



Universität Regensburg Zentrum für Sprache und Kommunikation

Mündliche Kommunikation und Sprecherziehung

M. A. Speech Communication and Rhetoric

**Identifikation natürlicher Stimmgattungen bei Nicht- und
Laiensänger:innen**

Sind Stimmgattungen angeboren oder erworben?

Abschlussarbeit zur Erlangung des akademischen Grades

Master of Arts in Speech Communication and Rhetoric

Verena Landspersky

(Adresse)

Erstgutachter: PD Dr. habil. Wieland Kranich

Zweitgutachter: Dr. Brigitte Teuchert

Passau

25.08.2022

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	V
Abstract.....	VI
Abkürzungsverzeichnis.....	VII
1 Einleitung.....	1
2 Theoretischer Hintergrund.....	2
2.1 Stimmphysiologie.....	2
2.1.1 Singstimme/ Sprechstimme - Sängerstimme/ Sprecherstimme.....	3
2.1.2 Geschlechterunterschiede.....	4
2.2 Stimmregister - Funktion und Unterschiede in den Registern.....	5
2.2.1 Brust-, Kopf- und Mittelregister.....	8
2.2.2 Registerwechsel.....	10
2.3 Stimmgattungen.....	13
2.3.1 Wandel der Stimmgattungen im historischen Verlauf.....	13
2.3.2 Nutzen und Limits der Stimmgattungen.....	16
2.4 Kategorisierungsparameter für Stimmgattungen.....	18
2.4.1 Physische Voraussetzungen.....	19
2.4.2 Sängerformanten und Formantspektrum der Vokale.....	20
2.4.3 Stimmfarbe/ -timbre.....	21
2.4.4 Tessitura.....	23
2.4.5 Stimmumfang und Registerwechsel.....	26
2.5 Phonetogramme und ihre Aussagekraft.....	29
3 Forschungsfragen und Hypothesen.....	32
4 Empirische Studie zur Identifikation natürlicher Stimmgattungen bei Nicht- und Laiensänger:innen.....	33
4.1 Methodik.....	33
4.1.1 Teilnehmerfindung - Ein- und Ausschlusskriterien.....	34
4.1.2 Erhebung der personenbezogenen Daten	35
4.1.3 Durchführung der Phonetographien	35
4.1.4 Methodik der Auswertung.....	38
4.1.4.1 Erklärungen zur K-Means Clusteranalyse und Ellenbogenmethode....	39

4.1.4.2 Erklärungen zur Varianzanalyse und dem Levene-Test.....	40
4.1.4.3 Erklärung zur Korrelationsberechnung.....	41
4.1.4.4 Erklärungen zum Chi ² -Test.....	41
4.2 Auswertung und Analyse der Ergebnisse.....	42
4.2.1 Ergebnisse der personenbezogenen Daten	42
4.2.2 Ergebnisse der Phonetogramme.....	45
4.2.3 Ergebnisse der subjektiven Stimmeinteilung durch die Studienleitung....	47
4.2.4 Ergebnisse zum subjektiven Empfinden der Teilnehmer:innen in Brust- und Kopfregeister.....	48
4.2.5 Ergebnisse der Stimmklangbeurteilung.....	49
4.2.6 Ergebnisse der K-Means Clusteranalyse, der Ellenbogenmethode und weiterführender statistischer Auswertung.....	50
4.2.6.1 Ergebnisse der weiblichen Stimmen (Variante 1).....	50
4.2.6.2 Ergebnisse der männlichen Stimmen (Variante 1).....	56
4.2.7 Weiterführende Clusterung der männlichen Stimmen in Anlehnung an Lycke (Variante 2).....	61
4.2.8 Vergleich der Ergebnisse von weiblichen und männlichen Stimmen.....	66
4.2.9 Berechnung weiterer Korrelationen	69
4.2.10 Hypothesenprüfung.....	70
5 Diskussion.....	71
5.1 Diskussion zur Einordnung der Ergebnisse.....	71
5.1.1 Diskussion der Ergebnisse der K-Means Clusteranalyse.....	71
5.1.1.1 Vergleich der Ergebnisse mit den Aussagen zu natürlichen Stimmeigenschaften in der Literatur.....	72
5.1.2 Bedeutung des Passaggios.....	75
5.1.3 Diskussion der Ergebnisse zum subjektiven Empfinden der Teilnehmer:innen und der Klanganalyse durch die Studienleitung.....	76
5.1.4 Diskussion möglicher Einflussfaktoren auf natürliche Stimmgattungen....	77
5.2 Diskussion zur Methodik.....	78
5.2.1 Teilnehmerzahl.....	78
5.2.2 Ermittlung der Passaggio-Frequenz.....	79
5.2.3 Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit Lyckes Auswertungen.....	80
5.2.4 Kritische Betrachtung der angewandten statistischen Verfahren	80
5.2.5 Kritische Betrachtung der subjektiven Stimmeinteilung durch die Studienleitung.....	81
6 Fazit und Ausblick.....	82

Literaturangaben.....VIII

Anhang XIV

Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Studie war es, zu überprüfen, ob sich bei Nicht- und Laiensänger:innen anhand von Phonetogrammen die bekannten Stimmgattungen (Sopran, Mezzo-Sopran, Alt, Tenor, Bariton, Bass) identifizieren lassen. Der Studienaufbau war orientiert an der datengetriebenen Analyse von Hugo Lycke (2013). Die erhobenen Daten von 25 Frauen und 25 Männern, ohne professionelle Gesangsausbildung, wurden mithilfe der K-Means Clusteranalyse anhand der Variablen Gesamtambitus in Cent zu Bruststimmambitus in Cent (Variante 1) sowie der Variablen Bruststimmambitus in Cent zu Passaggio-Frequenz (Rufstimme) in Hz (Variante 2) geclustert. Bei den weiblichen Stimmen konnte sowohl in Variante 1 als auch in Variante 2 eine Dreiteilung der Stimmen bestätigt werden, welche zudem auch Parallelen zu den bisherigen Angaben aus der Literatur über die Stimmgattungen aufwies. Bei den männlichen Stimmen zeigte sich in Variante 1 lediglich eine zweier-Clusterung als sinnvoll. Hierbei konnten zudem keine konkreten Übereinstimmungen mit der bisherigen Literatur gefunden werden. Anhand der veränderten Variablen in Variante 2 zeigte sich jedoch auch innerhalb der männlichen Stimmen die Dreiteilung als sinnvollste Clusterung. Diese Variante ließ Rückschlüsse auf die bisher bekannten Aspekte zur Stimmklassifizierung zu. Als ausschlaggebendes Trennkriterium fiel besonders der Einfluss des Registerwechsels auf, was einen wichtigen Hinweis auf die Stimmklassifizierung von ungeschulten Stimmen, z. B. in Laienchören, liefert.

Abstract

The aim of the present study was to examine whether the known voice classifications (soprano, mezzo-soprano, alto, tenor, baritone, bass) can be identified in non- and amateur singers using phonetograms. The structure of the study was based on the data-driven approach by Hugo Lycke (2013). The data collected from 25 women and 25 men, without professional singing training, were analysed using the k-means cluster analysis based on the variables of total voice range in cents to chest voice range in cents (variant 1) and the variable chest voice range in cents to the passaggio frequency (yelling voice) in Hz (variant 2). With the female voices the three-cluster-solution could be confirmed in variant 1 as well as in variant 2. The results also showed parallels to the existing literature on voice classification. For the male voices variant 1 showed the highest consistency in a two-cluster-separation. However no further consensus with previous literature could be found here. The k-means cluster analysis with the changed variables in Variant 2, however, proved the three-cluster-division within the male voices to be the most sensible clustering. This variant allowed conclusions to be drawn based on the previous information about voice classification. The influence of the register transition should be noticed as the decisive separation criterion, which may be used as an important indication for voice classification of untrained singers, e.g. in amateur choirs.

Abkürzungsverzeichnis

DGPP	Deutsche Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie
DSI	Dysphonia Severity Index
ELS	European Laryngological Society
F	Streuung zwischen Stichprobenmittelwerten/ Streuung innerhalb der Stichproben
F_0	Grundfrequenz
F_{\max}	Höchste Grundfrequenz
F_{\min}	Tiefste Grundfrequenz
fMRT	Funktionelle Magnetresonanztomographie
FR	Weibliche Teilnehmerinnen
H_0	Nullhypothese
H_1	Alternativhypothese
M	Mittelwert
MÄ	Männliche Teilnehmer
MPT	Maximum Phonation Time – Maximale Tonhaldedauer
MRT	Magnetresonanztomographie
n_f	Anzahl der Teilnehmerinnen
n_{ges}	Gesamtanzahl der Teilnehmer:innen
n_m	Anzahl der Teilnehmer
r	Korrelationskoeffizient
SD	Standardabweichung
TN	Teilnehmer/ Teilnehmerinnen
VRP	Voice Range Profile - Phonetogramm

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung der musikalischen Stimmumfänge anhand der Klaviatur (Wendler, Seidner & Eysholdt, 2015, S. 98).....	25
Abbildung 2: Darstellung der musikalischen Stimmumfänge anhand der Klaviatur inkl. Gesangsrolle (Habermann zit. nach Ruth, 2001, S. 110).....	25
Abbildung 3: Beispiel Phonetogramm: Darstellung eines männl. Singingstimmumfangprofils mit Normwertlinien → deutlich erkennbar, die Lautstärkenabsenkung im Registerwechsel.....	32
Abbildung 4: Beispiel Phonetogramm: Darstellung eines männl. Sprechstimmumfangprofils mit normaler, leiser, lauter und Ruf-Stimme. Im Hintergrund die Linie des Singstimmumfangs.....	32
Abbildung 5: Hardware der Stimmumfangsprofilmessung mit einem Phonetographen der Firma Wevosys.....	37
Abbildung 6: Bisherige Sing- und Stimmerfahrung der Teilnehmer:innen.....	44
Abbildung 7: Bisherige Einteilung in Stimmgattungen der Teilnehmer:innen.....	45
Abbildung 8: Männl. Stimmen: Gesamtambitus in Cent zu Bruststimmambitus in Cent.....	46
Abbildung 9: Weibl. Stimmen: Gesamtambitus in Cent zu Bruststimmambitus in Cent.....	46
Abbildung 10: Boxplot zur Darstellung des Gesamtambitus in Cent der männl. und weibl. Stimmen.....	47
Abbildung 11: Weibl. TN: Ellenbogenmethode der K-Means Clusteranalyse (Variante 1).....	51
Abbildung 12: Weibl. TN: K-Means Clusteranalyse mit drei Clustern (Variante 1). .	51
Abbildung 13: Klaviatur mit den markierten Mittelwerten der tiefsten und höchsten Frequenzen von Cluster 1, 2 und 3 (Variante 1) der weibl. Stimmen.....	53
Abbildung 14: Weibl. TN: Tiefste Frequenz in Bezug auf die drei Cluster (Variante 1)	54

Abbildung 15: Weibl. TN: Höchste Frequenz in Bezug auf die drei Cluster (Variante 1)	54
Abbildung 16: Weibl. TN: Frequenz des Passaggio in Bezug auf die drei Cluster (Variante 1)	54
Abbildung 17: Weibl. TN: Startfrequenz des Lieds in Bezug auf die subjektive Stimmeinteilung durch die Studienleitung.....	54
Abbildung 18: Weibl. Stimmen: Boxplot zur Darstellung des Gesamtambitus in Cent in Bezug auf die bisherige Stimmerfahrung.....	56
Abbildung 19: Weibl. Stimmen: Boxplot zur Darstellung der gemittelten mittleren Sprechstimmlage in Bezug auf die Cluster (Variante 1).....	56
Abbildung 20: Männl. Stimmen: Ellenbogenmethode der K-Means Clusteranalyse (Variante 1) für Variablen Gesamtstimmambitus in Cent und Bruststimmambitus in Cent	57
Abbildung 21: Männl. Stimmen: K-Means Clusteranalyse zwei Cluster anhand der Variablen Gesamtstimmambitus in Cent und Bruststimmambitus in Cent	58
Abbildung 22: Klaviatur mit den markierten Mittelwerten der tiefsten und höchsten Frequenzen von Cluster 1 und 2 der männl. Stimmen.....	59
Abbildung 23: Männl. TN: Tiefste Frequenz in Bezug auf zwei Cluster (Variante 1)	60
Abbildung 24: Männl. TN: Höchste Frequenz in Bezug auf zwei Cluster (Variante 1)	60
Abbildung 25: Männl. TN: Frequenz des Passaggio in Bezug auf zwei Cluster (Variante 1).....	60
Abbildung 26: Männl. TN: Startfrequenz des Lieds in Bezug auf die subjektive Stimmeinteilung der Studienleitung.....	60
Abbildung 27: Männl. Stimmen: Ellenbogenmethode der K-Means Clusteranalyse (Variante 2) für Variablen Bruststimmambitus in Cent und Passaggio-Frequenz (Rufstimme) in Hz.....	62
Abbildung 28: Männl. Stimmen: K-Means Clusteranalyse drei Cluster (Variante 2) anhand der Variablen Bruststimmambitus in Cent zur Passaggio-Frequenz (Rufstimme) in Hz.....	63

Abbildung 29: Darstellung der männl. Passaggio-Mittelwerte je Cluster anhand einer Klaviatur.....	63
Abbildung 30: Männl. Stimmen: Boxplot zur Darstellung der Clusterzuordnung (Variante 2) in Bezug auf die Startfrequenzen des Lieds.....	65
Abbildung 31: Männl. Stimmen: Boxplot zur Darstellung der Clusterzuordnung (Variante 2) in Bezug auf die gemittelten mittleren Sprechstimmlagen.....	65
Abbildung 32: Männl. Stimmen: Boxplot zur Darstellung des Gesamtambitus in Cent in Bezug auf die bisherige Stimmerfahrung.....	65
Abbildung 33: Boxplot zur Darstellung der Verteilung des Gesamtambitus in Cent der weibl. und männl. Stimmen.....	67
Abbildung 34: Boxplot zur Darstellung der Verteilung des Bruststimmambitus in Cent der weibl. und männl. Stimmen.....	67
Abbildung 35: Weibl. Stimmen: K-Means Clusteranalyse (Variante 2) drei Cluster anhand der Variablen Bruststimmambitus in Cent und Passaggio-Frequenz (Rufstimme) in Hz.....	68
Abbildung 36: Darstellung der signifikant positiven Korrelation zwischen der subjektiv gewählten Startfrequenz des Lieds zur gemittelten mittleren Sprechstimmlage der männl. Stimmen.....	69
Abbildung 37: Darstellung der nicht signifikant positiven Korrelation zwischen der subjektiv gewählten Startfrequenz des Lieds zur gemittelten mittleren Sprechstimmlage der weibl. Stimmen.....	69

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Männl. Stimmeinteilung anhand des Registerwechsels - Vergleich R. Miller (2008), White (2018) und D. Miller & Schutte (1994).....	28
Tabelle 2: Weibl. Stimmeinteilung anhand des Registerwechsels (R. Miller, 2000, S. 23).....	29
Tabelle 3: Auswahl an Adjektiven zur Beschreibung des subjektiven Gefühls im Brust- und Kopfreger.....	38
Tabelle 4: Stärke der Korrelation (vgl. Kuckartz et al., 2013, S. 213).....	41
Tabelle 5: Häufigkeiten Alter der Männer nm und Frauen nf.....	43
Tabelle 6: Häufigkeiten Menopause.....	43
Tabelle 7: Häufigkeiten Vorerkrankungen.....	44
Tabelle 8: Subjektive Zuordnung der Teilnehmer:innen in die Stimmgattungen durch die Studienleitung.....	48
Tabelle 9: Ergebnisse zum subjektiven Empfinden der Teilnehmer:innen in Brust- und Kopfreger.....	49
Tabelle 10: Beurteilung der Klangqualitäten nach Kranich (2014) der weibl. und männl. Stimmen.....	50
Tabelle 11: Kreuztabelle der weibl. TN anhand der Cluster (Variante 1) und der Subj. Stimmeinteilung durch die Studienleitung.....	56
Tabelle 12: Kreuztabelle der männl. TN anhand der Cluster (Variante 1) und der Subj. Stimmeinteilung durch die Studienleitung.....	61
Tabelle 13: Kreuztabelle der männl. TN mit der Zuordnung zu den Clustergruppen (Variante 2) und der subjektiven Stimmeinteilung durch die Studienleitung...	66
Tabelle 14: Kreuztabelle weibl. Stimmen zugeordnet zu Stimmgattungen anhand Clustervarianten 1 und 2.....	69

1 Einleitung

Der Ablauf der Stimmproduktion basiert auf einem funktionellen Zusammenwirken von sechs Hauptfaktoren: Atmung, Phonation und Artikulation sowie Haltung/ Bewegung, Intention und Wahrnehmung (vgl. Haupt, 2017, S. 30 ff.). Durch gezieltes Training können die stimmliche Leistungsfähigkeit ausgebaut und die funktionellen Kapazitäten des Phonationsapparats erweitert werden (vgl. Mürbe et al., 2011, S. 556 ff.). Eine Möglichkeit dafür, unter professionellen Sänger:innen wie Laien beliebt, ist das Singen in Chören. Nach einer Umfrage des Deutschen Musikinformationszentrums sangen im Jahr 2017/ 2018 etwa 2,1 Millionen der Deutschen in einem Chor, Gesangsverein oder in einer anderen Gruppe (vgl. Deutsches Musikinformationszentrum, 2018). Dieses bedeutet im Umkehrschluss, dass 2,1 Millionen Menschen in Stimmgattungen eingeteilt werden mussten. In Chören sind die gängigen Gattungen Sopran, Alt, Tenor und Bass, teilweise zusätzlich unterteilt jeweils in hoch (z. B. Tenor eins) und tief (z. B. Tenor zwei); im Sologesang ergänzt durch Mezzo-Sopran und Bariton (vgl. Wendler et al., 2015, S. 97). Für die korrekte Einteilung in die unterschiedlichen Gattungen können nach Wendler et al. eine Reihe von Kriterien herangezogen werden: Tonhöhenumfang, mittlere Sprechstimmlage, Registergrenzen, Klangfarbe, Kaustimme, Körpergröße und Stimmlippenlänge. Wenn Stimmen nicht in die richtige Gattung eingeteilt werden, birgt das diverse Risiken. Stimmen werden so in ihrer freien Produktion und Klangschönheit eingeschränkt, es kann zu Frustration und Enttäuschung kommen, sängerische Karrieren verkürzen und im Extremfall zu Stimmschäden von unterschiedlicher Ausprägung und Dauer führen (vgl. McKinney, 2005, S. 114).

Um der Fragestellung der Stimmeinteilung nachzugehen, hat Hugo Lycke (2013) im Rahmen seiner Doktorarbeit mehrere Studien durchgeführt, die besonders den Parameter des Stimmumfangs sowie des Registerübergangs von Brust- zu Kopfstimme zur Einteilung in Stimmgattungen genauer beleuchteten. Hierfür wählte er das Studiendesign einer datengetriebenen Analyse der Stimme, um ohne vorherige Stimmeinteilung, rein anhand der Daten mögliche Cluster und die dafür relevanten Kriterien zu untersuchen. Dabei zeigte sich in seinen Studien, dass bei professionell ausgebildeten Stimmen die Dreiteilung pro biologischem Geschlecht die sinnvollste Clusterung ist und bestätigt damit die Untergliederung, die sich in der musikalischen Einteilung und Komposition etabliert hat. Da es sich in Lyckes Studien um professionelle Stimmen handelte, bleibt allerdings die Frage offen, ob die Stimmen durch die jahrelange sängerische Ausbildung in dieser Dreiteilung trainiert wurden oder ob es sich um ein Phänomen

handelt, das eventuell angeboren ist. Dieser Frage soll in der folgenden Masterarbeit nachgegangen werden.

2 Theoretischer Hintergrund

Das Thema Stimmgattungen wird in der Literatur oft kontrovers diskutiert. Es existieren viele verschiedene Sichtweisen und Untersuchungen, um das vielschichtige Thema zu ergründen und zu verstehen sowie Anhaltspunkte für eine korrekte Zuordnung zu definieren. Diese sollen in den folgenden Kapiteln genauer erläutert werden. Hierfür ist es zunächst sinnvoll, vorab die physiologischen Grundlagen und Einflussfaktoren der Stimmproduktion sowie die beitragenden Parameter und Fachtermini genauer zu betrachten. Dabei soll neben den Grundzügen der Stimmphysiologie v. a. auch der Begriff der Stimmgattungen und seine historische Entwicklung sowie dessen Relevanz beleuchtet werden. Ebenso werden die gängigsten Kriterien, die sich für die Einteilung in Stimmgattungen bewährt haben, dargelegt und erörtert.

2.1 Stimmphysiologie

Der Ausatemstrom, aus der Lunge kommend, stellt die aerodynamische Energiequelle für die Stimmproduktion dar. Durch die myoelastische Stimmlippenöffnung und -schließung wird der Luftstrom periodisch unterbrochen und dadurch der Primärschall erzeugt (vgl. Sundberg, 1977, S. 82). Der Primärschall wird durch das Ansatzrohr, als Resonator, sowie die Artikulatoren modifiziert, sodass der außerhalb des Mundraums hörbare Stimmklang entsteht (vgl. ebd., S. 82 f.).

Diese aerodynamisch-myoelastische Theorie liegt jeder physiologischen Stimmproduktion zugrunde. Gleichzeitig handelt es sich um variable Funktionen, die von beeinflussbaren anatomischen wie auch funktionellen Faktoren abhängig sind. Beispielsweise lässt sich durch Atemtraining das Lungenvolumen erweitern, bzw. die vorhandene Luft gezielter steuern. Ebenso kann auf die muskulären Strukturen sowohl auf glottaler Ebene wie auch im Ansatzrohr durch Training eingewirkt werden, um gezielt Einfluss auf die Stimmeigenschaften zu nehmen (vgl. Sulter et al., 1995, S. 363 ff.). Dieses beginnt bereits basal mit der Sprechentwicklung von Babys und endet in hochvirtuosen Darbietungen von professionellen Sänger:innen oder Sprecher:innen.

2.1.1 Singstimme/ Sprechstimme - Sängerstimme/ Sprecherstimme

Sprech- und Singstimme bedienen sich grundsätzlich der gleichen organischen Strukturen und physiologischen Funktionen. Allerdings unterscheiden sie sich qualitativ wie auch quantitativ bezogen auf ihre rhythmischen, dynamischen und melodischen Parameter (vgl. Rittich et al., 2018, S. 29 f.). So bestehen Differenzen beim Sprechen und Singen in Tonbewegungen, im Tonhöhenumfang, den Melodie- und Rhythmusverläufen, den Vokal- und Konsonantenlängen, der Körperhaltung sowie der Atemtechnik bzw. Stützfunktion, wie auch Schneider-Stickler und Bigenzahn (2013, S. 50 ff.) erörtern. Es gibt allerdings nicht nur Unterschiede in der Stimmbeanspruchung beim Sprechen und Singen, sondern auch im Ausbildungsgrad der Stimmen. Bei der *Sprechstimme* handelt es sich um die Alltagsstimme, die beispielsweise in Gesprächen genutzt wird. Wird die Sprechstimme trainiert, um sie belastbar und wirkungsvoll einzusetzen, bezeichnet man diese als sogenannte *Sprecherstimme*, wie sie Schauspieler:innen, Moderator:innen, Redner:innen etc. verwenden. Ein Teil dieses Trainings ist es, die jeweilige Indifferenzlage zu finden, also die mittlere Sprechstimmtonehöhe, in der die sprechende Person lange belastbar sprechen kann (vgl. Wendler et al., 2015, S. 97).

Ebenso verhält es sich bei der Sing- und Sängerstimme. Baut man die stimmlichen Fähigkeiten aus, um die Belastbarkeit, Leistungsfähigkeit und musikalische Qualität zu steigern und Klangeigenschaften bewusst zu steuern, spricht man nicht mehr von der normalen *Singstimme*, sondern von der professionellen *Sängerstimme* (vgl. Rittich et al., 2018, S. 28 ff.). Dabei bedienen sich die professionellen Sänger:innen ihres subjektiven Vibrationsempfindens, wie auch der audiophonatorischen Rückkopplung (vgl. Schneider-Stickler & Bigenzahn, 2013, S. 53). Die Stimme gezielt einsetzen zu können, erfordert also immer ein geschultes Ohr zur Selbstkontrolle; daneben aber auch eine gesteigerte kinästhetische Wahrnehmung wie Schultz-Coulon (1976) aufzeigen konnte. Er stellte fest, dass die senso-motorische Kontrollfähigkeit der Stimme mit zunehmender Stimmschulung zunimmt. Die Qualitäten der Stimme werden intensiv über Stimmtechniken und damit durch Stimmschulung geprägt (vgl. Lycke, 2013, S. 13)

Im Gegensatz zur Sprecherstimme liegt das Hauptaugenmerk im professionellen klassischen Gesang nicht primär auf der Textverständlichkeit, sondern auf der „auf Klang ausgerichteten Stimmführung“ (vgl. Schneider-Stickler & Bigenzahn, 2013, S. 54). Es geht neben dem Ausbau des Stimmumfangs auch darum, durch möglichst lange Vokale als Klangträger eine geführte Linie zu kreieren und Unterbrechungen im Klang (durch stimmlose Konsonanten oder Atempausen) innerhalb musikalischer Phrasen zu reduzieren. Hierbei beschreiben Schneider-Stickler und Bigenzahn auch die Problema-

tik der Formantbereiche der Vokale, die bei hohen Gesangspartien gelegentlich unterhalb der gesungenen Grundfrequenz liegen und dadurch zu einer erschwerten Vokalidentifizierung und herabgesetzten Verständlichkeit führen können. Wenn beispielsweise eine Sopranistin ein h^2 mit einer Grundfrequenz von etwa 988Hz singt, ließe sich bei diesem Ton nicht mehr unterscheiden, ob sie den Vokal [o:] ($F_1 \approx 440\text{Hz}$, $F_2 \approx 889\text{Hz}$) oder [u:] ($F_1 \approx 345\text{Hz}$, $F_2 \approx 956\text{Hz}$)¹ artikuliert, da die Formanten unterhalb der Grundfrequenz liegen. Ein weiterer Einflussfaktor auf die Textverständlichkeit ist der Vokalgleich, der im klassischen Gesang trainiert wird, und eine klangliche Angleichung der hellen und dunklen Vokale zu erreichen sucht, gleichzeitig aber die klangliche Differenzierung verringert (vgl. Wendler et al., 2015, S. 97).

Zusammenfassend lässt sich diesbezüglich festhalten, dass der Ausbildungsgrad einer Stimme Einfluss auf deren Kapazitäten, Qualitäten wie auch auf die bewusste Steuerung hat. Dies ist in Hinblick auf die Fragestellung der vorliegenden Arbeit insofern von Bedeutung, als dass insbesondere Unterschiede oder Parallelen zwischen natürlichen (ungeübten) und professionellen Stimmen, mit hohem Ausbildungsgrad, bezüglich der Stimmgattungen untersucht werden sollen.

2.1.2 Geschlechterunterschiede

Unterschiede der stimmlichen Eigenschaften lassen sich nicht nur anhand des Ausbildungsgrads erkennen. Stimmliche Differenzen bestehen auch zwischen den biologischen Geschlechtern.

Viele Erkenntnisse über die Akustik der Stimmproduktion basieren auf den Daten von männlichen Probanden, was, wie Titze (1989) erörtert, der Tatsache geschuldet ist, dass, bezogen auf die akustischen Prozesse, die Studien hauptsächlich von Ingenieuren durchgeführt wurden. Diese nutzten ihre eigene Stimme oder ihr persönliches Arbeitsumfeld als Probanden, welche in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts vorrangig noch männliche Vertreter waren (vgl. Titze, 1989, S. 1699 ff.). Titze (1989) kritisiert, dass einige substantielle Theorien zur Klangproduktion und -entwicklung im Vokaltrakt daher auf männlichen Stimmen beruhen, allerdings auch auf weibliche verallgemeinert wurden. Er beschreibt in seinen Studien allerdings die Unterschiede der männlichen und weiblichen Stimmfunktion basierend auf den unterschiedlichen anatomischen und physiologischen Voraussetzungen wie Stimmlippenlänge und -masse, Beschaffenheit des Stimmlippengewebes und der prephonatorischen glottalen Form. Die unterschiedlichen Stimmlippenlängen und -massen seien verantwortlich für deutliche

¹ (vgl. Sendlmeier & Seebode, 2006)

Abweichungen zwischen männlichen und weiblichen Stimmen in der durchschnittlichen Grundfrequenz F_0 , des durchschnittlichen Luftdurchflusses sowie des durchschnittlichen Luftdrucks. Der männliche Kehlkopf besitze im Allgemeinen eine größere Grundkraft. Diese Unterschiede würden allerdings von den weiblichen Stimmen fast komplett kompensiert, da sie in höheren Frequenzen schwingen. So ist es nicht verwunderlich, dass beispielsweise den Rekord für die lauteste gemessene Stimme der Welt mit über 120dbA eine Frau hält (vgl. Guinness Book of World Records, 1994).

Dies bestätigten auch die Ergebnisse von Sulter et al. (1995), die in einer Analyse von 228 Phonetogrammen feststellten, dass bei vergleichbaren Frequenzabschnitten männliche Teilnehmer im Durchschnitt über eine leisere Phonation, weibliche Teilnehmerinnen hingegen über eine lautere Phonation verfügten.

Ebenso konnten Unterschiede in der Herangehensweise des Registerwechsels festgestellt werden (vgl. Echternach et al., 2010, S. 133 ff.). Während bei den männlichen Probanden im hochauflösenden MRT die laryngealen Veränderungen v. a. dann zu erkennen waren, wenn die Probanden (professionelle Sänger) in das Mittelregister wechselten, entstanden die Veränderungen bei den weiblichen Probandinnen eher frequenzabhängig (vgl. Echternach et al., 2010, S. 278 ff.). Bei den weiblichen Probandinnen zeigten sich Veränderungen in der Lippen- und Kieferöffnung, der Hebung des Zungenrückens sowie der Weite des Pharynx, als sie die Grundfrequenz der Frequenz des ersten Formanten von Vokal /a/ bei 750Hz erreichten (vgl. Echternach et al., 2010, S. 133 ff.). Die Phoniater führten dieses Phänomen darauf zurück, dass die Sängerinnen über eine Anpassung der laryngealen Strukturen eine Klangannäherung kreierten, um die Veränderungen der Frequenzstrukturen zu überbrücken.

Die genannten Untersuchungen beschreiben bereits die grundlegenden stimmlichen Unterschiede zwischen den biologischen Geschlechtern. Aus diesem Grund sollten bei Untersuchungen der menschlichen Stimme immer die Einflüsse der verschiedenen Geschlechter bedacht und ggf. die Stimmen getrennt betrachtet werden. Auf die Unterschiede der Geschlechter bezüglich des Stimmumfangs wird in den anschließenden Kapiteln noch genauer eingegangen. Ebenso wird diesbezüglich das Thema der Stimmregister und des Registerwechsels nachfolgend noch weiter vertieft.

2.2 Stimmregister - Funktion und Unterschiede in den Registern

„Ein Register umschließt(!) also eine Reihe von Tönen, die ihrem Ursprunge(!) und ihrem Klangcharakter nach einander gleichen, sich dagegen von den Tönen eines andern

Registers in Bezug auf ihre Entstehung und Klangart wesentlich unterscheiden“ (Sieber, 1878, S. 41 f.). Diese Definition zu den Stimmregistern von Sieber hat sich bis in die heutige Zeit gehalten. Der Begriff *Register* ist dabei abgeleitet von den Orgelregistern, die sich auch durch ihre unterschiedlichen Klangeigenschaften voneinander abgrenzen, wie Seidner und Wendler (1997) erläutern. Grundsätzlich kann das Thema Register aus drei verschiedenen Blickwinkeln betrachtet werden: Akustisch, physiologisch und wahrnehmungsbezogen (vgl. Titze, 2014, S. 2091 ff.). Die Autor:innen sind sich dabei uneins über die Anzahl der Register ebenso wie deren einheitliche Benennung.

Nachdem durch fehlende technische Möglichkeiten lange Zeit die wahrnehmungsbezogene Betrachtungsweise vorherrschend war, gelang es Garcia (1854) durch die Entwicklung des Laryngoskops, in seinen Studien auf die physiologische Sicht einzugehen. Er legte dar, dass für die Erzeugung der verschiedenen Klangeigenschaften die glottalen Muskeln verantwortlich seien, während die übrigen laryngealen Muskeln sowie das Ansatzrohr nur eine verstärkende Rolle dabei spielten, bzw. Einfluss auf die Qualität hätten. Er beschreibt in seiner Abhandlung zunächst die beiden Register Brustregister und Falsettregister, erweitert seine Angaben aber im Anschluss um das extrem tiefe Contra-Bass-Register (vgl. Garcia, 1854, S. 399 ff.).

Behnke (1890) wählt ebenfalls die physiologische Sicht und beklagt die vielen „unwissenschaftlichen“ Begriffe, die beim Thema Register verwendet würden und viel mehr auf sensorische Empfindungen als auf wissenschaftliche Fakten zurückgeführt würden (S. 86). Er definiert, dass es sich bei einem Register um eine Reihe von Tönen handle, die durch den gleichen Mechanismus erzeugt würden und beschreibt zunächst drei Mechanismen folgendermaßen.

„1) During the lowest series of tones the vocal ligaments vibrate in their entire thickness. 2) During the next series of tones the vocal ligaments vibrate only with their thin inner edges. 3) During the highest series of tones a portion of the vocal chink is firmly closed, and only a small part of the vocal ligaments vibrates“ (Behnke, 1890, S. 86).²

Behnke schlägt in diesem Zusammenhang vor, die Registerbenennung von Dr. Curwen zu übernehmen und die Register nach ihrer laryngealen Beschaffenheit als „The Thick, the Thin and The Small“ (1890, S. 87) zu bezeichnen. Er differenziert sogar noch wei-

² „1) Während der tiefsten Reihe von Tönen vibrieren die Stimmlippenschichten in ihrer vollständigen Dicke. 2) In der folgenden Reihe von Tönen vibrieren lediglich die dünnen inneren Schichten. 3) In der höchsten Tonreihe ist ein Teil der Stimmritze fest verschlossen und nur ein kleiner Teil der Stimmlippenschichten schwingt“ (Behnke, 1890, S. 86). (Übersetzung durch die Autorin)

ter und beschreibt bei männlichen Stimmen drei Mechanismen *Lower Thick, Upper Thick, Lower Thin* und erweitert die Anzahl der Mechanismen bei Frauenstimmen auf fünf: *Lower Thick, Upper Thick, Lower Thin, Upper Thin, Small*. Diese Begrifflichkeiten konnten sich allerdings, entgegen seiner Empfehlung, nicht durchsetzen.

Im Gegensatz zu diesen Bezeichnungen hat sich der Begriff der *Mechanismen* bis in die heutige Zeit gehalten und wird auch weiterhin in der Literatur in Bezug auf die Register verwendet (vgl. u. a. Henrich, 2006, S. 3 ff.). Die rein physiologische Betrachtung wird dem Phänomen Register in seiner Vielseitigkeit allerdings nicht gerecht, weshalb viele weiterführende Studien zu den Registern und ihrer Einteilung vorgenommen wurden. Dieses hatte allerdings keinen klareren gemeinsamen Nenner zur Folge, sondern weiterhin viele verschiedene Ansichten inne. Wissenschaftlich basiert sind die zwei laryngealen Vibrationsmechanismen Brust- bzw. Modalregister und Kopf- bzw. Falsettregister, welche um das Vocal fry (Stroh bass)-Register und Pfeifregister auf vier Mechanismen, M0-M3, erweitert wurden (vgl. Henrich, 2006, S. 3 ff.). Zudem wird ein weiterer Mechanismus, die Voix Mixte (auch genannt Mittelstimme oder Mittelregister), diskutiert. Hier sind sich allerdings die meisten Autor:innen einig, dass es sich um kein eigenständiges Register, sondern um eine Mischform aus Brust- und Kopfregister handelt (vgl. u. a. Van den Berg, 1963, S. 16 ff.)

Auch Seidner und Wendler (1997) beschreiben die Diskrepanz der Registereinteilungen. Bei Männerstimmen sprechen sie von drei Hauptregistern (1. Stroh bass/ vocal fry 2. Brust- und Kopfregister/ modal und 3. Falsett/ loft). Bei den Frauenstimmen hingegen teilen sie das Brustregister und das Kopfregister in jeweils einzelne Register und erweitern das Kopfregister um das sogenannte Pfeif- oder Flageolettregister.

Zur Erzeugung der Register werden vier Einflussfaktoren diskutiert:

1. Die Aktivität der laryngealen Muskulatur (vgl. Kochis-Jennings et al., 2012, S. 182 ff.)
2. Die Resonanz des Ansatzrohrs (vgl. Henrich et al., 2011, S. 1024 ff.)
3. Das Zusammenspiel der subglottalen Resonanz mit dem Stimmgenerator (vgl. Titze, 1988, S. 183 ff.)
4. Das Zusammenspiel des Stimmgenerators mit der Resonanz des Ansatzrohrs (vgl. Titze, 2014, S. 2091 ff.).

Auch wenn sich in der Literatur sowohl verschiedenen Ansätze zur Registeranzahl als auch zu ihrer Benennung finden lassen, sprechen sich Miller und Schutte (1994) für die Verwendung der Begriffe Brust-, Kopf- und Mittelregister aus und argumentieren, dass sich zum einen dadurch die Arbeit in eine Tradition von wissenschaftlichen Herangehensweisen einordnet, zum anderen stellen die beiden Phoniater aber auch die

akustischen und physiologischen Referenzen dieser Begrifflichkeiten in ihrer praktischen Erfahrung fest. Basierend auf dieser Argumentation sollen auch in der vorliegenden Arbeit vorrangig die Termini Brust-, Kopf- und Mittelregister verwendet werden.

2.2.1 Brust-, Kopf- und Mittelregister

Da für die spätere Analyse der empirischen Studie dieser Arbeit insbesondere die physiologische und wahrnehmungsbezogene Betrachtung der Register von Bedeutung ist, soll in den folgenden Ausführungen genauer auf diese Bereiche und weniger die akustischen Untersuchungen eingegangen werden. Zudem wird die Bedeutung der Rufstimme in diesem Zusammenhang erörtert.

Bereits Garcia (1854) beschreibt in seiner Abhandlung, dass im Brustregister die Stimmlippenspannung in der Tiefe der Muskulatur aufgebaut wird, was sich auch in weiterführenden Studien belegen ließ. „Das Brustregister ist unter anderem durch Vibrationsempfindungen im Brustkorb und durch die in ganzer Breite schwingenden Stimmlippen gekennzeichnet. Es wird auch als Vollregister, die Stimme in diesem Bereich als Vollton bezeichnet“ (Hacki, 1989, S. 100). Roubeau et al. (2007) beschreiben diesen Ablauf als Mechanismus 1 (M1) und fassen darunter sämtliche Begrifflichkeiten, die von anderen Autor:innen verwendet wurden, zusammen wie *heavy*, *thick*, *normal*, *modal* und *chest*. Ebenso begegnen sie der Vielzahl an Begrifflichkeiten, die in M2 erzeugt werden und sich auf das Kopfreister beziehen: *falsetto*, *loft*, *head*, *thin* und *light* (Roubeau et al., 2007, S. 436).

Das Kopfreister beschreibt Hacki wie folgt:

„Beim Singen im Kopfreister wird das Vibrationsempfinden im Bereich des Kopfes stärker, die Stimmlippen schwingen im randnahen Bereich. Die Schlußphase(!) wird, im Vergleich zum Brustregister, kürzer. Dieses Register wird auch als Randregister, die Stimme in diesem Bereich als Randstimme, bezeichnet“ (Hacki, 1989, S. 100 f.).

Beim Mittelregister, der Voix Mixte, handelt es sich um ein Übergangsregister als Registermischung aus Brust- und Kopfreister, wie Hacki (1989) beschreibt. Ebenso ergründen auch Castellengo et al. das Phänomen der Voix Mixte. Sie zeigen in ihrer Studie, dass anzunehmen ist, bei der Mittelstimme handle es sich um eine Stimmtechnik, die es den Sänger:innen erlaube, einen Klanguausgleich zu erzeugen. Dabei weisen sie die beiden Herangehensweisen nach, die Mittelstimme sowohl über den Mechanismus M1 („brustig“), ebenso wie über Mechanismus M2 („kopfig“) anzusteuern (vgl. Castellengo et al., 2004, S. 163 ff.). Männerstimmen verwendeten dabei häufiger M1, wäh-

rend Frauenstimmen für die Voix Mixte eher M2 nutzten (vgl. Roubeau et al., 2009, S. 436).

Sieber (1878) beschreibt bei natürlichen Stimmen - ohne Stimmschulung - lediglich das Vorhandensein von zwei Registern (Brust- und Kopfstimme). In Anbetracht dieser unterschiedlichen Angaben aus der Literatur ist es möglicherweise sinnvoll, natürliche von geschulten Stimmen zu unterscheiden und das Mittelregister als trainierbare Stimmtechnik zu erkennen. So beschreibt beispielsweise Titze (2014), dass es eine Balance aus dem Luftdruck der Lungen und der Einstellung des Vokaltraktes erfordert, um das Mittelregister über weite Tonhöhenumfänge konsistent zu halten. Dadurch kann die Aktivität der laryngealen Muskeln über die Druckverhältnisse des Vokaltraktes koordiniert werden. Er bezeichnet diese Technik als „bi-stabile Kondition“ (S. 2100). Da dieses Vorgehen besonderes stimmtechnisches Geschick voraussetzt, unterstützt Titzes Analyse die Theorie zur Unterscheidung von natürlichen und geschulten Stimmen.

Im Umgang mit den Registern ist ein Ziel der Stimmschulung - vorrangig im klassischen westlichen Gesang - die Erarbeitung des sogenannten Registerausgleichs. Die Sänger:innen trainieren dabei zum einen möglichst unhörbare Registerübergänge, zum anderen aber auch eine Angleichung der Klangqualitäten zwischen den verschiedenen Registern. Man spricht dann vom *sängerischen Einregister* (Schneider-Stickler & Bigenzahn, 2013, S. 55).

In engem Zusammenhang mit dem Übergang von Brust- zu Kopfreger steht auch die Lage des Rufstimmfeldes, wie Hacki (1989) in seinen Studien darlegt. Er beschreibt die Rufstimme als lautesten und höchsten Anteil der Bruststimme. Seiner Aussage nach lässt sich daher die Bestimmung des Rufstimmfeldes dazu nutzen, das „physiologische Brustregister“ einzugrenzen (S. 51). Er schlägt diesen Begriff vor als Bezeichnung jenes Stimmbereichs, der sich vom tiefsten Brustton (der tiefsten Frequenz des Singstimmfeldes) bis hin zum höchsten Ruftone (der höchsten Frequenz des Rufstimmfeldes) erstreckt. Hervorzuheben ist bei seinen Studien allerdings, dass es von höchstem Interesse ist, die Proband:innen bei der Testung der Rufstimme wirklich zur äußersten Intensität im Rufen anzuregen, um deren oberste Frequenzgrenze zu finden.

Zu unterscheiden ist die Rufstimme allerdings zum einen von der ungesunden Schreistimme, die Roy et al. (2000) als gewaltsames stimmliches Verhalten einstufen, da übermäßige laryngeale Spannung aufgebaut wird. Zu anderen jedoch von der „Jubel“- oder auch „Heul“-Stimme, wie Bozeman (2012) erklärt. Bei der Rufstimme erhöht sich

die Grundfrequenz durch eine Verkürzung des Ansatzrohrs und gleichzeitiger Weitung der Mundöffnung. Dabei wird ein intensiver Anblasedruck aus der Lunge und das Brustregister als Hauptfunktion genutzt. Diese Technik wird u. a. auch im Popgesang verwendet. Bei der Jubel-Stimme wechselt die Grundfrequenz in den Bereich des Kopfregisters und das Ansatzrohr zeichnet sich durch eine weite, geöffnete, die Lippen hingegen durch eine eher rund geschlossene Stellung aus. Im klassisch westlichen Gesang wird diese Technik häufig von weiblichen Singstimmen genutzt (vgl. Bozeman, 2012, S. 64 ff.).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich die Register zum einen durch ihre unterschiedlichen Klangeigenschaften separieren lassen, zum anderen aber auch durch die verschiedenen Mechanismen in der Erzeugung, welche sich auch im Vibrationsempfinden widerspiegeln. Je trainierter eine Stimme ist, desto unauffälliger kann der Übergang zwischen den einzelnen Registern gestaltet werden.

2.2.2 Registerwechsel

D. Miller beschreibt in seiner Abhandlung *Registers in Singing* (2000) den Vorgang des Registerwechsels wie folgt:

“If a tone is sustained at a comfortable level of loudness and F0 [...], one can expect a relatively easy, habitual adjustment of the vocal folds. If this same adjustment is maintained while the subject sings progressively higher pitches, the normal result, certainly for the untrained singer, is an increase in subglottal pressure, glottal resistance, and intensity of sound. If this is continued into the upper F0 range, the singer either 1) maintains the initial adjustment, resulting in somewhat forced upper notes, 2) 'breaks' to a 'lighter' register, sacrificing continuity, or 3) achieves the smooth transition prescribed by classical technique” (D. Miller, 2000, S. 44).³

Behnke (1890) ging seiner Zeit noch von festen Tonhöhen aus, bei denen ein Registermechanismus wechseln sollte. Zwar beschreibt er die Tatsache, dass auch unter- oder oberhalb seiner festgesetzten Tonhöhen die Register gewechselt werden konnten, riet aber entschieden davon ab, insbesondere den Registerwechsel in der Frequenz nach

³ „Wenn ein Ton in angenehmer Lautstärke und Tonhöhe [...] gehalten wird, kann man eine relativ leichte und gewohnte Einstellung der Stimmlippen erwarten. Wird diese Einstellung beibehalten, während die Person immer höhere Töne singt, ist das normale Ergebnis, sicherlich für die untrainierten Sänger:innen, ein Anstieg des subglottalen Drucks, des glottalen Widerstands und der Klangintensität. Wird dies bis in hohe Lagen fortgeführt, wird der/die Sänger:in entweder 1) die anfängliche Einstellung beibehalten, was zu forcierten hohen Tönen führt, 2) in ein 'leichteres' Register 'brechen', auf Kosten der Kontinuität oder 3) einen gleichmäßigen Übergang erreichen, wie es in der klassischen Gesangstechnik beschrieben wird“ (D. Miller, 2000, S. 44). (Übersetzung durch die Autorin)

oben zu verlagern, da es nur mit physischem Mehraufwand und minderer musikalischer Qualität zu erzeugen sei. Auch D. Miller spricht bei einem forcierten Ausbau des Brustregisters nach oben von einer „Register violation“ also einer Verletzung oder Überschreitung des Registers (vgl. D. Miller, 2000, S. 44 ff.). Er stellt allerdings bereits den Bezug zur heutigen Zeit her, in der bekannt ist, dass besonders bezogen auf modernen Popgesang, durch sorgsames Training auch physiologische Erweiterungen der Bruststimme in höhere Frequenzen umsetzbar sind (vgl. u. a. auch Sundberg et al., 2012, S. 44 ff.). Ebenso sind die Registerwechsel abhängig davon, aus welcher Tonhöhenrichtung der Registerwechsel erfolgt. „Die Registergrenzen sind verschiebbar. Beim Aufwärtssingen liegen sie höher, beim Abwärtssingen tiefer. Die Übergänge zwischen den Registern sind bei ungeschulten Sängern gut hörbar“ (Hacki, 1989, S. 101). Die Qualität des Registerwechsels gibt Auskunft über den Ausbildungsgrad der Stimme. Je unhörbarer der Registerwechsel vollzogen werden kann, desto professioneller wird die Stimme eingeordnet (vgl. Elbarougy, 2019, S. 11 ff.).

Die fortschreitenden technischen Möglichkeiten ergaben auch in der Analyse der Registerwechsel immer tiefere Einblicke. So war v. a. die Technik von bildlich und zeitlich hochauflösenden MRT-Aufnahmen ein großer Gewinn, um die Feinheiten der Phonation zu erkennen. Echternach et al. konnten dadurch 2008 zunächst bei zwei professionellen Sängern (Bariton und Tenor) im MRT überprüfen, wie sich der Phonationsapparat beim Registerwechsel verhält. Der Vokaltrakt veränderte sich jeweils nur gering, wenn die Probanden die Register gewechselt hatten, allerdings sehr deutlich, wenn sie die Töne im Brustregister weiter nach oben verlagerten. Weiterführend wurden die Vokaltrakte von zehn professionellen Operntenören im MRT getestet zur Überprüfung der Einstellung des Vokaltraktes beim Registerwechsel und bei der Erzeugung der Mittelstimme zwischen Brust- und Kopfstimme, der Voix Mixte. Die Veränderungen des Vokaltraktes waren im Übergang von Brust- zu Kopfstimme nur sehr gering. Allerdings zeigten sich deutliche Veränderungen bei der Einstellung der Voix Mixte, z. B. Weitung des Pharynx, Öffnung der Lippen und des Kiefers sowie eine zunehmende Kiefernverlagerung. Die Entspannung der Uvula im Falsett zeigte sich im Gegensatz zur Annahme von früheren Autor:innen nicht als hilfreich. Zudem benennen sie die unterschiedlichen Herangehensweisen von Vertretern aus unterschiedlichen Stimmfächern; so zeigten die leichteren Stimmen (leichter Tenor) weniger dieser Kompensationsbewegungen als die dramatischeren Stimmen (Heldtenor) (vgl. Echternach et al., 2010, S. 278 ff.).

Bei vier professionellen Sopranistinnen zeigten sich im MRT keine besonderen Vokaltraktveränderungen im Registerübergang selbst. Allerdings fielen bei allen vier Proban-

dinnen Veränderungen in der Lippen- und Kieferöffnung, der Hebung des Zungenrückens sowie der Weite des Pharynx auf, als sie die Grundfrequenz der Frequenz des ersten Formanten von Vokal /a/ bei 750Hz erreichten (vgl. Echternach et al., 2010, S. 133 ff.). Die Studien lassen annehmen, dass durch eine professionelle Gesangsausbildung die Phonationseinstellungen des Ansatzrohres dahingehend trainiert werden, ein möglichst homogenes Klangergebnis über die verschiedenen Register hinweg zu erzeugen.

In Bezug auf die Anzahl und Bezeichnung der Register in der Literatur gibt es keine vollständige Übereinstimmung. So beschreibt D. Miller (2000), wie bereits Sieber (1878), dass bei natürlichen Stimmen zwei Hauptregister, das Brust- und das Kopfre-gister, vorliegen. Dies gelte für die große Mehrheit der Stimmen, sowohl männliche, als auch weibliche (D. Miller, 2000, S. 43). D. Miller (2000) erörtert weiter, dass bei allen Stimmen ein Haupt-Passaggio besteht, das den Übergang von Brust- zu Kopfstimme markiert und sich üblicherweise in einer Region zwischen 300Hz und 350Hz bewegt, allerdings eine überlappende Bandbreite zwischen 165Hz und 370Hz aufweisen kann (vgl. D. Miller, 2000, S. 47 ff.). Er erweitert aber seine Angaben. Bei weiblichen Stim-men spricht Miller (2000) von zwei Haupt-Passaggi, die jeweils den Übergang von Brust- zu Kopfre-gister sowie von Kopf- zu Flageolettregister bezeichnen. Diese zwei-Passaggi-Theorie sprechen andere Autor:innen wiederum auch den männlichen Stim-men zu (vgl. D. Miller & Schutte (1994), R. Miller (2008) und White (2018)) und un-tergliedern professionelle Stimmen anhand der beiden Registerwechsel. Sie gehen da-bei vom Übergang der Brust- in die Mittelstimme und von dieser wiederum in die Kopf-stimme aus, was in Kapitel 2.4.5 detaillierter beschrieben wird. Diese Ansicht vertritt auch bereits Titze (1988) und bezeichnet die zwei Haupt-Registerübergänge als *primo* und *secondo passaggio* (S. 193).

Da die Registerwechsel variabel und verschiebbar sind, unterstützen die Untersuchun-gen die bisherige Theorie, dass im klassischen Gesang vorrangig zwei Register, Brust-register (Modalregister) und Kopfre-gister (Falsett), von Bedeutung sind, deren Über-lappung als Voix Mixte (Mittelregister) benannt werden kann (vgl. Castellengo et al., 2004, S. 163 ff.). Diese Variabilität der Registerwechsel hat sich auch für die Zuord-nung in Stimmgattungen als relevant erwiesen, worauf in den folgenden Kapiteln ge-nauer eingegangen werden soll.

2.3 Stimmgattungen

Recherchiert man die Herkunft des Wortes „Stimmgattungen“, muss man es zunächst in seine beiden Wortteile untergliedern - *Stimme* und *Gattungen*. Die Herkunft und ursprüngliche Bedeutung des Wortes „Stimme“ ist ungeklärt, lässt sich aber zurückverfolgen bis ins Mittelhochdeutsche *stimme* und noch weiter ins Althochdeutsche *stimma*, *stimna*. „Gattungen“ oder „gatten“ bedeutet *sich verbinden, vereinen*. Das mittelhochdeutsche *gaten* bedeutet *zusammenkommen, genau zusammenpassen; vereinigen*; (reflexiv:) *sich fügen, sich zugesellen, sich vereinigen* (Duden, 2020).

Der Begriff der Stimmgattungen findet in der Literatur verschiedene Synonyme. Beispielsweise wird auch von „Stimmclassen(!)“ (Sieber, 1878, S. 34) oder „Stimmlagen“ gesprochen (vgl. Wendler et al., 2015, S. 97). Wendler et al. beschreiben die Tatsache, dass sich Stimmgattungen zum einen aus den natürlichen Anlagen der Sänger:innen ergeben, zum anderen aber auch aus den „Anforderungen der künstlerischen Praxis“ (2015, S. 97).

Die Einteilung in Stimmgattungen und Stimmtypen findet sich vorrangig in der klassischen westlichen Opern- und Konzerttätigkeit (vgl. Wendler et al., 2015, S. 97).

2.3.1 Wandel der Stimmgattungen im historischen Verlauf

Die Etablierung des vierstimmigen Satzes kann Ende des 15. Jahrhunderts als Norm in der europäischen Vokalmusik angesehen werden, wie Fehlow (2009) erörtert. Er beschreibt, dass in der Kirchenmusik zunächst der *Tenor* oder *Cantus firmus* die tragende Stimme übernahm, aus dem sich die heutige Stimmgattung für hohe Männerstimmen entwickelte. Aus den im elften und zwölften Jahrhundert üblichen zweistimmigen Sätzen wandelte sich die Oberstimme (*Cantus* oder später auch *Discantus*) im vierstimmigen Satz hin zum *Sopran(us)*, zunächst in der Kirchenmusik noch rein männlich, teilweise mit Knabenstimmen besetzt, heute die höchste weibliche Stimmgattung bezeichnend. Aus dem Tenor spaltete sich im 13. - 15. Jahrhundert für den dreistimmigen Satz der *Contratenor* in Tenorlage ab, der den Tenor gelegentlich unterschritt bzw. kreuzte und sich im vierstimmigen Satz in den *Contratenor bassus* als tiefere Stimme und *Contratenor altus* als höhere Stimme aufteilte (die späteren Stimmgattungen *Bass* und *Alt*)⁴ (vgl. Fehlow, 2009, S. 14 ff.).

⁴ Tenor von *tenere* = (lat.) halten; *Cantus firmus* = (lat.) fester Gesang; *Sopran* von *superanus* = (lat.) darüberstehend; *Bass* von *bassus* = (lat.) fest, dick, niedrig; *Alt* von *altus* = (lat.) hoch (vgl. Fehlow, 2009, S. 15)

Die historische Betrachtung der Kategorisierung in Stimmgattungen ist immer auch in Abhängigkeit der jeweiligen pädagogischen Herangehensweise zu bewerten, die zeitlich oder auch regional von einzelnen einflussreichen Gesangspädagog:innen oder Stimmtechniken geprägt wurden (vgl. Cotton, 2007, S. 32) und ebenso von gesellschaftlichen Normen beeinflusst war. Beispielsweise durften Frauen lange Zeit nicht konzertant tätig sein, sodass bis ins 16. Jahrhundert diese Partien „Männeralte“ inne hatten (vgl. Fehlow, 2009, S. 15 ff.). Daraus erschließt sich auch die Bezeichnung Alt, welche die hohen, falsettierten Männerstimmen beschrieb und nicht, wie heute, die tiefen Frauenstimmen.

Sieber beschreibt die Entwicklung der Stimmgattungen sehr treffend:

„Alle Sopran- und Altpartien, sowohl in weltlichen, als in kirchlichen Compositionen(!) wurden von Castraten(!) [...] gesungen; somit konnte von Frauenstimmen gar nicht die Rede sein. Erst als dieser gräuliche Missbrauch abgeschafft und es auch den Frauen vergönnt und durch die Sitte gestattet war, öffentlich zu singen, trat die am Eingange erwähnte Eintheilung(!) ins Leben. Von nun an verstand man aber unter hohen Stimmen die Sopran- und Tenorstimmen [...], unter tiefen Stimmen in gleicher Weise die Alt- und Bassstimmen [...]“ (Sieber, 1878, S. 35).

Sieber beschreibt weiter, dass man sich lange Zeit mit dieser Einteilung begnügte. Schließlich wurde jedoch dem Missstand von Männerstimmen, die weder den Bass- noch den Tenorstimmen zuzuordnen waren, ebenso von Frauenstimmen, die nicht die Tiefe von Altistinnen aufwiesen, gleichzeitig aber auch nicht zu den Sopranistinnen gezählt werden konnten, Genüge getan und die Männer- und Frauenstimmen jeweils um eine mittlere Kategorie erweitert. In seiner weiteren Ausführung erläutert Sieber auch die weitere Untergliederung der Stimmgattungen in Stimmfächer.

„War nun die Annahme zweier mittlerer Stimmclassen(!) schon ein bedeutender Gewinn, so musste doch die sorgfältige Beobachtung des eigentlichen Stimmcharakters, der Hinblick auf die eigenthümliche(!) Klangfarbe der Organe und die Berücksichtigung derjenigen Tonlagen, in welcher sich verschiedene Stimmen mit grösserer(!) Leichtigkeit bewegen, noch zu weiteren Resultaten führen“ (Sieber, 1878, S. 36).

In der heutigen Zeit haben sich somit die sechs Hauptstimmgattungen durchgesetzt, die im klassischen Gesang zudem durch eine weitere Unterteilung in Stimmfächer ergänzt werden.

In der Zeit des Barocks waren schriftliche Anweisungen zur Stimmbildung noch eine Seltenheit, wie Buelow (1977) beschreibt. Er führt dies darauf zurück, dass, im Ge-

gensatz zu den sich in dieser Zeit rasch entwickelnden neuen Instrumentenbau- und -spieltechniken, der Mechanismus Stimme keinem großen Wandel unterworfen war und daher wenig neuer Anleitungen bedurfte. Weiterführend wurde die Stimmbildung als höchst persönlicher Austausch zwischen Lehrer:in und Schüler:in angesehen, welche durch eine Pädagogik der Demonstration und Limitierung geprägt war (vgl. Buelow, 1977, S. 80). Durch die zunehmenden Forschungen im Bereich der Stimmproduktion, wie auch durch die besseren Veröffentlichungs- und Druckmöglichkeiten nahm die Zahl an Publikationen zur Stimpädagogik besonders im letzten Jahrhundert stetig zu. Cotton (2007) sieht das als einen der Gründe für die mangelnde Literatur zu Stimmgattungen aus früheren Zeiten, stellt aber auch die These in den Raum, dass zu dieser Zeit den Stimmgattungen nicht die Relevanz beigemessen wurde, wie es in der heutigen Zeit geschieht. Insbesondere bezieht sie sich dabei auf den Begriff des Mezzo-Soprans, der bis zum späten 18. Jahrhundert in der Literatur kaum zu existieren schien (vgl. Cotton, 2007, S. 34). Auch Boldrey (1994) stellt diese Tatsache fest, da der Begriff *Sopran* bis ins späte 19. Jahrhundert übergreifend für sämtliche Frauenstimmen, auch Mezzo-Sopranistinnen, verwendet wurde.

Erst durch Garcia kam dem Phänomen Stimme und ihrer Formbarkeit mehr Bedeutung zu (vgl. Castellengo, 2005, S. 163 ff.). Bis zu Garcias ersten laryngealen in vivo-Einblicken in den Kehlkopf während der Phonation in der Mitte des 19. Jahrhunderts bezog sich die Schulung in der Kunst des Singens vorrangig auf musikalische Themen wie Ornamentik und Text-, Wort- oder Lautgestaltung. So beispielsweise auch in einem der ersten bekannten Bücher zur Gesangspädagogik von Johann Adam Hiller aus dem Jahre 1780. Er geht in seinem ersten Kapitel zwar auf die Eigenschaften der Stimme und ihre Verbesserung ein, beschränkt sich aber auf Themen wie Stimmgesundheit und saubere Intonation und weniger auf Klanggestaltung.

In seinen Ausführungen spricht Hiller auch bereits von Gattungen, bezieht sich dabei aber lediglich auf die Einordnung der Gesangsstücke. Nichtsdestotrotz lassen sich in seinen Schriften bereits Beschreibungen von Stimmgattungen anhand dreier Beispiele von Frauenstimmen extrahieren. So berichtet er über eine Contra-Altistin, die mit ihrer starken, männlichen Stimme Partien sang, welche seiner Aussage nach eher für Bass geschrieben worden wären, die ihren Tonumfang im Laufe ihrer Karriere allerdings auch in hohen Frequenzbereichen erweitert hätte. Es lässt sich daher annehmen, dass er den Begriff Contra-Alt also nicht nur auf den Tonumfang, bzw. die ausgebaute tiefe Stimme beschränkte, sondern auch die Klangfarbe in seine Einordnung miteinbezog. Ebenso bei der beschriebenen Sopranistin, der er eine helle Stimme und „schönen Trille“ (Hiller, 1780, XXIV, zit. in Cotton, 2007, S. 38) zuschrieb. Aus seinen Erläuterungen

zur Mezzo-Sopranistin geht allerdings nicht hervor, ob er dadurch eine grundsätzlich tiefere Stimmlage als Sopran beschrieb oder es sich lediglich um eine Beschränkung in den hohen Lagen handelte (vgl. Cotton, 2007, S. 39 f.).

Auch Garcia (1924) schreibt den Contra-Altistinnen die Attribute zu, die Hiller seiner Contra-Altistin beimisst: Stark und männlich. Seiner Aussage nach praktizierten Sängerinnen dieser Stimmgattung vorrangig im Brustregister, was zu diesem starken und gewichtigen Klang führe und, wenn auch eine wichtige Basis für alle Frauenstimmen (ebenso wie für die Männerstimmen), von Mezzo- und Sopranistinnen nicht in dem Maße genutzt würde. Er benennt neben Contra-Alt, Mezzo-Sopran und Sopran noch eine vierte Stimmgattung bei den Frauen: Den sogenannten Sopran-sopracuto, dessen Tonhöhenumfang um ein Drittel höher als der von reinen Sopranistinnen sei. Diese Stimmen stellten aber eher Ausnahmen dar und kämen sehr selten vor. Es zeigt sich, dass Garcia den Tonhöhen und dem Ambitus eine große Bedeutung für die Zuordnung zu den Stimmgattungen beimaß, allerdings auch Einflüsse wie Stimmfarbe berücksichtigte (siehe Beispiel Contra-Alt) (vgl. Garcia, 1924, S. 5 f.).

Diese Kriterien legen somit den historischen Grundstein zur Einteilung in Stimmgattungen und sind auch in der heutigen Zeit noch relevant. Sie wurden aber durch intensive Beobachtungen und Untersuchungen um weitere Kriterien ergänzt, wie in Kapitel 2.4 vertiefend erörtert werden soll. Jedoch stellt sich zunächst grundlegend die Frage, aus welchen Gründen sich die Stimmgattungen in dieser Weise entwickelt und bis in die heutige Zeit etabliert haben, was im Folgenden erörtert werden soll.

2.3.2 Nutzen und Limits der Stimmgattungen

Die Zuordnung zu Stimmgattungen hat oft einen großen Einfluss auf die sängerische Entwicklung, jedoch sind sowohl Expert:innen wie auch die Sänger:innen selbst häufig uneins über die korrekte Zuteilung (vgl. Lycke, 2013, S. 17). Eine adäquate und im Optimalfall objektive Zuordnung ist nach Lycke aber in jedem Fall anzustreben, um auf der einen Seite die physiologischen Möglichkeiten auszuschöpfen, auf der anderen Seite die Stimme trotz hoher Beanspruchung nicht zu beschädigen (vgl. ebd., S. 17).

Auch wenn er die Stimmgattungen dabei nicht spezifisch benennt, warnt Hiller bereits 1740 vor den Gefahren, wenn Stimmen über ihre Kapazitäten hinaus versuchen, Töne zu erzeugen, „[...] weil sie sich leicht den Verlust der Stimme, nebst Schaden an ihrem Leibe und an ihrer Gesundheit dadurch zuziehen können“ (Hiller, 1780, S. 8). Er mahnt daher, die Natürlichkeit der Stimme zu berücksichtigen. „Überhaupt kann Lehrenden und Lernenden die Regel nicht genug empfohlen werden, daß(!) man in Erlernung des

Gesanges der Natur nichts abzwängen, sondern alles nur nach und nach, durch überlegten und anhaltenden Fleiß, von ihr erhalten müsse" (Hiller, 1780, S. 8). Diese Aussagen sind bis heute aktuell. Eine falsche Klassifizierung kann ursächlich für wiederkehrende Stimmstörungen oder auch Stimmversagen sein (vgl. Wendler et al., 2015, S. 97).

Eine Fehleinteilung kann verschiedene Ursachen haben. McKinney geht in seiner Abhandlung von 1997 auf einige davon ein. Besonders gefährdet sieht er die fälschliche Einteilung in Sopran oder Tenor, da die ständige Belastung durch zu hohe Gesangspartien für nicht geeignete Stimmen langfristig zu einer Überspannung der Stimmlippen mit potentiellen funktionellen wie auch organischen Schäden führen könne. Die Fehleinteilungen in diese Stimmgattungen lägen nach McKinneys Einschätzung mitunter daran, dass Sopran oder Tenor zu singen seiner Aussage nach *en vogue* sei und mitunter die höheren Gagen einbrächte (vgl. ebd., S. 154). Viele Sänger:innen versuchten daher ihre Stimme in höhere Stimmgattungen zu „pressen“, für die sie anatomisch nicht ausgerichtet seien, da sie eigentlich Mezzo-Sopran oder Bariton wären (vgl. ebd., S. 154). Als weiteren Faktor beobachtet McKinney, dass die Zuordnung in Stimmgattungen häufig zu einem Zeitpunkt stattfände, in dem der jeweilige Körper und vor allem der Larynx noch nicht vollständig „ausgewachsen“ sei und daher viele junge Stimmen als lyrisch festgelegt würden, auch wenn sie sich im Laufe der Jahre weiterentwickelten (vgl. ebd., S. 154). Ebenso würde die Bezeichnung lyrisch fälschlicherweise oft nur Sopranen oder Tenören zugeschrieben, auch wenn lyrische Stimmen in allen Stimmgattungen vorkämen (vgl. McKinney, 1997, S. 154).

Die Klassifikation in Stimmgattungen in der heutigen Zeit sei mit anderen Augen zu betrachten, als noch zu der Zeit, aus der ein Großteil der musikalischen Literatur stammt, die für bestimmte Stimmgattungen komponiert wurde, notiert Cotton (2007). Sie vertieft, dass wir heute auf andere wissenschaftliche Grundlagen zurückgreifen könnten, als in den früheren Jahrhunderten, sodass wir die verschiedenen Gattungen heutzutage auch besser durchdringen und verstehen könnten. Musikalisch seien oft charakteristische Stimmgattungen für bestimmte Rollen verwendet worden, da ihnen durch die Stimmgattung wie auch durch die Stimmfächer Charaktereigenschaften zugewiesen wurden.

Besonders im klassischen westlichen Gesang war es gängige Praxis von Komponisten, ihr musikalisches Repertoire auf die stimmlichen Möglichkeiten einzelner Sänger:innen auszurichten (vgl. Lycke, 2013, S. 15). Dies mag auch ein Grund sein, warum Gesangspädagog:innen im zeitgenössischen, kommerziellen Bereich den Stimmgattungen weniger Relevanz beimessen, da die Stücke mittlerweile einfach transponiert oder in

manchen Fällen sogar schlicht umgeschrieben werden, um sie den stimmlichen Fähigkeiten der jeweiligen Sänger:innen anzupassen (vgl. ebd., S. 15). In einer Befragung von 72 Gesangspädagog:innen, sowohl aus dem klassischen wie auch aus dem kommerziellen Bereich, fanden 61,1% der Lehrenden Stimmklassifikation aus mindestens einem Grund wichtig, wohingegen 38,9% diese als irrelevant empfanden (vgl. ebd., S. 19).

Sataloff (1998) allerdings empfiehlt gerade in der Diagnostik von Stimmstörungen bei Sänger:innen, bereits zu Beginn in jedem Fall die Stimmgattung zu definieren, da eine Fehleinteilung als Ursache mit bedacht werden muss.

Im professionellen klassischen Gesang scheint es daher unumgänglich, sich im Laufe seiner stimmlichen Entwicklung mit der Einteilung in eine Stimmgattung zu befassen. Dabei sollte aber nicht voreilig eine unwiderrufliche Festlegung erfolgen, sondern unter sorgsamer Beobachtung und Schulung der Stimme deren Potential weiterentwickelt werden. Die im folgenden Kapitel aufgeführten Kriterien können und sollten dazu als Unterstützung herangezogen werden.

2.4 Kategorisierungsparameter für Stimmgattungen

Nach Wendler et al. müssen für Stimmkategorisierungen immer verschiedene Faktoren berücksichtigt werden. In der Literatur finden sich vorrangig die Parameter, die unter den folgenden Unterpunkten aufgeschlüsselt und genauer betrachtet werden. Der Vollständigkeit halber sowie im Sinne der Stimmgesundheit sollen hier aber noch weitere Einteilungskriterien zumindest benannt sein: Stimmentwicklung, Wohlbefinden oder Missempfindungen beim Singen, Grad der Anstrengung und stimmliche Belastbarkeit (vgl. Wendler et al., 2015, S. 98). Diese Aspekte sollten für die Einteilung in Stimmgattungen mit beachtet werden, können aber im begrenzten Rahmen dieser Arbeit nicht weiter vertieft werden. Das Hauptaugenmerk in den folgenden Kapiteln beschränkt sich daher auf die von zahlreichen Autor:innen übereinstimmend genannten Kategorisierungsparameter: Physische Voraussetzungen, Sängerformanten und Formantspektrum der Vokale, Stimmfarbe, Tessitura sowie Stimmumfang und Registerwechsel.

2.4.1 Physische Voraussetzungen

Als physische Voraussetzungen in der Kategorisierung von Stimmgattungen gelten Körpergröße, Lungenkapazität, das Volumen des Ansatzrohrs, die Kehlkopfgröße sowie die Länge und Dicke der Stimmlippen in Ruhe (vgl. Doscher, 1994, S. 195).

In einer Studie von Mürbe, Roers und Sundberg (2011) zeigte sich in der Analyse von 29 Röntgenaufnahmen bei Gesangsstudent:innen, dass sich mit Ausnahme von Mezzosopranistinnen und Baritonen alle Stimmgattungen signifikant in ihrer Stimmlippenlänge unterscheiden. Bei hohen Stimmgattungen zeigen sich kürzere Stimmlippen, bei tieferen Stimmgattungen hingegen längere. Auch Gutzmann hatte diese anatomische Voraussetzung bereits 1950 anhand seiner eigenen Beobachtungen aus 25 Jahren Berufserfahrung beschrieben und erklärt, dass lange, schmale Stimmlippen grundsätzlich tiefe Stimmen zur Folge hätten und kurze, breite Stimmlippen hohe Stimmen erzeugten.

Bezüglich der Vokaltraktlänge stellten Mürbe et al. fest, dass sich die Stimmgattungen signifikant voneinander unterschieden, wobei die höheren Stimmgattungen kürzere Vokaltraktlängen, tiefere Stimmgattungen hingegen längere aufwiesen. Diese Unterschiede traten allerdings nicht zwischen Sopranistinnen und Mezzosopranistinnen, ebensowenig wie zwischen Altistinnen und Tenören auf (Mürbe et al., 2011, S. 558).

Im Hinblick auf die Gaumenhöhe konnten von Mürbe et al. (2011) lediglich geschlechterspezifische Unterschiede festgestellt werden. Die vom Phoniater Gutzmann (1950) vermuteten Einflüsse von hohem Gaumen für helle Stimmtimbres und flache Gaumen für dunkle Timbres konnten sie nicht bestätigen (vgl. Mürbe et al., S. 560 f.).

Ein Einfluss von Körpergröße und -gewicht auf die *Größe der Stimme* wurde in der Literatur immer wieder behauptet, auch wenn bereits seit vielen Jahren die Ausprägung der Sängerformanten wie auch der subglottische Druck als entscheidende Faktoren für die Tragfähigkeit der Stimme bekannt waren (vgl. ebd., S. 556 ff.). Die drei Phoniater:innen befassten sich daher in ihrer Studie noch einmal genauer mit den Parametern Körpergröße und -gewicht als Einflussfaktoren auf die Stimmgattungen. So wie bereits Fitch und Giedd (1999) eine signifikante Korrelation sowohl zwischen Körpergröße als auch -gewicht zur Länge des Vokaltraktes benannten, konnten auch Mürbe et al. eine signifikante Korrelation zwischen Körperlänge und Vokaltraktlänge bestätigen. Auch stellten die Autor:innen, bezogen auf die unterschiedlichen Stimmgattungen, signifikante Unterschiede in der Körperlänge professioneller Sänger:innen fest (vgl. Mürbe et al. 2011, S. 560). Lediglich bei Sopran und Mezzo-Sopran sowie Bass und Bariton waren die Unterschiede nicht signifikant. Ebenso zeigte sich in ihren Studi-

en keine signifikante Abhängigkeit der Stimmgattungen zum Körpergewicht (vgl. ebd., S. 560).

Sie beschreiben die Analyse morphologischer Aspekte als eine sinnvolle Ergänzung zur Analyse der funktionellen stimmlichen Parameter bei der Einteilung von Stimmgattungen.

2.4.2 Sängerformanten und Formantspektrum der Vokale

Den Klang, der durch den mittels der Stimmlippen in Schwingung versetzten Ausatemstrom entsteht, bezeichnet man als Primärschall. Er ist das Rohmaterial sowohl für die Sprech- als auch für die Singstimme, wie Sundberg (1977) beschreibt. Es handelt sich dabei um einen komplexen Ton, bestehend aus einer Grundfrequenz, welche durch die Geschwindigkeit der Stimmlippenschwingungen definiert wird, und diversen höheren Teiltönen, den Obertönen, welche mit zunehmender Höhe in ihrer Intensität abnehmen. Im Vokaltrakt oberhalb der Stimmlippen wird dieser Primärschall weiterentwickelt, sprich einzelne Teiltöne werden durch die Resonanz im Ansatzrohr verstärkt oder abgeschwächt. Der Vokaltrakt hat vier bis fünf entscheidende Resonanzen, die sogenannten Formanten (vgl. Sundberg, 1977, S. 82 ff.). Die Spitzen in den Formantstrukturen prägen den individuellen Stimmklang.

In Abgrenzung zu gesprochenen Vokalen⁵ zeigen sich bei gesungenen Vokalen zusätzliche Formanten bei 2000-3500Hz; die sogenannten Sängerformanten (vgl. Wendler et al., 2015, S. 97). Rudakow beschreibt, dass für Sängerformanten weniger das Ansatzrohr, als vielmehr die Stimmlippenfunktion selbst relevant sei. Sängerformanten seien das Ergebnis stoßweiser Impulse (Rudakow zit. nach Kainz, 1968). Sundberg (1970) hingegen erkennt, dass die Entstehung des Sängerformanten durch die akustischen Eigenschaften des Resonanzraums bei abgesenktem Kehlkopf beeinflusst wird. Hierbei entsteht eine von Rachen und Mundhöhle unabhängige Resonanzfrequenz zwischen 2,5kHz und 3kHz. In der klassischen westlichen Gesangspädagogik wird daher bei den Studierenden grundsätzlich eine Kehlkopftiefstellung und ein weiter Pharynxraum (innere Gähnstellung) angestrebt, was sich nach Sundberg (1977) auf spektraler Ebene der gesungenen Vokale widerspiegelt.

Lindblom und Sundberg zeigen in ihrer Untersuchung auf, dass die Formantbildung im Vokaltrakt neben der Zungen- und Lippenstellung sowie dem palatalen/ velaren Be-

⁵ Bei männlichen Sprechstimmen zeigten die unterschiedlichen Vokale der deutschen Sprache F_1 zwischen 263Hz und 737Hz und F_2 zwischen 841Hz und 2171Hz, bei weiblichen Stimmen F_1 zwischen 302Hz und 896Hz und F_2 zwischen 889Hz und 2533 Hz (vgl. Sendmeier & Seebode, 2006)

reich auch durch die Position des Unterkiefers definiert wird. Sie beschreiben, dass die Vokale zwar auch mit einer Fixierung des Unterkiefers klar produziert werden könnten, aber die Zungenbewegung und -position durch die Kieferöffnung unterstützt werde. Dadurch würde eine übermäßige Deformation der Zunge verhindert. Dieses Phänomen bezeichnen sie als „artikulatorischen Synergismus“ (1971, S. 1179). Ebenso stellen sie eine Absenkung aller Formantfrequenzen bei einer Absenkung des Larynx fest. Besonders bei Formant 2 mache sich das bemerkbar; im Schnitt um 6,3% (vgl. ebd., S. 1179).

Johnsson und Kempster fertigten 2011 eine Studie mit professionellen männlichen Sängern in Anlehnung an die Vorgehensweise von Cleveland (1977) an, um die Ergebnisse von Cleveland, welcher Korrelationen zwischen Langzeit-Spektrogramm-Durchschnitten und den Stimmgattungen nachweisen konnte, zu überprüfen. Auch die Ergebnisse von Johnsson und Kempster wiesen Korrelationen zwischen den Langzeit-Spektrogramm-Durchschnitten und den drei Stimmgattungen auf, allerdings nicht so hoch wie die von Cleveland ($r_{\text{Cleveland}} = 0,91$, $r_{\text{J\&K}} = 0,782$). Zudem waren die Ergebnisse aufgrund der geringen Teilnehmerzahl ($n = 9$) nicht besonders aussagekräftig.

Die beschriebenen Studien lassen somit schlussfolgern, dass die Formantstruktur und -ausprägung zum einen die Unterschiede zwischen ausgebildeten Sänger:innen und Laien aufzeigen kann, zum anderen lassen sich darüber aber auch Rückschlüsse auf die bestehenden Stimmgattungen ziehen.

2.4.3 Stimmfarbe/ -timbre

Als Timbre wird der spezifische Klangcharakter der Stimme bezeichnet, der verschiedene Stimmen voneinander abgrenzbar macht, auch wenn Tonhöhe und Vokal gleich gewählt sind (vgl. Cleveland, 1977b, S. 1622 ff.). Cleveland statuiert, dass laut Gesangspädagog:innen die drei Stimmgattungen im männlichen Stimmbereich, Bass, Bariton und Tenor, den drei Haupttimbres gleichgesetzt werden könnten und führt seine Aussage darauf zurück, dass bei den drei Stimmgattungen jeweils ähnliche physiologische Voraussetzungen des Kehlkopfes und Ansatzrohrs anzunehmen seien, die Resonanz-Charakteristiken beeinflussen (vgl. ebd., S. 1622 ff.). Dieser Aussage steht allerdings die Tatsache entgegen, dass innerhalb der Stimmgattungen auch in verschiedenen Stimmfächer unterschieden wird, die jeweils über unterschiedliche Klangeigenschaften verfügen, und zudem manche Sänger:innen ihr Timbre bewusst variieren.

Titze, Maxwell und Walker (2016) erläutern zu diesem Thema, dass das Timbre einer Stimme den Stil der Stimme verändern könne und sie dadurch von anderen abgrenz-

bar mache. In manchen Fällen wählten Sänger:innen ein Timbre aus künstlerischer Freiheit, manchmal könne aber auch der Raum durch seine Größe oder Eigenresonanz ein spezifisches Timbre erfordern, um eine unverstärkte Stimme tragfähig und hörbar zu machen. Ebenso könne die instrumentale Begleitung ein bestimmtes Timbre beeinflussen, um die Stimme abzuheben. So schalle beispielsweise ein blecherner Stimmklang kontrastreicher über den Klang von Streichern und Flöten hinweg (vgl. Titze et al., 2016, S. 382 ff.). Cotton (2012) hält fest, dass auch musikalische Trends ausschlaggebend für die Wahl eines Timbres für bestimmte Gesangsstücke oder Rollen sein könnten, die sich im Laufe der Zeit gegebenenfalls auch wandelten.

Folgt man Clevelands Argumentation, müsste angenommen werden, dass durch den Wechsel im Timbre auch ein Wechsel der Stimmgattung erfolgt. Dem widerspricht allerdings auch McKinney (1997, S. 154), der analysiert, dass verschiedene Timbres in allen Stimmgattungen vorkommen könnten. Aus diesem Grund haben sich innerhalb der Stimmgattungen die Stimmfächer als Subgruppen entwickelt, für die das Timbre von großer Bedeutung ist. Es ist daher unumgänglich in Bezug auf das Stimmtimbre auch das Thema Stimmfächer mitzubetrachten.

Bernhard Richter schreibt in seinem Buch *Die Stimme*, dass die Einteilung in Stimmfächer noch weitaus komplexer als die Einteilung in Stimmgattungen sei, da der Begriff und die Subgruppen historisch jünger und nach wie vor oft unklar definiert seien (vgl. Richter, 2014, S. 113 f.). Durch die Veränderungen im Kompositionsstil wie auch in der Orchestrierung mit größeren Besetzungen oder höherer Stimmung in der Zeit von Beethoven, Wagner und Verdi mussten sich die Sänger:innen stimmlich anpassen, um hörbar zu bleiben. Gerade die bereits erwähnte Kehlkopftiefstellung und damit verbundene Verstärkung der Sängerformanten waren hierfür von Nöten, was den Stimmen neben dem Ausbau der Tragfähigkeit aber auch eine dunklere Färbung verlieh. So entwickelten sich neben den lyrischen auch die dramatischen Stimmfächer⁶ mit ihren Zwischenkategorien, die neben den sängerischen Fähigkeiten auch das äußere Erscheinungsbild sowie darstellerische Fertigkeiten mit berücksichtigen (vgl. ebd., S. 113 f.).

Eine Studie zweier tschechischer Autor:innen untersuchte das Phänomen Singstimmeinteilung aus einer anderen Perspektive und überprüfte die Übereinstimmung zwischen den Einteilenden. Sie gingen dabei der Frage nach, ob die vorgenommene Einteilung weiblicher Stimmen zwischen professionellen Gesangspädagog:innen als trainierte Gruppe und sonstigen Musikern als untrainierte Gruppe vergleichbar seien (vgl. Frič & Kulanová, 2014, S. 427 ff.). Hier zeigte die trainierte Gruppe höhere Überein-

⁶ *lyrisch* aus dem Griechischen *lyrikos* = zum Spiel der Lyra gehörig; *dramatisch* aus dem Griechischen *drama* = Handlung/ tragische Handlung (vgl. Richter, 2014, S. 113)

stimmungen in der Stimmklassifizierung, während in der untrainierten Gruppe viele Abweichungen und Unstimmigkeiten auftraten. Professionelle Gesangspädagog:innen haben also ähnliche Kriterien, die sie bestimmten Stimmgattungen zuordnen. Vor allem bezogen auf die Stimmfarbe *hell* oder *dunkel* wiesen sie die klarste Übereinstimmung auf (vgl. ebd., S. 427 ff.).

Diese beiden Klangqualitätsmerkmale finden sich auch in Kranichs Studie (2014) zum Thema Stimmklang, wenn auch bezogen auf die Sprechstimme, wieder. Er stellt fest, dass die Merkmale Gespanntheit (gespannt, neutral, entspannt), Klangfülle (klangvoll, neutral, klangarm), Helligkeit (hell, neutral, dunkel) sowie Knarren (ja, nein) eine hohe Trennschärfe in der Diskriminierung der Klangqualität zulassen (vgl. Kranich, 2014, S. 34 ff.).

Sonninen legt allerdings bereits 1970 den hohen Grad an Subjektivität in der Klangwahrnehmung und -beschreibung dar und nennt 61 Adjektive, die in der Praxis zur Beurteilung dieser genutzt würden. Er unterteilt die Adjektive dabei in Kategorien: Unter anderem in visuell (hell, dunkel etc.), thermisch (warm, kalt, etc.), kinästhetisch (forciert, angespannt, entspannt, etc.), anatomisch (vorne, hinten, Kopf, Brust, etc.), instrumental (flöten-ähnlich, pfeifend etc.) oder materiell (blechern, hölzern, etc.) (vgl. Sonninen, 1970, S. 71). Allein diese Fülle an Begrifflichkeiten, die auch von Sonninen keinen Anspruch auf Vollständigkeit hatte, ist ein Hinweis auf die Schwierigkeit, einen Stimmklang genau zu definieren, was die hohe Varianz und häufige Uneinigkeit in der Zuteilung in Stimmgattungen anhand des Timbres verdeutlicht.

Es zeigt sich also, mit großer Einigkeit unter den Autor:innen, dass die Stimmfarbe oder das Timbre einen wichtigen, wenn auch wiederum keinen leicht zu definierenden Faktor in der Klassifikation von Stimmgattungen, bzw. innerhalb einer Stimmgattung in die Stimmfächer ausmacht.

2.4.4 Tessitura

Ein weiteres Kriterium, das für die Stimmkategorisierung verwendet wird, ist die Tessitura, der musikalische Stimmumfang.

Thurmer beschäftigte sich 1988 eingehender mit diesem Begriff. Zunächst bezeichnet er die Tessitura als einen generellen *Kompass* eines Gesangsparts bezogen auf die durchschnittliche Tonhöhe, abhängig vom Tonumfang (Thurmer, 1988, S. 327 ff.) Pädagog:innen, Studierende und Musikdirektor:innen verwendeten bis dahin den Begriff häufig sehr ungenau und subjektiv. Es würde damit lediglich der Ambitus von der tiefsten bis zur höchsten zu singenden Note eines Gesangsstücks festgehalten, ließ aller-

dings die Schwierigkeitsstufen, die dazwischen lägen, ausgeklammert. Schon allein die Auftretenshäufigkeit einzelner, v. a. extremer Frequenzen sei eine wichtige Information für Sänger:innen, die nach einem Kompass für ihre Stückauswahl suchten. Thurmer entwickelte daher als Orientierungshilfe das Tessiturogramm basierend auf einer statistischen Auswertung der Frequenzhäufigkeit in einzelnen Gesangsstücken. Dieses kann in Kombination mit dem jeweils individuellen Phonetogramm der Sänger:innen verwendet werden, um zu überprüfen, ob die stimmlichen Fähigkeiten mit den Erfordernissen der Gesangsstücke übereinstimmen. Er ordnet also nicht ein bestimmtes Tessiturogramm einer bestimmten Stimmgattung zu, sondern empfiehlt, die individuelle Übereinstimmung von Tessiturogramm und Phonetogramm zur Stückauswahl heranzuziehen.

Doscher (1994) hält fest, dass die Tessitura und das Passaggio oft zusammen genannt werden. Die Tessitura eines Alts unterscheidet sich nach Doscher von der eines Soprans im Durchschnitt um ein Viertel oder Fünftel im Umfang der hohen Frequenzen (vgl. Doscher, 1994, S. 197). Viele Pädagog:innen schätzten die Tessitura als die wichtigste Variable in der Kategorisierung von Stimmen ein, da man von einer korrekten Kategorisierung ausgehen kann, wenn sich die Sänger:innen physisch in ihrer Tessitura wohlfühlten (vgl. ebd., S. 197).

Auch Johnsson und Kempster konnten in ihrer Studie mit männlichen professionellen Stimmen eine hohe Übereinstimmung zwischen dem Singstimmumfang⁷ und den gängigen Stimmeinteilungen feststellen und damit die Ergebnisse von Cleveland diesbezüglich bestätigen (vgl. Johnsson & Kempster, 2011, S. 543.).

Es scheint aber auch in Bezug auf den Singstimmumfang unterschiedliche Einschätzungen zu geben. Vergleicht man beispielsweise die Darstellungen von Wendler et al. (2015, S. 98) (Abbildung 1) mit denen von Habermann (zit. nach Ruth, 2001, S. 110) (Abbildung 2), so liegt zwischen den Angaben zu den gleichen Stimmgattungen oft eine Differenz von zwei bis drei Halbtönen.

Als Voraussetzung zur Bestimmung der Tessitura ist immer die sängerische Vorbildung anzunehmen. Dies wird im Studienaufbau von Johnsson und Kempster (2011) deutlich, die ihre Teilnehmer selbst bestimmen ließen, welche Töne in den extremen Tonhöhenbereichen sie noch als ihre (Bühnen-)Singstimme definierten und welche bereits außerhalb lagen (S. 540).

⁷ In der Studie von Johnsson und Kempster wurde sowohl der physiologische Stimmumfang vom tiefsten bis zum höchsten produzierbaren Ton getestet, als auch der Umfang der Singstimme. Wobei die Sänger selbst definierten, welche Töne sie noch ihrer Singstimme zuordneten.

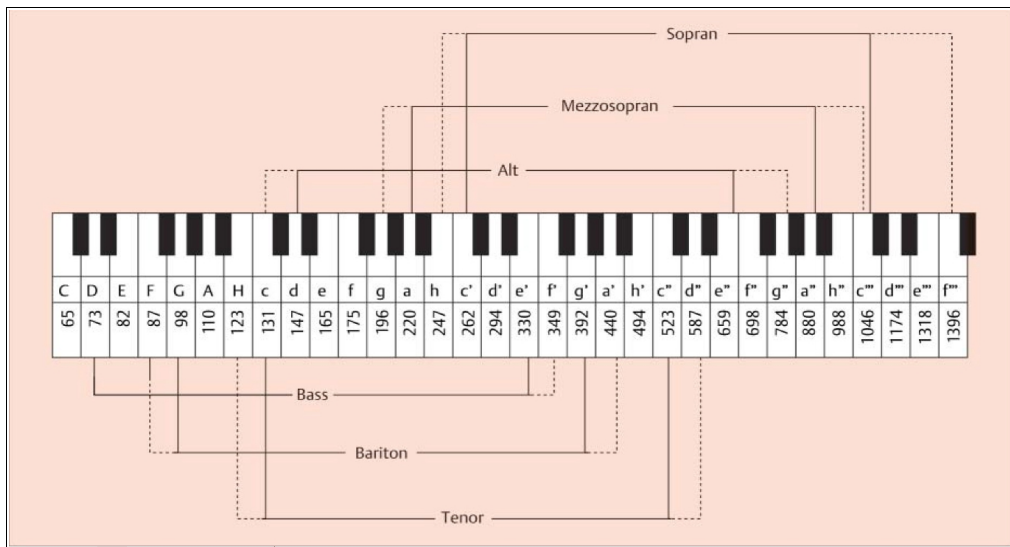


Abbildung 1: Darstellung der musikalischen Stimmumfänge anhand der Klaviatur (Wendler, Seidner & Eysholdt, 2015, S. 98)

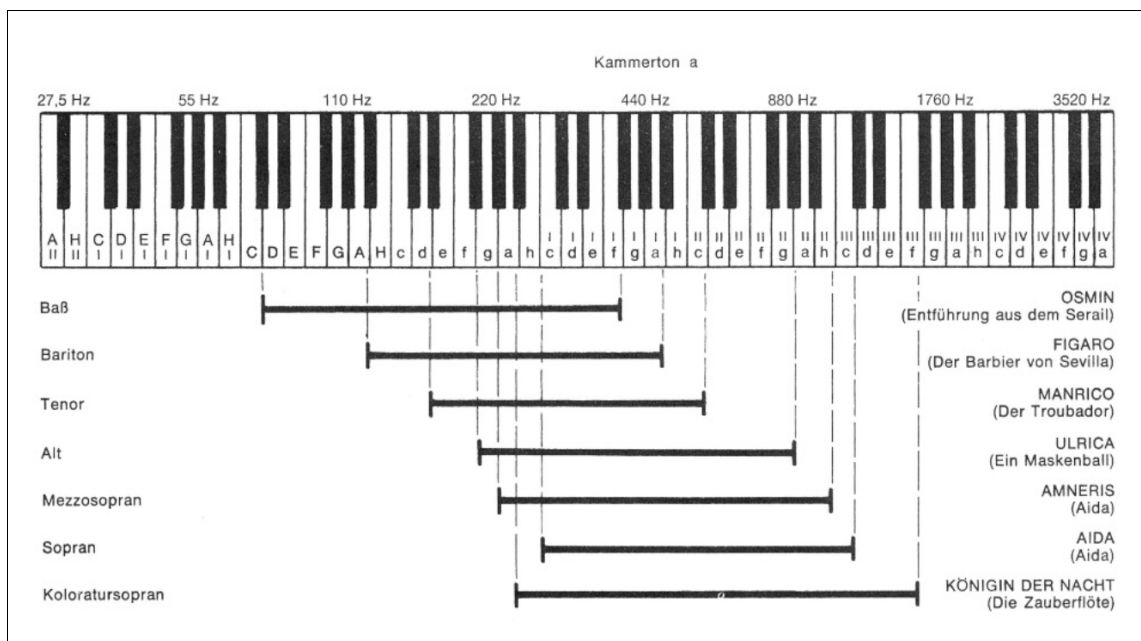


Abbildung 2: Darstellung der musikalischen Stimmumfänge anhand der Klaviatur inkl. Gesangsrolle (Habermann zit. nach Ruth, 2001, S. 110)

Dieses Vorgehen wäre mit ungeschulten Personen nicht möglich, da kein Bewusstsein für eine mögliche Bühnenstimme vorausgesetzt werden kann und somit von der Einschätzung der Untersucher:innen abhängig wäre. Hacki benennt daher die Messung der Tessitura als weniger aussagekräftig gegenüber der Messung des physiologischen Stimmumfangs, da erstere „der subjektiven Bewertung des Untersuchers zuviel(!) Spielraum läßt(!)“ (Hacki, 1989, S. 104 f.).

2.4.5 Stimmumfang und Registerwechsel

Der Stimmumfang wurde v. a. im 19. Jahrhundert zur Einteilung der Stimmen verwendet, hat sich aber im Laufe der letzten Jahrzehnte zunehmend als Einteilungsparameter in den Hintergrund geschoben (vgl. Cotton, 2007, S. 15 f.). Cotton bezieht sich dabei zum einen auf die Schwierigkeit der Vielzahl an Subgruppen, die sich innerhalb der Stimmgattungen gebildet haben, die sogenannten Stimmfächer, wo Stimmfarbe und Agilität eine bedeutendere Rolle zukommt. Zum anderen statuiert sie aber auch, dass, ausgenommen der extremen Randgruppen wie dem hohen lyrischen Koloratur-Sopran oder dem Contra-Alt, die Stimmen oft auch Literatur aus den angrenzenden Stimmgattungen singen könnten (vgl. ebd. S. 15 ff.).

Titze allerdings benennt den Stimmumfang als wichtigstes Kriterium zur Stimmeinteilung und nimmt dabei Bezug auf die physischen Grundvoraussetzungen. Die Grundfrequenz F_0 hängt seiner Aussage nach bei jedem schallproduzierenden Instrument unmittelbar mit der Größe zusammen (vgl. Titze, 2000, S. 185). Sprich je länger die Stimmlippen im Ruhezustand sind, desto tiefere Grundfrequenzen produzieren sie. Ebenso abhängig sei die Höhe der Frequenzen von der Muskulatur der Stimmlippen, die, um den Stimmlippenschluss aufrechtzuerhalten, nur bis zu einer bestimmten Grenze gespannt werden kann (vgl. ebd., S. 185). Auch McKinney bezeichnet den Tonumfang neben dem Stimmtimbre als wichtigsten Faktor für die Stimmeinteilung, schränkt diese Zuordnung zum Stimmumfang jedoch ein, indem er beschreibt, dass es lediglich bei eingeschränkten Höhen keinen Sinn ergeben würde, diese Stimmen als Sopran oder Tenor zu bezeichnen (vgl. McKinney, 1994, S. 110).

Dies unterstützen auch die Ergebnisse für weibliche Stimmen aus Lambreche, Ternström und Pabons Studien (2010), in denen sich die durchschnittlichen Tonhöhen von F_{\min} und F_{\max} zwischen Alt und Sopran signifikant unterschieden. Jedoch wiesen, entgegen der häufig in der Literatur zu findenden eingeschränkten Tonhöhenumfänge von Mezzo-Sopranistinnen, in den Studien der drei Stockholmer Forscher:innen gerade diese Stimmen der Mezzo-Sopranistinnen sowohl in die tiefen als auch in die hohen Frequenzen einen ausgeprägten Umfang auf. Dieses sei laut den Autor:innen auch nicht verwunderlich, da in der Gesangsliteratur von den Mezzo-Sopranistinnen oft auch die Tonhöhen der angrenzenden Stimmgattungen gefordert würden (vgl. Lamarche et al., 2010, S. 410 ff.)

Diesen großen Tonumfang von Mezzo-Sopranistinnen (allerdings bezogen auf den musikalischen Tonumfang) zeigt auch Habermann (2001, S. 110) in seiner Darstellung der Stimmgattungen (siehe Abbildung 2).

Lycke (2013) stellte in einer groß angelegten Studie mit über 327 Gesangsstudentinnen fest, dass eine Zuordnung zu Stimmgattungen rein über den Tonumfang allein nicht möglich war. Jedoch konnte er in weiterführenden Studien mit 206 weiblichen Gesangstudentinnen und 256 männlichen Probanden, bestehend aus neun Gesangstudenten, 17 professionellen Sängern, 61 professionellen Chorsängern und 169 mit und ohne Singerfahrung⁸, analysieren, dass sich für eine Clusterung in Stimmgattungen zwei potentielle Lösungen anboten: Eine dreier- und eine vierer-Clusterung. Durch eine weitere Diskriminierung der beeinflussenden Faktoren ergab sich schließlich die dreier-Clusterung als stimmigste Einteilung für beide Geschlechter. Diese beeinflussenden Faktoren waren bei weiblichen Stimmen der Gesamttonumfang im Verhältnis zum Bruststimmumfang; bei männlichen Stimmen der Registerwechsel von Brust- zu Kopfstimme (vgl. Lycke, 2013, S. 29 ff.).

McKinney empfiehlt die Einteilung anhand des Registerwechsels besonders bei untrainierten Stimmen, die noch nicht gelernt haben, diesen zu verändern oder zu überdecken. Insbesondere für Chöre, in denen viele Leute in Stimmgattungen eingeteilt werden müssen, nennt er es ein geeignetes Mittel, das zusätzliche Information für die Stimmeinteilung liefere (vgl. McKinney, 2005, S. 114).

Den Registerwechsel benannte auch R. Miller (2008) als einen der entscheidenden Faktoren zur Kategorisierung von männlichen Stimmen (siehe Tabelle 1). So wechseln Bässe bei tieferen Frequenzen ihr Register, während Tenöre ihr Brustregister weiter nach oben führen und somit auch in den höheren Lagen noch mit Durchschlagskraft singen können. Diese Theorie vertritt auch White (2018) und kategorisiert die drei Stimmgattungen (in diesem Fall auch Stimmfächer) anhand der Registerwechsel.

Auch D. Miller und Schutte (1994) geben für Tenöre den Passaggio-Bereich für den Wechsel von Brust- zu Kopfstimme innerhalb des¹ und as¹ an, für Baritone zwischen b und f¹. Allerdings beziehen sie sich dabei nicht auf die Stimmfächer und nennen in ihrer Abhandlung auch nur die Registerwechsel für Bariton und Tenor.

Gleichermaßen bezieht auch R. Miller (2000) die jeweiligen Stimmgattungen der weiblichen Stimmen auf die Registerwechsel der Stimmen. Allerdings ordnet er hier genau entgegengesetzt den Altistinnen höhere erste Passaggi zu als den Mezzo-Sopranistinnen und Sopranistinnen, wie in Tabelle 2 aufgezeigt. Die tiefsten ersten Passaggi zeigen sich seiner Aussage nach bei den Sopranistinnen, wobei er hier zudem in Stimmfächer differenziert und beschreibt, dass die genannten Frequenzwerte nicht zwingend

⁸ Bei den 169 Teilnehmern mit und ohne Singerfahrung handelte es sich um Studenten an Musik-Konservatorien. Eine sehr gute musikalische Ausbildung kann also bei allen Teilnehmenden angenommen werden.

zutreffen, da sie bei dramatischen Stimmen etwas nach oben, bei leichten Stimmen hingegen etwas nach unten versetzt sein könnten (vgl. R. Miller, 2000, S. 23). Dieses Phänomen ist damit zu erklären, dass Frauenstimmen auch im Mittel- und Kopfreger ihre Bühnenqualitäten haben; Sopranistinnen daher bereits früher ins Mittelregister wechseln als Altistinnen. Es verhält sich also genau entgegengesetzt zu den Männerstimmen, bei denen sich gerade die hohen Stimmen durch eine ausgebaute Bruststimme und einen nach oben verlagerten Registerwechsel auszeichnen.

Selbst wenn sich die meisten Autor:innen einig sind, dass das Passaggio nicht einen einzelnen Ton betrifft, sondern eine Abfolge von Tönen innerhalb derer der Registerwechsel stattfindet, dient es in der Kategorisierung der Stimmgattungen besonders für die männlichen Stimmen als ausschlaggebendes Kriterium.

Stimmgattung	Erstes Passaggio	Zweites Passaggio	Erstes Passaggio	Zweites Passaggio	Passaggio
	(R. Miller, 2008)		(White, 2018)		(D. Miller & Schutte, 1994)
Leichter Tenor	es ¹	-	-	-	des ¹ - as ¹
Lyrischer Tenor	d ¹	-	d ¹	g ¹	
Tenor Spitzsopran	cis ¹	-	-	-	
Heldentenor	c ¹	-	-	-	
Lyrischer Bariton	h	e ¹	h	e ¹	b - f ¹
Dramatischer Bariton	b	es ¹	-	-	
Bass-Bariton	a	d ¹	-	-	
Seriöser Bass	as	des ¹	-	-	
Tiefer Bass	g	c ¹	as	d ¹	-

Tabelle 1: Männl. Stimmeinteilung anhand des Registerwechsels - Vergleich R. Miller (2008), White (2018) und D. Miller & Schutte (1994)

Stimmgattung	Erstes Passaggio	Zweites Passaggio
Sopran	es ¹	fis ²
Mezzo-Sopran	f ¹	e ²
Contraalto	g ¹	d ²

Tabelle 2: Weibl. Stimmeinteilung anhand des Registerwechsels (R. Miller, 2000, S. 23)

2.5 Phonetogramme und ihre Aussagekraft

Durch die Messung von Sprech- und Singstimmprofilen lassen sich laut Seidner und Wendler (1997) die Stimmgattungen präziser klassifizieren. Ziel der korrekten Zuteilung zu Stimmgattungen ist es, langfristigen Störungen der Stimme vorzubeugen.

Das Stimmdiagnostik-Protokoll der European Laryngological Society (ELS) von 2011 wird als standardisierte Diagnostik für die Erfassung von Stimmstörungen vorgeschlagen. Nach Friedrich und Dejonckere (2005), die durch eine retrospektive Multi-zenterstudie an sechs universitären Stimmzentren die Sinnhaftigkeit und Relevanz des ELS-Protokolls untersuchten, wurde dieses Vorgehen als „in der klinischen Routine anwendbar und praktikabel“ eingestuft und fünf Dimensionen für eine aussagekräftige Stimmdiagnostik benannt. Darunter fallen „perzeptive Stimmklangbeurteilung, Videolaryngostroboskopie, aerodynamische Messungen, akustische Messungen und die subjektive Selbstevaluation der Stimmqualität bzw. der kommunikativen Beeinträchtigung durch den Patienten“ (Friedrich & Dejonckere, 2005, S. 746). Die videolaryngoskopische Untersuchung ist ein diagnostisch wichtiges Verfahren, welches rein rechtlich allerdings nur von einem Hals-Nasen-Ohren-Arzt oder Phoniater durchgeführt werden darf und somit den Gesangspädagog:innen, Chorleiter:innen oder Stimmtherapeut:innen im Praxisalltag nicht zur Verfügung steht.

Durch ein Phonetogramm können allerdings bereits drei der fünf vorgeschlagenen Dimensionen des Protokolls durchgeführt und beurteilt werden: Perzeptive Stimmklangbeurteilung, aerodynamische Messungen und akustische Messungen. Ein aussagekräftiger Wert, der sich bei einer Stimmumfangsprofilmessung ergibt, ist der Dysphonia Severity Index (DSI) (vgl. Wuyts et al., 2000, S. 769 ff.). Der DSI errechnet sich anhand einer Formel aus den gemessenen Komponenten maximale Tonhöhe (in Hz), geringste Intensität (in dB), maximale Tonhaldedauer (in Sek.) und Jitter (in %), wobei die einzelnen Bestandteile entsprechend gewichtet werden (vgl. Bergauer & Jankecht, 2018, S. 44 f.). Bezogen auf die Normwerttabelle der ELS ist zum jetzigen

Zeitpunkt einer der aufgeführten Normwerte als nicht mehr aktuell einzustufen. Es handelt sich dabei um die weibliche Sprechstimmlage, welche laut einer Studie von Berg et al. (2016) in den letzten 20 Jahren um ca. eine Terz auf durchschnittlich 168,4 Hz gesunken ist. Als objektives Messverfahren dienen Phonetogramme mithilfe von Computerprogrammen, beispielsweise dem ling-WAVES Stimmfeld Pro von WEVO-SYS. Zu beachten ist, wie Schneider-Stickler et al. (2012) auf der 29. Wissenschaftlichen Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie verdeutlicht haben, dass für Vergleichsmessungen stets das gleiche Softwareprogramm verwendet werden sollte, da es zwischen verschiedenen Programmen zu unterschiedlichen Messergebnissen kommen kann.

Lamarche et al. erforschten in ihrer Studie (2011), ob es bei professionellen klassischen Sängerinnen Unterschiede zwischen dem physiologischen Phonetogramm und dem Performance-Phonetogramm (gemessen wurde die jeweilige Bühnenstimme) gibt. Auch wenn sich die Phonetogramme bezogen auf die Intensität v. a. der leisen Phonation signifikant unterschieden, waren die Tonhöhenumfänge annähernd vergleichbar. Zu erwähnen ist, auch wenn es nicht die primäre Fragestellung ihrer Studie war, dass bei den professionellen Sängerinnen anhand der durchschnittlichen Tonhöhenumfänge die Unterschiede zwischen Alt und Sopran besonders deutlich sichtbar waren, während die Mezzo-Sopranistinnen sowohl in den tiefen als auch in den hohen Frequenzen ausgeprägte Stimmen zeigten (vgl. Lamarche et al., 2010, S. 410 ff.).

Hacki konnte innerhalb seiner Studien nachweisen, dass sich Phonetogramme als Diagnostik-Instrument zur Unterscheidung zwischen physiologischen und pathologischen Stimmen eignet. Er beschreibt, dass Unregelmäßigkeiten zwischen den Stimmmodalitäten im Sprech-, Ruf- und Singstimmfeld⁹ als Evidenz für Stimmstörungen gelten können (vgl. Hacki, 1996, S. 128 f.).

Ebenso nutzte Hacki die Untersuchung mittels Phonetogramm insbesondere den physiologischen Stimmumfang und Registerwechsel für seine Untersuchungen zur Definition von Normwerten der Stimmgattungen und benennt dabei vier Vorteile:

- „1. Bestimmung des physiologischen Registerüberganges vom Brust- zum Kopfreister
 2. eine zusätzliche Hilfe bei der Bestimmung der Stimmgattung
 3. die Aufdeckung von stimmlichen Reserven
 4. eine Methode zur Bestimmung des Verhältnisses zwischen Sing- und Sprechstimme“
- (Hacki, 1989, S. 118).

⁹ Hacki verwendet diese Bezeichnung als Synonym für Phonetogramm

Das Phonetogramm eignet sich zusammenfassend für eine exakte Messung und Darstellung der Tonhöhenumfänge wie auch der Intensitätsminima und -maxima. Es lassen sich zudem die Grenzen des Brustregisters zum einen anhand der Ermittlung der Rufstimme erkennen, zum anderen durch einen Abfall des Intensitätsmaximums in diesem Frequenzbereich, der sich besonders bei untrainierten Sänger:innen deutlich zeigt. Die 2D-Darstellung gibt jedoch keinen Aufschluss darüber, in welcher Qualität die Töne erzeugt werden, ob sie beispielsweise locker oder gepresst entstehen, und bedarf zur Beurteilung dieser daher der Beobachtung und Erfahrung der messenden Person während der Untersuchung. Ebenso wenig können aus der reinen Datendarstellung Rückschlüsse auf die Klangfarbe gezogen werden, da keine spektrale Analyse erfolgt. Von den vorherig genannten Kriterien zur Stimmerteilung lassen sich daher lediglich der Stimmumfang – physiologisch oder bei geübten Sänger:innen auch musikalisch – und der Registerwechsel aus einem Phonetogramm ablesen.

In der ling-WAVES-Software lässt sich der Stimmumfang in Frequenz und Dezibel-Skalierung als 2D-Oberfläche darstellen. So besteht die Möglichkeit, die individuellen Tonhöhen- und Lautstärkegrenzen festzustellen und zu vergleichen.

Eben diese Faktoren zog auch Lycke für seine Studien (2013) heran, um die Stimmkategorisierung zu untersuchen. Er benannte dabei das Phonetogramm, wenn auch teilweise schwer interpretierbar, dennoch als eine objektive Methode zur Stimmklassifizierung. „The objective measurement of voice intensity, combined with the objective measurement of the frequency vocal range as applied in VRP [Voice Range Profile] could be considered as an objective starting point for voice classification“ (Lycke, 2013, S. 21).¹⁰ Er konnte anhand der mithilfe von Phonetogrammen ermittelten Daten eine klare Differenzierung der errechneten Cluster nachweisen (vgl. ebd., S. 146).

¹⁰ „Die objektive Messung der Stimmintensität, kombiniert mit der objektiven Messung des Tonhöhenumfangs, wie im Phonetogramm angewendet, kann als objektiver Startpunkt zur Stimmklassifizierung angenommen werden“ (Lycke, 2013, S. 21). (Übersetzung durch die Autorin)

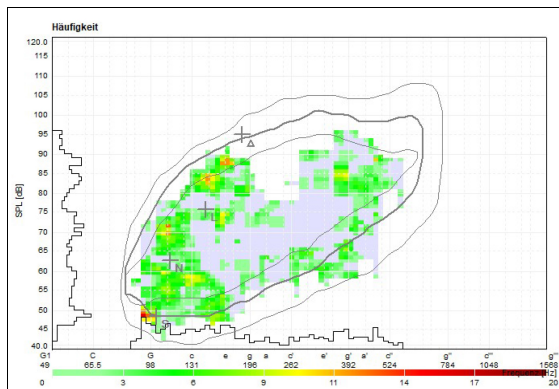


Abbildung 3: Beispiel Phonetogramm:
Darstellung eines männl.
Singstimmumfangs mit Normwertlinien →
deutlich erkennbar, die Lautstärkenabsenkung im
Registerwechsel

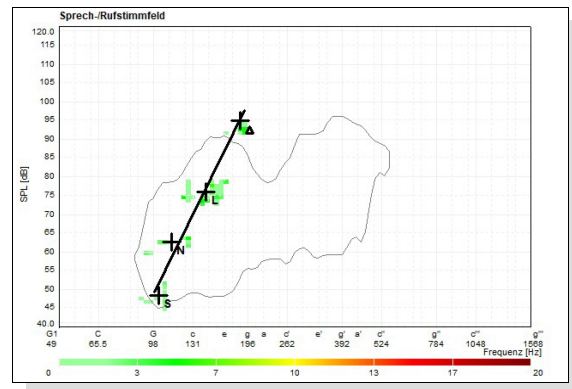


Abbildung 4: Beispiel Phonetogramm:
Darstellung eines männl.
Sprechstimmumfangs mit normaler, leiser,
lauter und Ruf-Stimme. Im Hintergrund die Linie
des Singstimmumfangs.

3 Forschungsfragen und Hypothesen

Wie sich nun in den bisherigen Ausführungen erkennen lässt, wurde und wird das vielschichtige Feld der Stimmgattungen zwar von vielen Autor:innen untersucht, jedoch besteht nicht immer ein Konsens. Gerade die verschiedenen Herangehens- und Sichtweisen auf das Thema lassen viel Interpretations- und Diskussionspielraum. Ebenso zu erwähnen ist die Tatsache, dass, aufgrund der beschriebenen notwendigen Zuteilung im professionellen Bereich, die meisten Forschungen zu Stimmgattungen mit professionellen Stimmen durchgeführt wurden (vgl. u. a. Echternach et al., 2008; Echternach et al., 2010; Lamarche et al., 2010; Johnsson & Kempster, 2011; Mürbe et al., 2011), sprich mit Personen, die a) bereits jahrelanges Stimmtraining erfahren haben, b) deren stimmlichen Muskeln dementsprechend geformt und steuerbar sind und c) die zwar hohen stimmlichen Anforderungen ausgesetzt sind, durch die engmaschige stimmliche Betreuung aber meistens unter kontinuierlicher Beobachtung stehen.

Besonders die große Gruppe der Laiensänger:innen (wie eingangs beschrieben deutschlandweit über zwei Millionen) bleibt bei den Forschungsergebnissen zu professionellen Stimmen außen vor, da sich aufgrund des unterschiedlichen Trainingsniveaus nur bedingt Rückschlüsse von ausgebildeten Stimmen auf Laien ziehen lassen. Ebenso gehen die einzelnen Stimmen in Chören durch oft fehlende Einzelstimmführung oder auch mangelnde Erfahrung der Chorleiter:innen unter, wodurch Fehleinteilungen nicht zwingend oder häufig zu spät bemerkt werden (vgl. McKinney, 1994, S. 121).

Um in diesem Gefüge daher zumindest einen kleinen Mosaikstein beizusteuern, ist es nun Ziel dieser Arbeit, herauszufinden, ob die in Lyckes Studien gezeigten drei Stimmgattungen pro biologischem Geschlecht bei professionellen Sänger:innen sich auch bei untrainierten Stimmen nachweisen lassen; weiterführend gedacht, ob die klassischen Stimmgattungen als natürlich angeboren zu werten sind oder als durch jahrelange Stimmschulung antrainiert.

Hypothese 1: Mittels Phonetogramm lassen sich anhand des Umfangs der Bruststimme in Abhängigkeit zum Gesamtstimmumfang Cluster einteilen, die den bisher gängigen Stimmgattungen (Bass, Bariton, Tenor, Alt, Mezzo-Sopran, Sopran) entsprechen.

Sollte Hypothese 1 verifiziert werden können, ergibt sich aus den Ergebnissen eine weitere Fragestellung, die den Aspekt der *Natürlichkeit* der Stimmgattungen weiter analysiert. Nachdem uns in der jetzigen Zeit über Fernsehen, Radio und Streamingdienste ein quasi uneingeschränkter Zugriff auf Instrumental- und Vokalmusik zur Verfügung steht, scheint die Frage naheliegend, ob wir durch die ständigen musikalischen Vorbilder auch stimmlich geprägt werden und dadurch unbewusst wie gegebenenfalls auch bewusst einem Stimmideal entsprechen wollen, das entgegengesetzt zu unseren natürlichen Stimmveranlagungen steht. Es soll daher in dieser Arbeit zudem überprüft werden, ob von den Proband:innen intuitiv Singtonhöhen gewählt werden, die ihren natürlichen Stimmgattungen entsprechen.

Hypothese 2: Laiensänger:innen wählen beim spontanen Intonieren eines Volkslieds eine initiale Tonhöhe, die der natürlichen Stimmgattung entspricht.

4 Empirische Studie zur Identifikation natürlicher Stimmgattungen bei Nicht- und Laiensänger:innen

Aus diesen Forschungsfragen und Hypothesen ergibt sich daher das Untersuchungsdesign einer empirischen Querschnittstudie, anhand derer die Fragen beantwortet und die Hypothesen verifiziert oder falsifiziert werden sollen.

4.1 Methodik

Die meisten Autor:innen gehen in ihren Forschungen zu Stimmgattungen von einem bestehenden vier-, bzw. sechs-Kategorien-System aus (Bass, (Bariton), Tenor, Alt, (Mezzo-Sopran), Sopran) und unterteilen die Daten ihrer Studienteilnehmer:innen ent-

sprechend vorab (vgl. u. a. Mürbe et al., 2011; Johnson & Kempster, 2011; Hacki, 1989). Sprich, es wurden beispielsweise jeweils zehn Soprane, Mezzo-Soprane und Alte getestet, deren Stimmgattungen bereits zu Beginn bekannt und festgelegt waren. Im Anschluss wurden die erhobenen, bereits unterteilten Daten verglichen, um Rückschlüsse auf die Stimmgattungen zu ziehen. Lycke wählt für sein Untersuchungsdesign einen entgegengesetzten Weg, die datengetriebene Analyse. Er untersucht dabei rein anhand der erhobenen Daten, unabhängig vorheriger Stimmeinteilungen, ob sich darin Hinweise auf eine Unterteilung in Stimmgattungen finden lassen (vgl. Lycke, 2013, S. 22). Basierend auf Lyckes Herangehensweise sollen auch im Studiendesign der vorliegenden Arbeit die Daten ohne vorherige Zuordnung analysiert werden.

4.1.1 Teilnehmerfindung - Ein- und Ausschlusskriterien

Für die vorliegende Studie wurden Phonetogramme von 51 Personen (25 Männer und 26 Frauen) erstellt. Als Teilnehmer:innen wurden ausschließlich Personen ohne vorherige Gesangsausbildung ausgewählt. Orientierend hierfür wurde die Aussage von Mürbe et al. (2011) herangezogen, die für ihre Studie *professionelle Stimmen* ab dem Beginn eines Gesangstudiums definierten, da für ein Bestehen der Gesangsaufnahmeprüfungen eine langjährige stimmliche Ausbildung vorausgesetzt werden kann. Personen mit Stimmstörungen, ob akut oder chronisch, wurden von der Studie ausgeschlossen, um zum einen die Ergebnisse nicht zu verfälschen und zum anderen keine stimmliche Überlastung und mögliche Schäden durch die Phonetographien zu riskieren. Die Ein- und Ausschlusskriterien ergaben sich daher wie folgt:

Einschlusskriterien:

- Volljährig
- Nicht-Sänger:in oder Laiensänger:in

Ausschlusskriterien:

- Bestehende, ärztlich diagnostizierte Stimmstörung
- Akute Kehlkopfeizündung oder Erkrankung des Atemapparats während der Studiendurchführung
- Professionelle Gesangsausbildung

Die Teilnehmer:innen wurden umfassend mündlich und schriftlich über die Durchführung aufgeklärt und mussten der Studiendurchführung (siehe Anhang) schriftlich zustimmen.

Auf ein ethisches Clearing konnte verzichtet werden, da alle Teilnehmer:innen volljährig waren, gesund, keiner vulnerablen Gruppe angehörend und freiwillig an der Studie teilnahmen. Zudem gab es keine Benachteiligung einer Kontrollgruppe ohne Intervention. Bei korrekter Durchführung der Messung bestand keinerlei gesundheitsschädli-

ches Risiko für die Teilnehmer:innen. Dieses wurde durch die Berufserfahrung der Untersuchungsleitung als Logopädin in einer HNO-Praxis sichergestellt.

4.1.2 Erhebung der personenbezogenen Daten

Bei allen 51 Teilnehmer:innen wurde das gleiche Verfahren angewendet. Nach der Aufklärung über den Studienablauf und Unterzeichnung der Einwilligungserklärung wurden vorab folgende personenbezogene Daten erhoben:

- Alter
- Biologisches Geschlecht
- Vorerkrankungen
- Regelmäßige Medikamente
- Nikotin- und Alkoholkonsum
- Bisherige Sing- oder Stimmerfahrung
- Ggf. bisherige Stimmgattung
- Bei Frauen der Status der Menopause

Diese Kategorien wurden ausgewählt, da sie Einfluss auf den Stimmgebrauch und die stimmlichen Kapazitäten haben können (vgl. Tesche, 2010, S. 19 f.). Sollten sich bzgl. einzelner Kategorien auffällige Muster oder Unregelmäßigkeiten zeigen, dienen die erhobenen Daten dazu, mögliche Einflüsse zu analysieren und ggf. Rückschlüsse ziehen zu können.

4.1.3 Durchführung der Phonetographien

Im Anschluss an die Erhebung der personenbezogenen Daten wurden mit allen Teilnehmer:innen standardisierte Phonetographien durchgeführt. Für die Durchführung galten die Leitlinien der ELS. Hierbei wurden folgende Parameter mithilfe des ling-WAVES Stimmfeld Pro gemessen und in 2D-Diagrammen graphisch dargestellt:

- Mittlere Sprechstimmlage (in Hz und dB)
- Leise Sprechstimme (in Hz und dB)
- Laute Sprechstimme (Klassenzimmerstimme) (in Hz und dB)
- Rufstimme (in Hz und dB)
- Tonhöhen- und Lautstärkeumfang (in Hz und dB)
- Normstimmfeldabdeckung (in %)
- Jitter
- Shimmer
- Maximale Tonhaldedauer (MPT) (in Sekunden)
- DSI

Für die Erstellung der Phonetogramme wurden die Empfehlungen von Seidner und Schutte (1982, zit. nach Nawka et al., 2006, S. 15) für eine störungsarme und aussagekräftige Messung eingehalten. Die Teilnehmer:innen standen dabei in aufrechter Position in einem Abstand von 30 cm zum Mikrofon. Der Abstand wurde mithilfe eines am Gerät montierten Meterstabs überprüft. Die Höhe des Mikrofons konnte mithilfe eines Stativs stufenlos an die Körpergröße der Proband:innen angepasst werden, sodass es sich stets auf Mundhöhe befand. Der natürliche Störschall des Raums betrug weniger als 40 dB, was den Richtlinien für eine adäquate Durchführung entspricht. Das Procedere der Messung wurde mit allen Teilnehmer:innen identisch durchgeführt. Durch die Einhaltung der Messstandards der Hard- und Software, des Untersuchungsraums und des Ablaufs können die einzelnen Ergebnisse in der Auswertung präziser miteinander verglichen werden. Die Phonetogramme wurden innerhalb des Zeitraums von 02.11.2021 bis 20.12.2021 von der Studienleitung im gleichen Untersuchungsraum mit der gleichen Hard- und Software durchgeführt. Für die Aufklärung, Befragung und Messung wurde eine Zeitrahmen von jeweils ca. 30 Minuten benötigt.

Innerhalb einer Testung wurde zunächst die Sprechstimme in normaler, leiser und lauter Intensität (Zählen von 20 bis 30) und die Rufstimme (vorgegebener Satz: „Hallo Anton, komm mal her, Anton!“) gemessen. Für die Rufstimme wurden die Teilnehmer:innen animiert, so laut wie möglich zu rufen, ohne in die Schreistimme (über den Registerwechsel hinausgehend) zu wechseln, um die oberste Grenze der Bruststimme zu erhalten.

Im Anschluss wurde das Singstimmfeld überprüft beginnend mit einem Ton in angenehmer tiefer Stimmlage so leise und einem zweiten Ton in normaler Intensität so hoch wie möglich. Anschließend wurden jeweils in normaler, leisest möglicher und lautest möglicher Stimme Glissandi vom individuell tiefsten zum individuell höchsten Ton auf die Silbe [na:] gesungen. Sollten sich Lücken im Phonetogramm gezeigt haben, wurde über direkte Tonvorgabe durch die Studienleiterin versucht, diese zu schließen. Für die Klanganalyse wurde der Laut [a:] in angenehmer Sprechstimmlage und -intensität für ca. 5 Sekunden gehalten gesprochen. Abschließend wurde die maximale Tonhaldedauer überprüft, indem die Proband:innen einen Ton auf die Silbe [na:] in Indifferenzlage und normaler Intensität so lange wie möglich hielten.

Um einen Eindruck von der Singstimme zu erhalten, wurden alle Teilnehmer:innen gebeten, das Kinderlied „Alle meine Entchen“ zu singen und dabei mit einem Ton in ihrer individuell angenehmsten Tonhöhe zu beginnen. Das Lied wurde ausgewählt, da es als allgemein bekannt vorauszusetzen war und vorrangig eine Tonleiterfolge auf- und abwärts ohne überraschende Intervallsprünge darstellt. Der Text wurde den Proband:in-

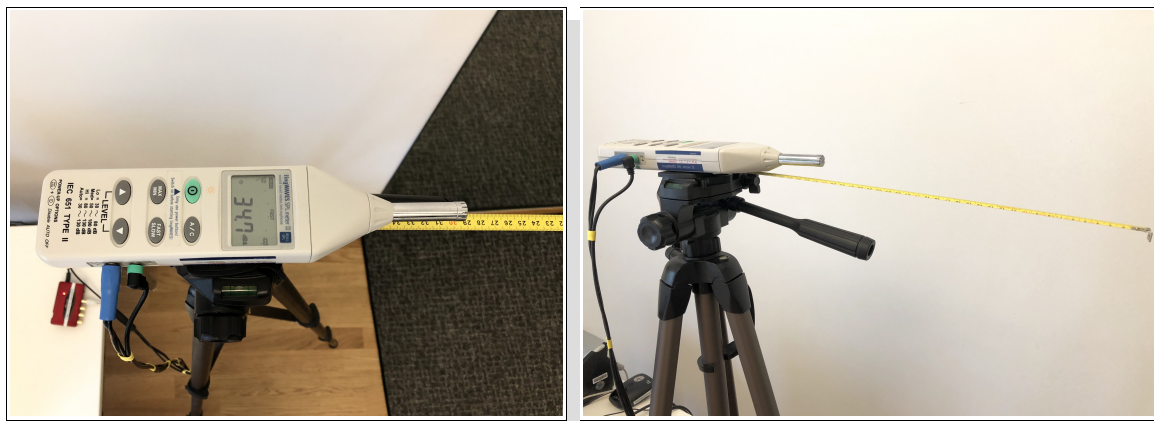


Abbildung 5: Hardware der Stimmumfangsprofilmessung mit einem Phonetographen der Firma Wevosys

nen bei Bedarf vor Beginn vorgesprochen, das Lied wurde aber nicht vorgesungen, um zu verhindern, dass sich die Teilnehmenden an der Tonhöhe der Untersuchungsleiterin orientieren. Bei diesem Vorgehen handelte es sich um kein standardisiertes Vorgehen. Es diente lediglich als Basis, um eine Einschätzung der Klangqualität der tatsächlichen Singstimme zu gewinnen und durch die individuell gewählte Tonhöhe einen Hinweis auf eine mögliche Stimmgattung zu erhalten. Die subjektive Zuordnung zu einer Stimmgattung anhand des vorgesungenen Lieds wurde anschließend von der Studienleitung vorgenommen. Die Einteilung erfolgte ohne standardisierte Kriterien, sondern basierte rein auf der 20-jährigen Chor- und Stimmbildungserfahrung sowie zehnjährigen stimmtherapeutischen Tätigkeit als Logopädin der Untersuchungsleiterin. Da das Kinderlied über einen sehr begrenzten Tonumfang verfügt und somit keine extremeren Tonhöhen überprüft wurden, spielte für die Beurteilung neben der individuell gewählten Tonhöhe, vor allem die Klangfarbe, der Umgang mit den Registern und die Klangstabilität eine Rolle.

Die Klangqualität wurde anschließend nach Kranich (2014) nach folgenden Kriterien beurteilt:

- Gespanntheit (unterspannt, neutral, gespannt)
- Klangfülle (klangvoll, neutral, klangarm)
- Helligkeit (dunkel, neutral, hell)
- Knarren (ja, nein)

Alle Proband:innen wurden im Anschluss an die Testung gebeten, ihr subjektives Empfinden während des Singens in Brust- und Kopfstimme zu beschreiben. Hierfür wurde ihnen eine Auswahl an möglichen beschreibenden Adjektiven zu Verfügung gestellt, welche an die 61 Adjektive, die Sonninen (1970, S. 68 ff.) zur Beschreibung

der Stimme aufstellte, angelehnt sind und sich in der logopädischen Praxis der Untersuchungsleiterin als verständlich und gebräuchlich etabliert haben.

laut	weich	locker	kraftvoll	angenehm
leise	hart	entspannt	kraftlos	unangenehm
mächtig	klar	weit	flexibel	angestrengt
gewaltig	behaucht	eng	starr	kontrolliert
dünn	rau	gepresst	dynamisch	unkontrolliert
klangvoll	knarrend	verkrampft	sicher	Sonstiges
			unsicher	

Tabelle 3: Auswahl an Adjektiven zur Beschreibung des subjektiven Gefühls im Brust- und Kopfreger

4.1.4 Methodik der Auswertung

Innerhalb der Studie wurden 51 Stimmumfangsprofile ($n_{\text{ges}}=51$; $n_{\text{m}}=25$, $n_{\text{f}}=26$) erstellt. Für die Berechnungen wurden die Ergebnisse von 25 männlichen und 25 weiblichen Teilnehmer:innen verwendet. Die Ergebnisse einer weiblichen Teilnehmerin mussten aus der Berechnung ausgeschlossen werden, da sich innerhalb der Testung herausstellte, dass sie seit der Menopause keinen Zugriff auf ihre Kopfstimme mehr hatte, was die Studienleitung als pathologisch und daher nicht auswertbar einstufen musste.

Die metrischen Ergebnisse wurden mithilfe des Online Statistik-Rechners von *DATAtab* (DATAtab Team, 2022) und der Statistik-Software *IBM SPSS Statistics Version 28.0.0.0 (190)* berechnet. Hierfür wurden aus den Stimmumfangsprofilen zunächst folgende Daten extrahiert:

- Tiefste Frequenz in Hz
- Höchste Frequenz in Hz
- Höchste Frequenz der Bruststimme (Rufstimme) in Hz
- Gemittelte mittlere Sprechstimmlage in Hz

Der jeweilige Gesamtambitus, ebenso wie der Bruststimmambitus wurde anhand der Formel $c = 1200 \cdot 3,322038403 \log_{10} (f_2 / f_1)$ in Cent umgerechnet (Tontechnik-Rechner - sengspielaudio, 2022). Als oberste Grenze des Bruststimmambitus wurde die höchste Frequenz der Rufstimme verwendet, die laut Hacki (1989) dafür herangezogen werden kann.

Zudem wurden die jeweiligen Startfrequenzen (in Hz) des gesungenen Kinderlieds notiert, welche die Proband:innen mit der Vorgabe gewählt hatten, eine für sie angenehme Tonhöhe zu verwenden.

4.1.4.1 Erklärungen zur K-Means Clusteranalyse und Ellenbogenmethode

Die K-Means Clusteranalyse gilt als eines der gängigsten explorativen Verfahren zur Clusteranalyse und clustert einen gesammelten Datensatz in eine vorgegebene Anzahl von Clustern (vgl. MacKay, 2003, S. 284 ff.). Sie geht zurück auf die Berechnungen von MacQueen (1979) und wird in fünf Schritten vollzogen:

1. Clusteranzahl definieren: Cluster = K
2. Cluster-Centroids zufällig festlegen
3. Datenpunkte den Clustern zuordnen anhand der kürzesten Distanz zu den Cluster-Centroids
4. Mittelwert jedes Clusters berechnen
5. Datenpunkte den neu berechneten Clustern zuordnen (vgl. Bortz, 2005, S. 578)

Die Schritte vier und fünf werden so lange wiederholt, bis es in einer Iteration keine Veränderung mehr gibt (vgl. Gürkan, 2018). Das Programm schlägt zunächst 10 Iterationen vor, die Anzahl kann aber manuell erhöht werden, sollte innerhalb der 10 Iterationen keine Lösung gefunden werden. Da die Position der anfangs zufällig gesetzten Cluster-Centroids eine Auswirkung auf die Ergebnisse haben kann, wird der Gesamtprozess mehrere Male durchgeführt mit jeweils unterschiedlich gesetzten Startpunkten. Im Anschluss wird das Cluster verwendet, welches die kleinste Summe von Abständen zwischen dem Cluster-Centroid und den Datenpunkten aufweist (DATAtab Team, 2022).

Ein Verfahren, um die optimale Clusteranzahl zu finden, ist die Ellenbogenmethode, auch bekannt als Struktogramm (vgl. Bortz, 2005, S. 577). Je mehr Cluster verwendet werden, desto kleiner wird der Abstand zwischen den Datenpunkten und den Cluster-Centroids. Allerdings gibt es eine Clusteranzahl, ab der jedes zusätzliche Cluster den summierten quadrierten Abstand lediglich noch geringfügig verkleinert. Dies zeigt sich in der Ellenbogenmethode, in welcher sich der Wendepunkt von großer zu nur noch geringfügiger Veränderung des summierten quadrierten Abstands ablesen lässt. Dieser Wendepunkt spiegelt die optimale Clusteranzahl für den gewählten Datensatz wieder (vgl. Tibshirani et al., 2001, S. 411 ff.).

Zur Berechnung der K-Means Clusteranalyse und der Ellenbogenmethode wurde der online Statistik-Rechner der Firma DATAtab verwendet (DATAtab Team, 2022).

Zur Auswertung der vorliegenden Datensätze wurde sowohl bei den weiblichen, als auch bei den männlichen Stimmen die K-Means Clusteranalyse anhand der Variablen

Gesamtstimmambitus in Cent zu *Bruststimmambitus in Cent* durchgeführt. Diese Variablen hatten in Lyckes Studien anhand der Wards Methode bei den weiblichen Stimmen die stimmigste Clusterung ergeben (vgl. Lycke, 2013, S. 46 ff.).

Die K-Means Clusteranalyse wurde anschließend bei den männlichen Stimmen in einer zweiten Variante angewendet. Orientierend an Lyckes Studie (2013) wurden in dieser Berechnung die Variablen *Bruststimmambitus in Cent* zu *Passaggio-Frequenz (Rufstimme) in Hz* verwendet. Lycke konnte mithilfe der Wards Methode den Lautstärkeabfall nach dem *Registerwechsel*¹¹ zwischen *Brust- und Kopfstimme* sowie den *Bruststimmambitus* als erfolgreichste Variablen für eine schlüssige Clusterung bei den professionellen männlichen Stimmen ermitteln. Mit den gewählten Variablen zeigte sich in seiner Studie die Dreiteilung als sinnvollste Clusterung (vgl. Lycke, 2013, S. 61 f.), weshalb auch in der K-Means Clusteranalyse der Variante 2 die Clusteranzahl von 3 zugrunde gelegt wurde .

Um eine Vergleichsmöglichkeit zwischen den Ergebnissen der weiblichen und männlichen Stimmen zu schaffen, wurde abschließend auch mit den Daten der weiblichen Stimmen die K-Means Clusteranalyse mit den Variablen der Variante 2 durchgeführt.

4.1.4.2 Erklärungen zur Varianzanalyse und dem Levene-Test

Mit der einfaktoriellen Varianzanalyse ohne Messwiederholung wird überprüft, ob statistisch signifikante Unterschiede zwischen mehr als zwei Gruppen vorliegen. Sie gilt somit als Erweiterung des t-Tests für unabhängige Stichproben auf mehr als zwei Gruppen. Man setzt sich mit der Frage auseinander, ob es einen Unterschied in der Grundgesamtheit der verschiedenen Gruppen einer Variablen in Bezug auf eine abhängige Variable gibt. Dabei geht man aus von einer Nullhypothese (H_0 = zwischen den Mittelwerten der Gruppen gibt es keine Unterschiede in der Grundgesamtheit) und einer Alternativhypothese (H_1 = es besteht zwischen mindestens zwei Gruppenmittelwerten ein Unterschied in der Grundgesamtheit) (vgl. Bortz, 2010, S. 129).

Der Levene-Test für Varianzhomogenität eignet sich für unabhängige Gruppen und metrische Testvariablen. Dabei gilt es, die Nullhypothese jeweils zu verwerfen oder zu bestätigen. Ziel ist es dabei, herauszufinden, ob und wie stark die Varianzen verschiedener Einflussfaktoren voneinander abweichen. Liegt der p-Wert des Levene-Tests unter

¹¹ Anstatt des Lautstärkeabfalls nach dem Registerwechsel bietet sich auch die aus dem vorliegenden Datensatz extrahierte Passaggio-Frequenz (Rufstimme) in Hz zur Auswertung an, da es sich lediglich um eine linear verschobene Frequenz handelt. Sprich, nicht der Lautstärkeabfall unmittelbar nach dem Registerwechsel, sondern das Lautstärkemaximum unmittelbar vor dem Registerwechsel wird als Variable herangezogen.

einem zuvor bestimmten Wert (häufig $p < 0,05$), gilt das Ergebnis als signifikant und die Nullhypothese kann verworfen werden. Dies bedeutet, dass die Unterschiede in den Varianzen der Stichproben überzufällig sind (vgl. Bortz, 2010, S. 29 f.).

Die gewonnenen Daten wurden durch ANOVA mithilfe des Online Statistik-Rechners der Firma DATAtab analysiert (DATAtab Team, 2022).

4.1.4.3 Erklärung zur Korrelationsberechnung

Pearson-Korrelation: Als Pearson-Korrelation wird standardmäßig die Berechnung des Korrelationskoeffizienten (r) bezeichnet. Der Name leitet sich von Karl Pearson ab, der die formal-mathematische Begründung dafür lieferte (vgl. Brückler, 2017, S. 116). Über den Korrelationskoeffizienten kann bestimmt werden, ob es einen linearen Zusammenhang zwischen zwei mindestens intervallskalierten Merkmalen gibt. Bei einem Korrelationskoeffizienten von $+1$ geht man von einem stark positiven Zusammenhang aus, bei -1 von einem stark negativen. Beträgt der Korrelationskoeffizient 0 besteht kein linearer Zusammenhang zwischen den Merkmalen.

Stärke der Korrelation:

Betrag von r	Stärke des Zusammenhangs
$0,0 < 0,1$	kein Zusammenhang
$0,1 < 0,3$	geringer Zusammenhang
$0,3 < 0,5$	mittlerer Zusammenhang
$0,5 < 0,7$	hoher Zusammenhang
$0,7 < 1$	sehr hoher Zusammenhang

Tabelle 4: Stärke der Korrelation (vgl. Kuckartz et al., 2013, S. 213)

Punkt-Biserial-Korrelation: Um einen Zusammenhang zwischen einem intervallskalierten Merkmal I und einem dichotomen Merkmal D zu berechnen verwendet man einen Spezialfall der Pearson-Korrelation, die sogenannte Punkt-Biserial-Korrelation (vgl. Bortz, 2010, S. 171 ff.).

4.1.4.4 Erklärungen zum Chi²-Test

Der Chi²-Test ist ein Hypothesentest, der verwendet wird, um zu überprüfen, ob ein Zusammenhang zwischen zwei kategorischen Variablen besteht. Voraussetzungen für die Durchführung sind, dass die Daten kategorial und damit normalskaliert sind, es sich um unabhängige Messungen handelt und jede Zellohäufigkeit mindestens fünf Be-

obachtungen enthält (vgl. Bortz, 2005, S. 137). Trifft der letzte Punkt der Zelhäufigkeit nicht zu, kann der Missstand über eine Monte-Carlo-Schätzung oder auch genannt Monte-Carlo-Simulation ausgeglichen werden. Hierbei wird eine unverzerrte Schätzung des genauen Signifikanzniveaus durch wiederholtes Sampling aus einem Referenzsatz von Matrizen mit den gleichen Abmessungen und Zeilen- und Spaltenrändern wie die beobachtete Matrize berechnet. Somit ermöglicht das Monte-Carlo-Verfahren, die genaue Signifikanz zu schätzen, ohne dabei auf die für die asymptotische Methode erforderlichen Annahmen angewiesen zu sein. Diese Methode ist dann nützlich, wenn die Daten nicht den Annahmen der asymptotischen Methode genügen, der Datensatz allerdings zu groß ist, um die genaue Signifikanz zu berechnen (vgl. Bortz, 2010, S. 113). Die Chi²-Tests sowie die Monte-Carlo-Simulationen wurden über die Statistik-Software IBM SPSS Statistics Version 28.0.0.0 (190) berechnet.

4.2 Auswertung und Analyse der Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Auswertungen und Berechnungen wiedergegeben und analysiert.

4.2.1 Ergebnisse der personenbezogenen Daten

Die 50 ($n_{\text{ges}} = 50$) Datensätze für die Auswertung unterteilten sich in männliche Teilnehmer $n_{\text{m}} = 25$ und weibliche Teilnehmerinnen $n_{\text{f}} = 25$. Das Durchschnittsalter bei den männlichen Teilnehmern betrug 39,08 Jahre, bei den weiblichen Teilnehmerinnen 39,16 Jahre. Der jüngste Teilnehmer war 21 Jahre, der älteste 67 Jahre, während die jüngste Teilnehmerin 20 Jahre alt war und die älteste 68 Jahre.

60% der Studienteilnehmerinnen befanden sich zum Studienzeitpunkt noch vor ihrer Menopause, 20% danach, 12% befanden sich innerhalb der Menopause und 8% konnten aufgrund fortlaufender Hormoneinnahme keine Angaben dazu machen.

64,81% aller Teilnehmer:innen gaben keine Vorerkrankungen an. Von den restlichen Teilnehmer:innen wurde als häufigste Vorerkrankung Schilddrüsenunterfunktion mit 7,41% genannt, drei Teilnehmerinnen gaben zudem eine Schilddrüsen-(teil-)entfernung an. Als weitere Vorerkrankungen wurden Bluthochdruck, Asthma, Heuschnupfen (jeweils zweimal), Hausstaubmilbenallergie, Z. n. Hypophysentumor, Rheuma, Multiple Sklerose, Restless Legs Syndrom, Collitis Olcerosa (jeweils einmal) genannt. Keine der teilnehmenden Personen gab an, durch die Vorerkrankungen stimmliche Einschränkungen bemerkt zu haben.

Knapp über die Hälfte (52%) aller Teilnehmer:innen gaben an, bisher noch keinerlei Sing- oder Stimmerfahrung zu haben. Fast ein Drittel hatte Erfahrungen im Schulchor und/ oder Hausmusik gesammelt. Je 4% waren in Kinder-, Laien- oder Kirchenchören aktiv (gewesen). Von allen Teilnehmer:innen gaben 72% an, bisher kein Wissen über ihre etwaige Stimmgattung zu haben. 16% gaben an, Alt zu singen oder gesungen zu haben, jeweils 4% Sopran oder Bariton und je 2% Mezzosopran oder Tenor. Die Antworten konnten allerdings nicht immer zuverlässig gegeben werden, da in einigen Fällen die Singerfahrung bereits viele Jahre zurücklag.

	Alter n_m	Alter n_f
Mittelwert	39,08	39,16
Standardabweichung	14,37	14,86
Minimum	21	20
Maximum	67	68

Tabelle 5: Häufigkeiten Alter der Männer n_m und Frauen n_f

Menopause (vor/nach)	Häufigkeit	%
vor	15	60,00%
nach	5	20,00%
während	3	12,00%
unbekannt	2	8,00%
Total	25	100,00%

Tabelle 6: Häufigkeiten Menopause

Vorerkrankungen	Häufigkeit	%
keine	35	64,81%
Schilddrüsenunterfunktion	4	7,41%
Bluthochdruck	2	3,70%
Asthma	2	3,70%
Heuschnupfen	2	3,70%
Hemithyreoidektomie	2	3,70%
Hausstaubmilbenallergie	1	1,85%
Z. n. Hypophysentumor	1	1,85%
Thyreoidektomie	1	1,85%
Rheuma	1	1,85%
Multiple Sklerose	1	1,85%
Restless Legs Syndrom	1	1,85%
Collitis Olcerosa	1	1,85%
Total	54	100,00%

Tabelle 7: Häufigkeiten Vorerkrankungen

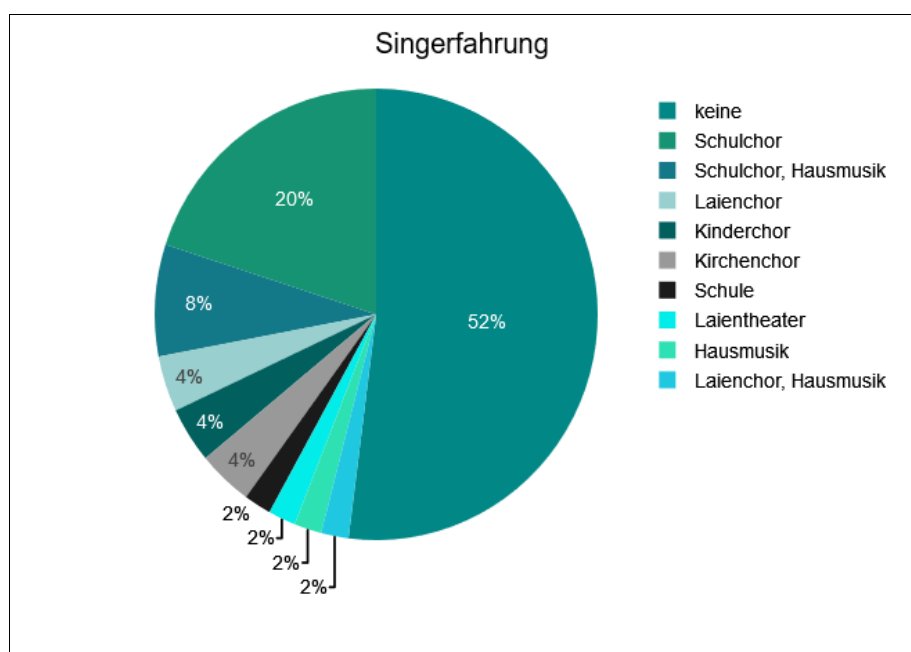


Abbildung 6: Bisherige Sing- und Stimmerfahrung der Teilnehmer:innen

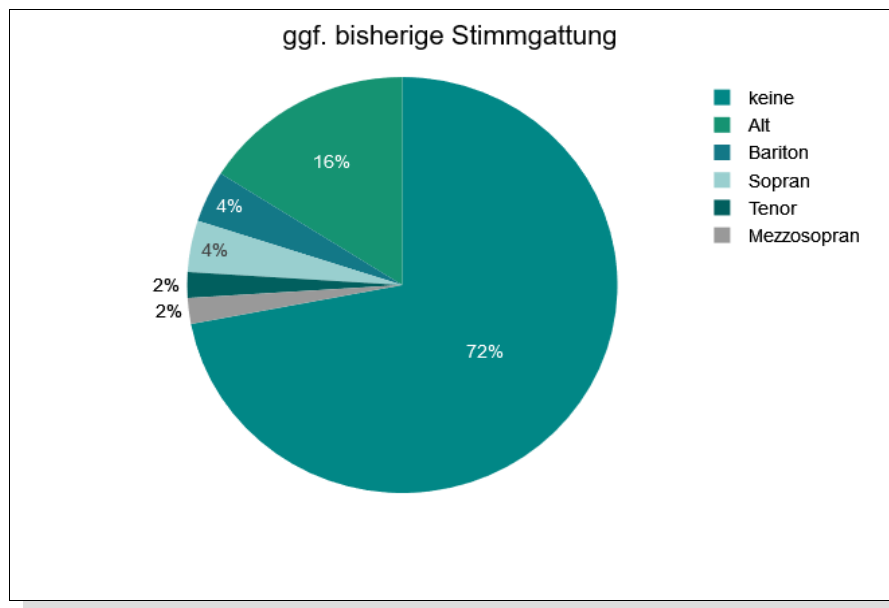


Abbildung 7: Bisherige Einteilung in Stimmgattungen der Teilnehmer:innen

4.2.2 Ergebnisse der Phonetogramme

In Abbildung 8 und Abbildung 9 zeigen sich die Ergebnisse der männlichen und weiblichen Phonetogramme bezogen auf den Gesamtambitus in Cent und Bruststimmambitus in Cent. Ordnet man die Ergebnisse aufsteigend nach dem Gesamtambitus, lässt sich in der Darstellung zunächst erkennen, dass jeweils der Bruststimmambitus nicht linear mitsteigt, sondern sich unabhängig, scheinbar sehr individuell gestaltet. Überprüft man den Zusammenhang allerdings anhand einer Pearson-Korrelation, zeigt sich, dass es bei den männlichen Stimmen einen signifikant positiven Zusammenhang zwischen *Gesamtambitus in Cent* und *Bruststimmambitus in Cent* gibt, $r = 0,47$, $p = 0,019$ gibt, während bei den weiblichen Stimmen kein signifikanter Zusammenhang besteht, $r = -0,07$, $p = 0,757$.

Der Mittelwert des Gesamtambitus in Cent der männlichen Stimmen beträgt 3.241,04 Cent mit einer Standardabweichung von 404,63 Cent. Bei den weiblichen Stimmen beträgt der Mittelwert des Gesamtambitus in Cent 2.933,44 Cent mit einer Standardabweichung von 315,22 Cent, wie in Abbildung 10 verdeutlicht.

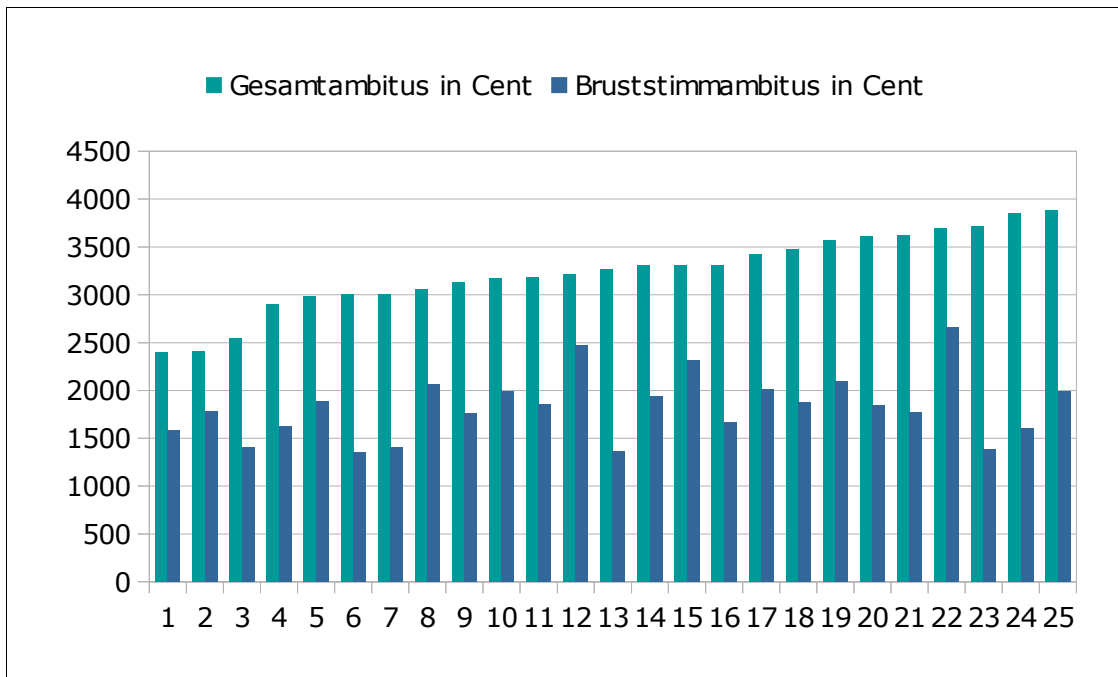


Abbildung 8: Männl. Stimmen: Gesamtambitus in Cent zu Bruststimmambitus in Cent

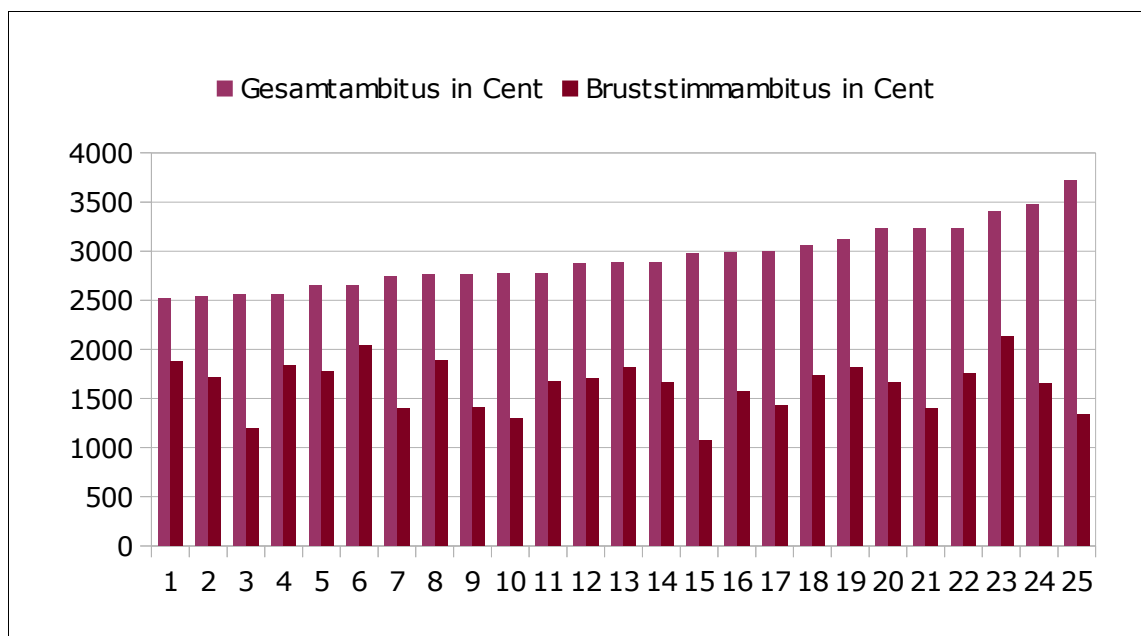


Abbildung 9: Weibl. Stimmen: Gesamtambitus in Cent zu Bruststimmambitus in Cent

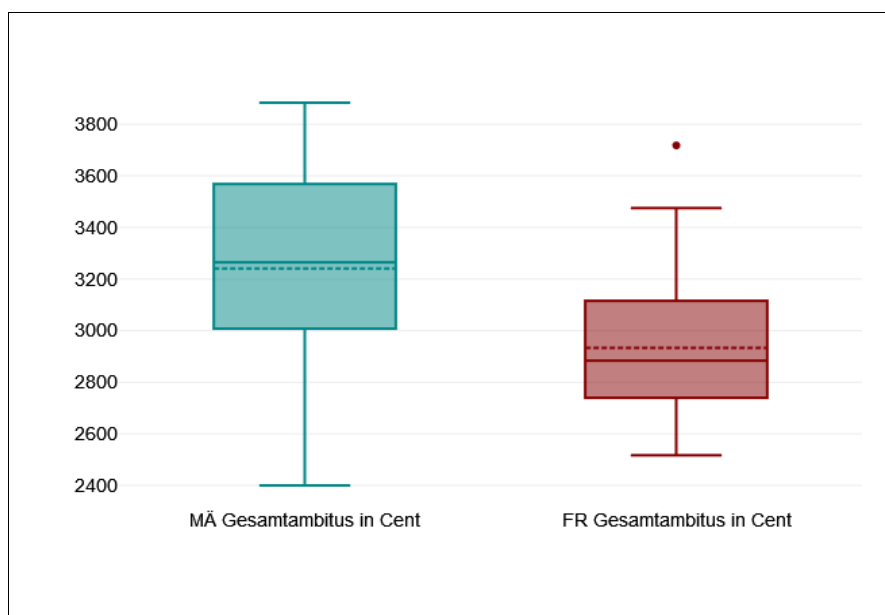


Abbildung 10: Boxplot zur Darstellung des Gesamtambitus in Cent der männl. und weibl. Stimmen

4.2.3 Ergebnisse der subjektiven Stimmeinteilung durch die Studienleitung

Nach dem Vortrag des Lieds „Alle meine Entchen“ wurden die Stimmen durch die Studienleitung subjektiv den bestehenden sechs Stimmgattungen zugeteilt. Da aufgrund der Kürze des Lieds, welches lediglich aus einer Sext-Tonleiter auf- und abwärts mit einer Wiederholung des Sekundschriffs bei den höchsten Tönen besteht, nur ein kurzer Eindruck von der Singstimme gewonnen werden konnte, war auch die Zuteilung nur sehr vage möglich und in den meisten Fällen nicht eindeutig, wie in Kapitel 4.1.3 erläutert. Es ergaben sich daher auch Zwischenkategorien, sodass manche Stimmen sowohl dem Alt, als auch dem Mezzo-Sopran oder sowohl dem Mezzo-Sopran als auch dem Sopran etc. zuzuordnen waren. Diese Zwischenkategorien wurden mit einem Querstrich (z. B. Alt/Mezzo) kenntlich gemacht. Die einzige Kategorie, der keine Stimme zugeordnet wurde, war der Bass, da sich unter den Teilnehmern keine klar als tief zu definierende Stimme befand. Auf frühere mögliche Einteilungen konnte nicht zurückgegriffen werden, da von den 50 Teilnehmer:innen nur 13 eine Angabe dazu machen konnten und zudem die Angaben oft unsicher waren oder schon viele Jahre zurücklagen (z. B. im Schulchor). In der subjektiven Zuordnung der Stimmen in Stimmgattungen durch die Studienleitung ergab sich folgende Aufteilung:

Stimm- gattung	Bass/ Bariton	Bariton	Bariton / Tenor	Tenor	Alt	Alt/ Mezzo	Mezzo	Mezzo/ Sopran	Sopran
Anzahl	3	14	5	3	4	2	13	3	3

Tabelle 8: Subjektive Zuordnung der Teilnehmer:innen in die Stimmgattungen durch die Studienleitung

Durch die Zwischenkategorien wurde allerdings auch die Anzahl der jeweiligen Zuteilungen geringer, da die Stimmen nun nicht auf sechs sondern schlussendlich auf neun Kategorien aufgeteilt wurden. Dies hatte einen Einfluss auf die statistischen Auswertungsverfahren. In manchen Kategorien lag die Zelhäufigkeit somit unter fünf, weshalb in diesen Fällen der Chi²-Test nur ungenaue Ergebnisse liefern konnte (siehe Erläuterungen Kapitel 4.1.4.4).

4.2.4 Ergebnisse zum subjektiven Empfinden der Teilnehmer:innen in Brust- und Kopfgregister

Die Teilnehmer:innen beschrieben zum Abschluss der Phonetographien ihr subjektives Empfinden des Brust- und Kopfgregisters anhand der in Tabelle 3 genannten Adjektive.

Wie sich in Tabelle 9 ablesen lässt, wählten 76% der Frauen für die Beschreibung der Bruststimme positive Attribute wie *entspannt*, *angenehm*, *kraftvoll* oder *sicher*, wohingegen 24% ihre Bruststimme mit eher negativen Adjektiven wie *angespannt*, *anstrengend* oder *schwach* bezeichneten. Für die Kopfstimme waren die Werte annähernd umgekehrt: 72% empfanden ihre Kopfstimme *anstrengend(er)*, *ungewohnt* oder *unsicher* und 28% empfanden sie als *entspannt*, *locker* und *leichter*.

Die Einschätzungen der Männer waren diesbezüglich noch deutlicher. Von ihnen benannten 88% ihre Bruststimme mit positiven Eigenschaften wie *angenehm*, *locker*, *entspannt* und lediglich 12% als *gespannt*, *instabil* oder *kratzig*. Die gleichen Werte, allerdings umgekehrt, trafen auf ihre Beschreibung der Kopfstimme zu. 88% empfanden sie *anstrengender*, *unangenehmer*, *ungewohnt* oder als *instabil* und nur 12% als *locker*, *entspannt* oder *leicht*.

Es zeigte sich also, dass von der Mehrheit der Teilnehmer:innen das Singen im Brustregister als angenehmer und natürlicher empfunden wurde als im Kopfgregister.

	Weibliche Stimmen		Männliche Stimmen	
Brustregister	19	entspannt, angenehm, kraftvoll, sicher	22	angenehm, locker entspannt
	6	angespannt, anstrengend, schwach	3	gespannt, instabil, kratzig
Kopfreister	18	anstrengend(er), ungewohnt, unsicher	22	anstrengender, unangenehmer, ungewohnt, instabil
	7	entspannt, locker, leichter	3	locker, entspannt, leicht

Tabelle 9: Ergebnisse zum subjektiven Empfinden der Teilnehmer:innen in Brust- und Kopfreister

4.2.5 Ergebnisse der Stimmklangbeurteilung

Für die Einschätzung der Klangqualität wurden die Parameter nach Kranich (2014) herangezogen, wonach die Gespanntheit (unterspannt, neutral, gespannt), Klangfülle (klangvoll, neutral, klangarm), Helligkeit (dunkel, neutral, hell) und das Knarren (ja, nein) der Stimmen bewertet wird. Die Ergebnisse der Stimmbeurteilung durch die Untersuchungsleiterin sind in Tabelle 10 dargestellt. Bei den getesteten weiblichen Stimmen wurden elf als hell, 13 als neutral und lediglich eine als dunkel eingestuft. Bei den männlichen Stimmen wurden vier als hell, vier als dunkel und 17 als neutral bewertet. Ebenso konnten weder bei den weiblichen (zwei) noch bei den männlichen (drei) viele Stimme als klangvoll bewertet werden. Bei den weiblichen waren vier Stimmen und bei den männlichen eine, die als klangarm kategorisiert wurden. Unter den weiblichen fanden sich zudem drei und unter den männlichen vier Stimmen, die als gespannt zu bewerten waren. In der Auswertung zeigten sich bei diesen Ergebnissen keine signifikanten Zusammenhänge zu bestehenden Vorerkrankungen, Medikamenteneinnahmen sowie zum Nikotin- oder Alkoholgenuss.

	Weibliche Stimmen	Männliche Stimmen
Gespanntheit	3 gespannt 1 unterspannt 21 neutral	4 gespannt 0 unterspannt 21 neutral
Klangfülle	4 klangarm 2 klangvoll 19 neutral	1 klangarm 3 klangvoll 21 neutral
Helligkeit	11 hell 1 dunkel 13 neutral	4 hell 4 dunkel 17 neutral
Knarren	4 knarrend 21 nicht knarrend	6 knarrend, 19 nicht knarrend

Tabelle 10: Beurteilung der Klangqualitäten nach Kranich (2014) der weibl. und männl. Stimmen

4.2.6 Ergebnisse der K-Means Clusteranalyse, der Ellenbogenmethode und weiterführender statistischer Auswertung

Die Daten wurden unterteilt in biologisch männliche und weibliche Teilnehmer:innen. Im Folgenden werden die Ergebnisse der K-Means Clusteranalyse dargestellt, für welche orientierend an den Ergebnissen der Studien von Lycke (2013) die Variablen *Gesamtambitus* und *Bruststimmambitus* zur Auswertung zugrunde gelegt wurden. Zunächst wurde die Berechnung mit der Clusteranzahl 3 gestartet. Dieser Vorgang der zufällig gesetzten Start-Centruits wurde vom Programm 10 mal wiederholt; das vom Programm als bestes bewertete Ergebnis daraus wurde verwendet, wie in Kapitel 4.1.4.1 beschrieben.

4.2.6.1 Ergebnisse der weiblichen Stimmen (Variante 1)

Bei der K-Means Clusteranalyse für die weiblichen Stimmen bestätigte sich mit den Variablen *Gesamtstimmambitus in Cent* zu *Bruststimmambitus in Cent* durch die Ellenbogenmethode die Clusteranzahl 3 als sinnvollste Clusterung, da ab hier der summierte quadrierte Abstand deutlich kleiner wurde (siehe Abbildung 11).

Die Ergebnisse der Cluster-Dreiteilung zeigen sich in Abbildung 12 wie folgt: Cluster 1 verfügt sowohl über einen kleinen Gesamtambitus von weniger als 3000 Cent als auch über einen kleinen Bruststimmambitus von weniger als 1500 Cent. Stimmen in Cluster 2 zeigen sowohl einen großen Gesamtambitus von mehr als 2900 Cent als auch einen großen Bruststimmambitus über 1300 Cent. Frauenstimmen in Cluster 3 verfügen lediglich über einen kleinen Gesamtambitus (<2900 Cent), jedoch über einen großen Bruststimmambitus (>1600 Cent).

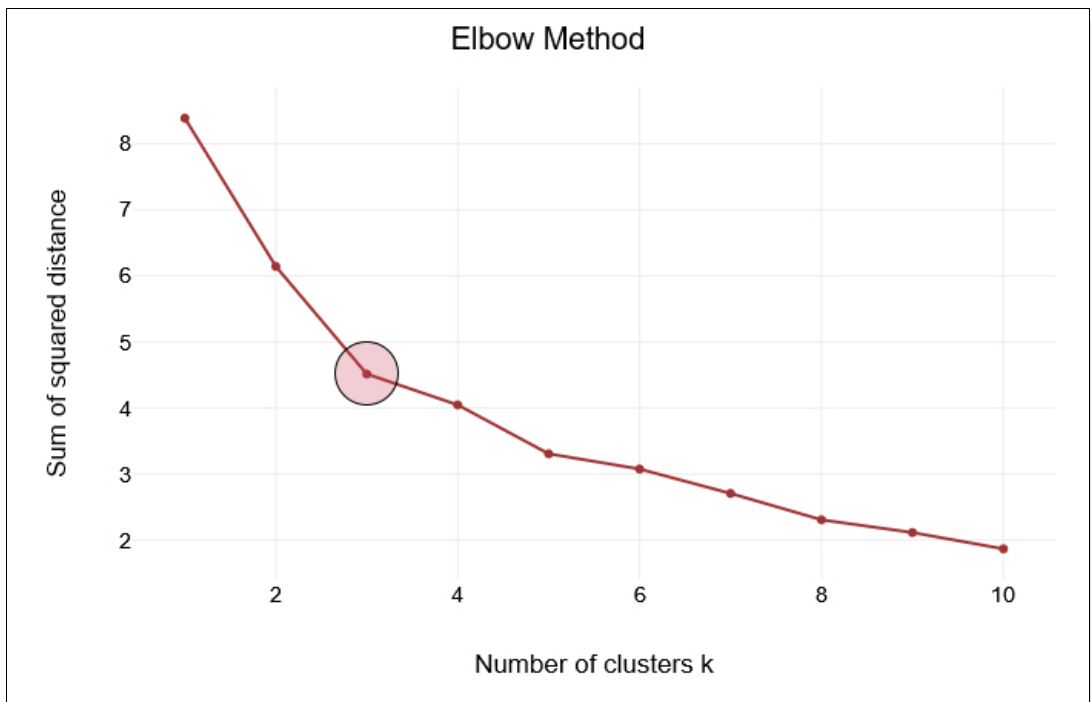


Abbildung 11: Weibl. TN: Ellenbogenmethode der K-Means Clusteranalyse (Variante 1)

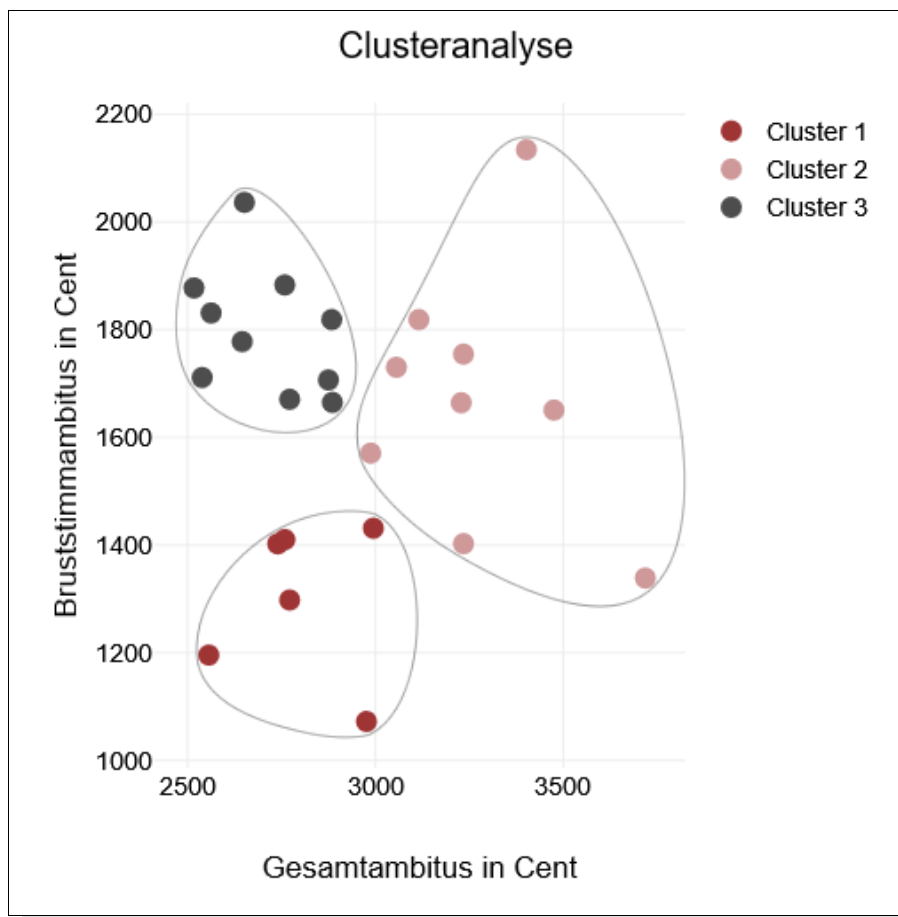


Abbildung 12: Weibl. TN: K-Means Clusteranalyse mit drei Clustern (Variante 1)

Im Folgenden wurden nun statistische Zusammenhänge zwischen den Ergebnissen der Clusterung und möglichen beeinflussenden Faktoren berechnet. So wurde ermittelt, ob es einen Unterschied in der Grundgesamtheit zwischen den Clustern 1 bis 3 in Bezug auf die individuell tiefste, höchste sowie die Passaggio-Frequenz gibt.

Eine einfaktorielle Varianzanalyse hat ergeben, dass es einen signifikanten Einfluss zwischen der kategorischen Variable *Cluster* und der Variable *tiefste Frequenz in Hz* gibt, $F^{12} = 8,06$, $p = 0,002$; ebenso zwischen der kategorischen Variable *Cluster* und der Variable *höchste Frequenz in Hz*, $F = 16,51$, $p = <0,001$.

Die einfaktorielle Varianzanalyse hat zudem ergeben, dass ein signifikanter Einfluss zwischen der kategorischen Variable *Cluster* und der Variable *Frequenz Passaggio (Rufstimme) in Hz* vorhanden ist, $F = 6,39$, $p = 0,006$.

Während sich also die Clusterung unabhängig von den Tonhöhen rein nach den Cent-Umfängen von Gesamtambitus und Bruststimmambitus richtet, lässt sich dennoch bei den weiblichen Stimmen ein linearer Zusammenhang zu den Frequenzen herstellen der statistisch als signifikant zu werten ist. So zeigen die Stimmen in Cluster 1 die im Durchschnitt höchsten tiefsten Frequenzen, während die Stimmen der beiden Cluster 2 und 3 zwar tiefer als Cluster 1 sind, sich untereinander aber nicht deutlich in der tiefsten Frequenz unterscheiden (Abbildung 14). Bezogen auf die höchste Frequenz zeigt die Clustergruppe 2 im Boxplot (Abbildung 15) im Durchschnitt die höchsten Frequenzen und Clustergruppe 3 die niedrigsten. Die Passaggio-Frequenz, wie sich im Boxplot (Abbildung 16) ablesen lässt, steigt von Cluster 1 bis 3 in der Tonhöhe an.

Wenn man die Aufteilung der Cluster anhand der Gesamttonumfänge als Darstellung mit einer Klaviatur betrachtet, lassen sich Parallelen zu den in der Literatur bekannten Darstellungen erkennen, die ebenfalls eine frequenzabhängige Unterteilung vornehmen (siehe Abbildung 2). So würde das Cluster 3 dem Alt entsprechen mit den im Durchschnitt tieferen Stimmen mit einem großen Umfang des Brustregisters; im Vergleich dazu Cluster 1 dem Sopran mit höheren Stimmen und zugleich den geringeren Bruststimmumfängen und Cluster 2 dem Mezzo-Sopran, der sowohl ausgebaute tiefe, als auch hohe Frequenzen in sich vereint mit einer höheren Variabilität in den Bruststimmumfängen.

¹²F = Streuung zwischen Stichprobenmittelwerten/ Streuung innerhalb der Stichproben

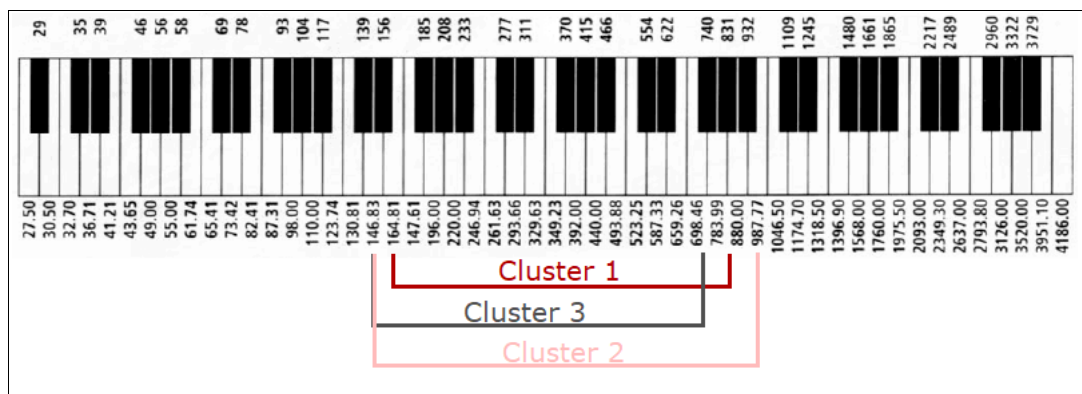


Abbildung 13: Klaviatur mit den markierten Mittelwerten der tiefsten und höchsten Frequenzen von Cluster 1, 2 und 3 (Variante 1) der weibl. Stimmen

Ein χ^2 -Test mit den Variablen *Cluster* und *Stimmerfahrung* hat ergeben, dass es keinen signifikanten Zusammenhang zwischen diesen beiden Variablen gibt, $p = 0,421$. Mindestens eine der erwarteten Zellhäufigkeiten war allerdings kleiner als 5. Daher sind die Anforderungen für den χ^2 -Test nicht erfüllt, weshalb weiterführend eine Monte-Carlo-Schätzung durchgeführt wurde mit einer Stichprobentabelle von 10.000 und einem Konfidenzintervall von 95%. Auch hier bestätigte das Ergebnis mit $p = 0,524$, dass der Zusammenhang zwischen Cluster und Stimmerfahrung nicht signifikant ist. Die Daten sprechen also nicht dafür, dass Stimmen, die bereits in Laien hören gewisse Erfahrungen sammeln konnten, einem bestimmten Cluster zuzuordnen wären. Bei den Stimmen der Clustergruppe 2, die den größten Tonumfang aufwiesen, handelte es sich demnach nicht nur um Stimmen mit basalem Stimmtraining, sondern auch komplett ungeschulte Stimmen.

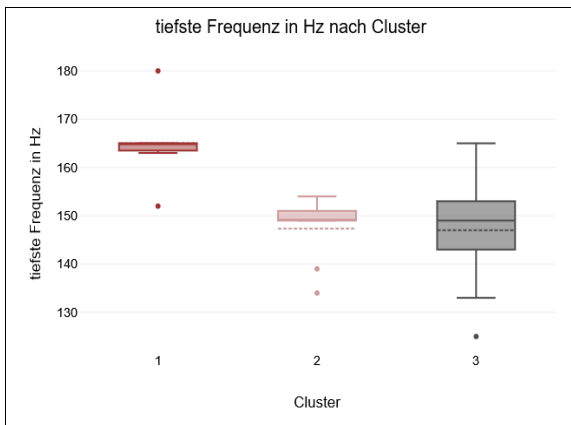


Abbildung 14: Weibl. TN: Tiefste Frequenz in Bezug auf die drei Cluster (Variante 1)

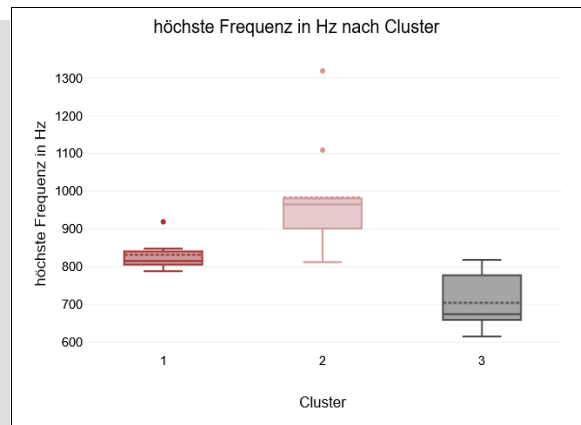


Abbildung 15: Weibl. TN: Höchste Frequenz in Bezug auf die drei Cluster (Variante 1)

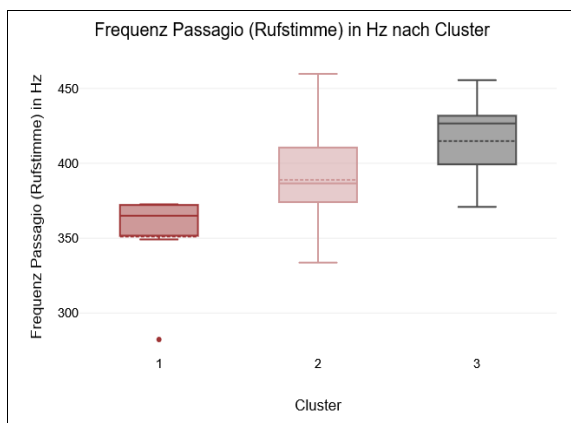


Abbildung 16: Weibl. TN: Frequenz des Passagio in Bezug auf die drei Cluster (Variante 1)

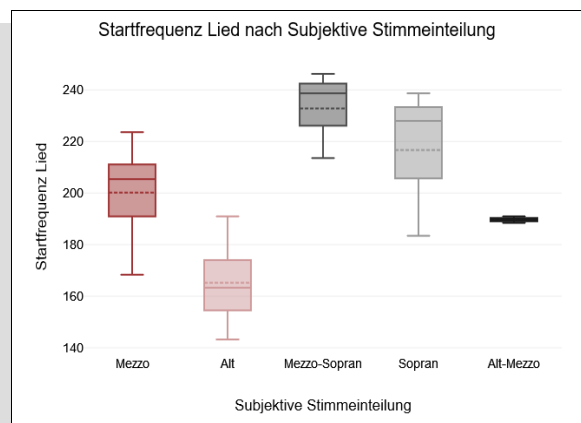


Abbildung 17: Weibl. TN: Startfrequenz des Lieds in Bezug auf die subjektive Stimmeilung durch die Studienleitung

In Tabelle 11 ist die Verteilung der *subjektiven Stimmeilung durch die Studienleitung* und die jeweilige *Clusterzuordnung* dargestellt. Ein Chi²-Test wurde zwischen diesen beiden Variablen durchgeführt. Mindestens eine von den erwarteten Zellohäufigkeiten waren allerdings kleiner als 5. Daher sind die Anforderungen für den Chi²-Test nicht erfüllt. Es gab keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen *Subjektiver Stimmeilung durch die Studienleitung* und *Cluster*, $\chi^2 = 5,77$, $p = 0,673$.

Da die erwartete Zellohäufigkeit bei mindestens einer Zelle unter 5 lag und somit die Anforderungen des Chi²-Tests nicht zutrafen, wurde weiterführend eine Monte-Carlo-Schätzung durchgeführt mit einer Stichprobentabelle von 10.000 und einem Konfi-

denzintervall von 95%. Auch hier bestätigte das Ergebnis mit $p = 0,679$, dass der Zusammenhang zwischen der *subjektiven Stimmeinteilung durch die Studienleitung* und den *Clustern* nicht signifikant ist.

Allerdings konnte eine einfaktorielle Varianzanalyse wiederum zeigen, dass es einen signifikanten Einfluss zwischen der kategorischen Variable *subjektive Stimmeinteilung durch die Studienleitung* und der Variable *Startfrequenz Lied* gibt $F = 6,66$, $p = 0,001$. Die Stimmen aus den Gruppen Mezzo-Sopran/Sopran und Sopran haben im Durchschnitt das Lied mit einem höheren Ton gestartet, während die Gruppe Alt im Durchschnitt eine deutlich tiefere Startfrequenz gewählt hat (siehe Abbildung 17).

Desweiteren wurde überprüft, ob es einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen dem *Gesamtambitus in Cent* und der *bisherigen Stimmerfahrung* der Teilnehmerinnen gibt. Die Ergebnisse der deskriptiven Statistik zeigen, dass die Gruppe *keine Stimmerfahrung* niedrigere Werte für die abhängige Variable *Gesamtambitus in Cent* ($M = 2.888,95$, $SD = 342,46$) hat als die Gruppe *mit Stimmerfahrung* ($M = 2.968,4$, $SD = 300,39$) (siehe Abbildung 18). Beim Levene-Test der Varianzgleichheit ergibt sich ein p-Wert von $p = 0,961$, der damit über dem Signifikanzniveau von 5% liegt. Der Levene-Test ist daher nicht signifikant und die Nullhypothese, dass alle Varianzen der Gruppen gleich sind, wird beibehalten. Damit besteht in den Stichproben Varianzgleichheit. Ein zweiseitiger t-Test für unabhängige Stichproben (gleiche Varianzen angenommen) zeigte, dass der Unterschied zwischen *keine* und *mit Stimmerfahrung* in Bezug auf die abhängige Variable *Gesamtambitus in Cent* statistisch nicht signifikant war, $t = -0,62$, $p = 0,543$, 95% Konfidenzintervall. Die Nullhypothese wird damit beibehalten. Es konnte somit kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der bisherigen Stimmerfahrung und dem Gesamtambitus in Cent nachgewiesen werden.

		Cluster			Total
		1	2	3	
Subjektive Stimmeinteilung durch Studienleitung	Alt	0	2	2	4
	Alt/Mezzo	0	1	1	2
	Mezzo	3	4	6	13
	Mezzo/Sopran	2	1	0	3
	Sopran	1	1	1	3
	Total	6	9	10	25

Tabelle 11: Kreuztabelle der weibl. TN anhand der Cluster (Variante 1) und der Subj. Stimmeinteilung durch die Studienleitung

Eine einfaktorielle Varianzanalyse hat desweiteren ergeben, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Kategorien der Variable *Cluster (Variante 1)* in Bezug auf die Variable *gemittelte mittlere Sprechstimmlage* gibt, $F = 0,38$, $p = 0,687$. Mit den vorliegenden Daten wird die Nullhypothese daher beibehalten (Abbildung 19).

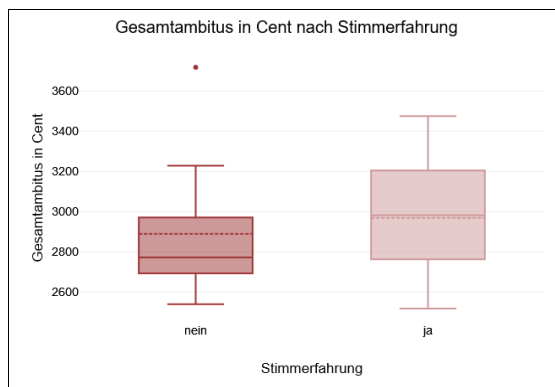


Abbildung 18: Weibl. Stimmen: Boxplot zur Darstellung des Gesamtambitus in Cent in Bezug auf die bisherige Stimmerfahrung

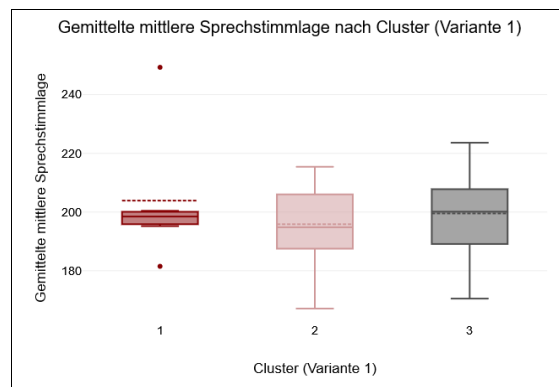


Abbildung 19: Weibl. Stimmen: Boxplot zur Darstellung der gemittelten mittleren Sprechstimmlage in Bezug auf die Cluster (Variante 1)

4.2.6.2 Ergebnisse der männlichen Stimmen (Variante 1)

Auch bei den männlichen Stimmen wurde eine K-Means Clusteranalyse zunächst mit den gleichen metrischen Variablen wie bei den weiblichen Stimmen, *Gesamtambitus in Cent* und *Bruststimmambitus in Cent*, sowie einer Clusteranzahl von 3 durchgeführt (Variante 1). In der Ellenbogenmethode (Abbildung 20) ließ sich allerdings erkennen, dass die Clusteranzahl von 2 als sinnvoller zu werten war, da ab hier der summierte quadrierte Abstand deutlich kleiner wurde. Daher wurde die Berechnung erneut mit

der Clusteranzahl 2 durchgeführt. Die Ergebnisse lassen sich in Abbildung 21 wie folgt ablesen:

Dem Cluster 1 sind Stimmen zugeordnet, die einen großen Gesamtambitus über 3000 Cent besitzen und deren Bruststimmambitus, bis auf eine Ausnahme, ebenfalls oberhalb 1800 Cent liegt. Im Cluster 2 finden sich Stimmen, die weder einen großen Gesamtambitus haben (<3400 Cent) noch einen großen Bruststimmambitus (<1900 Cent).

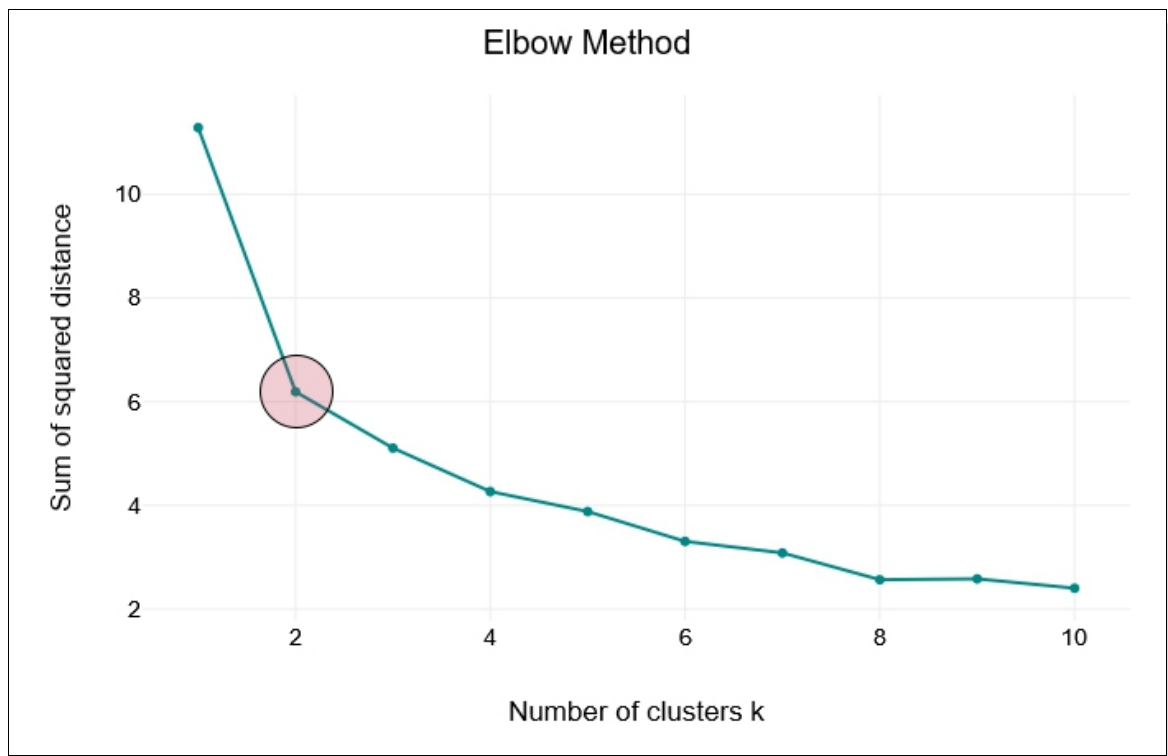


Abbildung 20: Männl. Stimmen: Ellenbogenmethode der K-Means Clusteranalyse (Variante 1) für Variablen Gesamtstimmambitus in Cent und Bruststimmambitus in Cent

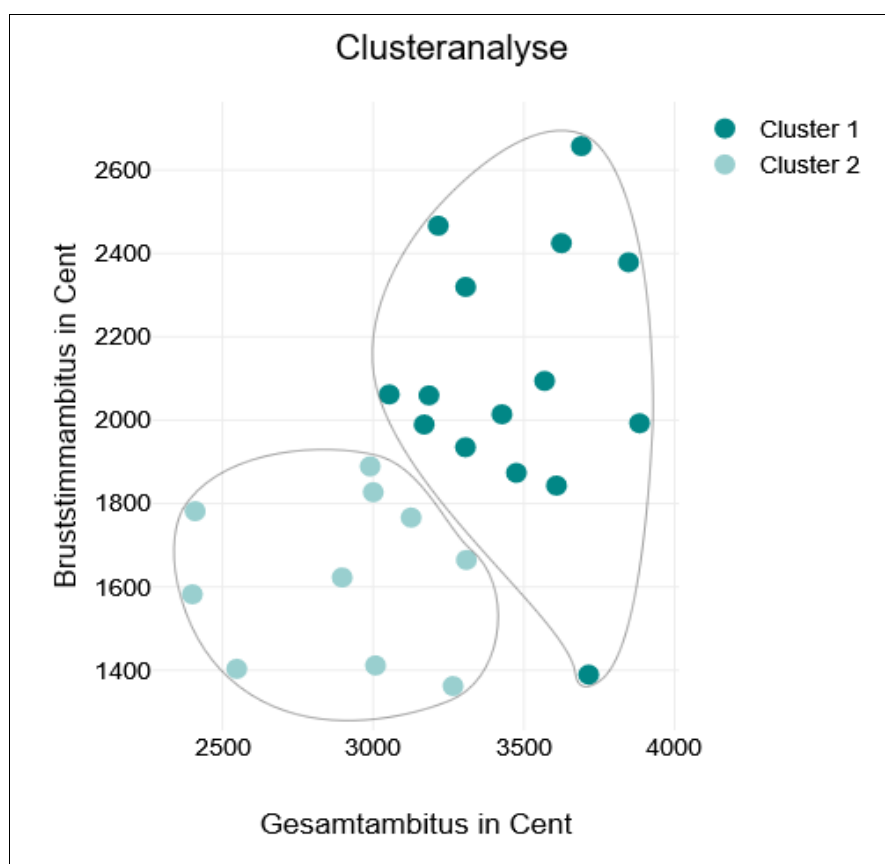


Abbildung 21: Männl. Stimmen: K-Means Clusteranalyse zwei Cluster anhand der Variablen Gesamtstimmambitus in Cent und Bruststimmambitus in Cent

Die Cluster 2-Gruppe hat höhere Werte für die Variable *tiefste Frequenz in Hz* ($M = 99,9$, $SD = 19,03$) als die Cluster 1-Gruppe ($M = 85,13$, $SD = 6,8$). Der Levene-Test für Varianzgleichheit hat ergeben, dass Varianzgleichheit angenommen werden kann. Ein zweiseitiger t-Test für unabhängige Stichproben (gleiche Varianzen angenommen) zeigt, dass dieser Unterschied statistisch signifikant ist, $t = 2,78$, $p = 0,011$, 95% Konfidenzintervall (Abbildung 23).

Die Cluster 2-Gruppe hat zudem niedrigere Werte für die Variable *höchste Frequenz in Hz* ($M = 535,9$, $SD = 110,45$) als die Cluster 1-Gruppe ($M = 639,27$, $SD = 107,52$). Der Levene-Test für Varianzgleichheit hat ergeben, dass Varianzgleichheit angenommen werden kann. Ein zweiseitiger t-Test für unabhängige Stichproben (gleiche Varianzen angenommen) zeigt, dass dieser Unterschied statistisch signifikant ist, $t = -2,33$, $p = 0,029$, 95% Konfidenzintervall (Abbildung 24).

Die Cluster 2-Gruppe hat desweiteren niedrigere Werte für die Variable *Frequenz Passaggio (Rufstimme) in Hz* ($M = 257,04$, $SD = 49,59$) als die Cluster 1-Gruppe ($M = 288,67$, $SD = 43,75$). Der Levene-Test für Varianzgleichheit hat ergeben, dass Varianz-

gleichheit angenommen werden kann. Ein zweiseitiger t-Test für unabhängige Stichproben (gleiche Varianzen angenommen) zeigt, dass dieser Unterschied statistisch nicht signifikant ist, $t = -1,68$, $p = 0,107$, 95% Konfidenzintervall (Abbildung 25).

Es kann also anhand der statistischen Berechnung gezeigt werden, dass sich die Stimmen von Cluster 1 und 2 nicht nur in ihrem Gesamtambitus und Bruststimmambitus voneinander abgrenzen lassen, sondern zudem die Stimmen des Cluster 2 auch im Schnitt die höheren tiefsten Frequenzen gleichzeitig aber die niedrigeren höchsten Frequenzen im Gesamtambitus aufweisen, was in Abbildung 22 noch einmal anhand der Klaviatur ersichtlich gemacht wurde. Die Clusterung zeigt also einen direkten Zusammenhang zur Tonhöhe, der, wie oben beschrieben, auch als statistisch signifikant zu werten ist. Jedoch entspricht diese Clusterung nicht den üblichen frequenzabhängigen Aufteilungen der Stimmgattungen, wie etwa in Abbildung 2 dargestellt. Eine Parallele zu den bisherigen Einteilungen anhand des Tonhöhenumfangs kann für die männlichen Stimmen anhand der vorliegenden Ergebnisse also nicht gezogen werden.

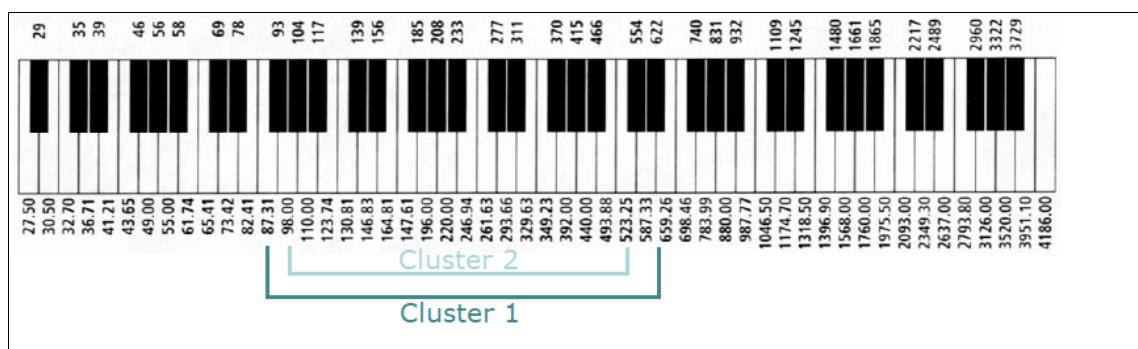


Abbildung 22: Klaviatur mit den markierten Mittelwerten der tiefsten und höchsten Frequenzen von Cluster 1 und 2 der männl. Stimmen

Es wurden Punkt-Biserial-Korrelationen durchgeführt, um die Beziehung zwischen *Startfrequenz Lied* und *Cluster*, zwischen *gemittelte mittlere Sprechstimmlage* und *Cluster* sowie zwischen *Frequenz Passaggio (Rufstimme) in Hz* und *Cluster* zu untersuchen.

Es besteht eine negative Korrelation zwischen *Startfrequenz Lied* und *Cluster*, die statistisch nicht signifikant ist ($r = -0,05$, $p = 0,795$).

Ebenso besteht eine positive Korrelation zwischen *gemittelte mittlere Sprechstimmlage* und *Cluster*, die statistisch nicht signifikant ist ($r = 0,08$, $n = 25$, $p = 0,712$) und zudem eine negative Korrelation zwischen *Frequenz Passaggio (Rufstimme) in Hz* und *Cluster*, die statistisch nicht signifikant ist ($r = -0,32$, $p = 0,114$).

Eine einfaktorielle Varianzanalyse hat ergeben, dass ein signifikanter Einfluss zwischen der kategorischen Variable *subjektive Stimmeinteilung durch die Studienleitung* und der Variable *Startfrequenz Lied* ($F = 3,51, p = 0,033$) besteht.

Es wurde eine Punkt-Biserial-Korrelation durchgeführt, um die Beziehung zwischen *tiefste Frequenz in Hz* und *Cluster* zu untersuchen, bei der eine positive Korrelation berechnet wurde, die statistisch signifikant war ($r = 0,49, p = 0,013$).

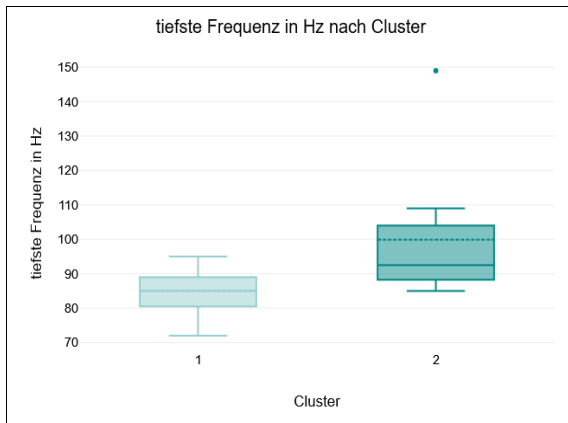


Abbildung 23: Männl. TN: Tiefste Frequenz in Bezug auf zwei Cluster (Variante 1)

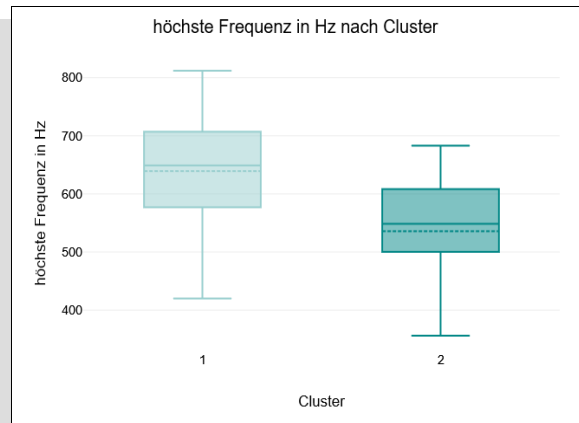


Abbildung 24: Männl. TN: Höchste Frequenz in Bezug auf zwei Cluster (Variante 1)

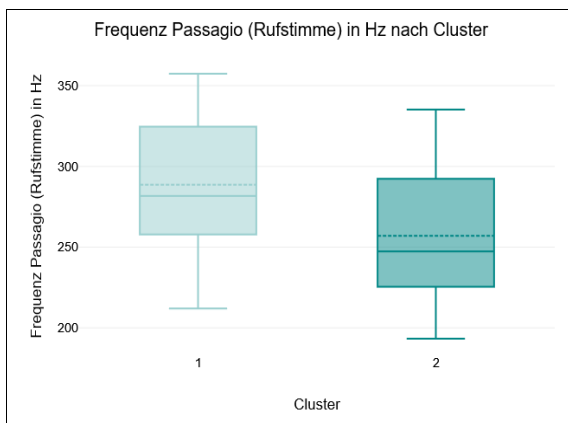


Abbildung 25: Männl. TN: Frequenz des Passagio in Bezug auf zwei Cluster (Variante 1)

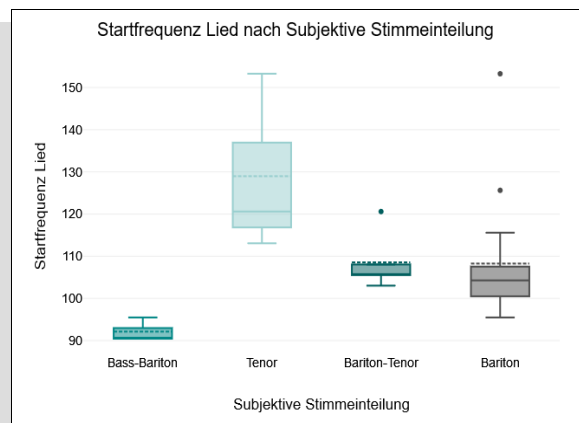


Abbildung 26: Männl. TN: Startfrequenz des Lieds in Bezug auf die subjektive Stimmeinteilung der Studienleitung

		Cluster		
		1	2	Total
Subj. Stimmeinteilung durch Studienleitung	Bass/Bariton	1	2	3
	Bariton	9	5	14
	Bariton/ Tenor	5	0	5
	Tenor	0	3	3
	Total	15	10	25

Tabelle 12: Kreuztabelle der männl. TN anhand der Cluster (Variante 1) und der Subj. Stimmeinteilung durch die Studienleitung

Ein χ^2 -Test wurde zwischen *subjektiver Stimmeinteilung durch die Studienleitung* und *Cluster* durchgeführt. Mindestens eine von den erwarteten Zelhäufigkeiten war kleiner als 5. Daher sind die Anforderungen für den χ^2 -Test nicht erfüllt. Es gab einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen *subjektive Stimmeinteilung durch Studienleitung* und *Cluster*, $\chi^2 = 8,83$, $p = 0,032$. Da allerdings dieses Ergebnis als ungenau gewertet werden muss, da die Anforderungen des χ^2 -Test nicht erfüllt waren, wurde weiterführend eine Monte-Carlo-Simulation durchgeführt. Bei einem Konfidenzintervall von 95% und einer Stichprobentabellenanzahl von 10.000 war $p = 0,021$ und ist damit als signifikant zu werten.

4.2.7 Weiterführende Clusterung der männlichen Stimmen in Anlehnung an Lycke (Variante 2)

Mit dem vorliegenden Datensatz wurde erneut eine K-Means Clusteranalyse (Variante 2) mit einer vorgegebenen Clusteranzahl 3 sowie 10 Iterationen durchgeführt, jedoch für die Variablen *Bruststimmumfang in Cent* zu *Passaggio-Frequenz (Rufstimme) in Hz*. Anhand der Ellenbogenmethode bestätigte sich hier die Clusteranzahl 3 als sinnvollste Aufgliederung, da ab dieser Clusteranzahl der summierte quadrierte Abstand wiederum deutlich kleiner wurde (siehe Abbildung 27).

In der neuen Clusterung lassen sich nun folgende Ergebnisse ableiten:

Die Cluster sind (mit einer Ausnahme) fast linear diagonal aufsteigend angeordnet. Clustergruppe 1 hat im Durchschnitt sowohl die größten Bruststimmumfänge, als auch die höchsten Passaggio-Frequenzen und Cluster 3 die kleinsten Bruststimmumfänge und tiefsten Passaggio-Frequenzen. Cluster 2 liegt in beiden Variablen im mittleren Bereich, hat jedoch eine Ausnahme, die zwar einen kleinen Bruststimmumfang aufweist, aber eine hohe Passaggio-Frequenz (siehe Abbildung 28). Es zeigen sich in dieser

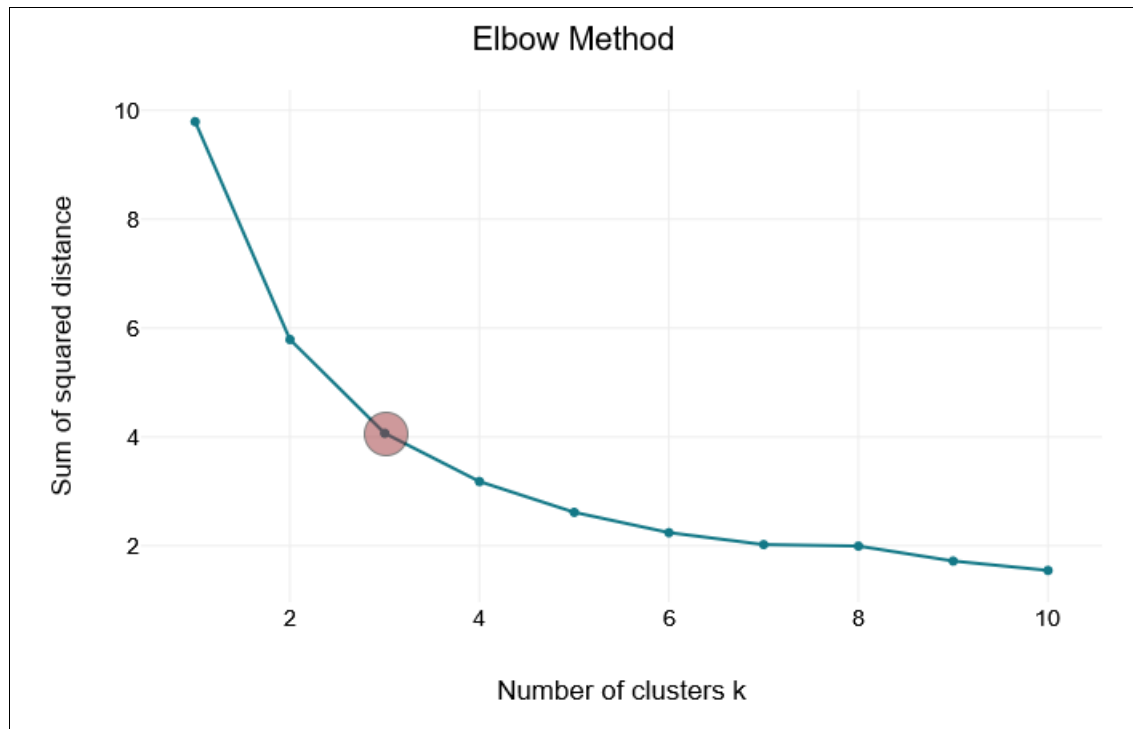


Abbildung 27: Männl. Stimmen: Ellenbogenmethode der K-Means Clusteranalyse (Variante 2) für Variablen Bruststimmambitus in Cent und Passaggio-Frequenz (Rufstimme) in Hz

Clustering Ähnlichkeiten wie in der Dreiteilung der weiblichen Stimmen (Variante 1), bei welchen die durchschnittlichen Passaggio-Frequenzen von Cluster 1 nach Cluster 3 in der Tonhöhe ansteigen (siehe Abbildung 16). Der lineare Anstieg in der Tonhöhe zwischen den drei Clustern weist Parallelen auf zu den Aufteilungen der in der Literatur zu findenden Angaben bezüglich der Registerwechsel. Allerdings fällt auf, dass sich die vorliegenden Werte (anhand der errechneten Mittelwerte je Cluster) nicht mit den Werten von beispielsweise R. Miller (2008), White (2018) oder D. Miller und Schutte (1994) (siehe Tabelle 1) in Kongruenz bringen lassen (siehe Abbildung 29).

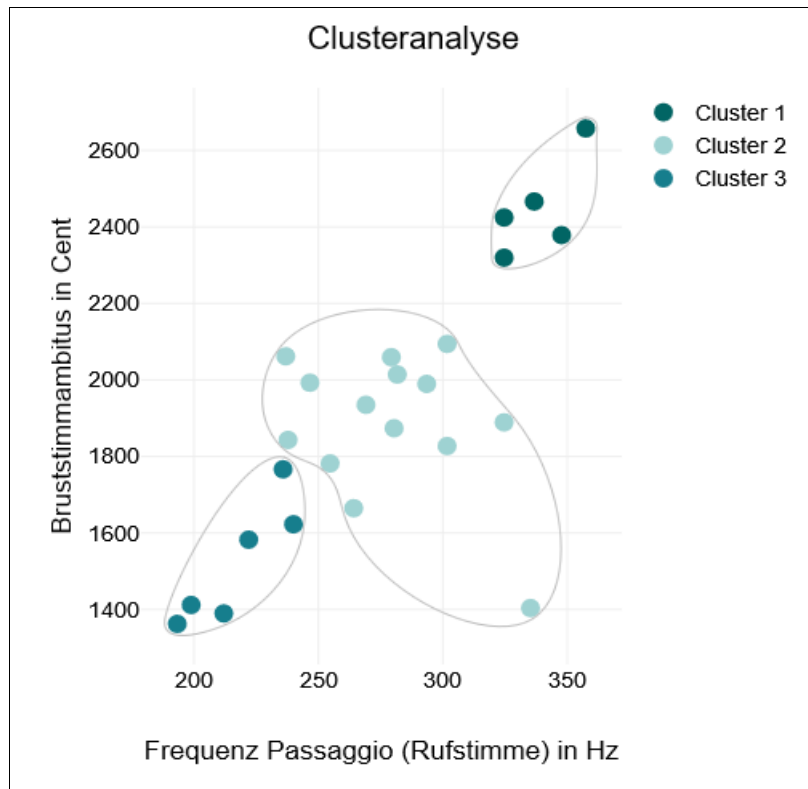


Abbildung 28: Männl. Stimmen: K-Means Clusteranalyse drei Cluster (Variante 2) anhand der Variablen Bruststimmambitus in Cent zur Passagio-Frequenz (Rufstimme) in Hz



Abbildung 29: Darstellung der männl. Passagio-Mittelwerte je Cluster anhand einer Klaviatur

Eine einfaktorielle Varianzanalyse hat ergeben, dass es einen signifikanten Unterschied zwischen den Kategorien der Variable *Cluster Variante 2* in Bezug auf die Variable *Startfrequenz Lied* gibt ($F = 4,41, p = 0,025$). Mit den vorliegenden Daten wird damit

die Nullhypothese abgelehnt. Wenn man jedoch die Boxplots (Abbildung 30) betrachtet, fällt auf, dass nicht die Clustergruppe 1, obwohl sie die durchschnittlich höchsten Passaggi aufweist, die höchsten Startfrequenzen des Lieds zeigt, sondern Clustergruppe 2.

Ein ähnliches Bild ergibt sich bezüglich der *gemittelten mittleren Sprechstimmlage* bezogen auf die *Clusterzuordnung der Variante 2*. Auch hier zeigen die Teilnehmer der Clustergruppe 2 die höchsten durchschnittlichen Werte (siehe Abbildung 31). Jedoch konnte zwischen den Kategorien der Variable *Cluster Variante 2* in Bezug auf die Variable *gemittelte mittlere Sprechstimmlage* anhand einer einfaktoriellen Varianzanalyse kein signifikanter Unterschied ($p = 0,136$) festgestellt werden. Mit den vorliegenden Daten wird damit die Nullhypothese beibehalten.

Ein Chi²-Test wurde zwischen *Cluster Variante 2* und *subjektive Stimmeinteilung durch die Studienleitung* durchgeführt. Mindestens eine von den erwarteten Zelhäufigkeiten war kleiner als 5 (siehe Tabelle 13). Daher sind die Anforderungen für den Chi²-Test nicht erfüllt. Es gab keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen *Cluster Variante 2* und *subjektive Stimmeinteilung durch die Studienleitung*, $p = 0,384$. Da die Anforderungen des Chi²-Tests nicht erfüllt wurden und das Ergebnis damit als ungenau zu werten ist, wurde weiterführend wiederum eine Monto-Carlo-Simulation durchgeführt, die basierend auf einem Konfidenzintervall von 95% und 10.000 Stichprobentabellen einen p-Wert von $p = 0,709$ und damit ebenfalls einen nicht signifikanten Zusammenhang ergab.

Auch bei den männlichen Stimmen wurde überprüft, ob ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem *Gesamtambitus in Cent* und der *bisherigen Stimmerfahrung* besteht. Die Ergebnisse der deskriptiven Statistik zeigen, dass die Gruppe *keine Stimmerfahrung* niedrigere Werte für die abhängige Variable *Gesamtambitus in Cent* ($M = 3.160,16$, $SD = 449,35$) hat als die Gruppe *mit Stimmerfahrung* ($M = 3.362,37$, $SD = 308,61$) (siehe Abbildung 32). Beim Levene-Test der Varianzgleichheit ergibt sich ein p-Wert von $p = 0,198$, der damit über dem Signifikanzniveau von 5% liegt. Der Levene-Test ist daher nicht signifikant und die Nullhypothese, dass alle Varianzen der Gruppen gleich sind, wird beibehalten. Damit besteht in den Stichproben Varianzgleichheit. Ein zweiseitiger t-Test für unabhängige Stichproben (gleiche Varianzen angenommen) zeigte, dass der Unterschied zwischen *keine* und *mit Stimmerfahrung* in Bezug auf die abhängige Variable *Gesamtambitus in Cent* statistisch nicht signifikant war, $t = -1,24$, $p = 0,228$, 95% Konfidenzintervall. Die Nullhypothese wird damit beibehalten.

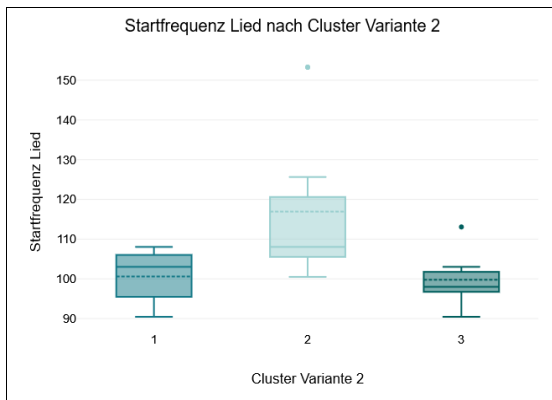


Abbildung 30: Männl. Stimmen: Boxplot zur Darstellung der Clusterzuordnung (Variante 2) in Bezug auf die Startfrequenzen des Lieds

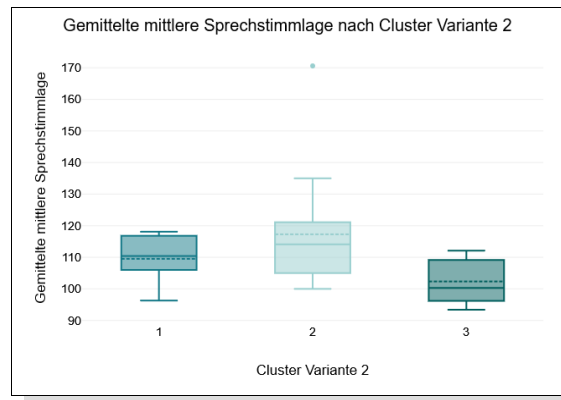


Abbildung 31: Männl. Stimmen: Boxplot zur Darstellung der Clusterzuordnung (Variante 2) in Bezug auf die gemittelten mittleren Sprechstimmlagen

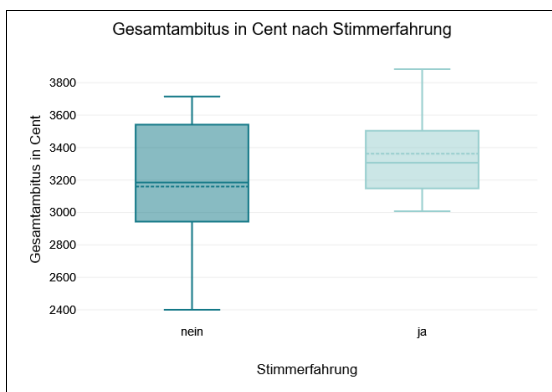


Abbildung 32: Männl. Stimmen: Boxplot zur Darstellung des Gesamtambitus in Cent in Bezug auf die bisherige Stimmerfahrung

		Subjektive Stimmeinteilung				
		Bass/ Bariton	Bariton	Bariton/ Tenor	Tenor	Total
Cluster Variante 2	1	1	3	1	0	5
	2	0	7	4	2	13
	3	2	4	0	1	7
	Total	3	14	5	3	25

Tabelle 13: Kreuztabelle der männl. TN mit der Zuordnung zu den Clustergruppen (Variante 2) und der subjektiven Stimmeinteilung durch die Studienleitung

4.2.8 Vergleich der Ergebnisse von weiblichen und männlichen Stimmen

Bezogen auf den *Gesamtambitus in Cent* hatten die weiblichen Stimmen niedrigere Werte ($M = 2.933,44$, $SD = 315,22$) als die männlichen Stimmen ($M = 3.241,04$, $SD = 404,63$). Ein t-Test für abhängige Stichproben zeigte, dass dieser Unterschied statistisch signifikant war, $t = -3,02$, $p = 0,006$, 95% Konfidenzintervall. Es ergibt sich ein p-Wert von $p = 0,006$, der damit unter dem festgelegten Signifikanzniveau von 0,05 liegt. Das t-Test-Ergebnis ist signifikant und die Nullhypothese wird abgelehnt. Daher wird davon ausgegangen, dass beide Stichproben aus unterschiedlichen Grundgesamtheiten stammen. Die weiblichen Teilnehmerinnen dieser Studie hatten also im Durchschnitt signifikant geringere Gesamtstimmumfange als die männlichen Teilnehmer.

Gleiches trifft auf die Ergebnisse des *Bruststimmambitus in Cent* zu. Auch hier zeigten die weiblichen Stimmen niedrigere Werte ($M = 1.634,1$, $SD = 258,96$) als die männliche Gruppe ($M = 1.912,61$, $SD = 353,58$). Ein t-Test für abhängige Stichproben zeigte, dass dieser Unterschied statistisch signifikant war, $t = -3,57$, $p = 0,002$, 95% Konfidenzintervall. Es ergibt sich ein p-Wert von $p = 0,002$, der damit unter dem festgelegten Signifikanzniveau von 0,05 liegt. Das t-Test-Ergebnis ist daher signifikant und die Nullhypothese wird abgelehnt. Es kann davon ausgegangen werden, dass beide Stichproben aus unterschiedlichen Grundgesamtheiten stammen, sprich, dass die weiblichen Teilnehmerinnen signifikant kleinere Bruststimmumfange aufwiesen als die männlichen Teilnehmer.

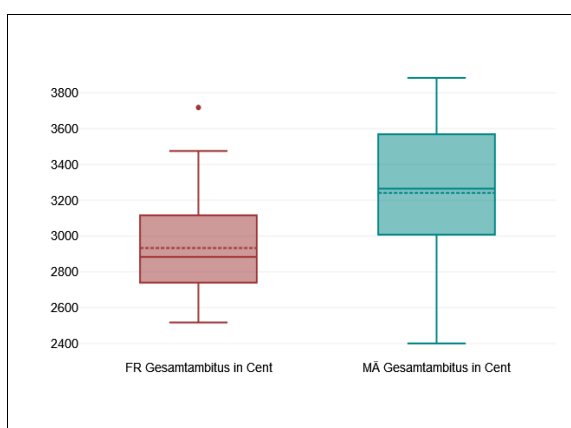


Abbildung 33: Boxplot zur Darstellung der Verteilung des Gesamtambitus in Cent der weibl. und männl. Stimmen

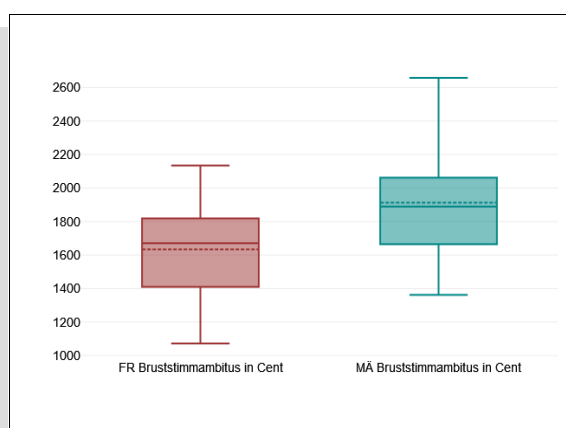


Abbildung 34: Boxplot zur Darstellung der Verteilung des Bruststimmambitus in Cent der weibl. und männl. Stimmen

Um weitere Vergleichsmöglichkeiten zu schaffen, wurde der Vollständigkeit halber auch bei den weiblichen Stimmen die K-Means Clusteranalyse mit den Variablen der Variante 2 (*Bruststimmambitus in Cent* und *Passaggio-Frequenz in Hz*) durchgeführt. Wie bereits bei den männlichen Stimmen zeigte sich die Dreiteilung in der Ellenbogenmethode als sinnvollste Clusterung. Ebenso weisen die Ergebnisse Übereinstimmungen mit den Ergebnissen der männlichen Stimmen auf, da sich auch hier die linear aufsteigende Anordnung der Cluster erkennen lässt (siehe Abbildung 35). Cluster 1 verfügt also gleichfalls sowohl über einen großen Bruststimmambitus in Cent als auch über eine hohe Passaggio-Frequenz, während Cluster 3 sowohl einen kleinen Bruststimmambitus in Cent als auch eine tiefe Passaggio-Frequenz aufweist. Cluster 2 befindet sich mit beiden Variablen im mittleren Bereich. Zieht man den Vergleich zu R. Millers (2000) Beschreibung der Registerwechsel bei Frauenstimmen (siehe Tabelle 2), so wäre Cluster 1 rein vom Umfang der Bruststimme und Anordnung des Passaggios somit den Altistinnen, Cluster 2 den Mezzo-Sopranistinnen und Cluster 3 den Sopranistinnen zuzuordnen. Berechnet man die Mittelwerte der Registerwechsel je Cluster, erhält man für Cluster 1 einen Median von 436,3 Hz $\approx a^1$ (R. Miller g^1), Cluster 2 einen Median von 387,8 Hz $\approx g^1$ (R. Miller f^1) und Cluster 3 einen Median von 346,9 Hz $\approx f^1$ (R. Miller es^1). Alle drei Mittelwerte liegen also jeweils einen Ganzton oberhalb der von R. Miller benannten Registerwechsel.

Es lassen sich allerdings nicht nur Übereinstimmungen zu den Ergebnissen der K-Means Clusteranalyse (Variante 2) der männlichen Stimmen feststellen, sondern auch zwischen den Ergebnissen der *Clusteranalyse (Variante 1)* und der *Clusteranalyse (Variante 2)* der weiblichen Stimmen. So zeigte ein Chi²-Test einen p-Wert von $p = 0,001$

für diese beiden Variablen. Da aber auch hier die Zellhäufigkeit mindestens einer Zelle unter 5 lag und das Ergebnis damit als ungenau zu werten war, wurde wiederum anhand einer anschließenden Monte-Carlo-Simulation bei einem Konfidenzintervall von 95% und einer Stichprobenzahl von 10.000 das Ergebnis bestätigt. Hier lag der p-Wert bei $p = 0,000$, wodurch ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Clustervarianten 1 und 2 der weiblichen Stimmen nachgewiesen werden konnte.

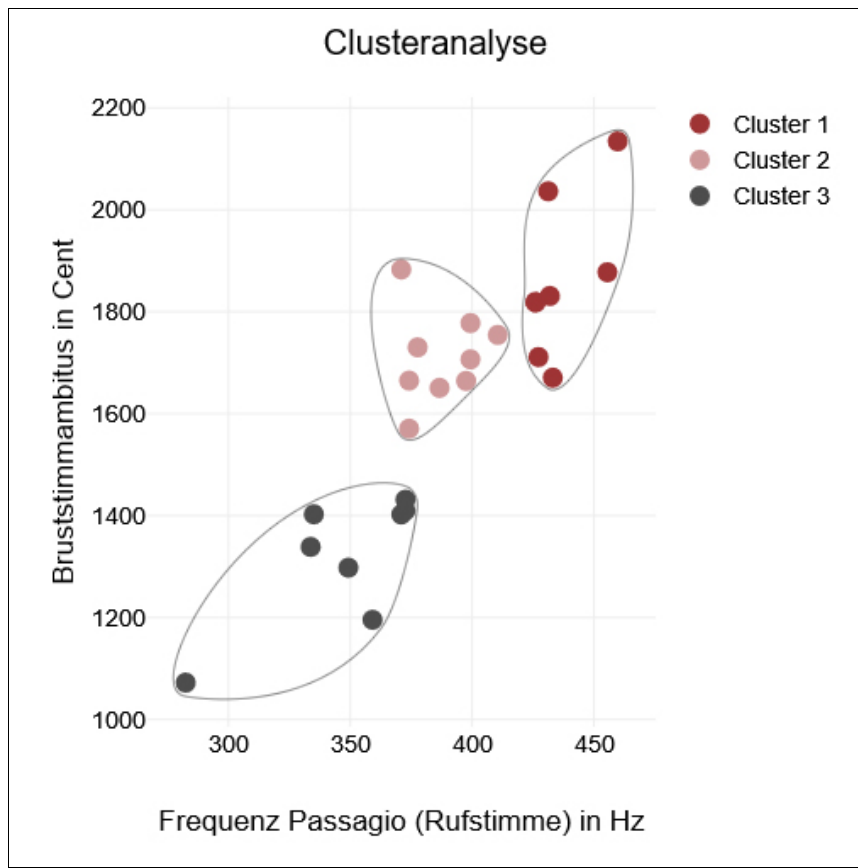


Abbildung 35: Weibl. Stimmen: K-Means Clusteranalyse (Variante 2) drei Cluster anhand der Variablen Bruststimmambitus in Cent und Passaggio-Frequenz (Rufstimme) in Hz

Dieses bedeutet: Ordnet man die Clustergruppen jeweils den Stimmgattungen zu, ergibt sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Zuordnung aus Clustervariante 1 zu Clustervariante 2. Die Teilnehmerinnen, die in Variante 1 dem Sopran entsprachen, waren also in den meisten Fällen auch in Variante 2 dem Sopran zuzuordnen. Gleiches gilt für Mezzo-Sopran und Alt (siehe Tabelle 14). Über beide Varianten lassen sich die Teilnehmerinnen also im Durchschnitt in die gleiche Stimmgattung einteilen.

	Variante 2			
Variante 1	Alt	Mezzo	Sopran	Gesamt
Alt	6	4	0	10
Mezzo	2	5	2	9
Sopran	0	0	6	6
Gesamt	8	9	8	25

Tabelle 14: Kreuztabelle weibl. Stimmen zugeordnet zu Stimmgattungen anhand Clustervarianten 1 und 2

4.2.9 Berechnung weiterer Korrelationen

Bei beiden Geschlechtern wurde eine Pearson-Korrelation durchgeführt, um zu überprüfen, ob es eine Beziehung zwischen *gemittelter mittlerer Sprechstimmlage* und der *Startfrequenz des Lieds* gibt. Die Ergebnisse der Pearson-Korrelation zeigten bei den männlichen Stimmen, dass es einen signifikanten positiven Zusammenhang zwischen *gemittelter mittlerer Sprechstimmlage* und der *Startfrequenz des Lieds* gab, $r = 0,62$, $p = 0,001$. Die Ergebnisse bei den weiblichen Stimmen zeigten keinen signifikanten positiven Zusammenhang, $r = 0,35$, $p = 0,089$.

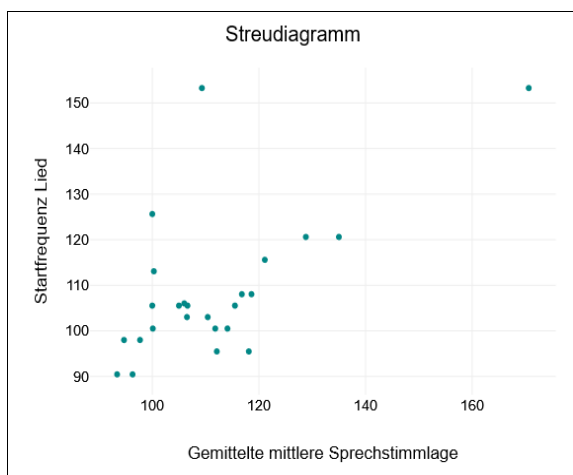


Abbildung 36: Darstellung der signifikant positiven Korrelation zwischen der subjektiv gewählten Startfrequenz des Lieds zur gemittelten mittleren Sprechstimmlage der männl. Stimmen

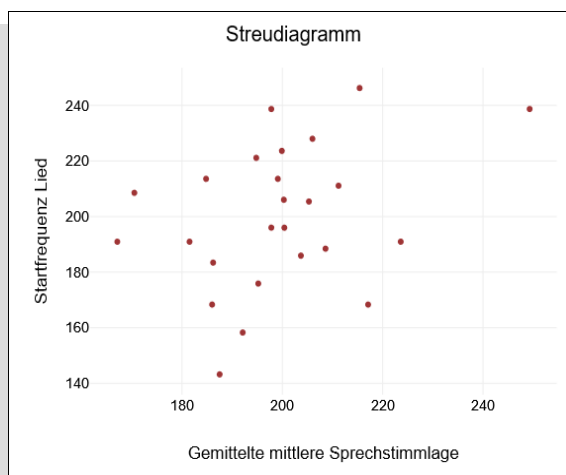


Abbildung 37: Darstellung der nicht signifikant positiven Korrelation zwischen der subjektiv gewählten Startfrequenz des Lieds zur gemittelten mittleren Sprechstimmlage der weibl. Stimmen

Desweiteren wurde eine Pearson-Korrelation durchgeführt zum Test einer Beziehung zwischen *Gesamtambitus in Cent* und der *Startfrequenz des Lieds*. Hier zeigten die Ergebnisse, dass bei beiden Geschlechtern kein signifikanter Zusammenhang besteht, Männer: $r = 0,04$, $p = 0,845$; Frauen: $r = 0,07$, $p = 0,735$.

4.2.10 Hypothesenprüfung

Im Hinblick auf die angestellten Hypothesen lassen sich nun folgende Aussagen treffen:

In **Hypothese 1** wurde angenommen, dass sich auch bei Laienstimmen im Phonetogramm anhand des Umfangs der Bruststimme in Abhängigkeit zum Gesamtstimmumfang Einteilungen clustern lassen, die den bisher gängigen Stimmgattungen (Bass, Bariton, Tenor, Alt, Mezzo-Sopran, Sopran) entsprechen. Diese Hypothese konnte anhand der Ergebnisse nur zum Teil verifiziert werden. Bei den weiblichen Stimmen ließ sich anhand der K-Means Clusteranalyse und mithilfe der Ellenbogenmethode eine Dreiteilung der Stimmen anhand des Gesamtambitus in Cent und des Bruststimmambitus in Cent nachweisen. Die Ergebnisse zeigen zudem auch Parallelen zu den in der Literatur benannten Aufteilungen in Alt, Mezzo-Sopran und Sopran.

Bei den männlichen Stimmen hingegen zeigte bei den genannten Variablen die Ellenbogenmethode eine Clusterung in lediglich zwei Gruppen die sinnvollste Aufteilung. Zudem entsprach diese Clusterung auch nicht den üblichen frequenzgebundenen Einteilungen, die sich in der Literatur zum Thema Stimmumfang der Stimmgattungen finden lassen.

Eine Dreiteilung konnte bei den männlichen Stimmen hingegen anhand veränderter Variablen nachgewiesen werden, die den Bruststimmambitus in Cent in Bezug zum Passaggio einschlossen (K-Means Clusteranalyse Variante 2). Die Cluster dieser Variante weisen Parallelen zu den in der Literatur vorhandenen Aufgliederungen der Stimmgattungen anhand der Registerwechsel auf. Jedoch lassen sich diese Werte nicht vollumfänglich in Kongruenz mit den Werten aus der Literatur bringen, weder für das erste noch für das zweite Passaggio.

Auch bei den weiblichen Stimmen ließ sich mithilfe der K-Means Clusteranalyse Variante 2 die Dreiteilung erneut bestätigen. In diesem Fall waren die Übereinstimmungen mit den Registerwechseln aus den Literaturangaben deutlicher als bei den männlichen Stimmen. Zudem konnte der Zusammenhang zwischen Clustervariante 1 und 2 als statistisch signifikant belegt werden.

In **Hypothese 2** war die Annahme, dass die Proband:innen intuitiv initiale Singtonhöhen wählen, die ihren natürlichen Stimmgattungen entsprechen. Diese Hypothese kann insofern verifiziert werden, dass bei beiden Geschlechtern eine einfaktorielle Varianzanalyse einen signifikanten Einfluss zwischen der kategorischen Variable *subjektive Stimmeinteilung durch die Studienleitung* und der Variable *Startfrequenz Lied er-*

wiesen hat und die höheren Stimmgattungen im Durchschnitt auch mit höheren, ebenso wie die tieferen Stimmen mit tieferen Startfrequenzen begonnen haben. Eine zusätzliche Korrelation zwischen der *Startfrequenz des Lieds* zu den *gemittelten mittleren Sprechstimmlagen* konnte allerdings nur bei den männlichen Stimmen als signifikant nachgewiesen werden.

5 Diskussion

Im Folgenden sollen nun die dargelegten Ergebnisse hinterfragt und in den bisherigen wissenschaftlichen Kontext eingeordnet, wie auch die Studiendurchführung kritisch betrachtet werden.

5.1 Diskussion zur Einordnung der Ergebnisse

Zunächst gilt es, die relevanten Teilaspekte der ausgewerteten Ergebnisse aus verschiedenen Blickwinkeln zu analysieren und dafür die bestehende Literatur zur Einordnung heranzuziehen.

5.1.1 Diskussion der Ergebnisse der K-Means Clusteranalyse

Die Ergebnisse der K-Means Clusteranalyse Variante 2 bei den männlichen Stimmen ähneln in ihrem Erscheinungsbild denen von Lyckes (2013, S. 63) Studien und zeigen ebenso Parallelen zu den von D. Miller und Schutte (1994), R. Miller (2008) und White (2018) genannten Passaggio-abhängigen Stimmkategorisierungen (siehe Tabelle 1). Ermittelt man die Mittelwerte der Passaggio-Frequenz je Cluster und betrachtet diese anhand der Klaviatur, fällt allerdings auf, dass sich die Werte der genannten Autoren nicht identisch mit den vorliegenden Ergebnissen decken. Vor allem geht aus den Ergebnissen nicht eindeutig hervor, ob sie Passaggio eins oder zwei zuzuordnen sind. Rein anhand der Studiendurchführung sollte bei den vorliegenden Daten das erste Passaggio gemessen werden, da die Rufstimme als Markierung der obersten Bruststimmkante verwendet wurde. In diesem Fall entspräche Cluster 3 der Stimmgattung Bass-Bariton und Cluster 2 dem lyrischen Tenor (vgl. R. Miller, 2008), was wiederum die Clustergruppe 1 einen Ganzton höher als den leichten Tenor einstufen würde. Oder, bezieht man sich auf das zweite Passaggio, entspräche Cluster 2 dem Bass-Bariton und 1 in etwa einer Tenorgattung¹³, was Clustergruppe 3 mit seinem Mittelwert von a

¹³R. Miller (2008) macht keine Angaben zum zweiten Passaggio der Tenorstimmen. Die Einschätzung basiert daher auf einer logischen Erweiterung der Tabelle.

eine kleine Terz tiefer als den tiefen Bass setzen würde. Beide Vergleiche lassen also immer eine Clustergruppe außen vor.

Rein auf diese Ergebnisse bezogen, lässt sich also zusammenfassen, dass sich bei den männlichen Stimmen im linearen Aufstieg der Passaggio-Frequenz zwar Parallelen zu den bisherigen Kategorisierungen anhand des Passaggios ziehen lassen und somit auch Lyckes Aussage zur Dreiteilung der männlichen Stimmen unterstützt wird, dass diese aber bei den Laienstimmen nicht kongruent mit den Werten aus der Literatur sind.

R. Miller (2008) beschreibt die Sprechstimmlage als aussagekräftig für die männlichen Stimmen, nicht jedoch für die weiblichen Stimmen zur Kategorisierung in Stimmgattungen. Die vorliegenden Ergebnisse können diese Theorie bezüglich der männlichen Stimmen nicht unterstützen, da kein signifikanter Zusammenhang zwischen den Clustergruppen und der gemittelten mittleren Sprechstimmlage nachgewiesen werden konnte. Bei den weiblichen Stimmen ließ sich, wie von R. Miller angegeben, ebenso kein signifikanter Zusammenhang herstellen.

Desweiteren stellt sich in der Betrachtung der Ergebnisse die Frage nach dem Praxisbezug. Besonders in der *Clusterung (Variante 1)* geht es vorrangig um Tonumfänge, die nicht an konkrete Tonhöhen gebunden sind. Zwar konnte anhand der einfaktoriellen Varianzanalyse bei beiden Geschlechtern ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Clustern und den Tonhöhen hergestellt werden, es gab aber auch Stimmen, die, bezogen auf entweder die tiefste oder die höchste Frequenz, dem Mittelwert der jeweils anderen Clustergruppe(n) entsprachen. Es zeigen sich also auch hier die Ausnahmen von der Regel, weshalb die Einteilung keine Allgemeingültigkeit aufweist.

Allerdings gibt der signifikante Zusammenhang zwischen den beiden Clustervarianten der weiblichen Stimmen interessante Anhaltspunkte für eine Indikation zur Stimmeinteilung. Die Ergebnisse lassen annehmen, dass gerade die Kombination aus den genannten Variablen eine Zuordnung zu den Stimmgattungen unterstützt.

5.1.1.1 Vergleich der Ergebnisse mit den Aussagen zu natürlichen Stimmeigenschaften in der Literatur

In diesem Zusammenhang ist zunächst allgemein zu hinterfragen, ob die Werte, die sich in der Literatur zum ersten und zweiten Passaggio finden lassen, grundlegend auf untrainierte Stimmen übertragen lassen. R. Miller scheint sich in seiner Passaggio-Aufteilung bei den männlichen Stimmen auf trainierte Sänger zu konzentrieren, die eine geschulte Herangehensweise an das Mittelregister haben. Er beschreibt die Übergänge

im ersten und zweiten Passaggio als herausfordernde stimmliche Bereiche, welche über graduelle Anpassungen der laryngealen und vokalen Einstellungen stattfinden (2008, S. 60 ff.), die von stimmlichen Laien nicht erwartet werden können. Daher gilt möglicherweise für Laienstimmen eher Siebers (1878) Annahme, dass natürliche Stimmen lediglich über einen Registerwechsel verfügen. Die vorliegenden Daten der Studie zu männlichen Stimmen unterstützen Siebers Annahme. Zum einen war bei den männlichen Stimmen innerhalb der Phonetographien durchwegs eindeutig lediglich *ein* Passaggio hör- und durch den Lautstärkeabfall auch sichtbar, zum anderen lassen sich die Registerwechsel anhand der Tonhöhen nicht in Kongruenz mit den Werten des ersten und zweiten Passagios bringen, die in der Literatur zu finden sind, wie in Kapitel 5.1.1 bereits beschrieben wurde.

Interessant zu beobachten sind die durchschnittlichen Tiefen aller drei Clustergruppen der Frauen. Habermann (2001) setzt in seiner Darstellung nach Ruth (Abbildung 2) selbst für den Alt lediglich eine durchschnittliche Tiefe von einem fis fest, welches Clustergruppe 1 um eine große Sekunde und Clustergruppe 2 und 3 sogar um eine große Terz unterschreiten. Da sich Habermann mit seinen Angaben allerdings auf die musikalischen Stimmumfänge bezieht und in der vorliegenden Arbeit die physiologische Stimmumfänge gemessen wurde, können die Ergebnisse nur bedingt gleichgesetzt werden. Selbiges trifft allerdings auch auf die Angaben von Wendler, Seidner und Eysholdt (2015) (Abbildung 1) zu. Auch diese Autoren beziehen sich auf die musikalischen Stimmumfänge, jedoch decken sich hier die Mittelwerte der Clustergruppe 3 annähernd identisch mit denen der Altzuordnung. Die Clustergruppe 2 stimmt zumindest in der Angabe der höchsten Frequenzen mit denen der Mezzo-Sopranistinnen überein, wobei die tiefen deutlich abweichen (der vorliegende Mittelwert unterschreitet die Angaben von Wendler et al. um sieben Halbtöne). Lediglich zwischen Clustergruppe 1 und den Angaben zu den Sopranistinnen lassen sich bezüglich der Tonhöhen keine Übereinstimmungen feststellen, da die gemessenen Mittelwerte von Cluster 1 sowohl in Bezug auf die tiefsten (um acht Halbtöne), als auch auf die höchsten Frequenzen (um sieben Halbtöne) die Werte der dargestellten Sopranstimmen unterschreiten.

Cotton (2007, S. 12) wie auch R. Miller (1997, S. 3) statuieren, dass Sopranstimmen die häufigsten weiblichen Stimmen wären. Im professionellen Kontext mag diese Annahme zutreffen, bezieht man aber die vorliegenden Ergebnisse mit ein, scheint die Aussage nicht auf natürliche, ungeschulte Stimmen übertragbar zu sein. In Variante 1 entsprechen die dem Sopran zuzuordnenden Clusterpunkte lediglich eine Anzahl von sechs aus 25, in Variante 2 acht aus 25.

Entgegen seiner Aussage zu den Frauenstimmen, die er vorrangig der höchsten Stimmgattung zuteilt, vertritt R. Miller bei den Männerstimmen die Theorie, Durchschnittsmänner wären dem Bariton zuzuordnen. Bässe und Tenöre seien die Abweichungen (R. Miller, 2008, S. 3). In der Annahme, dass die Clustergruppe 2 (Variante 2) der Gattung Bariton zuzuordnen ist, würde R. Millers Theorie unterstützt, da diese Clustergruppe mit 13 aus 25 Datenpunkten über die Hälfte der männlichen Teilnehmer einschließt.

Auch Bunch (1995) geht davon aus, dass die meisten Stimmen in die mittleren Kategorien (Bariton und Mezzo-Sopran) einzuteilen sind und beschreibt die stimmlichen Limits anhand der vererbten anatomisch-morphologischen Strukturen. Tiefe Bässe wie auch Koloratur-Soprane seien äußerst selten und zeichneten sich durch entsprechend längere und dickere oder eben besonders dünne Stimmlippen aus (S. 74 f.).

Ein Aspekt, der sich in den Ergebnissen der weiblichen Stimmen als beachtenswert herausstellte, war die Tatsache, dass sich Clustergruppe 2 (Variante 1) sowohl durch eine ausgebaute Tiefe, als auch Höhe auszeichnete. Dieses Ergebnis unterstützt die Feststellungen von Lambreche, Ternström und Pabons Studien (2011), die diese Eigenschaften den Mezzo-Sopranistinnen zuordnen. In der klassischen Aufführungspraxis bestehe ihrer Aussage nach gerade an Mezzo-Sopranistinnen die Anforderung, für die verschiedenen Rollen ebenso tiefe wie hohe Passagen abdecken zu können. Sie widersprechen damit den Angaben, die sich in der historischen Betrachtung dieser Stimmgattung lange Zeit gehalten haben, Mezzo-Sopranistinnen seien lediglich Sopranistinnen mit einer eingeschränkten Höhe.

Besonders diese Clustergruppe gibt interessante Anhaltspunkte bezüglich des Tonumfangs. Auch wenn sich die Gruppe durch die durchschnittlich größten Tonumfänge auszeichnete, ließ sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang zur bisherigen Stimmerfahrung der Teilnehmerinnen herstellen.¹⁴ Selbst die wenigen Teilnehmer:innen, die in Laienchören sangen, verfügten im Durchschnitt nicht über größere Tonumfänge als diejenigen gänzlich ohne Stimmerfahrung. Die Größe des Tonumfangs scheint in seinen Grundzügen also bereits natürlich vorgegeben oder erst durch intensivere Stimmbildung ausbaubar. So beschreibt beispielsweise Bunch, dass sich durch gezieltes Stimmtraining die Tonumfänge noch erweitern lassen. Man müsse dabei aber darauf achten, wohin sich die Stimme leicht entwickeln lässt und Klangschönheit gewinnen kann. „It is a serious mistake to classify a beginner on the basis of a limited

¹⁴ Wobei zu beachten ist, dass die Stimmerfahrung bei den Teilnehmer:innen dieser Studie aufgrund der Ausschlusskriterien insgesamt sehr eingeschränkt war.

range. As the singer's training progresses and vocal freedom ensues the range expands and the area of true quality emerges" (Bunch, 1995, S. 74).¹⁵

Was bei untrainierten Stimmen noch zutreffen mag, scheint sich ab einem gewissen Trainingslevel nicht mehr zu bestätigen. Pabon et al. (2014) zeigen in ihrer Studie mit zehn klassischen Gesangsstudentinnen auf, dass sich durch ein intensives Stimmtraining, wie es in einem Gesangsstudium stattfindet, weniger der Stimmumfang ausbaut, als vielmehr die Klangintensität wie auch die Gleichmäßigkeit der Klangqualität (Registerausgleich) zunimmt. Hierbei ist allerdings die ausgiebige Stimmschulung zu berücksichtigen, die bereits vor einem Gesangsstudium stattfinden muss, um die anspruchsvollen Aufnahmekriterien zu erfüllen, in welcher sich möglicherweise der Stimmumfang der Studienteilnehmerinnen entsprechend ausgebaut hatte. Diese Vermutung lässt sich jedoch rein anhand der Studienbeschreibung nicht belegen.

5.1.2 Bedeutung des Passaggios

In beiden Geschlechtern kann das Passaggio als entscheidendes Trennkriterium für die schlussendliche Auswertung betrachtet werden. So war es nicht nur einer der ausschlaggebenden Faktoren für eine erfolgreiche Clusterung, die Cluster zeichneten sich bei beiden Geschlechtern jeweils auch durch eine Steigerung in der Tonhöhe der Passaggio-Frequenz von Cluster 3 nach 1 aus, die statistisch signifikant war. Verglichen mit den Zuordnungen aus der Literatur ließen sich Parallelen herstellen. Daher stellt sich die Frage, was das Passaggio so bedeutend für eine Unterteilung in bestimmte Stimmgattungen macht und ob die natürlichen Anlagen bereits entscheidend für die Zuordnung sein können und/ oder sollten. Das Passaggio scheint ein Faktor im Gesang zu sein, der nicht nur schwer zu definieren, sondern der gerade auch in der Stimm-schulung von großer Bedeutung ist. Schwer zu definieren ist er aufgrund seiner verschiedenen Betrachtungsweisen (physiologisch, akustisch, kinästhetisch) (vgl. z. B. die umfangreichen Studien von Echternach et al.) und die Uneinigkeit über die Anzahl der Passaggi. Die Bedeutsamkeit in der Stimmschulung zeigt sich wiederum in der zahlreichen Literatur zum gesangspädagogischen Training eines klanglich möglichst unauffälligen Registerwechsels (vgl. Bunch, 1995, S. 79). Von besonderer Bedeutung scheint dabei die Klangfülle und Kapazität der Bruststimme zu sein, die insbesondere bei den männlichen Stimmen mehr Durchschlagskraft als das oft feinere Kopfre-gister oder Falsett mit sich bringt. Gerade im solistischen Gesang benötigt die Stimme eine entspre-

¹⁵ „Es ist ein ernsthafter Fehler, einen Anfänger anhand eines eingeschränkten Tonumfangs zu klassifizieren. Indem das Stimmtraining voranschreitet und sich die stimmliche Freiheit entwickelt, erweitert sich der Tonumfang und der Bereich wahrer Qualität tritt zu Tage“ (vgl. Bunch, 1995, S. 74) (Übersetzung durch die Autorin)

chende Tragfähigkeit, um weite Räume zu füllen oder über ein groß besetztes Orchester hinweg hörbar zu bleiben. Neumann et al. (2005, S. 308 ff.) erörtern in ihrer Studie mit elf männlichen Opernsängern umfangreich, wie sich durch eine Veränderung des Offenquotienten im Übergang von Brust- zu Kopfreister die harmonischen Obertöne in ihrer Intensität reduzieren. Durch eine Reduktion der Obertöne, bzw. ihrer Intensität kann von einer Verminderung der stimmlichen Tragfähigkeit ausgegangen werden. Bozemann (2012, S. 64 ff.) beschreibt zwar eine sehr detaillierte Herangehensweise für männliche Stimmen, ihre Tragfähigkeit durch Stimmschulung auch über den Registerwechsel hinaus beizubehalten, dieses verlangt den Sänger:innen aber bereits eine sehr feine Wahrnehmung ab, die bei Laien nicht in dem Maße voraussetzen ist. So scheint es grundsätzlich von Vorteil zu sein, bereits als natürliche Anlage über einen entsprechend hohen oder tiefen Registerwechsel für bestimmte Stimmgattungen zu verfügen. Gerade im Bereich von Laienchören, denen ein intensives Stimmtraining oft verwehrt bleibt, könnte daher die Berücksichtigung der natürlichen Anlagen zu einer adäquaten Stimmkategorisierung und damit langfristigen Aufrechterhaltung der Stimmgesundheit beitragen.

5.1.3 Diskussion der Ergebnisse zum subjektiven Empfinden der Teilnehmer:innen und der Klanganalyse durch die Studienleitung

In den Ergebnissen zur subjektiven Bewertung ihrer Brust- und Kopfstimme beschrieb die überwiegende Mehrheit der Teilnehmenden ihre Bruststimme als angenehmer und leichter als ihre Kopfstimme. Dies erscheint insofern nicht überraschend, da für die Sprechstimme hauptsächlich das Brustregister genutzt wird und die Teilnehmer:innen damit intensiver vertraut sind. Das Kopfreister entpuppte sich für viele als ungewohntes und damit unangenehmeres Terrain, das auch muskulär von den Teilnehmer:innen anstrengender empfunden wurde. Hier ist davon auszugehen, dass zum einen das stimmlich-muskuläre Training fehlte, zum anderen aber möglicherweise auch die Identifikation mit der hohen Stimmlage. Einige Teilnehmer:innen hatten sich in ihrem Alltag noch nie mit ihrem Gesamttonumfang auseinandergesetzt und waren sich dementsprechend nicht in dem Maße bewusst, dass auch die Kopfstimme Teil der individuellen Stimme ist - wenn im Alltag auch seltener genutzt.

Zur Klanganalyse durch die Studienleitung ist anzumerken, dass es sich bei allen Stimmen um Singstimmen und nicht um Sängerstimmen handelte, da, bedingt durch die Ein- und Ausschlusskriterien, keine:r der Teilnehmer:innen eine professionelle Gesangsausbildung hatte. So ist es nachvollziehbar, dass einem großen Teil (11/25) der weiblichen Stimmen das Attribut *hell* zugeordnet wurde. Als Grund dafür ist das feh-

lende Training in der Kehlkopftiefstellung anzunehmen, durch welches bekanntermaßen die tiefen Obertonfrequenzen verstärkt werden und ein dunklerer Stimmklang begünstigt wird (vgl. Richter, 2014, S. 113 f.). Auch für die wenigen Zuordnungen zur Eigenschaft *klangvoll* (weibliche Stimmen: 2, männliche Stimmen: 3) ist die mangelnde Stimmschulung als ausschlaggebender Faktor naheliegend.

5.1.4 Diskussion möglicher Einflussfaktoren auf natürliche Stimmgattungen

Sobald in der Literatur von Stimmgattungen gesprochen wird, wird weniger der physiologische Stimmumfang herangezogen, als vielmehr die Tessitura. Aus musikalischer Sicht ist diese Herangehensweise als sinnvoll zu erachten, da die Stimmgattungen vorrangig für den musikalischen Zugang zu Gesangsstücken genutzt werden. Gleichzeitig erschwert es die Aussagekraft über natürlich angelegte Stimmgattungen. Manche Autor:innen und Gesangspädagog:innen empfehlen, in der Stimmschulung zunächst immer von einer mittleren Stimmgattung auszugehen, von welcher aus die Stimme nach oben oder unten in ihrem Umfang und ihrer Klangintensität wie -qualität entwickelt werden kann (vgl. u. a. Bunch, 1995 oder R. Miller, 2008), doch sprechen die vorliegenden Ergebnisse durchaus dafür, dass Tendenzen für Stimmgattungen bereits natürlich angelegt sind. Hierfür ist es interessant, sich mit den Einflussfaktoren auf die Stimmentwicklung zu befassen, wie auch schon Mürbe, Roers und Sundberg (2011) festhalten: „Stimmphysiologische und gesangspädagogische Beurteilungen bewerten i. d. R. funktionelle Teilaspekte der Stimmproduktion. Dies liegt darin begründet, dass professionelle Stimmen lernen, durch Ausschöpfung der individuellen funktionellen Kapazität stimmliche Höchstleistungen zu erzielen. Diese funktionellen Möglichkeiten werden durch die anatomisch-morphologischen Rahmenbedingungen begrenzt“ (S. 560). Was ist aber anatomisch-morphologisch angeboren und was kann beeinflusst werden?

Unser Stimmorgan und das Ansatzrohr bestehen u. a. aus knöchernen und knorpeligen Strukturen, die genetisch in ihrer Größe festgelegt, aber ebenso auch muskulär beeinflussbar sind.¹⁶ Es ist daher anzunehmen, dass durch gezieltes muskuläres Training, wie es in der Stimmbildung erfolgt, Einfluss auf die knöchernen Strukturen genommen werden kann und dadurch das Ansatzrohr erweitert wird. So beschreibt bei-

¹⁶ Dieses Phänomen ist auch im Bereich der myofunktionellen Dysfunktionen im orofazialen Bereich bekannt und kann unter dem Motto „form follows function“ zusammengefasst werden, wie u. a. Salbach et al. (2012, S. 1427 ff.) in ihren Studien im Bezug auf kieferorthopädische Risikopatient:innen beschreiben. Anders gesagt: Muskel prägt Knochen. Die drei Forscherinnen stellen den direkten Zusammenhang zwischen den myofunktionellen Gegebenheiten und dem Wachstum der knöchernen Strukturen des orofazialen Bereichs fest (in ihrem Fall die negativen Einflüsse von fehlendem Mundschluss, fehlerhafter Zungenruhelage und viszeralem Schluckmuster auf Fehlbildungen des Ober- und Unterkiefers).

spielsweise der Phoniater Dr. med. Sven Herkenhoff (im persönlichen Gespräch), dass besonders bei Baritonern in den phoniatischen Untersuchungen oft ein außergewöhnlich großer pharyngealer Raum auffällt. Während in der Literatur die muskulären Veränderungen durch das Stimmtraining (wie beispielsweise die Kehlkopftiefstellung oder Gaumensegelhebung) häufig Erwähnung finden, fehlen Studien zu den Auswirkungen auf die knöchernen und knorpeligen Ausprägungen durch Gesangstraining.

Es wäre also ein weiteres zu verfolgendes Forschungsfeld, Antworten auf die Frage zu finden, ob erweiterte pharyngeale Räume bei professionellen Sänger:innen durch das intensive Muskeltraining während der Gesangsausbildung entstehen oder, ob Menschen mit angelegten weiten pharyngealen Strukturen aufgrund dieses 'Talents' häufiger dazu tendieren, eine sängerische Karriere einzuschlagen. Es handelt sich dabei um eine klassische Henne-oder-Ei-Frage.

Ein weiterer Einflussfaktor, der in der Literatur häufig benannt und erforscht wird, ist die Auswirkung von hormonellen Einflüssen auf das Stimmorgan. So zeigen verschiedene Studien auf, dass Sexualhormone auf die Stimme einwirken. Allerdings wird in der Forschung noch nach eindeutigen Zusammenhängen gesucht, da beispielsweise im Stimmlippengewebe keine Rezeptoren für Sexualhormone nachgewiesen werden konnte, jedoch ein Einfluss auf Neurotransmitter, Wachstum und Neurotrophine und damit sekundär über afferente und efferente Funktionen auf den Kehlkopf angenommen wird (vgl. Nacci et al., 2011, S. 77 ff.).

Es lassen sich also einige Faktoren benennen, die auch nach abgeschlossenem Wachstum Einfluss auf den Kehlkopf und das Ansatzrohr und damit schlussendlich auf die Stimmproduktion haben. In diesem Zusammenhang wäre daher eine vertiefende Erforschung dieser Einflüsse auf die Stimmgattungen und ihre natürlichen Voraussetzungen anzuregen.

5.2 Diskussion zur Methodik

Bezogen auf die Durchführung der Studie wie auch auf deren Auswertung gibt es einige Aspekte, die kritisch zu betrachten sind, wie in den folgenden Abschnitten herausgearbeitet werden soll.

5.2.1 Teilnehmerzahl

Zunächst ist anzumerken, dass ein Datensatz von 50 Teilnehmer:innen immer nur bedingt Aussagen über die Grundgesamtheit zulässt. Auch wenn die statistischen Aus-

wertungen mit einem Konfidenzintervall von 95% durchgeführt und zudem Verfahren angewendet wurden, die Rückschlüsse auf größere Grundgesamtheiten annehmen lassen, ist die geringe Teilnehmer:innenzahl dennoch zu berücksichtigen, um die Bedeutung der Ergebnisse entsprechend einordnen zu können. Auch wenn eine höhere Anzahl erstrebenswert gewesen wäre, hätte es den zeitlichen Rahmen in der Studierendurchführung für diese Masterarbeit überschritten.

Die begrenzte Teilnehmer:innenzahl hat die statistische Auswertung zum Teil erschwert, da hierdurch beispielsweise der Chi²-Test nur bedingt aussagekräftig war. Diese Schwierigkeit wurde jedoch umgangen, indem die Ergebnisse anhand einer Monte-Carlo-Simulation bestätigt wurden.

5.2.2 Ermittlung der Passaggio-Frequenz

Eine Besonderheit, die sich erst während der Studiendurchführung herauskristallisierte, war es, die tatsächliche Passaggio-Frequenz zwischen Brust- und Kopfstimme zu definieren. In der Planung wurde der Empfehlung von Hacki (1989) gefolgt, die Rufstimme als oberste Grenze des Bruststimmumfangs zu verwenden. In der praktischen Durchführung hat sich dieses Vorgehen bei allen weiblichen Stimmen sowie bei einem Großteil der männlichen bewahrheitet und der Lautstärkeabfall des Registerwechsels war deutlich nach der höchsten Frequenz der Rufstimme ersichtlich. Allerdings stellte sich bei vier der 25 männlichen Teilnehmern heraus, dass sie ihr Brustregister weiter nach oben ausdehnen konnten, als sie es mit ihrer Rufstimme gezeigt hatten. Da die Differenz zwischen einer Quarte und sogar einer Oktave von der Rufstimm-Frequenz betrug, wurde bei diesen Teilnehmern nicht die Rufstimme als Referenzwert genommen, sondern die Frequenz, nach welcher der Lautstärkeabfall des Registerwechsels ersichtlich war. Grundsätzlich ist daher anzumerken, dass sich die Messung der Rufstimme als einfache und praktische Herangehensweise zur Ermittlung des physiologischen Bruststimmambitus erwiesen hat, dass aber bei weiteren Anwendungen dieses Vorgehens ein besonderes Augenmerk der Studienleitung darauf gelegt werden sollte, ob die höchste Rufstimm-Frequenz auch tatsächlich der obersten Grenze der Bruststimme entspricht. Ansonsten besteht die Gefahr einer Verschiebung der Messergebnisse, was besonders bei einer geringen Stichprobenzahl deutliche Abweichungen ergeben kann.

5.2.3 Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit Lyckes Auswertungen

Bezüglich der Methodik der Auswertung ist als weiterer Faktor die Einheitlichkeit der gemessenen Werte und ihrer Einheiten zu benennen. Lycke beschreibt in seiner Einleitung, dass für seine Berechnungen u. a. logarithmisch aufgebaute Daten verwendet wurden (Frequenzangaben in Hz), welche anhand eines z-Wert-Verfahrens standardisiert wurden und somit über keine Angaben zur Einheit mehr verfügen (vgl. Lycke, 2013, S. 59 f.). Der z-Wert gibt Auskunft über die Anzahl der Standardabweichungen des Mittelwertes eines bestimmten Wertes (vgl. Bortz, 2001). Die Werte sind zwar somit untereinander vergleichbar und nicht durch die logarithmischen Steigerungen der Frequenzen beeinflusst, ein Übertrag auf die Praxis und die in der Literatur verwendeten Werte ist allerdings erschwert. Aus diesem Grund wurde in der vorliegenden Arbeit die Einheit Cent verwendet. Dies ermöglicht zum einen eine Darstellung der Tonumfänge in nicht logarithmischen Abständen, was sie untereinander vergleichbar macht, zum anderen fällt ein Übertrag auf die Angaben und Werte in der Literatur für die Zuordnung zu Stimmgattungen leichter. Jedoch war es durch dieses Vorgehen nur bedingt möglich, die Daten aus Lyckes Studien detailliert mit den vorliegenden Daten zu vergleichen, was einen weiteren Mehrwert für die Arbeit dargestellt hätte. Ein weiterer verfolgungswerter Schritt wäre daher, mit den Rohdaten aus Lyckes Studien die Auswertung anhand der hier angewandten Methodik zu wiederholen, um die Ergebnisse genauer vergleichen zu können.

5.2.4 Kritische Betrachtung der angewandten statistischen Verfahren

Das Vorgehen einer statistischen Auswertung für diesen Themenbereich ist allerdings generell zu hinterfragen. Beachtet man die Fülle an Kriterien, die ausschlaggebend für die Stimmklassifizierung sind, von denen nur die wichtigsten in dieser Arbeit genauer erläutert wurden, stellt sich die Frage, inwieweit sich Stimmgattungen tatsächlich über statistische Auswertungen ermitteln lassen. Viele Aspekte der Stimme, wie Tonhöhe, Intensität und auch Klangspektren, sind zwar in metrischen Analysen messbar, gleichzeitig umfasst die Einordnung der Stimmgattungen aber sehr viele Kriterien, die sich schwer in metrischen Daten festhalten lassen, wie beispielsweise die individuellen Wahrnehmungsprozesse; sowohl sensorisch von den Sänger:innen selbst, als auch auditiv von deren Stimmbildner:innen. Wie schon die Fragebogen-Analyse Lyckes zeigte, ist die Zuordnung so individuell wie die Personen, welche die Einteilung vornehmen. So berichteten die Stimmbildner:innen zwar von den gängigen Kriterien zur Stimmklassifizierung, gaben aber auch viele individuelle Einflussfaktoren an, die abhängig von den Gesangsschüler:innen selbst, aber auch von den Anforderungen der jeweiligen Institution waren (vgl. Lycke, 2013, S. 18).

Insbesondere auch die Auswertung über die K-Means Clusteranalyse ist zu hinterfragen. Diese Form der Clusteranalyse ist ein Verfahren, das sehr empfindlich auf 'Daten-Ausreißer' reagiert. Besonders bei kleinen Stichprobenzahlen, wie es in dieser Studie der Fall war, kann die Clusterzuordnung durch einzelne Extremwerte verschoben werden. Hier wäre es für weitere Forschungen interessant, zusätzliche Clusterverfahren zu nutzen, um zu überprüfen, ob die Ergebnisse vergleichbar sind. Zudem stellt sich die Frage, ob es in Anbetracht der zahlreichen Variablen, die als ausschlaggebend für die Stimmklassifizierung diskutiert werden, nicht sinnvoll wäre, auch in der Clusteranalyse mehr als zwei Variablen gleichzeitig zu berücksichtigen. Für die Auswertung der vorliegenden Studiendaten wurde die Vorgehensweise von Lyckes Datenanalyse herangezogen, was auf eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse abzielte. Jedoch gäbe es noch weitere statistische Möglichkeiten, die Daten zu verarbeiten, um neue Schlüsse für die Clusterung zu ziehen. Für nachfolgende Studien wäre es daher anzudenken, in der Auswertung mehr als zwei Variablen für die Clusterung zu verwenden. Langfristig ist davon auszugehen, dass insbesondere im Hinblick auf ausgebaute technische Möglichkeiten, wie beispielsweise Künstliche Intelligenz, ein entscheidender Mehrwert besteht, um Stimmklassifizierungen unter Berücksichtigung der vielen Einflussfaktoren vorzunehmen.

5.2.5 Kritische Betrachtung der subjektiven Stimmeinteilung durch die Studienleitung

Der Beleg für die Verifizierung der Hypothese 2 ist nur bedingt aussagekräftig. Zum einen erfolgte die subjektive Einteilung in die Stimmgattungen nur durch die Studienleitung und durch keine weitere Person, was die Gültigkeit bereits schmälert. Zum anderen fand die Einteilung *nach* dem Vortrag des Lieds statt, aber auch *anhand* des Lieds. Die gewählte Tonhöhe des Lieds hatte also unmittelbaren Einfluss auf die Zuordnung in die Gattungen. Somit ist eine Korrelation zwischen der individuellen Startfrequenz und der subjektiven Stimmeinteilung durch die Studienleitung naheliegend, da Stimmen, die tiefer gestartet haben, folglich tendenziell auch tieferen Stimmgattungen zugeordnet wurden und umgekehrt. Desweiteren handelt es sich bei „Alle meine Entchen“ um ein sehr kurzes Lied mit einem kleinen Tonumfang von nur eine Sexte und zudem, aufgrund der Assoziation als Kinderlied, ohne Anreiz eines besonders virtuosen Vortrags. Dies verleitete die Teilnehmer:innen möglicherweise dazu, ihr stimmliches Potential nicht voll auszuschöpfen und zu zeigen. Es lässt sich also nichts zu dem Umstand sagen, ob durch eine andere Lied-Wahl manche:r Teilnehmer:in trotz mangelnder Stimmschulung mehr sängerische Klangfülle oder Tongestaltung gezeigt hätte und stellt die Frage in den Raum, warum die Singstimmen nicht intensiver überprüft wurden, um eine eindeutigere Zuteilung zu den Stimmgattungen zu ermöglichen. Die Überlegungen hierfür waren folgende: Da es sich bei den Teilnehmer:innen um Nicht-, bzw. Laiensänger:innen handelte, war es vielen ohnehin bereits unangenehm, ein kurzes und einfache Lied vorzusingen, was manche in ihrem Leben bis dahin noch nie bewusst gemacht hatten. Gleichzeitig hätte ein umfangreicheres Gesangsstück auch mehr Musikalität vorausgesetzt, was explizit keine Anforderung war, bzw. gegenteilig: Es sollten Stimmen sein, die keine intensivere musikalische Vorbildung hatten. Die Durchführung zum Vortrag des Lieds wurde in Anlehnung an das Vorgehen von Johnson und Klempster (2011) gewählt, die ihre Probanden die US-amerikanische Nationalhymne, das im englischsprachigen Raum bekannte Lied „Star Spangled Banner“, in einer subjektiv angenehmen Tonhöhe singen ließen. Da deren Studie jedoch mit professionellen Sängern durchgeführt wurde, war das Vorsingen und auch der Tonumfang von einer Oktave für diese ein routiniertes Vorgehen, wohingegen es in der Studie dieser Arbeit die Laien- und Nicht-Sänger:innen häufig Überwindung kostete, vorzusingen. Eine Möglichkeit zur Verbesserung dieses Studiendesigns wäre, bereits über die Ein- und Ausschlusskriterien Teilnehmer:innen zu definieren, die mit einem etwas anspruchsvolleren Lied-Repertoire vertraut sind, sodass lediglich eine Textvorlage als Unterstützung für einen korrekten Vortrag ausreichen würde und Teilnehmer:innen ausgeschlossen werden könnten, für die ein Vorsingen zu viel Überwindung kosten würde.

6 Fazit und Ausblick

Die durchgeführte Studie lässt zusammenfassend annehmen, dass unterschiedliche Stimmgattungen bereits natürlich angelegt sein können. Hierfür sprechen die Unterteilungen durch die Clusterung, die sich teilweise mit den bestehenden Angaben aus der Literatur decken. Vor allem die Registerwechsel scheinen in der Unterteilung von großer Bedeutung zu sein, was bisherige Aussagen über die Relevanz der Passaggi zur Stimmklassifizierung unterstützt. Da die Werte allerdings nicht vollständig mit den bisher bekannten Angaben in Kongruenz zu bringen sind, kann angenommen werden, dass diesbezüglich Unterschiede zwischen professionellen und nicht professionellen Stimmen bestehen. Dies spricht für das große Entwicklungspotential der Stimme durch intensives Training innerhalb von Stimmbildung, Gesangsunterricht oder -studium.

Besonders eindrücklich zeigte sich die übereinstimmende Stimmgattungszuordnung bei den weiblichen Stimmen anhand von Clustervariante 1 und 2. Durch eine Kombination der verwendeten Clustervariablen ist daher eine hohe Aussagekraft für mögliche Stimmklassifizierungen anzunehmen.

Zur Einteilung in Stimmgattungen scheinen Phonetogramme auch für Laienstimmen durchaus geeignet, da sie Aussagen über den Stimmumfang in verschiedenen Intensitäten zulassen. Besonders klar konnte auch der Registerwechsel im Phonetogramm definiert werden, welcher bei den untrainierten Stimmen durch einen Lautstärkeabfall in diesem Bereich ersichtlich und auch hörbar war und durch die fehlende Stimmbildung nicht über Stimmtechnik verdeckt wurde. Diese Parameter haben sich als entscheidende Trennkriterien in der Untergliederung herauskristallisiert und bestätigen somit auch Lyckes (2013) Ergebnisse. Gleichzeitig sollten Phonetogramme nicht als alleiniges Instrument zur Einteilung genutzt werden, da sie zwar einen ausschlaggebenden Bereich der beeinflussenden Faktoren prüfen, jedoch wichtige Aspekte, wie z. B. das Stimmtimbre, nicht berücksichtigen.

Zur Bestätigung der Ergebnisse und v. a. zur Überprüfung der praktischen Anwendbarkeit wäre, weiter gedacht, folgender Studienaufbau interessant: Sänger:innen aus Laienchören werden anhand der hier angewendeten Variablen in Stimmgattungen geclustert und singen für einen festgesetzten Zeitraum in dieser Einteilung. Im Anschluss wird überprüft, inwieweit die Teilnehmer:innen selbst, wie auch die Chorleiter:innen die Stimmklassifizierung als passend empfunden haben und welche Auswirkungen sich ggf. auf die Stimmen zeigen.

Cotton (2007, S. 31) beschreibt eine Zukunftsperspektive, in der computergestützte Stimmanalysen basierend auf wissenschaftlichen Daten die subjektiven Einschätzungen der Gesangspädagog:innen ablösen. In dieser Annahme, ist zu hoffen, dass auch die vorliegenden Ergebnisse zumindest einen kleinen Mosaikstein im weiten und vielschichtigen Feld der Stimme beisteuern können. Hierfür wäre es weiterführend sinnvoll, die Studie anhand einer größeren Stichprobenzahl zu erweitern. Ebenso sollten die Daten mithilfe zusätzlicher Verfahren zur Clusteranalyse ausgewertet werden, um die Aussagekraft der K-Means Clusteranalyse vergleichen und einschätzen zu können. Ob auch in Zukunft die Einteilung in Stimmgattungen über die auditive Wahrnehmung und Erfahrung der Chorleiter:innen und Stimmbildner:innen erfolgt, ist zumindest für die nächsten Jahre anzunehmen. Jedoch können die technischen Fortschritte bereits heute als Unterstützung dazu beitragen und werden voraussichtlich in weiterer Zukunft noch intensiveren Einfluss haben. Dementsprechend sollte auch diese Arbeit als kleiner Beitrag dazu verstanden werden.

Literaturangaben

- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W. & Weiber, R. (2018). *Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung*. 15. Auflage, Berlin: Springer Verlag
- Behnke, E. (1890). *The mechanism of the human voice*. 12th Edition, London: J. Curwen & Sons
- Berg, M., Fuchs, M., Wirkner, K., Löffler, M., Engel, C. & Berger, T. (2016). *The Speaking Voice in the General Population: Normative Data and Associations to Sociodemographic and Lifestyle Factors*. *Journal of Voice*, Volume 31, Issue 2, pp. 257.e13–257.e24
- Bergauer, U. & Janknecht, S. (2018). *Praxis der Stimmtherapie: logopädische Diagnostik, Behandlung, Übungsmaterialien*. 4. Auflage, Berlin: Springer Verlag
- Boldrey, R. (1994). *Guide to Operatic Roles & Arias*. Dallas: Pst. Inc.
- Bortz, J. (2005). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. 6. Auflage, Berlin: Springer Verlag
- Bortz, J. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. 7. Auflage, Berlin: Springer Verlag
- Bozeman, K. (2012). *Acoustic passaggio pedagogy for the male voice*. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, Vol. 38, No. 2, pp. 64–69
- Brückler, F. (2017). *Geschichte der Mathematik kompakt. Das Wichtigste aus Analysis, Wahrscheinlichkeitstheorie, angewandter Mathematik, Topologie und Mengenlehre*. Berlin: Springer Verlag, S. 116
- Buelow, G. (1977). *A Lesson in Operatic Performance Practice, in A Musical Offering; Essays in Honor of Martin Bernstein, Edward H. Clinkscale and Claire Brook*. New York: Pendragon Press, pp. 80-81
- Bunch, M. (1995). *Dynamics of the Singing Voice*. 3rd Edition, New York: Springer Verlag Wien GmbH
- Castellengo, M. (2005). *Manuel Garcia Jr: A clear-sighted observer of human voice production*. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, Vol. 30, pp. 163-170
- Castellengo, M., Chuberre, B. & Henrich N. (2004). *Is Voix Mixte, the Vocal Technique Used to Smooth the Transition across the two Main Laryngeal Mechanisms, an Independent Mechanism?* *Proceedings of the International Symposium on Musical Acoustics*, Nara, Japan
- Cleveland T. (1977a). *Long-time average spectra in estimating voice classification*. In: Lawrence V. (1978), ed. *Transcripts of the Sixth Symposium, Care of the Professional Voice*, The Juilliard School. New York: The Voice Foundation, p. 103
- Cleveland, T. (1977b). *Acoustic properties of voice timbre types and their influence on voice classification*. *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 61, No. 6, pp. 1622–1629
- Cotton, S. (2007). *Voice Classification and Fach: Recent, Historical and Conflicting Systems of Voice Categorization*. Directed by Dr. Nancy Walker.
- Cotton, S. (2012). *Fach vs. Voice Type – A Call for Critical Discussion*. *Journal of Singing*, Vol. 69, No. 2, pp. 153-166

- DATAtab Team (2022). DATAtab: *Online Statistics Calculator*. DATAtab e.U. Graz, Austria. URL <https://datatab.net>
- Deutsches Musikinformationszentrum (Hrsg.) (2018). *Laienmusizieren in Zahlen – Ergebnisse bundesweiter Studien und Bevölkerungsumfragen*. Bonn: Deutsches Musikinformationszentrum, 5/2018
http://www.miz.org/downloads/statistik/41/41_Choere_Mitglieder.pdf, letzter Zugriff am 01.11.2019
- Dillon, A. (2009). *Female Voice Classification and the Choral Director*. Central Michigan University, Virginia, USA
- Doscher, B. (1994). *The functional unity of the singing voice*. 2nd Edition. Lanham: The Scarecrow Press, Inc.
- Duden (2020). © Bibliographisches Institut GmbH
- Echternach, M., Burk, F., Köberlein, M., Selamtzis, A., Dllinger, M., Burdumy, M., Richter, B. & Herbst, C. (2017). *Laryngeal evidence for the first and second passaggio in professionally trained sopranos*. PLoS ONE, Vol. 12, No. 5, pp. 1-18
- Echternach, M., Sundberg, J., Arndt, S., Breyer, T., Markl, M., Schumacher, M. & Richter, B. (2008). *Vocal tract and register changes analysed by real-time MRI in male professional singers a pilot study*. Logopedics Phoniatrics Vocology, Ausgabe 33, S. 67-74
- Echternach, M., Sundberg, J., Arndt, S., Breyer, T., Markl, M., Schumacher, M. & Richter, B. (2010). *Vocal Tract in Female Registers—A Dynamic Real-Time MRI Study*. Journal of Voice, Vol. 24, No. 6, pp. 133-139
- Echternach, M., Sundberg, J., Markl, M. & Richter, B. (2010). *Professional Opera Tenors' Vocal Tract Configurations in Registers*. Folia Phoniatica et Logopaedica, Ausgabe 62, S. 278-287
- Elbarougy, R. (2019). *Acoustic Analysis for Chest-to-Head Register Transition in Singing Voice*. International Journal of Computer Applications, Vol. 177, No. 10, pp. 11-16
- Fehlow, G. (2009). *Zu einigen gesangswissenschaftlichen Grundsätzen und Untersuchungen bei Kunstgesangsstimmen*. Dissertation zur Erlangung des Grades des Doktors der Philosophie bei der Fakultät für Geisteswissenschaften Fachbereiche Sprache, Literatur, Medien & Europäische Sprachen und Literaturen der Universität Hamburg
- Fitch, W. & Giedd, J. (1999). *Morphology and development of the human vocal tract: A study using magnetic resonance imaging*. The Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 106, No. 3, pp. 1511-1522
- Frič, M. & Kulanová, A. (2014). *Factors of the assessment of a vocal category in female singers – a preliminary study*. Musical acoustics research cent, Academy of performing arts in Praha, ISMA 2014 Le Mans, France
- Friedrich, G. & Dejonckere, P. (2005). *Das Stimmdiagnostik-Protokoll der European Laryngological Society (ELS) - erste Erfahrungen im Rahmen eine Multizenterstudie*. Laryngo-Rhino-Otologie. Stuttgart: Thieme, Ausgabe 84, S. 744-752
- Garcia, M. (1854). *Observations on the Human Voice*. Proceedings of the Royal Society of London, Vol. 7, pp. 399-410
- Garcia, M. (1924). *Garcia´s Treatise on the art of Singing*. Edt. by Garcia A.. London: Leonard & Co

- Guinness Book of World Records (1994)
<https://www.guinnessworldrecords.com/world-records/67535-loudest-shout-individual>. Letzter Aufruf: 22.03.2022 13:09
- Gürkan, A. (2018). *Clustering. Die Clusteranalysen K-means und DBSCAN im Vergleich*. München: GRIN Verlag, <https://www.grin.com/document/452144>, letzter Aufruf 26.04.2022 16:22
- Gutzmann, H. (1950). *Über das Erkennen der Stimmgattung*. Folia Phoniatica et Logopaedica, Vol. 2, No. 1, pp. 1–5.
- Habermann, G. (2003). Stimme und Sprache. 4. Auflage, New York: Thieme Verlag KG Stuttgart
- Hacki, T. (1989). *Neue Möglichkeiten in der Diagnostik der Stimmphysiologie und -pathologie mittels Sprech- und Singstimmfeldmessung, sowie der Elektroglossographie*. Habilitationsschrift zur Erlangung der Venia legendi für das Fach „Phoniatrie und Pädaudiologie“
- Haupt E. (2017). *Stimmt´s – Integrative Stimmtherapie und Stimmpädagogik*, ISTEP©. Leipzig: Vox Humana, Ausgabe 13.1, S. 30-35
- Henrich, N. (2006). *Mirroring the voice from Garcia to the present day: Some insights into singing voice registers*. Logopedics Phoniatics Vocology, Vol. 31, pp. 3-14
- Henrich, N., Smith, J. & Wolfe, J. (2011). *Vocal tract resonances in singing: Strategies used by sopranos, altos, tenors, and baritones*. The Journal of the Acoustical Society of America. Vol. 129, pp. 1024–1035
- Hiller, A. (1780). *Anweisung zum musikalisch-zierlichen Gesange*. Leipzig
- Johnson, A. & Kempster, G. (2011). *Classification of the Classical Male Singing Voice Using Long-Term Average Spectrum*. Journal of Voice, Vol. 25 No. 5, pp.538–543
- Kochis-Jennings, K., Finnegan, E., Hoffman, H. & Jaiswal S. (2012). *Laryngeal muscle activity and vocal fold adduction during chest, chestmix, headmix, and head registers in females*. Journal of Voice, Vol. 26, pp. 182–193
- Kranich, W. (2014): *Untersuchungen zur Beschreibung der Klangqualität gesprochener Sprache*. Hrsg. Wagner, R.. Sprechen Zeitschrift für Sprechwissenschaft - Sprechpädagogik – Sprechtherapie – Sprechkunst. Heidelberg: Verlag für Sprechwissenschaft und Kommunikationspädagogik (VfSK), 31. Jahrgang, Heft 58, S. 25-38
- Kuckartz, U., Rädiker, S., Ebert, T. & Schehl, J. (2013). *Statistik - Eine verständliche Einführung*. Berlin: Springer-Verlag, 2. Auflage, S. 213
- Lamarche, A., Ternström, S. & Pabon, P. (2010). *The Singer's Voice Range Profile: Female Professional Opera Soloists*. Journal of Voice, Vol. 24, No. 4, pp. 410–426
- Landau, D. & Binder, K. (2014). *A guide to Monte Carlo simulations in statistical physics*. Cambridge: Cambridge University Press
- Lindblom, B. & Sundberg, J. (1971). *Acoustical Consequences of Lip, Tongue, Jaw, and Larynx Movement*. The Journal of the Acoustical Society of America. Vol. 50, No. 4 (Part 2), pp. 1166-1179

- Lycke, H. (2013). *Identification of three natural Voice Groups by Phonetography - A data driven approach*. Doctoral thesis in Biomedical Sciences. KU Leuven, Group Biomedical Sciences, Faculty of Medicine, Dep. Neurosciences
- Mackay, D. (2003). *Information Theory, Inference and Learning Algorithms*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 284–292
- Marunick, M. & Menaldi, C. (2000). *Maxillary dental arch form related to voice classification: A pilot study*. *Journal of Voice*, Vol. 14, No. 1, pp. 82–91
- McKinney, J. (1994). *The Diagnosis and Correction of Vocal Faults*. Nashville: Genevox Music Group.
- McKinney, J. (1997). *The Three Ages of Voice - The Singing/Acting Young Adult from a Singing Instruction Perspective*. *Journal of Voice*, Vol. II, No. 2, pp. 153–155
- McKinney, James C. (2005). *A Diagnosis and Correction of Vocal Faults: A Manual for Teachers of singing and for choir directors*. Waveland Press, p. 114
- Miller, D. (2000). *Registers in Singing: Empirical and Systematic Studies in the Theory of the Singing Voice*. Groningen: University of Groningen
- Miller, D. G. & Schutte, H. (1994). *Toward a Definition of Male "Head" Register, Passaggio, and "Cover" in Western Operatic Singing*. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, Vol. 46, No. 4, pp. 157–170
- Miller, R. (1997). *National Schools of Singing; English, French, German and Italian Techniques of Singing Revisited*. Lanham: Scarecrow Press
- Miller, R. (2000). *Training Soprano Voices*. New York: Oxford University Press
- Miller, R. (2008). *Securing Baritone, Bass-Baritone and Bass Voices*. New York: Oxford University Press
- Mürbe, D., Roers, F. & Sundberg, J. (2011). *Stimmgattungen professioneller Sänger - Einfluss von Stimmlippenlänge, Vokaltraktdimensionen und Körpermaßen*. Heidelberg: HNO, Springer-Verlag, Ausgabe 59, S. 556-562
- Nacci, A., Fattori, B., Basolo, F., Filice, M., De Jeso, K., Giovannini, L. & Ursino, F. (2011). *Sex Hormone Receptors in Vocal Fold Tissue: A Theory about the Influence of Sex Hormones in the Larynx*. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, Vol. 63, No. 2, pp. 77–82
- Nawka, T., Franke, I. & Galkin, E. (2006). *Objektive Messverfahren in der Stimmdiagnostik*. *Forum Logopädie*, Ausgabe 4, S. 14-21
- Neumann, K., Schunda, P., Hoth, S. & Euler, H. (2005). *The Interplay between Glottis and Vocal Tract during the Male Passaggio*. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, Vol. 57, pp. 308–327
- Nowakowski, H. (1955). *Die Wirkungen der Sexualhormone auf das Skelet und den Skeletstoffwechsel. In Stoffwechselwirkungen der Steroidhormone*. Zweites Symposium der Deutschen Gesellschaft für Endokrinologie Goslar, S. 93-110
- Pabon, P., Stallinga, R., Södersten, M. & Ternström, S. (2014). *Effects on Vocal Range and Voice Quality of Singing Voice Training: The Classically Trained Female Voice*. *Journal of Voice*, Vol. 28, No. 1, pp. 36–51
- Richter, B. (2014). *Die Stimme*. 2. Auflage. Henschel Verlag

- Rittich, E., Torman, S. & Bock, B. (2018). *Prävention von Stimmstörungen*. Hrsg. Lauer, N., Schrey-Dern, D., Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG
- Roubeau, B., Henrich, N. & Castellengo, M. (2009). *Laryngeal Vibratory Mechanisms: The Notion of Vocal Register Revisited*. *Journal of Voice*, Vol. 23, No. 4, pp. 425–438
- Roy, N., Ryker, K. & Bless, D. (2000). *Vocal violence in actors: An investigation into its acoustic consequences and the effects of hygienic laryngeal release training*. *Journal of Voice*, Vol. 14, No. 2, pp. 215–230
- Rudakow, E. A. (1968). *Die neue Theorie der Bildung der Sängerformanten*. Moskau
- Rudolf, M. (2008). *Biostatistik: Eine Einführung für Biowissenschaftler*. München: Pearson Studium, S. 150–154
- Salbach, A., Grabowski, R. & Stahl de Castrillon, F. (2012). *Der Einfluss orofazialer Dysfunktionen auf die Gebissentwicklung im Milch- und frühen Wechselgebiss*. *Quintessenz*, Ausgabe 63, Nr. 11, S. 1427–1437
- Sataloff R. (1998). *Vocal Health and Pedagogy*. San Diego: Singular Publishing Group
- Schneider-Stickler, B. & Bigenzahn, W. (2013). *Stimmdiagnostik - Ein Leitfaden für die Praxis*. 2. Auflage, Berlin: Springer-Verlag.
- Schneider-Stickler, B., Feichter, F., Bigenzahn, W. & Aichinger, P. (2012). *Stimmfeldmessungen im Vergleich unterschiedlicher kommerzieller Softwareprogramme*. Bonn: 29. Wissenschaftliche Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Phoniatrie und Pädaudiologie e. V.
- Schultz-Coulon, H. (1976). *Zur Bedeutung der kinästhetisch-reflektorischen Phonationskontrolle für die Genauigkeit der Stimme*. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, Vol. 28, Nr. 6, S. 335-348
- Seidner, W. (2006). *Das Phänomen Stimme, Imitation und Identität: 5. Stuttgarter Stimmtage 2004*. Hrsg. Kopfermann, T. St. Ingbert: Röhrig Universitätsverlag
- Seidner, W. & Wendler, J. (1997). *Die Sängerstimme*, 3. Auflage. Berlin: Henschel Verlag
- Sendlmeier, W. & Seebode, J. (2006). *Formantkarten des deutschen Vokalsystems*. TU Berlin, Institut für Sprache und Kommunikation.
- Sieber, F. (1878). *Vollständiges Lehrbuch der Gesangskunst, theoretisch – praktisch*. 2. Auflage, Magdeburg: Heinrichshofen´sche Verlagshandlung
- Sonninen, A. (1970). *Phoniatric viewpoints on hoarseness*. *Acta Oto-Laryngologica*, Vol. 69 (sup263), pp. 68–81.
- Sulter, A., Schutte, H. & Miller, D. (1995). *Differences in Phonetogram Features Between Male and Female Subjects With and Without Vocal Training*. *Journal of Voice*, Vol. 9, No. 4, pp. 363-377
- Sundberg, J. (1970). *Formant Structure and Articulation of Spoken and Sung Vowels*. *Folia Phoniatica et Logopaedica*, Vol. 22, No. 1, pp. 28–48.
- Sundberg, J. (1977). *The Acoustics of the Singing Voice*. *Scientific American*, Inc. pp. 82-99
- Sundberg, J., Thalén, M. & Popeil, L. (2012). *Substyles of Belting: Phonatory and Resonatory Characteristics*. *Journal of Voice*, Vol. 26, No. 1, pp. 44–50

- Tesche, B. (2010). *Stimme und Stimmhygiene*. Idstein: Schulz-Kirchner Verlag GmbH.
- Thurmer, S. (1988). *The tessiturogram*. *Journal of Voice*, Vol. 2, No. 4, pp. 327–329
- Tibshirani, R., Walther, G. & Hastie, T. (2001). *Estimating the number of clusters in a data set via the gap statistic*. *Stanford: J. R. Statistic Soc. B* 63, part 2, pp. 411-423
- Titze, I. (1988). *A framework for the study of vocal registers*. *Journal of Voice*, Vol. 2, Issue 3, pp. 183–194
- Titze, I. (1989). *Physiological and acoustic differences between male and female voices*. *Acoustical Society of America*, Vol. 85, No. 4, pp. 1699-1707
- Titze, I. (2000). *Principles of Voice Production*. Iowa City: National Center for Voice Studies, p.185
- Titze, I. (2014). *Bi-stable vocal fold adduction: a mechanism of modal-falsetto register shifts and mixed registration*. *The Journal of the Acoustical Society of America*. Vol. 135, pp. 2091–2101
- Titze, I., Maxwell, L. & Walker, M. (2016). *A Formant Range Profile for Singers*. *Journal of Voice*, Vol. 31, No. 3, pp. 382.e9–382.e13
- Tontechnik-Rechner – sengspielaudio (2022)
<http://www.sengspielaudio.com/Rechner-centrfrequenz.html>, letzter Zugriff am 08.03.2022
- Van den Berg, J. (1963). *Vocal ligaments versus registers*. *NATS Bulletin*. Vol. 20, pp. 16-21
- Wendler, J., Seidner, W. & Eysholdt, U. (Hrsg.) (2015). *Lehrbuch für Phoniatrie und Pädaudiologie Kapitel 9 Sprech- und Singstimme*. Stuttgart: Thieme, 5. Auflage, S. 96-98
- Wuyts, F., De Bodt, M., Molenberghs, G., Remacle, M., Heylen, L., Millet, B., Van Lierde, K., Raes, J. & Van de Heyning, P. (2000). *The dysphonia severity index: an objective measure of vocal quality based on a multiparameter approach*. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, Vol. 43, pp. 796-809

Anhang

- Informed Consent
- Einwilligungserklärung
- Eidesstattliche Erklärung

„Informed Consent und Einwilligungserklärung“

Regensburg, _____

Sehr geehrte:r Studienteilnehmer:in,

ich bin Studierende im Studiengang „Speech, Communication and Rhetoric“ in Sprechwissenschaft und Sprecherziehung an der Universität Regensburg und bitte Sie, an der nachfolgend beschriebenen Studie teilzunehmen. Betreuer meiner Studie wird Herr PD Dr. Wieland Kranich sein.

1. Was ist das Ziel der Studie?

Ziel der Studie ist es, herauszufinden, inwieweit sich bei männlichen und weiblichen Laienstimmen verschiedene Stimmgattungen (Bass/ Bariton/ Tenor/ Alt/ Mezzosopran/ Sopran) innerhalb einer standardisierten Stimmfeldmessung clustern lassen und ob sich aus den Ergebnissen ggf. Hinweise oder Empfehlungen für Stimmbildung, Gesangsunterricht, Singen in Laienchören und evtl. Stimmtherapien ableiten lassen.

2. Weshalb kommen Sie für eine Teilnahme an der Studie infrage?

Einschlusskriterien sind:

- Volljährig
- Nicht-Sänger:in oder Laiensänger:in

Ausschlusskriterien sind:

- Bestehende vom Arzt diagnostizierte Stimmstörung
- Akute Kehlkopfentzündung oder Erkrankung des Atemapparats während der Studiendurchführung
- Professionelle Gesangsausbildung

3. Was erwartet mich, wenn ich in eine Teilnahme einwillige?

Es wird eine experimentelle, kontrollierte Studie mit Nicht- und Laiensänger:innen durchgeführt. Alle Teilnehmer:innen machen eine Stimmfeldmessung entsprechend der standardisierten Vorgaben. Zudem werden anhand eines Fragebogens Daten erhoben, die für die Auswertung der Ergebnisse relevant sind.

4. Welche möglichen Vor- und Nachteile habe ich von der Studie?

Sie erhalten durch Ihre Studienteilnahme eine kostenlose Stimmanalyse mittels Stimmfeldmessung sowie eine eventuelle Stimmberatung durch eine staatlich geprüfte Logopädin.

5. Was sind meine Rechte bei der Teilnahme an der Studie?

Die Teilnahme an dieser Studie ist freiwillig. Sie werden also nur dann einbezogen, wenn Sie dazu schriftlich Ihre Einwilligung erklären. Sofern Sie nicht an der Studie teilnehmen oder später aus ihr ausscheiden möchten, erwachsen Ihnen daraus keine Nachteile.

6. Was geschieht mit den Daten bzw. den Informationen aus der Studie?

Alle erhobenen Daten unterliegen dem Datenschutz und fließen ausschließlich in anonymisierter Form in die Auswertung und Analyse der Ergebnisse ein.

Sie haben das Recht, über die von Ihnen stammenden personenbezogenen Daten Auskunft zu verlangen und über möglicherweise anfallende personenbezogene Ergebnisse der Studie gegebenenfalls informiert zu werden. Die Aufzeichnung bzw. Speicherung erfolgt für die Dauer von zehn Jahren. Im Falle des Widerrufs des Einverständnisses werden die bereits erhobenen Daten entweder gelöscht oder anonymisiert und in dieser Form weiter genutzt.

7. An wen kann ich mich wenden, wenn ich weitere Fragen habe?

Verena Landspersky
(Adresse)

Regensburg.....

Ort, Datum

.....

Unterschrift der studierendurchführenden Person

Einwilligungserklärung

Verena Landspersky
(Adresse)

„Identifikation natürlicher Stimmgattungen bei Nicht- und Laiensänger:innen“

.....

Vorname und Name der/des Studienteilnehmer:in in Druckbuchstaben

Ich wurde von Frau Landspersky vollständig über Wesen, Bedeutung und Tragweite der oben genannten Studie aufgeklärt. Ich habe das Informationsmaterial gelesen und verstanden. Ich hatte die Möglichkeit, Fragen zu stellen und Antworten zu erhalten. Ich bin über den möglichen Nutzen der Studie informiert.

Ich weiß, dass ich jederzeit und ohne Angabe von Gründen meine Einwilligung widerrufen kann, ohne dass sich dieser Entschluss nachteilig auf mich auswirken wird.

Mir ist bekannt, dass meine Daten zehn Jahre gespeichert werden und die Studienergebnisse in anonymisierter Form für eine Abschluss-/ Qualifikationsarbeit und ggf. für wissenschaftliche Zwecke (z. B. Fachzeitschrift) verwendet werden. Aus meiner Beteiligung an der Studie entstehen mir weder Kosten, noch werde ich dafür finanziell entschädigt.

Ich habe eine Kopie des schriftlichen Informationsmaterials sowie dieser Einwilligungserklärung erhalten.

Hiermit erkläre ich meine freiwillige Teilnahme an der Studie „Identifikation natürlicher Stimmgattungen bei Nicht- und Laiensänger:innen“.

Regensburg.....

Ort, Datum

.....
Unterschrift der/ des Studienteilnehmer:in

Regensburg.....

Ort, Datum

.....
Unterschrift der studierendurchführenden Person

Eidesstattliche Erklärung zur Prüfungsleistung

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Titel „Identifikation natürlicher Stimmgattungen bei Nicht- und Laiensänger:innen - Sind Stimmgattungen angeboren oder erworben?“ selbstständig verfasst und keine anderen Hilfsmittel als die angegebenen verwendet habe. Die Stellen, die anderen Werken (gilt ebenso für Werke aus elektronischen Datenbanken oder aus dem Internet) wörtlich oder sinngemäß entnommen sind, habe ich unter Angabe der Quelle und Einhaltung der Regeln wissenschaftlichen Zitierens kenntlich gemacht. Diese Versicherung umfasst auch in der Arbeit verwendete bildliche Darstellungen, Tabellen, Kartenskizzen und gelieferte Zeichnungen. Mir ist bewusst, dass Täuschungen nach der für mich gültigen Studien- und Prüfungsordnung geahndet werden. Die vorgelegten Druckexemplare und die vorgelegte digitale Version sind identisch.

Passau, _____
Ort, Datum

Unterschrift der Verfasserin