAN, A. und BERKE, G. S. (1993). Perceptual Evaluation of Voice Quality: Review, Tutorial, and a Framework for Future Research. *Journal of Speech and Hearing Research*, 36(1), S. 21–40
- KREIMAN, J., GERRATT, B. R., PRECODA, K. und BERKE, G. S. (1992). Individual Differences in Voice Quality Perception. *Journal of Speech and Hearing Research*, 35(3), S. 512–520
- KREIMAN, J., VAN LANCKER SIDTIS, D. und GERRATT, B. R. Defining and measuring voice quality. Conference Proceeding. *From Sound to Sense. 50+ Years of Discoveries in Speech Communication*. MIT. URL: <http://www.rle.mit.edu/soundtosense/conference/pages/contributed.htm>
- KRIEGSTEIN, K. v., EGER, E., KLEINSCHMIDT, A. und GIRAUD, A.-L. (2003). Modulation of neural responses to speech by directing attention to voices or verbal content. *Brain Research. Cognitive Brain Research*, 17(1), S. 48–55. DOI: 10.1016/S0926-6410(03)00079-X
- KRIEGSTEIN, K. v., KLEINSCHMIDT, A., STERZER, P. und GIRAUD, A.-L. (2005). Interaction of Face and Voice Areas during Speaker Recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 17(3), S. 367–376. DOI: 10.1162/0898929053279577
- KROM, G. de (1994a). Acoustic correlates of breathiness and roughness. Experiments on voice quality. Dissertation. Utrecht: Utrecht University

- KROM, G. de (1994b). Consistency and reliability of voice quality ratings for different types of speech fragments. *Journal of Speech and Hearing Research*, 37(5), S. 985
- LADEFOGED, P. (2006). A Course in Phonetics. 5. Aufl. Boston: Wadsworth, Cengage Learning
- LANDER, K. (2008). Relating visual and vocal attractiveness for moving and static faces. *Animal Behaviour*, 75(3), S. 817–822. DOI: 10.1016/j.anbehav.2007.07.001
- LANGLOIS, J. H., KALAKANIS, L., RUBENSTEIN, A. J., LARSON, A., HALLAM, M. und SMOOT, M. (2000). Maxims or myths of beauty? A meta-analytic and theoretical review. *Psychological Bulletin*, 126, S. 390–423. DOI: 10.1037/0033-2909.126.3.390
- LANGLOIS, J. H. und ROGGMAN, L. A. (1990). Attractive Faces Are Only Average. *Psychological Science*, 1(2), S. 115–121. DOI: 10.1111/j.1467-9280.1990.tb00079.x
- LATINUS, M. und BELIN, P. (2011). Anti-voice adaptation suggests prototype-based coding of voice identity. *Frontiers in Psychology*, 2. DOI: 10.3389/fpsyg.2011.00175
- LAVER, J. (1980). The Phonetic Description of Voice Quality. Cambridge: Cambridge University Press
- LAVER, J. (1991a). Describing the normal voice. In: LAVER, J. (Hrsg.) *The Gift of Speech: Papers in the analysis of speech and voice*. Edinburgh: Edinburgh University Press. Kap. 13
- LAVER, J. (1991b). The description of voice quality in general phonetic theory. In: LAVER, J. (Hrsg.) *The Gift of Speech: Papers in the analysis of speech and voice*. Edinburgh: Edinburgh University Press. Kap. 12
- LAVER, J. (1994). Principles of phonetics. Oxford: Oxford University Press Inc.
- LAW SMITH, M. J., PERRETT, D. I., JONES, B. C., CORNWELL, R. E., MOORE, F. R., FEINBERG, D. R., BOOTHROYD, L. G., DURRANI, S. J., STIRRAT, M. R., WHITEN, S., PITMAN, R. M. und HILLIER, S. G. (2006). Facial appearance is a cue to oestrogen levels in women. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 273(1583), S. 135–140. DOI: 10.1098/rspb.2005.3296
- LEAMY, L. (1984). Morphometric Studies in Inbred and Hybrid House Mice. V. Directional and Fluctuating Asymmetry. *The American Naturalist*, 123(5), S. 579–593
- LEEUEWEN, M. L. van, VELING, H., BAAREN, R. B. van und DIJKSTERHUIS, A. (2009). The influence of facial attractiveness on imitation. *Journal of Experimental Social Psychology*, 45(6), S. 1295–1298. DOI: 10.1016/j.jesp.2009.07.008
- LENZ, T. und KALBE, M. (2009). Die Optimierung des Immunsystems durch natürliche und sexuelle Selektion. Tätigkeitsbericht 2009/2010. Max-Planck-Institut für Evolutionsbiologie, Plön - Abteilung Evolutionsökologie. URL: www.mpg.de/410444/pdf.pdf

- LINVILLE, S. E. (1996). The sound of senescence. *Journal of Voice*, 10(2), S. 190–200. DOI: 10.1016/S0892-1997(96)80046-4
- LITTLE, A. C., APICELLA, C. L. und MARLOWE, F. W. (2007). Preferences for symmetry in human faces in two cultures: data from the UK and the Hadza, an isolated group of hunter-gatherers. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1629), S. 3113–3117. DOI: 10.1098/rspb.2007.0895
- LIVSHITS, G. und KOPYLIANSKY, E. (1989). Study of genetic variance in the fluctuating asymmetry of anthropometrical traits. *Annals of Human Biology*, 16(2), S. 121–129. DOI: 10.1080/03014468700006972
- MALACARNE, G. (1984). Female attractiveness and male choice in the crested newt *Triturus cristatus carnifex* (Laur.) *Monitore Zoologico Italiano*, 18, S. 33–39
- MANNING, J. T. (1995). Fluctuating asymmetry and body weight in men and women: Implications for sexual selection. *Ethology and Sociobiology*, 16(2), S. 145–153. DOI: 10.1016/0162-3095(94)00074-H
- MARDIA, K. V., BOOKSTEIN, F. L. und MORETON, I. J. (2000). Statistical Assessment of Bilateral Symmetry of Shapes. *Biometrika*, 87(2), S. 285–300. DOI: doi:10.1093/biomet/87.2.285
- MÁRQUEZ, E. J. (2008). Sage: Symmetry and Asymmetry in Geometric Data. Software. Version 1.05. Michigan, USA: University of Michigan. URL: <http://www-personal.umich.edu/~emarquez/morph>
- MARYN, Y., CORTHALS, P., DE BODT, M., VAN CAUWENBERGE, P. und DELIYSKI, D. D. (2009). Perturbation Measures of Voice: A Comparative Study between Multi-Dimensional Voice Program and Praat. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 61(4), S. 217–226. DOI: 10.1159/000227999
- MATHELITSCH, L. und FRIEDRICH, G. (1995). Die Stimme. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. Kap. 3 - Die Entwicklung der Stimme. DOI: 10.1007/978-3-642-79243-4_3
- MAZUR, A., MAZUR, J. und KEATING, C. (1994). Military Rank Attainment of a West Point Class: Effects of Cadets' Physical Features. *American Journal of Sociology*, 90(1), S. 125–150. DOI: 10.1086/228050
- MENDOZA, E., VALENCIA, N., MUÑOZ, J. und TRUJILLO, H. (2010). Differences in voice quality between men and women: Use of the long-term average spectrum (LTAS). *Journal of Voice*, 10(1), S. 59–66. DOI: 10.1016/S0892-1997(96)80019-1
- MICHAELIS, D. (2000). Das Göttinger Heiserkeits-Diagramm. Entwicklung und Prüfung eines akustischen Verfahrens zur objektiven Stimmgütebeurteilung pathologischer Stimmen. Dissertation. Göttingen: Georg-August-Universität. URL: <http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2000/michaelis/inhalt.html>

- MINNEMA, W. und STOLL, H.-C. (2008). Objektive computergestützte Stimmanalyse mit „PRAAT“. *Forum Logopädie*, 22(4), S. 24–29
- MITCHELL, R. L., ELLIOTT, R., BARRY, M., CRUTTENDEN, A. und WOODRUFF, P. W. (2003). The neural response to emotional prosody, as revealed by functional magnetic resonance imaging. *Neuropsychologia*, 41(10), S. 1410–21. DOI: 10.1016/S0028-3932(03)00017-4
- MITTEROECKER, P. und GUNZ, P. (2009). Advances in Geometric Morphometrics. *Evolutionary Biology*, 36(2), S. 235–247. DOI: 10.1007/s11692-009-9055-x
- MØLLER, A. P. und POMIANKOWSKI, A. (1993). Why have birds got multiple sexual ornaments? *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 32(3), S. 167–176. DOI: 10.1007/bf00173774
- MØLLER, A. P. und SWADDLE, J. P. (1997). Asymmetry, Developmental Stability, and Evolution. Oxford Series in Ecology and Evolution. Oxford: Oxford University Press Inc.
- MØLLER, A. P. und THORNHILL, R. (1998). Bilateral Symmetry and Sexual Selection: A Meta-Analysis. *American Naturalist*, 151(2), S. 174–192. DOI: 10.1086/286110
- MONRAD-KROHN, G. H. (1963). The third element of speech: prosody and its disorders. In: HALPERN, L. (Hrsg.) *Problems of Dynamic Neurology*. Hebrew University Press, S. 101–117
- NEAVE, N., LAING, S., FINK, B. und MANNING, J. T. (2003). Second to fourth digit ratio, testosterone and perceived male dominance. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 270(1529), S. 2167–2172. DOI: 10.1098/rspb.2003.2502
- NEUNER, F. und SCHWEINBERGER, S. R. (2000). Neuropsychological impairments in the recognition of faces, voices, and personal names. *Brain and Cognition*, 44(3), S. 342–66. DOI: 10.1006/brcg.1999.1196
- NOLL, A. (2013). S_TOOLS-ST^X. Software. Version 4.0.0.8369. Wien, Österreich: Institut für Schallforschung, Österreichische Akademie der Wissenschaften. URL: <http://www.kfs.oeaw.ac.at>
- OGUCHI, T. und KIKUCHI, H. (1997). Voice and interpersonal attraction. *Japanese Psychological Research*, 39(1), S. 56–61. DOI: 10.1111/1468-5884.00037
- PALMER, A. R. (1994). Fluctuating asymmetry analysis: A primer. In: MARKOV, T. A. (Hrsg.) *Developmental instability: Its origins and evolutionary implications*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, S. 335–364
- PALMER, A. R. und STROBECK, C. (1986). Fluctuating Asymmetry: Measurement, Analysis, Patterns. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 17(1), S. 391–421. DOI: 10.1146/annurev.es.17.110186.002135

- PALMER, A. R. und STROBECK, C. (2003a). Fluctuating asymmetry analyses revisited. In: POLAK, M. (Hrsg.) *Developmental Instability (DI). Causes and Consequences*. New York: Oxford University Press Inc., S. 279–319
- PALMER, A. R. und STROBECK, C. (2003b). Fluctuating asymmetry analyses revisited. Fluctuating asymmetry analysis. APPENDIX V: A step-by-step example. In: POLAK, M. (Hrsg.) *Developmental Instability (DI). Causes and Consequences*. New York: Oxford University Press Inc., S. 279–319
- PAPCUN, G., KREIMAN, J. und DAVIS, A. (1989). Long-term memory for unfamiliar voices. *Journal of the Acoustical Society of America*, 85(2), S. 913–925. DOI: 10.1121/1.397564
- PENTON-VOAK, I. S. und CHEN, J. Y. (2004). High salivary testosterone is linked to masculine male facial appearance in humans. *Evolution and Human Behavior*, 25(4), S. 229–241. DOI: 10.1016/j.evolhumbehav.2004.04.003
- PENTON-VOAK, I. S. und PERRETT, D. I. (2000). Female preference for male faces changes cyclically: Further evidence. *Evolution and Human Behavior*, 21(1), S. 39–48. DOI: 10.1016/S1090-5138(99)00033-1
- PENTON-VOAK, I. S., PERRETT, D. I., CASTLES, D. L., KOBAYASHI, T., BURT, D. M., MURRAY, L. K. und MINAMISAWA, R. (1999). Menstrual cycle alters face preference. *Nature*, 399(6738), S. 741–742. DOI: 10.1038/21557
- PERRETT, D. I., LEE, K. J., PENTON-VOAK, I. S., ROWLAND, D., YOSHIKAWA, S., BURT, D. M., HENZI, S. P., CASTLES, D. L. und AKAMATSU, S. (1998). Effects of sexual dimorphism on facial attractiveness. *Nature*, 394(6696), S. 884–887. DOI: 10.1038/29772
- PERRETT, D. I., MAY, K. A. und YOSHIKAWA, S. (1994). Facial shape and judgements of female attractiveness. *Nature*, 368(6468), S. 239–242. DOI: 10.1038/368239a0
- PETERS, A. (2006). Dichtung oder Wahrheit: sexuelle Signale bei Vögeln. Forschungsbericht 2006. Max-Planck-Institut für Ornithologie - Teilinstitut Radolfzell. URL: <http://www.mpg.de/325372/forschungsSchwerpunkt?print=yes>
- PETERS, M., SIMMONS, L. W. und RHODES, G. (2008). Testosterone is associated with mating success but not attractiveness or masculinity in human males. *Animal Behaviour*, 76(2), S. 297–303. DOI: 10.1016/j.anbehav.2008.02.008
- PFLÜGER, L. S., OBERZAUCHER, E., KATINA, S., HOLTZLEITNER, I. J. und GRAMMER, K. (2012). Cues to Fertility: Perceived Attractiveness and Facial Shape predict Reproductive Success. *Evolution and Human Behavior*, 33(6), S. 708–714. DOI: 10.1016/j.evolhumbehav.2012.05.005
- PIPITONE, R. N. und GALLUP, G. G. (2008). Women's voice attractiveness varies across the menstrual cycle. *Evolution and Human Behavior*, 29(4), S. 268–274. DOI: 10.1016/j.evolhumbehav.2008.02.001

- PISANSKI, K. und FEINBERG, D. R. (2013). Cross-Cultural Variation in Mate Preferences for Averageness, Symmetry, Body Size, and Masculinity. *Cross-Cultural Research*. DOI: 10.1177/1069397112471806
- PISANSKI, K., MISHRA, S. und RENDALL, D. (2012). The evolved psychology of voice: evaluating interrelationships in listeners' assessments of the size, masculinity, and attractiveness of unseen speakers. *Evolution and Human Behavior*, 33(5), S. 509–519. DOI: 10.1016/j.evolhumbehav.2012.01.004
- PISANSKI, K. und RENDALL, D. (2011). The prioritization of voice fundamental frequency or formants in listeners' assessments of speaker size, masculinity, and attractiveness. *Journal of the Acoustical Society of America*, 129(4), S. 2201–2212. DOI: 10.1121/1.3552866
- PUTS, D. A. (2005). Mating context and menstrual phase affect women's preferences for male voice pitch. *Evolution and Human Behavior*, 26(5), S. 388–397. DOI: 10.1016/j.evolhumbehav.2005.03.001
- PUTS, D. A. (2010). Beauty and the beast: mechanisms of sexual selection in humans. *Evolution and Human Behavior*, 31(3), S. 157–175. DOI: 10.1016/j.evolhumbehav.2010.02.005
- PUTS, D. A., BAILEY, D. H., CÁRDENAS, R. A., BURRISS, R. P., WELLING, L. L., WHEATLEY, J. R. und DAWOOD, K. (2013). Women's attractiveness changes with estradiol and progesterone across the ovulatory cycle. *Hormones and Behavior*, 63(1), S. 13–19. DOI: 10.1016/j.yhbeh.2012.11.007
- PUTS, D. A., HODGES, C. R., CÁRDENAS, R. A. und GAULIN, S. J. C. (2007). Men's voices as dominance signals: vocal fundamental and formant frequencies influence dominance attributions among men. *Evolution and Human Behavior*, 28(5), S. 340–344. DOI: 10.1016/j.evolhumbehav.2007.05.002
- RAMIG, L. O., GRAY, S., BAKER, K., CORBIN-LEWIS, K., BUDER, E., LUSCHEI, E., COON, H. und SMITH, M. (2001). The aging voice: A review, treatment data and familial and genetic perspectives. *Folia Phoniatrica et Logopedica*, 53(5), S. 252–265. DOI: 10.1159/000052680
- RAUSCHECKER, J. P. und TIAN, B. (2000). Mechanisms and streams for processing of “what” and “where” in auditory cortex. *PNAS*, 97(22), S. 11800–11806. DOI: 10.1073/pnas.97.22.11800
- RAY, G. B., RAY, E. B. und ZAHN, C. J. (1991). Speech behavior and social evaluation: An examination of medical messages. *Communication Quarterly*, 39(2), S. 119–129. DOI: 10.1080/01463379109369790
- REETZ, H. (2003). Artikulatorische und akustische Phonetik. Trier: WWT Wissenschaftlicher Verlag

- REGAN, P. C., LEVIN, L., SPRECHER, S., CHRISTOPHER, F. S. und GATE, R. (2000). Partner Preferences. *Journal of Psychology & Human Sexuality*, 12(3), S. 1–21. DOI: 10.1300/J056v12n03_01
- REMEZ, R. E., RUBIN, P. E., PISONI, D. B. und CARRELL, T. D. (1981). Speech perception without traditional speech cues. *Science*, 212(4497), S. 947–949
- RIDING, D., LONSDALE, D. und BROWN, B. (2006). The Effects of Average Fundamental Frequency and Variance of Fundamental Frequency on Male Vocal Attractiveness to Women. *Journal of Nonverbal Behavior*, 30(2), S. 55–61. DOI: 10.1007/s10919-006-0005-3
- RIKOWSKI, A. und GRAMMER, K. (1999). Human body odour, symmetry and attractiveness. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 266(1422), S. 869–874. DOI: 10.1098/rspb.1999.0717
- ROBERTS, S. C., LITTLE, A. C., PERRETT, D. I., CARTER, V., JONES, B. C., PENTON-VOAK, I. S. und PETRIE, M. (2005). MHC-heterozygosity and human facial attractiveness. *Evolution and Human Behavior*, 26(3), S. 213–226. DOI: 10.1016/j.evolhumbehav.2004.09.002
- ROHLF, F. J. (2008). tpsDIG2. Digitize landmarks & outlines from image files, scanner, or video. Software. Version 2.1.2. New York, USA: Department of Ecology und Evolution, State University of New York at Stony Brook. URL: <http://life.bio.sunysb.edu/morph/index.html>
- ROHLF, F. J. (2010a). tpsRelw. Relative warps analysis. Software. Version 1.49. New York, USA: Department of Ecology und Evolution, State University of New York at Stony Brook. URL: <http://life.bio.sunysb.edu/morph/index.html>
- ROHLF, F. J. (2010b). tpsUtil. Tps file utility program. Software. Version 1.46. New York, USA: Department of Ecology und Evolution, State University of New York at Stony Brook. URL: <http://life.bio.sunysb.edu/morph/index.html>
- ROHLF, F. J. und SLICE, D. E. (1990). Extensions of the Procrustes Method for the Optimal Superimposition of Landmarks. *Systematic Zoology*, 39(1), S. 40–59
- ROHLF, F. J. und SOKAL, R. R. (1995). Statistical tables. San Francisco: Freeman
- SAXTON, T. K., CARYL, P. G. und ROBERTS, S. C. (2006). Vocal and facial attractiveness judgments of children, adolescents and adults: the ontogeny of mate choice. *Ethology*, 112(12), S. 1179–1185. DOI: 10.1111/j.1439-0310.2006.01278.x
- SAXTON, T. K., DEBRUINE, L. M., JONES, B. C., LITTLE, A. C. und ROBERTS, S. C. (2009). Face and voice attractiveness judgments change during adolescence. *Evolution and Human Behavior*, 30(6), S. 398–408. DOI: 10.1016/j.evolhumbehav.2009.06.004

- SCHAEFER, K., FINK, B., GRAMMER, K., MITTEROECKER, P., GUNZ, P. und BOOKSTEIN, F. L. (2006). Female appearance: facial and bodily attractiveness as shape. *Psychology Science*, 48(2), S. 187–204
- SCHERER, K. R. und GILES, H. (1980). Social markers in speech. Cambridge: Cambridge University Press
- SCHÖN, Y. M. (1995). A comparative approach to the non-human primate vocal tract: Implications for sound production. In: ZIMMERMAN, E. und NEWMAN, J. D. (Hrsg.) *Current Topics in Primate Vocal Communication*. New York: Plenum Press, S. 185–198
- SCHWEINBERGER, S. R., HERHOLZ, A. und SOMMER, W. (1997). Recognizing famous voices: influence of stimulus duration and different types of retrieval cues. *Journal of speech, language, and hearing research*, 40(2), S. 453–463
- SEBEOK, T. (1977). How animals communicate. Indiana University Press
- SHAFFER, D. R., CREPAZ, N. und SUN, C.-R. (2000). Physical Attractiveness Stereotyping in Cross-Cultural Perspective. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 31(5), S. 557–582. DOI: 10.1177/0022022100031005002
- SIEBENHAAR, B., SCHWAB, S., KELLER, E., ZELLNER, B. und CONNAN, P.-Y. (1998). Convention de segmentation pour la construction de diphtongues. Laboratoires d'Analyse Informatique de la Parole (LAIP). URL: http://www.germanistik.unibe.ch/siebenhaar/subfolder/PraatEinfuehrung/PraatManual/Convention_de_Segmentation.pdf
- SOBOTTA, J. (2010). Sobotta: Atlas der Anatomie des Menschen. Allgemeine Anatomie und Bewegungsapparat. Hrsg. von F. PAULSEN und J. WASCHKE. 23. Aufl. München, Jena: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH
- SOLERA, C., NÚÑEZ, M., GUTIÉRREZ, R., NÚÑEZ, J., MEDINA, P., SANCHO, M., ÁLVAREZ, J. und NÚÑEZ, A. (2003). Facial attractiveness in men provides clues to semen quality. *Evolution and Human Behavior*, 24(3), S. 199–207. DOI: 10.1016/S1090-5138(03)00013-8
- SPSS INC (2009). PASW Statistics. Software. Version 18. Chicago, USA. URL: <http://www.spss.com>
- SQUIRE, L. R. (1992). Memory and the hippocampus: a synthesis from findings with rats, monkeys, and humans. *Psychological Review*, 99(2), S. 195–231
- STEINBERG GMBH (2004). Wavelab. Software. Version 5. Hamburg, Deutschland: Steinberg Media Technologies GmbH. URL: <http://www.steinberg.net>
- STEVENS, K. N. (2000). Acoustic Phonetics. Current Studies in Linguistics. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press
- SWADDLE, J. S., WITTER, M. S. und CUTHILL, C. (1994). The analysis of fluctuating asymmetry. *Animal Behavior*, 48, S. 986–989

- SYMONS, D. (1979). The Evolution of Human Sexuality. New York: Oxford University Press Inc.
- SYMONS, D. (1992). On the use and misuse of darwinism in the study of human behavior. In: BARKOW, J. H., COSMIDES, L. und TOOBY, J. (Hrsg.) *The adapted mind: Evolutionary psychology and the generation of culture*. New York: Oxford University Press Inc., S. 137–162
- THORNHILL, R. und GANGESTAD, S. W. (1993). Human facial beauty: Averageness, symmetry, and parasite resistance. *Human Nature*, 4(3), S. 237–269. DOI: 10.1007/bf02692201
- THORNHILL, R. und GANGESTAD, S. W. (1994). Human Fluctuating Asymmetry and Sexual Behavior. *Psychological Science*, 5(5), S. 297–302. DOI: 10.1111/j.1467-9280.1994.tb00629.x
- THORNHILL, R. und GANGESTAD, S. W. (1996). The evolution of human sexuality. *Trends in Ecology & Evolution*, 11(2), S. 98–102. DOI: 10.1016/0169-5347(96)81051-2
- THORNHILL, R. und GANGESTAD, S. W. (1999). Facial attractiveness. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(12), S. 452–460. DOI: 10.1016/s1364-6613(99)01403-5
- THORNHILL, R., GANGESTAD, S. W. und COMER, R. (1995). Human female orgasm and mate fluctuating asymmetry. *Animal Behaviour*, 50(6), S. 1601–1615. DOI: 10.1016/0003-3472(95)80014-X
- THORNHILL, R. und GRAMMER, K. (1999). The body and face of woman one ornament that signals quality? *Evolution and Human Behavior*, 20(2), S. 105–120. DOI: 10.1016/S1090-5138(98)00044-0
- THORNHILL, R. und MØLLER, A. P. (1997). Developmental stability, disease and medicine. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 72(4), S. 497–548. DOI: 10.1111/j.1469-185X.1997.tb00022.x
- TINBERGEN, N. (1959). Comparative Studies of the Behaviour of Gulls (Laridae): A Progress Report. *Behaviour*, 15(1/2), S. 1–70. DOI: 10.2307/4532925
- TITZE, I. R. (1989). Physiologic and acoustic differences between male and female voices. *Journal of the Acoustical Society of America*, 85(4), S. 1699–707. DOI: 10.1121/1.397959
- TITZE, I. R. (1994). Principles of Voice Production. Englewood Cliffs, N. J.: Allyn & Bacon Inc.
- UNGERLEIDER, L. G. und MISHKIN, M. (1982). Two cortical visual systems. In: INGLE, D. J., GOODALE, M. A. und MANSFIELD, R. J. W. (Hrsg.) *Analysis of visual behavior*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press. Kap. 18, S. 549–586
- VALEN, L. V. (1962). A Study of Fluctuating Asymmetry. *Evolution*, 16(2), S. 125–142

- VAN LANCKER, D. R. und CANTER, G. J. (1982). Impairment of voice and face recognition in patients with hemispheric damage. *Brain and Cognition*, 1(2), S. 185–95
- VERDONCK-DE LEEUW, I. M., FESTEN, J. M. und MAHIEU, H. F. (2001). Deviant vocal fold vibration as observed during videokymography: The effect on voice quality. *Journal of Voice*, 15(3), S. 313–322. DOI: 10.1016/S0892-1997(01)00033-9
- VERTHELYI, D. (2006). Female’s Heightened Immune Status: Estrogen, T Cells, and Inducible Nitric Oxide Synthase in the Balance. *Endocrinology*, 147(2), S. 659–661. DOI: 10.1210/en.2005-1469
- VIRTINS TECHNOLOGY (2010). M-Audio MobilePre Test Report using Multi-Instrument. Technischer Report. Singapore. URL: http://www.virtins.com/doc/D1005/M-Audio_MobilePre_Report_D1005.pdf
- VUKOVIC, J., FEINBERG, D. R., DEBRUINE, L. M., SMITH, F. und JONES, B. C. (2010). Women’s voice pitch is negatively correlated with health risk factors. *Journal of Evolutionary Psychology*, 8(3), S. 217–225. DOI: 10.1556/jep.8.2010.3.2
- WENDLER, J., RAUHUT, A. und KRÜGER, H. (1986). Classification of voice qualities. *Journal of phonetics*, 14(14), S. 483–488
- WHEELER, L. und KIM, Y. (1997). What is Beautiful is Culturally Good: The Physical Attractiveness Stereotype has Different Content in Collectivistic Cultures. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 23(8), S. 795–800. DOI: 10.1177/0146167297238001
- WINDHAGER, S., SCHAEFER, K. und FINK, B. (2011). Geometric morphometrics of male facial shape in relation to physical strength and perceived attractiveness, dominance, and masculinity. *American Journal of Human Biology*, 23(6), S. 805–814. DOI: 10.1002/ajhb.21219
- YOUNG, A. W. (1989). Neuro-cognitive processing of faces and voices. In: ELLIS, H. D. (Hrsg.) *Handbook of research on face processing*. 1. Aufl. Amsterdam: Elsevier Science Ltd, S. 207–215
- YUMOTO, E., GOULD, W. J. und BAER, T. (1982). Harmonics-to-noise ratio as an index of the degree of hoarseness. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 71(6), S. 1544–1550
- ZAHAVI, A. (1975). Mate Selection-A Selection for a Handicap. *Journal of Theoretical Biology*, 53, S. 205–214. DOI: 10.1016/0022-5193(75)90111-3
- ZATORRE, R. J. und BINDER, J. R. (2000). Functional and structural imaging of the human auditory system. In: TOGA, A. W. und MAZZIOTTA, J. C. (Hrsg.) *Brain Mapping: The Systems*. San Diego, California: Academic Press. Kap. 12, S. 365–402

- ZUCKERMAN, M. und DRIVER, R. E. (1989). What sounds beautiful is good: The vocal attractiveness stereotype. *Journal of Nonverbal Behavior*, 13(2), S. 67–82. DOI: 10.1007/BF00990791
- ZUCKERMAN, M. und MIYAKE, K. (1993). The attractive voice: What makes it so? *Journal of Nonverbal Behavior*, 17(2), S. 119–135. DOI: 10.1007/bf01001960

Abtastrate

Die Abtastrate beziehungsweise die **Samplingrate** oder die **Samplingfrequenz** ist die Häufigkeit der Abtastung eines kontinuierlichen Signals und gibt die Feinheit in der zeitlichen Auflösung an. Die Abtastrate ist abhängig von der Frequenz des abzutastenden Signals und unterliegt dem **Nyquist-Kriterium**.

Aliasing-Effekt

Weist aufgrund der Nichtbeachtung des **Nyquist-Kriteriums** ein Signal Frequenzanteile oberhalb der **Nyquist-Frequenz** auf, kommt es zum Auftreten von Scheinsignalen, dem Aliasing (*aliasing*).

Antialiasing-Filter

Zur Vermeidung von **Alisasing-Effekten** unterdrückt der verwendete **Tiefpass-Filter** diejenigen Frequenzen, welcher höher als die **Nyquist-Frequenz** sind.

Bandpass -Filter

Ein Bandpass-Filter ist eine Mischung aus **Hochpass-Filter** und **Tiefpass-Filter**. Ein Bandpass-Filter filtert Frequenzen oberhalb und unterhalb von definierten Grenzfrequenzen weg.

Diphtong

Ein Diphtong ist eine Kombination von zwei Vokalen innerhalb einer Silbe.

FFT-Spektrum

Fast Fourier-Transformation: FFT. Form der Spektralanalyse, bei der ein kontinuierliches akustisches Signal eindeutig in Sinus-Schwingungen mit definierter Amplitude und Phase zerlegt wird.

formant tracking

Das *formant tracking* umfasst eine Art der **LPC**-Analyse, bei der Formanten durch kontinuierlich nacheinander durchgeführte spektrale Schnitte mit definierter Schrittweite aufgelistet werden.

Harmonie - Rausch - Verhältnis

Harmony-to-Noise-Ratio: HNR. Das Harmonie-Rausch-Verhältnis beziehungsweise das **interharmonische Rauschen** gibt die relative Stärke der harmonischen Signalenergie zur Energie des Rauschanteils an. HNR ist ein Qualitätsparameter der Periodizität der Stimmlippenbewegungen. Es ein Maß für die Klarheit eines Stimmsignals. Das Verhältnis zwischen harmonischen Signal und Rausch-Signal ist logarithmisch und wird in Dezibel (dB) angegeben.

Hochpass - Filter

Ein Hochpass-Filter filtert Frequenzen unterhalb einer definierten Grenzfrequenz weg.

interharmonisches Rauschen

siehe **Harmonie - Rausch - Verhältnis**

Jitter

Der *Jitter* beziehungsweise das Flimmern umfasst Irregularitäten im Schwingungsmuster der Stimmbänder, die im zeitlichen Bereich auftreten (Frequenzperturbationen). Diese Schwingungsunregelmäßigkeiten sind nicht als Fluktuationen der Fundamentalfrequenz (f_0) oder der Lautstärke wahrnehmbar, da die Höhe der Fluktuationen zu gering ist. Diese kurzzeitigen Irregularitäten werden durch die Intonation und die Lautstärke der nachfolgend gesprochenen Sprache überlagert. Zur Beschreibung von Jitter wird zwischen absoluten und relativen Maßen unterschieden. Absolute Maße sind Größen, welche die Eigenschwingungen von f_0 nicht berücksichtigen. Da der Jitter mit steigender f_0 abnimmt, werden die Störungsmaße in Abhängigkeit zu f_0 gesetzt, wobei die relativen Maße sich auf die mittlere Fundamentalfrequenz beziehen.

LPC-Spektrum

Linear Predictive Coding: LPC. Datenreduzierendes Verfahren, bei dem durch Glätten des Spektrums die Periodizität der Stimmlippenbewegungen heraus gerechnet wird und die Formanten besser sichtbar werden. Modellhaft vereinfachend wird für den Vokaltrakt angenommen, dass er sich durch mehrere Bandpassfilter und Mittenfrequenzen beschreiben lässt. Diese wiederum lassen sich als Pole des linearen Gleichungssystems umrechnen, welches die Stimme im LPC-Verfahren beschreibt. Die Pole (lineare Prädiktoren) sind im Vorfeld des LPC-Verfahrens anzugeben.

Mikrofluktuation

siehe **Jitter** und **Shimmer**

Monophthong

Ein Monophthong ist einfacher Vokal innerhalb einer Silbe.

Nyquist-Frequenz

Die Nyquist-Frequenz ist genau die Hälfte der **Abtastrate**.

Nyquist-Kriterium

Das Nyquist-Kriterium besagt, dass eine Signalreproduktion eines periodischen Signals eine **Abtastrate** voraussetzt, die mindestens doppelt so hoch ist, wie die der Ausgangsfrequenz.

Perturbation

Mikrofluktuation der Fundamentalfrequenz; siehe **Jitter** und **Shimmer**

Prosodie

Die Prosodie beschreibt die Gesamtheit von sprachlichen Eigenschaften wie Sprechgeschwindigkeit, Rhythmus und Sprechpausen. Die zugehörigen Kenngrößen umfassen die mittlere Amplitude, die Artikulations- und Pausendauer, die mittlere Fundamentalfrequenz und deren Variationen.

r-Vokalisierung

Die r-Vokalisierung charakterisiert die Vokalisierung des /r/ häufig nach nach kurzen Vokalen. Durch die r-Vokalisierung wird die Aussprache erleichtert. In Wörtern auf *-er* wird die Endung wie ein kurzes *a* gesprochen: beispielsweise in *Peter* [pe:τə].

Resampling

Durch Resampling wird das digitalen Ausgangssignal in der Feinheit der zeitlichen Auflösung verändert.

Samplingfrequenz

siehe **Abtastrate**

Shimmer

Der *Shimmer* beziehungsweise das Schimmern umfasst Irregularitäten im Schwingungsmuster der Stimmbänder, die im Bereich der Intensität auftreten (Amplitudenperturbation). Diese Schwingungsunregelmäßigkeiten sind nicht als Fluktuationen der Fundamentalfrequenz oder der Lautstärke wahrnehmbar, da die Höhe der Fluktuationen zu gering ist. Diese kurzzeitigen Irregularitäten werden durch die Intonation und die Lautstärke der nachfolgend gesprochenen Sprache überlagert. *Shimmer* ist definiert als die durchschnittliche Differenz (in dB) zwischen aufeinander folgenden Amplituden des Signals, wobei die Amplitude ihrerseits als der mittlere Abstand zwischen zwei Frequenzmaxima verstanden wird.

Signal-Rausch-Verhältnis

Signal-to-Noise-Ratio: SNR. Das Signal-Rausch-Verhältnis ist der Quotient aus der Intensität des übertragenen Nutzsignals zur Intensität des Rausch-Signals. Es ein Maß für die Reinheit eines Signals. Das Verhältnis zwischen Nutz- und Rausch-Signal ist logarithmisch und wird in Dezibel (dB) angegeben.

silbischer Nasal

Durch das Verschlucken von Vokalen kommt es zur Ausbildung silbischer Nasale: beispielsweise in *geben* [ge:bn].

Tiefpass-Filter

Ein Tiefpass-Filter filtert Frequenzen oberhalb einer definierten Grenzfrequenz weg.

Anhang A

Teilnehmer Nummer:

F

Datum:

Geburtsdatum: _____

Alter: _____

Die Hand, mit der ich schreibe ist
(Bitte entsprechend ankreuzen!)

links ☐

rechts ☐

beide ☐

Sexuelle Orientierung:

heterosexuell ☐ homosexuell ☐ bisexuell ☐

Ich bin zur Zeit:

Single ☐

Gebunden ☐

Ich nehme die Pille:

Ja ☐

Nein ☐

Ich nehme andere Hormonpräparate:

Ja ☐

Nein ☐

Wenn JA, bitte nennen: _____

Mein monatlicher Zyklus dauert:

(Dauer vom Beginn einer Menstruation bis zum Beginn der nächsten; bitte ankreuzen!)

<22 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 >38 Tage

Mein Zyklus ist:

sehr regelmäßig ☐

Schwankung von 1 Tag ☐

Schwankung bis 1 Woche ☐

sehr unregelmäßig ☐

Beginn der letzten Menstruation:

Datum: _____

Ich bin schwanger:

Ja ☐

Nein ☐

Ich leide an einer chronischen Krankheit:

Ja ☐

Nein ☐

Wenn JA, bitte nennen: _____

Ich nehme regelmäßig Medikamente ein:

Ja ☐

Nein ☐

Wenn JA, welche: _____

Ich leide an Hormonstörungen:

Ja ☐

Nein ☐

Im Moment bin ich erkältet bzw.
habe Halsschmerzen:

Ja ☐

Nein ☐

Ich rauche:

Ja ☐

Nein ☐

Wenn JA, wie viel Zigaretten am Tag (circa): _____

Teilnehmer Nummer:

F

Datum:

Ich hatte Hand-/Arm-/Bein-/
Gelenksverletzungen:

Ja ☐

Nein ☐

Wenn JA, bitte beschreiben: _____

Ich hatte eine Verletzung/Operation
an meiner Nase bzw. Kehle:

Ja ☐

Nein ☐

Wenn JA, bitte beschreiben: _____

Ich fühle mich im Moment: miserabel ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr gut

Beruf: _____

Staatsbürgerschaft: _____

Teilnehmer Nummer:

F

Datum:

Kontakt bei Rückfragen:

Email:

(OPTIONAL!)

Ich nehme zur Kenntnis und bin damit einverstanden, dass meine Daten ausschließlich für wissenschaftliche Zwecke genutzt werden:

Datum: _____

Unterschrift: _____

Ich bin damit einverstanden, dass mein Foto (ohne Namen!) im Falle einer Veröffentlichung der Ergebnisse dieser Arbeit publiziert wird:

Datum: _____

Unterschrift: _____

Information zum Experiment:

Teilnehmer Nummer: _____ **M** **Datum:** _____

Geburtsdatum: _____ Alter: _____

Die Hand, mit der ich schreibe ist links ☐ rechts ☐ beide ☐
(Bitte entsprechend ankreuzen!)

Sexuelle Orientierung: heterosexuell ☐ homosexuell ☐ bisexuell ☐

Ich bin zur Zeit: Single ☐ Gebunden ☐

Ich leide an einer chronischen Krankheit: Ja ☐ Nein ☐

Wenn JA, bitte nennen: _____

Ich hatte Hand-/Arm-/Bein-/
Gelenksverletzungen: Ja ☐ Nein ☐

Wenn JA, bitte beschreiben: _____

Ich nehme regelmäßig Medikamente ein: Ja ☐ Nein ☐

Wenn JA, bitte nennen: _____

Ich nehme Hormonpräparate ein: Ja ☐ Nein ☐

Wenn JA, bitte nennen: _____

Ich leide an Hormonstörungen: Ja ☐ Nein ☐

Im Moment bin ich erkältet bzw.
habe Halsschmerzen: Ja ☐ Nein ☐

Ich rauche: Ja ☐ Nein ☐

Wenn JA, wie viele Zigaretten am Tag (circa): _____

Ich hatte eine Verletzung/Operation
an meiner Nase bzw. Kehle: Ja ☐ Nein ☐

Wenn JA, bitte beschreiben: _____

Ich fühle mich im Moment: miserabel ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ sehr gut

Beruf: _____

Staatsbürgerschaft: _____

Teilnehmer Nummer:

M

Datum:

Kontakt bei Rückfragen:
(OPTIONAL!)

Email: _____

Ich nehme zur Kenntnis und bin damit einverstanden, dass meine Daten ausschließlich für wissenschaftliche Zwecke genutzt werden:

Datum: _____

Unterschrift: _____

Ich bin damit einverstanden, dass mein Foto (ohne Namen!) im Falle einer Veröffentlichung der Ergebnisse dieser Arbeit publiziert wird:

Datum: _____

Unterschrift: _____

Information zum Experiment:

Teilnehmer Nummer:**Datum:**

	Messung 1	Messung 2
Gewicht: [kg]		
Körperhöhe: [cm]		
Brustumfang: [cm]		
Bauchumfang: [cm]		
Hüftumfang: [cm]		
Halslänge: [cm]		

LINKS	Messung 1 [mm]	Messung 2 [mm]	RECHTS	Messung 1 [mm]	Messung 2 [mm]
Fußbreite:			Fußbreite:		
Knöchelbreite:			Knöchelbreite:		
Kniebreite:			Kniebreite:		
Ellbogenbreite:			Ellbogenbreite:		
Ohrhöhe:			Ohrhöhe:		
Ohrbreite:			Ohrbreite:		
Handgelenksbreite:			Handgelenksbreite:		
Handbreite:			Handbreite:		

L	Messung 1 [mm]	Messung 2 [mm]	Scan [mm]	R	Messung 1 [mm]	Messung 2 [mm]	Scan [mm]
2D				2D			
3D				3D			
4D				4D			
5D				5D			

Frage

W ü r d e s t D u b i t t e d a s F e n s t e r ö f f n e n ?
 /ʏə/ /ɛ/ /u/ /ɪ/ /ɛ/ /a/ /ɛ/ /ə/ /œ/ /ɛ/

Laut

h o h o h a l a l a l u h e h e h e e e i e i i h
 /o/ /o/ /a/ /a/ /a/ /u/ /e/ /e/ /e:/ /ae/ /ae/ /i:/

Vokal

A r b e i t E i f e r H i l f e O t t o U n g a r n
 /ɑ/ /ae/ /ae/ /ə/ /ɪ/ /ɛ/ /ɔ/ /o/ /u/ /a/

Zahl

e i n s z w e i d r e i v i e r
 /ae/ /ae/ /ae/ /ɐ/

f ü n f s e c h s s i e b e n a c h t
 /ʏ/ /ɛ/ /i:/ /m̥/ /ɑ/

n e u n z e h n
 /ɔɛ/ /e:/

Monophtong

langes a - /ɑ/
 kurzes a - /a/
 langes e - /e/
 kurzes e - /ɛ/
 langes i - /i:/
 kurzes i - /ɪ/
 langes u - /u/
 kurzes u - /ʊ/
 kurzes ü - /ʏ/

Diphtong

ei - /ae/
 eu - /ɔɛ/

r-Vokalisation

er - /ɐ/
 ihr - /ɪɐ/
 ür - /ʏɐ/

silbischer Nasalkononant

/m̥/

Tabelle A.1: Lagedefinitionen der somatometrischen Messpunkte im Gesicht. M=unpaariger Messpunkt (Mitte), L/R=paariger Messpunkt (links/rechts).

	Mess- punkt	Lage	Beschreibung
<i>Stirn</i>	1	M	TRICHION: der am weitesten anterior gelegenen Punkt des Haaransatzes in der Medianebene der Stirn.
<i>Augenbrauen</i>	2, 14	L/R	SUPERCILIARE LATERALE: am weitesten lateral gelegen und noch sichtbare Punkte der Augenbrauen.
	3-5, 11-13	L/R	Begrenzung der oberen Augenbrauenkanten durch 3 annähernd gleichweit entfernte Messpunkten zwischen den Punkten 2 und 6 (rechts) sowie 10 und 14 (links).
	6, 10	L/R	SUPERCILIARE MEDIALE: am weitesten medial gelegen und noch sichtbare Punkte der Augenbrauen.
	7-9, 15-17	L/R	Begrenzung der unteren Augenbrauenkanten durch 3 annähernd gleichweit entfernten Messpunkten zwischen den Punkten 2 und 6 (rechts) sowie 10 und 14 (links).
<i>Augen</i>	18, 33	L/R	EXOCANTHION: am am weitesten lateral gelegene Punkte der Lidspalten, wo oberer und unterer Lidrand zusammentreffen.
	19, 30	L/R	Am weitesten lateral gelegene und sichtbare Punkte der Iris.
	20, 29	L/R	Am weitesten superior gelegene Punkte der Iris. Bei Verdeckung des Punktes vom oberen Lid ist der Punkt in der Verlängerung der Irismitte nach oben auszuwählen.
	21, 28	L/R	Am weitesten medial gelegene und sichtbare Punkte der Iris.
	22, 31	L/R	Am weitesten inferior gelegene Punkte der Iris. Bei Verdeckung des Punktes vom unteren Lid ist der Punkt in der Verlängerung der Irismitte nach unten auszuwählen.
	23, 32	L/R	Mittelpunkt der Pupille.
	24, 27	L/R	Kante des Augenweisses an den unteren Tränenpünktchen.
	25, 26	L/R	ENDOCANTHION: am am weitesten medial gelegene Punkte der Lidspalte, wo oberer und unterer Lidrand zusammentreffen.

Fortsetzung nächste Seite ...

	Messpunkt	Lage	Beschreibung
<i>Nase</i>	34, 40	L/R	Ursprung der ALARE: am weitesten postero-lateral gelegene Punkte der sichtbaren Wölbung der Nasenwurzel an dem die Verbreitung der Nase durch die Nasenflügel beginnt.
	35, 39	L/R	ALARE: am weitesten lateral gelegene Punkte der sichtbaren Nasenflügel.
	36, 38	L/R	COLUMELLA APEX: Punkte der am weitesten apikal sichtbaren Nasenlochbegrenzung.
	37	M	SUBNASALE: Mittelpunkt des Übergang vom Nasenseptumboden zur Oberlippe.
<i>Mund</i>	41, 47	L/R	CHEILON: am weitesten lateral gelegene Punkte des Mundes, wo Ober- und Unterlippe zusammentreffen.
	42, 46	L/R	Obere Lippenpunkte: Begrenzung der oberen labialen Kommissur durch einen gleichweit entfernten Messpunkt zwischen 41 und 43 (rechts) sowie 45 und 47 (links).
	43, 45	L/R	CRISTA PHILTR: Punkte der maximalen Krümmung der Lippensaumhöcker an der Oberlippe.
	44	M	LABIALE SUPERIUS: lokaler Mittelpunkt des Oberlippenrandes im Bereich des PHILTRUMS als Punkt maximaler Krümmung zwischen den Punkten 43 und 45.
	48, 50	L/R	Untere Lippenpunkte: Begrenzung der unteren labialen Kommissur durch einen gleichweit entfernten Messpunkt zwischen den Punkten 41 und 49 (rechts) sowie 47 und 49 (links).
	49	M	LABIALE INFERIOR: lokaler Mittelpunkt des Unterlippenrandes.
	51, 53	L/R	Lippenspalte: Begrenzung der Ober- und Unterlippe durch einen gleichweit entfernten Messpunkt zwischen den Punkten 41 und 42 (rechts) sowie 47 und 52 (links).
	52	M	STOMION: imaginärer Punkt auf einer Linie zwischen 44 und 49 bei geschlossenem Mund und in normaler Zahnstellung.
<i>Kiefer</i>	54, 72	L/R	ZYGION: Am weitesten lateral gelegene Punkte des Jochbogens entlang der Kinnlinie.
	55-62, 64-71	L/R	Abgrenzung der Kinnlinie durch 16 annähernd gleichweit entfernte Messpunkte zwischen 54 und 63 (rechts) sowie 63 und 72 (links).
	63	M	GNATHION: Kinpunkt, am am weitesten vorstehender Punkt des Unterkieferrandes.

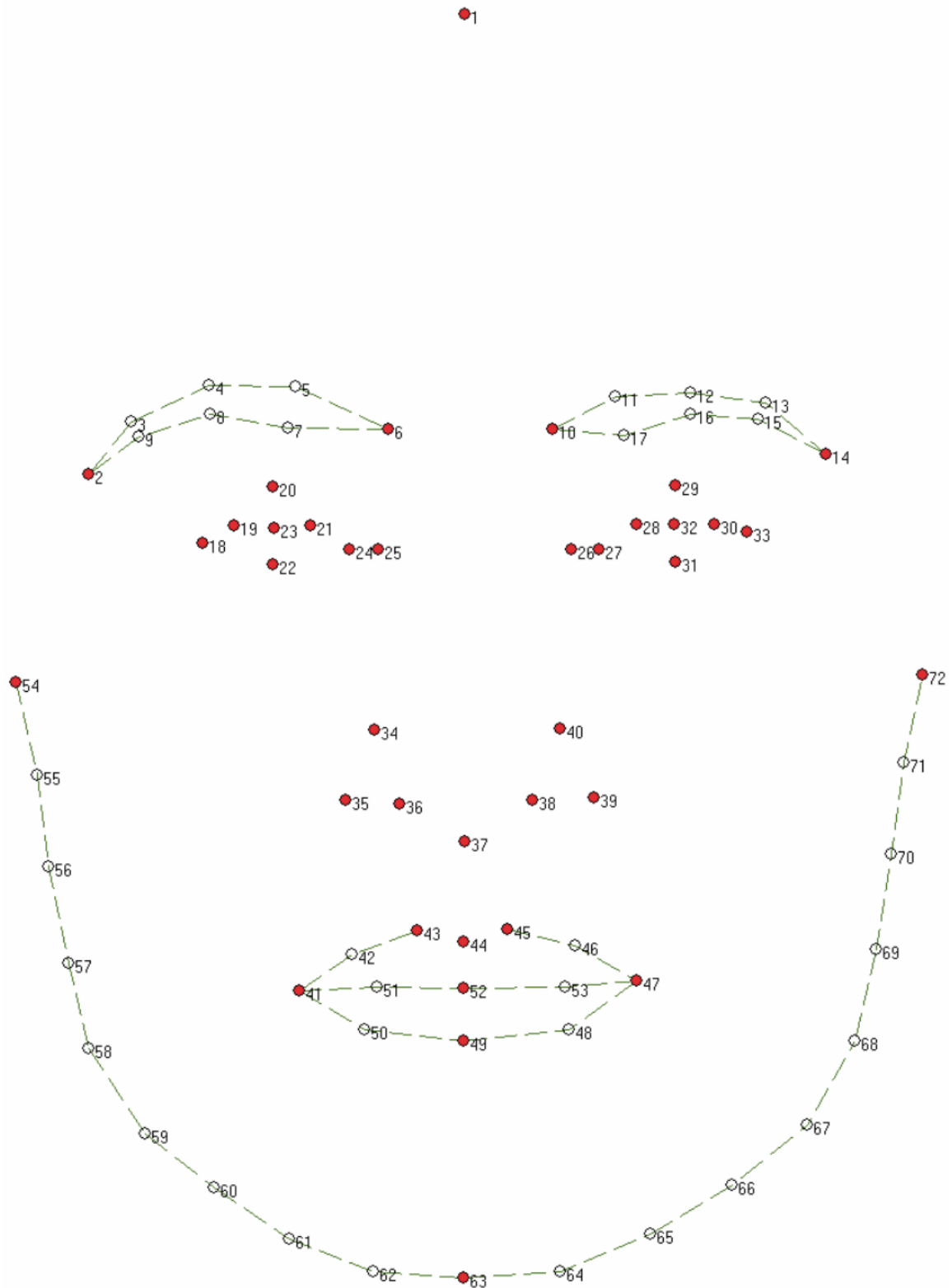


Abbildung A.1: Bildschirmfoto der somatometrischen Messpunkte im Gesicht. Rote Punkte stellen feste Messpunkte dar, weiße Punkte markieren gleitende Messpunkte.

Anhang B

Ausführliche Auflistung der Analysen

Tabelle B.1: Pearson-Korrelationen der fluktuierenden Asymmetrien von Körper und Gesicht mit den von Männern bewerteten Eigenschaften weiblicher Stimmen und Gesichter.

Bewertungen Stimme	FA Körper	FA Gesicht	Bewertungen Gesicht / FA	FA Körper	FA Gesicht
männlich - weiblich	r = -0,459 p = 0,002	r = -0,347 p = 0,024	männlich - weiblich	r = -0,015 p = 0,926	r = 0,200 p = 0,204
feindlich - freundlich	r = -0,366 p = 0,017	r = -0,370 p = 0,016	feindlich - freundlich	r = -0,089 p = 0,574	r = -0,152 p = 0,337
unterwürfig - dominant	r = 0,098 p = 0,537	r = 0,101 p = 0,526	unterwürfig - dominant	r = 0,030 p = 0,852	r = -0,265 p = 0,090
krank - gesund	r = -0,401 p = 0,009	r = -0,286 p = 0,066	krank - gesund	r = -0,166 p = 0,293	r = -0,564 p ≤ 0,001
egoistisch - kooperativ	r = -0,306 p = 0,049	r = -0,372 p = 0,015	egoistisch - kooperativ	r = -0,008 p = 0,962	r = -0,022 p = 0,890
unattraktiv - attraktiv	r = -0,382 p = 0,013	r = -0,443 p = 0,003	unattraktiv - attraktiv	r = -0,418 p = 0,006	r = -0,457 p = 0,002
gewissenhaft	r = 0,050 p = 0,752	r = 0,065 p = 0,684	gewissenhaft	r = 0,098 p = 0,536	r = -0,119 p = 0,451
fürsorglich	r = -0,133 p = 0,402	r = -0,318 p = 0,040	fürsorglich	r = 0,081 p = 0,609	r = -0,027 p = 0,864
emotional stabil	r = -0,075 p = 0,637	r = -0,058 p = 0,715	emotional stabil	r = -0,077 p = 0,628	r = -0,361 p = 0,019
offen gegenüber Neuem	r = -0,291 p = 0,062	r = -0,408 p = 0,007	offen gegenüber Neuem	r = -0,393 p = 0,010	r = -0,366 p = 0,017
sexy	r = -0,432 p = 0,006	r = -0,339 p = 0,009	sexy	r = -0,468 p = 0,002	r = -0,434 p = 0,004
sozial verträglich	r = -0,242 p = 0,123	r = -0,388 p = 0,011	sozial verträglich	r = -0,070 p = 0,658	r = -0,256 p = 0,101
extrovertiert	r = -0,254 p = 0,105	r = -0,184 p = 0,219	extrovertiert	r = -0,362 p = 0,018	r = -0,476 p ≤ 0,001
			FA Gesicht	r = 0,351 p = 0,023	—

Tabelle B.2: Pearson-Korrelationen der fluktuierenden Asymmetrien von Körper und Gesicht mit den von Frauen bewerteten Eigenschaften männlicher Stimmen und Gesichter

Bewertungen Stimme	FA Körper	FA Gesicht	Bewertungen Gesicht/FA	FA Körper	FA Gesicht
männlich - weiblich	$r = -0,199$ $p = 0,218$	$r = -0,026$ $p = 0,875$	männlich - weiblich	$r = 0,028$ $p = 0,865$	$r = -0,071$ $p = 0,291$
feindlich - freundlich	$r = -0,283$ $p = 0,077$	$r = -0,095$ $p = 0,560$	feindlich - freundlich	$r = -0,300$ $p = 0,060$	$r = -0,352$ $p = 0,026$
unterwürfig - dominant	$r = -0,191$ $p = 0,239$	$r = -0,078$ $p = 0,631$	unterwürfig - dominant	$r = -0,125$ $p = 0,441$	$r = 0,279$ $p = 0,654$
krank - gesund	$r = -0,459$ $p = 0,003$	$r = -0,113$ $p = 0,487$	krank - gesund	$r = -0,337$ $p = 0,033$	$r = -0,073$ $p = 0,102$
egoistisch - kooperativ	$r = -0,219$ $p = 0,174$	$r = -0,199$ $p = 0,219$	egoistisch - kooperativ	$r = -0,213$ $p = 0,187$	$r = -0,370$ $p = 0,019$
unattraktiv - attraktiv	$r = -0,477$ $p = 0,002$	$r = -0,139$ $p = 0,391$	unattraktiv - attraktiv	$r = -0,385$ $p = 0,014$	$r = -0,128$ $p = 0,430$
gewissenhaft	$r = -0,278$ $p = 0,083$	$r = -0,125$ $p = 0,444$	gewissenhaft	$r = -0,308$ $p = 0,054$	$r = -0,338$ $p = 0,033$
fürsorglich	$r = -0,182$ $p = 0,262$	$r = -0,036$ $p = 0,825$	fürsorglich	$r = -0,208$ $p = 0,198$	$r = -0,295$ $p = 0,065$
emotional stabil	$r = -0,395$ $p = 0,012$	$r = -0,017$ $p = 0,916$	emotional stabil	$r = -0,382$ $p = 0,015$	$r = -0,183$ $p = 0,258$
offen gegenüber Neuem	$r = -0,384$ $p = 0,014$	$r = -0,196$ $p = 0,225$	offen gegenüber Neuem	$r = -0,335$ $p = 0,035$	$r = -0,295$ $p = 0,065$
sexy	$r = -0,369$ $p = 0,019$	$r = -0,136$ $p = 0,402$	sexy	$r = -0,344$ $p = 0,030$	$r = -0,096$ $p = 0,556$
sozial verträglich	$r = -0,332$ $p = 0,036$	$r = -0,202$ $p = 0,211$	sozial verträglich	$r = -0,398$ $p = 0,011$	$r = -0,450$ $p = 0,004$
extrovertiert	$r = -0,348$ $p = 0,028$	$r = -0,118$ $p = 0,468$	extrovertiert	$r = -0,348$ $p = 0,028$	$r = -0,034$ $p = 0,834$
FA Gesicht				$r = 0,299$ $p = 0,61$	—

Tabelle B.3: Interkorrelationen der beurteilten Eigenschaften von gegengeschlechtlich durchgeführten Stimm- und Gesichtsbewertungen

Bewertungen Stimme / Gesicht	Bewertungen weiblicher Stimuli durch Männer	Bewertungen männlicher Stimuli durch Frauen
männlich - weiblich	r = 0,382 p = 0,013	r = 0,296 p = 0,064
feindlich - freundlich	r = 0,203 p = 0,197	r = 0,101 p = 0,536
unterwürfig - dominant	r = 0,017 p = 0,914	r = 0,160 p = 0,324
krank - gesund	r = 0,143 p = 0,367	r = 0,020 p = 0,902
egoistisch - kooperativ	r = 0,084 p = 0,579	r = 0,175 p = 0,280
unattraktiv - attraktiv	r = 0,521 p ≤ 0,001	r = 0,200 p = 0,215
gewissenhaft	r = -0,093 p = 0,556	r = 0,206 p = 0,203
fürsorglich	r = 0,164 p = 0,300	r = -0,152 p = 0,350
emotional stabil	r = 0,058 p = 0,714	r = 0,187 p = 0,248
offen gegenüber Neuem	r = 0,402 p = 0,008	r = 0,055 p = 0,734
sexy	r = 0,519 p ≤ 0,001	r = 0,161 p = 0,320
sozial verträglich	r = 0,103 p = 0,515	r = 0,182 p = 0,262
extrovertiert	r = 0,147 p = 0,354	r = 0,157 p = 0,333

Tabelle B.4: Pearson-Korrelationen zwischen gegengeschlechtlich bewerteten weiblichen Stimmen und gemessenen Parametern der mittleren Fundamentalfrequenz, der Standardabweichung der Fundamentalfrequenz, dem Minimum und dem Maximum der Fundamentalfrequenz.

Bewertungen Stimme Frau / FA	Mittlere Fundamental- frequenz	Standard- abweichung von f_0	Minimum von f_0	Maximum von f_0
männlich - weiblich	$r = 0,168$ $p = 0,286$	$r = 0,024$ $p = 0,881$	$r = 0,144$ $p = 0,363$	$r = 0,118$ $p = 0,456$
feindlich - freundlich	$r = 0,067$ $p = 0,632$	$r = 0,009$ $p = 0,956$	$r = 0,074$ $p = 0,641$	$r = 0,053$ $p = 0,737$
unterwürfig - dominant	$r = -0,248$ $p = 0,113$	$r = -0,179$ $p = 0,256$	$r = -0,214$ $p = 0,173$	$r = -0,246$ $p = 0,116$
krank - gesund	$r = 0,017$ $p = 0,917$	$r = -0,287$ $p = 0,065$	$r = 0,099$ $p = 0,532$	$r = -0,085$ $p = 0,591$
egoistisch - kooperativ	$r = 0,074$ $p = 0,643$	$r = 0,015$ $p = 0,927$	$r = 0,065$ $p = 0,684$	$r = 0,050$ $p = 0,754$
unattraktiv - attraktiv	$r = -0,065$ $p = 0,682$	$r = -0,106$ $p = 0,505$	$r = -0,078$ $p = 0,624$	$r = -0,121$ $p = 0,445$
gewissenhaft	$r = -0,060$ $p = 0,706$	$r = -0,002$ $p = 0,989$	$r = -0,046$ $p = 0,773$	$r = -0,046$ $p = 0,770$
fürsorglich	$r = 0,161$ $p = 0,307$	$r = 0,223$ $p = 0,156$	$r = 0,095$ $p = 0,552$	$r = 0,191$ $p = 0,226$
emotional stabil	$r = -0,222$ $p = 0,157$	$r = -0,117$ $p = 0,460$	$r = -0,200$ $p = 0,205$	$r = -0,217$ $p = 0,167$
offen gegenüber Neuem	$r = 0,064$ $p = 0,686$	$r = -0,043$ $p = 0,787$	$r = 0,048$ $p = 0,763$	$r = 0,009$ $p = 0,954$
sexy	$r = -0,062$ $p = 0,698$	$r = -0,092$ $p = 0,564$	$r = -0,079$ $p = 0,619$	$r = -0,115$ $p = 0,468$
sozial verträglich	$r = 0,049$ $p = 0,758$	$r = -0,055$ $p = 0,730$	$r = -0,055$ $p = 0,730$	$r = 0,003$ $p = 0,987$
extrovertiert	$r = -0,043$ $p = 0,786$	$r = -0,030$ $p = 0,850$	$r = -0,069$ $p = 0,666$	$r = -0,062$ $p = 0,697$
FA Körper	$r = 0,018$ $p = 0,911$	$r = 0,323$ $p = 0,037$	$r = -0,073$ $p = 0,644$	$r = 0,108$ $p = 0,495$
FA Gesicht	$r = 0,093$ $p = 0,559$	$r = 0,303$ $p = 0,051$	$r = 0,081$ $p = 0,611$	$r = 0,219$ $p = 0,163$

Tabelle B.5: Pearson-Korrelationen zwischen gegengeschlechtlich bewerteten männlichen Stimmen und gemessenen Parametern der mittleren Fundamentalfrequenz, der Standardabweichung der Fundamentalfrequenz, dem Minimum und dem Maximum der Fundamentalfrequenz.

Bewertungen Stimme Mann / FA	Mittlere Fundamental- frequenz	Standard- abweichung von f_0	Minimum von f_0	Maximum von f_0
männlich - weiblich	r=0,675 p ≤ 0,001	r = 0,311 p = 0,051	r=0,662 p ≤ 0,001	r=0,673 p ≤ 0,001
feindlich - freundlich	r = -0,278 p = 0,082	r = 0,220 p = 0,172	r=-0,348 p = 0,028	r = 0,211 p = 0,192
unterwürfig - dominant	r = -0,267 p = 0,096	r = -0,159 p = 0,328	r = -0,241 p = 0,135	r = -0,271 p = 0,090
krank - gesund	r = -0,249 p = 0,096	r = 0,090 p = 0,581	r = -0,280 p = 0,080	r = -0,206 p = 0,202
egoistisch - kooperativ	r = -0,089 p = 0,585	r = 0,185 p = 0,253	r = -0,141 p = 0,386	r = -0,047 p = 0,774
unattraktiv - attraktiv	r = -0,602 p ≤ 0,001	r = -0,148 p = 0,362	r = -0,628 p ≤ 0,001	r = -0,588 p ≤ 0,001
gewissenhaft	r = 0,143 p = 0,380	r = -0,115 p = 0,481	r = 0,184 p = 0,257	r = 0,128 p = 0,430
fürsorglich	r = -0,287 p = 0,073	r = 0,018 p = 0,913	r=-0,316 p = 0,047	r = -0,245 p = 0,127
emotional stabil	r = -0,478 p = 0,002	r=-0,069 p = 0,672	r = -0,492 p ≤ 0,001	r = -0,447 p = 0,004
offen gegenüber Neuem	r=-0,344 p = 0,030	r=0,069 p = 0,672	r=-0,398 p = 0,011	r=-0,321 p = 0,044
sexy	r=-0,647 p ≤ 0,001	r = -0,232 p = 0,149	r=-0,659 p ≤ 0,001	r=-0,644 p ≤ 0,001
sozial verträglich	r = -0,296 p = 0,064	r = 0,112 p = 0,492	r=-0,355 p = 0,025	r = -0,264 p = 0,100
extrovertiert	r=-0,316 p = 0,047	r = 0,007 p = 0,962	r=-0,341 p = 0,031	r = -0,295 p = 0,064
FA Körper	r = 0,053 p = 0,746	r = 0,135 p = 0,407	r = 0,045 p = 0,784	r = 0,088 p = 0,588
FA Gesicht	r = -0,205 p = 0,204	r = 0,083 p = 0,611	r = -0,283 p = 0,150	r = -0,144 p = 0,375

Tabelle B.6: Pearson-Korrelationen der männlichen Bewertungen weiblicher Stimmen und der Differenzen zum geschlechtsspezifischen weiblichen Mittelwert der Fundamentalfrequenz, dem Minimum und dem Maximum der Fundamentalfrequenz.

Bewertungen Stimme Frau / FA	Differenz zum geschlechtsspezifischen Mittelwert von		
	Fundamental- frequenz f_0	Minimum von f_0	Maximum von f_0
männlich - weiblich	$r = -0,272$ $p = 0,079$	$r = -0,208$ $p = 0,186$	$r = -0,007$ $p = 0,965$
feindlich - freundlich	$r = -0,166$ $p = 0,293$	$r = -0,137$ $p = 0,386$	$r = -0,024$ $p = 0,880$
unterwürfig - dominant	$r = -0,007$ $p = 0,966$	$r = -0,016$ $p = 0,921$	$r = -0,088$ $p = 0,581$
krank - gesund	$r = -0,310$ $p = 0,046$	$r = -0,294$ $p = 0,059$	$r = -0,157$ $p = 0,320$
egoistisch - kooperativ	$r = -0,184$ $p = 0,243$	$r = -0,101$ $p = 0,526$	$r = 0,027$ $p = 0,863$
unattraktiv - attraktiv	$r = -0,487$ $p \leq 0,001$	$r = -0,436$ $p = 0,004$	$r = -0,225$ $p = 0,152$
gewissenhaft	$r = 0,064$ $p = 0,685$	$r = 0,103$ $p = 0,517$	$r = -0,018$ $p = 0,909$
fürsorglich	$r = -0,164$ $p = 0,301$	$r = -0,077$ $p = 0,627$	$r = 0,011$ $p = 0,944$
emotional stabil	$r = -0,113$ $p = 0,476$	$r = -0,091$ $p = 0,567$	$r = -0,048$ $p = 0,765$
offen gegenüber Neuem	$r = -0,467$ $p = 0,002$	$r = -0,339$ $p = 0,028$	$r = -0,215$ $p = 0,171$
sexy	$r = -0,443$ $p = 0,003$	$r = -0,397$ $p = 0,009$	$r = -0,214$ $p = 0,173$
sozial verträglich	$r = -0,263$ $p = 0,093$	$r = -0,113$ $p = 0,475$	$r = -0,090$ $p = 0,570$
extrovertiert	$r = -0,308$ $p = 0,047$	$r = -0,266$ $p = 0,089$	$r = -0,157$ $p = 0,322$
FA Körper	$r = 0,214$ $p = 0,173$	$r = 0,139$ $p = 0,380$	$r = 0,255$ $p = 0,103$
FA Gesicht	$r = 0,161$ $p = 0,308$	$r = 0,119$ $p = 0,453$	$r = 0,051$ $p = 0,747$

Tabelle B.7: Pearson-Korrelationen der weiblichen Bewertungen männlicher Stimmen und der Differenzen zum geschlechtsspezifischen männlichen Mittelwert der Fundamentalfrequenz, dem Minimum und dem Maximum der Fundamentalfrequenz.

Bewertungen Stimme Mann / FA	Differenz zum geschlechtsspezifischen Mittelwert von		
	Fundamental- frequenz f_0	Minimum von f_0	Maximum von f_0
männlich - weiblich	$r = -0,022$ $p = 0,891$	$r = 0,030$ $p = 0,853$	$r = 0,166$ $p = 0,305$
feindlich - freundlich	$r = -0,150$ $p = 0,355$	$r = -0,128$ $p = 0,433$	$r = -0,236$ $p = 0,143$
unterwürfig - dominant	$r = 0,188$ $p = 0,246$	$r = -0,112$ $p = 0,492$	$r = 0,095$ $p = 0,561$
krank - gesund	$r = -0,006$ $p = 0,970$	$r = -0,138$ $p = 0,397$	$r = -0,024$ $p = 0,883$
egoistisch - kooperativ	$r = 0,244$ $p = 0,130$	$r = 0,148$ $p = 0,362$	$r = -0,188$ $p = 0,245$
unattraktiv - attraktiv	$r = -0,084$ $p = 0,608$	$r = -0,156$ $p = 0,335$	$r = -0,091$ $p = 0,576$
gewissenhaft	$r = -0,054$ $p = 0,741$	$r = 0,025$ $p = 0,879$	$r = 0,081$ $p = 0,618$
fürsorglich	$r = -0,334$ $p = 0,035$	$r = -0,267$ $p = 0,096$	$r = -0,358$ $p = 0,023$
emotional stabil	$r = 0,124$ $p = 0,448$	$r = -0,007$ $p = 0,968$	$r = -0,001$ $p = 0,993$
offen gegenüber Neuem	$r = -0,073$ $p = 0,653$	$r = -0,121$ $p = 0,458$	$r = -0,164$ $p = 0,312$
sexy	$r = -0,075$ $p = 0,646$	$r = -0,155$ $p = 0,340$	$r = -0,083$ $p = 0,609$
sozial verträglich	$r = -0,155$ $p = 0,341$	$r = -0,158$ $p = 0,329$	$r = -0,165$ $p = 0,309$
extrovertiert	$r = 0,134$ $p = 0,411$	$r = 0,021$ $p = 0,900$	$r = 0,063$ $p = 0,700$
FA Körper	$r = -0,031$ $p = 0,850$	$r = -0,022$ $p = 0,895$	$r = -0,063$ $p = 0,700$
FA Gesicht	$r = 0,055$ $p = 0,735$	$r = 0,113$ $p = 0,489$	$r = 0,033$ $p = 0,839$

Tabelle B.8: Pearson-Korrelationen zwischen den jeweils gegengeschlechtlich bewerteten Stimmen sowie den fluktuierenden Asymmetrien und gemessenen Pertubationsmaßen lokaler *Jitter* und lokaler *Shimmer*.

Bewertungen Stimme Frau	Jitter Frau	Shimmer Frau	Bewertungen Stimme Mann	Jitter Mann	Shimmer Mann
männlich - weiblich	$r = -0,179$ $p = 0,257$	$r = -0,254$ $p = 0,105$	männlich - weiblich	$r = -0,487$ $p \leq 0,001$	$r = -0,169$ $p = 0,298$
feindlich - freundlich	$r = -0,133$ $p = 0,401$	$r = -0,280$ $p = 0,072$	feindlich - freundlich	$r = 0,431$ $p = 0,006$	$r = 0,103$ $p = 0,527$
unterwürfig - dominant	$r = -0,098$ $p = 0,535$	$r = 0,167$ $p = 0,289$	unterwürfig - dominant	$r = 0,190$ $p = 0,240$	$r = 0,154$ $p = 0,343$
krank - gesund	$r = -0,366$ $p = 0,017$	$r = -0,356$ $p = 0,020$	krank - gesund	$r = 0,223$ $p = 0,167$	$r = 0,122$ $p = 0,454$
egoistisch - kooperativ	$r = 0,067$ $p = 0,631$	$r = -0,333$ $p = 0,031$	egoistisch - kooperativ	$r = 0,241$ $p = 0,134$	$r = 0,035$ $p = 0,830$
unattraktiv - attraktiv	$r = -0,031$ $p = 0,847$	$r = -0,339$ $p = 0,023$	unattraktiv - attraktiv	$r = 0,422$ $p = 0,007$	$r = 0,001$ $p = 0,995$
gewissenhaft	$r = -0,119$ $p = 0,454$	$r = -0,300$ $p = 0,053$	gewissenhaft	$r = 0,030$ $p = 0,856$	$r = 0,088$ $p = 0,589$
fürsorglich	$r = -0,067$ $p = 0,674$	$r = -0,392$ $p = 0,010$	fürsorglich	$r = 0,303$ $p = 0,057$	$r = 0,057$ $p = 0,727$
emotional stabil	$r = -0,260$ $p = 0,097$	$r = -0,165$ $p = 0,298$	emotional stabil	$r = 0,445$ $p = 0,004$	$r = 0,263$ $p = 0,100$
offen gegenüber Neuem	$r = -0,046$ $p = 0,772$	$r = -0,109$ $p = 0,490$	offen gegenüber Neuem	$r = 0,230$ $p = 0,154$	$r = -0,054$ $p = 0,740$
sexy	$r = -0,025$ $p = 0,876$	$r = -0,224$ $p = 0,154$	sexy	$r = 0,386$ $p = 0,037$	$r = -0,008$ $p = 0,959$
sozial verträglich	$r = -0,038$ $p = 0,810$	$r = -0,409$ $p = 0,007$	sozial verträglich	$r = 0,330$ $p = 0,037$	$r = 0,078$ $p = 0,634$
extrovertiert	$r = -0,119$ $p = 0,454$	$r = -0,043$ $p = 0,787$	extrovertiert	$r = 0,239$ $p = 0,137$	$r = 0,053$ $p = 0,744$
FA Körper	$r = 0,219$ $p = 0,163$	$r = 0,496$ $p \leq 0,001$	FA Körper	$r = -0,065$ $p = 0,692$	$r = 0,054$ $p = 0,739$
FA Gesicht	$r = 0,070$ $p = 0,660$	$r = 0,362$ $p = 0,018$	FA Gesicht	$r = 0,154$ $p = 0,343$	$r = -0,068$ $p = 0,876$

Tabelle B.9: Pearson-Korrelationen zwischen den gegengeschlechtlich bewerteten Stimmen und dem mittleren Harmonie-Rausch-Verhältnis (HNR) über den gesamten Frequenzbereich.

Bewertungen Stimme Frau / FA	Mittelwert von HNR	Bewertungen Stimme Mann / FA	Mittelwert von HNR
männlich - weiblich	$r = 0,021$ $p = 0,894$	männlich - weiblich	$r = 0,173$ $p = 0,285$
feindlich - freundlich	$r = 0,311$ $p = 0,045$	feindlich - freundlich	$r = -0,188$ $p = 0,245$
unterwürfig - dominant	$r = -0,364$ $p = 0,018$	unterwürfig - dominant	$r = 0,295$ $p = 0,064$
krank - gesund	$r = 0,242$ $p = 0,122$	krank - gesund	$r = -0,233$ $p = 0,147$
egoistisch - kooperativ	$r = 0,380$ $p = 0,013$	egoistisch - kooperativ	$r = 0,071$ $p = 0,665$
unattraktiv - attraktiv	$r = 0,132$ $p = 0,405$	unattraktiv - attraktiv	$r = -0,168$ $p = 0,300$
gewissenhaft	$r = 0,055$ $p = 0,730$	gewissenhaft	$r = 0,049$ $p = 0,765$
fürsorglich	$r = 0,142$ $p = 0,370$	fürsorglich	$r = -0,004$ $p = 0,979$
emotional stabil	$r = -0,078$ $p = 0,622$	emotional stabil	$r = -0,349$ $p = 0,027$
offen gegenüber Neuem	$r = 0,181$ $p = 0,251$	offen gegenüber Neuem	$r = -0,053$ $p = 0,746$
sexy	$r = 0,142$ $p = 0,368$	sexy	$r = -0,165$ $r = 0,309$
sozial verträglich	$r = 0,332$ $p = 0,032$	sozial verträglich	$r = -0,104$ $p = 0,522$
extrovertiert	$r = -0,225$ $p = 0,151$	extrovertiert	$r = -0,245$ $p = 0,127$
FA Körper	$r = -0,425$ $p = 0,005$	FA Körper	$r = -0,164$ $p = 0,311$
FA Gesicht	$r = -0,282$ $p = 0,070$	FA Gesicht	$r = 0,082$ $p = 0,616$

Tabelle B.10: Pearson-Korrelationen zwischen den durch Männer bewerteten weiblichen Stimmen und dem mittleren Harmonie-Rausch-Verhältnis (HNR) sowie der Standardabweichung von HNR bei einer Tiefpassfilterung der Frequenzbereiche von 500, 2000 und 5000 Hz.

Bewertungen Stimme Frau / FA	Mittleres HNR 500 Hz	Mittleres HNR 2000 Hz	Mittleres HNR 5000 Hz
männlich - weiblich	r = 0,161 p = 0,307	r = 0,068 p = 0,666	r = 0,032 p = 0,840
feindlich - freundlich	r = 0,281 p = 0,071	r = 0,307 p = 0,048	r = 0,319 p = 0,039
unterwürfig - dominant	r = -0,298 p = 0,055	r = -0,334 p = 0,031	r = -0,367 p = 0,017
krank - gesund	r = 0,317 p = 0,041	r = 0,265 p = 0,089	r = 0,246 p = 0,117
egoistisch - kooperativ	r = 0,293 p = 0,060	r = 0,347 p = 0,024	r = 0,385 p = 0,012
unattraktiv - attraktiv	r = 0,146 p = 0,356	r = 0,112 p = 0,479	r = 0,140 p = 0,378
gewissenhaft	r = 0,003 p = 0,986	r = 0,018 p = 0,912	r = 0,054 p = 0,732
fürsorglich	r = 0,082 p = 0,606	r = 0,107 p = 0,501	r = 0,146 p = 0,355
emotional stabil	r = -0,099 p = 0,532	r = -0,097 p = 0,543	r = -0,081 p = 0,611
offen gegenüber Neuem	r = 0,176 p = 0,266	r = 0,159 p = 0,313	r = 0,186 p = 0,232
sexy	r = 0,138 p = 0,384	r = 0,099 p = 0,534	r = 0,149 p = 0,345
sozial verträglich	r = 0,299 p = 0,054	r = 0,316 p = 0,042	r = 0,339 p = 0,028
extrovertiert	r = -0,157 p = 0,320	r = -0,236 p = 0,132	r = -0,222 p = 0,158
FA Körper	r = -0,486 p ≤ 0,001	r = -0,457 p = 0,002	r = -0,431 p = 0,004
FA Gesicht	r = -0,349 p = 0,023	r = -0,301 p = 0,053	r = -0,283 p = 0,069

Tabelle B.11: Pearson-Korrelationen zwischen den durch Frauen bewerteten männlichen Stimmen und dem mittleren Harmonie-Rausch-Verhältnis (HNR) sowie der Standardabweichung von HNR bei einer Tiefpassfilterung mit 500, 2000 und 5000 Hz.

Bewertungen Stimme Frau / FA	Mittleres HNR 500 Hz	Mittleres HNR 2000 Hz	Mittleres HNR 5000 Hz
männlich - weiblich	r = 0,394 p = 0,012	r = 0,345 p = 0,029	r = 0,175 p = 0,280
feindlich - freundlich	r = -0,336 p = 0,034	r = -0,312 p = 0,050	r = -0,186 p = 0,250
unterwürfig - dominant	r = -0,295 p = 0,065	r = -0,338 p = 0,033	r = -0,295 p = 0,064
krank - gesund	r = -0,255 p = 0,112	r = -0,326 p = 0,040	r = -0,232 p = 0,149
egoistisch - kooperativ	r = -0,032 p = 0,844	r = -0,003 p = 0,985	r = 0,074 p = 0,652
unattraktiv - attraktiv	r = -0,330 p = 0,044	r = -0,318 p = 0,046	r = -0,167 p = 0,302
gewissenhaft	r = 0,107 p = 0,513	r = 0,049 p = 0,756	r = 0,048 p = 0,768
fürsorglich	r = -0,133 p = 0,412	r = -0,111 p = 0,495	r = -0,004 p = 0,980
emotional stabil	r = -0,422 p = 0,007	r = -0,471 p = 0,002	r = -0,348 p = 0,028
offen gegenüber Neuem	r = -0,216 p = 0,181	r = -0,196 p = 0,225	r = -0,052 p = 0,752
sexy	r = -0,343 p = 0,030	r = -0,323 p = 0,042	r = -0,165 p = 0,309
sozial verträglich	r = -0,235 p = 0,144	r = -0,221 p = 0,171	r = -0,103 p = 0,528
extrovertiert	r = -0,318 p = 0,046	r = -0,345 p = 0,029	r = -0,244 p = 0,129
FA Körper	r = -0,159 p = 0,328	r = -0,127 p = 0,435	r = -0,166 p = 0,305
FA Gesicht	r = -0,147 p = 0,364	r = 0,-096 p = 0,556	r = 0,-084 p = 0,604

Tabelle B.12: Pearson-Korrelationen der durch Männer bewerteten weiblichen Stimmen und über den gesamten Vokal ermittelten euklidischen Distanzen zum geschlechtsspezifisch weiblichen Mittelwert der Frequenzpaare aus Fundamentalfrequenz (f_0) und den Formanten F1 bis F5.

Bewertungen Stimme Frau / FA	Euklidische Distanzen zum Mittelwert der Frequenzpaare				
	$f_0/F1$	$f_0/F2$	$f_0/F3$	$f_0/F4$	$f_0/F5$
männlich - weiblich	$r = -0,173$ $p = 0,273$	$r = -0,117$ $p = 0,460$	$r = -0,097$ $p = 0,542$	$r = -0,086$ $p = 0,586$	$r = -0,067$ $p = 0,672$
feindlich - freundlich	$r = -0,210$ $p = 0,182$	$r = -0,169$ $p = 0,401$	$r = -0,175$ $p = 0,269$	$r = -0,150$ $p = 0,342$	$r = -0,135$ $p = 0,393$
unterwürfig - dominant	$r = -0,085$ $p = 0,593$	$r = -0,082$ $p = 0,604$	$r = -0,058$ $p = 0,020$	$r = -0,050$ $p = 0,752$	$r = -0,026$ $p = 0,871$
krank - gesund	$r = -0,344$ $p = 0,030$	$r = -0,435$ $p = 0,004$	$r = -0,358$ $p = 0,020$	$r = -0,384$ $p = 0,012$	$r = -0,299$ $p = 0,055$
egoistisch - kooperativ	$r = -0,094$ $p = 0,555$	$r = 0,084$ $p = 0,597$	$r = 0,117$ $p = 0,461$	$r = 0,095$ $p = 0,550$	$r = 0,122$ $p = 0,440$
unattraktiv - attraktiv	$r = -0,365$ $p = 0,017$	$r = -0,426$ $p = 0,005$	$r = -0,399$ $p = 0,009$	$r = -0,439$ $p = 0,004$	$r = -0,382$ $p = 0,013$
gewissenhaft	$r = -0,170$ $p = 0,282$	$r = -0,123$ $p = 0,439$	$r = -0,127$ $p = 0,423$	$r = -0,174$ $p = 0,271$	$r = -0,051$ $p = 0,746$
fürsorglich	$r = -0,203$ $p = 0,196$	$r = -0,081$ $p = 0,612$	$r = -0,085$ $p = 0,591$	$r = -0,174$ $p = 0,271$	$r = -0,061$ $p = 0,702$
emotional stabil	$r = -0,241$ $p = 0,124$	$r = -0,279$ $p = 0,074$	$r = -0,255$ $p = 0,104$	$r = -0,249$ $p = 0,111$	$r = -0,184$ $p = 0,244$
offen gegenüber Neuem	$r = -0,390$ $p = 0,011$	$r = -0,384$ $p = 0,012$	$r = -0,436$ $p = 0,004$	$r = -0,378$ $p = 0,013$	$r = -0,387$ $p = 0,011$
sexy	$r = -0,313$ $p = 0,044$	$r = -0,349$ $p = 0,023$	$r = -0,324$ $p = 0,036$	$r = -0,355$ $p = 0,021$	$r = -0,288$ $p = 0,065$
sozial verträglich	$r = -0,123$ $p = 0,438$	$r = -0,117$ $p = 0,459$	$r = -0,205$ $p = 0,192$	$r = -0,167$ $p = 0,292$	$r = -0,203$ $p = 0,198$
extrovertiert	$r = -0,148$ $p = 0,348$	$r = -0,194$ $p = 0,218$	$r = -0,219$ $p = 0,164$	$r = -0,167$ $p = 0,289$	$r = -0,189$ $p = 0,229$
FA Körper	$r = 0,373$ $p = 0,015$	$r = 0,324$ $p = 0,036$	$r = 0,288$ $p = 0,064$	$r = 0,265$ $p = 0,090$	$r = 0,250$ $p = 0,110$
FA Gesicht	$r = 0,318$ $p = 0,040$	$r = 0,302$ $p = 0,052$	$r = 0,178$ $p = 0,258$	$r = 0,225$ $p = 0,151$	$r = 0,207$ $p = 0,188$

Tabelle B.13: Pearson-Korrelationen der von Männer bewerteten weiblichen Stimmen und über den gesamten Vokal ermittelten euklidischen Distanzen zum geschlechtsspezifisch weiblichen Mittelwert der Frequenzpaare von erster Formante (F1) und Fundamentalfrequenz (f_0) sowie den Formanten F2-F5.

Bewertungen Stimme Frau / FA	Euklidische Distanzen zum Mittelwert der Frequenzpaare				
	F1/ f_0	F1/F2	F1/F3	F1/F4	F1/F5
männlich - weiblich	r = -0,173 p = 0,273	r = -0,050 p = 0,757	r = -0,058 p = 0,714	r = -0,038 p = 0,813	r = 0,030 p = 0,848
feindlich - freundlich	r = -0,210 p = 0,182	r = -0,146 p = 0,355	r = -0,163 p = 0,304	r = -0,110 p = 0,488	r = -0,066 p = 0,678
unterwürfig - dominant	r = -0,085 p = 0,593	r = -0,038 p = 0,812	r = -0,072 p = 0,649	r = -0,037 p = 0,814	r = -0,077 p = 0,626
krank - gesund	r = -0,344 p = 0,030	r = -0,151 p = 0,339	r = -0,107 p = 0,500	r = -0,134 p = 0,397	r = -0,001 p = 0,994
egoistisch - kooperativ	r = -0,094 p = 0,555	r = -0,035 p = 0,828	r = -0,067 p = 0,674	r = -0,032 p = 0,841	r = 0,035 p = 0,827
unattraktiv - attraktiv	r = -0,365 p = 0,017	r = -0,087 p = 0,585	r = -0,127 p = 0,422	r = -0,169 p = 0,285	r = -0,055 p = 0,728
gewissenhaft	r = -0,170 p = 0,282	r = -0,145 p = 0,360	r = -0,173 p = 0,274	r = -0,174 p = 0,270	r = -0,031 p = 0,847
fürsorglich	r = -0,203 p = 0,196	r = -0,222 p = 0,159	r = -0,232 p = 0,139	r = -0,176 p = 0,265	r = -0,165 p = 0,298
emotional stabil	r = -0,241 p = 0,124	r = -0,147 p = 0,354	r = -0,169 p = 0,285	r = -0,138 p = 0,383	r = -0,081 p = 0,609
offen gegenüber Neuem	r = -0,390 p = 0,011	r = -0,104 p = 0,511	r = -0,171 p = 0,279	r = -0,121 p = 0,447	r = -0,087 p = 0,624
sexy	r = -0,313 p = 0,044	r = -0,125 p = 0,430	r = -0,153 p = 0,332	r = -0,182 p = 0,248	r = -0,051 p = 0,748
sozial verträglich	r = -0,123 p = 0,438	r = 0,037 p = 0,814	r = -0,032 p = 0,838	r = -0,008 p = 0,958	r = -0,017 p = 0,917
extrovertiert	r = -0,148 p = 0,348	r = 0,017 p = 0,913	r = 0,055 p = 0,728	r = -0,043 p = 0,787	r = -0,019 p = 0,916
FA Körper	r = 0,373 p = 0,015	r = 0,191 p = 0,226	r = 0,181 p = 0,252	r = 0,129 p = 0,416	r = 0,088 p = 0,581
FA Gesicht	r = 0,318 p = 0,040	r = 0,282 p = 0,070	r = 0,252 p = 0,107	r = 0,210 p = 0,181	r = 0,229 p = 0,144

Tabelle B.14: Pearson-Korrelationen der von Männern bewerteten weiblichen Stimmen und über den gesamten Vokal ermittelten euklidischen Distanzen zum geschlechtsspezifisch weiblichen Mittelwert der Frequenzen von zweiter (F2), dritter (F3), vierter Formante (F4) und den korrespondierenden Formanten F3-F5.

Bewertungen Stimme Frau / FA	Euklidische Distanzen zum Mittelwert der Frequenzpaare					
	F2/F3	F2/F4	F2/F5	F3/F4	F3/F5	F4/F5
männlich - weiblich	r = 0,237 p = 0,130	r = 0,198 p = 0,208	r = 0,326 p = 0,035	r = 0,223 p = 0,156	r = 0,382 p = 0,013	r = 0,280 p = 0,073
feindlich - freundlich	r = -0,009 p = 0,953	r = 0,030 p = 0,848	r = 0,110 p = 0,487	r = 0,026 p = 0,871	r = 0,150 p = 0,344	r = 0,127 p = 0,421
unterwürfig - dominant	r = -0,166 p = 0,295	r = -0,031 p = 0,847	r = -0,093 p = 0,559	r = -0,106 p = 0,505	r = -0,161 p = 0,307	r = -0,050 p = 0,754
krank - gesund	r = -0,225 p = 0,151	r = -0,185 p = 0,241	r = -0,014 p = 0,931	r = -0,170 p = 0,282	r = 0,102 p = 0,521	r = -0,001 p = 0,995
egoistisch - kooperativ	r = 0,063 p = 0,692	r = 0,061 p = 0,700	r = 0,083 p = 0,600	r = 0,023 p = 0,887	r = 0,058 p = 0,717	r = 0,063 p = 0,690
unattraktiv - attraktiv	r = -0,038 p = 0,813	r = -0,104 p = 0,511	r = 0,025 p = 0,874	r = -0,155 p = 0,326	r = 0,067 p = 0,672	r = -0,092 p = 0,562
gewissenhaft	r = -0,195 p = 0,217	r = -0,143 p = 0,367	r = 0,056 p = 0,725	r = -0,189 p = 0,230	r = 0,065 p = 0,684	r = 0,029 p = 0,856
fürsorglich	r = 0,034 p = 0,831	r = 0,044 p = 0,784	r = 0,088 p = 0,578	r = 0,073 p = 0,644	r = 0,153 p = 0,333	r = 0,123 p = 0,159
emotional stabil	r = -0,322 p = 0,037	r = -0,158 p = 0,317	r = -0,115 p = 0,468	r = -0,243 p = 0,121	r = -0,143 p = 0,366	r = -0,081 p = 0,612
offen gegenüber Neuem	r = -0,001 p = 0,997	r = 0,050 p = 0,752	r = 0,132 p = 0,406	r = -0,046 p = 0,771	r = 0,072 p = 0,649	r = 0,062 p = 0,696
sexy	r = -0,078 p = 0,622	r = -0,123 p = 0,438	r = 0,047 p = 0,768	r = -0,156 p = 0,325	r = 0,121 p = 0,447	r = -0,046 p = 0,772
sozial verträglich	r = 0,058 p = 0,715	r = 0,065 p = 0,682	r = 0,095 p = 0,549	r = -0,003 p = 0,984	r = 0,046 p = 0,773	r = 0,038 p = 0,813
extrovertiert	r = -0,011 p = 0,944	r = 0,113 p = 0,467	r = 0,106 p = 0,502	r = 0,008 p = 0,960	r = 0,003 p = 0,986	r = 0,094 p = 0,555
FA Körper	r = -0,030 p = 0,850	r = 0,082 p = 0,606	r = -0,224 p = 0,153	r = -0,095 p = 0,548	r = -0,251 p = 0,109	r = -0,245 p = 0,118
FA Gesicht	r = 0,160 p = 0,311	r = 0,093 p = 0,558	r = 0,071 p = 0,653	r = 0,061 p = 0,702	r = -0,007 p = 0,965	r = -0,035 p = 0,827

Tabelle B.15: Pearson-Korrelationen der durch Frauen bewerteten männlichen Stimmen und über den gesamten Vokal ermittelten euklidischen Distanzen zum geschlechtsspezifisch männlichen Mittelwert der Frequenzpaare aus Fundamentalfrequenz (f_0) und den Formanten F1 bis F5.

Bewertungen Stimme Mann / FA	Euklidische Distanzen zum Mittelwert der Frequenzpaare				
	$f_0/F1$	$f_0/F2$	$f_0/F3$	$f_0/F4$	$f_0/F5$
männlich - weiblich	r = 0,360 p = 0,023	r = 0,223 p = 0,176	r = 0,203 p = 0,208	r = 0,213 p = 0,187	r = 0,190 p = 0,241
feindlich - freundlich	r = -0,254 p = 0,114	r = 0,270 p = 0,092	r = -0,222 p = 0,169	r = -0,206 p = 0,203	r = -0,239 p = 0,138
unterwürfig - dominant	r = 0,094 p = 0,563	r = 0,140 p = 0,390	r = 0,137 p = 0,398	r = 0,142 p = 0,382	r = 0,172 p = 0,288
krank - gesund	r = -0,087 p = 0,592	r = -0,071 p = 0,664	r = -0,048 p = 0,767	r = -0,035 p = 0,829	r = -0,011 p = 0,946
egoistisch - kooperativ	r = -0,246 p = 0,126	r = -0,256 p = 0,110	r = -0,225 p = 0,162	r = -0,214 p = 0,184	r = -0,242 p = 0,133
unattraktiv - attraktiv	r = -0,330 p = 0,037	r = -0,239 p = 0,137	r = -0,199 p = 0,217	r = -0,181 p = 0,262	r = -0,180 p = 0,266
gewissenhaft	r = 0,078 p = 0,632	r = 0,067 p = 0,642	r = 0,053 p = 0,744	r = 0,054 p = 0,743	r = 0,058 p = 0,723
fürsorglich	r = -0,442 p = 0,004	r = -0,441 p = 0,004	r = -0,412 p = 0,008	r = -0,413 p = 0,008	r = -0,409 p = 0,009
emotional stabil	r = -0,149 p = 0,360	r = -0,083 p = 0,611	r = -0,047 p = 0,776	r = -0,050 p = 0,759	r = -0,021 p = 0,899
offen gegenüber Neuem	r = -0,261 p = 0,104	r = -0,178 p = 0,271	r = -0,118 p = 0,469	r = -0,119 p = 0,465	r = -0,136 p = 0,402
sexy	r = -0,380 p = 0,015	r = -0,266 p = 0,098	r = -0,233 p = 0,148	r = -0,221 p = 0,170	r = -0,215 p = 0,182
sozial verträglich	r = -0,290 p = 0,070	r = -0,260 p = 0,106	r = -0,205 p = 0,204	r = -0,207 p = 0,201	r = -0,217 p = 0,179
extrovertiert	r = -0,071 p = 0,665	r = 0,014 p = 0,930	r = 0,042 p = 0,799	r = 0,059 p = 0,715	r = 0,070 p = 0,666
FA Körper	r = -0,067 p = 0,681	r = -0,177 p = 0,274	r = -0,199 p = 0,218	r = -0,215 p = 0,182	r = -0,163 p = 0,315
FA Gesicht	r = -0,116 p = 0,467	r = -0,113 p = 0,488	r = -0,084 p = 0,607	r = -0,130 p = 0,425	r = -0,072 p = 0,660

Tabelle B.16: Pearson-Korrelationen der von Frauen bewerteten männlichen Stimmen und über den gesamten Vokal ermittelten euklidischen Distanzen zum geschlechtsspezifisch männlichen Mittelwert der Frequenzpaare von erster Formante (F1) und Fundamentalfrequenz (f0) sowie den Formanten F2-F5.

Bewertungen Stimme Mann / FA	Euklidische Distanzen zum Mittelwert der Frequenzpaare				
	F1/f ₀	F1/F2	F1/F3	F1/F4	F1/F5
männlich - weiblich	r = 0,360 p = 0,023	r = 0,398 p = 0,011	r = 0,455 p = 0,003	r = 0,450 p = 0,004	r = 0,402 p = 0,010
feindlich - freundlich	r = -0,254 p = 0,114	r = -0,276 p = 0,085	r = -0,139 p = 0,394	r = -0,076 p = 0,643	r = -0,163 p = 0,316
unterwürfig - dominant	r = 0,094 p = 0,563	r = -0,033 p = 0,840	r = -0,120 p = 0,460	r = -0,066 p = 0,687	r = -0,088 p = 0,119
krank - gesund	r = -0,087 p = 0,592	r = -0,254 p = 0,114	r = -0,185 p = 0,252	r = -0,129 p = 0,429	r = -0,119 p = 0,463
egoistisch - kooperativ	r = -0,246 p = 0,126	r = -0,215 p = 0,183	r = -0,097 p = 0,553	r = -0,083 p = 0,610	r = 0,101 p = 0,536
unattraktiv - attraktiv	r = -0,330 p = 0,037	r = -0,472 p = 0,002	r = -0,421 p = 0,007	r = -0,348 p = 0,028	r = -0,373 p = 0,018
gewissenhaft	r = 0,078 p = 0,632	r = 0,229 p = 0,156	r = 0,162 p = 0,318	r = 0,170 p = 0,295	r = 0,186 p = 0,251
fürsorglich	r = -0,442 p = 0,004	r = -0,299 p = 0,060	r = -0,197 p = 0,233	r = -0,196 p = 0,226	r = -0,143 p = 0,378
emotional stabil	r = -0,149 p = 0,360	r = -0,334 p = 0,035	r = -0,318 p = 0,046	r = -0,275 p = 0,086	r = -0,255 p = 0,112
offen gegenüber Neuem	r = -0,261 p = 0,104	r = -0,546 p ≤ 0,001	r = -0,459 p = 0,003	r = -0,401 p = 0,010	r = -0,468 p = 0,002
sexy	r = -0,380 p = 0,015	r = -0,509 p ≤ 0,001	r = -0,504 p ≤ 0,001	r = -0,434 p = 0,005	r = -0,428 p = 0,006
sozial verträglich	r = -0,290 p = 0,070	r = -0,420 p = 0,007	r = -0,315 p = 0,047	r = -0,282 p = 0,078	r = -0,287 p = 0,072
extrovertiert	r = -0,071 p = 0,665	r = -0,349 p = 0,027	r = -0,340 p = 0,032	r = -0,260 p = 0,105	r = -0,276 p = 0,085
FA Körper	r = -0,067 p = 0,681	r = 0,266 p = 0,097	r = 0,260 p = 0,105	r = 0,188 p = 0,246	r = 0,323 p = 0,042
FA Gesicht	r = -0,116 p = 0,467	r = -0,190 p = 0,239	r = -0,088 p = 0,587	r = -0,124 p = 0,444	r = -0,048 p = 0,766

Tabelle B.17: Pearson-Korrelationen der von Frauen bewerteten männlichen Stimmen und über den gesamten Vokal ermittelten euklidischen Distanzen zum geschlechtsspez. männlichen Mittelwert der Frequenzen von zweiter (F2), dritter (F3), vierter Formante (F4) und den korrespondierenden Formanten F3-F5.

Euklidische Distanzen zum Mittelwert der Frequenzpaare						
Bewertungen						
Stimme Mann / FA	F2/F3	F2/F4	F2/F5	F3/F4	F3/F5	F4/F5
männlich -	r = -0,039	r = -0,055	r = -0,042	r = -0,161	r = -0,089	r = -0,085
weiblich	p = 0,810	p = 0,763	p = 0,797	p = 0,322	p = 0,585	p = 0,603
feindlich -	r = -0,336	r = -0,262	r = -0,302	r = 0,110	r = -0,082	r = 0,053
freundlich	p = 0,034	p = 0,102	p = 0,487	p = 0,497	p = 0,617	p = 0,743
unterwürfig -	r = 0,101	r = 0,209	r = 0,096	r = 0,118	r = -0,082	r = 0,005
dominant	p = 0,536	p = 0,196	p = 0,555	p = 0,486	p = 0,615	p = 0,974
krank -	r = -0,297	r = -0,194	r = -0,154	r = 0,011	r = -0,056	r = 0,010
gesund	p = 0,063	p = 0,231	p = 0,343	p = 0,947	p = 0,730	p = 0,950
egoistisch -	r = -0,198	r = -0,195	r = -0,151	r = 0,137	r = 0,127	r = 0,163
kooperativ	p = 0,221	p = 0,227	p = 0,353	p = 0,400	p = 0,433	p = 0,315
unattraktiv -	r = -0,285	r = -0,213	r = -0,219	r = 0,139	r = -0,063	r = 0,046
attraktiv	p = 0,074	p = 0,187	p = 0,175	p = 0,394	p = 0,697	p = 0,780
gewissenhaft	r = 0,329	r = 0,291	r = 0,306	r = 0,115	r = 0,154	r = 0,131
	p = 0,038	p = 0,068	p = 0,055	p = 0,479	p = 0,343	p = 0,420
fürsorglich	r = -0,235	r = -0,259	r = -0,082	r = 0,062	r = 0,171	r = 0,187
	p = 0,144	p = 0,107	p = 0,616	p = 0,704	p = 0,292	p = 0,248
emotional stabil	r = -0,181	r = -0,107	r = -0,089	r = 0,077	r = -0,037	r = 0,009
	p = 0,263	p = 0,510	p = 0,585	p = 0,638	p = 0,823	p = 0,958
offen gegenüber Neuem	r = -0,464	r = -0,378	r = -0,431	r = 0,009	r = -0,220	r = -0,133
	p = 0,003	p = 0,016	p = 0,006	p = 0,956	p = 0,173	p = 0,414
sexy	r = -0,283	r = -0,198	r = -0,195	r = 0,064	r = -0,063	r = 0,034
	p = 0,077	p = 0,220	p = 0,229	p = 0,696	p = 0,698	p = 0,853
sozial verträglich	r = -0,359	r = -0,314	r = -0,269	r = 0,062	r = 0,004	r = 0,054
	p = 0,023	p = 0,049	p = 0,093	p = 0,706	p = 0,980	p = 0,740
extrovertiert	r = -0,289	r = -0,227	r = -0,236	r = 0,005	r = -0,038	r = 0,073
	p = 0,061	p = 0,159	p = 0,142	p = 0,975	p = 0,818	p = 0,654
FA Körper	r = -0,031	r = -0,068	r = 0,123	r = -0,260	r = 0,080	r = 0,026
	p = 0,849	p = 0,676	p = 0,448	p = 0,105	p = 0,622	p = 0,874
FA Gesicht	r = -0,124	r = -0,177	r = -0,050	r = -0,079	r = 0,109	r = 0,062
	p = 0,448	p = 0,275	p = 0,757	p = 0,626	p = 0,504	p = 0,705

Tabelle B.18: Pearson-Korrelationen der durch Männer bewerteten weiblichen Stimmen und der im Zentrum des Vokals ermittelten euklidischen Distanzen zum geschlechtsspezifisch weiblichen Mittelwert der Frequenzpaare aus Fundamentalfrequenz (f_0) und den Formanten F1 bis F5.

Bewertungen Stimme Frau / FA	Euklidische Distanzen zum Mittelwert der Frequenzpaare				
	$f_0/F1$	$f_0/F2$	$f_0/F3$	$f_0/F4$	$f_0/F5$
männlich - weiblich	$r = -0,189$ $p = 0,231$	$r = -0,127$ $p = 0,423$	$r = -0,142$ $p = 0,370$	$r = -0,120$ $p = 0,450$	$r = -0,080$ $p = 0,616$
feindlich - freundlich	$r = -0,227$ $p = 0,148$	$r = -0,195$ $p = 0,216$	$r = -0,207$ $p = 0,188$	$r = -0,192$ $p = 0,224$	$r = -0,167$ $p = 0,292$
unterwürfig - dominant	$r = -0,025$ $p = 0,874$	$r = -0,054$ $p = 0,735$	$r = -0,048$ $p = 0,765$	$r = -0,014$ $p = 0,932$	$r = 0,035$ $p = 0,826$
krank - gesund	$r = -0,317$ $p = 0,040$	$r = -0,451$ $p = 0,003$	$r = -0,381$ $p = 0,013$	$r = -0,402$ $p = 0,008$	$r = -0,277$ $p = 0,076$
egoistisch - kooperativ	$r = -0,132$ $p = 0,405$	$r = -0,119$ $p = 0,455$	$r = -0,145$ $p = 0,361$	$r = -0,141$ $p = 0,372$	$r = -0,158$ $p = 0,317$
unattraktiv - attraktiv	$r = -0,362$ $p = 0,019$	$r = -0,427$ $p = 0,005$	$r = -0,430$ $p = 0,005$	$r = -0,456$ $p = 0,002$	$r = -0,351$ $p = 0,023$
gewissenhaft	$r = -0,155$ $p = 0,326$	$r = -0,150$ $p = 0,342$	$r = -0,140$ $p = 0,378$	$r = -0,188$ $p = 0,232$	$r = -0,048$ $p = 0,761$
fürsorglich	$r = -0,212$ $p = 0,178$	$r = -0,119$ $p = 0,543$	$r = -0,108$ $p = 0,497$	$r = -0,115$ $p = 0,467$	$r = -0,090$ $p = 0,569$
emotional stabil	$r = -0,162$ $p = 0,306$	$r = -0,258$ $p = 0,098$	$r = -0,239$ $p = 0,127$	$r = -0,220$ $p = 0,161$	$r = -0,105$ $p = 0,507$
offen gegenüber Neuem	$r = -0,371$ $p = 0,016$	$r = -0,380$ $p = 0,013$	$r = -0,435$ $p = 0,004$	$r = -0,384$ $p = 0,012$	$r = -0,363$ $p = 0,018$
sexy	$r = -0,324$ $p = 0,037$	$r = -0,374$ $p = 0,015$	$r = -0,357$ $p = 0,020$	$r = -0,384$ $p = 0,012$	$r = -0,274$ $p = 0,079$
sozial verträglich	$r = -0,120$ $p = 0,450$	$r = -0,120$ $p = 0,450$	$r = -0,210$ $p = 0,183$	$r = -0,192$ $p = 0,222$	$r = -0,201$ $p = 0,202$
extrovertiert	$r = -0,135$ $p = 0,396$	$r = -0,175$ $p = 0,269$	$r = -0,219$ $p = 0,163$	$r = -0,152$ $p = 0,336$	$r = -0,128$ $p = 0,420$
FA Körper	$r = 0,388$ $p = 0,011$	$r = 0,360$ $p = 0,019$	$r = 0,320$ $p = 0,039$	$r = 0,292$ $p = 0,060$	$r = 0,284$ $p = 0,069$
FA Gesicht	$r = 0,293$ $p = 0,060$	$r = 0,294$ $p = 0,058$	$r = 0,172$ $p = 0,276$	$r = 0,224$ $p = 0,153$	$r = 0,205$ $p = 0,193$

Tabelle B.19: Pearson-Korrelationen der von Männern bewerteten weiblichen Stimmen und der im Zentrum des Vokals ermittelten euklidischen Distanzen zum geschlechtsspezifisch weiblichen Mittelwert der Frequenzpaaren von erster Formante (F1) und Fundamentalfrequenz (f_0) sowie den Formanten F2-F5.

Bewertungen Stimme Frau / FA	Euklidische Distanzen zum Mittelwert der Frequenzpaare				
	F1/ f_0	F1/F2	F1/F3	F1/F4	F1/F5
männlich - weiblich	r = -0,189 p = 0,231	r = -0,058 p = 0,717	r = -0,088 p = 0,580	r = -0,050 p = 0,753	r = 0,021 p = 0,897
feindlich - freundlich	r = -0,227 p = 0,148	r = -0,151 p = 0,340	r = -0,168 p = 0,287	r = -0,117 p = 0,460	r = -0,101 p = 0,526
unterwürfig - dominant	r = -0,025 p = 0,874	r = -0,008 p = 0,962	r = -0,063 p = 0,693	r = -0,010 p = 0,948	r = 0,012 p = 0,938
krank - gesund	r = -0,317 p = 0,040	r = -0,165 p = 0,296	r = -0,122 p = 0,440	r = -0,131 p = 0,408	r = 0,024 p = 0,880
egoistisch - kooperativ	r = -0,132 p = 0,405	r = -0,050 p = 0,755	r = -0,070 p = 0,658	r = -0,047 p = 0,770	r = -0,079 p = 0,618
unattraktiv - attraktiv	r = -0,362 p = 0,019	r = -0,102 p = 0,522	r = -0,156 p = 0,323	r = -0,168 p = 0,289	r = -0,027 p = 0,863
gewissenhaft	r = -0,155 p = 0,326	r = -0,119 p = 0,452	r = -0,128 p = 0,418	r = -0,128 p = 0,421	r = 0,014 p = 0,928
fürsorglich	r = -0,212 p = 0,178	r = -0,213 p = 0,176	r = -0,203 p = 0,197	r = -0,176 p = 0,265	r = -0,165 p = 0,298
emotional stabil	r = -0,162 p = 0,306	r = -0,110 p = 0,487	r = -0,141 p = 0,375	r = -0,094 p = 0,554	r = 0,017 p = 0,915
offen gegenüber Neuem	r = -0,371 p = 0,016	r = -0,122 p = 0,441	r = -0,189 p = 0,230	r = -0,132 p = 0,404	r = 0,076 p = 0,634
sexy	r = -0,324 p = 0,037	r = -0,158 p = 0,316	r = -0,179 p = 0,257	r = -0,190 p = 0,229	r = -0,039 p = 0,805
sozial verträglich	r = -0,120 p = 0,450	r = 0,039 p = 0,807	r = -0,025 p = 0,877	r = 0,015 p = 0,925	r = 0,019 p = 0,906
extrovertiert	r = -0,135 p = 0,396	r = -0,024 p = 0,881	r = -0,112 p = 0,479	r = 0,010 p = 0,952	r = -0,029 p = 0,853
FA Körper	r = 0,388 p = 0,011	r = 0,208 p = 0,187	r = 0,176 p = 0,264	r = 0,127 p = 0,423	r = 0,092 p = 0,563
FA Gesicht	r = 0,293 p = 0,060	r = 0,235 p = 0,135	r = 0,204 p = 0,195	r = 0,173 p = 0,272	r = 0,213 p = 0,175

Tabelle B.20: Pearson-Korrelationen der von Frauen bewerteten männlichen Stimmen und der im Zentrum des Vokals ermittelten euklidischen Distanzen zum geschlechtsspez. männlichen Mittelwert der Frequenzen von zweiter (F2), dritter (F3), vierter Formante (F4) und den korrespondierenden Formanten F3-F5.

Euklidische Distanzen zum Mittelwert der Frequenzpaare						
Bewertungen						
Stimme Frau / FA	F2/F3	F2/F4	F2/F5	F3/F4	F3/F5	F4/F5
männlich -	r = 0,229	r = 0,226	r = 0,408	r = 0,228	r = 0,418	r = 0,373
weiblich	p = 0,145	p = 0,151	p = 0,007	p = 0,146	p = 0,006	p = 0,015
feindlich -	r = -0,032	r = 0,009	r = 0,092	r = 0,018	r = 0,139	r = 0,127
freundlich	p = 0,840	p = 0,956	p = 0,564	p = 0,911	p = 0,381	p = 0,425
unterwürfig -	r = -0,222	r = -0,046	r = -0,073	r = -0,176	r = -0,204	r = -0,044
dominant	p = 0,157	p = 0,771	p = 0,645	p = 0,265	p = 0,194	p = 0,782
krank -	r = -0,270	r = -0,205	r = -0,020	r = -0,184	r = 0,140	r = 0,043
gesund	p = 0,083	p = 0,192	p = 0,899	p = 0,242	p = 0,375	p = 0,787
egoistisch -	r = 0,064	r = 0,042	r = 0,061	r = 0,042	r = 0,075	r = 0,067
kooperativ	p = 0,688	p = 0,790	p = 0,703	p = 0,791	p = 0,639	p = 0,672
unattraktiv -	r = -0,087	r = -0,082	r = 0,100	r = -0,169	r = 0,104	r = -0,001
attraktiv	p = 0,584	p = 0,511	p = 0,528	p = 0,284	p = 0,514	p = 0,996
gewissenhaft	r = -0,227	r = -0,180	r = 0,007	r = -0,194	r = 0,060	r = 0,021
	p = 0,149	p = 0,255	p = 0,966	p = 0,219	p = 0,705	p = 0,896
fürsorglich	r = -0,005	r = -0,002	r = 0,018	r = 0,066	r = 0,136	r = 0,097
	p = 0,972	p = 0,990	p = 0,909	p = 0,678	p = 0,390	p = 0,540
emotional stabil	r = -0,395	r = -0,194	r = -0,144	r = -0,310	r = -0,178	r = -0,076
	p = 0,010	p = 0,218	p = 0,364	p = 0,046	p = 0,259	p = 0,635
offen gegenüber	r = -0,038	r = 0,038	r = 0,157	r = -0,057	r = 0,099	r = 0,123
Neuem	p = 0,810	p = 0,812	p = 0,321	p = 0,721	p = 0,535	p = 0,439
sexy	r = -0,138	r = -0,125	r = 0,075	r = -0,155	r = 0,168	r = 0,040
	p = 0,382	p = 0,429	p = 0,637	p = 0,326	p = 0,287	p = 0,803
sozial verträglich	r = 0,053	r = 0,050	r = 0,121	r = -0,008	r = 0,066	r = 0,038
	p = 0,737	p = 0,753	p = 0,444	p = 0,958	p = 0,678	p = 0,813
extrovertiert	r = -0,081	r = 0,110	r = 0,177	r = -0,033	r = 0,025	r = 0,188
	p = 0,610	p = 0,487	p = 0,262	p = 0,836	p = 0,874	p = 0,234
FA Körper	r = -0,025	r = -0,050	r = -0,160	r = -0,115	r = -0,269	r = -0,274
	p = 0,873	p = 0,754	p = 0,311	p = 0,468	p = 0,084	p = 0,079
FA Gesicht	r = 0,082	r = 0,047	r = 0,044	r = -0,002	r = -0,064	r = -0,064
	p = 0,604	p = 0,769	p = 0,781	p = 0,989	p = 0,688	p = 0,689

Tabelle B.21: Pearson-Korrelationen der durch Frauen bewerteten männlichen Stimmen und der im Zentrum des Vokals ermittelten euklidischen Distanzen zum geschlechtsspezifisch männlichen Mittelwert der Frequenzpaare aus Fundamentalfrequenz (f_0) und den Formanten F1 bis F5.

Bewertungen Stimme Mann / FA	Euklidische Distanzen zum Mittelwert der Frequenzpaare				
	$f_0/F1$	$f_0/F2$	$f_0/F3$	$f_0/F4$	$f_0/F5$
männlich - weiblich	r = 0,355 p = 0,024	r = 0,248 p = 0,123	r = 0,230 p = 0,154	r = 0,231 p = 0,152	r = 0,197 p = 0,222
feindlich - freundlich	r = -0,258 p = 0,108	r = 0,235 p = 0,145	r = -0,202 p = 0,211	r = -0,196 p = 0,226	r = -0,228 p = 0,157
unterwürfig - dominant	r = 0,083 p = 0,613	r = 0,098 p = 0,549	r = 0,102 p = 0,530	r = 0,124 p = 0,445	r = 0,169 p = 0,297
krank - gesund	r = -0,109 p = 0,504	r = -0,063 p = 0,701	r = -0,059 p = 0,716	r = -0,044 p = 0,787	r = -0,005 p = 0,976
egoistisch - kooperativ	r = -0,246 p = 0,126	r = -0,218 p = 0,177	r = -0,201 p = 0,213	r = -0,208 p = 0,194	r = -0,230 p = 0,153
unattraktiv - attraktiv	r = -0,314 p = 0,049	r = -0,215 p = 0,182	r = -0,202 p = 0,212	r = -0,185 p = 0,254	r = -0,171 p = 0,291
gewissenhaft	r = 0,060 p = 0,711	r = 0,081 p = 0,618	r = 0,055 p = 0,737	r = 0,051 p = 0,755	r = 0,062 p = 0,704
fürsorglich	r = -0,428 p = 0,006	r = -0,386 p = 0,014	r = -0,382 p = 0,015	r = -0,398 p = 0,011	r = -0,387 p = 0,014
emotional stabil	r = -0,136 p = 0,402	r = -0,079 p = 0,629	r = -0,062 p = 0,702	r = -0,057 p = 0,728	r = 0,002 p = 0,992
offen gegenüber Neuem	r = -0,220 p = 0,172	r = -0,168 p = 0,301	r = -0,128 p = 0,430	r = -0,117 p = 0,473	r = -0,121 p = 0,457
sexy	r = -0,358 p = 0,023	r = -0,262 p = 0,103	r = -0,250 p = 0,120	r = -0,230 p = 0,154	r = -0,208 p = 0,198
sozial verträglich	r = -0,276 p = 0,085	r = -0,237 p = 0,141	r = -0,198 p = 0,222	r = -0,202 p = 0,212	r = -0,195 p = 0,228
extrovertiert	r = -0,073 p = 0,653	r = -0,005 p = 0,977	r = 0,011 p = 0,944	r = 0,040 p = 0,807	r = 0,065 p = 0,691
FA Körper	r = -0,113 p = 0,489	r = -0,212 p = 0,190	r = -0,207 p = 0,199	r = -0,222 p = 0,168	r = -0,170 p = 0,294
FA Gesicht	r = -0,054 p = 0,743	r = -0,119 p = 0,466	r = -0,091 p = 0,577	r = -0,141 p = 0,386	r = -0,058 p = 0,722

Tabelle B.22: Pearson-Korrelationen der von Frauen bewerteten männlichen Stimmen und der im Zentrum des Vokals ermittelten euklidischen Distanzen zum geschlechtsspezifisch männlichen Mittelwert der Frequenzpaaren von erster Formante (F1) und Fundamentalfrequenz (f_0) sowie den Formanten F2-F5.

Bewertungen Stimme Mann / FA	Euklidische Distanzen zum Mittelwert der Frequenzpaare				
	F1/ f_0	F1/F2	F1/F3	F1/F4	F1/F5
männlich - weiblich	r = 0,355 p = 0,024	r = 0,431 p = 0,006	r = 0,513 p ≤ 0,001	r = 0,511 p ≤ 0,001	r = 0,369 p = 0,019
feindlich - freundlich	r = -0,258 p = 0,108	r = -0,293 p = 0,067	r = -0,168 p = 0,252	r = -0,143 p = 0,379	r = -0,230 p = 0,153
unterwürfig - dominant	r = 0,083 p = 0,613	r = -0,092 p = 0,572	r = -0,173 p = 0,285	r = -0,113 p = 0,488	r = -0,067 p = 0,679
krank - gesund	r = -0,109 p = 0,504	r = -0,314 p = 0,048	r = -0,317 p = 0,046	r = -0,272 p = 0,089	r = -0,192 p = 0,235
egoistisch - kooperativ	r = -0,246 p = 0,126	r = -0,192 p = 0,235	r = -0,089 p = 0,585	r = -0,095 p = 0,559	r = 0,118 p = 0,469
unattraktiv - attraktiv	r = -0,314 p = 0,049	r = -0,433 p = 0,005	r = -0,461 p = 0,003	r = -0,415 p = 0,008	r = -0,362 p = 0,022
gewissenhaft	r = 0,060 p = 0,711	r = 0,222 p = 0,169	r = 0,177 p = 0,274	r = 0,161 p = 0,320	r = 0,166 p = 0,306
fürsorglich	r = -0,428 p = 0,006	r = -0,255 p = 0,112	r = -0,197 p = 0,222	r = -0,230 p = 0,154	r = -0,164 p = 0,313
emotional stabil	r = -0,136 p = 0,402	r = -0,345 p = 0,029	r = -0,377 p = 0,017	r = -0,364 p = 0,021	r = -0,228 p = 0,157
offen gegenüber Neuem	r = -0,220 p = 0,172	r = -0,535 p ≤ 0,001	r = -0,491 p ≤ 0,001	r = -0,431 p = 0,005	r = -0,444 p = 0,004
sexy	r = -0,358 p = 0,023	r = -0,509 p ≤ 0,001	r = -0,544 p ≤ 0,001	r = -0,490 p ≤ 0,001	r = -0,390 p = 0,013
sozial verträglich	r = -0,276 p = 0,085	r = -0,439 p = 0,005	r = -0,356 p = 0,024	r = -0,351 p = 0,026	r = -0,314 p = 0,013
extrovertiert	r = -0,073 p = 0,653	r = -0,376 p = 0,017	r = -0,420 p = 0,007	r = -0,341 p = 0,031	r = -0,278 p = 0,082
FA Körper	r = -0,113 p = 0,489	r = 0,139 p = 0,394	r = 0,202 p = 0,210	r = 0,138 p = 0,397	r = 0,273 p = 0,089
FA Gesicht	r = -0,054 p = 0,743	r = -0,069 p = 0,671	r = 0,055 p = 0,736	r = -0,028 p = 0,865	r = 0,100 p = 540

Tabelle B.23: Pearson-Korrelationen der von Frauen bewerteten männlichen Stimmen und der im Zentrum des Vokal ermittelten euklidischen Distanzen zum geschlechtsspezifischen männlichen Mittelwert der Frequenzen von zweiter (F2), dritter (F3), vierter Formante (F4) und den korrespondierenden Formanten F3-F5.

Bewertungen Stimme Mann / FA	Euklidische Distanzen zum Mittelwert der Frequenzpaare					
	F2/F3	F2/F4	F2/F5	F3/F4	F3/F5	F4/F5
männlich - weiblich	r = -0,058 p = 0,724	r = -0,082 p = 0,616	r = -0,102 p = 0,526	r = -0,172 p = 0,288	r = -0,165 p = 0,308	r = -0,266 p = 0,097
feindlich - freundlich	r = -0,154 p = 0,343	r = -0,132 p = 0,416	r = -0,222 p = 0,168	r = 0,094 p = 0,565	r = -0,070 p = 0,670	r = 0,035 p = 0,829
unterwürfig - dominant	r = 0,006 p = 0,970	r = 0,140 p = 0,390	r = 0,060 p = 0,714	r = 0,099 p = 0,541	r = -0,028 p = 0,862	r = 0,144 p = 0,377
krank - gesund	r = -0,185 p = 0,252	r = -0,128 p = 0,432	r = -0,116 p = 0,476	r = -0,083 p = 0,610	r = -0,017 p = 0,915	r = 0,078 p = 0,630
egoistisch - kooperativ	r = -0,041 p = 0,803	r = -0,096 p = 0,557	r = -0,064 p = 0,696	r = 0,103 p = 0,529	r = 0,145 p = 0,372	r = 0,146 p = 0,376
unattraktiv - attraktiv	r = -0,063 p = 0,700	r = -0,041 p = 0,801	r = -0,048 p = 0,768	r = 0,112 p = 0,490	r = 0,022 p = 0,892	r = 0,160 p = 0,324
gewissenhaft	r = 0,198 p = 0,220	r = 0,143 p = 0,377	r = 0,173 p = 0,285	r = 0,057 p = 0,728	r = 0,147 p = 0,366	r = 0,089 p = 0,584
fürsorglich	r = -0,013 p = 0,935	r = -0,095 p = 0,559	r = 0,026 p = 0,875	r = 0,046 p = 0,779	r = 0,219 p = 0,175	r = 0,183 p = 0,258
emotional stabil	r = -0,089 p = 0,587	r = -0,024 p = 0,882	r = 0,008 p = 0,960	r = 0,032 p = 0,846	r = 0,067 p = 0,642	r = 0,117 p = 0,274
offen gegenüber Neuem	r = -0,262 p = 0,103	r = -0,213 p = 0,187	r = -0,285 p = 0,075	r = -0,024 p = 0,882	r = -0,160 p = 0,326	r = -0,029 p = 0,857
sexy	r = -0,106 p = 0,515	r = -0,045 p = 0,785	r = -0,027 p = 0,866	r = 0,056 p = 0,731	r = -0,028 p = 0,863	r = 0,182 p = 0,260
sozial verträglich	r = -0,195 p = 0,227	r = -0,314 p = 0,049	r = -0,269 p = 0,093	r = 0,062 p = 0,706	r = 0,004 p = 0,980	r = 0,054 p = 0,740
extrovertiert	r = -0,289 p = 0,061	r = -0,182 p = 0,261	r = -0,168 p = 0,300	r = 0,019 p = 0,905	r = 0,051 p = 0,754	r = 0,103 p = 0,529
FA Körper	r = -0,137 p = 0,400	r = -0,127 p = 0,434	r = 0,038 p = 0,816	r = -0,188 p = 0,246	r = 0,073 p = 0,656	r = -0,028 p = 0,862
FA Gesicht	r = -0,032 p = 0,846	r = -0,124 p = 0,444	r = 0,019 p = 0,926	r = -0,099 p = 0,545	r = 0,127 p = 0,437	r = 0,018 p = 0,912

Tabelle B.24: Pearson-Korrelationen der männlichen Bewertungen weiblicher Stimmen und über den gesamten Vokal ermittelten mittleren euklidischen Distanzen zum geschlechtsspezifisch weiblichen Mittelwert der Frequenzpaare aus Fundamentalfrequenz (f_0) und erster bis dritter Formante (F1-F3), erster bis fünfter Formante (F1-F5) sowie der euklidischen Distanzen aus erster Formante (F1) und Fundamentalfrequenz bis dritte Formante (f_0 -F3), Fundamentalfrequenz bis fünfte Formante (f_0 -F5).

Bewertungen Stimme Frau / FA	Gemittelte euklidische Distanzen der Frequenzpaare			
	f_0 /F1-F3	f_0 /F1-F5	F1/ f_0 -F3	F1/ f_0 -F5
	Frau	Frau	Frau	Frau
männlich - weiblich	$r = -0,139$ $p = 0,381$	$r = -0,116$ $p = 0,464$	$r = -0,110$ $p = 0,488$	$r = -0,071$ $p = 0,657$
feindlich - freundlich	$r = -0,198$ $p = 0,209$	$r = -0,179$ $p = 0,256$	$r = -0,196$ $p = 0,215$	$r = -0,159$ $p = 0,316$
unterwürfig - dominant	$r = -0,080$ $p = 0,613$	$r = -0,065$ $p = 0,685$	$r = -0,074$ $p = 0,624$	$r = -0,069$ $p = 0,663$
krank - gesund	$r = -0,399$ $p = 0,009$	$r = -0,385$ $p = 0,012$	$r = -0,230$ $p = 0,143$	$r = -0,173$ $p = 0,274$
egoistisch - kooperativ	$r = -0,105$ $p = 0,508$	$r = -0,109$ $p = 0,493$	$r = -0,075$ $p = 0,639$	$r = -0,060$ $p = 0,705$
unattraktiv - attraktiv	$r = -0,422$ $p = 0,005$	$r = -0,427$ $p = 0,005$	$r = -0,227$ $p = 0,148$	$r = -0,190$ $p = 0,229$
gewissenhaft	$r = -0,150$ $p = 0,343$	$r = -0,138$ $p = 0,382$	$r = -0,182$ $p = 0,249$	$r = -0,158$ $p = 0,318$
fürsorglich	$r = -0,134$ $p = 0,399$	$r = -0,109$ $p = 0,491$	$r = -0,243$ $p = 0,121$	$r = -0,222$ $p = 0,157$
emotional stabil	$r = -0,274$ $p = 0,078$	$r = -0,257$ $p = 0,100$	$r = -0,211$ $p = 0,181$	$r = -0,177$ $p = 0,261$
offen gegenüber Neuem	$r = -0,431$ $p = 0,004$	$r = -0,420$ $p = 0,006$	$r = -0,259$ $p = 0,098$	$r = -0,203$ $p = 0,198$
sexy	$r = -0,350$ $p = 0,023$	$r = -0,347$ $p = 0,025$	$r = -0,228$ $p = 0,147$	$r = -0,192$ $p = 0,223$
sozial verträglich	$r = -0,159$ $p = 0,316$	$r = -0,173$ $p = 0,273$	$r = -0,050$ $p = 0,775$	$r = -0,026$ $p = 0,814$
extrovertiert	$r = -0,199$ $p = 0,207$	$r = -0,195$ $p = 0,217$	$r = -0,075$ $p = 0,636$	$r = -0,033$ $p = 0,913$
FA Körper	$r = 0,351$ $p = 0,022$	$r = 0,320$ $p = 0,039$	$r = 0,286$ $p = 0,067$	$r = 0,223$ $p = 0,156$
FA Gesicht	$r = 0,284$ $p = 0,068$	$r = 0,262$ $p = 0,093$	$r = 0,319$ $p = 0,039$	$r = 0,290$ $p = 0,063$

Tabelle B.25: Pearson-Korrelationen der weiblichen Bewertungen männlicher Stimmen und über den gesamten Vokal ermittelten mittleren euklidischen Distanzen zum geschlechtsspezifisch männlichen Mittelwert der Frequenzpaare aus Fundamentalfrequenz (f_0) und erster bis dritter Formante (F1-F3), erster bis fünfter Formante (F1-F5) sowie der euklidischen Distanzen aus erster Formante (F1) und Fundamentalfrequenz bis dritte Formante (f_0 -F3), Fundamentalfrequenz bis fünfte Formante (f_0 -F5).

Bewertungen Stimme Mann / FA	Gemittelte euklidische Distanzen der Frequenzpaare			
	f_0 /F1-F3	f_0 /F1-F5	F1/ f_0 -F3	F1/ f_0 -F5
	Mann	Mann	Mann	Mann
männlich - weiblich	$r = 0,268$ $p = 0,094$	$r = -0,244$ $p = 0,129$	$r = 0,477$ $p = 0,002$	$r = 0,490$ $p \leq 0,001$
feindlich - freundlich	$r = -0,254$ $p = 0,114$	$r = -0,243$ $p = 0,131$	$r = -0,275$ $p = 0,086$	$r = -0,230$ $p = 0,153$
unterwürfig - dominant	$r = 0,126$ $p = 0,438$	$r = 0,139$ $p = 0,391$	$r = 0,001$ $p = 0,994$	$r = -0,032$ $p = 0,846$
krank - gesund	$r = -0,070$ $p = 0,666$	$r = -0,052$ $p = 0,750$	$r = -0,192$ $p = 0,235$	$r = -0,178$ $p = 0,273$
egoistisch - kooperativ	$r = -0,247$ $p = 0,124$	$r = -0,241$ $p = 0,133$	$r = -0,237$ $p = 0,141$	$r = -0,193$ $p = 0,232$
unattraktiv - attraktiv	$r = -0,262$ $p = 0,102$	$r = -0,232$ $p = 0,150$	$r = -0,474$ $p = 0,002$	$r = -0,461$ $p = 0,003$
gewissenhaft	$r = 0,070$ $p = 0,666$	$r = 0,065$ $p = 0,690$	$r = 0,171$ $p = 0,291$	$r = 0,187$ $p = 0,249$
fürsorglich	$r = -0,441$ $p = 0,004$	$r = -0,432$ $p = 0,005$	$r = -0,405$ $p = 0,010$	$r = -0,335$ $p = 0,034$
emotional stabil	$r = -0,095$ $p = 0,560$	$r = -0,072$ $p = 0,659$	$r = -0,295$ $p = 0,064$	$r = -0,304$ $p = 0,056$
offen gegenüber Neuem	$r = -0,190$ $p = 0,240$	$r = -0,166$ $p = 0,305$	$r = -0,473$ $p = 0,002$	$r = -0,492$ $p \leq 0,001$
sexy	$r = -0,300$ $p = 0,060$	$r = -0,270$ $p = 0,092$	$r = -0,541$ $p \leq 0,001$	$r = -0,534$ $p \leq 0,001$
sozial verträglich	$r = -0,257$ $p = 0,110$	$r = -0,241$ $p = 0,134$	$r = -0,400$ $p = 0,011$	$r = -0,381$ $p = 0,015$
extrovertiert	$r = -0,005$ $p = 0,973$	$r = 0,023$ $p = 0,890$	$r = -0,265$ $p = 0,098$	$r = -0,286$ $p = 0,074$
FA Körper	$r = -0,150$ $p = 0,354$	$r = -0,167$ $p = 0,302$	$r = 0,136$ $p = 0,402$	$r = 0,197$ $p = 0,224$
FA Gesicht	$r = -0,106$ $p = 0,514$	$r = -0,105$ $p = 0,518$	$r = -0,155$ $p = 0,339$	$r = -0,137$ $p = 0,398$

Tabelle B.26: Pearson-Korrelationen der männlichen Bewertungen weiblicher Stimmen und der im Zentrum des Vokals ermittelten mittleren euklidischen Distanzen zum geschlechtsspezifisch weiblichen Mittelwert der Frequenzpaare aus Fundamentalfrequenz (f_0) und erster bis dritter Formante (F1-F3), erster bis fünfter Formante (F1-F5) sowie den euklidischen Distanzen aus erster Formante (F1) und Fundamentalfrequenz bis dritte Formante (f_0 -F3), Fundamentalfrequenz bis fünfte Formante (f_0 -F5).

Bewertungen Stimme Frau / FA	Gemittelte euklidische Distanzen der Frequenzpaare			
	f_0 /F1-F3	f_0 /F1-F5	F1/ f_0 -F3	F1/ f_0 -F5
	Frau	Frau	Frau	Frau
männlich - weiblich	$r = -0,165$ $p = 0,298$	$r = -0,142$ $p = 0,368$	$r = -0,127$ $p = 0,422$	$r = -0,087$ $p = 0,583$
feindlich - freundlich	$r = -0,225$ $p = 0,152$	$r = -0,212$ $p = 0,177$	$r = -0,203$ $p = 0,197$	$r = -0,173$ $p = 0,274$
unterwürfig - dominant	$r = -0,044$ $p = 0,780$	$r = -0,023$ $p = 0,885$	$r = -0,035$ $p = 0,827$	$r = -0,022$ $p = 0,891$
krank - gesund	$r = -0,406$ $p = 0,008$	$r = -0,390$ $p = 0,011$	$r = -0,229$ $p = 0,145$	$r = -0,168$ $p = 0,287$
egoistisch - kooperativ	$r = -0,141$ $p = 0,373$	$r = -0,148$ $p = 0,348$	$r = -0,095$ $p = 0,548$	$r = -0,085$ $p = 0,592$
unattraktiv - attraktiv	$r = -0,432$ $p = 0,004$	$r = -0,433$ $p = 0,004$	$r = -0,236$ $p = 0,132$	$r = -0,191$ $p = 0,226$
gewissenhaft	$r = -0,159$ $p = 0,315$	$r = -0,147$ $p = 0,352$	$r = -0,149$ $p = 0,346$	$r = -0,119$ $p = 0,451$
fürsorglich	$r = -0,159$ $p = 0,316$	$r = -0,140$ $p = 0,377$	$r = -0,231$ $p = 0,141$	$r = -0,215$ $p = 0,171$
emotional stabil	$r = -0,233$ $p = 0,138$	$r = -0,211$ $p = 0,180$	$r = -0,153$ $p = 0,334$	$r = -0,114$ $p = 0,473$
offen gegenüber Neuem	$r = -0,422$ $p = 0,005$	$r = -0,414$ $p = 0,006$	$r = -0,259$ $p = 0,098$	$r = -0,200$ $p = 0,190$
sexy	$r = -0,374$ $p = 0,015$	$r = -0,367$ $p = 0,017$	$r = -0,249$ $p = 0,112$	$r = -0,206$ $p = 0,191$
sozial verträglich	$r = -0,160$ $p = 0,313$	$r = -0,179$ $p = 0,256$	$r = -0,043$ $p = 0,785$	$r = -0,020$ $p = 0,899$
extrovertiert	$r = -0,187$ $p = 0,236$	$r = -0,173$ $p = 0,274$	$r = -0,102$ $p = 0,521$	$r = -0,056$ $p = 0,724$
FA Körper	$r = 0,382$ $p = 0,013$	$r = 0,353$ $p = 0,022$	$r = 0,291$ $p = 0,061$	$r = 0,228$ $p = 0,146$
FA Gesicht	$r = 0,271$ $p = 0,083$	$r = 0,255$ $p = 0,103$	$r = 0,272$ $p = 0,082$	$r = 0,249$ $p = 0,111$

Tabelle B.27: Pearson-Korrelationen der weiblichen Bewertungen männlicher Stimmen und der im Zentrum des Vokals ermittelten mittleren euklidischen Distanzen zum geschlechtsspezifisch männlichen Mittelwert der Frequenzpaare aus Fundamentalfrequenz (f_0) und erster bis dritter Formante (F1-F3), erster bis fünfter Formante (F1-F5) sowie der euklidischen Distanzen aus erster Formante (F1) und Fundamentalfrequenz bis dritter Formante (f_0 -F3), Fundamentalfrequenz bis fünfter Formante (f_0 -F5).

Bewertungen Stimme Mann / FA	Gemittelte euklidische Distanzen der Frequenzpaare			
	f_0 /F1-F3 Mann	f_0 /F1-F5 Mann	F1/ f_0 -F3 Mann	F1/ f_0 -F5 Mann
männlich - weiblich	$r = 0,284$ $p = 0,076$	$r = 0,295$ $p = 0,107$	$r = 0,514$ $p \leq 0,001$	$r = 0,534$ $p \leq 0,001$
feindlich - freundlich	$r = -0,237$ $p = 0,141$	$r = -0,229$ $p = 0,156$	$r = -0,310$ $p = 0,052$	$r = -0,291$ $p = 0,069$
unterwürfig - dominant	$r = 0,096$ $p = 0,555$	$r = 0,117$ $p = 0,472$	$r = -0,030$ $p = 0,857$	$r = -0,057$ $p = 0,725$
krank - gesund	$r = -0,079$ $p = 0,629$	$r = -0,058$ $p = 0,723$	$r = -0,263$ $p = 0,101$	$r = -0,276$ $p = 0,085$
egoistisch - kooperativ	$r = -0,226$ $p = 0,160$	$r = -0,225$ $p = 0,162$	$r = -0,242$ $p = 0,133$	$r = -0,210$ $p = 0,193$
unattraktiv - attraktiv	$r = -0,249$ $p = 0,121$	$r = -0,223$ $p = 0,167$	$r = -0,473$ $p = 0,002$	$r = -0,485$ $p = 0,002$
gewissenhaft	$r = 0,067$ $p = 0,682$	$r = 0,063$ $p = 0,699$	$r = 0,161$ $p = 0,321$	$r = 0,178$ $p = 0,271$
fürsorglich	$r = -0,407$ $p = 0,009$	$r = -0,405$ $p = 0,010$	$r = -0,409$ $p = 0,009$	$r = -0,362$ $p = 0,022$
emotional stabil	$r = -0,095$ $p = 0,561$	$r = -0,069$ $p = 0,673$	$r = -0,306$ $p = 0,053$	$r = -0,333$ $p = 0,036$
offen gegenüber Neuem	$r = -0,176$ $p = 0,277$	$r = -0,155$ $p = 0,341$	$r = -0,454$ $p = 0,003$	$r = -0,494$ $p \leq 0,001$
sexy	$r = -0,297$ $p = 0,063$	$r = -0,268$ $p = 0,095$	$r = -0,539$ $p \leq 0,001$	$r = -0,552$ $p \leq 0,001$
sozial verträglich	$r = -0,242$ $p = 0,132$	$r = -0,227$ $p = 0,160$	$r = -0,419$ $p = 0,007$	$r = -0,452$ $p = 0,006$
extrovertiert	$r = -0,023$ $p = 0,888$	$r = 0,007$ $p = 0,966$	$r = -0,291$ $p = 0,069$	$r = -0,321$ $p = 0,039$
FA Körper	$r = -0,180$ $p = 0,265$	$r = -0,189$ $p = 0,244$	$r = 0,034$ $p = 0,835$	$r = 0,110$ $p = 0,501$
FA Gesicht	$r = -0,089$ $p = 0,585$	$r = -0,094$ $p = 0,562$	$r = -0,038$ $p = 0,814$	$r = -0,010$ $p = 0,949$

Anhang C

Praat-Skripte


```

1 #####
2 #
3 # Dieses PRAAT-Skript (Stapelverarbeitung) aendert die Samplingrate aller Soundfiles
4 # in einem spezifizierten Verzeichnis. Es koennen sowohl WAV- als auch AIFF-Soundfiles
5 # in einem neuen Ordner erstellt werden. Weiterhin kann das Skript ausschliesslich
6 # zur Aenderung des Sounddateiformates (WAV/AIFF) verwendet werden.
7 # Fuer weitere Informationen zum Resampling siehe die PRAAT-Anleitung.
8 #
9 #####
10 #
11 # This PRAAT script (batch processing) will open all sound files in a specified
12 # directory one by one, resample each file to a given sampling rate, and save the
13 # resampled files to another directory in AIFF or WAV format. This script is to be
14 # possiby exclusively for the change of the file format.
15 # For details with resampling see the PRAAT manual.
16 #
17 #####
18 #
19 # needs PRAAT 5.1.02 or higher
20 #
21 #####
22 #
23 # Peter Abend
24 #
25 # 2012/06/30
26 #
27 # voiceresearch@gmx.net
28 #
29 #####
30 #
31 # This script is distributed under the GNU General Public License (GPL).
32 #
33 #####
34
35 clearinfo
36 form Change sample rate in sound files
37
38 comment The file structure of the operating system must be considered:
39 comment OSX: /Users/Username/Directory/Subdirectory/
40 comment WIN: C:\Directory\Subdirectory\Subdirectory\
41 comment The (back)slash at the end of the file path must exist!
42 comment -----
43
44 # select sound directory, change it if necessary
45 comment Directory path of input files:
46 text input_directory
47     /Users/Peter/Desktop/StimmProjekt/Voices+TextGrid/ALLE_aif_48kHz_SPSS/
48
49 # type of sound file extension (.aif/.wav)
50 optionmenu Sound_file_extension: 1
51     option .aif
52     option .wav

```

ANHANG C

```

52
53  # select directory of sound files to be generated, change if necessary
54  comment Directory path of resampled files:
55  text output_directory
56      /Users/Peter/Desktop/StimmProjekt/Voices+TextGrid/ALLE_aif_48kHz_SPSS_Nyquist/
57  optionmenu Output_format: 1
58      option AIF
59      option WAV
60
61  # resampling parameters
62  optionmenu New_sample_rate_(Hz): 8
63      option 8000
64      option 10000
65      option 11000
66      option 11025
67      option 16000
68      option 22050
69      option 44100
70      option 48000
71      option 96000
72
73  positive Precision_(samples) 50
74
75  # check for resampling erros
76  boolean check_for_resampling_errors 0
77  comment Note!
78  comment Resampling needs a low pass filtering half of the new sampling rate!
79  boolean perform_filtering 1
80
81  # anti aliasing parameters for Nyquist frequency
82  positive smoothing_frequency_(Hz) 100
83
84  # warnings
85  comment -----
86  comment For details with resampling see the PRAAT manual.
87  comment -----
88  comment Warning!
89  comment An existing directory of the resulting sound files will be overwritten!
90  endform
91
92  if sound_file_extension = 1
93      sound_file_extension$ = ".aif"
94  endif
95  if sound_file_extension = 2
96      sound_file_extension$ = ".wav"
97  endif
98  if new_sample_rate = 1
99      new_sample_rate = 8000
100  endif
101  if new_sample_rate = 2
102      new_sample_rate = 10000
103  endif
104  if new_sample_rate = 3

```

```

103   new_sample_rate = 11000
104 endif
105 if new_sample_rate = 4
106   new_sample_rate = 11025
107 endif
108 if new_sample_rate = 5
109   new_sample_rate = 16000
110 endif
111 if new_sample_rate = 6
112   new_sample_rate = 22050
113 endif
114 if new_sample_rate = 7
115   new_sample_rate = 44100
116 endif
117 if new_sample_rate = 8
118   new_sample_rate = 48000
119 endif
120 if new_sample_rate = 9
121   new_sample_rate = 96000
122 endif
123
124 # create directory of sound files to be generated
125 system_nocheck mkdir 'output_directory$'
126
127   Create Strings as file list... list 'input_directory$'*'sound_file_extension$'
128   numberOfFiles = Get number of strings
129 for ifile to numberOfFiles
130   select Strings list
131   sound$ = Get string... ifile
132   Read from file... 'input_directory$'sound$'
133   objectname$ = selected$ ("Sound", 1)
134   oldrate = Get sample rate
135
136   if (oldrate <> new_sample_rate) or (perform_filtering = 1)
137     printline Resampling 'input_directory$'sound$' to 'new_sample_rate' Hz...
138     if perform_filtering = 1
139       Filter (pass Hann band)... 0.1 new_sample_rate/2 smoothing_frequency
140       select Sound 'objectname$'
141       Remove
142       select Sound 'objectname$'_band
143       Rename... 'objectname$'
144       Resample... new_sample_rate precision
145     else
146       Resample... new_sample_rate precision
147     endif
148   else
149     printline Sample rate of 'input_directory$'sound$' is already 'new_sample_rate' Hz,
        copying this file...
150   endif
151   if 'check_for_resampling_errors' = 0
152     if output_format$ = "AIF"
153       nowarn Write to AIFF file... 'output_directory$'objectname$'.aif

```

ANHANG C

```
154     else
155         nowarn Write to WAV file... 'output_directory$'objectname$'.wav
156     endif
157 else
158     if output_format$ = "AIF"
159         Write to AIFF file... 'output_directory$'objectname$'.aif
160     else
161         Write to WAV file... 'output_directory$'objectname$'.wav
162     endif
163
164 endif
165 Remove
166 select Sound 'objectname$'
167 Remove
168 endfor
169
170 select Strings list
171 Remove
172 printline 'newline$'
173 printline All new sound files have been written in
174 printline 'output_directory$'
```

```

1 #####
2 #
3 # Dieses PRAAT-Skript oeffnet alle Sound- und zugehoerige TextGrid-Dateien
4 # in einem Ordner und setzt die Segmentgrenzen (Boundaries) des TextGrids
5 # auf die Nulllinie des Sounds. Die Ordner der Sound- und TextGrid-Dateien koennen
6 # verschiedene Pfade besitzen, die Dateien selbst muessen aber den gleichen
7 # Namen besitzen. Die neuen TextGrid-Dateien werden in einem zu spezifizierenden
8 # Ordner erstellt.
9 # Alle Segmentebenen (Tiers) werden beeinflusst.
10 #
11 #####
12 #
13 # This PRAAT script goes through all sound and associated TextGrid files in a
14 # directory and adjusts all boundaries in a TextGrid to match the zero
15 # crossings in a sound. The folders of the sound and TextGrid files can have
16 # different paths, but the files must have the same name.
17 # The new TextGrid files are constructed in the folder to be specified:.
18 # All Tiers are affected.
19 #
20 #####
21 #
22 # needs PRAAT 5.1.02 or higher
23 #
24 #####
25 #
26 # Peter Abend
27 #
28 # 2012/05/03
29 #
30 # voiceresearch@gmx.net
31 #
32 #####
33 #
34 # This script is distributed under the GNU General Public License (GPL).
35 #
36 #####
37
38 form Adjusts all boundaries in a TextGrid to match the zero crossings
39
40 comment The file structure of the operating system must be considered:
41 comment OSX: /Users/Username/Directory/Subdirectory/
42 comment WIN: C:\Directory\Subdirectory\Subdirectory\
43 comment The (back)slash at the end of the file path must exist!
44 comment No space between the letters!
45 comment -----
46
47 # select sound directory, change it if necessary
48 comment Path of sound and TextGrid files: TextGrid files must contain same name!
49 text sound_directory
50     /Users/Peter/Desktop/StimmProjekt/Voices+TextGrid/Frage_wav_16kHz_SPSS/
51
52 # type of sound file extension (.aif/.wav)

```

ANHANG C

```

52  optionmenu sound_file_extension: 2
53      option .aif
54      option .wav
55
56      # select directory of TextGrid-ZeroCrossing files to be generated, change if necessary
57      comment Insert full path of resulting TextGrid files:
58      text textGrid_directory_zero /Users/Peter/Desktop/ZeroCrossing/
59
60      # Name affix of new TextGrid files
61      comment Name affix of resulting TextGrid files
62      text affix _ZeroCrossing
63
64      comment -----
65      comment Warning!
66      comment An existing directory of resulting TextGrid files will be overwritten!
67
68  endform
69
70  # recoding sound file extension
71  if sound_file_extension = 1
72      sound_file_extension$ = ".aif"
73  endif
74  if sound_file_extension = 2
75      sound_file_extension$ = ".wav"
76  endif
77
78  # create directory of TextGrid files to be generated
79  system_nocheck mkdir 'textGrid_directory_zero$'
80
81  # Get all files in the selected directory.
82  Create Strings as file list... list 'sound_directory$'*'sound_file_extension$'
83  numberOfFiles = Get number of strings
84
85  clearinfo
86
87  # Go through all the sound files, one by one:
88  for ifile to numberOfFiles
89      filename$ = Get string... ifile
90      # A sound file is opened from the listing:
91      Read from file... 'sound_directory$'filename$'
92      # Starting from here
93      soundname$ = selected$ ("Sound", 1)
94
95      # Open a TextGrid by the same name:
96      gridfile$ = "'sound_directory$'soundname$'.TextGrid"
97      if fileReadable (gridfile$)
98          Read from file... 'gridfile$'
99
100      # reading TextGrid into array
101      select Sound 'soundname$'
102      select TextGrid 'soundname$'
103      textGridName$ = selected$ ("TextGrid")

```

```

104     select TextGrid 'soundname$'
105     start = Get start time
106     end = Get end time
107     numberOfTiers = Get number of tiers
108     for t to numberOfTiers
109         tier_'t'_Name$ = Get tier name... t
110         tier_'t'_IsIntervalTier = Is interval tier... t
111         if tier_'t'_IsIntervalTier
112             tier_'t'_NumberOfIntervals = Get number of intervals... t
113             for i to tier_'t'_NumberOfIntervals
114                 tier_'t'_Interval_'i'_End = Get end point... t i
115                 tier_'t'_Interval_'i'_Label$ = Get label of interval... t i
116             endfor
117         else
118             tier_'t'_NumberOfPoints = Get number of points... t
119             for p to tier_'t'_NumberOfPoints
120                 tier_'t'_Point_'p'_Time = Get time of point... t p
121                 tier_'t'_Point_'p'_Label$ = Get label of point... t p
122             endfor
123         endif
124     endfor
125
126     # get nearest zero crossings from Sound
127     select Sound 'soundname$'
128     for t to numberOfTiers
129         if tier_'t'_IsIntervalTier
130             for i to tier_'t'_NumberOfIntervals
131                 tier_'t'_Interval_'i'_Zero = Get nearest zero crossing... Left
132                 tier_'t'_Interval_'i'_End
133             endfor
134         endif
135     endfor
136
137     # create new TextGrid
138     tierNames$ = ""
139     textTierNames$ = ""
140     for t to numberOfTiers
141         tierNames$ = tierNames$ + " " + tier_'t'_Name$
142         if not tier_'t'_IsIntervalTier
143             textTierNames$ = textTierNames$ + " " + tier_'t'_Name$
144         endif
145     endfor
146     Create TextGrid... start end "'tierNames$'" 'textTierNames$'
147     for t to numberOfTiers
148         if tier_'t'_IsIntervalTier
149             for i to tier_'t'_NumberOfIntervals
150                 if i < tier_'t'_NumberOfIntervals
151                     Insert boundary... t tier_'t'_Interval_'i'_Zero
152                 endif
153                 label$ = tier_'t'_Interval_'i'_Label$
154                 Set interval text... t i 'label$'
155             endfor
156         endif
157     endfor

```

ANHANG C

```
155     else
156         for p to tier_'t'_NumberOfPoints
157             label$ = tier_'t'_Point_'p'_Label$
158             Insert point... t tier_'t'_Point_'p'_Time 'label$'
159         endfor
160     endif
161 endfor
162 Rename... 'textGridName$'_ZeroCrossing
163
164 Write to text file... 'textGrid_directory_zero$''textGridName$''affix$'.TextGrid
165 Remove
166
167 # Remove the TextGrid object from the object list
168 select TextGrid 'soundname$'
169 Remove
170 endif
171
172 # Remove the temporary objects from the object list
173 select Sound 'soundname$'
174 Remove
175 select Strings list
176
177 # and go on with the next sound file!
178 endfor
179 Remove
180 beginPause ("")
181 comment ("All new TextGrid files have been written in")
182 comment (textGrid_directory_zero$)
183 clicked = endPause ("Finish", 1)
```

```

1 #####
2 #
3 # Dieses PRAAT-Skript (Stapelverarbeitung) erstellt einen kompletten Voice Report
4 # fuer alle Segmente entsprechend der Etikettierung innerhalb der TextGrid-Dateien.
5 # Die Ordner der Sound- und TextGrid-Dateien koennen verschiedene Pfade besitzen,
6 # die Dateien selbst muessen aber den gleichen Namen aufweisen. Die Analyse ist nur
7 # mit einer TextGrid-Ebene (Tier) moeglich. Falls die Segmentlaenge kuerzer
8 # als die anzugebene Laenge bzw. die TextGrid-Markierung ein Punkt ('.') ist, erfolgt
9 # keine Berechnung. Das Skript erstellt die Daten ueber temporaere Pitch- (Kreuz-
10 # korrelation) und PointProcess-Objekte. Ein zu filternder Frequenzbereich kann
11 # definiert werden. Die Resultate werden in einer eigenen tab-separierten Text-Datei
12 # gespeichert. Fuer eine bessere Benutzerfreundlichkeit in deutschen und englischen
13 # Sytemen kann entsprechend das Dezimaltrennzeichen fuer die resultierende Datei
14 # ausgewaehlt werden.
15 #
16 #####
17 #
18 # This PRAAT script (batch processing) goes through all sound and associated
19 # TextGrid files in a directory. It creates a complete voice report for all
20 # labeled segments in the TextGrid. The folders of the sound and TextGrid files can
21 # have differnent pathes, but the files must have the same name.
22 # The analysis is possible only with one tier. No computation if the interval is
23 # shorter than a given size or label of interval is a dot ('.') only.
24 # The script creates the data about temporary pitch (cross correlation) and
25 # point process objects. The associated parameters are selectable.
26 # A range for filtering the frequency domain can be defined. The results are saved
27 # in a separated tab text file. For reasons of better usage there is a choice of
28 # decimal separator for German or English systems in resulting data file.
29 #
30 #####
31 #
32 # version 0.33
33 #
34 # needs PRAAT 5.1.07 or higher
35 #
36 #####
37 #
38 # Peter Abend
39 #
40 # 2012/05/01
41 #
42 # voiceresearch@gmx.net
43 #
44 #####
45 #
46 # This script is distributed under the GNU General Public License (GPL).
47 #
48 #####
49
50 clearinfo
51 form File parameters
52     comment The file structure of the operating system must be considered!

```

ANHANG C

```

53  comment OSX:  /Users/Username/Directory/Subdirectory/
54  comment WIN:  C:\Directory\Subdirectory\Subdirectory\
55  comment The (back)slash at the end of the file path must exist!
56  comment -----
57  # sound directory, change it if necessary
58  comment Path of sound and TextGrid files: TextGrid files must contain same name!
59  text sound_directory
    /Users/Peter/Desktop/StimmProjekt/Voices+TextGrid/ALLE_aif_11kHz_SPSS_Nyquist/
60  # type of sound file extension (.aif/.wav)
61  optionmenu sound_file_extension: 1
62    option .aif
63    option .wav
64  # tier to analyze
65  comment Which interval tiers should be analyzed?
66  optionmenu tier: 1
67    option Tier 1
68    option Tier 2
69    option Tier 3
70    option Tier 4
71    option Tier 5
72    option Tier 6
73    option Tier 7
74    option Tier 8
75    option Tier 9
76    option Tier 10
77  sentence label_of_tier ALLE
78  comment Minimal length (in ms) for an interval to be analyzed and reported.
79  real minimum_length 25
80  comment Leave the label field empty if you want to analyze all labelled intervals
81  comment or type the label you want to analyze (only once at a time is possible).
82  word label
83  # path of resulting tab text file
84  comment Insert full path of the resulting data file without (back)slash at end of file:
85  text result_file ~/Desktop/VoiceReport
86  sentence result_file_extension .txt
87  # decimal separator for German or English systems in resulting data file
88  comment Choose decimal separator for resulting data file:
89  optionmenu decimal_separator 1
90    option comma
91    option decimal point
92  endform
93  beginPause ("Pitch and voice report parameters")
94    # pitch analysis parameters
95    comment ("Pitch parameters: 70 - 300Hz for males, 100 - 500Hz for females.")
96    positive ("minimum pitch (Hz)", 70)
97    positive ("maximum pitch (Hz)", 300)
98    #positive ("time step (s)", 0.01)
99    positive ("silence threshold", 0.03)
100   positive ("voicing threshold", 0.45)
101   boolean ("very accurate", 0)
102   comment ("NOTE! Very accurate needs twice of effective length of the segment.")
103   comment ("-----")

```

```

104  comment ("Default time step (Sound: To pitch (cc)... = 0.0)")
105  boolean ("default time step", 1)
106  positive ("individual time step (s)", 0.01)
107  comment ("-----")
108  # voice report parameters
109  comment ("Voice report parameters:")
110  positive ("maximum period factor", 1.3)
111  positive ("maximum amplitude factor", 1.6)
112  comment ("-----")
113  comment ("Pitch parameters determines voice report parameters too!")
114  comment ("-----")
115  comment ("Perform filtering frequency domain?")
116  boolean ("filter", 0)
117  comment ("NOTE! Filtering the frequency domain needs pitch data within band.")
118  clicked = endPause ("Continue", 1)
119  if filter = 1
120    beginPause ("Parameters for filtering frequency domain")
121    positive ("from frequency (Hz)", 0.1)
122    positive ("to frequency (Hz)", 2000)
123    positive ("smoothing (Hz)", 0.1)
124    clicked = endPause ("Continue", 1)
125  endif
126
127  # recoding sound file extension
128  if sound_file_extension = 1
129    sound_file_extension$ = ".aif"
130  endif
131  if sound_file_extension = 2
132    sound_file_extension$ = ".wav"
133  endif
134
135  # Preparing the output file
136  Create Strings as file list... list 'sound_directory$'*'sound_file_extension$'
137  numberOfFiles = Get number of strings
138  for ifile to numberOfFiles
139    select Strings list
140    sound$ = Get string... ifile
141    Read from file... 'sound_directory$'sound$'
142    objectname$ = selected$ ("Sound", 1)
143    samplingFrequency = Get sampling frequency
144    select Sound 'objectname$'
145    Remove
146  endfor
147  select Strings list
148  Remove
149
150  sampling_Frequency = samplingFrequency/1000
151
152  # name of result file
153  if filter = 1
154    result_file$ =
      "'result_file$'_'label_of_tier$'__pitch_'minimum_pitch'-'maximum_pitch'Hz__filter_

```

ANHANG C

```

155     ...'from_frequency'-'to_frequency'Hz@'sampling_Frequency'kHz'result_file_extension$'"
156 else
157     result_file$ =
158         "'result_file$'_'label_of_tier$'_'pitch_'minimum_pitch'-'maximum_pitch'Hz@'sampling_Frequency'
159         ...kHz'result_file_extension$'"
160 endif
161 # check if a result file already exists, and ask permission to overwrite it
162 if fileReadable (result_file$)
163     beginPause ("Warning!")
164     comment ("The result file")
165     comment (result_file$)
166     comment ("already exists!")
167     comment ("Do you want to overwrite it?")
168     clicked = endPause ("Yes", 1)
169     filedelete 'result_file$'
170 endif
171
172 # writing a header line for result file
173 titleline1$ = "File'tab$'Interval'tab$'Segment'tab$'Duration_ms'tab$'"
174 titleline2$ =
175     "Pitch_Median_Hz'tab$'Pitch_Mean_Hz'tab$'Pitch_Stdev_Hz'tab$'Pitch_Min_Hz'tab$'
176     ...Pitch_Max_Hz'tab$'"
177 titleline3$ = "NumberPulses'tab$'NumberPeriods'tab$'MeanPeriod_s'tab$'Stdev_Period'tab$'"
178 titleline4$ =
179     "FractionOfLocallyUnvoicedFrames'tab$'NumberVoiceBreaks'tab$'DegreeVoiceBreaks'tab$'"
180 titleline5$ = "Jitter_local_percent'tab$'Jitter_local_abs_s'tab$'Jitter_RAP_percent'tab$'
181     ...Jitter_ppq5_percent'tab$'Jitter_ddp_percent'tab$'"
182 titleline6$ =
183     "Shimmer_local_percent'tab$'Shimmer_local_percent'tab$'Shimmer_apq3_percent'tab$'
184     ...Shimmer_apq5_percent'tab$'Shimmer_apq11_percent'tab$'Shimmer_dda_percent'tab$'"
185 titleline7$ = "HNR_MeanAutocorrelation'tab$'NHR_Mean'tab$'HNR_Mean_dB"
186
187 fileappend 'result_file$' 'titleline1$' 'titleline2$' 'titleline3$' 'titleline4$'
188 fileappend 'result_file$' 'titleline5$' 'titleline6$' 'titleline7$'
189 fileappend 'result_file$' 'newline$'
190
191 # number of files that failed
192 nr_no_grid = 0
193 nr_no_wav = 0
194
195 # total number of segments of all files
196 tot_segments = 0
197
198 # create list of .textgrid files
199 Create Strings as file list... file_list 'sound_directory$'*.TextGrid
200 nr_files = Get number of strings
201
202 # go through all the sound files, one by one
203 for i_file to nr_files
204     select Strings file_list
205     file_name$ = Get string... i_file

```

```

203   Read from file... 'sound_directory$'file_name$'
204
205   # get length of all segments of one textgrid
206   base_name$ = selected$("TextGrid")
207   print Handling 'base_name$'
208
209   # check whether the selected tier number is not too large and whether selected tier is
       an interval tier.
210   max_tier = Get number of tiers
211   tier_is_interval = 0
212   if max_tier >= tier
213     tier_is_interval = Is interval tier... tier
214   endif
215
216   # next statement is only true if there is an interval tier under investigation
217   if tier_is_interval = 1
218     sound_file_name$ = sound_directory$+base_name$+sound_file_extension$
219     if fileReadable (sound_file_name$)
220
221     # if any of the above attempts to open a file worked, this will work as well
222     Read from file... 'sound_file_name$'
223     if default_time_step = 1
224       time_step = 0
225     else
226       time_step = individual_time_step
227     endif
228     if filter = 1
229       Filter (pass Hann band)... from_frequency to_frequency smoothing
230     endif
231     # creating temporary pitch objects:
232     #-----
233     # pitch definition: time step/ pitch floor/ max number of candidates/ very
       accurate/ silence
234     # threshold/ voicing threshold/ octave cost/ octave jump cost/ voiced unvoiced
       cost/ maximum pitch
235     #-----
236     To Pitch (cc)... time_step minimum_pitch 15 very_accurate$ silence_threshold
       voicing_threshold 0.01
237     ... 0.35 0.14 maximum_pitch
238     #-----
239
240     # creating temporary PointProcess objects: To PointProcess (cc)
241     if filter = 1
242       select Sound 'base_name$'_band
243       plus Pitch 'base_name$'_band
244       To PointProcess (cc)
245     else
246       select Sound 'base_name$'
247       plus Pitch 'base_name$'
248       To PointProcess (cc)
249     endif
250

```

ANHANG C

```

251 # use the TextGrid to find all segments
252     call adjust_texgrid
253     select TextGrid 'base_name$'
254     nr_segments = Get number of intervals... tier
255     nr_measured_segments = 0
256
257 # go thru all segments
258     for i_segment to nr_segments
259         select TextGrid 'base_name$'
260         interval_label$ = Get label of interval... tier i_segment
261
262 # report all intervals or only labeled intervals (whatever was selected in the form at
the beginning)
263     if (((label$="") and (interval_label$ <> "") and (interval_label$ <> ".")) or
264         ...((label$<> "") and (interval_label$ = label$)))
265
266 # measure length
267     t_left = Get starting point... tier i_segment
268     t_right = Get end point... tier i_segment
269     duration = (t_right - t_left) * 1000
270     call change_output duration 3
271     duration$= var$
272
273 # compute and report data only if segment duration is larger than a minimal size
274     if (duration > minimum_length)
275         nr_measured_segments += 1
276         fileappend 'result_file$'
277             'base_name$' 'tab$' 'interval_label$' 'tab$' 'i_segment' 'tab$' 'duration$' 'tab$'
278
279     if filter = 1
280         select Sound 'base_name$'_band
281         plus Pitch 'base_name$'_band
282         plus PointProcess 'base_name$'_band_'base_name$'_band
283     else
284         # Read from file... 'sound_file_name$'
285         select Sound 'base_name$'
286         plus Pitch 'base_name$'
287         plus PointProcess 'base_name$'_'base_name$'
288     endif
289
290 #----- Voice Report
291
292     voiceReport$ = Voice report... t_left t_right minimum_pitch maximum_pitch
293     ... maximum_period_factor maximum_amplitude_factor silence_threshold
294     ... voicing_threshold
295
296 #-----
297 # voice report definition: start/ end/ minimum pitch/ maximum pitch/ maximum
period factor/
298 # maximum amplitude factor/ silence threshold/ voicing threshold
299 #-----
300
301     median_Pitch = extractNumber (voiceReport$, "Median pitch: ")
302     mean_Pitch = extractNumber (voiceReport$, "Mean pitch: ")
303     std_dev_Pitch = extractNumber (voiceReport$, "Standard deviation: ")
304     min_Pitch = extractNumber (voiceReport$, "Minimum pitch: ")

```

```

299     max_Pitch = extractNumber (voiceReport$, "Maximum pitch: ")
300     nmb_Pulses = extractNumber (voiceReport$, "Number of pulses: ")
301     nmb_Periods = extractNumber (voiceReport$, "Number of periods: ")
302     mean_Period = extractNumber (voiceReport$, "Mean period: ")
303     st_dev_Period = extractNumber (voiceReport$, "Standard deviation of period: ")
304     unvoiced_Frames = extractNumber (voiceReport$, "Fraction of locally unvoiced
        frames: ")
305     nmb_Voicebreaks = extractNumber (voiceReport$, "Number of voice breaks: ")
306     deg_Voicebreaks = extractNumber (voiceReport$, "Degree of voice breaks: ")
307     jitter_local = extractNumber (voiceReport$, "Jitter (local): ")
308     jitter_local_abs = extractNumber (voiceReport$, "Jitter (local, absolute): ")
309     jitter_rap = extractNumber (voiceReport$, "Jitter (rap): ")
310     jitter_ppq5 = extractNumber (voiceReport$, "Jitter (ppq5): ")
311     jitter_ddp = extractNumber (voiceReport$, "Jitter (ddp): ")
312     shimmer_local = extractNumber (voiceReport$, "Shimmer (local): ")
313     shimmer_local_dB = extractNumber (voiceReport$, "Shimmer (local, dB): ")
314     shimmer_local_apq3 = extractNumber (voiceReport$, "Shimmer (apq3): ")
315     shimmer_local_apq5 = extractNumber (voiceReport$, "Shimmer (apq5): ")
316     shimmer_local_apq11 = extractNumber (voiceReport$, "Shimmer (apq11): ")
317     shimmer_local_dda = extractNumber (voiceReport$, "Shimmer (dda): ")
318     mean_Harmonicity = extractNumber (voiceReport$, "Mean autocorrelation: ")
319     mean_NHR = extractNumber (voiceReport$, "Mean noise-to-harmonics ratio: ")
320     mean_HNR = extractNumber (voiceReport$, "Mean harmonics-to-noise ratio: ")
321     # ----- preparing output
        -----
322     if median_Pitch = undefined
323         median_Pitch$ = "0"
324     elseif median_Pitch <> undefined
325         call change_output median_Pitch 3
326         median_Pitch$ = var$
327     endif
328     if mean_Pitch = undefined
329         mean_Pitch$ = "0"
330     elseif mean_Pitch <> undefined
331         call change_output mean_Pitch 3
332         mean_Pitch$ = var$
333     endif
334     if std_dev_Pitch = undefined
335         std_dev_Pitch$ = "0"
336     elseif std_dev_Pitch <> undefined
337         call change_output std_dev_Pitch 3
338         std_dev_Pitch$ = var$
339     endif
340     if min_Pitch = undefined
341         min_Pitch$ = "0"
342     elseif min_Pitch <> undefined
343         call change_output min_Pitch 3
344         min_Pitch$ = var$
345     endif
346     if max_Pitch = undefined
347         max_Pitch$ = "0"
348     elseif max_Pitch <> undefined

```

ANHANG C

```

349         call change_output max_Pitch 3
350         max_Pitch$ = var$
351     endif
352     if mean_Period = undefined
353         mean_Period$ = "0"
354     elsif mean_Period <> undefined
355         call change_output mean_Period 9
356         mean_Period$ = var$
357     endif
358     if st_dev_Period = undefined
359         st_dev_Period$ = "0"
360     elsif st_dev_Period <> undefined
361         call change_output st_dev_Period 9
362         st_dev_Period$ = var$
363     endif
364     if unvoiced_Frames = undefined
365         unvoiced_Frames$ = "0"
366     elsif unvoiced_Frames <> undefined
367         call change_output unvoiced_Frames 5
368         unvoiced_Frames$ = var$
369     endif
370     if deg_Voicebreaks = undefined
371         deg_Voicebreaks$ = "0"
372     elsif deg_Voicebreaks <> undefined
373         call change_output deg_Voicebreaks 5
374         deg_Voicebreaks$ = var$
375     endif
376     if jitter_local = undefined
377         jitter_local$ = "0"
378     elsif jitter_local <> undefined
379         jitter_local_percent = jitter_local * 100
380         call change_output jitter_local_percent 3
381         jitter_local$ = var$
382     endif
383     if jitter_local_abs = undefined
384         jitter_local_abs$ = "0"
385     elsif jitter_local_abs <> undefined
386         call change_output jitter_local_abs 9
387         jitter_local_abs$ = var$
388     endif
389     if jitter_rap = undefined
390         jitter_rap$ = "0"
391     elsif jitter_rap <> undefined
392         jitter_rap_percent = jitter_rap * 100
393         call change_output jitter_rap_percent 3
394         jitter_rap$ = var$
395     endif
396     if jitter_ppq5 = undefined
397         jitter_ppq5$ = "0"
398     elsif jitter_ppq5 <> undefined
399         jitter_ppq5_percent = jitter_ppq5 * 100
400         call change_output jitter_ppq5_percent 3

```

```

401     jitter_ppq5$ = var$
402 endif
403 if jitter_ddp = undefined
404     jitter_ddp$ = "0"
405 elseif jitter_ddp <> undefined
406     jitter_ddp_percent = jitter_ddp * 100
407     call change_output jitter_ddp_percent 3
408     jitter_ddp$ = var$
409 endif
410 if shimmer_local = undefined
411     shimmer_local$ = "0"
412 elseif shimmer_local <> undefined
413     shimmer_local_percent = shimmer_local * 100
414     call change_output shimmer_local_percent 3
415     shimmer_local$ = var$
416 endif
417 if shimmer_local_dB = undefined
418     shimmer_local_dB$ = "0"
419 elseif shimmer_local_dB <> undefined
420     call change_output shimmer_local_dB 3
421     shimmer_local_dB$ = var$
422 endif
423 if shimmer_local_apq3 = undefined
424     shimmer_local_apq3$ = "0"
425 elseif shimmer_local_apq3 <> undefined
426     shimmer_local_apq3_percent = shimmer_local_apq3 * 100
427     call change_output shimmer_local_apq3_percent 3
428     shimmer_local_apq3$ = var$
429 endif
430 if shimmer_local_apq5 = undefined
431     shimmer_local_apq5$ = "0"
432 elseif shimmer_local_apq5 <> undefined
433     shimmer_local_apq5_percent = shimmer_local_apq5 * 100
434     call change_output shimmer_local_apq5_percent 3
435     shimmer_local_apq5$ = var$
436 endif
437 if shimmer_local_apq11 = undefined
438     shimmer_local_apq11$ = "0"
439 elseif shimmer_local_apq11 <> undefined
440     shimmer_local_apq11_percent = shimmer_local_apq11 * 100
441     call change_output shimmer_local_apq11_percent 3
442     shimmer_local_apq11$ = var$
443 endif
444 if shimmer_local_dda = undefined
445     shimmer_local_dda$ = "0"
446 elseif shimmer_local_dda <> undefined
447     shimmer_local_dda_percent = shimmer_local_dda * 100
448     call change_output shimmer_local_dda_percent 3
449     shimmer_local_dda$ = var$
450 endif
451 if mean_Harmonicity = undefined
452     mean_Harmonicity$ = "0"

```

```

453         elsif mean_Harmonicity <> undefined
454             call change_output mean_Harmonicity 6
455             mean_Harmonicity$ = var$
456         endif
457         if mean_NHR = undefined
458             mean_NHR$ = "0"
459         elsif mean_NHR <> undefined
460             call change_output mean_NHR 6
461             mean_NHR$ = var$
462         endif
463         if mean_HNR = undefined
464             mean_HNR$ = "0"
465         elsif mean_HNR <> undefined
466             call change_output mean_HNR 3
467             mean_HNR$ = var$
468         endif
469         # ----- output
470         # -----
471         # create resultlines for output file
472         resultline1$ = "'median_Pitch$' 'tab$' 'mean_Pitch$' 'tab$' 'std_dev_Pitch$' 'tab$'
473         ... 'min_Pitch$' 'tab$' 'max_Pitch$' 'tab$' "
474         resultline2$ = "'nmb_Pulses$' 'tab$' 'nmb_Periods$' 'tab$' 'mean_Period$' 'tab$'
475         ... 'st_dev_Period$' 'tab$' "
476         resultline3$ =
477             "'unvoiced_Frames$' 'tab$' 'nmb_Voicebreaks$' 'tab$' 'deg_Voicebreaks$' 'tab$' "
478         resultline4$ =
479             "'jitter_local$' 'tab$' 'jitter_local_abs$' 'tab$' 'jitter_rap$' 'tab$'
480             ... 'jitter_ppq5$' 'tab$' 'jitter_ddp$' 'tab$' "
481         resultline5$ =
482             "'shimmer_local$' 'tab$' 'shimmer_local_dB$' 'tab$' 'shimmer_local_apq3$'
483             ... 'tab$' 'shimmer_local_apq5$' 'tab$' 'shimmer_local_apq11$' 'tab$'
484             ... 'shimmer_local_dda$' 'tab$' "
485         resultline6$ = "'mean_Harmonicity$' 'tab$' 'mean_NHR$' 'tab$' 'mean_HNR$' "
486         # save results to text file
487         fileappend 'result_file$' 'resultline1$' 'resultline2$' 'resultline3$'
488         fileappend 'result_file$' 'resultline4$' 'resultline5$' 'resultline6$'
489         fileappend 'result_file$' 'newline$'
490     endif          # skipping segments that are too short
491 endif            # handling one segment
492 endfor           # going thru all intervals
493
494 # Entertain user
495 tot_segments += nr_measured_segments
496 perc = (i_file/nr_files) * 100
497 printline with 'nr_measured_segments' segments finished ('perc:2%').
498 select TextGrid 'base_name$'
499 if filter = 1
500     plus Pitch 'base_name$' _band
501     plus PointProcess 'base_name$' _band 'base_name$' _band
502     plus Sound 'base_name$' _band
503 else
504     plus Pitch 'base_name$'

```

```

501     plus PointProcess 'base_name$'_'base_name$'
502     plus Sound 'base_name$'
503 endif
504 Remove
505 else                                # sound file missing
506     printline skipped since there is no 'base_name$' 'sound_file_extension$' file.
507     nr_no_wav += 1
508     select TextGrid 'base_name$'
509     Remove
510 endif                                # check for sound file
511 else                                # tier missing
512     printline skipped since tier 'tier' is not an interval tier.
513     nr_no_grid += 1
514     select TextGrid 'base_name$'
515     Remove
516 endif                                # check for tier is an interval tier
517 endfor
518                                # going thru all files
519 # Clean up
520 select Strings file_list
521 Remove
522
523
524 # Inform user that we are done.
525 nr_files = nr_files - nr_no_grid - nr_no_wav
526 printline 'newline$' 'nr_files' files with a total of 'tot_segments' segments processed.
527 if nr_no_grid <> 0
528     printline 'nr_no_grid' files not processed since the selected tier 'tier' was not an
        interval tier.
529 endif
530 if nr_no_wav <> 0
531     printline 'nr_no_wav' files not processed since there were no sound files.
532 endif
533 printline Results are written to 'result_file$'. 'newline$' Program completed.
534 #-----
535 # This procedure change the calculated numbers in to stringvariables
536 # Replace the decimal point by a comma. The outcome is saved into var$.
537 procedure change_output var decimals
538     if decimal_separator = 1
539         var$ = fixed$(var,decimals)
540         var$ = replace$(var$,".",",",1)
541     else
542         var$ = fixed$(var,decimals)
543     endif
544 endproc
545 #-----
546 # During filtering process the waveform is changing.
547 # This procedure adjusts the zero crossings of the Textgrid files.
548 procedure adjust_texgrid
549 # reading TextGrid into array
550 select TextGrid 'base_name$'
551 textGridName$ = selected$("TextGrid")

```

ANHANG C

```

552 start = Get start time
553 end = Get end time
554 numberOfTiers = Get number of tiers
555 for t to numberOfTiers
556     tier_'t'_Name$ = Get tier name... t
557     tier_'t'_IsIntervalTier = Is interval tier... t
558     if tier_'t'_IsIntervalTier
559         tier_'t'_NumberOfIntervals = Get number of intervals... t
560         for i to tier_'t'_NumberOfIntervals
561             tier_'t'_Interval_'i'_End = Get end point... t i
562             tier_'t'_Interval_'i'_Label$ = Get label of interval... t i
563         endfor
564     else
565         tier_'t'_NumberOfPoints = Get number of points... t
566         for p to tier_'t'_NumberOfPoints
567             tier_'t'_Point_'p'_Time = Get time of point... t p
568             tier_'t'_Point_'p'_Label$ = Get label of point... t p
569         endfor
570     endif
571 endfor
572 # get nearest zero crossings from Sound
573 select Sound 'base_name$'
574 for t to numberOfTiers
575     if tier_'t'_IsIntervalTier
576         for i to tier_'t'_NumberOfIntervals
577             tier_'t'_Interval_'i'_Zero = Get nearest zero crossing... Left
578             tier_'t'_Interval_'i'_End
579         endfor
580     endif
581 endfor
582 # create new TextGrid
582 tierNames$ = ""
583 textTierNames$ = ""
584 for t to numberOfTiers
585     tierNames$ = tierNames$ + " " + tier_'t'_Name$
586     if not tier_'t'_IsIntervalTier
587         textTierNames$ = textTierNames$ + " " + tier_'t'_Name$
588     endif
589 endfor
590 Create TextGrid... start end "'tierNames$'" 'textTierNames$'
591 for t to numberOfTiers
592     if tier_'t'_IsIntervalTier
593         for i to tier_'t'_NumberOfIntervals
594             if i < tier_'t'_NumberOfIntervals
595                 Insert boundary... t tier_'t'_Interval_'i'_Zero
596             endif
597             label$ = tier_'t'_Interval_'i'_Label$
598             Set interval text... t i 'label$'
599         endfor
600     else
601         for p to tier_'t'_NumberOfPoints
602             label$ = tier_'t'_Point_'p'_Label$

```

```
603         Insert point... t tier_'t'_Point_'p'_Time 'label$'
604     endfor
605 endif
606 endfor
607 Rename... 'textGridName$'_adjusted
608 if filter = 1
609     select Sound 'base_name$'
610     plus TextGrid 'base_name$'
611 else
612     select TextGrid 'base_name$'
613 endif
614 Remove
615 select TextGrid 'base_name$'_adjusted
616 Rename... 'textGridName$'
617 endproc
```



```

1 #####
2 #
3 # Dieses Praat-Skript Stapelverarbeitung) geht durch alle Sound- und zugehoerigen
4 # TextGrid-Dateien in einem Verzeichnis. Die Ordner der Sound- und TextGrid-Dateien
5 # koennen verschiedene Pfade besitzen, die Dateien selbst muessen aber den gleichen
6 # Namen aufweisen. Falls die Segmentlaenge kuerzer als die anzugebene Laenge bzw. die
7 # TextGrid-Markierung ein Punkt ('.') ist, erfolgt keine Berechnung.
8 # Das Skript sammelt die Daten fuer Dauer, Pitch und HNR fuer jeden etikettierten
9 # Abschnitt in der auszuwaehlenden Ebene. Ein zu filternder Frequenzbereich
10 # kann definiert werden. Die Resultate werden in einer eigenen tab-separierten Text-
11 # Datei gespeichert. Fuer eine bessere Benutzerfreundlichkeit in deutschen und
12 # englischen Sytemen kann entsprechend das Dezimaltrennzeichen fuer die resultierende
13 # Datei ausgewaehlt werden.
14 #
15 #####
16 #
17 # This Praat script (batch processing) goes through all sound and associated
18 # TextGridfiles in a directory. The folders of the sound and TextGrid files
19 # can have differnent pathes, but the files must have the same name. No
20 # computation if the interval is shorter than a given size or label of interval is
21 # a dot ('.') only. The script collects the duration, pitch and HNR data for each
22 # labeled interval in an selected tier. A range for filtering the frequency domain
23 # can be defined. The results are saved in a separated tab text file. For reasons of
24 # better usage there is a choice of decimal separator for German or English systems
25 # in resulting data file.
26 #
27 #####
28 #
29 # version 0.34
30 #
31 # needs PRAAT 5.1.07 or higher
32 #
33 #####
34 #
35 # Peter Abend
36 #
37 # 2012/05/02
38 #
39 # voiceresearch@gmx.net
40 #
41 #####
42 #
43 # This script is distributed under the GNU General Public License (GPL).
44 #
45 #####
46
47 clearinfo
48 form File parameters
49   comment The file structure of the operating system must be considered!
50   comment OSX:  /Users/Username/Directory/Subdirectory/
51   comment WIN:  C:\Directory\Subdirectory\Subdirectory\
52   comment The (back)slash at the end of the file path must exist!

```

ANHANG C

```

53  comment -----
54  # sound directory, change it if necessary
55  comment Path of sound and TextGrid files: TextGrid files must contain same name!
56  text sound_directory
      /Users/Peter/Desktop/StimmProjekt/Voices+TextGrid/ALLE_aif_16kHz_SPSS/
57  # type of sound file extension (.aif/.wav)
58  optionmenu sound_file_extension: 1
59      option .aif
60      option .wav
61  # tier to analyze
62  comment Which interval tiers should be analyzed?
63  optionmenu tier: 1
64      option Tier 1
65      option Tier 2
66      option Tier 3
67      option Tier 4
68      option Tier 5
69      option Tier 6
70      option Tier 7
71      option Tier 8
72      option Tier 9
73      option Tier 10
74  sentence label_of_tier ALLE
75  comment Minimal length (in ms) for an interval to be analyzed and reported.
76  real minimum_length 25
77  comment Leave the label field empty if you want to analyze all labelled intervals
78  comment or type the label you want to analyze (only one at a time is possible ).
79  word label
80  # path of resulting tab text file
81  comment Insert full path of the resulting data file without (back)slash at end of file:
82  text result_file ~/Desktop/Harmonicity
83  sentence result_file_extension .txt
84  # decimal separator for German or English systems in resulting data file
85  comment Choose decimal separator for resulting data file:
86  optionmenu decimal_separator 1
87      option comma
88      option decimal point
89  endform
90  beginPause ("Pitch parameters")
91  # correlation methods
92  choice ("Pitch correlation", 1)
93      option ("cross correlation (cc)")
94      option ("autocorrelation (ac)")
95  comment ("Cross correlation (cc) is preferred for voice analysis!")
96  comment ("-----")
97  # pitch analysis parameters
98  comment ("Pitch parameters: 70 - 300Hz for males, 100 - 500Hz for females.")
99  positive ("minimum pitch (Hz)", 70)
100 positive ("maximum pitch (Hz)", 300)
101 boolean ("very accurate", 0)
102 comment ("NOTE! Very accurate needs twice of effective length of the segment.")
103 comment ("-----")

```

```

104  comment ("Default time step (Sound: To pitch (cc)... = 0.0)")
105  boolean ("default time step", 1)
106  positive ("individual time step (s)", 0.01)
107  comment ("-----")
108  comment ("Pitch parameters determines harmonicity parameters too!")
109  clicked = endPause ("Continue", 2)
110  beginPause ("Harmonicity and filtering parameters")
111  choice ("Harmonicity correlation", 1)
112    option ("cross correlation (cc)")
113    option ("autocorrelation (ac)")
114  comment ("Sensitivity of harmonicity (cc) is 60dB, time resolution is 12ms.")
115  comment ("Sensitivity of harmonicity (ac) is 80dB, time resolution is 30ms.")
116  comment ("-----")
117  # HNR analysis parameters only
118  comment ("Harmonicity parameters:")
119  positive ("time step harmonicity (s)", 0.01)
120  positive ("silence threshold", 0.01)
121  positive ("number of periods per window", 4.5)
122  comment ("-----")
123  # filter the frequency domain
124  comment ("Perform filtering frequency domain?")
125  boolean ("filter", 0)
126  positive ("from frequency (Hz)", 0.1)
127  positive ("to frequency (Hz)", 2000)
128  positive ("smoothing (Hz)", 0.1)
129  comment ("-----")
130  comment ("NOTE!")
131  comment ("Filtering the frequency domain needs pitch data within band.")
132  clicked = endPause ("Go", 1)
133  if (pitch_correlation = 0) and (harmonicity_correlation = 0)
134    printline Neither Pitch correlation nor Harmonicity correlation selected: No data
        computed.
135    printline EXIT!
136    exit
137  endif
138
139  # recoding sound file extension
140  if sound_file_extension = 1
141    sound_file_extension$ = ".aif"
142  endif
143  if sound_file_extension = 2
144    sound_file_extension$ = ".wav"
145  endif
146
147  # Preparing the output file
148  Create Strings as file list... list 'sound_directory$'*'sound_file_extension$'
149  numberOfFiles = Get number of strings
150  for ifile to numberOfFiles
151    select Strings list
152    sound$ = Get string... ifile
153    Read from file... 'sound_directory$'sound$'
154    objectname$ = selected$ ("Sound", 1)

```

ANHANG C

```

155     samplingFrequency = Get sampling frequency
156     select Sound 'objectname$'
157     Remove
158 endfor
159 select Strings list
160 Remove
161
162 if pitch_correlation = 1
163     pitch_cor$ = "(cc)"
164 else
165     pitch_cor$ = "(ac)"
166 endif
167
168 sampling_Frequency = samplingFrequency/1000
169
170 # name of result file
171 if filter = 1
172     result_file$ =
173         ''result_file$'_label_of_tier$'__pitch_'minimum_pitch'-'maximum_pitch'Hz'pitch_cor$'
174         ...__filter_'from_frequency'-'to_frequency'Hz@'sampling_Frequency'kHz'result_file_extension$'
175 else
176     result_file$ =
177         ''result_file$'_label_of_tier$'__pitch_'minimum_pitch'-'maximum_pitch'Hz'pitch_cor$'
178         ...@'sampling_Frequency'kHz'result_file_extension$'
179 endif
180
181 # check if a result file already exists, and ask permission to overwrite it
182 if fileReadable (result_file$)
183     beginPause ("Warning!")
184     comment ("The result file")
185     comment (result_file$)
186     comment ("already exists!")
187     comment ("Do you want to overwrite it?")
188     clicked = endPause ("Yes", 1)
189     filedelete 'result_file$'
190 endif
191
192 # writing a header line for result file
193 titleline1$ = "File'tab$'Interval'tab$'Segment'tab$'Duration_ms'tab$'"
194 titleline2$ = "Pitch_Min_Hz'tab$'Pitch_Max_Hz'tab$'Pitch_Mean_Hz'tab$'"
195 titleline3$ = "HNR_Min_dB'tab$'HNR_Max_dB'tab$'HNR_Mean_dB'tab$'"
196 titleline4$ = "HNR_Stdev_dB'tab$'NHR_Mean_dB"
197 fileappend 'result_file$' 'titleline1$' 'titleline2$' 'titleline3$' 'titleline4$'
198 fileappend 'result_file$' 'newline$'
199
200 # number of files that failed
201 nr_no_grid = 0
202 nr_no_wav = 0
203
204 # total number of segments of all files
205 tot_segments = 0

```

```

205 # create list of .textgrid files
206 Create Strings as file list... file_list 'sound_directory$'*.TextGrid
207 nr_files = Get number of strings
208
209 # go through all the sound files, one by one
210 for i_file to nr_files
211     select Strings file_list
212     file_name$ = Get string... i_file
213     Read from file... 'sound_directory$'file_name$'
214
215 # get length of all segments of one textgrid
216 base_name$ = selected$("TextGrid")
217 print Handling 'base_name$'
218
219 # check whether the selected tier number is not too large and whether selected tier is
    an interval tier.
220 max_tier = Get number of tiers
221 tier_is_interval = 0
222 if max_tier >= tier
223     tier_is_interval = Is interval tier... tier
224 endif
225
226 # next statement is only true if there is an interval tier under investigation
227 if tier_is_interval = 1
228     sound_file_name$ = sound_directory$+base_name$+sound_file_extension$
229     if fileReadable (sound_file_name$)
230
231 # if any of the above attempts to open a file worked, this will work as well
232     Read from file... 'sound_file_name$'
233     if filter = 1
234         Filter (pass Hann band)... from_frequency to_frequency smoothing
235         select Sound 'base_name$'_band
236     else
237         select Sound 'base_name$'
238     endif
239     if default_time_step = 1
240         time_step = 0
241     else
242         time_step = individual_time_step
243     endif
244     #Read from file... 'sound_file_name$'
245     if pitch_correlation = 1
246         #-----
247         # pitch defintion: time step/minimum pitch/max number of candidates/very
            accurate/silence threshold/
248         # voicing threshold/octave cost/octave jump cost/voiced unvoiced cost/maximum pitch
249         #-----
250         To Pitch (cc)... time_step minimum_pitch 15 no 0.03 0.45 0.01 0.35 0.14
            maximum_pitch
251         # Read from file... 'sound_file_name$'
252     else

```

```

253         To Pitch (ac)... time_step minimum_pitch 15 no 0.03 0.45 0.01 0.35 0.14
                maximum_pitch
254     # Read from file... 'sound_file_name$'
255     endif
256     # Creating temporary HNR objects
257     if filter = 1
258         select Sound 'base_name$'_band
259     else
260         select Sound 'base_name$'
261     endif
262     if harmonicity_correlation = 1
263     #-----
264     # harmonicity definition: time step/minimum pitch/silence threshold/number of
                periods per window
265     #-----
266         To Harmonicity (cc)... time_step_harmonicity minimum_pitch silence_threshold
                number_of_periods_per_window
267     else
268         To Harmonicity (ac)... time_step_harmonicity minimum_pitch silence_threshold
                number_of_periods_per_window
269     endif
270
271     # use the TextGrid to find all segments
272     call adjust_texgrid
273     select TextGrid 'base_name$'
274     nr_segments = Get number of intervals... tier
275     nr_measured_segments = 0
276
277     # go thru all segments
278     for i_segment to nr_segments
279         select TextGrid 'base_name$'
280         interval_label$ = Get label of interval... tier i_segment
281
282     # report all intervals or only labeled intervals (whatever was selected in the form at
                the beginning)
283         if (((label$="") and (interval_label$ <> "") and (interval_label$ <> ".")) or
284             ...((label$<> "") and (interval_label$ = label$)))
285
286     # measure length
287         t_left = Get starting point... tier i_segment
288         t_right = Get end point... tier i_segment
289         duration = (t_right - t_left) * 1000
290         call change_output duration 3
291         duration$= var$
292
293     # compute and report data only if segment duration is larger than a minimal size
294         if (duration > minimum_length)
295             nr_measured_segments += 1
296             fileappend 'result_file$'
                'base_name$','tab$','interval_label$','tab$','i_segment','tab$','duration$','tab$'
297             # - - - - - pitch data - - - - -
                -

```

```

298     if filter = 1
299         select Pitch 'base_name$'_band
300     else
301         select Pitch 'base_name$'
302     endif
303     pitchmin = Get minimum... t_left t_right Hertz Parabolic
304     if pitchmin <> undefined
305         call change_output pitchmin 2
306         pitchmin$ = var$
307     else
308         pitchmin$ = "0"
309     endif
310     pitchmax = Get maximum... t_left t_right Hertz Parabolic
311     if pitchmax <> undefined
312         call change_output pitchmax 2
313         pitchmax$ = var$
314     else
315         pitchmax$ = "0"
316     endif
317     meanpitch = Get mean... t_left t_right Hertz
318     if meanpitch <> undefined
319         call change_output meanpitch 2
320         meanpitch$ = var$
321     else
322         meanpitch$ = "0"
323     endif
324     if (pitchmin$ = "0") or (pitchmax$ = "0") or (meanpitch$ = "0")
325         min_HNR$ = "0"
326         max_HNR$ = "0"
327         mean_HNR$ = "0"
328         mean_NHR$ = "0"
329         std.dev_HNR$ = "0"
330     # - - - - - Harmonicity Data - - - - -
331     else
332         if filter = 1
333             select Harmonicity 'base_name$'_band
334         else
335             select Harmonicity 'base_name$'
336         endif
337         min_HNR = Get minimum... t_left t_right Parabolic
338         if min_HNR <> undefined
339             call change_output min_HNR 6
340             min_HNR$ = var$
341         else
342             min_HNR$ = "0"
343         endif
344         max_HNR = Get maximum... t_left t_right Parabolic
345         if max_HNR <> undefined
346             call change_output max_HNR 6
347             max_HNR$ = var$
348         else
349             max_HNR$ = "0"

```

```

350         endif
351         mean_HNR = Get mean... t_left t_right
352         # harmonics-to-noise ratio and noise-to-harmonics
353         if mean_HNR <> undefined
354             call change_output mean_HNR 6
355             mean_HNR$ = var$
356             mean_NHR = 10^('mean_HNR'/(-10))
357             if mean_NHR <> undefined
358                 call change_output mean_NHR 6
359                 mean_NHR$ = var$
360             endif
361         else
362             mean_HNR$ = "0"
363             mean_NHR$ = "0"
364         endif
365         std.dev_HNR = Get standard deviation... t_left t_right
366         if std.dev_HNR <> undefined
367             call change_output std.dev_HNR 6
368             std.dev_HNR$ = var$
369         else
370             std.dev_HNR$ = "0"
371         endif
372     endif
373     # - - - - - Output - - - - -
374     # create resultlines for output file
375     resultline1$ = "'pitchmin$','tab$','pitchmax$','tab$','meanpitch$','tab$'"
376     resultline2$ = "'min_HNR$','tab$','max_HNR$','tab$','mean_HNR$','tab$'"
377     resultline3$ = "'std.dev_HNR$','tab$','mean_NHR$'"
378     # save results to text file
379     fileappend 'result_file$' 'resultline1$' 'resultline2$' 'resultline3$'
380     fileappend 'result_file$' 'newline$'
381     endif          # skipping segments that are too short
382     endif          # handling one segment
383     endfor         # going thru all intervals
384
385 # Entertain user
386     tot_segments += nr_measured_segments
387     perc = (i_file/nr_files) * 100
388     printline with 'nr_measured_segments' segments finished ('perc:2%').
389     select TextGrid 'base_name$'
390     if filter = 1
391         plus Pitch 'base_name$'_band
392         plus Harmonicity 'base_name$'_band
393         plus Sound 'base_name$'_band
394     else
395         plus Pitch 'base_name$'
396         plus Harmonicity 'base_name$'
397     endif
398     Remove
399 else          # sound file missing
400     printline skipped since there is no 'base_name$' 'sound_file_extension$' file.
401     nr_no_wav += 1

```

```

402     select TextGrid 'base_name$'
403     Remove
404     endif                                # check for sound file
405 else                                    # tier missing
406     printline skipped since tier 'tier' is not an interval tier.
407     nr_no_grid += 1
408     select TextGrid 'base_name$'
409     Remove
410     endif                                # check for tier is an interval tier
411 endfor
412                                     # going thru all files
413 # Clean up
414 select Strings file_list
415 Remove
416
417 # Inform user that we are done.
418 nr_files = nr_files - nr_no_grid - nr_no_wav
419 printline 'newline$','nr_files' files with a total of 'tot_segments' segments processed.
420 if nr_no_grid <> 0
421     printline 'nr_no_grid' files not processed since the selected tier 'tier' was not an
         interval tier.
422 endif
423 if nr_no_wav <> 0
424     printline 'nr_no_wav' files not processed since there were no sound files.
425 endif
426 printline Results are written to 'result_file$'. 'newline$'Program completed.
427 #
-----
428 # This procedure change the calculated numbers in to stringvariables
429 # Replace the decimal point by a comma. The outcome is saved into var$.
430 procedure change_output var decimals
431     if decimal_separator = 1
432         var$ = fixed$(var,decimals)
433         var$ = replace$(var$,".",",",1)
434     else
435         var$ = fixed$(var,decimals)
436     endif
437 endproc
438 #
-----
439 # During filtering process the waveform is changing.
440 # This procedure adjusts the zero crossings of the Textgrid files.
441 procedure adjust_texgrid
442     # reading TextGrid into array
443     select TextGrid 'base_name$'
444     textGridName$ = selected$("TextGrid")
445     start = Get start time
446     end = Get end time
447     numberOfTiers = Get number of tiers
448     for t to numberOfTiers
449         tier_'t'_Name$ = Get tier name... t
450         tier_'t'_IsIntervalTier = Is interval tier... t

```

ANHANG C

```

451     if tier_'t'_IsIntervalTier
452         tier_'t'_NumberOfIntervals = Get number of intervals... t
453         for i to tier_'t'_NumberOfIntervals
454             tier_'t'_Interval_'i'_End = Get end point... t i
455             tier_'t'_Interval_'i'_Label$ = Get label of interval... t i
456         endfor
457     else
458         tier_'t'_NumberOfPoints = Get number of points... t
459         for p to tier_'t'_NumberOfPoints
460             tier_'t'_Point_'p'_Time = Get time of point... t p
461             tier_'t'_Point_'p'_Label$ = Get label of point... t p
462         endfor
463     endif
464 endfor
465 # get nearest zero crossings from Sound
466 select Sound 'base_name$'
467     for t to numberOfTiers
468         if tier_'t'_IsIntervalTier
469             for i to tier_'t'_NumberOfIntervals
470                 tier_'t'_Interval_'i'_Zero = Get nearest zero crossing... Left
471                 tier_'t'_Interval_'i'_End
472             endfor
473         endif
474     endfor
475 # create new TextGrid
476 tierNames$ = ""
477 textTierNames$ = ""
478     for t to numberOfTiers
479         tierNames$ = tierNames$ + " " + tier_'t'_Name$
480         if not tier_'t'_IsIntervalTier
481             textTierNames$ = textTierNames$ + " " + tier_'t'_Name$
482         endif
483     endfor
484 Create TextGrid... start end "'tierNames$'" 'textTierNames$'
485     for t to numberOfTiers
486         if tier_'t'_IsIntervalTier
487             for i to tier_'t'_NumberOfIntervals
488                 if i < tier_'t'_NumberOfIntervals
489                     Insert boundary... t tier_'t'_Interval_'i'_Zero
490                 endif
491                 label$ = tier_'t'_Interval_'i'_Label$
492                 Set interval text... t i 'label$'
493             endfor
494         else
495             for p to tier_'t'_NumberOfPoints
496                 label$ = tier_'t'_Point_'p'_Label$
497                 Insert point... t tier_'t'_Point_'p'_Time 'label$'
498             endfor
499         endif
500     endfor
501 Rename... 'textGridName$'_adjusted
502 select Sound 'base_name$'

```

```
502 plus TextGrid 'base_name$'  
503 Remove  
504 select TextGrid 'base_name$'_adjusted  
505 Rename... 'textGridName$'  
506 endproc
```



```

1 #####
2 #
3 # Dieses Praat-Skript (Stapelverarbeitung) berechnet die Formanten und Fundamental-
4 # Frequenzen (f0) aller markierten TextGrid-Segmente in einem Verzeichnis. Die Ordner
5 # der Sound- und TextGrid-Dateien koennen verschiedene Pfade besitzen, die Dateien
6 # selbst muessen aber den gleichen Namen aufweisen. Falls die Segmentlaenge kuerzer
7 # als die anzugebene Laenge bzw. die TextGrid-Markierung ein Punkt ('.') ist, erfolgt
8 # keine Berechnung. Die Messungen sind fuer den Mittelpunkt, die Raender, den Mittel-
9 # wert, Formant-Tracking und Tracking um den Mittelpunkt in den markierten Segmenten
10 # auswaehlbar. Damit bei Randmessungen die Analysen innerhalb der markierten Intervalle
11 # durchfuehrbar sind, werden die Messmittelpunkte eine halbe Fensterlaenge versetzt.
12 # Fehlende Werte bzw. Formantwerte ausserhalb des charakteristischen Bereichs werden
13 # als Null ausgegeben. Die Resultate werden in einer eigenen tab-separierten Text-Datei
14 # gespeichert. Fuer eine bessere Benutzerfreundlichkeit in deutschen bzw. englischen
15 # Systemen kann entsprechend das Dezimaltrennzeichen fuer die resultierende Datei
16 # ausgewaehlt werden.
17 #
18 #####
19 #
20 # This Praat script (batch processing) computes the formants and pitches of labeled
21 # segments of all soundfiles in a directory. The folders of the sound and TextGrid
22 # files can have different pathes, but the files must have the same name. No
23 # computation of formants and pitches if the interval is shorter than a given size or
24 # label of interval is a dot ('.') only. The measurement of center, edges, mean, formant
25 # tracking or tracking at center within labeled segments is selectable. Center of left
26 # and right edge-positions are shifted by half window size to have the analyses inside
27 # the interval. Missing values and formant value out of typical range respectively are
28 # computed as zero. The results are saved in a separated tab text file. For reasons
29 # of better usage there is a choice of decimal separator for German or English
30 # systems in resulting data file.
31 #
32 #####
33 #
34 # version 1.3.2
35 #
36 # tested with PRAAT 5.1.07
37 #
38 #####
39 #
40 # This script was build upon the script "Computes formants frequencies, bandwidth,
41 # mean etc. of selected intervals in all files of a directory" v1.1 by Henning Reetz
42 # --> http://menzerath.phonetik.uni-frankfurt.de/tools/tools.html
43 #
44 # Peter Abend
45 #
46 # 2012/05/31
47 #
48 # voiceresearch@gmx.net
49 #
50 #####
51 #
52 # This script is distributed under the GNU General Public License (GPL).

```

ANHANG C

```

53  #
54  #####
55
56  clearinfo
57
58  # Inquire some parameters
59
60  form File parameters
61      comment The file structure of the operating system must be considered!
62      comment OSX:  /Users/Username/Directory/Subdirectory/
63      comment WIN:  C:\Directory\Subdirectory\Subdirectory\
64      comment The (back)slash at the end of the file path must exist!
65      comment -----
66      # sound directory, change it if necessary
67      comment Path of sound files:
68      text sound_directory
        /Users/Peter/Desktop/StimmProjekt/Voices+TextGrid/ALLE_aif_11kHz_SPSS_Nyquist/
69      # type of sound file extension (.aif/.wav)
70      optionmenu sound_file_extension: 1
71          option .aif
72          option .wav
73      # tier to analyze
74      comment Which interval tiers should be analyzed?
75      optionmenu tier: 1
76          option Tier 1
77          option Tier 2
78          option Tier 3
79          option Tier 4
80          option Tier 5
81          option Tier 6
82          option Tier 7
83          option Tier 8
84          option Tier 9
85          option Tier 10
86      sentence label_of_tier ALLE
87      comment minimum length (in ms) for an interval to be analyzed and reported.
88      real minimum_length 25
89      comment Leave the label field empty if you want to analyze all labelled intervals
90      comment or type the label you want to analyze (only one at a time is possible ).
91      word label
92      # path of resulting tab text file
93      comment Insert full path of the resulting data file without (back)slash at end of file:
94      text result_file ~/Desktop/Formants
95      sentence result_file_extension .txt
96      # decimal separator for German or English systems in resulting data file
97      comment Choose decimal separator for resulting data file:
98      optionmenu decimal_separator 1
99          option comma
100         option decimal point
101  endform
102  beginPause ("Formant parameters")
103  boolean ("Perform pitch analysis", 1)

```

```

104  comment ("-----")
105  comment ("Measuring position(s) for pitch and formants:")
106  boolean ("Center", 0)
107  boolean ("Edges", 0)
108  boolean ("Mean", 1)
109  comment ("-----")
110  comment ("Do NOT combine Tracking at center or Formant tracking with")
111  comment ("other methods for measuring formants!")
112  boolean ("Tracking at center", 0)
113  boolean ("Formant tracking", 0)
114  real ("window length center (s)", 0.003)
115  real ("step size (s)", 0.001)
116  comment ("-----")
117  comment ("Sampling frequency of the sound file must be twice of max frequency!")
118  comment ("LPC (burg) parameters:")
119  comment ("Maximum frequency: males 5000Hz, females 5500Hz")
120  integer ("max frequency (Hz)", 5000)
121  integer ("number formants", 5)
122  real ("window length (s)", 0.025)
123  real ("step rate (s)", 0.005)
124  real ("pre emphasis (Hz)", 50)
125  comment ("-----")
126  optionMenu ("Unit", 1)
127     option ("Hertz")
128     option ("Bark")
129  clicked = endPause ("Continue", 1)
130  if perform_pitch_analysis = 1
131     beginPause ("Parameters for pitch analysis")
132     choice ("Pitch correlation", 2)
133         option ("autocorrelation (ac)")
134         option ("cross correlation (cc)")
135     comment ("Cross correlation (cc) is preferred for voice analysis!")
136     comment ("-----")
137     comment ("Frequency range is 70 - 300Hz for males, 100 - 500Hz for females.")
138     positive ("minimum pitch (Hz)", 70.0)
139     positive ("maximum pitch (Hz)", 300.0)
140     comment ("-----")
141     comment ("Default time step (Sound: To pitch (cc)... = 0.0)")
142     boolean ("default time step", 1)
143     positive ("individual time step (s)", 0.01)
144     clicked = endPause ("Continue", 1)
145  endif
146
147  # recoding sound file extension
148  if sound_file_extension = 1
149     sound_file_extension$ = ".aif"
150  endif
151  if sound_file_extension = 2
152     sound_file_extension$ = ".wav"
153  endif
154
155  # name of result file

```

ANHANG C

```

156   Create Strings as file list... list 'sound_directory$'*'sound_file_extension$'
157   numberOfFiles = Get number of strings
158   for ifile to numberOfFiles
159       select Strings list
160       sound$ = Get string... ifile
161       Read from file... 'sound_directory$' 'sound$'
162       objectname$ = selected$ ("Sound", 1)
163       samplingFrequency = Get sampling frequency
164       select Sound 'objectname$'
165       Remove
166   endfor
167   select Strings list
168   Remove
169
170   # Move window by half width at edges of intervals (might be required later)
171   window_half_length = window_length / 2.0
172
173   # Check whether anything is selected at all
174   if (center = 0) and (edges = 0) and (mean = 0) and (tracking_at_center = 0) and
       (formant_tracking = 0)
175       printline Neither Center, Edges, Mean, Tracking at center nor Formant tracking
           selected.
176       printline No data computed.
177       printline EXIT!
178       exit
179   endif
180   if ((center = 1) or (edges = 1) or (mean = 1)) and ((tracking_at_center = 1) or
       (formant_tracking = 1))
181       printline Center, Edges or Mean AND Tracking at center or Formant tracking can not
           calculated at same time.
182       printline No data computed.
183       printline EXIT!
184       exit
185   endif
186   if perform_pitch_analysis = 1
187       if pitch_correlation = 0
188           printline Pitch correlation is not selected.
189           printline No data computed.
190           printline EXIT!
191           exit
192       endif
193   endif
194
195   # Recode units (and strings for header of output file)
196   if (unit = 1)
197       unit$ = "Hertz"
198       un$ = "Hz"
199   else
200       unit$ = "Bark"
201       un$ = "Bk"
202   endif
203

```

```

204 # Preparing of the output file
205 if label$ = ""
206   label$ = "all_segments"
207 else
208   label$ = "segment_"+label$
209 endif
210 if center = 1
211   position$ = "center"
212 endif
213 if tracking_at_center = 1
214   position$ = "tracking_at_center"
215 endif
216 if mean = 1
217   position$ = "mean"
218 endif
219 if edges = 1
220   position$ = "edges"
221 endif
222 if formant_tracking = 1
223   position$ = "formant_tracking"
224 endif
225 if perform_pitch_analysis = 1
226   if pitch_correlation = 1
227     pitch_cor$ = "(ac)"
228   else
229     pitch_cor$ = "(cc)"
230   endif
231 endif
232 sampling_Frequency = samplingFrequency/1000
233
234 # name of result file
235 if perform_pitch_analysis = 1
236   result_file$ =
237     "'result_file$'_'label_of_tier$'_'label$'_'position$'_'__pitch_'minimum_pitch'-'
238     ...'maximum_pitch'Hz'pitch_cor$'_'__LPC_'max_frequency'Hz@'sampling_Frequency'kHz
239   ...'result_file_extension$'"
240 else
241   result_file$ =
242     "'result_file$'_'label_of_tier$'_'label$'_'position$'_'@'sampling_Frequency'kHz
243   ...'result_file_extension$'"
244 endif
245
246 # Check if a result file already exists, and ask permission to overwrite it
247 if fileReadable (result_file$)
248   beginPause ("Warning!")
249   comment ("The result file")
250   comment (result_file$)
251   comment ("already exists!")
252   comment ("Do you want to overwrite it?")
253   clicked = endPause ("Yes", 1)
254   filedelete 'result_file$'
255 endif

```

ANHANG C

```

254
255 # Write a header line
256 if tracking_at_center = 1
257     fileappend 'result_file$'
258     File'tab$'Interval'tab$'Segment'tab$'Duration_ms'tab$'Start_Mid_s'tab$'Mid_Mid_s
259     ...'tab$'End_Mid_s'tab$'TimeStep_s
260 elseif formant_tracking = 1
261     fileappend 'result_file$'
262     File'tab$'Interval'tab$'Segment'tab$'Duration_ms'tab$'Start_s'tab$'End_s'tab$'
263     ...TimeStep_s
264 else
265     fileappend 'result_file$' File'tab$'Interval'tab$'Segment'tab$'Duration_ms
266 endif
267 if center = 1
268     if perform_pitch_analysis = 1
269         fileappend 'result_file$' 'tab$'F0_mid_Hz
270     endif
271     for i_formant from 1 to number_formants
272         fileappend 'result_file$' 'tab$'F'i_formant:0'_mid_'un$'tab$'B'i_formant:0'_mid_'un$'
273     endfor
274 endif
275 if edges = 1
276     if perform_pitch_analysis = 1
277         fileappend 'result_file$' 'tab$'F0_left_Hz'tab$'F0_right_Hz
278     endif
279     for i_formant from 1 to number_formants
280         fileappend 'result_file$'
281         'tab$'F'i_formant:0'_left_'un$'tab$'B'i_formant:0'_left_'un$'
282         ...'tab$'F'i_formant:0'_right_'un$'tab$'B'i_formant:0'_right_'un$'
283     endfor
284 endif
285 if mean = 1
286     if perform_pitch_analysis = 1
287         fileappend 'result_file$' 'tab$'F0_mean_Hz'tab$'F0_stdev_Hz
288     endif
289     for i_formant from 1 to number_formants
290         fileappend 'result_file$'
291         'tab$'F'i_formant:0'_mean_'un$'tab$'F'i_formant:0'_stdev_'un$'
292     endfor
293 endif
294 if tracking_at_center = 1 or formant_tracking = 1
295     if perform_pitch_analysis = 1
296         fileappend 'result_file$' 'tab$'F0_Hz
297     endif
298     for i_formant from 1 to number_formants
299         fileappend 'result_file$' 'tab$'F'i_formant:0'_un$'tab$'B'i_formant:0'_un$'
300         #'tab$'B'i_formant:0'_un$'
301     endfor
302 endif
303 fileappend 'result_file$' 'newline$'
304

```

```

302 # Get file names from a directory
303 # In case the whole file should be measured, look for all sound files.
304 # If durations of labels are required, search for TextGrid files only.
305
306 # Number of files that failed
307 nr_no_grid = 0
308 nr_no_wav = 0
309
310 # Total number of segments of all files
311 tot_segments = 0
312
313 # Create list of .textgrid files
314 Create Strings as file list... file_list 'sound_directory$'*.TextGrid
315 nr_files = Get number of strings
316
317 # Go thru all files
318
319 for i_file to nr_files
320     select Strings file_list
321     file_name$ = Get string... i_file
322     Read from file... 'sound_directory$'file_name$'
323
324 # Get length of all segments of one textgrid
325 base_name$ = selected$("TextGrid")
326 print Handling 'base_name$'
327
328 # Check whether the selected tier number is not too large and whether selected tier is
    an interval tier.
329 max_tier = Get number of tiers
330 tier_is_interval = 0
331 if max_tier >= tier
332     tier_is_interval = Is interval tier... tier
333 endif
334
335 # Next statement is only true if there is an interval tier under investigation
336 if tier_is_interval = 1
337     sound_file_name$ = sound_directory$+base_name$+sound_file_extension$
338     if fileReadable (sound_file_name$)
339
340 # If any of the above attempts to open a file worked, this will work as well
341     if perform_pitch_analysis = 1
342         if default_time_step = 1
343             time_step = 0
344         else
345             time_step = individual_time_step
346         endif
347         Read from file... 'sound_file_name$'
348         if pitch_correlation = 1
349             # pitch defintion: time step/minimum pitch/max number of candidates/very
                accurate/silence threshold/
350             # voicing threshold/octave cost/octave jump cost/voiced unvoiced cost/maximum
                pitch

```

```

351         To Pitch (ac)... time_step minimum_pitch 15 no 0.03 0.45 0.01 0.35 0.14
           maximum_pitch
352     Read from file... 'sound_file_name$'
353 else
354     To Pitch (cc)... time_step minimum_pitch 15 no 0.03 0.45 0.01 0.35 0.14
           maximum_pitch
355     Read from file... 'sound_file_name$'
356 endif
357 else
358     Read from file... 'sound_file_name$'
359 endif
360 To Formant (burg)... step_rate number_formants max_frequency window_length
           pre_emphasis
361
362 # Use the TextGrid to find all segments.
363     call adjust_texgrid
364     select TextGrid 'base_name$'
365     nr_segments = Get number of intervals... tier
366     nr_measured_segments = 0
367
368 # Go thru all segments
369     for i_segment to nr_segments
370         select TextGrid 'base_name$'
371         interval_label$ = Get label of interval... tier i_segment
372
373 # Report all intervals or only labeled intervals (whatever was selected in the form at
the beginning)
374         if (((label$="") and (interval_label$ <> "") and (interval_label$ <> ".")) or
375             ...((label$<> "") and (interval_label$ = label$)))
376
377 # Measure length
378         t_left = Get starting point... tier i_segment
379         t_right = Get end point... tier i_segment
380         t_middle = (t_left+t_right) / 2
381         duration = (t_right - t_left) * 1000
382         t_middle_tracking_left = t_middle - window_length_center / 2
383         t_middle_tracking_right = t_middle + window_length_center / 2
384
385 # Compute and report data only if segment duration is larger than a minimum size
386         if (duration > minimum_length)
387             nr_measured_segments += 1
388             call change_output duration 2
389             duration$= var$
390
391             if formant_tracking = 1
392                 call change_output t_left 4
393                 t_left$ = var$
394                 call change_output t_right 4
395                 t_right$ = var$
396                 fileappend 'result_file$'
397                     'base_name$' 'tab$' 'interval_label$' 'tab$' 'i_segment'
398                     ... 'tab$' 'duration$' 'tab$' 't_left$' 'tab$' 't_right$'

```

```

398         elsif tracking_at_center = 1
399             call change_output t_middle_tracking_left 4
400             t_mid_left$ = var$
401             call change_output t_middle_tracking_right 4
402             t_mid_right$ = var$
403             call change_output t_middle 4
404             t_mid_middle$ = var$
405             fileappend 'result_file$'
406                 'base_name$' 'tab$' 'interval_label$' 'tab$' 'i_segment'
407             ... 'tab$' 'duration$' 'tab$' 't_mid_left$' 'tab$' 't_mid_middle$' 'tab$' 't_mid_right$'
408         else
409             fileappend 'result_file$'
410                 'base_name$' 'tab$' 'interval_label$' 'tab$' 'i_segment'
411             ... 'tab$' 'duration$'
412         endif
413     select Formant 'base_name$'
414
415     # Compute center formants (with median smoothing)
416
417     if center = 1
418         t_middle_left = t_middle - step_rate
419         t_middle_right = t_middle + step_rate
420
421     # Pitch center
422
423     if perform_pitch_analysis = 1
424         select Pitch 'base_name$'
425         f0_middle_left = Get value at time... t_middle_left Hertz Linear
426         f0_middle      = Get value at time... t_middle Hertz Linear
427         f0_middle_right = Get value at time... t_middle_right Hertz Linear
428         call MedianSmooth_f0 f0_middle_left f0_middle f0_middle_right
429         if f0_middle <> undefined
430             call change_output f0_middle 1
431             f0_middle$ = var$
432             fileappend 'result_file$' 'tab$' 'f0_middle$'
433         else
434             fileappend 'result_file$' 'tab$' 0
435         endif
436         select Formant 'base_name$'
437     endif # end pitch center
438
439     for i_formant to number_formants
440
441     # Get three formant values at and at the middle of the segment and pick the median
442
443         f_middle_left = Get value at time... i_formant t_middle_left 'unit$'
444             Linear
445         f_middle      = Get value at time... i_formant t_middle 'unit$' Linear
446         f_middle_right = Get value at time... i_formant t_middle_right 'unit$'
447             Linear
448         b_middle_left = Get bandwidth at time... i_formant t_middle_left 'unit$'
449             Linear
450         b_middle      = Get bandwidth at time... i_formant t_middle 'unit$' Linear

```

```

444         b_middle_right = Get bandwidth at time... i_formant t_middle_right 'unit$'
              Linear
445         call MedianSmooth f_middle_left f_middle f_middle_right b_middle_left
              b_middle b_middle_right
446
447     # Append the data to the result file
448         if f_middle <> undefined
449             if (unit$ = "Hertz")
450                 #call check_formant f_middle
451                 #f_middle = var
452                 call change_output f_middle 1
453                 f_middle$= var$
454                 #call var_zero b_middle
455                 #b_middle = var_b
456                 call change_output b_middle 1
457                 b_middle$= var$
458                 fileappend 'result_file$' 'tab$'f_middle$'tab$b_middle$'
459             else
460                 call change_output f_middle 2
461                 f_middle$= var$
462                 call change_output b_middle 2
463                 b_middle$= var$
464                 fileappend 'result_file$' 'tab$'f_middle$'tab$b_middle$'
465             endif
466         else
467             fileappend 'result_file$' 'tab$'0'tab$'0
468         endif
469
470     endfor      # going thru all formants
471     endif      # center formants wanted
472
473 # Compute formants at the edges (without smoothing)
474     if edges = 1
475
476     # Compute adjusted positions for edges
477         t_adj_left = t_left + window_half_length
478         t_adj_right = t_right - window_half_length
479     # Pitch edges
480         if perform_pitch_analysis = 1
481             select Pitch 'base_name$'
482             f0_left = Get value at time... t_adj_left Hertz Linear
483             f0_right = Get value at time... t_adj_right Hertz Linear
484             if f0_left <> undefined
485                 call change_output f0_left 1
486                 f0_left$= var$
487                 fileappend 'result_file$' 'tab$'f0_left$'
488             else
489                 fileappend 'result_file$' 'tab$'0
490             endif
491             if f0_right <> undefined
492                 call change_output f0_right 1
493                 f0_right$= var$

```

```

494         fileappend 'result_file$' 'tab$'f0_right$'
495     else
496         fileappend 'result_file$' 'tab$'0
497     endif
498     select Formant 'base_name$'
499 endif # end pitch edges
500
501     for i_formant to number_formants
502
503 # Get three formant values at and at the middle of the segment and pick the median
504
505         f_left = Get value at time... i_formant t_adj_left 'unit$' Linear
506         f_right = Get value at time... i_formant t_adj_right 'unit$' Linear
507         b_left = Get bandwidth at time... i_formant t_adj_left 'unit$' Linear
508         b_right = Get bandwidth at time... i_formant t_adj_right 'unit$' Linear
509
510 # Append the data to the result file
511         if f_left <> undefined
512             if (unit$ = "Hertz")
513                 #call check_formant f_left
514                 #f_left = var
515                 call change_output f_left 1
516                 f_left$= var$
517                 #call var_zero b_left
518                 #b_left = var_b
519                 call change_output b_left 1
520                 b_left$= var$
521                 fileappend 'result_file$' 'tab$'f_left$'tab$b_left$'
522             else
523                 call change_output f_left 2
524                 f_left$= var$
525                 call change_output b_left 2
526                 b_left$= var$
527                 fileappend 'result_file$' 'tab$'f_left$'tab$b_left$'
528             endif
529         else
530             fileappend 'result_file$' 'tab$'0'tab$'0
531         endif
532         if f_right <> undefined
533             if (unit$ = "Hertz")
534                 #call check_formant f_right
535                 #f_right = var
536                 call change_output f_right 1
537                 f_right$= var$
538                 #call var_zero b_right
539                 #b_right = var_b
540                 call change_output b_right 1
541                 b_right$= var$
542                 fileappend 'result_file$' 'tab$'f_right$'tab$b_right$'
543             else
544                 call change_output f_right 2
545                 f_right$= var$

```

```

546         call change_output b_right 2
547         b_right$= var$
548         fileappend 'result_file$' 'tab$'f_right$'tab$'b_right$'
549     endif
550 else
551     fileappend 'result_file$' 'tab$'0'tab$'0
552 endif
553 endfor      # going thru all formants
554 endif      # edges info wanted
555
556 # Compute mean formant values
557
558     if mean = 1
559 # Mean pitch
560         if perform_pitch_analysis = 1
561             select Pitch 'base_name$'
562             f0_mean = Get mean... t_left t_right Hertz
563             if f0_mean <> undefined
564                 call change_output f0_mean 1
565                 f0_mean$= var$
566                 fileappend 'result_file$' 'tab$'f0_mean$'
567             else
568                 fileappend 'result_file$' 'tab$'0
569             endif
570
571             f0_stdev = Get standard deviation... t_left t_right Hertz
572             if f0_stdev <> undefined
573                 call change_output f0_stdev 1
574                 f0_stdev$= var$
575                 fileappend 'result_file$' 'tab$'f0_stdev$'
576             else
577                 fileappend 'result_file$' 'tab$'0
578             endif
579             select Formant 'base_name$'
580         endif # end mean pitch
581
582         for i_formant to number_formants
583
584 # Get the mean of the formant frequency for this segment
585             f_mean = Get mean... i_formant t_left t_right 'unit$'
586             f_stdev = Get standard deviation... i_formant t_left t_right 'unit$'
587             if f_mean <> undefined
588                 if (unit$ = "Hertz")
589                     #call check_formant f_mean
590                     #f_mean = var
591                     call change_output f_mean 1
592                     f_mean$= var$
593                     fileappend 'result_file$' 'tab$'f_mean$'
594                 else
595                     call change_output f_mean 2
596                     f_mean$= var$
597                     fileappend 'result_file$' 'tab$'f_mean$'

```

```

598         endif
599     else
600         fileappend 'result_file$' 'tab$'0
601     endif
602     if f_stdev <> undefined
603         if (unit$ = "Hertz")
604             #call var_zero f_stdev
605             #f_stdev = var_b
606             call change_output f_stdev 1
607             f_stdev$= var$
608             fileappend 'result_file$' 'tab$'f_stdev$'
609         else
610             call change_output f_stdev 2
611             f_stdev$= var$
612             fileappend 'result_file$' 'tab$'f_stdev$'
613         endif
614     else
615         fileappend 'result_file$' 'tab$'0
616     endif
617     endfor          # going thru formants
618 endif              # mean of formants wanted
619
620 # Compute formant tracking at center position
621
622     if tracking_at_center = 1
623         if 'window_length_center' > (t_right - t_left)
624             clearinfo
625             printline Window length at center greater than segment duration!
626             printline Modify the window length.
627             printline EXIT!
628             exit
629         endif
630
631         numTimes_start = t_middle_tracking_left / step_size
632         numTimes_end = t_middle_tracking_right / step_size + step_size
633
634         for i_time from numTimes_start to numTimes_end
635             cur_time = i_time * step_size
636             call change_output cur_time 4
637             cur_time$ = var$
638             fileappend 'result_file$' 'tab$'cur_time$'
639
640 # Tracking pitch center
641         if perform_pitch_analysis = 1
642             select Pitch 'base_name$'
643             f0_step = Get value at time... 'cur_time' Hertz Linear
644
645             if f0_step <> undefined
646                 call change_output f0_step 1
647                 f0_step$= var$
648                 fileappend 'result_file$' 'tab$'f0_step$'
649             else

```

```

650         fileappend 'result_file$' 'tab$'0
651     endif
652     select Formant 'base_name$'
653 endif # end pitch tracking
654
655 for i_formant to number_formants
656
657     f_step = Get value at time... i_formant cur_time 'unit$' Linear
658     b_step = Get bandwidth at time... i_formant cur_time 'unit$' Linear
659
660     if f_step <> undefined
661         if (unit$ = "Hertz")
662             #call check_formant f_step
663             #f_step = var
664             call change_output f_step 1
665             f_step$ = var$
666             fileappend 'result_file$' 'tab$'f_step$'
667         else
668             call change_output f_step 2
669             f_step$ = var$
670             fileappend 'result_file$' 'tab$'f_step$'
671         endif
672     else
673         fileappend 'result_file$' 'tab$'0
674     endif
675
676     if b_step <> undefined
677         if (unit$ = "Hertz")
678             #call var_zero b_step
679             #b_step = var_b
680             call change_output b_step 1
681             b_step$ = var$
682             fileappend 'result_file$' 'tab$'b_step$'
683         else
684             call change_output b_step 2
685             f_step$ = var$
686             fileappend 'result_file$' 'tab$'b_step$'
687         endif
688     else
689         fileappend 'result_file$' 'tab$'0
690     endif
691 endfor
692 if (cur_time + step_size/10) < t_middle_tracking_right
693     call change_output t_middle_tracking_left 4
694     t_mid_left$ = var$
695     call change_output t_middle_tracking_right 4
696     t_mid_right$ = var$
697     call change_output t_middle 4
698     t_mid_middle$ = var$
699     fileappend 'result_file$'
700         'newline$'base_name$'tab$'interval_label$'tab$'i_segment'
        ...'tab$'duration$'tab$'t_mid_left$'tab$'t_mid_middle$'tab$'t_mid_right$'

```

```

701         endif
702     endfor
703 endif
704
705 # Compute formant tracking
706     if formant_tracking = 1
707         numTimes_start = t_left / step_size
708         numTimes_end = t_right / step_size + step_size
709
710         for i_time from numTimes_start to numTimes_end
711             cur_time = i_time * step_size
712             call change_output cur_time 4
713             cur_time$ = var$
714             fileappend 'result_file$' 'tab$' 'cur_time$'
715 # Pitch tracking
716             if perform_pitch_analysis = 1
717                 select Pitch 'base_name$'
718                 f0_step = Get value at time... 'cur_time' Hertz Linear
719
720                 if f0_step <> undefined
721                     call change_output f0_step 1
722                     f0_step$ = var$
723                     fileappend 'result_file$' 'tab$' 'f0_step$'
724                 else
725                     fileappend 'result_file$' 'tab$' '0'
726                 endif
727                 select Formant 'base_name$'
728             endif # end pitch tracking
729
730             for i_formant to number_formants
731
732                 f_step = Get value at time... i_formant cur_time 'unit$' Linear
733                 b_step = Get bandwidth at time... i_formant cur_time 'unit$' Linear
734
735                 if f_step <> undefined
736                     if (unit$ = "Hertz")
737                         #call check_formant f_step
738                         #f_step = var
739                         call change_output f_step 1
740                         f_step$ = var$
741                         fileappend 'result_file$' 'tab$' 'f_step$'
742                     else
743                         call change_output f_step 2
744                         f_step$ = var$
745                         fileappend 'result_file$' 'tab$' 'f_step$'
746                     endif
747                 else
748                     fileappend 'result_file$' 'tab$' '0'
749                 endif
750
751                 if b_step <> undefined
752                     if (unit$ = "Hertz")

```

```

753         #call var_zero b_step
754         #b_step = var_b
755         call change_output b_step 1
756         b_step$ = var$
757         fileappend 'result_file$' 'tab$' 'b_step$'
758     else
759         call change_output b_step 2
760         f_step$ = var$
761         fileappend 'result_file$' 'tab$' 'b_step$'
762     endif
763 else
764     fileappend 'result_file$' 'tab$' 0
765 endif
766 endfor
767 if (cur_time + step_size) < t_right
768     call change_output t_left 4
769     t_left$ = var$
770     call change_output t_right 4
771     t_right$ = var$
772     fileappend 'result_file$'
773         'newline$' 'base_name$' 'tab$' 'interval_label$' 'tab$' 'i_segment'
774         ... 'tab$' 'duration$' 'tab$' 't_left$' 'tab$' 't_right$'
775     endif
776 endfor
777 endif
778 # All computations done for one segment
779     fileappend 'result_file$' 'newline$'
780     endif          # skipping segments that are too short
781     endif          # handling one segment
782 endfor            # going thru all intervals
783
784 # Entertain user
785     tot_segments += nr_measured_segments
786     perc = (i_file/nr_files) * 100
787     printline with 'nr_measured_segments' segments finished ('perc:2%').
788     select TextGrid 'base_name$'
789     plus Formant 'base_name$'
790     plus Sound 'base_name$'
791     if perform_pitch_analysis = 1
792         plus Pitch 'base_name$'
793     endif
794     Remove
795 else              # sound file missing
796     printline skipped since there is no 'base_name$' 'sound_file_extension$' file.
797     nr_no_wav += 1
798     select TextGrid 'base_name$'
799     Remove
800     endif          # check for sound file
801 else              # tier missing
802     printline skipped since tier 'tier' is not an interval tier.
803     nr_no_grid += 1

```

```

804     select TextGrid 'base_name$'
805     Remove
806   endif                                # check for tier is an interval tier
807 endfor                                # going thru all files
808
809 # Clean up
810 select Strings file_list
811 Remove
812
813 # Inform user that we are done.
814 nr_files = nr_files - nr_no_grid - nr_no_wav
815 printline 'newline$'nr_files' files with a total of 'tot_segments' segments processed.
816 if nr_no_grid <> 0
817   printline 'nr_no_grid' files not processed since the selected tier 'tier' was not an
      interval tier.
818 endif
819 if nr_no_wav <> 0
820   printline 'nr_no_wav' files not processed since there were no sound files.
821 endif
822 printline Results are written to 'result_file$'. 'newline$'Program completed.
823
824 # Procedure to perform a median smoothing on three values (i.e. pick the middle value of
      three)
825 # Note this procedure is not fully save - if all three values are 'jumpy' it just picks
      the middle one,
826 # which might be completely wrong; the same is true if there are only two or values and
      the third is
827 # 'undefined'. In that case, the middle one is chosen (even if the two others are close
      to each other).
828 # It seems to make better to include some sort of frequency limit (like 100 Hz or less
      than 5% of
829 # the mean) to depart values from each other, or so.
830 #
      -----
831 procedure MedianSmooth left mid right bleft bmid bright
832   if (left <> undefined) and (mid <> undefined) and (right <> undefined)
833     if mid > left
834       if mid > right
835         if left < right
836           mid = right
837           bmid = bright
838         else
839           mid = left
840           bmid = bleft
841         endif
842       endif
843     else
844       if left < right
845         mid = left
846         bmid = bleft
847       else
848         if mid < right

```

ANHANG C

```

849         mid = right
850         bmid = bright
851     endif
852 endif
853 endif
854 endif
855 endproc
856 #
-----
857 procedure MedianSmooth_f0 left mid right
858     if (left <> undefined) and (mid <> undefined) and (right <> undefined)
859         if mid > left
860             if mid > right
861                 if left < right
862                     mid = right
863                 else
864                     mid = left
865                 endif
866             endif
867         else
868             if left < right
869                 mid = left
870             else
871                 if mid < right
872                     mid = right
873                 endif
874             endif
875         endif
876     endif
877 endproc
878 #
-----
879 # This procedure adjusts the zero crossings of the Textgrid files.
880 procedure adjust_texgrid
881 # reading TextGrid into array
882 select TextGrid 'base_name$'
883 textGridName$ = selected$("TextGrid")
884 start = Get start time
885 end = Get end time
886 numberOfTiers = Get number of tiers
887 for t to numberOfTiers
888     tier_'t'_Name$ = Get tier name... t
889     tier_'t'_IsIntervalTier = Is interval tier... t
890     if tier_'t'_IsIntervalTier
891         tier_'t'_NumberOfIntervals = Get number of intervals... t
892         for i to tier_'t'_NumberOfIntervals
893             tier_'t'_Interval_'i'_End = Get end point... t i
894             tier_'t'_Interval_'i'_Label$ = Get label of interval... t i
895         endfor
896     else
897         tier_'t'_NumberOfPoints = Get number of points... t
898         for p to tier_'t'_NumberOfPoints

```

```

899     tier_'t'_Point_'p'_Time = Get time of point... t p
900     tier_'t'_Point_'p'_Label$ = Get label of point... t p
901   endfor
902   endif
903   endfor
904   # get nearest zero crossings from Sound
905   select Sound 'base_name$'
906   for t to numberOfTiers
907     if tier_'t'_IsIntervalTier
908       for i to tier_'t'_NumberOfIntervals
909         tier_'t'_Interval_'i'_Zero = Get nearest zero crossing... Left
          tier_'t'_Interval_'i'_End
910       endfor
911     endif
912   endfor
913   # create new TextGrid
914   tierNames$ = ""
915   textTierNames$ = ""
916   for t to numberOfTiers
917     tierNames$ = tierNames$ + " " + tier_'t'_Name$
918     if not tier_'t'_IsIntervalTier
919       textTierNames$ = textTierNames$ + " " + tier_'t'_Name$
920     endif
921   endfor
922   Create TextGrid... start end ""tierNames$" "textTierNames$"
923   for t to numberOfTiers
924     if tier_'t'_IsIntervalTier
925       for i to tier_'t'_NumberOfIntervals
926         if i < tier_'t'_NumberOfIntervals
927           Insert boundary... t tier_'t'_Interval_'i'_Zero
928         endif
929         label$ = tier_'t'_Interval_'i'_Label$
930         Set interval text... t i 'label$'
931       endfor
932     else
933       for p to tier_'t'_NumberOfPoints
934         label$ = tier_'t'_Point_'p'_Label$
935         Insert point... t tier_'t'_Point_'p'_Time 'label$'
936       endfor
937     endif
938   endfor
939   Rename... 'textGridName$'_adjusted
940   if perform_pitch_analysis = 1
941     select Sound 'base_name$'
942     plus TextGrid 'base_name$'
943     Remove
944   else
945     select TextGrid 'base_name$'
946     Remove
947   endif
948   select TextGrid 'base_name$'_adjusted
949   Rename... 'textGridName$'

```

ANHANG C

```

950 endproc
951 #
-----
952 # This procedure change the calculated numbers in to stringvariables
953 # Replace the decimal point by a comma. The outcome is saved into var$.
954 procedure change_output var decimals
955     if decimal_separator = 1
956         var$ = fixed$(var,decimals)
957         var$ = replace$(var$,".",",",1)
958     elsif decimal_separator = 2
959         var$ = fixed$(var,decimals)
960     endif
961 endproc
962 #
-----
963 # This procedure checks, whether the computed formant is within a typical frequency
    range.
964 procedure check_formant var
965 if (unit$ = "Hertz")
966     if i_formant = 1
967         if (var > 1100)
968             var = 0
969         endif
970     endif
971     if i_formant = 2
972         if (var < 500) or (var > 2900)
973             var = 0
974         endif
975     endif
976     if i_formant = 3
977         if (var < 1600) or (var > 3800)
978             var = 0
979         endif
980     endif
981     if i_formant = 4
982         if (var < 2200) or (var > 4800)
983             var = 0
984         endif
985     endif
986 endif
987 endproc
988 #
-----
989 # Setting the bandwidth or standard deviation to zero if formant is zero
990 procedure var_zero var_b
991 if var = 0
992     var_b = 0
993 endif
994 endproc

```

Peter Abend

Curriculum vitae



Studium und Ausbildung

- 1979–1989 **Mittlere Reife**, *Polytechnische Oberschule*, Leipzig.
1989–1991 **Abitur**, *Erweiterte Oberschule*, Leipzig.
1992–2002 **Staatsexamen**, *Universität Leipzig*, Leipzig.
Lehramt für Gymnasien Biologie und Chemie
1997 **Studienaufenthalt**, *Queen Mary and Westfield College*, London.
2005–2013 **Promotion**, *Universität Wien*, Wien.
Department für Anthropologie

Staatsexamen

- Titel *Der Einfluss eines Serotoninsynthese-Hemmers (α -Methyl-Tryptophan) auf das Aggressionsverhalten der Mittelmeer-Feldgrille (*Gryllus bimaculatus*)*
Ort Arbeitsgruppe Tier- und Verhaltensphysiologie an der Fakultät für Biowissenschaften, Universität Leipzig

Wissenschaftliche Tätigkeiten

- Konferenz-
beitrag Abend, P., Grammer, K., Oberzaucher, E. (2008).
The sexy voice: Fluctuating asymmetry and voice quality. Talk presented at the XIX. Conference of the International Society of Human Ethology 2008 at Bologna, Italy.
Publikationen Abend, P., Pflüger, L., Koppensteiner, M., Coquerelle, M., Grammer, K.
The sound of female shape: a redundant signal of vocal and facial attractiveness.
eingereicht 2013 bei *Evolution & Human Behaviour*

Auszeichnungen

- 2006 Reisestipendium der International Society for Human Ethology
2006 Forschungsstipendium der Universität Wien

Wien, am 14. Juni 2013

