

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN KUNSTGESANG

I. ATEM- UND KEHLKOPFBEWEGUNGEN

VON

DR. MAX NADOLECZNY

PRIVATDOZENT AN DER UNIVERSITÄT IN MÜNCHEN

MIT 73 ABBILDUNGEN
UND 14 TABELLEN



BERLIN
VERLAG VON JULIUS SPRINGER
1923

ISBN-13: 978-3-642-98356-6 e-ISBN-13: 978-3-642-99168-4
DOI: 10.1007/978-3-642-99168-4

ALLE RECHTE, INSBESONDERE DAS DER
ÜBERSETZUNG IN FREMDE SPRACHEN, VORBEHALTEN.
COPYRIGHT 1923 BY JULIUS SPRINGER IN BERLIN.
SOFTCOVER REPRINT OF THE HARDCOVER 1ST EDITION 1923

DEM ANDENKEN
MEINES HOCHVEREHRTEN LEHRERS UND FREUNDES
PROFESSOR DR. HERMANN GUTZMANN

Vorwort.

Dieses Buch ist nicht aus der Absicht entstanden, eine Physiologie der Singstimme zu schreiben, die nur eine Wiederholung bekannter Tatsachen in veränderter Form mit entsprechenden Ergänzungen sein könnte. Jene Tatsachen werden im großen und ganzen vorausgesetzt. Auf frühere Arbeiten mußte nur dort zurückgegriffen werden, wo die bisherigen Handbücher Lücken aufweisen, sei es in Darstellung der Entwicklung einer Lehre, sei es in Literaturangaben, also um der geschichtlichen Gerechtigkeit willen.

Der Kunstgesang erscheint uns trotz der bisherigen physiologischen Arbeit noch als ein ungelöstes und schwieriges Problem. Vielleicht wird die experimentelle Phonetik dessen Lösung ermöglichen. Inwieweit mir dieser Versuch einer Phonetik des Kunstgesangs gelungen sei, möge der — physiologisch vorgebildete — Leser beurteilen und er möge dabei berücksichtigen, welche Schwierigkeiten einem solchen Unternehmen entgegenstehen.

München, Weihnachten 1922.

M. Nadoleczny.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung	1
I. Untersuchungsapparate	6
II. Untersuchungsmethodik	8
Atembewegungen der Brust, des Bauches und des Kehlkopfs, die „Ruhekurve“. S. 10.	
III. Die Versuchspersonen, ihr Vorstellungstypus und ihre Singstimmen.	15
Untersuchungsbefunde der oberen Luftwege. S. 16. — Vorstellungstypus. S. 18. — Stimmumfänge und Stimmgattungen. S. 25. — Register der Gesangstimme. S. 33. — Registerdefinition. S. 45.	
IV. Inneres Singen. Atem- und Kehlkopfbewegungen beim Hören und Vorstellen von Tönen und Gesangsklängen	46
Bisherige Untersuchungen der Atembewegungen. S. 46. — Kehlkopfbewegungen. S. 48. — Frage der Bewegungsvorstellungen. S. 50. — Eigene Versuchsanordnung. S. 52. — Berechnungsverfahren. S. 53. — Beispiel der rechnerischen Darstellung von Atemkurven. S. 55. — Der Einfluß der Tonwahrnehmung auf Atmung und Kehlkopfstellung von Sängern. S. 61. — Der Einfluß des Vorstellens von Singtönen auf Atmung und Kehlkopfbewegung von Sängern. S. 69. — Atemstütze. S. 76. — Einstellbewegung. S. 77. — Kehlkopfbewegungen. S. 78. — Ergebnisse. S. 81.	
V. Bewegungen der Atmung und des Kehlkopfs beim Singen einfacher Töne	83
Singatemkurven. S. 84. — Stärke und Dauer der Töne. S. 89. — Kehlkopfbewegungen. S. 92. — Bewegungsgröße. S. 93. — Bewegungsrichtung. S. 96. — Bewegungsform. S. 97. — Bewegungsform der Ein- und Abstellung. S. 99. — Schwelltöne. S. 107. — Ergebnisse. S. 116.	
VI. Bewegungen der Atmung und des Kehlkopfs beim Singen von Tonleitern und Tonfolgen in kleinen und großen Intervallen	117
Entwicklung der Lehre von den Atem- und Kehlkopfbewegungen beim Singen	
	118
Singatmung. S. 118. — Kehlkopfbewegungen. S. 126. — Decken. S. 134.	
Eigene Versuche.	
A. Tonleitern	135
Atmung. S. 137. — Kehlkopfbewegungen. S. 152. — Die Registerfrage. S. 163.	
B. Terzen	176
C. Dreiklänge	178
Atmung. S. 179. — Kehlkopfbewegungen. S. 187.	

D. Oktavsprünge	188
Ergebnisse. S. 194.	
VII. Die Atembewegungen beim Singen musikalischer Phrasen	196
Bisherige Forschungen. S. 196. — Eigene Versuche mit ausgewählten Probeaufgaben. S. 200. — Die Singzeit. S. 201. — Atemfrequenz. S. 207. — Relative Dauer der Ein- und Ausatmung. S. 217. — Ein- und Ausatmungshöhe. S. 228. — Relative mittlere Geschwindigkeit. S. 230. — Kurvenform. S. 231. — Ergebnisse. S. 233.	
VIII. Der Triller	234
Historisches. S. 234. — Vorversuche; Halb- und Ganztonintervalle. S. 236. — Rhythmisierung. S. 239. — Tonfolgen im Halb- und Ganz- tonintervall. S. 241. — Rhythmisierung der letzteren. S. 242. — Trillern. S. 243. — Atembewegungen. S. 245. — Kehlkopfbewegungen. S. 247. — Gleichmäßigkeit. S. 248. — Schlagzahl. S. 249. — Tonhöhe. S. 251. — Tonstärke. S. 252. — Dauer. S. 253. — Rhythmisierung des Trillers. S. 253. — Einleitung zum Triller. S. 254. — Nachschlag. S. 255. — Verlauf der Bewegung beim einzelnen Schlag. S. 256. — Stummes Trillern. S. 260. — Ergebnisse. S. 260.	
Schlußwort	261
Literaturverzeichnis	263

Einleitung.

Als ich vor nunmehr 10 Jahren mit den ersten Voruntersuchungen begann, von denen diese Arbeit ausgeht, war meine Absicht, mir Klarheit über jene Vorgänge beim Singen zu verschaffen, wovon in den Schriften der Gesangslehrer so viel Unklares und Widerspruchsvolles, um nicht zu sagen Ungereimtes geschrieben steht. Mit der Feststellung dieser bedauerlichen Tatsache möchte ich nicht in überhebender Weise den Stab über jene Veröffentlichungen brechen. Man muß nämlich von vornherein daran festhalten, daß Äußerungen von Künstlern und Wissenschaftlern nicht mit gleichem Maße gemessen werden dürfen, weil sie in verschiedenen Zungen reden. Den einen kommt es darauf an, einen passenden Ausdruck für die Wahrnehmung ihrer Empfindungen zu geben, gewöhnlich im Sinn des Vergleichs. Ihre Phantasie läßt sie unter Umständen auch technische Worte wählen und eine Sprache sprechen, die ihnen liegt, unbekümmert um strenge Begriffsbestimmungen. Dazu kommt noch, daß die musikalische Terminologie etwas historisch Gewachsenes ist. Demgegenüber versucht die Wissenschaft, wenn sie solche Worte hört, sich auch etwas Allgemeingültiges dabei zu denken, und sie ist nicht damit einverstanden, wenn ihren Bezeichnungen andere Begriffe untergelegt werden. So entsteht ein Aneinandervorbeireden, ein Kampf um Worte, denen die Begriffe fehlen oder nicht angepaßt sind.

Ein zweiter Anlaß zu Irrtümern liegt darin, daß der ausübende Künstler, der sich bisweilen selbst beobachtet, unter dem Einfluß irgendeiner Schulmeinung bestimmte Bewegungen auszuführen oder Vorgänge an sich wahrzunehmen glaubt, die nicht oder nicht in der angenommenen Weise ablaufen. Er kann also kein objektiver Beobachter sein, weil er nicht dazu geschult ist, weil er häufig von falschen Annahmen ausgeht und weil er eben gerade als Künstler zum Beobachter durchaus nicht veranlagt ist.

Ein dritter Übelstand bei der Beurteilung jener Vorgänge, der wohl kaum jemals ganz überwunden wird, liegt in dem Verhältnis zwischen phonetischer Beobachtung und Feststellung einerseits und ästhetischer Bewertung einer stimmlichen Leistung andererseits. Der Untersucher wird hier unglücklicherweise zum Kritiker. Diese Schwie-

rigkeit versuchte ich zu umgehen durch Beobachtung an möglichst vielen Sängern und Sängerinnen. Dazu war aber eine lange Zeit nötig, denn die Versuchspersonen stehen einem nicht immer zur Verfügung, ihre Zeit ist beschränkt, und nur im Lauf der Jahre gelingt es, genügend zahlreiche Ergebnisse zu sammeln. Auf solche Art bekommt man Durchschnittswerte und auch durch Erfahrung ein möglichst unbeeinflusstes Urteil über die Schönheit stimmlicher Leistung. Die Verwertung von Beobachtungen an von der Kritik einstimmig bewunderten Künstlern von Weltruf ist für die Gesamtheit der Darstellung ebenfalls von Vorteil, jedoch nicht ausschlaggebend. Denn gerade die Ausnahme kann hier auf einer besonderen Naturanlage beruhen und für andere ungültige Untersuchungsergebnisse liefern. Jedenfalls ist es mir gelungen, diese Untersuchungen auf Beobachtungen an so zahlreichen Künstlern zu gründen, wie sie bis jetzt keiner andern Arbeit zugrunde liegen. Das verdanke ich den Versuchspersonen selbst und ferner einer Anzahl von Gesangslehrern und -lehrerinnen, die meinen Bestrebungen ein wohlwollendes Verständnis entgegenbrachten. Daß es nicht möglich war, alle in Betracht kommenden Untersuchungen an allen Personen durchzuführen, wird niemand wundernehmen. Allzu große Anforderungen an Zeit und Geduld derselben durfte ich nicht stellen. Ferner sind nicht alle Versuchspersonen geeignet für zeitraubende und unbequeme Versuche, die viel Geduld und Ruhe erfordern. Schließlich sind leider einige derselben Opfer des Weltkrieges geworden, der auch Veranlassung gab, die Arbeit um praktisch wichtigerer ärztlicher Tätigkeit willen zeitweise zu unterbrechen.

Es erhob sich die Frage, sollte man einige wenige Sänger mit allen Untersuchungsapparaten und -methoden gewissermaßen von A bis Z durchuntersuchen oder sollte man von allgemeinen Gesichtspunkten ausgehend, hauptsächlich wichtige Fragestellungen bei der Untersuchung der meisten Sänger in den Vordergrund stellen, also zunächst nur nach bestimmten Richtungen hin beobachten und Nebensächlicheres in kleineren Untersuchungsreihen erledigen oder nur andeuten. Der letzte Weg schien mehr Erfolg zu versprechen. Damit war aber eine gewisse Ungleichheit in der quantitativen Stütze verschiedener Ergebnisse unvermeidlich. Größere Untersuchungsreihen wie z. B. über Atmung beim Tonleitersingen haben demnach mehr Anspruch auf Anerkennung ihrer Ergebnisse als kleinere Untersuchungsreihen, denen nach der Zahl der Versuchspersonen und der Untersuchungen selbst nebensächlichere Bedeutung zukommt, obwohl sie bisweilen an sich nicht ohne Belang sind. Wenn diese kleineren Versuchsreihen und ihre Ergebnisse in die folgenden Kapitel eingeschaltet wurden, so geschah das aus zwei Gründen. Einerseits schien es zweckmäßig, sie in den Rahmen des Ganzen einzufügen, um ein vollständigeres Bild

der Vorgänge beim Kunstgesang zu erhalten. Andererseits handelt es sich dabei um phonetische Fragestellungen, die im Zusammenhang nicht umgangen werden konnten, wenn auch ihre Weiterbehandlung der Zukunft vorbehalten bleiben muß.

Die Versuchspersonen wurden daher einer Anzahl wichtigerer Untersuchungen hauptsächlich, d. h. fast immer unterzogen. Andere phonetische Versuche dagegen wurden je nach Eigenart jener Personen vorgenommen. Nur ein kleiner Teil der letzteren hatte Zeit und Lust zu ausgedehnten Versuchen. Diesen Sängern müssen wir für ihre Langmut besonders dankbar sein, weil sie es ermöglichten, eine ganze Reihe von Beobachtungen und Kontrollversuchen an ein und derselben Versuchsperson vorzunehmen. Wäre von der Gesamtheit der Sänger und Sängerinnen verlangt worden, sie sollten sich für alle hier in Betracht kommenden Untersuchungsmethoden der Pneumographie, Laryngographie, Atemvolummessung bei den verschiedenartigsten stimmlichen Leistungen wiederholt zur Verfügung stellen, so würde diese Arbeit wohl nicht möglich geworden sein, denn nur verschwindend wenige hätten die dazu nötige Zeit aufbringen können. Daß sich die Arbeit trotzdem auf recht zahlreiche phonetische Untersuchungen stützen kann, liegt aber, abgesehen von der beträchtlichen Zahl der Versuchspersonen, auch daran, daß an denselben Versuchspersonen, in großen Zwischenräumen, z. T. nach Jahren, ergänzende Aufnahmen und Kontrollversuche vorgenommen wurden.

Das gesammelte Material diente zur Behandlung einer Reihe von Fragen, die, abgesehen von den hier erörterten, teils schon angedeutet, teils einer späteren Darlegung vorbehalten sind, weil sie, sei es hinsichtlich des Untersuchungsumfanges oder der Untersuchungsverfahren, noch nicht genügend verarbeitet werden konnten. So kann die Arbeit, deren Vorwurf notgedrungen eine große Ausdehnung hat, vorläufig nur Bruchstücke liefern. Eine vollkommen fertige Durcharbeitung des ganzen Arbeitsplanes aber würde infolge der erwähnten äußeren Schwierigkeiten der Arbeitsweise so lange Zeit in Anspruch nehmen, daß in Jahren nicht mit einem Abschluß derselben gerechnet werden könnte.

Der ursprüngliche Zweck war, jene Bewegungen zunächst der Atmung, dann des Kehlkopfes festzustellen, die wir bei verschiedenen Stimmgattungen als normal bezeichnen können. Von den Bewegungen des Artikulationsorgans wurde vorläufig abgesehen und ihr Einfluß möglichst ausgeschaltet. So suchte ich eine Grundlage zu schaffen für die Erkenntnis des phonetisch Fehlerhaften und damit zur genaueren Erforschung der Ursachen der Phonasthenie, jener durch technisch falschen Gebrauch der Stimmwerkzeuge im weitesten Sinn des Wortes hervorgerufenen funktionellen Stimmschwäche der Sänger.

Nach den ersten Voruntersuchungen über Atmung, Kehlkopfstel-

lung und -bewegung beim Kunstgesang mittels graphischer Aufnahme der Atembewegungen beim Auf- und Abwärtssingen durch den ganzen Stimmumfang, sowie durch Betasten und Betrachten der Kehlkopfbewegungen, habe ich mich überzeugt, daß es zweckmäßiger sei, zunächst einmal die einfachsten unwillkürlichen Bewegungen der Atmung und des Kehlkopfes zu untersuchen, unabhängig von aktiven musikalischen Leistungen, und auf diese erst später einzugehen, weil unsere Kenntnisse von den allereinfachsten Bewegungen mir noch unvollkommen genug schienen. Es wurde daher nötig, mit der Beobachtung von musikalisch uninteressanten Vorgängen anzufangen, die jedoch für den Psychologen nicht ohne Belang sind, und erst später von musikalischen Gesichtspunkten auszugehen und Tonfolgen zu wählen, die in der Gesangkunst gebräuchlich sind. Aber auch solche, z. B. der Dreiklang oder die achtstufige Tonleiter, waren in mancher Hinsicht nicht einfach genug, weshalb zuerst einzelne Töne und kurze Tonfolgen von zwei Tönen den Beobachtungen zugrunde gelegt wurden.

Während MUSEHOLD durch seine stroboskopischen Untersuchungen Licht in die Vorgänge im Kehlkopffinnern bei verschiedenen Arten der Stimmgebung gebracht hat, fehlen auf dem oben genannten Gebiet umfassende Beobachtungen. Freilich sind Versuche gemacht worden, durch Betrachtung, Betastung oder graphische Wiedergabe die Vorgänge der Atmung und Kehlkopfbewegung aufzuhellen, aber sie sind teils unvollkommen und halten daher der Kritik nicht stand, teils beziehen sie sich nur auf eine kleine Anzahl Untersucher. Was bisher bekannt ist, soll bei der Besprechung einzelner Vorgänge erwähnt werden. Es ist teilweise dargestellt in dem bekannten Buch von ERNST BARTH, ferner in den Arbeiten von GUTZMANN, FLATAU u. a.

Auf Grund solcher Überlegungen wandte ich mich zuerst der Erforschung der unwillkürlichen Bewegungen der Atmung und des Kehlkopfes zu, die schon beim Hören einfacher Töne auftreten, ferner aber jener Bewegungen, die bei lebhaftem Vorstellen von Gesangstönen zu beobachten sind. Hier tauchte nun die Frage auf, wie es sich mit den sogenannten Bewegungsvorstellungen beim vorgestellten Singen verhalte und ob es sich nicht dabei um wirkliche Bewegungen stark motorisch Veranlagter handle — ich glaube das im Kapitel „Über das innere Singen“ bewiesen zu haben. Ferner war eine psychologische Betrachtung des Vorstellungstypus unserer Versuchspersonen wenigstens in groben Umrissen nötig. Beim Studium der willkürlichen Bewegungen wurde auch versucht, den Beziehungen zwischen psychischer Einstellung auf bestimmte Teilfunktionen des Singens und den Kehlkopf- bzw. Atembewegungen näherzutreten, also die Einstellungsbewegungen der beiden Muskelgruppen weiter zu untersuchen. So ergaben sich auch gewisse Beobachtungen über den Ablauf der will-

kürlichen Atem- und Kehlkopfbewegungen bei deren einfachster Form: der Bildung eines einzelnen Tones.

Da aber der Musiklaut kaum einzeln vorkommt, so müssen die Ergebnisse der Untersuchung anders ausfallen, wenn er von der Ruhelage aus gebildet wird, anders wenn er in Zusammenhang mit anderen Gesangsklängen steht. Deshalb reihen sich hieran Beobachtungen über zwei Tonfolgen im Ganzton- und Halbtonschritt, über Terzen, Oktavsprünge, Tonleitern, einige musikalische Phrasen und Triller, die der stimmlichen Leistung der sechs Stimmgattungen jeweils angepaßt waren. Es lag also ein festes musikalisches Programm zugrunde.

Neben der Beobachtung mit dem Auge und der Betastung wurden zahlreiche graphische Aufnahmen gemacht, zum Teil durch die ersten Methoden kontrolliert, zum Teil aber auch zur Erfassung schnell ablaufender kleiner Bewegungen, die anders nicht erkannt werden konnten. Die Graphik ist zwar unter dem Namen der Schreibhebelphysiologie vielfach einer gewissen Mißachtung anheimgefallen, ihre Anwendung, namentlich am Kehlkopf, ist schwierig und begrenzt. Gleichwohl möchte ich sie nicht missen und darf mich in dieser Frage auf POIROT berufen, der ausdrücklich bemerkt: „Auf die Graphik deshalb zu verzichten wäre jedoch natürlich töricht, nur muß sie durch Beobachtung stets kontrolliert werden.“

Daß auf solche Untersuchungen keine Gesangsmethode begründet werden will, sei zur Vermeidung von Mißverständnissen vorsichtshalber betont. Die Lehrweise beim Singen muß andere Wege gehen, wenn auch der Lehrer die Ergebnisse phonetischer Forschung kennen soll und verwenden kann. Zunächst muß er sich aber doch an das Nachahmungsvermögen, an das Ohr des Schülers wenden und dessen Vorstellungstyp berücksichtigen (H. STERN). Die Kenntnis von Einzelheiten der Bewegungsvorgänge nützt dem Schüler nämlich gar nichts, im Gegenteil, sie kann dazu führen, daß der automatisch unbewußte Ablauf der Gesamtbewegung durch das Dazwischentreten der Aufmerksamkeit auf Teilvergänge gehemmt oder gestört wird.

I. Untersuchungsapparate.

Zu den Untersuchungen dienten folgende Apparate: ein einfaches Kymographion mit Uhrwerk und Friktionsscheibe, das auf eine Trommelgeschwindigkeit zwischen 2,5 und 10 mm pro Sekunde einstellbar ist, wurde bei den Vorversuchen angewendet. Trommelhöhe 13,5 cm. Das Uhrwerk läuft nicht geräuschlos. Alle späteren graphischen Aufnahmen geschahen mit einem Zimmermannschen Registrierapparat Nr. 2505 nach Zuntz mit 180 mm hoher Trommel, Heringsscher Schleife und geräuschlosem langsamen Lauf. Der schnelle Lauf ohne Windflügel gibt ein leises Geräusch. Die am meisten benutzten Geschwindigkeiten waren: 2,8—6 sec/mm als langsamer und 20—43 sec/mm als schneller Gang, je nach Einstellung der Drehscheibe und je nachdem das Uhrwerk ganz aufgezoogen oder ziemlich abgelaufen war, wobei die eigentliche Anfangsgeschwindigkeit nicht mit berechnet ist, da sie für die Untersuchungen nicht in Betracht kam. Der Zeitschreibung diente anfangs eine einfache geräuschlose Zeitmarke von Zimmermann Nr. 1853, die eine fünftel Sekunde zeichnet. Später wurde ausschließlich ein Metronom verwendet, gewöhnlich auf halbe Sekunden eingestellt, dessen Pendel einseitig, also bei jedem zweiten Schlag, auf eine Gummikapsel aufschlug, die mit einer Mareyschen Trommel verbunden war. Bei schnellem Lauf aber zeichnete eine elektromagnetische Gabel 50 D. S. in der Sekunde (Zimmermann Nr. 1703). Während diese Gabel einen leisen Brummtönen erzeugt, war das Ticken des Metronoms ziemlich laut. Es ist zweckmäßig, die elektromagnetische Gabel gegen die Bewegungsrichtung der Trommel schreiben zu lassen, sie also so aufzustellen, daß ihre Schwingungen die Schreibhebel der anderen Apparate nicht beeinflussen.

Zwei Gutzmannsche Gürtelpneumographen, verbunden mit zwei Mareyschen Trommeln, deren Schreibhebel aus dünnem Fischbein 19 mm lang sind, eine Länge, die nur für so langsame grobe Bewegungen verwertbar ist, übertrugen die Atembewegungen in der Höhe der Brustwarzen und vom Epigastrium auf die Trommel. Sie wurden gewöhnlich so angelegt, daß die Kurvenhöhe bei der Ruheatmung in beiden Kurven nach dem Augenmaß gleich war. Ventile an den zugehörigen Schläuchen dienen zum Ausgleich des Drucks und ersparen die umständlichen Doppelmanometer von C. ROTHE. Den Puls zeichnete, wo er mitregistriert wurde, ein Schreibhebel auf, der mit einer Gummikapsel in Verbindung stand, die eine kleine Korkpelotte trug und gewöhnlich am Hals der Karotis auflag, befestigt durch eine lockere Binde. Die so gewonnenen Kurven waren genügend und entsprachen jenen, die EDGREN mit einem wenig schleudernenden Sphygmographen von der Karotis aufgenommen hat. Bei Atemvolummessung stand mir ein Original-Atemvolumschreiber von GUTZMANN-WETHLO zur Verfügung. Den Apparat hat Gutzmann zur Messung der relativen Intensität der menschlichen Stimme verwendet und bei dieser Gelegenheit beschrieben. Es ist ein Balgapparat aus dünnstem Zephyrleder, der durch ein verschiebbares Gegen-

gewicht ausbalanciert ist, sich deshalb sehr leicht mit Luft füllt und auch verhältnismäßig empfindlich ist. Sein Führungshebel trägt einen Gradschreiber, wodurch die Bogenschreibung vermieden wird. Am Index des Führungshebels läßt sich die jeweilige Füllung des Balges, der bis zu 800 ccm faßt, an Teilstrichen zu je 2 ccm ablesen. Daraus ließ sich berechnen, daß eine Strecke von 1 mm, die der Volumschreiber senkrecht aufzeichnet, einer Luftmenge von 6,25 ccm entspricht. Das dazugehörige Mundstück liegt luftdicht an und ist mit einer Klappe versehen, deren zeitweises Öffnen und Schließen gestattet, den Luftstrom zeitweise zu messen, also Teilmengen desselben aufzufangen, z. B. bei einem langgehaltenen Ton den Anfang und das Ende, die dann als zwei nebeneinander gezeichnete Kurven verglichen werden können. Diese Einrichtung hat ferner den Vorteil, daß man die Qualität des Tones mit dem Ohr prüfen kann, bevor die Klappe geschlossen wird und der Apparat in Tätigkeit tritt. Die damit aufgenommenen Kurven dürfen aber erst beurteilt werden, wenn man die Eigenschwingungen des Systems und dessen Trägheit berücksichtigt. Der Apparat ist empfindlich genug, um den Einfluß der kardiopneumatischen Bewegung auf die Stimmstärke zu messen, wie ich in meiner Arbeit „Über das pulsatorische Tremolo der Singstimme“ gezeigt habe. Dort habe ich auch nachgewiesen, daß der Apparat in leerem Zustand eine Eigenschwingung von drei Doppelschwingungen in der Sekunde, im luftgefüllten Zustand aber etwa von 24 Doppelschwingungen hat, und wie der Trägheitswiderstand des ganzen Systems die damit aufgenommenen Kurven beeinflußt.

Zur Aufnahme von Kehlkopfschwingungen wurde fast ausschließlich der Laryngograph von ZWAARDEMAKER verwendet, den ich von Kagenaar bezogen habe. Mit ihm waren zwei Schreibkapseln nach GUTZMANN (von Ganske) verbunden, während eine dritte auf gleichem Stativ die Zeit aufschrieb oder Pulskurven wiedergab. Die Schreibhebel aus hohlem Stroh sind 12,5 cm lang und tragen Schreibspitzen aus dünnem Papier. Auf den Laryngographen von GUTZMANN mußte ich nach einigen Versuchen wieder verzichten, weil er trotz des Vorteils freier Beweglichkeit des Kopfs und Körpers von den Sängern abgelehnt wurde, denen das brillenähnliche Gestell auf der Nase zu unangenehm war. Da aber andererseits der ZWAARDEMAKERSche Apparat eine Fixation des Kopfes nötig macht, die merkwürdigerweise weniger störend empfunden wurde wie das Gestell des GUTZMANNschen Laryngographen, so wurde zu jenem Zweck ein schwerer laryngologischer Operationsstuhl mit Armlehnen, verstellbarer Sitzfläche und Kopfstütze benutzt, der neben großer Stabilität den Vorteil bequemen Sitzens hat. Der ZWAARDEMAKERSche Laryngograph selbst war auf einem schweren eisernen Dreifuß befestigt.

Die Aufzeichnung der Stimmerschwingungen geschah mit verschiedenen Kehltontonschreibern, und zwar nach GUTZMANN-WETHLO besonders für männliche und nach CALZIA-SCHNEIDER für weibliche Stimmen, beides mit Original-Apparaten. Es sei hier schon darauf hingewiesen, daß es sich dabei nicht um Kurven zum Zweck der Klanganalyse, gewöhnlich nicht einmal der Tonhöhenmessung handelt, sondern nur um die Aufzeichnung des Anfangs und des Endes bzw. der Dauer eines Stimmklanges. Gewöhnlich wurden die Fibrationen der Nasenluft beim Summen durch eine Glasölve mit weiter Öffnung zum Kehltontschreiber geleitet. Als Tonquellen zum Nachsingen dienen ein Stimmpfeifchen und BEZOLD-EDELMANNsche Stimmgabeln, manche Töne wurden auch vorgesummt.

Bevor die Anwendung der graphischen Darstellung besprochen wird, ist es nötig auf einige Fehlerquellen einzugehen und die Grenzen festzustellen, die dieser Arbeitsweise gezogen sind.

Den gleichmäßigen Gang der Trommel zeigt uns die Zeitkurve. Es ist nötig zu prüfen, ob die Kapseln dicht sind, wenn sie steil abfallende Kurven liefern, oder ob nicht die Schreibhebel auf den Kapselrand aufstoßen und so Schleppkurven

zeichnen, die allerdings bei den GUTZMANNschen Kapseln unmöglich sind. Ferner darf in den pneumographischen Schläuchen kein Überdruck herrschen, weshalb sie zweckmäßig mit Ventilen versehen sind. Die Gürtelpneumographen geben nur die Brustkorbbewegungen an jenen Stellen, wo sie anliegen, wieder. SCHILLING hat nach Abschluß dieser Arbeiten darauf hingewiesen, daß sie „einen komplexen aus Umfangsveränderung und Durchmesser Verschiebung zusammengesetzten Vorgang“ registrieren und daß Anfangsspannung und Nachdehnung der Gürtel dabei mitspielen. Die Pneumographie ist eben kein exaktes Meßverfahren. Daß dem ZWAARDEMAKERSchen Apparat gewisse Grenzen gezogen sind, innerhalb deren er annähernd genau wiedergibt, hat schon GUTZMANN gezeigt. In einer ausführlichen experimentellen Arbeit „Über Richtigkeit und Fehler der Aufschreibung von Kehlkopfcurven mit dem Zwaardemakerschen Apparat, nebst einer Prüfung seiner Leistungsfähigkeit“ gelang es mir nachzuweisen, daß dieser Apparat „im ganzen gute Wiedergaben liefert. Er zeichnet Vor- und Rückwärtsbewegungen innerhalb eines Spielraums von weniger als 1 bis zu 3 mm ziemlich richtig, vergrößert aber die einfachen Vorwärtsbewegungen ein wenig. Er registriert die Auf- und Abwärtsbewegungen innerhalb eines Spielraumes von etwa 10 bis 15 mm über oder unter der Ruhelage annähernd richtig, und zwar besser die letzteren, also etwas mehr, als GUTZMANN annimmt, vorausgesetzt, daß er richtig horizontal steht und nicht abgleitet, also bei nicht allzu großen einmaligen Bewegungen“. Vom Abgleiten wird später noch die Rede sein. Gleichzeitig mit der Vertikalbewegung muß sich eine scheinbare Horizontalbewegung aufzeichnen, und zwar nach rückwärts, falls der Kehlkopf genau in der Senkrechten auf- und absteige. Das tut er in Wirklichkeit aber nicht. Wenn sich also beim Aufsteigen oder Senken keine Rückwärtsbewegungen oder gar eine solche nach vorwärts in den Kurven zeigt, so beweist das ein erhebliches Vorrücken; zeigt sich neben der Steigung oder Senkung eine Rückwärtsbewegung, so muß diese schon erheblich sein, wenn sie einer tatsächlichen Rückwärtsbewegung des Kehlkopfs entsprechen soll; „erheblich“ freilich nur im Sinne von ungefähr 1 mm.

II. Untersuchungsmethodik.

Die Ruhekurve. Die Aufstellung der Apparate auf einem langen, festen Tisch mit dem schweren Untersuchungsstuhl davor war derartig, daß die Versuchsperson die Aufnahme nicht beobachten konnte. Hinter ihr saß der eine Beobachter und kontrollierte die Wiedergabeapparate. Neben ihm hielt meist ein zweiter Beobachter die Lage der Aufnahmeapparate im Auge. Vor der Versuchsperson stand nur der Laryngograph.

Die Untersuchungen wurden in einem stillen, vom Straßenlärm selten erreichten Zimmer vorgenommen. Daß den Untersuchten nicht gesagt wurde, worauf es ankam, ist wohl selbstverständlich. Sie wurden nur beauftragt, ruhig zu sitzen und die ihnen vorgesungenen oder mit der Stimmpfeife oder mit Stimmgabeln zu Gehör gebrachten Töne nachzusingen. Ob dabei überhaupt ein Apparat in Tätigkeit war, blieb ihnen verborgen. Das Kymographion wurde nämlich oft erst nach

mehrmaliger Wiederholung der Aufgabe in Lauf gebracht, niemals bevor die Ruheatmung regelmäßig und ziemlich gleichmäßig geworden war, also Erscheinungen der Aufmerksamkeit und der gespannten Erwartung wenigstens einigermaßen abgeklungen waren. Auf eine Wiederholung von Versuchen wurde gewöhnlich verzichtet, sobald die Versuchspersonen deren Zweck vermuteten oder kannten. Ausnahmsweise aber fanden zum Vergleich Aufnahmen statt, um deren Ziel die Untersuchten wußten.

Bei allen Versuchen wurden bestimmte, dem Stimmcharakter der Versuchspersonen angepaßte Töne gewählt, mit Rücksicht auf deren Stimmumfang. Wie der Stimmumfang und die Sprechstimmlage sowie die Registergrenzen geprüft wurden, ist im III. Kapitel dargelegt. Die gehörten Töne mußten natürlich nachsingbar sein. Um möglichst alle wesentlichen, gesangstechnischen Leistungen in Betracht zu ziehen, aber auch in einfachster Form zu untersuchen, wurde für die verschiedenen Stimmgattungen nach folgender musikalischer Versuchsanordnung verfahren.

Der Stimmumfang wurde begrenzt durch 2 Tonleitern, also zwei Oktaven, wobei darüber- und darunterliegende Töne nicht oder nur ausnahmsweise in den Kreis der Betrachtung gezogen wurden. Wählte man einzelne Töne, so waren es zunächst der Grundton und dessen 1. und 2. Oktave. Diese drei Töne konnten auch bei Oktavensprüngen verwendet werden; zwischen ihnen lagen in aufsteigender und absteigender Richtung je zwei Dur-Tonleitern mit den dazugehörigen Dreiklängen. Einzelne Töne und Tonfolgen, namentlich die Terzenschritte, wurden auch an den Registergrenzen gesungen. Zur Untersuchung von Trillerbewegungen und anderen, dem Koloraturgesange zugehörigen Gesangsleistungen wurden verschiedene, teils den einzelnen Versuchspersonen, teils der Stimmgattung angepaßte Aufgaben gestellt, von denen später die Rede sein wird. Für den Sopran und Mezzo-Sopran galt als Tonbereich die A-Dur-Tonleiter von a über a^1 zu a^2 , deren Dreiklang a cis e^1 a^1 cis^2 e^2 a^2 und zurück. Für den Tenor verschob sich die Tonstrecke um eine Oktave nach unten, war also A bis a^1 usw. Als Tonbereich für die Altstimme wurde die F-Dur-Tonleiter gewählt von f über f^1 zu f^2 mit entsprechenden Dreiklängen. Für den Bariton galten wieder die gleichen Tonleitern um eine Oktave tiefer, also F bis f^1 . Dem Baßumfang entsprach die E-Dur-Tonleiter vom E über das e zum e^1 mit ihren Dreiklängen. Dieses musikalische Programm ist als allgemeine Grundlage zur Stimmuntersuchung benutzt worden; Ausnahmen davon wurden überall da gemacht, wo es aus irgendeinem Grund von Belang schien, sich nicht an ein starres Schema zu halten. Innerhalb dieser Versuchsanordnung wurden die Atem- und Kehlkopfbewegungen bei bestimmten Tonfolgen beobachtet, durch Betastung

geprüft und womöglich durch die Pneumo- und Laryngographie festgelegt.

Daß graphische Darstellungen der Atmung und namentlich von Kehlkopfbewegungen einer Kontrolle durch Auge und Getast bedürfen, ist erwähnt. Wie schon aus GOLDSCHIEDERS und GUTZMANN'S Versuchen hervorgeht, werden 1 mm große Kehlkopfbewegungen durch Palpation noch sicher wahrgenommen. Damit stimmen meine Erfahrungen überein. Es muß aber bemerkt werden, daß man nicht allen schnellen Bewegungen durch das Getast nachkommt und daß sich der Kehlkopf dem palpierenden Finger entziehen kann, wenn er sehr hoch steigt.

Ein größerer Teil der Versuchspersonen wurde nur mit der Palpation auf die Kehlkopfbewegungen geprüft, weil sie sich zur Laryngographie nicht eigneten. Aber auch neben letzterer wurde noch der Tastbefund, und zwar fast immer von zwei Beobachtern erhoben und aufgeschrieben. Die Bewegungen des Kehlkopfs und der Laryngographenpelotte wurden von der Seite beobachtet. Auch die Lage der pneumographischen Schläuche muß von Zeit zu Zeit nachgeprüft werden. Die Pelotte des Laryngographen darf nicht während der Untersuchung plötzlich abgleiten oder langsam vorbeigleiten und am Schluß, wenn der Kehlkopf zur Ruhelage zurückkehrt, ebenfalls ihren ursprünglichen Platz einnehmen. Sie muß vielmehr so anliegen, daß sie die wagrechte und senkrechte Bewegung des Kehlkopfs mitmacht. Man erkennt die richtige Arbeitsweise des Instruments an der Kurve während der Ruheatmung, deren Aufnahme wegen der Deutung anderer Kurven und aus psychologischen Gründen jeweils wichtig und notwendig ist. Dabei zeigen sich geringe passive Atembewegungen des Kehlkopfs, bei sorgfältiger Einstellung auch pulsatorische Erscheinungen an allen Kurven.

Die Ruhekurve wird demnach aufgenommen, nachdem die Versuchsperson eine Zeitlang ruhig auf dem Untersuchungsstuhl gesessen hat, ihre Aufmerksamkeit abgelenkt, ihre Spannung möglichst abgeklungen war. Also wurde gewartet, bis Unruhe oder gar vorübergehender Stillstand der Atmung einer regelmäßigen Bewegung gewichen war, dann erst das Kymographion in Tätigkeit gesetzt und eine Kurve erhalten, wie z. B. in Abb. 1. Wir sehen dort 5 Kurven übereinander verlaufen. Die oberste zeigt die Horizontalbewegung des Kehlkopfs, darauf folgt die Zeitbeschreibung (1 Sekunde). Als dritte Kurve verläuft die gleichzeitige Vertikalbewegung des Kehlkopfs. Die vierte Kurve gibt die Brustatmung, die fünfte die Bauchatmung wieder. Es sind vier Züge Ruheatmung aufgenommen, denen ein tiefer Atemzug folgt. Daß die beiden Atemkurven annähernd gleiche Höhe haben, liegt an der Einstellung der Pneumographen. Es hat dies den Vorteil, daß man Abweichungen im Verhältnis zwischen Brust- und Bauchatmung bei

stimmlichen Leistungen besser beurteilen kann, wenn die Ruhkurven gleichartig registriert waren. Durch kleine Striche, die mit den Schreibhebeln selbst auf der rückwärts gedrehten Trommel angebracht wurden (Merkzeichenverfahren), sind die synchronen Punkte am Anfang der Ein- und Ausatmung eingezeichnet. An den folgenden Aufnahmen geschah die Festlegung synchroner Punkte gewöhnlich durch Messung mit dem Zirkel vom senkrechten Hebelausschlag an der ruhenden Trommel aus. Man sieht, wie beide Kurven fast genau synchron verlaufen. Kleine Unebenheiten, die an der Bauchkurve deutlicher werden als an der Brustkurve, sind auf den Puls zu beziehen. Sie treten auch in den Kurven der Kehlkopfbewegung zutage, die gleichfalls synchron mit der Atmung schwanken. Jeder Einatmung entspricht eine geringe Senkung, jeder Ausatmung eine geringe Hebung des Kehlkopfs. Die synchronen Punkte wurden hier ebenfalls mit dem Merkzeichenverfahren festgelegt. Die Werte für diese Bewegungen liegen unter 1 mm.

Gleichzeitig mit der Senkung beim Einatmen geht der Kehlkopf ein wenig zu-

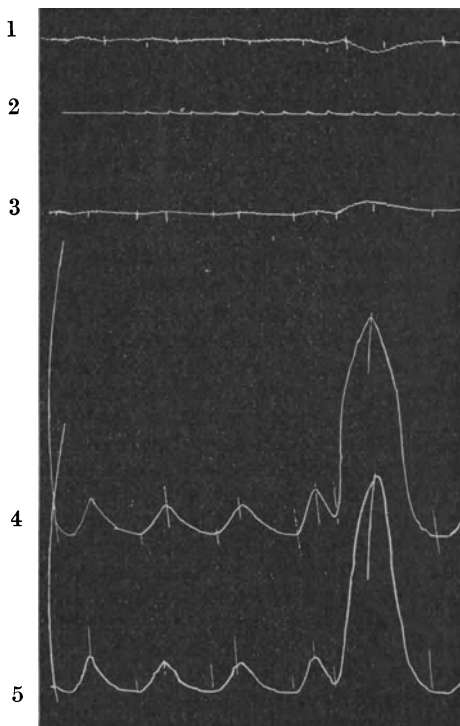


Abb. 1. Ruhekurve: Vier Züge Ruheatmung ein tiefer Atemzug. Kurvenfolge: 1. Kurve der Horizontalbewegung des Kehlkopfs nach vorwärts = aufwärts, nach rückwärts = abwärts. 2. Zeitschreibung 1 Sek. 3. Vertikalbewegungskurve des Kehlkopfs nach oben = abwärts, nach unten = aufwärts. 4. Brustatmung. 5. Bauchatmung.

In allen Kurven pulsatorische Erscheinungen¹⁾.

¹⁾ Folgende Angaben über die Kurvenbewegung gelten für alle Abbildungen:

An d. Horizontalkurve d. Kehlk.	bed. „aufwärts“	eine Vorwärtsbew. d. Kehlk.
„ „ „ „	„ „ „abwärts“	„ Rückwärtsbew. „ „
„ „ Vertikalkurve „ „	„ „ „aufwärts“	„ Abwärtsbew. „ „
„ „ „ „	„ „ „abwärts“	„ Aufwärtsbew. „ „

An den Atemkurven bedeutet „aufwärts“ eine Einatmungsbewegung, „abwärts“ eine Ausatmungsbewegung.

rück, um bei der Hebung während der Ausatmung wieder um Bruchteile eines Millimeters nach vorne zu treten. Demnach entsprechen der Ruhelage des Kehlkopfes keine geraden Linien, sondern ganz flache laryngographische Kurven, in denen sich Atem- und Pulsbewegungen widerspiegeln. Während des tiefen Atemzuges erscheinen auch die Kehlkopfbewegungen vergrößert, hier mag die Horizontalbewegung schon 1 mm, die Vertikalbewegung einige Millimeter erreichen. Der Beginn der Vorwärts- und Aufwärtsbewegung liegt um einen kleinen Bruchteil einer Sekunde vor jenem der Ausatmung.

Während die pneumographischen Kurven der Ruheatmung bekannt und in ihrem Ablauf festgelegt sind, herrschen über die Kehlkopfbewegungen und ihre graphische Wiedergabe während derselben namentlich aber bei tiefer Atmung verschiedene Meinungen.

LISKOVJUS sah den Kehlkopf beim gewöhnlichen Einatmen etwa um $\frac{1}{4}$ Zoll, bei sehr tiefem Atemholen um $\frac{1}{2}$ Zoll und mehr sich senken. HARLESS beobachtete ihn beim ruhigen Atmen durch ein Fernrohr, in dessen Okular ein Fadenkreuz und ein Mikrometer war, während hinter dem Kehlkopf eine Millimeterskala stand, an der jeden Augenblick kontrolliert werden konnte, ob bei der Beobachtung mit dem Fernrohr und beim Ablesen der Teilstriche am Mikrometer die Parallaxe vermieden wurde. Er konnte bei ruhiger Atmung kaum eine „irgend meßbare Bewegung“ wahrnehmen, bei forcierter Respiration mit Vermeidung jeder Streckung des Nackens schwankte die Bewegung zwischen 4 und 6 mm auf und ab. MERKEL bestätigt diese Ansicht für die Ruheatmung und sagt dazu, beim tiefen, keuchenden Atemholen sehe man, daß der Kehlkopf während der Inspiration merklich herab-, während der Expiration heraufsteigt infolge des Zuges an der Luftröhre. In seinen weiteren Ausführungen über den aërischen Kehlkopfstand kommt er auf die Frage zurück und behauptet: „Je tiefer behufs einer voraussichtlich viel Luft und Spannung konsumierenden Tonreihe inspiriert wird, desto tiefer fällt und stellt sich der Kehlkopf, mag der erste zu leistende Ton ein tiefer oder ein hoher sein. Je mehr Luft dagegen im Verlauf der Phonation verwendet worden ist, und je mehr die Spannung sinkt, desto mehr steigt der Kehlkopf, auch wenn die Schwingungszahl des zu gebenden Tones fällt: es ist demnach der aërische Standpunkt vom phonischen in dieser Hinsicht unabhängig.“ Von den Beziehungen zur Stimmgebung wird später die Rede sein. Hier sei nur festgestellt, daß MERKEL die Atembewegungen als konstant im obigen Sinn auffaßt. GUTZMANN fand eine kleine Senkung beim Beginn der tiefen Einatmung, die aber kürzer dauert als die erste Hälfte der Inspiration. Ihr folgt ein etwas stärkeres Ansteigen fast bis zum Ende der Einatmung, worauf der Kehlkopf während der Ausatmung zur Ruhelage zurücksinkt, bei tiefer Ausatmung aber wiederum steigt. Dieser Vertikalbewegung scheint eine horizontale nach vorwärts und rückwärts zu entsprechen. Hinsichtlich der Ruheatmung weicht er in seinen Angaben nicht von seinen Vorgängern ab. P. J. MINK machte Tierversuche an Kaninchen, Hunden und Pferden und widerlegt die Erklärung von HARLESS, daß der Kehlkopf durch die Kräfte zweier in entgegengesetzter Richtung wirkender Muskelgruppen in Schwebe gehalten würde. Er weist nach, daß der Kehlkopf dem Zwerchfell nicht rein passiv folgt, sondern daß er reflektorisch bewegt wird. Er kann aber durch das Zwerchfell bei rein abdominaler Respiration beeinflusst werden. Die Einatmung verstärkt den Trachealzug, der am Ringknorpel den Bogen senkt, die Platte hebt, das Krikothyreoidalgelenk nach unten zieht, wobei der vordere Schildknorpelteil gehoben wird. Die expiratorische Kehlkopfbewegung ist passiv: beim Nachlassen des

Trachealzugs (Zwerchfell) steigt der Kehlkopf elastisch in die Höhe. Diese Ausführungen stimmen in Einzelheiten mit laryngographischen Kurven vom Menschen nicht ganz überein. Sie beruhen auch auf ganz anderen Untersuchungsmethoden am vivisezierten Tier. Ihre grundlegenden Ergebnisse dürften aber das Richtige treffen.

Für die Laryngographie scheint alles darauf anzukommen, daß bei tiefer Atmung Veränderungen der Kopf- und Körperhaltung und beider zueinander vermieden werden, weil dadurch Fehler in die Kurven hineinkommen. Wegen des Widerstreits zwischen GUTZMANN'S und MERKEL'S Angaben über den Kurvenverlauf bei der tiefen Einatmung habe ich 165 Ruhekurven von 43 Versuchspersonen durchgesehen, auf denen auch 150 tiefe Atemzüge, teils willkürliche, teils unwillkürliche, z. B. nach einigen Singtönen, oder zufälliges tiefes Atemholen registriert waren. Die oben wiedergegebene einfache Ruhekurve in Abb. 1 stimmt mit dem Untersuchungsergebnis jener 165 Aufnahmen, die Kurve der tiefen Atmung mit jenen von 90 Aufnahmen überein. Dagegen wurde der GUTZMANN'Sche Typus bei 60 Aufnahmen gefunden, aber nur bei bewußt vertiefter Einatmung, weshalb ich geneigt bin, anzunehmen, daß die Aufwärtsbewegung in der zweiten Hälfte der Einatmung von einer unwillkürlichen Körperbewegung — Erheben des Kopfs und Aufrichten des Rumpfs — herrührt, welche die willkürlich vertiefte Einatmung begleitet. Teilweise fand ich noch ausgeprägter nur nach oben steigende Kehlkopf-kurven bei dieser Form der Einatmung und konnte dabei die Körperbewegung auch sehen (Abb. 2). In einem Fall ging die Verschiebung so weit, daß die Laryngographen-pelotte sogar nach unten abgeglitten ist. Viele Personen nehmen eben, wenn man sie auffordert tief zu atmen, „Haltung“ an, während sie das bei zufällig vertiefter Einatmung, z. B. bei einem kurzen Seufzer, unterlassen.

Mit dieser Form der bewußten und willkürlichen Tiefatmung ist noch zu vergleichen die Tiefatmung mit verlangsamter Aus-

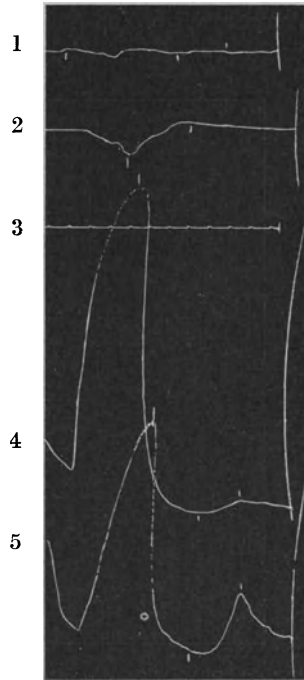


Abb. 2. Willkürlich tiefe Atmung mit Veränderung der Körperhaltung und scheinbarem Ansteigen des Kehlkopfs. Kurvenfolge von oben: 1. Horizontalbewegung des Kehlkopfs. 2. Vertikalbewegung des Kehlkopfs. 3. Zeitschreibung: 1 Sek. 4. Brustatmung. 5. Bauchatmung.

atmung, wie sie zum Singen und Sprechen dient. Sie kann unbewußt auftreten, hervorgerufen durch die Absicht zu sprechen oder zu singen (inneres Singen). Sie kann aber auch willkürlich und unter der Kontrolle taktiler Empfindungen gemacht werden. Die Sänger sind auf diese Atmungsart gewöhnlich eingeübt. Zum Vergleich mit den Vorgängen der bewußt oder unbewußt verlaufenden gewöhnlichen Tiefatmung möge eine derartige (stumme) Singatmungskurve (Abb. 3) betrachtet werden. Hier finden sich die Erscheinungen der willkürlichen

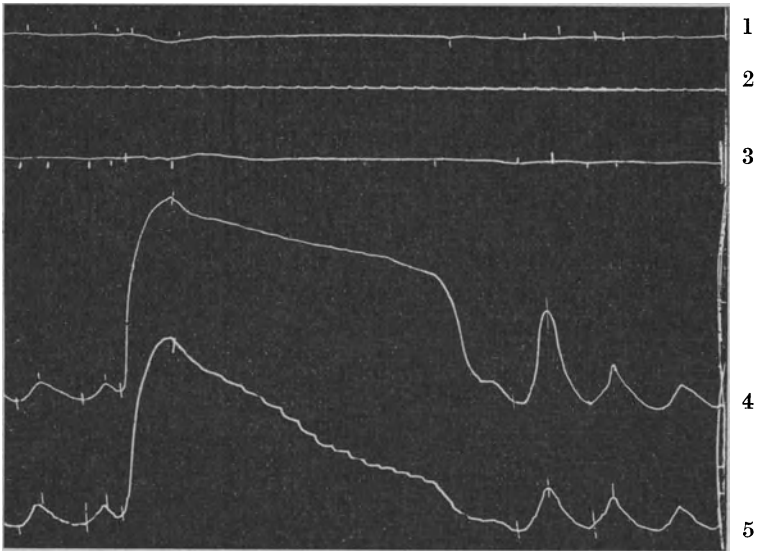


Abb. 3. Tiefe Atmung mit verlangsamer Ausatmung (Singatmung ohne Singen). Zwei Züge Ruheatmung, ein Zug stumme Singatmung, drei Züge allmählich flacher werdende Ruheatmung. Kurvenfolge wie bei Abb. 1.

Tiefatmung wieder: Während der Einatmung zunächst dem Sinken des Kehlkopfs entsprechende Vertikalkurve und Rückwärtsbewegung in der Horizontalkurve. Noch vor Beendigung der Einatmung erscheint eine kleine, wohl nur scheinbare Aufwärtsbewegung, der im Beginn der Ausatmung eine kurze, wohl ebenfalls nur scheinbare erneute Senkung und Hebung nebst Rückwärtsbewegung folgt. Während der langen Dauer der Ausatmung bleibt der Kehlkopf ziemlich ruhig etwas tiefer stehen als der Nullage entspricht, bis zum Augenblick, in dem die zurückgehaltene Luft rasch aus den Lungen entweicht die Atemkurven steil abfallen und der Kehlkopf kaum merkbar nach vorn und oben zur Ruhelage zurückkehrt, um dann wieder seine kleinen Atembewegungen der Ruhekurve aufzunehmen.

Die genaue Kenntnis der Ruhekurve sowie der Kurven tiefer Atmung und verlangsamter Ausatmung ist eine wichtige Voraussetzung für die Beurteilung aller folgenden graphischen Aufnahmen. Nur wenn solche richtige Kurven die Wiedergabe irgendeines phonischen Vorgangs einleiten, kann man annehmen, die weitere Darstellung sei im allgemeinen richtig. Die Ruhekurve gibt uns ferner noch ein annäherndes Maß zum Vergleich mit phonischen Kurven. Zunächst lassen sich auf diesem Wege die pneumographischen Aufnahmen der letzteren nach ihrer Abweichung von der Ruheatmung bewerten, und zwar hinsichtlich der Tiefe der Einatmung und Ausatmung, sowie der Längen und des Verhältnisses zwischen Brust- und Bauchatmung. Die Schätzung der laryngographischen Kurven auf Grund der bekannten Größe der Ruhekurve erlaubt Rückschlüsse auf die Größe der wirklichen Kehlkopfbewegungen, wobei die Beeinflussung durch die Atemtiefe zu berücksichtigen ist. So können wir auf Grund der experimentellen Messungsversuche laryngographischer Kurven (mit dem Schlittenapparat, vgl. NADOLECZNY, Richtigkeit und Fehler der Aufschreibung von Kehlkopfcurven) einerseits und des Vergleichs mit der Ruhekurve andererseits die phonischen Kurven zwar nicht genau auswerten, aber doch annähernd richtig schätzen.

Das oben Gesagte gilt für gleichmäßig verlaufende Kurven der Kehlkopfbewegung bei richtig anliegender Pelotte, vorausgesetzt, daß diese auch den Kehlkopfbewegungen folgt. Auf jene Fehler, die durch Abgleiten der Pelotte vom Schildknorpel oder Vorbeigleiten an demselben oder durch Fehler am Apparat entstehen können, habe ich in der soeben erwähnten Arbeit hingewiesen.

Alle bisher erwähnten Fehlerquellen müssen berücksichtigt werden. Ihre Kenntnis ist eine unerläßliche Vorbedingung, wenn man laryngographische Kurven beurteilen oder selbst aufnehmen will. Aus diesem Grunde wurde auf die Erklärung etwaiger Fehler so viel Wert gelegt, nicht um das Vertrauen in ein manchmal recht schwieriges Verfahren zu erschüttern, sondern um einen möglichst genauen Einblick in das Wesen und die Leistungsfähigkeit dieser Untersuchungsweise zu gewinnen.

III. Die Versuchspersonen, ihr Vorstellungstypus und ihre Singstimmen.

Die Beobachtungen und Untersuchungen in dieser Arbeit sind an einer verhältnismäßig großen Anzahl von Versuchspersonen vorgenommen worden. Es liegen ihr im ganzen Aufzeichnungen über 55 Soprane, 13 Mezzosoprane, 18 Altistinnen, sowie über 29 Tenor-, 17 Bariton- und 11 Baßstimmen zugrunde.

Als Versuchspersonen kamen in Betracht: in der Ausbildung begriffene und ausübende Künstler, daneben auch eine kleine Anzahl von Dilettanten, die wirkliche Leistungen aufweisen konnten, und einige Natursänger ohne Ausbildung zum Vergleich mit den vorhergehenden. Wenn die Versuchspersonen wegen vorübergehender belangloser katarthaler Erkrankungen oder Stimmstörungen in Behandlung waren, so wurden die Untersuchungen erst nach Beendigung derselben vorgenommen. Eine große Anzahl der Ergebnisse aber stammt von Stimmprüfungen her, denen sich die Sänger teils aus Interesse an der Sache, teils aus persönlichen Gründen unterzogen. Ein Teil dieser Sänger war übrigens niemals wegen krankhafter Störungen in Behandlung. Das sei besonders betont. Wir haben es also im folgenden mit normalen Vorgängen zu tun. Abweichungen von der Norm sind als solche stets hervorgehoben. Aber man darf nicht vergessen, daß eine scharfe Grenze zwischen normaler und pathologischer Phonation noch viel weniger leicht zu ziehen ist als zwischen dem, was wir auf anderen Gebieten für normal oder pathologisch halten, vorausgesetzt, daß wir nicht auffällige Störungen zum Vergleich heranziehen.

Geringe Unsicherheiten der Tongebung, des Tonhaltens, der Atemführung sind bei ausgebildeten Stimmen je nach „Disposition“ wohl möglich, bei in der Ausbildung begriffenen sogar zu erwarten. Wir können also nicht das ästhetisch Vollkommene allein als normal hinstellen und das um so weniger, als hier ästhetische Urteile maßgebend würden, die bekanntlich individuell verschieden lauten. Berühmte Sänger haben nicht immer die beste Singtechnik. Weil sie mitunter über hervorragende natürliche Mittel verfügen, können sie auf manche technische Feinheit verzichten oder vielmehr sie glauben das zu dürfen. Im allgemeinen aber entscheidet für die Beurteilung der gesanglichen Leistung doch der Erfolg. Diese Beurteilung mußte hier herangezogen werden; in welcher Weise das möglich ist, wird im V. Kapitel auseinandergesetzt. Wirklich Stimmkranke schieden natürlich bei diesen Untersuchungen aus, während leichtere pathologische Erscheinungen als Ansätze zum Krankhaften hie und da gestreift werden mußten. Ein Fall mit einseitiger Stimmbandlähmung, ein Natursänger, der nach längerer Behandlung trotz derselben in seiner Weise tadellos und ausdauernd singen konnte, ist aus Interesse an dem Vorkommnis nicht ausgeschieden worden.

Der Untersuchungsbefund der oberen Luftwege von 136 Sängern und Sängerinnen ergab bei 100 keinen wesentlichen Befund. Kleinen Abweichungen von der Norm, namentlich in der Nase, dürfte keine Bedeutung zukommen. Der Prozentsatz der von der Norm abweichenden Befunde ist bei den verschiedenen Stimmgattungen ziemlich gleich groß. Bemerkenswerte Verbiegungen der Nasenscheidewand fanden

sich dreizehnmal, Verdickungen oder Schwellungszustände an den Muscheln siebenmal, sehr enge Nase zweimal. Geringe Septumdeviationen wurden nicht vermerkt, da sie innerhalb der Grenzen des Normalen liegen. Verhältnismäßig große Mandeln wurden dreimal als Nebenbefund, der keine Störungen veranlaßte, notiert, ebenso Reste der Rachenmandel. Auch beträchtliche Verbiegungen der Nasenscheidewand haben offenbar solange keinen Einfluß auf die Stimme, als sie keine wesentliche Behinderung der Nasenatmung verursachen, also, wenn eine entsprechende Weite der anderen Nasenseite ausgleichend für die Luftzufuhr eintritt. Tatsächlich finden sich solche Verbiegungen bei sehr erfolgreichen Sängern und Sängerinnen, ohne deren stimmliche Leistungen zu beeinträchtigen. Wichtiger erscheinen natürlich die Veränderungen im Kehlkopf. Aber auch hier gilt kein Gesetz, wonach bestimmte organische Veränderungen die Funktion in bestimmter Weise beeinflussen. Bedeutungsvoller ist deren Sitz. So ist es denn auch nur scheinbar verwunderlich, daß ich bei einer hochdramatischen Sopransängerin, die erfolgreich an größten Bühnen tätig ist, eine warzenähnliche Verdickung im vorderen Drittel einer Stimmlippe fand. Ähnliches hat schon MORITZ SCHMIDT (Lehrbuch) berichtet. Auch daß einer der Natursänger, ein Bariton, erhebliche Stimmstärke und Ausdauer erreichte trotz einer rechtsseitigen Rekurrenslähmung, kann nach Erfahrungen anderer Autoren nicht mehr als Unikum, wenn auch als seltenes Ergebnis sorgfältiger Übungsbehandlung, gelten. Kleine Zacken oder Knötchen an typischer Stelle zwischen vorderem und mittlerem Drittel des Stimmlippenrandes fanden sich bei zwei Tenören (einem Schüler und einem Konzertsänger), bei einer Konzertaltistin, je einem Bühnen-, Konzert- und ausgebildeten Sopran und zwei Sopranschülerinnen. Bei je einem Bühnenbariton, Bühnentenor, einem Bühnensopran, einem Konzertsopran und einer Schülerin (Sopran) mußten kleine Polypen an dieser Stelle operiert werden; ferner bestanden bei einer Altistin dadurch Stimmstörungen, während die anderen Sänger durch diese Anomalien beim Singen nicht behindert wurden.

Auffallende Kehldeckelformen, also z. B. die Omegaform, die dem kindlichen Typus gleicht, oder verhältnismäßig spitzwinkelige Epiglottisformen scheinen für die Singstimme gleichgültig zu sein. Sie wurden ebenfalls bei ganz guten Sängern und Schülern gefunden. — Was die Größe des Kehlkopfes und der Stimmlippen anlangt, so kann man im allgemeinen sagen, daß Bässe und Baritone längere Stimmlippen und größere Kehlköpfe haben als die Tenöre, deren kurze Stimmlippen oft recht breit erscheinen und deren Adamsapfel häufig weniger stark entwickelt ist. Im Durchschnitt also kommt die tiefe Stimme aus einem großen Kehlkopf mit stark vorspringendem Schildknorpelwinkel, während die hohe in einem kleineren, vorne flacher geformten Kehlkopf

entsteht. Bei den Frauenstimmen sind die Unterschiede geringer, nur die Koloratursängerinnen haben im allgemeinen besonders kleine, vorn flach gebildete Kehlköpfe. Die Annahme, daß die Stimmlippenlänge gar nichts mit der Stimme zu tun habe, ist wohl nicht haltbar, wenn man auch nicht so weit gehen darf, aus ihr allein auf die Stimmlage zu schließen, weil die Spiegeluntersuchung uns eben kein sicheres Maß gibt. Aber die Stimmlage muß doch von der Länge der Stimmlippen abhängig sein, eine Anschauung, die auch EWALD vertritt.

Neben dem Alter des Sängers wurde auch die Dauer seiner künstlerischen Laufbahn berücksichtigt. Denn es ist selbstverständlich, daß ein Künstler von Ruf mit jahrelanger Bühnenpraxis ein wichtigerer Zeuge sein kann, als ein noch so stimmbegabter und erfolgreicher Anfänger, wenn es sich um Entscheidung stimmtechnischer bzw. phonetischer Fragen handelt, wie z. B. die nach den Kehlkopfbewegungen beim Singen von Tonfolgen.

Vorstellungstypus. Für einen Teil der Untersuchungen kam auch der Vorstellungstypus der Versuchspersonen in Betracht, und zwar mit Bezug auf die musikalische Leistung. Auf seine Bedeutung für das Singenlernen legt bekanntlich H. STERN großen Wert. Zu seiner Feststellung wurde ein Teil der Fragen aus BAERWALDS Umfrage, namentlich jene benutzt, die sich auf musikalische Mitbewegungen und Vorstellungen beziehen. Diese Fragen wurden aber nur in Verbindung mit dem phonetischen Problem herangezogen. Um die Psychologie des Musikalischen im allgemeinen oder des Sängers im besonderen klarzulegen, hätte man noch andere Wege einschlagen und namentlich viel sorgfältiger forschend vorgehen müssen. Das erforderte wiederum eine Arbeit für sich. Auf die Bedeutung des Vorstellungstypus fürs „innere Singen“ bin ich im IV. Kapitel eingegangen.

Unsere Versuchspersonen bejahten selbstverständlich die Fragen unter Nr. 3 von BAERWALDS Umfrage (1911), nämlich nach der Ausbildung im Spielen eines Instruments, im Kunstgesang und nach musikalischer Kennerschaft und Begeisterung. Bei der Mehrzahl wurde der Versuch, mit geschlossenen Augen sieben Sätzchen aus dem Einmaleins und sieben dreistellige Zahlen zu überdenken, zunächst mündlich als Aufgabe gegeben. Von einer Vorübung oder einer Erklärung über den Zweck dieses Versuchs wurde abgesehen. Hernach wurde die Frage nach dem „Wie“ des Vorstellens gestellt. Nur wenn diese nicht verstanden oder beantwortet werden konnte, setzte ich dem Befragten kurz auseinander, daß er die Zahlen innerlich sprechen, hören oder sehen könne im Sinne der Frageform 1 BAERWALDS (S. 109). Niemals wurde er aufgefordert, zu versuchen, eine bestimmte Vorstellungsart in sich hervorzurufen. Der potentielle Vorstellungstypus war für diese Voruntersuchung zunächst Nebensache. Nur eine kleine Anzahl von Ver-

suchspersonen wurde nach BAERWALD außer auf wortmotorische Vorstellungen noch auf sach- und schreibmotorische und auf Irradiationsbewegungen geprüft. Dann wurden die Fragen BAERWALDS an musikalische Personen mündlich verwendet. Ihre Beantwortung namentlich betreffend die musikalischen Vorstellungsarten wurde sofort schriftlich ganz kurz notiert. Sie konnte wiederum nicht zur Feststellung des aktuellen Vorstellungstypus als solchen führen, da ja auf dem Gebiet des Musikalischen verschiedenartige Einflüsse seine Feststellung stören.

Zwar befördert die musikalische Einstellung die Erkennung motorischer Einflüsse, aber gerade dabei dürfte die Unselbständigkeit akustischer Vorstellungen sich nicht so sehr geltend machen. Der Vorstellungstypus wird ferner hier einerseits vom Objekt, d. h. von der inneren musikalischen Produktion, beeinflusst und so zum phänomenologischen Typus im Sinne von W. STERN, andererseits durch Gewöhnung und Lernen zu einem Benutzungstypus oder Gebrauchsmodus. Gleichwohl dürften sich auch bei dieser Forschungsmethode, die sich zum Teil an die Erinnerung wendet (im Sinne der Frageform 3 von BAERWALD), Anhaltspunkte ergeben für die Feststellung des aktuellen Typus und für Mischungen im aktuellen Vorstellen, weil dieses ja doch gewissermaßen die Grundlage des potentiellen Vorstellungstypus ist, der dort, wo es sich um bestimmte Vorstellungsgebiete, wie das musikalische, handelt, in Form des eingelernten Benutzungstypes hereinspielt. Aber aktueller Typ und musikalischer Benutzungstyp können und werden sich nicht selten decken. Psychologisch eindeutige Ergebnisse waren also bei dieser Arbeitsmethode nicht zu erwarten. Jedoch mußte sich namentlich hinsichtlich des motorischen Vorstellens der Sänger dabei einiges herausstellen, was vielleicht auch für den Psychologen nicht ohne Belang ist oder ihn wenigstens zu Nachprüfungen veranlassen kann. Im voraus soll hier noch bemerkt werden, daß es mir fraglich erscheint, ob man den motorischen Typus mit Recht in Vorstellungs- und Empfindungsmotoriker trennt. Es wäre doch sehr möglich, — und BAERWALD selbst erwähnt einen solchen Fall — daß der erstere eben die Empfindungen, die der letztere zugibt, nur nicht ganz wahrnimmt, während deren körperliche Grundlage doch vorhanden ist. Das scheint mir mit Rücksicht auf die Fragwürdigkeit der Bewegungsvorstellungen überhaupt wahrscheinlich trotz BAERWALDS Einwendungen gegen den radikalen Konzientialismus. Übrigens ist diese Frage für unsere Untersuchungen nicht von großem Belang, denn bei „eingübten, automatisch gewordenen Bewegungen“ — zu diesen dürfen wir das Singen der Berufssänger und Gesangsschüler rechnen — gibt BAERWALD selbst die Möglichkeit des Ersatzes der Bewegungsvorstellungen durch Reflexmechanismen zu (S. 183), während er für neue Bewegungen „ein inneres Entwerfen“ im Sinne eines „zielgebenden Vorstellens“ annimmt, das nicht bloß akustisch oder optisch sein könne, also: Bewegungsvorstellung. Die Versuche, von denen im Kapitel über das innere Singen die Rede ist, dürften eher zur Kenntnis der Bewegungsansätze beim Singen beitragen, allerdings noch nicht zur Klärung der viel weitergehenden Frage BAERWALDS nach den symbolischen Bewegungen beim inneren Reden (bzw. Singen). Bis zur Analyse derselben ist noch ein weiter Weg. Immerhin wäre es denkbar, daß von unserer Versuchsanordnung ausgegangen werden könnte, statt von der Selbstbeobachtung, auf die sich BAERWALD vorläufig allein bezieht.

Über die Beziehungen zwischen musikalischer Schulung und motorischer Anlage liegen bis jetzt nur Untersuchungen von LAY und von BAERWALD vor. Zieht man mit LAY nur die verschiedenen Grade der gesamtmotorischen Anlage in Betracht, so finden sich unter den Sängern keine nicht- oder schwachmotorischen. BAERWALD aber wendet dagegen wohl mit Recht ein, daß „ästhetisch veranlagte

(musikalische) Personen die Wortvorstellung, die motorische ebenso gut wie die akustische und visuelle vernachlässigen“. Daraus erklärt er, daß musikalisch höher Ausgebildete nach seinen Untersuchungen kaum stärker motorisch sind als gar nicht Ausgebildete. Es fragt sich aber, ob wir die Sänger wirklich insgesamt zu den musikalisch Hochgebildeten rechnen dürfen, denn es finden sich sogar unter erfahrenen und sehr erfolgreichen, also berühmten Bühnensängern solche, deren musikalische Veranlagung unbedeutend ist und in keinem Verhältnis zu ihrer stimmlichen Begabung steht. Demnach dürfen wir für unsere Versuchspersonen eine besondere ästhetisch-musikalische Veranlagung nicht einfach voraussetzen, wohl aber eine derartige (oft recht schwer erworbene) Schulung. Letztere wird also auch die Eigentümlichkeiten des Vorstellens auf musikalischem Gebiet beeinflussen. Dazu kommt noch, daß wir es vielfach mit Nervösen, leicht und lebhaft reagierenden, also Versuchspersonen mit starker Irradiabilität zu tun haben. Die große Irradiabilität der Empfindungsmotoriker vermißt BAERWALD dagegen bei jenen, die er Vorstellungsmotoriker nennt, weshalb er gerade auf die „Gegensätzlichkeit vorstellungsmotorischer Disposition mit der Irradiabilität“ hinweist. Gleichwohl aber konnte er die „Kontingenz zwischen motorischer Ideation und den solidarischen Erscheinungen der allgemeinen motorischen Anlage“ zahlenmäßig (S. 294) ziemlich deutlich machen und namentlich in bezug auf das innere Mitsingen zeigen, daß es bei starken Vorstellungsmotorikern verhältnismäßig häufiger vorkommt als bei schwachen.

Um zunächst einen oberflächlichen, von der Vorstellungsart im allgemeinen ausgehenden Überblick zu gewinnen, seien hier einige Zahlen aus unseren Aufzeichnungen zusammengestellt, die den Vorstellungstyp im großen und ganzen berücksichtigen. Unter 50 Kunst-sängern und -sängerinnen — von den Natursängern, deren Zahl zu klein ist, wurde abgesehen — fanden sich 24 motorisch-akustische, 10 motorisch-visuelle, 7 rein motorische, 6 akustisch-visuelle, ferner 2 rein akustisch Vorstellende, und schließlich ein Bariton, dessen Vorstellungsart nicht deutlich erkennbar war, da er über alle drei Vorstellungsweisen Angaben machte, ohne ein Gebiet hervorzuheben. Berücksichtigt man die Geschlechter, so ergibt sich kein wesentlicher Unterschied, und die These BAERWALDS, es sei „recht wahrscheinlich, daß, wie das Weib das visuellere, so der Mann das motorischere Geschlecht darstellt“, trifft für unsere Versuchspersonen bei unserer Betrachtungsweise nicht zu, und zwar auch nicht für die Prüfung mit Zahlen allein. Im Gegenteil finden sich unter 26 Sängern 12 motorisch-akustische und 3 rein motorische neben 7 motorisch-visuellen und 3 akustisch-visuellen (dazu der eine unbestimmte Typus); unter 24 Sängerinnen aber 12 motorisch-akustische, 2 rein akustische und 4 rein motorische neben 3 motorisch-visuellen und 3 akustisch-visuellen. Das dürfte mit der Schulung zusammenhängen, die eben beim Partiturenlernen und beim Rollenstudium viel visuelle Arbeit verlangt. BAERWALDS Tabelle über das Vorkommen motorischer Gesangsvorstellungen bezieht sich ja nicht auf Berufssänger. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, daß gerade unter Künstlern mit längerer Bühnentätigkeit die visuelle Kom-

ponente stark in das Vorstellen von Musik hereinspielt, ferner die relative Seltenheit reiner Vorstellungstypen, ein Ergebnis, das auch bei anderen Beobachtungsreihen gefunden wird und vielleicht noch hauptsächlich durch die Fragestellung zustande kam. Möglichst unbeeinflusste, nicht nur auf das Motorische gerichtete Selbstbeobachtung mußte eben auf verschiedenartige Gebiete des Vorstellens gelangen. Daß Gesangsvorstellungen nicht bei allen Versuchspersonen vorkamen, ist eigentlich erstaunlich und sei daher schon hier vorweg genommen.

Einen gewissen Einblick in das Wechselverhältnis zwischen Einfluß der gesanglichen Schulung und aktuellem Vorstellungstyp erlaubt uns vielleicht der Zusammenhalt der Fragen nach dem Zahlenvorstellen und nach der Gesangsvorstellung.

Genauere Antworten haben wir von den 50 Versuchspersonen. Unter diesen waren beim Zahlendenken 21 rein wortmotorisch, 6 wortvisuell, eine rein wortakustisch, ferner 13 wortmotorisch-visuell, 4 wortmotorisch-akustisch, 3 wortvisuell-motorisch und 2 wortakustisch-motorisch, wobei die erste Bezeichnung bei den gemischten Typen die hauptsächlichliche Vorstellungsart enthält. Demnach würde z. B. ein wortmotorisch-akustischer Vorstellungstyp in der Hauptsache deutlich inneres Reden bemerken und nebenbei auch noch das Gesprochene hören, während beim wortakustisch-motorischen Vorstellungstyp umgekehrt das innere Hören gegenüber dem Reden vorwalten würde.

Unter den 21 Wortmotorikern haben die meisten beim Vorstellen von Musik neben dem inneren Singen noch Gehörsvorstellungen. Sie werden also beim inneren Singen motorisch-akustisch, was eigentlich zu erwarten ist; nur 5 bleiben rein motorisch auch beim inneren Singen. Von den 4 übrigen Versuchspersonen gaben 2 an, mehr Gehör- und Notenvorstellungen zu haben, eine hatte nur Gehörsvorstellungen und eine neben dem inneren Singen noch Gesichtsbilder von Noten (Übungsfaktor). Es wurde bei dieser Versuchsreihe zu BAERWALDS Frage 26 noch besonders gewünscht, die Versuchsperson möchte sich Musikstücke, nicht Gesangspartien vorstellen. Der musikalische Übungsfaktor spielt also bei $\frac{3}{4}$ aller Versuchspersonen eine große Rolle, wenn wir annehmen, daß er nur bei den 5 rein motorisch innerlich Singenden unwirksam sei, in dem Sinne, daß sie als reine Wortmotoriker reine Gesangsmotoriker geblieben sind. Ob die 3 Versuchspersonen, die kein inneres Singen wahrnahmen, hier mitgezählt werden dürfen, ist allerdings fraglich; ihre kleine Zahl stört aber das Ergebnis nicht.

Anders verhalten sich die wenigen 6 Wortvisuellen. Bei ihnen wird der aktuelle Typus, wie es scheint, noch mehr verdrängt, sobald die Musik in Frage kommt. Gehörsvorstellungen walten in fast allen Fällen vor, nämlich zweimal allein, viermal neben dem inneren Singen, das aber doch nur in einem dieser Fälle lebhafter erscheint, und nur einmal neben dem Gesichtsbild der Noten.

Die einzige rein wortakustische Sopranistin hört sich innerlich auch singen.

Nächst den reinen Wortmotorikern sind die wortmotorisch-visuellen am häufigsten. Es sind 13 Versuchspersonen. Das ist bei der Leichtigkeit, mit der gerade Zahlen visuell vorgestellt werden, begreiflich. Hier liegt jedenfalls ein schwacher Punkt unserer Fragestellung, trotz deren Rechtfertigung durch BAERWALD (S. 60). Jedenfalls sind nicht alle Zahlervisuellen auch wortvisuell, und nicht alle, die beim eingelernten Einmaleins wortmotorisch scheinen, sind es auch sonst (Lerntypus). Wo es sich um den aktuellen Typus handelt, lehnt BAERWALD übrigens die Zahl als Repräsentantin aller sprachlichen Symbole mit Recht ab. Aber die Gefahr, daß bei Worten allerlei Beziehungen zum Gegenstand und

zur Person aufleben könnten, veranlaßte mich trotz aller Mängel bei der Zahl als Test zu bleiben. Sobald es sich um musikalisches Vorstellen handelt, tritt bei mehr als der Hälfte dieser gemischt, aber vorwiegend motorischen Typen die visuelle Komponente zurück und sie verhalten sich wie reine Wortmotoriker, d. h. sie haben die Vorstellung des inneren Singens allein (2 Versuchspersonen) und meistens daneben des inneren Hörens (7 Versuchspersonen), nur eine Versuchsperson hatte neben dem inneren Singen noch Notenbilder, während letztere bei dreien neben die Vorstellung des inneren Hörens traten.

Es ist wohl kaum auffällig, daß bei den 4 Wortmotorisch-akustischen der Vorstellungstyp auch beim musikalischen Vorstellen beibehalten wird.

Die beiden letzten Gruppen, nämlich die Wortvisuell-motorischen und die Wortakustisch-motorischen sind so klein, daß wir Schlüsse aus ihrem Verhalten wohl kaum ziehen dürfen. Bei allen 3 Wortvisuell-motorischen bleibt aber doch die optische Komponente auch beim musikalischen Vorstellen erhalten, und zwar einmal sogar allein, und zweimal neben dem inneren Hören. Von den 2 Wortakustisch-visuellen beobachtete die eine Versuchsperson inneres Singen neben der Tonvorstellung, die andere, ein Bühnentenor, hatte neben letzterer noch Notenvorstellungen und gab nichts über inneres Singen an, obwohl Lippenbewegungen während des Versuches sichtbar wurden.

Im großen ganzen ergibt sich also, daß die reinen und (akustisch oder visuell) gemischten Wortmotoriker unter den Sängern beim musikalischen Vorstellen gesangsmotorisch sind und gewöhnlich nebenbei stärkere oder schwächere Tonvorstellungen haben, seltener visuelle, nämlich Notenbilder. Nur stärkere optische Vorstellungstypen behalten bisweilen beim musikalischen Vorstellen ihre Notenbilder bei, zu denen sich Hörvorstellungen gesellen können. Nicht selten aber scheinen letztere die visuelle Komponente zu verdrängen.

Ob das zahlenmäßige Verhältnis der reinen oder vorwiegenden Motoriker unter den Sängern (76 Proz.) gegenüber den wenigen reinen oder vorwiegend visuellen (18 Proz.) und der noch kleineren Zahl der rein oder vorwiegend akustischen (6 Proz.) ungefähr das gleiche unter Nichtsängern sei, bleibt eine offene Frage.

Aus obigen Zahlenverhältnissen könnte auf einen Zusammenhang zwischen musikalischer und motorischer Disposition auch auf wortmotorischem Gebiet geschlossen werden, den BAERWALD ablehnt. Dieser Schluß wäre aber falsch, weil er den Übungsfaktor nicht berücksichtigt. Jedenfalls muß bei solchen Untersuchungen musikalische und gesangliche Ausbildung scharf getrennt werden.

Über das Wesen und die Bedeutung musikalischer Mitbewegungen für den ästhetischen Genuß hat BAERWALD eingehende Betrachtungen veröffentlicht. Unsere Versuchspersonen wurden ebenfalls nach solchen Mitbewegungen gefragt und gaben sie in der überwiegenden Mehrzahl (86 Proz.) zu. Nur 7 Versuchspersonen haben keine derartigen Bewegungen an sich beobachtet, und zwar 2 rein wortvisuelle, 3 wortmotorisch-visuelle und 2 wortvisuell-motorische. Von allen anderen, also namentlich von allen wortmotorischen und wortmotorisch

akustischen wurde bis auf 3 Versuchspersonen auch deren genußverstärkende Wirkung zugegeben. Da aber bei der Frage nach diesen Mitbewegungen nicht scharf genug zwischen irradierten und symbolischen unterschieden wurde, so kann unser Ergebnis nur als Beitrag zur Psychologie der Sänger verwertet werden; nicht aber für die Typenästhetik.

Einen besonderen Wert legt BAERWALD auf die namentlich von ihm beobachtete, sogenannte musikalische Erinnerungsverklärung, auf die Erscheinung, daß manchen Menschen „das gefühlsmäßige Verständnis für Musik erst nach einigen Tagen aufgeht, daß der rein innerlich wieder auferstandene Tongedanke so verklärt, so überaus schön erscheint, daß wirkliche Töne selbst in virtuosester Vorführung nie den gleichen ästhetischen Wert besitzen könnten“. Dagegen macht das unmittelbare erste Anhören nur geringen Eindruck. BAERWALD erklärt den Vorgang als ein Zeichen starker musikalisch-motorischer Anlage, eine Übersetzung des akustisch Aufgenommenen in die (motorische) „Muttersprache des Gefühls“. Das Auftreten derartiger musikalischer Erinnerungsverklärung haben 29 Versuchspersonen verneint, während es von 21 = 42 Proz. beobachtet und teilweise sogar als besonders lebhaft beschrieben wurde. Die Zahl derer, die eine solche musikalische Erinnerungsverklärung für sich in Anspruch nehmen, erscheint mir aber sehr hoch, und es besteht der Verdacht, daß ein Teil der Versuchspersonen die Frage nicht verstanden oder mit der bei Künstlern stärker entwickelten Phantasie beantwortet habe, wobei gewöhnliches Erinnern und Nachsingen gehörter Melodien falsch gedeutet wurden, und zwar trotz meines Einspruchs.

Soweit der Vorstellungstyp dieser Versuchspersonen untersucht worden war, fanden sich unter jenen mit musikalischer Erinnerungsverklärung wirklich zahlreiche starke Motoriker (6 von 8 Versuchspersonen); daneben auch die einzige rein wort- und gesangsakustische Sängerin, und ferner ein dreifacher, 5 zweifache und 2 einfache Motoriker im Sinne der BAERWALDschen Einteilung in Wort-, Schreib- und Sachmotoriker. Aber auch unter den Versuchspersonen ohne musikalische Erinnerungsverklärung fanden sich verhältnismäßig viele (9 von 18) starke Motoriker, allerdings bei weitem mehr einfache (10), daneben 7 zweifach und ebenfalls nur ein dreifach Motorischer. Das Vorkommen jener Erscheinung bei den Wortmotorikern war folgendes: unter 5 Wortmotorikern mit innerem Singen war eine Versuchsperson mit musikalischer Erinnerungsverklärung, unter 13 Wortmotorikern mit innerem Singen und Tonvorstellungen waren 8 mit musikalischer Erinnerungsverklärung. Bei allen anderen Vorstellungstypen war die in Rede stehende Erscheinung nur eine Seltenheit. Die gefundenen Zahlen sprechen also nicht gegen BAERWALDs Annahme, wobei noch in Betracht kommt, daß musikalische Übung und Ausbildung ein Zustandekommen der musikalischen Erinnerungsverklärung begünstigt und auch das lebhaft tonakustische Vorstellen fördert. Das letztere wurde vermittels der Fragen BAERWALDs nach der Fähigkeit, sich unsingbare Töne und die Tonleiter über (und unter) den eigenen Stimmumfang hinaus vorzustellen, geprüft, letzteres ohne Zuhilfenahme von Kehlkopfempfindungen, die ja immer wieder in den eigenen Stimmumfang zurückführen würden. Die Ergebnisse sind für unsere Untersuchungen weniger von Belang.

Das tonakustische Vorstellungsvermögen war im allgemeinen anerzogen, gewöhnlich angeblich lebhaft, seltener schwach und das namentlich unter den rein Wortmotorischen und Wortvisuellen. Mit der Fähigkeit der musikalischen Erinnerungsverklärung traf es verhältnismäßig oft zusammen (15 mal), während es noch häufiger ohne dieselbe vorkam (25 mal). Die musikalische Erinnerungsverklärung, aber ohne tonakustisches Vorstellungsvermögen ist nur zweimal von 42 Fällen gefunden worden. Es scheint also, als ob zur Erinnerungsverklärung sich neben dem motorischen Gedächtnis im Sinne einer größeren Geschicklichkeit und Eingebtheit in unseren Fällen auf dem Gebiet des inneren Singens einschließlich musikalischer Mitbewegungen der anschauliche akustische Gedächtnisbesitz gewöhnlich hinzugesellen würde, wodurch der Gefühlswert der musikalischen Erinnerungsverklärung nur erhöht werden kann.

Eine andere Beobachtung BAERWALDS, wonach die Ausbildung im Kunstgesang trotz gleichzeitigen Erlernens des Klavierspiels der Entstehung unwillkürlicher Klaviergriffe entgegenwirkt, fand bei unseren Nachfragen ihre Bestätigung; über solche Greifbewegungen werden nur von 7 Sängern Angaben gemacht.

Wir sehen also beim Sänger unter dem Einfluß der musikalischen Schulung und Betätigung sich einen Vorstellungstypus entwickeln, bei dem die motorische Komponente eine sehr große Rolle neben der akustischen spielt. Das drückt sich aus in dem häufigen Vorkommen des inneren Singens (bei 66 Proz. der Fälle), der musikalischen Mitbewegungen (bei 86 Proz. der Fälle) und der Erinnerungsverklärung (bei 42 Proz. der Fälle). Die Häufigkeit begleitenden oder alleinigen inneren Hörens erreichte 80 Proz. der Fälle. Visuelle Vorstellungen (20 Proz.) treten im allgemeinen zurück und haben ihre Bedeutung nur für einen Teil der Sänger, namentlich für Bühnensänger in Form der Notenbilder beim Rollenstudium. Allein treten sie nur ganz vereinzelt auf. Gewöhnlich begleiten sie inneres Hören, seltener inneres Singen. Die Ansicht H. STERNs, wonach Sänger meist Motoriker sind, können wir mit dem Vorbehalt bestätigen, daß dies nicht im Sinne des reinen aktuellen Vorstellungstyps gilt, obwohl der motorische Mensch von S. MEYER mit Recht als der Durchschnittstyp bezeichnet wird. Es handelt sich offenbar seltener, als H. STERN anzunehmen scheint, um Fälle, „wo nur auf einem Sinnestypus das ganze Vorstellungsleben basiert“. Ferner aber bemerkt jener Autor, daß es Sänger gibt, „die nicht imstande sind, auf dem Wege des Ohres ihr Stimmorgan richtig einzustellen“. Aber gerade diese bedienen sich nicht ausschließlich motorischer, sondern gerade auch visueller Hilfen. Ich fand sie namentlich auch unter den Wortvisuellen und Wortvisuell-motorischen. Darin liegt vielleicht eine Erklärung für ihr Verhalten.

Ohne auf die interessante Erscheinung des Farbenhörens an dieser Stelle einzugehen, können wir unsere Abschweifung ins Psychologische, die ja nur für einen Teil der späteren Untersuchungen Bedeutung hat, mit einem Satz von KANT beschließen, der ursprünglich nicht ganz im Sinne dieses Zusammenhangs gedacht sein mag: „In der Musik geht

dieses Spiel von der Empfindung des Körpers zu ästhetischen Ideen (der Objekte für Affekten), von diesen alsdann wieder zurück, aber mit vereinigter Kraft auf den Körper“. (Kritik der praktischen Vernunft II, 2, § 54).

Stimmumfang und Stimmgattungen. Am wichtigsten für die Kenntnis der menschlichen Stimme ist wohl die Bestimmung ihres Umfangs, der Stimmgattung und der Register. Über diese Fragen ist bereits eine reiche Literatur vorhanden, die wir kurz berücksichtigen müssen, aber es sind bisher keine Untersuchungen an einer so großen Anzahl von Personen gemacht worden, wie die vorliegenden, abgesehen von der Statistik über Natursänger von BERNSTEIN u. SCHLÄPER und von FRÖSCHELS.

Am bekanntesten sind wohl die Mitteilungen über ungewöhnliche Stimmumfänge, die W. LE CONTE STEVENS 1895 zusammengestellt hat mit dem Ergebnis, daß die menschliche Stimme im ganzen über sechs Oktaven reicht. Das erscheint auf den ersten Blick überraschend, dürfte aber richtig sein. Historische Überlieferungen über einzelne ungewöhnliche Stimmen decken sich mit den Erfahrungen der Jetztzeit. Der tiefste Ton, den die menschliche Stimme erreicht, wäre demnach das Kontra-F (F_1 mit 43,16 v. d.) oder, wenn man rauhe, dem Bauchreden ähnliche Töne einrechnet, das Kontra-C (C_1 mit 32,33 v. d.). Die höchsten Töne sind das e^4 (mit 2607 v. d.) und wenn man die laryngealen Pfeiftöne der Kinder dazu rechnet, das g^4 (mit 3100 v. d.). Wenn man also abnorm tiefe und hohe Töne mitrechnet, kommt eine Strecke von etwa $6\frac{1}{2}$ Oktaven für die Leistung des menschlichen Stimmorgans heraus.

Die Töne müssen im folgenden immer nach physikalischen Bezeichnungen benannt werden. Einerseits um der Einheitlichkeit willen, dann auch um die Notenschrift aus praktischen Gründen zu vermeiden, Zur Erleichterung der Orientierung ist daher das Schema Abb. 4 beigefügt. Über zwei Bässe, die zum Kontra-F heruntersingen konnten, berichtet MICHAEL PRAETORIUS in seinem Syntagma musicum 1614 bis 1620. Er bezeichnet das C als die rechte Tiefe eines rechten Basses, „wenn er dasselbe in voller ganzer Stimme natürlich haben kann, etliche kommen auf AA und GG; FF ist aber unvollkommen. Doch solle vor Zeiten zu München am Fürstlichen Durchleuchtigkeit zu Bayern Hoff, zu des fürtrefflichen weit berühmten Musici Orlandi di Lasso

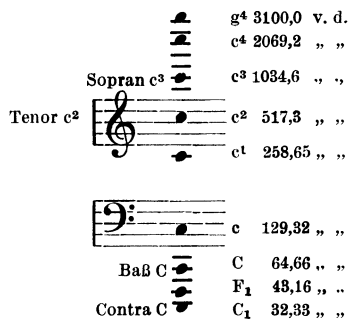


Abb. 4. Temperierte Stimmung.

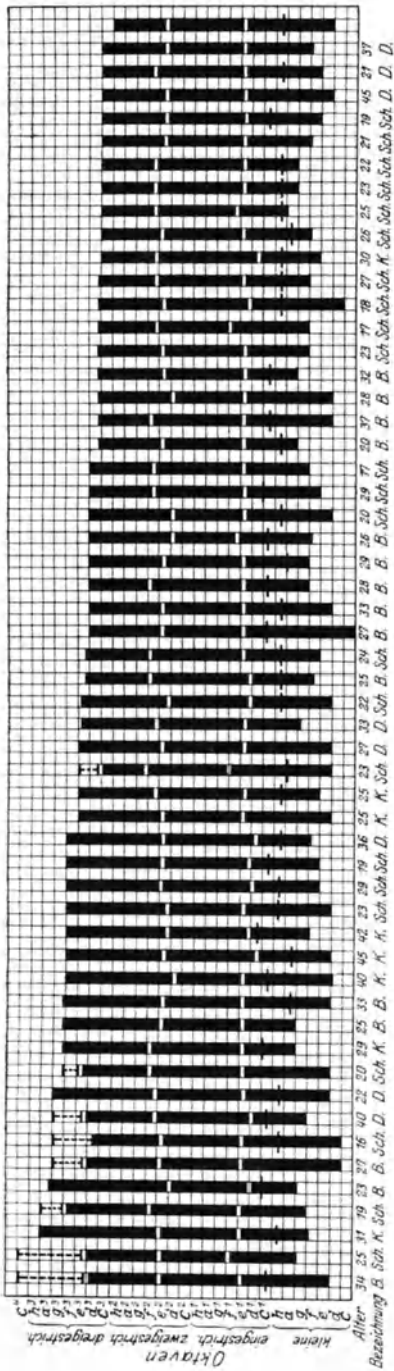


Abb. 5. Graphische Darstellung der Stimmumfänge der Sopranstimme.
Die punktierten Strecken umfassen das Pfeifregister, die weißen Unterbrechungen bezeichnen die Registergrenzen, die schwarzen Querstriche die ungefähre Sprechstimmelage.

B. = Bühnensänger(in), Sch. = Schüler(in), K. = Konzertsänger(in), D. = Dilettant(in), N. = Natursänger(in).

Zeiten unter andern 3 Bassisten, zweene Brüder Fischer und ein Bauernsohn, Grasser genannt, gewesen sein, die das FF stark und mit völliger Stimme erreichten, in der Höhe aber nicht weiter als bis in f g oder a kommen sollten“. Ein berühmter Bassist in Rom namens Caesaron soll ebenso tief haben singen können. Bei solchen historischen Angaben müssen wir aber die damals gültige musikalische Stimmung in Betracht ziehen, von der uns Bestimmtes nicht überliefert ist. ORLANDO DI LASSO lebte um die Mitte des 16. Jahrhunderts in München, zu einer Zeit, als fast jede Stadt ihren eigenen Chor- oder Kammerton hatte, dessen Bestimmung durch die damalige babylonische Verwirrung in der Musik wohl unmöglich gemacht ist. Da aber das a¹ des Chortons von den Orgelbauern, um Material an Pfeifenlänge zu sparen, im Laufe der zweiten Hälfte des 18. und bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts bis zu einem Ganzton, also wesentlich, erhöht wurde (MENDEL), so wäre vielleicht anzunehmen, daß jene alten Bestimmungen eher zu

tief als zu hoch gegriffen seien. Auch von dem Sohn des bekannten Bassisten LUDWIG FISCHER aus Mainz, 1745—1825, nämlich von JOSEPH FISCHER, geb. 1780, wird behauptet, er habe seinen Vater übertroffen und auch bis zum tiefen F_1 gesungen. Von russischen Bässen erwähnt E. BARTH, daß sie bis in die obere Hälfte der Kontra-Oktave hinabsteigen, und zwar mit klarer Stimme ohne Nebengeräusche. Am berühmtesten ist wohl OSSIP PETRON 1807—1878 mit einem Stimmumfang von H_1 —gis². In neuester Zeit hat L. RËTHI von einem 44jährigen Sänger PRITA berichtet, der über einen Stimmumfang von Kontra-F bis zum a^3 verfügt. Mit Nebengeräuschen verbundene, also musikalisch unbrauchbare Töne kommen in dieser Tiefe nicht selten vor. Sie erinnern dann an die Töne der Bauchredner. Wohl das älteste Beispiel hierfür ist der Russe Ivanoff, von dem BENNATI berichtet, er habe das Kontra-C (C_1 mit etwas über 32 v. d.) erreicht. Kehlkopfspiegelbefunde von außergewöhnlich tiefen Tönen sind nicht bekannt. Bei einem Bassisten, der zum Kontra-A (nicht mehr ganz frei von Nebengeräuschen) heruntersingen konnte, sah ich bei den tiefsten Tönen der Tonleiter $A-A_1$, daß durch Verengerung des Kehlkopfeingangs und Senkung des Kehlkopfschleims die Stimmlippen der Beobachtung entzogen wurden; die Knorpelglottis schien dabei ein wenig geöffnet.

Mehr noch als die große Tiefe menschlicher Stimmen hat von jeher deren Höhenentwicklung die Stimmforscher beschäftigt. Die Literatur ist an Angaben hierüber, namentlich über Frauenstimmen, reich, weshalb eine Zusammenstellung der Stimmumfänge berühmter Sängerinnen möglich und aus historischem Interesse gerechtfertigt ist.

Lucrezia Ajugari (gen. Bastardella) 1734—1783 . Umfang g—c ⁴ (mit 27 Jahren)	
Anna Sessi, 1793—1823 c—f ³
Ellen Yaw, gestorben 1842 —e ⁴
Adelina Patti, 1843—1919 —g ³
Christine Nilsson, 1843—1922 g—g ³
Jenny Lind, 1820—1887 —h ³
Nellie Melba, geb. 1861 c—f ³
Frau Becker (von NEHRLICH erwähnt) —g ³

Außer diesen historischen Beispielen sind namentlich in neuerer Zeit anlässlich der Beobachtungen über das Hochregister der Frauenstimme noch eine Anzahl sogenannter Stimmphänomene bekannt geworden, die folgende Höhen erreichten: Signora Barrientos, Ada Colley, Lucie Krall bis a^3 b^3 , Amélie de l'Enclos (mit 28 Jahren) a —cis⁴ 2 Gesangsschülerinnen (Bericht von FLATAU) bis c^4 und g^4 .

Nach PAUL BRUNS sind so hohe Töne weniger selten als man glaubt. Er konnte sie bei einem halben Dutzend von Frauenstimmen „wecken“, und zwar bis g^3 , a^3 , sogar b^3 und c^4 . Unter meinen Versuchspersonen finden sich über 20 bedeutende Stimmumfänge mit wesentlicher Höhen-

und zum Teil Tiefenentwicklung. Nachdem die Höhe mit zunehmendem Alter abnehmen kann, ist in den graphischen Darstellungen das Beobachtungsalter hier beigelegt. Mit Ausnahme eines Mezzosoprans sind alles Soprane (vgl. Abb. 5—10).

Zu den in Abb. 5 (und auch Abb. 6—10) angegebenen Stimmumfängen ist zu bemerken, daß sie nicht nach den Angaben der Sängerinnen, sondern durch den Untersucher festgelegt wurden. Als äußerste Grenze, namentlich in der Tiefe, sind die piano eben noch rein anklingenden Töne bestimmt worden. Bedeutende Tiefenentwicklung findet

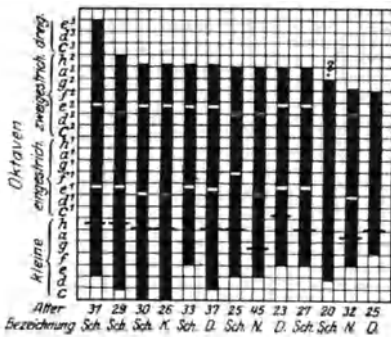


Abb. 6. Stimmumfänge der Mezzosopranstimmen. Bezeichnungen wie bei Abb. 5. Das Fragezeichen bedeutet, daß die Registergrenzen nicht bestimmt wurden.

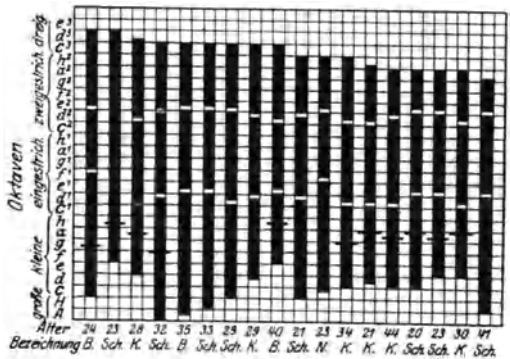


Abb. 7. Stimmumfänge der Altstimmen. (Bezeichnungen wie Abb. 5 u. 6.)

sich hie und da bei Mezzosopran- und Altstimmen; sie reichen ausnahmsweise bis zum cis oder c oder gar zum H, B oder A der Männerstimme. Von Guerrina Fabri berichtet P. BRUNS, sie habe mit vollem gleichmäßigem Volumen $2\frac{1}{2}$ Oktaven von e^2 bis zum H der großen Oktave (letzteres in männlicher Stimmstärke) heruntergesungen. Auch die besonders nach der Tiefe zu entwickelten Stimmumfänge mögen hier zusammengestellt werden.

Mezzosopran	Nr. 576	Schülerin	c—b ²	30 Jahre alt
„	„ 492	„	cis—h ²	29 „ „
Alt	„ 633	Bühnensängerin	c—d ³	24 „ „
„	„ 8	Schülerin	c—c ³	24 „ „
„	„ 325	„	c—h ²	21 „ „
„	„ 58	„	H—c ³	33 „ „
„	„ 357	„	H—g ²	41 „ „
„	„ 901	Bühnensängerin	B—c ³	35 „ „
„	„ 445	Schülerin	A—c ³	32 „ „

Die Höhenentwicklung der Männerstimme scheint unwich-

tig. Praktisch kommt sie nur für den Frauenstimmenimitator in Betracht. Von einem solchen namens Taciann berichtet AVELLIS, er habe

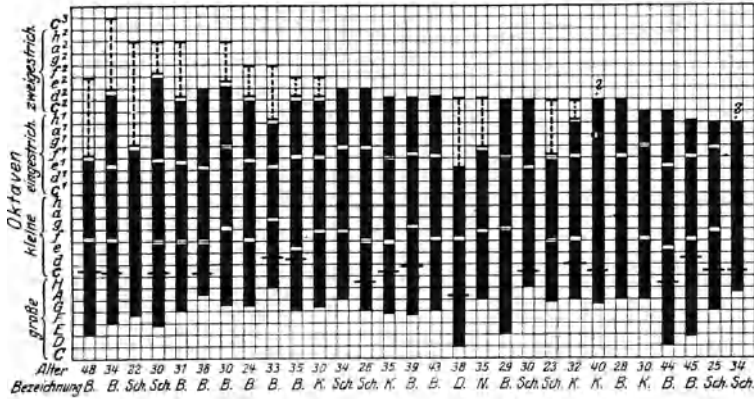


Abb. 8. Stimmumfänge der Tenorstimmen. Die punktierten Strecken umfassen das Falsettregister. Bezeichnungen wie Abb. 5 u. 6.

$3\frac{1}{2}$ Oktaven Stimmumfang gehabt. Ich selbst konnte nur einen derartigen Fall untersuchen. Sein Umfang war nicht auffällig groß und reichte von E—e². LERMOYER hat einen berühmten Frauenstimmenimitator beschrieben, der mit gewöhnlicher schlechter Bruststimme von G—f¹ als Bariton sang, im Falsett mit Mühe h¹ erreichte, aber mit „kristallreiner Frauenstimme“, und zwar mit deren Brusttimbre von g¹—a² sang. Während dieser Stimmgebung schloß sich das hintere Drittel der Stimmritze vollkommen. Die schwingenden Stimmlippenränder waren also um ein Drittel, d. h. auf die Länge weiblicher Stimmlippen, verkürzt.

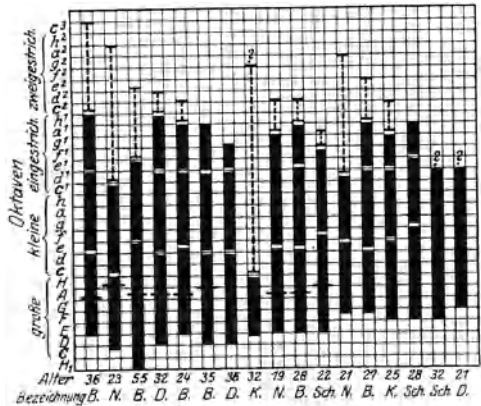


Abb. 9. Stimmumfänge der Baritonstimmen. Bezeichnung wie Abb. 5, 6 u. 8.

Bedeutende Stimmumfänge sind von folgenden historisch berühmten guten Sängern erwähnt: RUBINI (1795—1854) F—f² angeblich noch mit 62 Jahren, TICHATSCHEK (1807—1886) H—f², NEHRLICH (1802—1868) behauptet von sich, er habe von G—f³ noch mit 51 Jahren singen kön-

nen, und sei mit für den Gesang unbrauchbaren Tönen bis Cis der großen Oktave und mit Falsett bis a^3 (vgl. Prita) gekommen. H. KNOTE sang mit 25 Jahren bis f^3 (Arie der Königin der Nacht), unten nur bis e, später unten bis E und in der Höhe nur noch bis e^2 . Es schien von Belang, einmal den gesamten Stimmumfang einschließlich des Falsetts von Sängern kennen zu lernen, auch wenn diese künstlerisch keinen Gebrauch von den Fisteltönen machen. Das Ergebnis dieser Untersuchung war ziemlich überraschend, wie ein Blick auf Abb. 8—10 lehrt.

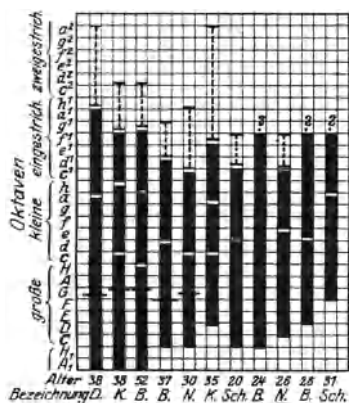


Abb. 10. Stimmumfänge der Baßstimmen. Bezeichnungen wie Abb. 5, 6 u. 8.

deren Vorhandensein man nur deshalb wenig weiß, weil die hohen Lagen niemals künstlerisch verwendet werden. Eine andere Frage ist nur, ob ihre große Ausdehnung und deren Erhaltenbleiben bis ins höhere Mannesalter nicht zu den Kennzeichen besonders schöner Stimmen gehören. Das ist recht wahrscheinlich; den sicheren Nachweis aber müßten noch umfangreichere Erhebungen erbringen. Es darf aber daran erinnert werden, daß ein so erfahrener Sänger und Lehrer wie NEHRLICH den Satz aufgestellt hat, jede Baßstimme müsse, wenn sie gut gebildet sei, das c^2 und sogar noch höhere Noten mit Falsett erreichen, ebenso wie sie unter dem E, allerdings mit Vernachlässigung der guten Sprache beim Gesang, bis zum Kontra-A hinuntergehen könne.

Die Umfänge der einzelnen Stimmgattungen lassen sich aus den Abb. 5—10 ohne weiteres ablesen. Diese Stimmumfänge sind größer als jene, die in der Literatur gewöhnlich angegeben werden, weil eben die äußersten Grenzen festgestellt wurden, nicht, wie sonst, die Grenzen der Stimme bei der künstlerischen Betätigung. Letztere sind natürlich enger und werden von verschiedenen Autoren unterschiedlich um-

Man sieht aus dieser Zusammenstellung, daß gerade sehr tief hinabreichende Stimmen über einen sehr hohen Falsettbereich verfügen, und zwar namentlich die Bässe und Baritone, denn von diesen kamen im ganzen genommen weniger zur Untersuchung als Tenöre. LERMOYER gibt als höchsten Falsetton des Basses nur c^2 , des Baritons d^2 e^2 , des Tenors e^2 an, auch NEHRLICH berücksichtigt bei seiner Zusammenstellung das Falsett und BRUNS findet es merkwürdig, daß die Fistelstimme der Männer bei Tenören und auch bei tiefen Bässen bis zur mittleren Quart der Sopranhöhe reicht und erklärt das als Überbleibsel aus der Mutationszeit. Dies alles sind normale Stimmumfänge, über

schrieben. Am bekanntesten ist das in die meisten Lehrbücher übergegangene Schema von STOCKHAUSEN, ferner jenes von GARNAULT, besonders eingehend sind die Stimmgrenzen von MONTAGNÉ bestimmt. MACKENZIE notiert die Stimmumfänge von 50 guten Sängern. Eine Übersicht über die Angaben von 20 Autoren kann hier wohl unterbleiben. Sie umgrenzen die verschiedensten Stimmgattungen, teils weiter, teils enger, so daß die untere Stimmgrenze für den Baß zwischen C und F, für den Bariton zwischen F und c, für den Tenor zwischen G und d, für den Alt zwischen d und g, für den Mezzosopran zwischen g und c¹, für den Sopran zwischen g und d¹ fällt. Dementsprechend schwanken die Angaben für die oberen Stimmgrenzen beim Baß zwischen h und f¹, beim Bariton zwischen e¹ und a¹, beim Tenor zwischen f¹ und es², beim Alt zwischen d² und d³, beim Mezzosopran zwischen e² und e³, beim Sopran zwischen g² und a³ je nachdem die Ausnahmen oder die Durchschnitte gesanglicher Leistungen berücksichtigt wurden; die höchsten Grenzen gibt NEHRlich an. Eine weitere Einteilung der Stimmgattungen in Arten und Unterarten ist eine Frage der Bühnenpraxis und gehört nicht hierher.

Von Belang dürfte in diesem Zusammenhang noch die mittlere Lage der Sprechstimme sein. Wir wissen nach den Untersuchungen von PAULSEN und von GUTZMANN, welche die älteste Behauptung des DIONYS VON HALIKARNASS bestätigen, daß sich die Sprechstimme des Mannes zwischen A und d oder e, jene der Frau zwischen a und d¹ oder e¹ bewegt, ruhige affektlose Umgangssprache vorausgesetzt. Die Behauptungen von A. BARTH, wonach sich die Stimme beim Sprechen in C-Dur zwischen c und c² bewege und beim einzelnen kaum wesentlich über die Oktave hinausgehe, ist nicht unwidersprochen geblieben. Übrigens sagte schon früher BILLROTH, daß die Kadenz der Sprechstimme eine kleine Terz sei, daß wir also in Moll sprechen. Für die Tonschwankungen während des Redens ist der musikalische Akzent maßgebend. Es läßt sich aber durch Einübung des Ohres und Vergleichen mit leiser klingenden Stimmgabeln, wozu GUTZMANN eine besondere Taschenstimmgabel angegeben hat, ein durchschnittlicher Hauptton festlegen, um den gewissermaßen herumgesprochen wird. Zu seiner Bestimmung wurden belastete Edelmanngabeln benutzt. Das Ergebnis ist ebenfalls aus Abb. 5—10 zu ersehen. Von den Sopranen sprachen die meisten um h oder c¹, von den Mezzosopranen die meisten um a, von den Altistinnen die meisten um g a, von den Tenören die meisten um c, von den Baritonern die meisten um A, von den Bässen die meisten um Gis. Die durchschnittliche Sprechstimmlage paßt sich also natürlich im großen ganzen der Stimmgattung an. Diesem Ergebnisse widersprechen m. W. nur Angaben von LERMOYÉZ, der allein die Sprechstimme bei einer Anzahl von Sängern bestimmt hat, und zwar bei je

einem Sopran und Mezzosopran, bei 3 Tenören, 6 Baritonem und einem Baß. Nach seiner Ansicht sprach die Sopranistin (Opéra comique, Paris) auf a^1 , die Mezzosopranistin auf g^1 , die Tenöre sprachen auf g , a , a , die Baritone auf e , f , g , der Baß auf e . Es handelt sich also um den Unterschied von ungefähr einer ganzen Oktave, jedoch offenbar nicht um einen Bezeichnungs- bzw. Schreibfehler, weil LERMOYER die Stimmumfänge dabei in entsprechender Schreibweise angibt. Daß hier ein Rassenunterschied vorliege, wäre denkbar, doch scheint es mir nach eigenen Erfahrungen unwahrscheinlich. Vielleicht dürfte es sich um ein Verhören um die Oktave handeln, das bei solchen Untersuchungen leicht vorkommt.

In der älteren Literatur findet man schließlich noch Angaben über die Stimme von Kastraten, deren berühmtester Carlo Broschi gen. Farinelli (1705—1782) über einen Stimmumfang von ca. $3\frac{1}{2}$ Oktaven $A-d^3$ verfügte. Aus der damaligen Zeit werden noch erwähnt: Moreschi ($d-e^3$), Caustin ($b-c^3$), Mustafà (c^1-c^3). Nach HABÖCK beträgt ihr Umfang durchschnittlich $2-2\frac{1}{2}$ Oktaven, nämlich $c-c^3$ oder f^3 , jedoch verliert sie mit zunehmendem Alter rasch an Höhe.

Außer diesen eigentlich schon pathologischen Veränderungen der Stimme werden hie und da Stimmabnormitäten beschrieben. Die ältesten sind wohl die in FANTOSIS Storia del Canto erwähnten drei französischen Schwestern, von denen die eine 17jährige Sopran, die zweite 13jährige Alt und die dritte 11jährige tiefen Baß (basso profondo) sang. Leider fehlen Angaben über ihre Stimmumfänge. SCHEIER stellte 1908 in Berlin ein 16jähriges Mädchen mit Baßstimme vor, und zwar mit einem Umfang von $C-c^3$, deren Brustregister bis $f^1 g^1$ reichte und zwischen g und c^1 heiser klang, während die Kopfstimme die Strecke d^2 bis c^3 umfaßte. Der Kehlkopf und die Gesichtszüge hatten männlichen Charakter. HORSFORD berichtet 1909 über einen Fall von Baritonstimme bei einem 17jährigen Mädchen. 1910 hat SOKOLOWSKY einen Fall von Sopran- und Tenorstimme bei einer 24jährigen Sängerin beschrieben. Einen solchen weiblichen Tenor und einen weiblichen Bariton habe ich auch untersucht. Die 26jährige Sängerin konnte mit tenoralem Klang, freilich etwas gepreßt, bis zum c herunter und in der Sopranlage bis d^3 hinauf singen. Die zweite Sängerin hatte einen Stimmumfang von G bis d^3 und konnte wie jene von SOKOLOWSKY beschriebene Künstlerin ein Duett zwischen Bariton und Sopran singen. Beide waren natürlich Variété-Größen.

Zu den Seltenheiten gehört schließlich das laryngeale Pfeifen der Männer. Derartige Fälle sind von FELIX SEMON, HUDSON MAKUEN, ROE, DE FLINES und LÜDERS veröffentlicht. Nur P. SCHULTZ hat genauere phonetische Beobachtungen an Lüdern gemacht und auch den Stimmumfang desselben mit im ganzen $C-f^4$ festgestellt, wovon die Strecke

g^2 — f^4 mittels laryngealen Pfeifens erzeugt wird. Solche Personen werden bisweilen auf der Bühne zum Nachahmen von Vogelstimmen verwendet. Selbstverständlich handelt es sich dabei um eine Funktion des Kehlkopfs, die sich von der Gesangsstimmgebung prinzipiell unterscheidet und vielleicht dem Hochregister der Frauenstimme und den Pfeiftönen der Kinderstimme entspricht, die nach FLATAU und GUTZMANN dis^4 und e^4 , nach LE CONTE STEVENS g^4 erreichen. Das führt uns zur Frage der Einteilung der Register.

Die Register der Gesangstimme. Die Bezeichnung Stimmregister stammt bekanntlich vom Register der Orgel, wo es ursprünglich eine Öffnungsvorrichtung bedeutet hat, mittels deren dem Luftstrom Zutritt zu einer Reihe von Pfeifen verschafft wurde. Später wurde der Name auf die Pfeifenreihe bzw. die dadurch erzeugten Orgeltöne übertragen und dann überhaupt zur Benennung einer Reihe gleichartiger Töne benutzt. Die Verwendung des Ausdrucks für die menschliche Stimme stammt von älteren Gesangslehrern und kommt schon bei TOSI (Brust- und Falsettregister) vor. Historisches über die Bezeichnung Brust- und Falsettstimme im 18. und 19. Jahrhundert hat KATZENSTEIN zusammengestellt. Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts hat MANUEL GARCIA den Begriff mit folgenden Ausführungen festgelegt:

„Wir verstehen unter Register eine Reihe von aufeinanderfolgenden homogenen, von der Tiefe zur Höhe aufsteigenden Tönen, die durch die Entwicklung desselben mechanischen Prinzips hervorgerufen sind, und deren Natur sich durchaus unterscheidet von einer andern Reihe von ebenfalls aufeinanderfolgenden Tönen, die durch ein anderes mechanisches Prinzip hervorgerufen sind. Alle demselben Register angehörigen Töne sind indessen von einerlei Natur, gleichviel, welche Modifikationen sie hinsichtlich des Klanggepräges oder der Stärke erleiden können. Die Register decken einander in einem Teil ihres Gebietes, so daß die in einer gewissen Region vorhandenen Töne zu gleicher Zeit zwei verschiedenen Registern angehören können und daß die Stimme dieselben, sei es im Sprechen, sei es im Singen, angeben kann, ohne sie miteinander zu verwechseln.“

Ursprünglich wurden von GARCIA 3 Register unterschieden: ein tiefes, ein mittleres und ein hohes. Das tiefe Register hat seinen Namen Bruststimme beibehalten, bis es von HENNIG mit Unterregister, von SEYDEL mit Knorpelstimme (!), von SCHEIDEMANTEL mit Vollstimme bezeichnet wurde. Diese Namen haben sich aber nicht eingebürgert.

Das mittlere Register ist am meisten umstritten worden und hat auch seinen Namen mehrmals gewechselt. GARCIA nennt es z. B. Falsett und legt damit den Grund zu zahlreichen Irrtümern. ROSSBACH bezeichnet es mit Kopfstimme, SEYDEL als Bänderstimme. SROCKHAUSEN braucht die Worte Falsett und Mittelstimme abwechselnd für das mittlere Register, ebenso MERKEL je nach dem Timbre (dunkel = Mittelstimme, hell = Falsett). Man findet in der Literatur auch die französische Bezeichnung *voix mixte* für Mittelstimme angewandt, die aber im Französischen häufiger *médium* (Zwischenstimme) heißt.

Das hohe Register wird im allgemeinen mit Kopfstimme bezeichnet, von ROSSBACH als Zwischenstimme, von SEYDEL als dünne Stimme, von HENNIG als Oberregister, von SCHEIDEMANTEL als Randstimme geführt und vielfach mit Falsett, also Fistelstimme gleichgesetzt. Bei TOSI hat das Falsett wohl noch die Be-

deutung einer künstlerisch brauchbaren Kopfstimme. In neuerer Zeit haben zahlreiche Stimmforscher und Sänger, u. a. H. STERN, SCHEIDEMANTEL gegen die Vermengung der Begriffe Kopf- und Fistelstimme Einspruch erhoben, weil eben ein schöner Kopftön des Tenors musikalisch nichts mit einem dünnen Fistelton zu tun hat. Es fällt auch dem nicht vorgebildeten Zuhörer auf, wenn ein Tenor sich in der Höhe — man kann das z. B. einmal in der Schluß-Kadenz der Romanze des Raoul im 1. Akt der Hugenotten hören — plötzlich notgedrungen einiger Falsettöne bedient. Schon MERKEL meint: „Es gehört zur Gesangstechnik des Tenoristen, das natürliche Falsett durch Kunst und Übung in die Kopfstimme zu verwandeln“. Die Kopfstimme wäre demnach also eine Mischung von hoher Mittelstimme und Falsett, eine *voix mixte* im gleichen Sinne wie man Mischstimme zwischen Brust- und Falsettregister, = Mittelstimme annimmt.

So viel über die fast allseitig bestrittenen Bezeichnungen der drei Register, die im Kunstgesang gewöhnlich vorkommen. Darüber und darunter gibt es aber auch noch homogene Tonfolgen, nämlich das Stroh- oder Kehlbaßregister in der Tiefe, das vom E abwärts in die Kontraoktave hinabreicht, ferner die eigentliche, im Kunstgesang verpönte Fistelstimme, die beim männlichen Geschlecht auffälliger ist als beim weiblichen, wo sie aber auch vorkommt und namentlich als Sprechfistelstimme (u. a. bei Neuropathen) unangenehm auffällt; und schließlich das Flageolett- oder Pfeifregister der Frauen und Kinder, selten des Mannes, das bei d³, e³, f³ beginnt.

Strohbaß- und Pfeifregister werden nur ausnahmsweise im Kunstgesang verwendet, durch manche Lehrer, z. B. SCHEIDEMANTEL, sogar von diesem Gebiet ausgeschlossen. Die Strohbaßtöne werden von russischen Kirchensängern gebraucht und sind wohl z. B. von Orlando di Lasso (s. o.) als Begleittöne zum eigentlichen Baß ähnlich dem Fagott verwendet worden. Die Töne des Flageolettregisters werden, abgesehen von Stimmphänomenen der Variétés, hier und da von Koloratursängerinnen in der höchsten Höhe benutzt, was musikalisch vielfach als unzulässig gilt, obwohl von anderer Seite (L. MOZART und neuerdings A. LANKOW) die Schönheit solcher Töne besonders bewundert wird. Auch hier scheint es eben künstlerisch brauchbare und nicht brauchbare Leistungen zu geben.

Die Selbständigkeit einiger Register bzw. die Berechtigung, sie als solche zu bezeichnen, wird von nicht wenigen Autoren bestritten, und zwar hauptsächlich anlässlich der soeben erwähnten Trennung von Kopf- und Fistelstimme. Auch gegen die Annahme der Mittelstimme überhaupt werden von allen jenen Bedenken erhoben, die nur Brust- und Falsettregister gelten lassen (I. MÜLLER, MACKENZIE, LERMOYER, EWALD, PIELKE u. a.). Gleichwohl aber müssen wir aus weiter unten zu erörternden Gründen diese Bezeichnung aufrechterhalten. MERKEL nennt die Töne des Mittelregisters „eigentlich nur eine Fortsetzung der mit Timbre obscure gegebenen Bruststimme nach oben“ in mittlerer Kehlkopfstellung. NEHRlich trennt die Mittelstimme in zwei Abteilungen, CASTEX hält sie für eine Abart der Bruststimme, MONTAGNÉ berücksichtigt sie vom Standpunkt der Praxis aus. Auch BOTTERMUND tritt für die Drei-Register-Theorie ein. GUTZMANN und MUSEHOLD geben beide Erklärungen für das Zustandekommen der Mittelstimme und auch NAGEL hält die Annahme eines Mittel-Registers für berechtigt, ebenso neuerdings KATZENSTEIN. SOKOLOWSKY schreibt es nur der Frauenstimme zu, während er es beim Mann nicht für natürlich, sondern durch Übung anerzogen hält. Im gleichen Sinne äußern sich auch LABLACHE und STOCKHAUSEN hinsichtlich der Verwendung bei beiden Geschlechtern.

Obwohl NAGEL sagt, GARCIA habe den Begriff in „für sein Forschen und Denken charakteristisch klarer Weise“ definiert, so hat doch seit der Mitte des vorigen Jahrhunderts der Streit um die Registerbezeichnung und -begrenzung nicht aufgehört. Ihn historisch zu schildern, fehlt uns der Raum, aber wesentliche Mängel

der Auffassung und wesentliche Erweiterungen und Vertiefungen der Registerlehre sollen kurz erwähnt werden.

Der Registerbegriff kann akustisch (analytisch) und phonetisch (mechanisch-synthetisch) gefaßt werden. Er wird von einem Teil der Gesangslehrer didaktisch verwendet, von einem andern Teil für die Stimmbildungslehre mit äußerster Heftigkeit abgelehnt. Die didaktische Frage scheidet für uns aus. Dagegen dürfte es von Belang sein, die akustischen und physiologischen (phonetischen) Merkmale der Register auf Grund des bisher Erforschten zu besprechen. Denn gerade die Vermengung von mechanischen und akustischen Merkmalen durch GARCIA hat zu der Begriffsverwirrung und zu den Streitigkeiten geführt. Darin müssen wir KARL SCHEIDEMANTEL recht geben, der von den Sängern wohl das wissenschaftlich gründlichste Buch über Gesangsbildung geschrieben hat. Wir werden aber sehen, daß auch heute noch beide Seiten der Registerfrage zur Begriffsbestimmung herangezogen werden müssen, und daß diese Frage namentlich analytisch noch ungelöst ist.

Nachdem die Register ursprünglich ein musikalischer Begriff sind, so wird es zweckmäßig sein, vorerst ihre akustische Seite ins Auge zu fassen. So erging es ja auch im Lauf der historischen Entwicklung; die mechanischen Vorgänge wurden erst viel später erforscht. Obwohl NAGEL sagt, an einer präzisen akustischen Definition fehle es noch, läßt sich auf Grund neuerer Forschung und Betrachtung doch einiges zur Begriffsbestimmung in diesem Sinne beitragen. In neuester Zeit hat BUKOFZER folgende akustischen Kriterien für ein Register aufgestellt: a) seinen eigenartigen Klang, b) seine konstante, eine bestimmte Tonregion umfassende Ausdehnung, c) den Registerbruch an seiner Grenze, und er fügt hinzu: „Prinzip und Modus des physiologischen Zustandekommens sind keine Kriterien“. NAGEL sagt mit Recht, daß sich für das fein analysierende Ohr die Register deutlich im Klang unterscheiden, ferner stehe fest, daß das Falsett ärmer an Obertönen sei. Jedenfalls treten nach KATZENSTEINS klanganalytischen Untersuchungen beim Brustton die Obertöne stärker hervor als beim Falsetton (Mittelstimme der Frau); ferner fand er bei der Mittelstimme des Mannes, die er *voix mixte* nennt, die Obertöne ebenfalls stärker als beim Falsett. Schon bei diesen Untersuchungen störte der Unterschied in der Tonstärke, die ihrerseits die Stärke der Obertöne beeinflusst. SOKOLOWSKY, der sich nur mit den Registern der Frauenstimme beschäftigt hat, kommt ebenfalls zum Schluß, die Mittelstimme habe weniger starke Obertöne als die Bruststimme, aber stärkere als die Kopfstimme.

Das Pfeifregister der Frauenstimme erinnert in seinem Timbre nach FLATAU „mehr an den Beiklang einer Klarinette als an einen Flötenton“. A. LANKOW beobachtete das Flageolettregister an fünf Schülerinnen, darunter vier Koloraturstimmen, und beschreibt es als

rund, flötenhaft, und wunderbar tragend. Seine genaueste Beschreibung findet sich aber in einer Briefstelle über Lucrezia Ajugari, die in der Literatur irrtümlich W. A. Mozart zugeschrieben wird, aber aus der Feder seines Vaters LEOPOLD MOZART stammt und wegen ihrer phonetisch-historischen Bedeutung hier wiedergegeben wird, weil sie bisher stets übersehen wurde: L. M. an seine Frau. 30. II. 1770: „Daß sie (Signora Guari) bis ins *c sopra acuto* (c^4) soll hinaufsingern, war mir nicht zu glauben möglich; allein die Ohren haben mich dessen überzeugt. Die Passagen, die der Wolfgang aufgeschrieben, waren in ihrer Arie, und diese sang sie zwar etwas stiller als die tieferen Töne, allein so schön wie eine Oktavin-Pfeife in einer Orgel, kurz, die Triller und alles machte sie so, wie Wolfgang es aufgeschrieben hat. Es sind die nämlichen Sachen von Note zu Note. Nebst dem hat sie eine gute Alttiefe bis ins g^4 . Hierzu ist zu bemerken, daß die Oktavpfeife der Orgel eine Labialstimme mit sanftem, angenehmen Klang ist im Gegensatz zur Oktavflöte mit ihrer gellenden Klangschärfe. In diesem Brief haben wir die älteste und beste Beschreibung des Flageolettregisters bei seiner künstlerischen Verwertung. Die gewöhnlichen Kehlkopfpfeiftöne, namentlich der Kinder, klingen natürlich wesentlich schärfer.

Was den Umfang der Register angeht, so bestehen in der Literatur scheinbare Widersprüche, die sich dadurch erklären lassen, daß die Register sich teilweise decken. Im allgemeinen kann man sagen, die Mittelstimme (soweit von einer solchen die Rede ist) umfasse nach den meisten Autoren ungefähr eine Oktave, und zwar beim Baß etwa vom c bis c^1 , beim Bariton und Tenor vom e bis e^1 , bei den Frauenstimmen e^1 bis e^2 ; darunter liegt die Bruststimme mit meist ungefähr 4—6 Tönen, darüber die Kopfstimme, die bei den tiefen Männerstimmen im Kunstgesang fehlen kann oder nur über 2—3 Töne verfügt, beim Tenor aus ungefähr 5 Tönen besteht, beim Alt und Mezzosopran 3—5 Töne, beim hohen Sopran noch 6—8 Töne, letzteres ausnahmsweise, erreichen kann.

Beobachtungen an meinen Versuchspersonen führten zu den aus Abb. 5—10 ersichtlichen Ergebnissen, wobei im voraus zu bemerken ist, daß nicht alle Personen, deren Stimmumfang aufgenommen wurde, auch auf ihre Register geprüft worden sind.

Aus diesen Zusammenstellungen geht hervor, daß Stimmumfänge bis über $2\frac{1}{2}$ Oktaven bei beiden Geschlechtern und sogar über 3 Oktaven beim weiblichen Geschlecht nicht so selten sind als man zu glauben geneigt ist. Dementsprechend umfassen die beiden tiefen Register oft annähernd eine ganze Oktave, namentlich die Mittelstimme der Frau, während jene des Mannes meistens einen kleineren Umfang hat. Auch die Kopfstimme (nicht Füstelstimme) des Mannes ist gewöhnlich wesentlich enger begrenzt als jene der Frau, die in einigen Fällen sogar wiederum eine Oktave erreichen kann.

Das Pfeifregister wurde in 7 Fällen gehört. Es umfaßte folgende Töne: d^3-e^3 , d^3-g^3 , e^3-fis^3 , e^3-g^3 , e^3-c^4 , g^3-a^3 und g^3-c^4 in den Lebensaltern von 23, 17, 20, 40, 34, 19 und 25 Jahren. Darunter befindet sich nur eine Bühnensängerin, nämlich die 34-jährige Sopranistin mit einem Gesamtumfang der Stimme von $e-c^4$.

Die Angaben über Registergrenzen bzw. -brüche schwanken, je nachdem man die natürlichen Übergänge festzustellen suchte oder die äußersten Grenzen der einzelnen Register aufsuchte, die sich ja bis zu einem gewissen Grad hinausschieben lassen.

Im Durchschnitt werden in der Literatur von etwa 20 verschiedenen Autoren am häufigsten die Registerbruchstellen in die Gegend folgender Töne verlegt: beim Baß um c und c^1 oder e^1 , beim Bariton oben um c^1 , meist e^1 , f^1 , beim Tenor um c und um c^1 , öfter e^1 , f^1 . Bei den Frauenstimmen gewöhnlich zwischen d^1 und f^1 bzw. um e^2 , f^2 . SOKOLOWSKY'S Untersuchungen an 47 Frauenstimmen stellten den Bruch in der Mehrzahl der Fälle unten bei e^1 (23 mal), daneben noch oft bei dis^1 (9 mal), oben ebenfalls am häufigsten bei e^2 (22 mal) und dis^2 (11 mal) fest, und zwar unabhängig von der Stimmgattung. Den Bruch zwischen Kopfstimme der Frau und Flageolettregister hat nur FLATAU angegeben, und zwar bei e^3 , fis^3 .

An unseren Sängern habe ich die Registerbruchstellen mit dem Ohr festzustellen versucht, und zwar hauptsächlich beim leisen Aufwärtssingen der Tonleiter durch 2 Oktaven je nach dem Stimmumfang. Gewöhnlich wurde hierzu als Vokal ein offenes A oder Ä gewählt. Sehr geschulte Sänger verstehen es auch dabei, den Übergang zu verwischen, meistens aber gelingt es einem nach einigen Versuchen, die Bruchstelle doch herauszuhören. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigen schon die Angaben über die Registerumfänge in Abb. 5—10. Als Übergangstöne zwischen Brust- und Mittelstimme fanden sich bei Bassisten H bis dis ; am häufigsten c d ; bei Baritonon H— fis , am häufigsten d e ; bei Tenören dis — fis , am häufigsten e f ; bei Altistinnen cis^1 — fis^1 , am häufigsten d^1e^1 ; bei Mezzosopranen dis^1 — fis^1 , am häufigsten e^1 f^1 ; bei Sopranen dis^1 — g^1 , am häufigsten e^1 f^1 . Die Übergänge von der Mittelzur Kopfstimme lagen beim Baß, wo sie nur ein paarmal festgestellt wurden, bei c^1 — dis^1 (einmal sogar bei g^1), beim Bariton zwischen c^1 und fis^1 , am häufigsten bei d^1 e^1 ; beim Tenor zwischen dis^1 und fis^1 , am häufigsten bei e^1 fis^1 ; beim Alt zwischen d^2 und f^2 , am häufigsten bei dis^2 e^2 ; beim Mezzosopran zwischen dis^2 und f^2 , am häufigsten bei dis^2 e^2 und schließlich beim Sopran zwischen dis^2 und fis^2 , am häufigsten bei e^2 f^2 . Der Bruch zum Pfeifregister lag zweimal schon bei cis^3 d^3 , dreimal bei dis^3 e^3 und zweimal bei fis^3 g^3 .

Diese Registergrenzen lassen sich nun einmal nicht überhören, sobald sie nicht künstlich verdeckt sind. Gar nicht selten hört man ein leises Nebengeräusch an den Bruchstellen. Aber sie lassen sich verschieben, weil die Register ausdehnungsfähig sind und sich in gewissen Tonbereichen überlagern, die man seit MERKEL amphotere Töne nennt. Ferner hat PIELKE auf die Abhängigkeit der Registerübergänge von der

Vokalisation hingewiesen im Hinblick auf das Decken. Es ist namentlich der Männerstimme leicht möglich, das Brustregister hinaufzuschrauben, bis es plötzlich in die Fistel umkippt. Duprez soll 1837 den Parisern sogar das hohe c^2 mit Brustton gebracht haben. Von diesem Sänger wird später noch die Rede sein. Umgekehrt kann die Frau verhältnismäßig tief in Mittelstimme beginnend im gleichen Register bis in den unteren Bereich der Kopfstimme singen und den Anschein erwecken, als verfüge sie nicht über die Bruststimme. Solche Sängerinnen mit großem Umfang der Mittelstimme sind übrigens bei der Bühne sehr geschätzt. Die Registergrenzen zwischen je zwei Registern konnten auch den Anhängern der Zweiregisterlehre nicht entgehen, die etwa für die unteren $\frac{2}{3}$ der Tonleiter beim Mann die Bruststimme, für das obere Drittel die Kopfstimme, bei der Frau dagegen für ungefähr das untere Drittel die Bruststimme, für den Rest der Tonfolgen die Kopfstimme annehmen. CASTEX, der diese vielfach übliche Lehre vielleicht am klarsten zur Darstellung gebracht hat, hilft sich so, daß er den Übergang der Männerstimme, den er namentlich beim Bariton meist zwischen a und h gehört hat, also höher als wir, einen falschen (*faux passage*) nennt im Gegensatz zum echten (*vrai passage*), den er auf $e^1 g^1$ verlegt. Umgekehrt findet er den echten Bruch der Frauenstimme bei $e^1 f^1$ des Sopran, bei $f^1 g^1$ des Mezzosopran und bei $e^1 g^1$ des Alt unten, den falschen bei allen Frauenstimmen zwischen d^2 und f^2 in der Höhe. Die Bezeichnungsfrage ist eine rein theoretische und hängt von der subjektiven Stellungnahme zur Registerlehre ab; wichtiger ist, daß solche Übergänge eben gehört werden. Aus unseren großen Beobachtungsreihen ergibt sich, daß die Registergrenzen, die wir mit dem Ohr wahrnehmen, der Stimmlage durchschnittlich entsprechen, also auch bei den Frauenstimmen im großen ganzen tiefer beim Alt als beim Sopran liegen und nicht so ganz unabhängig von der Stimmgattung zu sein scheinen als SOKOLOWSKY annimmt.

Abgesehen von den akustischen Kriterien können wir aber noch phonetische aufstellen. Fassen wir die akustischen Erscheinungen im ganzen als erstes Kriterium des Registerbegriffs zusammen, so dürfen wir die subjektiven Empfindungen der Sänger, deren Bedeutung nicht zu unterschätzen ist, als zweites Kriterium ansehen. Nach NAGEL gestattet „das Gefühl — dem Geübten sicher die Angabe, in welches Register die Töne gehören“, die er hervorbringt. „Es handelt sich um Lageempfindungen und Spannungsgefühle, die sehr unbestimmter Natur sind und nur bei gehöriger Übung verwertet werden können.“ Die Angaben hierüber sind in der Gesangsliteratur zahllos. Von der einfachen Behauptung A. LANKOWS: „ich höre drei verschiedene Register und ich fühle sie auch stimmlich, trotzdem meine Tonskala und die meiner ausgebildeten Schüler durchaus glatt und ohne jeden Bruch er-

klings“, bis zu den phantasievollsten Beschreibungen von Empfindungen in Rachen, Nase, am Gaumen, in der Haut der Lippen, der äußeren Nase, der Stirne und von Erschütterungen des ganzen Körpers, wie sie SCHEIDEMANTEL mit den Worten beschreibt: „Ich habe (beim Brustregister) das Gefühl, daß meine Stimmbänder in vollster Breite und Masse schwingen (was SCH. aus der Physiologie weiß) und daß alles an mir und in mir vom Zwerchfell bis zum Scheitel mitschwingt“. Der Registerübergang als solcher wird von manchen, wenn der Kopftön eintritt, als „Erleichterung“ empfunden. Die von SOKOLOWSKY untersuchten Sängerinnen gaben auf nachträgliches Befragen an, bei den Registerbruchstellen einen „Knick“ oder „Bruch“, ein „Knicksen, Umkippen“ wahrzunehmen bzw. zu empfinden, „daß es so nicht mehr weiterginge“. Ferner wird vielfach von den Singenden eine Veränderung dessen beobachtet, was sie Resonanz nennen, das ist aber eine Vibrationsempfindung.

Diese Vibrationen am Körper, und zwar die objektiv wahrnehmbaren sowie die subjektiv empfundenen sind drittens namentlich von H. STERN mit Recht als Kriterium des Registerbegriffs bezeichnet worden. Die Bestimmung von Vibrationsbezirken am Schädel wurde bei Vokalen von HOPMANN, beim Singen von C. ZIMMERMANN mit dem Getast vorgenommen. H. STERN hat auch noch die Vibrationsbezirke am Brustkorb aufgenommen und zur Kontrolle einen Taubstummen herangezogen mit Rücksicht auf dessen besondere Fähigkeit im Wahrnehmen von Vibrationsunterschieden. Auch bei dieser Forschungsweise ergaben sich Unterschiede der Register im Sinne ihrer Benennung, d. h. ausgedehntere und stärkere Vibrationen am Brustkorb beim Brustregister, geringere bei der Mittelstimme und enger begrenzte sowie schwächere Vibrationen am Brustkorb bei der Kopfstimme. Die Vibrationsbezirke am Schädel fand STERN bei Mittel- und Kopfstimme eher größer als bei der Bruststimme, im Gegensatz zu ZIMMERMANN'S Angaben, der von einem Verschwinden der Vibrationen bei hohen Kopftönen spricht. STERN sucht diesen Widerspruch wohl mit Recht dadurch zu klären, daß er annimmt, es habe sich bei ihm um Kopftöne (in unserem obigen Sinn), bei ZIMMERMANN um Falsett gehandelt. Beim Flageolettregister der Frau beschreibt FLATAU einen stärkeren Vibrationsbezirk am Hinterhaupt und Nacken. SCHULTZ konnte beim Pfeifregister des Mannes überhaupt keine Vibration (auch nicht am Kehlkopf) mit dem Getast wahrnehmen.

Viertens sind als Kriterien des Registerbegriffs die Kehlkopfbewegungen, und zwar die äußeren wie die inneren herangezogen worden einschließlich der laryngoskopischen Bilder. Von den äußeren Kehlkopfbewegungen wird ausführlich im VI. Kapitel die Rede sein. Im allgemeinen gilt die Regel, daß der Kehlkopf beim Brustregister tiefer steht als beim Mittel- und Kopfregister, namentlich das starke

Steigen beim Übergang zum Falsett wird hervorgehoben. Die Unterschiede in der Kehlkopfstellung richten sich nach der Ausbildung der Gesangsstimme. Beim Natursänger sind sie größer, bei ihm zeigt sich der Registerbruch von Brust- zu Fistelstimme, den der Kunstsänger vermeidet, als deutlicher Sprung des Kehlkopfes nach oben um oft mehr als einen Zentimeter. (JÖRGEN MÖLLER und FISCHER haben mittels des Röntgenverfahrens die Entfernung zwischen Ring- und Schildknorpel bei Brust- und Fistelstimme gemessen, die mit steigender Tonhöhe immer kleiner wird.) Der Kunstsänger bewegt den Kehlkopf in viel kleineren Grenzen. Beim Strohbassregister scheint er ähnlich wie beim Falsett hochgezogen zu werden. Beim Flageolettregister der Frau tritt er sehr hoch und nach vorne, wie WANGEMANN und MILLER (bei A. LANKOW) angeben, wovon ich mich ebenfalls überzeugen konnte, während FLATAU „am Kehlkopf eine Veränderung in der Gesamtlage“ nicht wahrnahm, was wohl im Verhältnis zu den höchsten Kopftönen gemeint ist. Er beschreibt in Übereinstimmung mit WANGEMANN und MILLER die Hebung des Zungenrückens, das starke Hochziehen des Gaumensegels und ferner die Neigung des Kehldeckels nach hinten, Vorgänge, die ich ebenso beobachtet habe, und wie sie ähnlich beim laryngealen Pfeifen des Mannes beschrieben sind. Die Frage, ob und inwieweit auch bei ausgeglichenen Stimmen Stellungs- bzw. Bewegungsänderungen des Kehlkopfes an den Registergrenzen auftreten, wird im VI. Kapitel beantwortet.

Von der Stimmlippenbewegung wissen wir seit LEHFELDT 1835, daß bei der Bruststimme die ganzen Stimmlippen, bei der Fistelstimme nur deren Ränder schwingen. MUSEHOLD hat durch seine berühmten stroboskopischen Untersuchungen das bestätigt und weiter nachgewiesen, daß die Stimmlippen im Brustregister bis zur Berührung auf- und auswärts schwingen, wobei die Phase des Glottisschlusses länger dauert als jene der Öffnung, während im Falsett sich die Glottis nur verengert und die Stimmlippenränder durchschlagend und namentlich seitwärts schwingen, also als Polsterpfeifenlippen, wie EWALD angegeben hat. Man nimmt an, daß der Schwingungsmechanismus der Mittelstimme eine Zwischenform zwischen den von MUSEHOLD beschriebenen anderen Registern sei im Sinne eines stärkeren Schwingens der medialen Stimmlippenteile (KATZENSTEIN), weil die Muskelkontraktionen, die für Brust- und Falsetton maßgebend sind, sich hier mehr die Wage halten (innere und äußere Spanner). Die hiervon abweichende Theorie von TER KUILE ist noch nicht nachgeprüft. Für die Pfeiftöne kommt möglicherweise der Mechanismus der Savartschen Pfeife in Betracht, also keine Stimmlippenschwingung, jedenfalls konnte SCHULTZ stroboskopisch keine solchen nachweisen und nahm daher den Vorgang der Lippenpfeife an. Für den Klangcharakter des Falsett ist nach

MUSEHOLD das Offenbleiben der Glottis maßgebend. Damit kommen wir zu dem laryngoskopischen Unterschied zwischen den Registern, zur Stimmritzenform.

In dieser Frage dürfte ziemliche Übereinstimmung herrschen. Während der Brusttöne erscheint die Stimmritze geschlossen (weil die Berührungsphase länger dauert als die Öffnungsphase, MUSEHOLD) oder jedenfalls sehr eng und linear (OERTEL und LERMOYEZ). Die gerade, aber nicht mehr ganz so enge Stimmritzenform wird im Mittelregister beibehalten, aber der hintere Teil der Glottis ist geschlossen. Mit zunehmender Tonhöhe wird diese noch kürzer, um schließlich bei höheren Kopftönen bis auf die Hälfte verkürzt zu erscheinen. Daher wird auch von manchen Autoren der kurzspaltige (weibliche) vom langspaltigen (männlichen) Mechanismus als prinzipiell verschieden getrennt (SCHEIDEMANTEL, MACKENZIE). Im Falsett dagegen weichen die Stimmlippenränder infolge der starken Längsspannung und der damit verbundenen Verdünnung in der Mitte ein wenig auseinander und formen so die bekannte spindelförmige Stimmritze. Den Übergang von Brust- zu Kopfstimme beschreibt CASTEX als ein leichtes Sichöffnen der Stimmritze in den vorderen zwei Dritteln. Systematische Spiegeluntersuchungen an größerem Beobachtungsmaterial über die Stimmritzenform bei den drei Gesangsregistern fehlen uns noch. Der Hauptgrund dafür ist, daß man den Kehlkopfspiegel seinem ursprünglichen Zweck, zu dem ihn GARCIA erfand, entfremdet hat, weil man nicht ganz mit Unrecht meinte, schon das bloße Einführen des Instrumentes und das damit verbundene Herausziehen der Zunge störe die normalen Vorgänge bei der Stimmgebung der Sänger.

Eine besondere Beachtung hat die Stimmritzenform beim Pfeifregister gefunden. FLATAU beschreibt zwischen den in ihrem hinteren und vorderen Teil fest zusammenschließenden Stimmlippen einen kleinen sichelförmigen Spalt, der sich mit zunehmender Tonhöhe noch abflacht und vielleicht auch etwas verkleinert. Was sonst hierüber veröffentlicht ist, betrifft das laryngeale Pfeifen. Bei Kindern beobachteten FLATAU und GUTZMANN sowohl die Spindelform als auch einen mittleren linearen „Pfeifspalt“, der mit einem „ganz hinten gelegenen winzigen Dreieck“ abwechselte oder mit einem auch in der Mitte gelegenen „mehr spindelförmigen Spältchen“. FELIX SEMON sah bei einem 13jährigen Jungen während der Pfeiftöne zwischen den Aryknorpeln einen 1,5—2 mm weiten Spalt, DE FLINES in einem ähnlichen Fall ein kleines hinteres offenes Dreieck; die Stimmlippen waren dabei fest geschlossen. HUDSON MAKUEN und BOND legen auf die Annäherung der Taschenlippen mehr Wert, ebenso ROE, der zwischen den letzteren einen elliptischen Spalt beschreibt, durch den man die Stimmlippenränder sehen konnte. P. SCHULTZ und LÜDERS selbst geben uns

die genaueste Beschreibung, die zum Teil auf Selbstbeobachtung sich stützt: Die Taschenbänder schießen nach der Mitte über die Stimmbänder vor, sind straff gespannt und konvergieren nach vorne, wo sie sich sogar aneinander legen. Der ganze Zugang zum Kehlkopf geht nach unten trichterförmig zu. Durch den rautenförmigen Spalt zwischen den Taschenbändern sieht man auf die Stimmbänder. Diese liegen vorne fest aneinander, divergieren in den hinteren Partien des membranösen Teils stark nach hinten. Die Innenränder der Aryknorpel laufen parallel, so daß der Processus vocalis im Scheitelpunkte eines einspringenden Winkels liegt. Processus vocalis und Basen der Aryknorpel rücken weit auseinander, so daß die Glottis nach hinten verlängert erscheint. Dagegen bildet sich bei hohen Pfeiftönen ein spindelförmiger Spalt, weil die Aryknorpel sich aneinander legen. Der Spalt umfaßt in seinem hinteren Drittel teilweise die Pars cartilaginea, in den vorderen zwei Dritteln Teile der Pars membranacea der Stimmritze. Nach RETHI handelt es sich bei solchen Tönen um den Mechanismus der Zungen-, nicht der Lippenpfeife.

In Anbetracht der Seltenheit sollen hier 5 eigene Beobachtungen Platz finden: Bei einer 16 $\frac{1}{2}$ -jährigen Sängerin mit langen, schmalen, zarten Stimmlippen, deren Pfeifregister von d³ bis g³ reichte, konnte ich bei f³ mit einem kleinen Kehlkopfspiegel folgenden Befund erheben: Der weiche Gaumen wird stark hochgezogen, ebenso der Kehlkopf, der Kiefer tief gesenkt. Mandeln und hintere Gaumenpfeiler nähern sich etwa auf 1 cm Entfernung. Die Taschenlippen überlagern die Stimmlippen in ihren vorderen 2 Dritteln bis auf etwa 1 mm von deren Rand. Sie treten sich mit zunehmender Tonhöhe näher. Die Stimmritze erscheint dabei haarscharf, bleibt aber linienförmig. Bei einer 34-jährigen Bühnensängerin mit kurzen, ziemlich breiten Stimmlippen war der Befund wesentlich anders. Bis zu den Tönen f³ g³ verkürzt sich die Stimmritze nach vorn zu, so daß zuletzt mehr als 2 Drittel derselben durch Aneinanderpressen der Stimmlippen hinten verschlossen erscheinen und nur vorne ein kleiner, feiner Spalt bleibt. Bei einer 20-jährigen Schülerin mit mittelbreiten Stimmlippen und Pfeiftönen auf e³ f³ fis³ war der Befund ebenso. Bei 2 weiteren Fällen, einer 25-jährigen Schülerin mit kurzen mittelbreiten Stimmlippen und einem Pfeifregister zwischen g³ und c⁴, und einer 40-jährigen ausgebildeten Sängerin mit mittellangen Stimmlippen und einem Pfeifregister von e³—g³ wurde an der Grenze zwischen vorderem und mittlerem Drittel oder im vorderen Drittel der Stimmritze ein ganz kleiner elliptischer Pfeifspalt festgestellt.

Die Kehlkopfbilder bei den Pfeiftönen sind also jedenfalls verschieden. Von meinem soeben beschriebenen ersten Fall kann es aber nach dem Befund zweifelhaft sein, ob nicht die Kopfstimme während des Spiegeln bis f³ gereicht hat.

Als fünftes Kriterium für den Registerbegriff ist der Luftverbrauch angeführt worden. Hierüber sind die Akten jedoch nicht geschlossen, und es wird noch neuer Versuche bedürfen, die sichere Befunde liefern. Vorläufig kann man auf Grund älterer und neuerer Angaben sagen, daß der Luftverbrauch im Falsett größer sei als bei der Bruststimme, und zwar nach GARCIA und MERKEL. Das trifft nach

KATZENSTEIN nur für Natursänger zu, während der ausgebildete Sänger im Falsett und bei der Mittelstimme weniger Luft verbräuche als im Brustregister. Dasselbe glaube auch ich annehmen zu dürfen. Aber es ist bei all diesen Untersuchungen fraglich, ob die Stimmstärke in beiden Registern wirklich gleich gemacht werden konnte, da ja auch der Druck sehr ungleich ist, und ob nicht Nebenluft (wilde Luft) bei mehr gehauchter Stimmgebung die Ergebnisse fälschte. Für das Flageolettregister wird von WANGEMANN und MILLER der geringe Luftverbrauch hervorgehoben. Demgegenüber hat P. SCHULTZ beim laryngealen Pfeifen durch spirometrische Untersuchungen festgestellt, daß „wie bei der Fistelstimme“ eine große Luftmenge mit sehr geringem Druck (8–20 mm H₂O) verbraucht wird, und zwar ungefähr 50% mehr Luft als bei ruhiger Atmung.

Zur Umgrenzung der Register kann man pathologische Fälle heranziehen, namentlich zunächst Ausfallserscheinungen in der Stimmgebung, wenn ein Register fehlt oder nicht benutzt wird. Noch ins Gebiet des Normalen fällt das unvermittelte Überschlagen von Bruststimme in die Fistel beim Jodeln, wobei die Mittelstimme unbenutzt bleibt. Ihr Ausfallen charakterisiert den ganzen Vorgang als ungewohnt, weshalb schon darauf auf ihr Vorhandensein beim Mann geschlossen werden darf. MICHAEL beschreibt zwei Fälle von persistierender Fistelstimme, die zwar von e–g mit Bruststimme singen konnten und von a¹–c² mit Fistelstimme, denen aber der Tonbereich a–g¹, also die Mittelstimme, fehlte. Bekannt ist ferner das Heiserwerden oder Umkippen der Stimme in die Fistel an den Registerbruchstellen bei beiden Geschlechtern, wenn infolge von Überanstrengung oder falscher Schulung eine Stimmchwäche (Phonasthenie) eingetreten ist. Ferner dürfte es bemerkenswert sein, wenn bei einem Kranken mit Rekurrenslähmung und Flattertönen in der Tiefe die Bruststimme bis d e noch rauh bleibt, aber bei e und f schon reine Töne zu erzielen sind.

SOKOLOWSKY hat die Stimmabnormitäten zum Beweis für seine Anschauung herangezogen, daß die drei Register nur der weiblichen Stimme angehören. Seine Sängerin mit Tenorstimme hatte nämlich drei Register mit zwei Bruchstellen (eine bei a¹, h¹, die andere gibt er nicht an). Hieraus schließt er, die Stimme sei keine echte Tenorstimme, sondern eine Frauenstimme mit kräftig und umfangreich entwickeltem Brustregister. Das stimmt auch mit meinen Erfahrungen an einer gleichen Stimme überein. Das Brustregister reichte vom c–e¹, die Mittelstimme von f¹ nur bis h¹, und die Kopfstimme begann schon bei c² und reichte bis d³. Letztere war verbildet und tremolierte. Mein zweiter Fall aber hatte eine männliche Bruststimme von G–fis und eine männliche Mittelstimme, die von g–fis¹ reichte, hier war ein Registerbruch zur weiblichen Mittelstimme, die bei f² endete, während die

Kopfstimme die Töne $\text{fis}^2 - \text{c}^3$ umfaßte. Meine beiden Sängerinnen hatten im übrigen absolut nichts Männliches an sich. So interessant diese Fälle, dazu der oben beschriebene von LERMOYEZ, an sich sind, so halte ich es doch für fraglich, ob man sie zur theoretischen Registerbestimmung heranziehen soll.

Der Unterschied zwischen männlicher und weiblicher Stimme sowie männlichen und weiblichen Stimmklappen, die sich in der Länge wie 3:2 verhalten, hat zu einer Anschauung geführt, die wir am Schlusse der Registerdiskussion nicht übergehen dürfen. Ausgehend von der Aufstellung des long reed- und short reed-Mechanismus durch MACKENZIE, der alle anderen Register ablehnt, kam SCHEIDEMANTEL auf den Gedanken, diese Trennung in männlichen und weiblichen Mechanismus, deren Verschmelzungsmöglichkeit er bestreitet, zur Grundlage seiner Stimmeinteilung zu machen, aber nicht im Sinne zweier Register. Erst innerhalb dieser Mechanismen, denen er die von GARCIA für die Register aufgestellte Definition zuerkennt, unterscheidet er beim Manne 3, bei der Frau 2 Register, als jenem Mechanismus untergeordnete, „feinere Spannungsverschiedenheiten“. Voll- oder Bruststimme, Mittelstimme, Rand- oder Kopfstimme (nicht = Fistel). Da nun der Mann auch eine Fistelstimme hat, die SCHEIDEMANTEL aus der Reihe der männlichen Kunstgesangsregister streicht, so muß er dieselbe als den seinem Gesangsorganen innewohnenden weiblichen Stimmmechanismus bezeichnen, umgekehrt die Bruststimme (Vollstimme) der Frau als den ihrem Gesangsorgan innewohnenden männlichen Stimmmechanismus. Da die Frau aber im Kunstgesang davon Gebrauch macht, sieht sich SCHEIDEMANTEL gezwungen, ihr 5 Register, zwei weibliche (Mittel- und Kopfstimme) und 3 männliche (Brust-, Mittel- und Kopfstimme) zuzuschreiben, von denen die beiden Mittel- und Kopfstimmen so sehr ähnlich klingen, daß man sie je als ein Register bezeichnen dürfte. Warum allerdings die Frau „ohne Knacks“ den männlichen Mechanismus (Bruststimme) mit dem weiblichen vertauschen kann, läßt SCHEIDEMANTEL ungeklärt, er weist nur auf den zierlicheren Bau des weiblichen Kehlkopfes hin. Obwohl diese Einteilung manches für sich hätte, so können wir sie doch nicht annehmen, denn SCHEIDEMANTELS Mechanismen und Register unterscheiden sich beide eben doch wieder nur durch klangliche und mechanische Unterschiede und nicht prinzipiell. Deshalb läßt es sich in seinem Sinn zwar logisch nicht begründen, wenn er z. B. das Flageolettregister zu den Mechanismen rechnet, obwohl es tatsächlich einem ganz anderen mechanischen Vorgang seine Entstehung verdankt, denn andererseits nimmt auch das Klanggepräge der SCHEIDEMANTELSchen Register seinen Ursprung natürlich aus Veränderungen mechanischer Vorgänge bei der Stimmgebung. Das Verwirrende liegt zum Teil im klanglichen Unterschied der künstlerisch gebildeten Töne von jenen der Naturstimmen, namentlich in der Höhe.

Für die Beurteilung der Kunstgesangsstimme bleibt uns nichts übrig, als bei der Einteilung in die gewöhnlichen drei Register zu bleiben, nämlich in Brust-, Mittel- und Kopfstimme und daneben noch drei musikalisch außergewöhnliche Register anzunehmen, nämlich Strohbass, Fistel und Pfeifregister. Dabei ist freilich zuzugeben, daß die Mittel- und Kopfstimme durch ein Ineinandergreifen der wesentlichen Muskelwirkungen bei der reinen Fistel- und der reinen Bruststimme erzeugt werden, deren Einzelheiten noch unerforscht sind.

Registerdefinition. Wir dürfen also mit Benutzung der Definition von GARCIA den Registerbegriff folgendermaßen festlegen:

Unter Register verstehen wir eine Reihe von aufeinanderfolgenden gleichartigen Stimmklängen, die das musikalisch geübte Ohr von einer anderen sich daran anschließenden Reihe ebenfalls unter sich gleichartiger Klänge an bestimmten Stellen abgrenzen kann. Ihr gleichartiger Klang ist durch ein bestimmtes konstantes Verhalten der Obertöne bedingt. Diesen Tonreihen entsprechen an Kopf, Hals und Brust bestimmte objektiv und subjektiv wahrnehmbare Vibrationsbezirke. Die Stellung des Kehlkopfs ändert sich beim Übergang von einer solchen Tonreihe zur anderen beim Natursänger stärker als beim Kunstsänger. Die Register sind hervorgerufen durch einen bestimmten ihnen zugehörigen Mechanismus der Ton-erzeugung (Stimmlippenschwingung, Stimmritzenform, Luftverbrauch), der jedoch einen allmählichen Übergang von einem ins angrenzende Register zuläßt. Eine Anzahl dieser Klänge kann jeweils in zwei angrenzenden Registern, aber nicht immer in gleicher Stärke hervorgebracht werden. Zum Sprechen in der Umgangssprache können alle drei Register dienen, jedoch darf man die Verwendung der Bruststimme und etwa noch der Mittelstimme dabei als normal ansehen.

Hinsichtlich der Art und Weise der Beteiligung einzelner Muskeln und Muskelpartien bei der Bildung der verschiedenen Register sind vorläufig nur Hypothesen aufgestellt worden. Auf diese einzugehen, hält NAGEL nicht für ratsam, weil sie „doch wohl einigermaßen in der Luft schweben, solange wir über den eigentlichen Schwingungsvorgang (an den Stimmlippen) noch so sehr im unklaren sind“. Gleichwohl scheint mir eines festzustehen, nämlich, daß beim Zustandekommen der Fistelstimme der Cricothyreoideus die Hauptrolle spielt. Schon MICHAEL hat ihn den Leitmuskel dieses Registers genannt. Die experimentellen Untersuchungen von R. DU BOIS-REYMOND und KATZENSTEIN am Hund und die röntgenologischen von JÖRGEN MÖLLER und FISCHER am Menschen dürften diese Ansicht bestätigen. Merkwürdigerweise wird bei dieser Frage auf eine Erscheinung kaum Gewicht gelegt, die doch zum Beweis mit herangezogen werden könnte. Es ist die Tatsache, daß unbehandelte Kranke mit Rekurrenslähmung gewöhnlich in der Fistelstimme sprechen. Auf wesentlich schwächeren Füßen steht die Annahme von MICHAEL, der Interarytaenoideus sei der Leitmuskel des höheren Brustregisters, der Vocalis jener der Mittelstimme. Zwar ist man allgemein geneigt, die Tonerhöhung bei der Bruststimme hauptsächlich, wenn auch nicht ausschließlich, der Zusammenziehung des Vocalis zuzuschreiben. Im Hinblick darauf aber, daß der Mechanismus

der Polsterpfeife doch höchstwahrscheinlich für den Kehlkopf in Betracht kommt, darf man wohl die gesamte, unter den Begriff der Sphincter laryngis zusammenfaßbare Muskelgruppe als physiologische Einheit auffassen. Die Wirkung der äußeren Kehlkopfmuskeln, die dessen Stellung verändern, wurde für die Stimmbildung vielleicht etwas zu sehr unterschätzt, denn jeder Tonbewegung entspricht, wie wir später sehen werden, eine Stellungsveränderung des Kehlkopfs.

IV. Über das „innere Singen“.¹⁾

Atem- und Kehlkopfbewegungen von Sängern beim Hören und Vorstellen von Tönen und Gesangsklängen.

Je schwieriger uns die Deutung von Atem- und Kehlkopfbewegungen während des Singens wird, desto notwendiger dürfte es sein, dabei von scheinbar ganz einfachen Vorgängen auszugehen und das um so mehr, als in physiologischen und phonetischen Werken, namentlich der neueren, weniger der älteren Zeit gerade die einfachsten Bewegungsformen achtlos übergangen worden sind. Nun wissen wir hauptsächlich aus den Arbeiten der WUNDTschen Schule, daß sensorische Eindrücke und Wahrnehmungen bestimmte Veränderungen des Pulses und der Atmung hervorrufen.

An die Beziehungen zu einer der wichtigsten Fragen der Denkpsychologie, dem „inneren Sprechen“ sei hier nur erinnert. Das innere Singen ist ein Sonderfall jenes größeren Problems. Günstige Untersuchungsmöglichkeiten erlaubten mir, diesen Teil der Hauptfrage zum erstenmal an zahlreichen Versuchspersonen experimentell zu prüfen.

Die Veränderung von Blutdruck und Puls unter dem Einfluß von Sinnesreizen steht in keiner vergleichbaren Beziehung zu willkürlichen Bewegungen bei der Stimmgebung. Dagegen ist die Beeinflussung der Atmung durch Richten der Aufmerksamkeit auf einfache, namentlich akustische Sinnesreize von Belang. Ohne in Literaturzusammenstellungen hierüber einzutreten, die sich bei WEBER und bei ERICH LESCHKE finden, möge auf einige Arbeiten hingewiesen werden, die zu den folgenden Untersuchungen in Beziehung stehen. Während MOSSOS Untersuchungen über Atemveränderungen bei geistiger Tätigkeit 1881 zu keinem befriedigenden Ergebnis führten, konnte DELLABARRE 1892 den Satz aufstellen, der Atem nehme bei Sinnesindrücken an Häufigkeit und Tiefe zu, umgekehrt bei geistiger Tätigkeit im gleichen Sinne ab. PAUL MENTZ, der 1895 die Wirkung akustischer Sinnesreize (Töne, Klänge, Geräusche) auf Puls und Atmung unter Anwendung ausreichender Kautelen beobachtete (Dunkelzimmer, Registrierapparate im Nebenzimmer), wies nach, daß im wachen Zustand und im Schlaf die Atmung bei einem Geräusch häufiger und tiefer, gewöhnlich auch verlängert wird. Nach einiger Dauer des Reizes nahm die anfängliche Verlängerung wieder ab und

¹⁾ Erschien in Passows Beiträgen zur Anat., Physiol., Pathol. und Therapie d. Ohres, der Nase und des Halses. 1923.

machte schließlich sogar einer Verkürzung Platz. Klänge der eingestrichenen und oft auch der kleinen Oktave, d. h. c^1-h^1 , auch $c-h$, bewirkten die größte Puls- und Atemverlängerung, nach Aussage der Vp., die vom Zweck der Untersuchung wußten, auch die größten Lustgefühle. Gegen die Höhe und Tiefe nahmen Lustwirkung, demgemäß die Puls- und Atemveränderungen immer mehr ab und gingen in der Höhe in Unlustgefühle über. Erscheinungen der willkürlichen Aufmerksamkeit, also Abnahme der Höhe und Zunahme der Schnelligkeit des Atmens sind auffälliger, da dem Sichzusammennehmen eine stärkere Innervation entspricht als der unwillkürlichen, bisweilen lustbetonten Aufmerksamkeit, die vielfach zu Verlängerung der Atmung führt. Besonders eingehend ist die Arbeit von ZONEFF und MEUMANN (1903) über Begleiterscheinungen psychischer Vorgänge in Atem und Puls. Sie untersuchten den Einfluß der Lust und Unlust, sowie der Aufmerksamkeit auf optische, taktile akustische und Vorstellungsreize durch Messung der Atemfrequenz und des Pulses und fanden u. a. die Atmung durch die sinnliche Aufmerksamkeit hauptsächlich auf akustische Reize nur partiell oder gar nicht gehemmt. Die Atmung war dabei beschleunigt, die abdominale Atmung vertieft. Konzentration der intellektuellen Aufmerksamkeit erzeugte Verflachung der thorakalen Kurve, wobei die Ausatmungszeit auf Kosten der Einatmungszeit verlängert sein kann, und konnte auch zum Atemstillstand führen. Sie zogen ferner den Schluß, daß alle Lustgefühle größere Frequenz, also Beschleunigung, oft Verflachung der Brustatmung neben Vertiefung der Bauchatmung bewirken, wogegen Unlustgefühle eine geringere Frequenz, also Verlangsamung und Vertiefung namentlich der Brustkurve fast bis zur doppelten Ordinate erzeugen. „Die Atemgröße (im Sinne des Begriffs von ZONEFF und MEUMANN) ist bei Unlust immer größer, bei Lust kleiner.“ Die thorakale Atmung wurde überhaupt stets stärker verändert. In der weiteren Verfolgung der Unterschiede zwischen Brust- und Bauchatmung kam dann GUTZMANN zur Annahme, daß die thorakale Atmung mehr unter dem Einfluß seelischer Erregungen stehe, also vom zerebralen Atmungszentrum geleitet werde, während ein medulläres Zentrum die abdominale Atmung regiere. Der Atemstillstand bei scharfem Nachdenken könne z. B. nur thorakal sein. ALFRED LEHMANN meint übrigens, es sei leicht einzusehen, daß die Atemzüge während sehr leiser Schallreize am längsten sind, weil „das Geräusch eines tieferen Atemzuges die Auffassung eines anderen schwachen Schalles erschwere, deshalb wird die Atmung instinktiv gehemmt“. Dem gegenüber ist zu sagen, daß es sich bei den Versuchen weder um besonders tiefe Atemzüge handelt, noch auch immer um Schälle, die nahe der Reizschwelle liegen. In zahlreichen späteren Arbeiten der WUNDTschen Schule wurden die Veränderungen der Atmung und des Pulses zum Aufbau der Gefühlslehre mitverwendet. Verschiedene Autoren, KELCHNER, MARTIUS, MINNEMANN (1895), GENT (1901), STÖRRING (1906), ALECHSIEFF (1907), SALOW (1909), kamen aber nicht zu einheitlichen Ergebnissen hinsichtlich der Zuordnung bestimmter Atemveränderungen zu den einzelnen Gefühlen der Erregung, Beruhigung, Spannung und Lösung, Lust und Unlust, sowie der Gefühlsverbindungen, wie sie die Wundtsche Schule aufstellt. analog den Gefühlsempfindungen von STUMPF oder den „psychischen Zuständen“ anderer Psychologen (LIPPS). Sie trachteten aber, die Methodik der Untersuchung sowie der Beurteilung und Verwertung der gewonnenen Kurven weiter auszubauen. Die musikalische Seite der Frage wurde von ZONEFF und MEUMANN bezüglich der Konsonanz und Dissonanz mit dem Klavier geprüft (Lust und Unlust), von MENTZ und von GUIBAUD 1898 näher beleuchtet durch Untersuchung des Einflusses beim Anhören ganzer Kompositionen (MENTZ) und von Tonleitern, Akkorden und ganzen Melodien (GUIBAUD) auf Puls und Atmung. Der Atem war bei den Versuchen von MENTZ erstaunlich regelmäßig entsprechend gleichmäßigem Genuß und gleichmäßiger Aufmerksamkeit. GUIBAUDS Ergebnisse führen auf individuelle Verschiedenheiten.

So bewirkten z. B. die Töne a^0 und a^2 häufig Erhöhung der Atemkurven und Verminderung der Frequenz, fast ebenso oft aber Frequenzsteigerung, selten Abflachung und oft auch gar keine Veränderung der Kurvenhöhe. Jedenfalls vermehrt oder vermindert sich die Atmung nach GUIBAUD bei gleichen Personen immer im gleichen Sinn, und die Beeinflussung der Atmung geht der zirkulatorischen voraus. Hirnphysiologisch weiß man wenig über den Ablauf solcher Reaktionen. Beobachtungen von SCHROTTENBACH an einer Hirnherdkrankung und seine Versuche an Kaninchen lassen einen zentralen Mechanismus in der Regio subthalamica für die Sympathikusinnervation beim Menschen vermuten. Er sagt, „daß wir in dieser Station der zentralen sympathischen Innervation ein strukturelles Bindeglied zwischen zentralen Vorgängen und der peripheren vasovegetativen Innervation zu sehen haben“. Bei Kaninchen konnte er auf Sinnesreize beim entspannten Tier konstant reaktive Veränderungen des Ohrvolumens und der Atmung nachweisen. Letztere ließen, wie er meint, im Gegensatz zum Menschen, feinere Differenzierung erkennen. Nach Ausschaltung der Regio subthalamica erfolgte auf Reize noch wesentlich geringere Atembeschleunigung, seltener gar keine Atemreaktion.

Als Reaktion auf gehörte musikalische Töne dürfen wir beim Sänger wohl Erscheinungen der intellektuellen oder sinnlichen Aufmerksamkeit, vielleicht der Spannung, also Verminderung der Atemgröße nach GENT erwarten, nach dem Verklingen des Tons solche der Lösung, nämlich Vermehrung der Atemgröße nach GENT und WUNDT, oder auch gar keine Reaktion. Ebenso wenig werden sich wohl besondere Lust- oder Unlustgefühle einstellen und noch weniger Erscheinungen der Erregung, da ja eine Gewöhnung an akustische Reize vorausgesetzt werden muß, die derartige Gefühle nicht aufkommen läßt und sogar Reaktionen obiger Art ganz verhindern kann. Dem lebhaften Vorstellen von Gesangstönen können aber wohl auch Erscheinungen der intellektuellen Aufmerksamkeit vorausgehen.

Während die Veränderungen der Atmung vielfach und sorgfältig untersucht sind, fehlen ein gehendere Beobachtungen über etwaige Kehlkopfbewegungen bei musikalischen Schallreizen ganz. Selbstverständlich wird die Kehlkopfstellung von den Atemveränderungen allein schon beeinflusst: respiratorische Kehlkopfbewegungen. Es fragt sich aber, ob nicht beim Hören auf jene Reize auch selbständige Kehlkopfbewegungen auftreten, die beim inneren Reden und Singen schon beobachtet sind. LOTZE hat sie zuerst erkannt. Er betont, es sei die „Affektion der Zentralorgane des Gehörsinnes nicht leicht für sich zu erwecken, sondern erst wenn sie durch intendierte Bewegungen des Stimmorgans verstärkt wird“. Von dem Musiklehrer G. WEISS wurden sie offenbar unabhängig von anderen 1868 als „stumme Erregung für Ton- und Stimmbildung“ beschrieben. G. E. MÜLLER (1878) hebt die Bedeutung der Verknüpfung der Tonhöhenempfindungen mit den Muskelempfindungen am Stimmorgan hervor zur Bestimmung der Größe eines gehörten Intervalls.

Ganz besonders hat sich dann STRICKER in den Studien über Sprachvorstellungen (1880) und in einem Vortrag über Laut- und Tonvorstellungen (1886) mit den eigentümlichen Impulsen beschäftigt, welche der Kehlkopf beim stillen Denken von Tönen erhält. Auf seine Anschauungen muß eingegangen werden, obwohl STUMPF in seiner Tonpsychologie (1883) die Gesetzmäßigkeit solcher Innervationsempfindungen wohl mit Recht ablehnt, „ausgenommen, wenn bereits ein Anfang der Bewegung, ein leises Zucken und dergleichen erfolgte“. Aus allen Darlegungen von STRICKER geht aber hervor, daß er ein außerordentlich starker Motoriker war. S. MEYER nennt ihn einen extrem motorischen Typus von vielleicht seltener Reinheit. Daran ist festzuhalten, wenn man bei ihm liest: „Wenn ich statt der Worte Töne in Erinnerung bringe, z. B. irgendeine mir wohlbekannte Volksweise (wortlos) durchdenke, so merke ich an meinen Sprachwerkzeugen nichts, wohl aber

habe ich ein eigentümliches Gefühl im Kehlkopf, es kommt mir vor, als ob ich (gleichsam innerlich) mitsingen würde.“ Später geht er noch genauer auf diese Selbstbeobachtungen ein: „Wenn ich Musik höre, wird gleichzeitig in meinem Kehlkopf jene Innervation ausgeführt, die nötig wäre, um diese Melodie (es ist nur von einstimmigen Melodien die Rede) auszuführen. Nach einiger Zeit geht die Klangfarbe (gemeint ist offenbar die Klangvorstellung) verloren und nur das motorische Bild bleibt zurück. Wenn ich die Atmung sistiere — werde ich mit der Kehlkopfinnervation klarer bewußt, der Impulse, welche der Kehlkopf erhält.“ Das treffe nicht für alle Menschen zu, weil bei manchen die Innervation beim Musikhören oder beim Denken an eine Melodie in den Lippen vor sich gehe (Johann Strauß, Mozart). STÖRK hat die zu solchen Erscheinungen gehörigen genau rhythmischen Mitbewegungen der Stimmlippen an einer Sängerin mit dem Kehlkopfspiegel beobachtet, während er sie an ein Musikstück denken oder ihr eine Melodie vorsingen ließ. Er hebt wohl als Erster hervor, daß man bei gewissen Sängern neben rhythmischen Bewegungen im Kehlkopf ebensolche des Brustkorbes mit aufgelegter Hand wahrnehmen kann. Daß solches namentlich bei ausübenden Künstlern, nicht bei allen Musikern, vorkommt, hat STRICKER auch nicht übersehen. Er bezieht sich namentlich auf H. von ROKITANSKY (Wiener Hofoper), der beim stillen Durchdenken von Partien fast ein Mitvibrieren im Kehlkopf fühle das nach STRICKER sicher nicht im Rahmen der Norm liegt. Immerhin scheint er bei eingeübten berufsmäßigen Sängern und Sprechern wirkliche Bewegungen am Sprach- und Stimmorgan anzunehmen. Das Innervieren nicht nur der Artikulations-, sondern auch der Stimmuskeln hält er aber für die Ausnahme. Von sich selbst berichtet er noch, daß sich sein stilles Denken in Tönen genau seinem Singvermögen anpasse: „Töne, die ich nur im Falsett singen kann, stelle ich mir auch beim stillen Denken mit den eigentümlichen Gefühlen vor, die meinem Falsett entsprechen. Töne, welche ich gar nicht mehr zu singen vermag, stelle ich mir von selbst — beim innerlichen Singen — auch nicht vor. Wenn ich irgendein musikalisches Motiv durchdenke, das mehr Töne umfaßt, als ich wirklich singen kann so mache ich es in Gedanken genau so wie beim wirklichen Singen: ich verlasse die Oktave, in der ich nicht weiterkann, um eine nächsthöhere oder tiefere zu suchen.“

BAERWALD, der sich selbst zu den „stärkeren Motorikern“ rechnet, sagt, daß seine eigenen musikalischen Gefühle hauptsächlich an Kehlkopfbewegungen haften, deren Erzeugung ihm die Erschließung der vollen Schönheit eines musikalischen Gedankens erleichtert, und ähnliches berichtet er von anderen, die seine Umfrage beantwortet haben.

Obwohl sich STRICKER hauptsächlich auf Selbstbeobachtungen stützt, sind seine Angaben wertvoll im Zusammenhalt mit neuerer psychologischer Forschung und mit den Ergebnissen von Versuchen, die weiter unten beschrieben werden. STUMPF betont dem gegenüber, daß er ohne jedes (laute oder leise) Singen Töne der verschiedensten Lagen vorstellen und sie vergleichen könne, ebenso wie er die Höhe eines gehörten Tons und die Tonart eines Stückes leicht bestimme, und zwar sicherer als mittels des inneren Singens. Auch wenn er den Ton *a* singend angeben wolle, trete nicht zuerst eine ganz bestimmte Muskelvorstellung in seinem Bewußtsein auf, sondern der Ton selbst. Kehlkopfempfindungen oder Vorstellungen sieht er als eine „hauptsächlich bei Sängern und musikalischen Laien, die ja meistens auch ‚ein wenig singen‘, gewohnheitsgemäß eintretende Begleiterscheinung“ an. Das innere Singen beschreibt er Seite 176/77 mit folgenden Worten: „Der Kehlkopf verändert meist nicht wirklich seine Lage, und wenn es einmal der Fall ist, kann man ihn willkürlich arretieren und hat doch wirkliche Empfindungen. Dieselben tragen den Charakter von Muskel- oder auch Tast-Empfindungen, sind in der Kehlkopfgegend lokalisiert und rühren offenbar von Spannungen und Ver-

schiebungen an diesem Organ her, deren Spuren man auch äußerlich durch den tastenden Finger wahrnehmen kann. Außerdem stoße ich dabei meist unwillkürlich Luft aus der Nase. Die Lunge (Atemmuskulatur) ist dabei mitbeteiligt, und auch dies macht sich durch schwache Empfindungen fühlbar. Will man diesen Komplex schwacher Empfindungen als Innervationsgefühl bezeichnen, so kann man es tun, wird aber nur eben Empfindungen peripherischen Ursprungs neu benannt haben.“

E. MACH, der STRICKERS Anschauungen zu sehr verallgemeinert auffaßt, wendet sich gegen STRICKER und hält „die Empfindungen, die man beim Hören von Musik gelegentlich zweifellos bemerkt, für nebensächlich.“ Aus den die Musikaufführungen begleitenden motorischen Empfindungen allein werde keine Musik. Das ist natürlich in dieser Form richtig, wird uns aber nicht hindern, uns mit solchen Empfindungen und deren Ursachen zu befassen. Zu ihrer Erklärung dürften die Versuche an Hypnotisierten von ERNST WEBER beitragen, der bewiesen hat, daß die auf eine Bewegung gerichtete Willenskraft und die lebhaftere Vorstellung derselben allein schon Blutdrucksteigerung erzeugen kann, ohne daß eine Muskelbewegung dazu nötig ist. Dasselbe gilt von der Mehrzahl jener nichthyponotisierten Versuchspersonen, die willkürlich sich Bewegungen lebhaft vorstellten. Ihre Atemzüge wurden dabei flacher, die Ausatmung verlängert. Demnach ist es wohl möglich, daß mit solchen Veränderungen des Blutdrucks und der Atmung auch Empfindungen verbunden sind, die an Hals und Brust lokalisiert, wahrgenommen werden. Damit stimmen auch FEUCHWANGERS Versuche über Vorstellungstypen überein, der taktil-motorische Vorstellungen nicht feststellen konnte, dem aber überaus häufig das unmittelbare Vorhandensein der taktilen und motorischen Empfindungen (Druck- und Spannungsempfindungen der Artikulationsorgane) beim innerlichen Sprechen zu Protokoll gegeben wurde. Letzteres unterscheidet sich vom lauten Reden durch das Fehlen akustischer Empfindungen, an deren Stelle häufig akustische Vorstellungen treten, die aber seltener sind als jene Empfindungen und auch seltener als visuelle Vorstellungen. BAERWALD erwähnt 1916 anlässlich der Trennung von Vorstellungs- und Empfindungsmotorikern Personen (darunter einen Fall mit deutlichen Kehlkopfempfindungen und wohl auch Bewegungen), deren Bewegungsansätze beim inneren Singen unbewußt waren, also Empfindungsmotoriker, die sich für Vorstellungsmotoriker hielten, und er verweist auf STRICKERS Beispiel. Zwar läßt er die Annahme, der Vorstellungsmotoriker sei ein inkonzienter Empfindungsmotoriker, nicht gelten, gibt aber zu, daß eine strikte Unterscheidung der beiden Arten des motorischen Typus sich im Einzelfall nicht durchführen lasse.

BUKOFZER spricht von „ideomotorischer Bewegung“, der er mit CHARPENTIER eine ideomotorische Tendenz und ACHS intentionale Bewegungsempfindungen, als Vorstufe der tatsächlichen Bewegung, eine Disposition, vorausgehen läßt. Beide aber sollen nur der musikalisch ästhetischen Bewertung des Tons, nicht der Erkennung von Tonhöhe, Klangfarbe, Intensität dienen. Deshalb zweifelt BUKOFZER nicht an der „mitbestimmenden Rolle“ örtlicher Empfindungen am Stimmorgan (beim Hören) zum Aufbau der (ästhetischen) Vorstellung.

Die Lehre von den Bewegungsvorstellungen als kinästhetischen Erinnerungsbildern der Körperfühlsphäre, welche zur Ausführung eines erlernten Bewegung gehören und aus Reizen gebildet werden, die bei der Bewegungsausführung von den ausführenden Organen her dem Bewußtsein geliefert werden, deren Inhalt also Bewegungsausführung in allen ihren Einzelheiten ist, wäre demnach und ganz besonders nach den kritischen Darlegungen von MONAKOW, S. MEYER und von EDUARD HIRT nicht mehr gut haltbar. Daran ändern auch die Ausführungen von FRÖSCHELS nichts, der eben auch nur über Empfindungen berichtet, welche er an sich wahrnahm. Die sogenannten Bewegungsvorstellungen sind ihrer über-

wiegenden Mehrzahl nach mehr oder minder deutliche, mit Erfahrungsmomenten vermischte Wahrnehmungen örtlicher Empfindungen nach Extensität, Intensität und Qualität. EXNER scheint die Vorstellung von Bewegungen auch nur auf die „sensorischer Effekte“ zu beziehen. Daß es sich hierbei nie um „reine Empfindungen“ (EBBINGHAUS) handeln kann, ist ohne weiteres klar, denn diese sind ja der unmittelbaren Wahrnehmung und Beobachtung nicht zugänglich. Aber auch „einfache Empfindungen“ im Sinne WUNDTs haben damit nichts zu tun. Denn solche sind psychologisch abstrahierte rein intensive und qualitative, einfache seelische Zustände und unabhängig von peripheren physiologischen Bedingungen, wobei Räumliches und Zeitliches ausscheidet. Gerade diese Differenzierung im WUNDTschen Sinne macht auf dem Gebiet des Tastsinnes ohnehin Schwierigkeiten. „Denn bei diesen“, sagt H. HOFMANN in seinen Ausführungen über den Empfindungsbegriff, „scheinen mir die räumlich-örtlichen Beimengungen so eng mit den Qualitäten und Intensitäten verwachsen, daß eine besondere Untersuchung über die Berechtigung der WUNDTschen Demarkationslinie im Abstraktionsprozeß geboten wäre“, nämlich bezüglich der Trennung des Extensiven vom Qualitativen und Intensiven.

Auch beim Wiederholen von Melodien werden die erlernten Bewegungen wirklich gemacht, wenn „als Ersatz für das mangelhafte Sinnesgedächtnis ein besseres Bewegungsgedächtnis eintritt“. Wenn aber S. MEYER auch mit Recht bemerkt, daß die meisten Menschen überhaupt nicht wissen, „daß sie im Kehlkopf Muskeln besitzen, durch deren Spannung sie Tonhöhen erzeugen“, so trifft das gerade für unsere Versuchspersonen nicht zu. Gleichwohl darf man auch für sie keine festen Assoziationen zwischen Tonhöhe und sogenannter Bewegungsvorstellung (im Sinne von Empfindungen) annehmen, wie W. KÖHLER ausführt, der dem Ohr die Kontrolle über die beim Nachsingen in Frage kommenden motorischen Vorgänge allein zuweist und weder einer Bewegungsvorstellung noch einer Bewegungsempfindung. Vielleicht geht er für Sänger wenigstens etwas zu weit, wenn er Bewegungsempfindungen vom Nullpunkt nach oben und unten als nicht abgestuft und nicht einmal adäquat hinstellt und deren Bedeutung ablehnt. Um so wichtiger ist seine Angabe, daß jeder nachgesungene Ton im Anfang falsch, „ein wenig zu hoch oder (meist) zu tief“ sei und seine Schwingungszahl in den ersten Zehntelsekunden ändere, und zwar nicht im Sinne einer Korrektur des als falsch erkannten Tons, sondern infolge einer Disposition für die betreffende Frequenz, „Auszeichnung einer bestimmten Schwingungszahl“. Obwohl auch NAGEL sagt: „Man hat von Haus kein Gefühl und kein Bewußtsein der verschiedenen Stellungen des Kehlkopfs und seiner Teile zueinander“, und wenn auch nach KÖHLER die verschiedenen Veränderungen in Atmung und Glottisstellung normalerweise automatisch eintreten, so dürfen wir beim Sänger doch für die grobe Einstellung gewisse Bewegungsempfindungen taktiler Art annehmen, deren sich mancher motorisch Veranlagte sogar ganz bewußt sein kann infolge von Einübung und Selbstbeobachtung. Dafür sprechen auch Beobachtungen von mir an Kehlkopfverletzten, deren grobe Einstellung bei der neuerlernten Stimmgebung von ihnen unter Umständen deutlich als neu und ungewohnt wahrgenommen wurde. Die früher von mir angenommene Regulierung der feineren Einstellung durch hypothetische kinästhetische Erinnerungsbilder ist jedoch nicht haltbar. Jedenfalls sind deren nicht wenige, die vor dem Singen eines Tones den Kehlkopf bewußt einstellen. Damit soll aber keine Vorschrift für alle gegeben sein.

Zur Erklärung der Bewegungsempfindungen kommt nur der Drucksinn in Betracht. Daß die Wahrnehmung aktiver Bewegungen „von der Zuleitung sensibler Merkmale von der Peripherie her“ abhängig ist, hat schon GOLDSCHIEDER gewußt. Aus den neueren Versuchen von M. VON FREY an resezierten und anästhetischen Gelenken folgt die entscheidende Bedeutung des Drucksinns für die Er-

kennung von Lage und Bewegung der Glieder mit Sicherheit, und namentlich der intentionalen Spannungsempfindungen für die Wahrnehmung willkürlicher Bewegungen. Hiermit ist Klarheit geschaffen über die Frage der sogenannten „Innerationsempfindungen“, gegen welche GOLDSCHIEDER Stellung nahm. Die Versuche v. FREYS und O. B. MEYERS über die Wahrnehmung geführter Bewegungen lehren uns schließlich noch, daß z. B. am Ellenbogen die Drehrichtungsschwelle 1° am Daumen sogar nur $1/2^\circ$ ist; mit anderen Worten, daß der Umfang der Gelenkbewegung, bei dem die Drehrichtung durch den Drucksinn noch wahrgenommen werden kann, an der oberen Extremität sehr klein ist. Für die Frage der Kehlkopfbewegungen und des Erkennens ihrer Richtung sind v. FREYS Ergebnisse sehr wertvoll. Er betont, daß alle diese Empfindungen „nach der Kleinheit der Schwellen, nach der Sicherheit in der Erkennung der Bewegungsrichtung, nach ihrer Abhängigkeit von der Winkelgeschwindigkeit, von Spannung und Temperatur der Haut die bekanntesten Eigentümlichkeiten des Drucksinnes“ zeigen.

Wie solche Bewegungen beim inneren Singen ablaufen, ist noch nicht untersucht. Beim stillen Lesen und innern Reden kommt bekanntlich das Phonations-exhalieren vor; meines Wissens hat nur CURTIS laryngographische Kurven aufgenommen. Sie zeigen im allgemeinen Kehlkopfbewegungen, die in der Größe hinter jenen des Flüsterns zurückbleiben. Seine Kurven sind insofern gut, als sie auch respiratorische und pulsatorische Bewegungen wiedergeben. Sie sind nicht genauer analysiert, was auch bei der Art seiner sprachlichen Aufgaben kaum möglich wäre. Größere Untersuchungsreihen an Sängern über den Einfluß akustischer Sinnesreize auf Puls und Atmung liegen bekanntlich nicht vor.

Versuchsordnung und rechnerische Verwertung der Kurven.

Es wäre eine experimentell-psychologische Arbeit für sich gewesen, Versuche, wie sie MENTZ oder ZONNEFF und MEUMANN angestellt haben, mit einer großen Anzahl von Sängern und Sängerinnen nachzuprüfen. Das hätte indes zu weit geführt. Andererseits schien es zweckmäßig, die Bewegungen von Atmung und Kehlkopf auch beim Anhören von Klängen und Tönen bestimmter Tonhöhe graphisch aufzunehmen, weniger um sie mit dem Indifferenzzustand zu vergleichen, als vielmehr um zu prüfen, inwieweit sie den Äußerungen beim Vorstellen gleichartiger Gesangstöne ähneln. Es kam also nicht darauf an, „psychische Erregungszustände“ (MEUMANN) durch graphische Atemkontrolle zu untersuchen oder gar Stellung zu einer der Gefühlstheorien zu nehmen. Derartige Fragen sind Sache der Fachpsychologen. Auch die Versuchsordnung hätte nicht solchen Zielen entsprochen. Trotz der Bedenken von MENTZ und MEUMANN wurde ein Metronom zum Zeit-Markieren bei der Mehrzahl der Versuche verwendet, seltener allerdings auch die geräuschlose Einfünftelsekunden-Zeitmarke. Auch von dem Gurtensystem MEUMANNs zum Anlegen der Pneumographen konnte kein Gebrauch gemacht werden, da zu viele verschieden große Personen an den Versuchen teilnahmen. Dagegen wurden hindernde Kleidungsstücke (Korsett, Überrock) weggelassen. Die Versuchspersonen wurden auch nicht nach ihrem Gefühlszustand gefragt noch auf diesen aufmerksam gemacht; sie sollten vielmehr Gesangs- oder Stimmgabeltöne sich einfach passiv anhören, auf ihre Tonhöhe achten,

ohne dabei viel zu denken, ohne sich irgendwie aktiv an dem psychischen Erlebnis des Anhörens zu beteiligen. Tatsächlich geschah das aber nicht immer nach Wunsch.

Die Töne — das Wort muß hier teils im Sinne von Gesangsklängen, teils im strengeren physikalischen Sinn von eigentlichen Tönen gebraucht werden — wurden kurz zu Gehör gebracht, kurz leise vorgesummt oder auf dem Vokal o vorgesungen. Niemals wurden besonders laute oder brillante Gesangstöne dazu verwendet, im Gegenteil ihr Klangcharakter möglichst indifferent gehalten. Als Tonquellen für reine Töne dienten mäßig stark angeschlagene, belastete Gabeln der BEZOLD-EDELMANNschen Tonreihe.

Gewöhnlich wurden 3 Töne dargeboten, ein tiefer, ein mittlerer und ein hoher. Sie waren so gewählt, daß sie die Sänger nachsingen konnten, also z. B. für Tenor und Sopran A, a, a¹ bzw. a, a¹, a², für Bariton und Alt die drei f, für Baß das tiefe, mittlere und hohe e. Nachdem die Versuchspersonen diese Töne in ungleichen Zwischenräumen hintereinander gehört hatten, erging die Aufforderung, sich einmal vorzustellen, sie sängen den tiefen, mittleren, hohen Ton. Auch diese Aufgabe wurde in ungleichen zeitlichen Zwischenräumen gestellt, so daß sich dazwischen immer einer bis mehrere Ruheatemzüge schoben. Dabei war die Aufgabe zunächst nur, sich die Töne ihrer Höhe nach vorzustellen; später zog ich dann auch Stärke und Dauer in den Bereich der Untersuchung. Die Tonquellen wurden dabei häufig noch einmal zu Gehör gebracht, in anderen Fällen sollte die Versuchsperson den Gesangston sich aus dem Gedächtnis vorstellen. Die Versuche wiederholte ich bei der gleichen Versuchsperson nicht. So wurden lange Kurvenzüge der Brust- und Bauchatmung, sowie gleichzeitig der senkrechten und wagrechten Kehlkopfbewegungen aufgenommen, an denen die Stellen, wo Töne zu Gehör gebracht oder Gesangstöne vorgestellt waren, vermerkt sind. Die Reizdarbietung ist im allgemeinen nicht automatisch markiert, weil keine besonders kurze „Expositionszeit“ nötig, ja nicht einmal erwünscht war. Ganz kurze Reize konnten eher unerwünschte Unlustgefühle erzeugen. Die absichtlich unregelmäßige Dauer der Darbietung übertrifft niemals eine Respirationsbewegung. An den Kurvenzügen fallen die Stellen der vorgestellten Gesangstöne fast immer, die der gehörten manchmal durch Veränderung der Atmung auf. Da es unmöglich ist, alle diese langen Kurvenzüge abzubilden, so machte ich den Versuch, die Abweichungen von der Ruheatmung durch Zahlen auszudrücken und in Tabellen zu vereinigen. Dieses Verfahren soll nicht eine mathematische Analyse, sondern einen unvollkommenen Ersatz für die Anschauung liefern. Es bedarf daher einiger Vorbemerkungen.

Die Pneumographie gibt die Brust- und Bauchbewegungen jener

Teile, denen die Schläuche anliegen, bei verschiedenen Aufnahmen in wechselnder, vom Instrumentarium abhängiger Art wieder. Sie ist daher nicht als Grundlage eines Meßverfahrens brauchbar, obwohl STREIM das neuerdings durch Korrektur der Kurven und Eichung der Pneumographen versucht hat, die aber bei jeder neuen Untersuchung wiederholt werden muß¹). Die Methode vermittelt uns ein annäherndes Bild der Veränderungen der Atmungsweise und erlaubt durch Vergleichen von Ruheatmung mit veränderter Atmung ein gewisses Abschätzen jener Veränderungen, immer mit dem Vorbehalt, daß nur einzelne Bezirke am Körper dabei in Betracht kommen. Es scheint daher nicht fruchtbar, aus solchen Kurven mittels Ausmessung allgemein gültige absolute Zahlen gewinnen zu wollen und sie einer Berechnung zugrunde zu legen. Man kann nur durch vergleichende Betrachtung der Ruheatmungskurve mit anderen zu einer Beurteilung der Ergebnisse pneumographischer Aufnahmen kommen. Messungen ermöglichen einen solchen Vergleich zunächst innerhalb der einzelnen Aufnahmen (Kurvenzüge). Dadurch, daß Abweichungen von der durchschnittlichen Ruheatmungskurve in Verhältniszahlen ausgedrückt wurden, gelang auch eine Vergleichung der Kurven untereinander. Aus diesen Zahlentabellen sind demgemäß die absoluten Werte der Ruheatmung sowie der unwillkürlich veränderten Atmung verschwunden, und es erscheinen darin Verhältniszahlen, die im wesentlichen nur vom Vorgang, nicht mehr von der Untersuchungsmethode abhängen.

Von minutiösen Messungen und deren Wiedergabe in mehrstelligen Dezimalbrüchen, wie sie z. B. SALOW brachte, wurde abgesehen, da solche Messungen keinen klareren Einblick gewähren und solche Tabellen nicht übersichtlich sind. Die Messung geschah auf folgende Art: Die Originalkurven wurden auf eine Glasplatte gelegt und von unten durchleuchtet; darüber lag durchsichtiges Millimeterpapier. Eine ebenfalls durchsichtige Kreisbogenschablone mit der Zeitschreibung als horizontaler Nulllinie, ähnlich wie sie STREIM verwendet hat, also eine Umarbeitung des Ordinatenlineals von LANDOIS auf 4 Kurven (2 Kehlkopf- und 2 Atemkurven) mit eingezeichneter gerader Zeitmaßlinie diente zur Korrektur der Kurven. Letztere wäre übrigens für diese Rechnungsart nicht nötig, weil man die Radiusschreibung vernachlässigen kann, sobald man nur Verhältniswerte in Rechnung zieht. Jene Schablone braucht man aber zur Festlegung synchroner Punkte.

Folgende Größen wurden auf 0,5 mm genau gemessen: Die Dauer der thorakalen und abdominalen Einatmung (J) und Ausatmung (E). Aus ihrer Länge wurde die Zeitdauer in Sekunden berechnet auf Grund

¹) Die nach Abschluß dieser Arbeit beschriebenen Methoden von HEINITZ und PANCONCELLI-CALZIA (Vox 1919), sowie von SCHILLING (Arch. f. Laryngologie 1921) konnten nicht mehr berücksichtigt werden.

der Kenntnis der Trommelgeschwindigkeit, die bei den verschiedenen Aufnahmen durchschnittlich meist 4,5 mm pro Sekunde betrug. Der Bruch $J : E$, der respiratorische Quotient, drückt das zeitliche Verhältnis von Ein- und Ausatmung in Sekunden aus. Er ist in der Ruhe immer etwas kleiner als 1, da die Ausatmung länger dauert. Je mehr sich diese ausdehnt, desto kleiner wird der Wert des Quotienten. STÖRRING sah darin einen Ausdruck der Unlust. Die thorakale und abdominale Höhe bei Aus- und Einatmung wurde in der Art gemessen, wie es RIEGEL getan hat, also nicht auf eine ideale Grade- oder Nulllinie bezogen, sondern als Schwankung (Differenz zwischen tiefstem und höchstem Punkt); ihre Summe ist im Sinne von RIEGEL als Respirationsgröße bezeichnet (bei STREIM als Ausdehnung). Abweichend hiervon haben ZONEFF und MEUMANN eine „Atemgröße“ berechnet, indem sie „die mittlere Tiefe (in cm) der thorakalen Atemzüge mit derjenigen der abdominalen in je 10 Sekunden addierten und die Summe mit der Zahl der Atemzüge in diesen 10 Sekunden multiplizierten“. Diese Atemgröße hat also mit unserer Zahl nichts zu tun. Die Atemfrequenz konnte außer acht bleiben, weil es sich, wie die oberflächliche Betrachtung der Kurven schon lehrt, hauptsächlich um den Vergleich einzelner veränderter Atemzüge mit dem Durchschnitt der Ruheatmung handelt. Jedoch war die mittlere Geschwindigkeit bei der Ein- und Ausatmung wichtig; sie wurde in Millimetern pro Sekunde berechnet aus Atemhöhe dividiert durch die Dauer (STREIM spricht von „Sekundenmillimetern“). Schließlich wurden Abweichungen vom Durchschnittsniveau nur dann berücksichtigt, wenn das gesamte Niveau der Kurven sich verschob. Kleinere Abweichungen äußern sich schon in einer Differenz zwischen Einatmungs- und Ausatmungshöhe. Nicht gemessen, aber festgestellt wurden Abweichungen vom Synchronismus zwischen Brust- und Bauchkurve.

Ein Beispiel möge zeigen, wie aus den gemessenen Zahlenwerten Durchschnitte und Abweichungen von diesen berechnet wurden. Die in Tabellen endgültig aufgenommenen Zahlen sind nur so weit ausgerechnet, als es der Meßgenauigkeit entspricht. Zunächst wurden alle Werte für Atmungsdauer und -höhe bei der Ein- und Ausatmung jeweils in einer Aufnahme addiert und durch die Zahl der gemessenen Werte dividiert, soweit sie nicht gehörten, vorgestellten oder gesungenen Tönen entsprachen. So entstanden Durchschnittszahlen für die Dauer in Sekunden, die Höhe in Millimetern, die mittlere Geschwindigkeit in Millimetern pro Sekunde, für die Größe und den Respirationsquotienten der Ruheatemzüge in Sekunden. Dann wurde das Verhältnis der während des Anhörens, Vorstellens oder Singens eines bestimmten Tones gefundenen Werte zu den entsprechenden obigen Durchschnittszahlen berechnet, also z. B. die thorakale Einatmungsdauer während des Vorstellens eines Tones A zum Durchschnitt der thorakalen Einatmungsdauer der Ruheatmung. Hieraus ergibt sich durch Division die relative Dauer der thorakalen Einatmung beim Anhören des Tones A. In dieser Weise wurden die relativen Werte für alle Töne berechnet, und zwar einzeln und dann nochmals für den Durchschnitt der gehörten, vorgestellten oder gesungenen Töne. Nur der Respirationsquotient

wurde nicht mehr in Beziehung zum Durchschnittswert J:E gesetzt. Sein Wert ist in der Ruhkurve immer kleiner als 1 und sinkt naturgemäß, je länger die Ausatmung dauert.

Dieser Berechnungsart wohnt ein unvermeidlicher Fehler inne. Er beruht auf der Versuchsordnung, welche den Einfluß nur weniger Töne auf die Atmung berücksichtigt. Es wird also der Durchschnitt einer Vielheit in ein Verhältnis gesetzt zu einer Atemphase oder zum Durchschnitt aus 3 Phasen, wobei dann eine vereinzelt stärkere Abweichung die Werte wesentlich ändern kann. Die Versuchsordnung war aber nicht anders zu machen, weil oft wiederholte Einwirkung von Schallreizen eine Gewöhnung hervorbringen kann, die jede Reaktion unterbleiben läßt. Deshalb wurden die 3 Werte neben der Durchschnittsberechnung auch immer einzeln in Betracht gezogen, namentlich hinsichtlich der Tonhöhe des gebotenen Reizes. Eine größere Genauigkeit in der Messung und Berechnung der

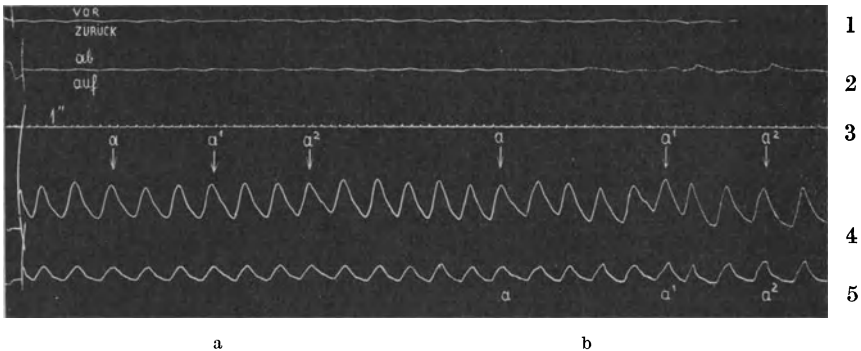


Abb. 11. Einwirkung a) gehörter Stimmgabeltöne und b) vorgesummter Töne auf Atem- und Kehlkopfbewegungen. (Naturesängerin.) 1. Horizontalbewegung des Kehlkopfs. 2. Vertikalbewegung des Kehlkopfs. 3. Zeitschreibung: 1 Sekunde. 4. Brustatmung. 5. Bauchatmung.
Töne a, a¹, a².

Kurven, wie sie z. B. STREIM vorschlägt, schien unnötig, da das Zustandekommen der Kurven von zuviel Zufälligkeiten abhängig ist. Im allgemeinen wird aber die Richtigkeit dieser rechnerischen Darstellung durch ihre Übereinstimmung mit der Betrachtung der Kurvenzüge bewiesen. Auffällige Zahlen wurden fast immer als Rechen- oder Meßfehler erkannt. Nur selten waren sie richtig, dann aber auch übereinstimmend mit Abweichungen in den Kurven. Bei diesem Vorgehen kommen andererseits die Nachwirkungen gehörter Töne, die sich bisweilen an den unmittelbar darauffolgenden Atemzügen zeigen (z. B. in Abb. 11) nicht zur Geltung. Ihre geringen Abweichungen beeinflussen aber die rechnerische Durchschnittskurve kaum. Auf ihre genauere Darstellung konnte verzichtet werden, weil sie in dem hier zu erörternden Zusammenhang nicht von Belang sind.

Die beiden Kurvenzüge (Abb. 11 und 12) mögen als Beispiele für diese Untersuchungsreihe dienen. Aus den zugehörigen Tabellen Nr. 1 und 2 ist ersichtlich, auf welche Art versucht wurde, durch Zahlen die Abweichungen der Atemzüge während des Hörens und Vorstellens von Tönen wiederzugeben. In dieser Weise wurden pneumographische Aufnahmen von 35 Versuchspersonen bearbeitet. Die Betrachtung der Abb. 11 läßt während der Wahrnehmung der Stimmgabeltöne a, a¹ und a² keine Änderung im Verlauf der Atemzüge erkennen. Beim Anhören der vorgesummten gleichen Töne dagegen erhöht sich stets das gesamte Niveau der Brustatmung und die Ausatmung erscheint ein wenig verlängert. Bei Nach-

summen dieser Töne, das jeweils nur kurz dauerte (dieser Teil der Kurve ist nicht mehr abgebildet), beobachtet man dann beim Ton a eine etwas steilere Einatmung und verlängerte Ausatmung, wobei der Winkel am Kurvengipfel, der Kuppenwinkel, zunimmt und sich namentlich an der Bauchatmung dem Rechten nähert oder ihn überschreitet. Der Ton a¹ wird im Verlauf einer Ausatmung eingesetzt. Ihm geht eine ganz geringe Einatmungsbewegung voraus. Typisch ist das Verhältnis zwischen steiler Einatmung und verzögerter Ausatmung beim Summen des Tones a². Allen drei kurz gesummen Pianotönen entsprechen verhältnismäßig niedrige Kurven, da keine wesentliche Anstrengung nötig war, um sie hervorzubringen. Während der ganzen Aufnahme läuft die Bauchkurve der Brustkurve zeitlich ein wenig voraus.

Die Ergebnisse der Berechnung nach dem oben dargelegten Verfahren (Tabelle 1) geben den Eindruck der Betrachtung im allgemeinen richtig wieder, nämlich beim Hören von Stimmgabeltönen: Keine wesentliche Änderung von Dauer, Höhe und mittlerer Geschwindigkeit der Brustatemkurven, eine geringe Abflachung und Verlangsamung der Bauchatemkurven, die indes unwesentlich ist und sich dadurch erklären mag, daß die Ruheatemzüge im Verlauf des Versuchs an Höhe ein wenig zunehmen und dadurch ihr Mittelwert höher wird, als es anfangs der Norm entspricht. Faßt man das Ergebnis für die drei gehörten Stimmgabeltöne zusammen, so kommt man zu folgenden Zahlen:

Relative Dauer für Brustatmung	I und E = 1,0
„ „ „ Bauchatmung	I „ E = 1,1
„ „ „ Brustatmung	I „ E = 1,1
„ „ „ Bauchatmung	I „ E = 0,9
„ mittl. Geschw. Brustatmung	I „ E = 1
„ „ „ Bauchatmung	I = 0,8 E = 0,7

I : E an Brust- und Bauchatmung = 0,5, gegenüber einem Durchschnittswert von 0,5 an Brust- und 0,6 an Bauchatmung

Man kann also sagen, daß eine wesentliche Beeinflussung der Atemkurven durch das Anhören von Stimmgabeltönen sich in diesem Falle weder aus der Betrachtung noch aus der rechnerischen Darstellung der Kurven ergibt. Aus kleinen Abweichungen vom Werte 1 werden hier, wie auch in späteren Berechnungen, keine Schlüsse gezogen. Anders verhält es sich beim Anhören vorgesummerter Töne. Hier erscheint die Veränderung des Gesamtniveaus der Brustatmung nicht ohne weiteres in den Ergebnissen der Tabelle, obwohl sie darin enthalten ist. Sie ist daher eigens vermerkt. Das wurde bei anderen Berechnungen ebenfalls nötig. Dagegen ist aus der Tabelle ersichtlich, daß bei den drei Tönen die thorakale und abdominale Einatmung verkürzt, die Ausatmung verlängert ist, die expiratorische Höhe eher zunimmt. Die mittlere Geschwindigkeit ist bei der Einatmung über Durchschnitt, während die Ausatmung meist etwas verlangsamt und das Verhältnis von I : E kleiner wird.

Faßt man das Ergebnis für die drei gehörten Summtöne zusammen, so kommt man zu folgenden Zahlen:

Relative Dauer der Einatmung:	Brust und Bauch = 0,9
Relative Dauer der Ausatmung:	Brust 1,4, Bauch = 1,2
Relative Höhe der Einatmung:	Brust 1,1, Bauch = 1,0
Relative Höhe der Ausatmung:	Brust 1,2, Bauch = 1,1
Relative mittlere Geschwindigkeit der Einatmung:	Brust 1,2, Bauch = 1,1
Relative mittlere Geschwindigkeit der Ausatmung:	Brust und Bauch = 0,9

I : E an Brustatmung = 0,3, an Bauchatmung = 0,4.
gegenüber der Norm Brustatmung 0,5, an Bauchatmung = 0,6.

Die Atemkurven beim Anhören vorgesummtter Töne erinnern hier also an die Singatmung, z. B. beim einfachen Summen von Tönen, wie sie aus der Tabelle zwar nicht in typischer Form ersichtlich ist (gesummtte Töne), wie wir sie aber noch kennenlernen werden, nämlich: verkürzte, beschleunigte, bisweilen erhöhte Einatmung, verlängerte, verlangsamt, bisweilen vertiefte Ausatmung, beides häufig ausgesprochen an der Brust als am Bauch, je nach Gewohnheit. Dementsprechend ist der Respirationsquotient thorakal oft kleiner als abdominal und im ganzen kleiner als im Durchschnitt.

Die Durchschnittswerte sind in diesem Falle (Abb. 11) aus 34 Einzelwerten berechnet. Bei solchen Berechnungen wurden aus dem Rahmen der Ruheatmung fallende Tiefatmungen, namentlich das willkürliche „Aufatmen“ nicht mitberechnet.

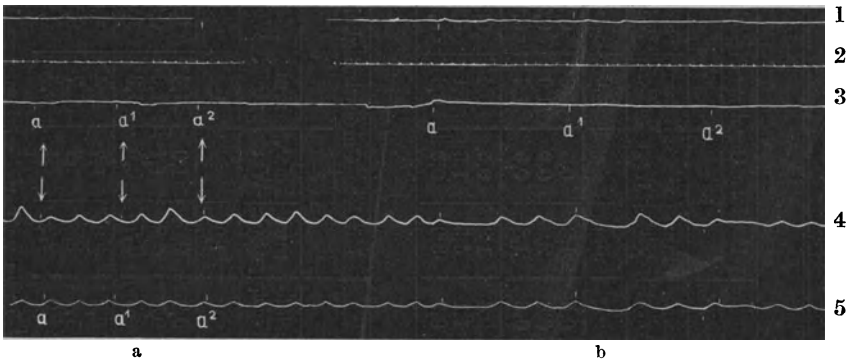


Abb. 12. Einwirkung a) gehörter Stimmgabeltöne und b) vorgestellter Singtöne auf Atem- und Kehlkopfbewegung. (Sopran-Schülerin Nr. 60.) 1. Horizontalbewegung des Kehlkopfs. 2. Zeitschreibung: 1 Sekunde. 3. Vertikalbewegung des Kehlkopfs. 4. Brustatmung. 5. Bauchatmung.
Töne a, a¹, a².

Bevor die Ergebnisse aus einer größeren Untersuchungsreihe zusammengestellt werden, möge als zweites Beispiel die Aufnahme Abb. 12 und ihre Berechnung besprochen werden. Sie zeigt einen Teil von einer 1,50 m langen Aufnahme, von der 71 Ruheatemzüge gemessen wurden. Die so gewonnenen Mittelwerte dienen zur Berechnung von Abweichungen der Atembewegung während des Hörens von Stimmgabeltönen und des willkürlichen Vorstellens von Singtönen.

Bei Betrachtung der Aufnahme fallen ohne weiteres zwei Veränderungen auf, nämlich Abflachung der Atemzüge beim Anhören der drei Stimmgabeltöne a, a¹, a² und ganz bedeutend verlängerte Ausatmung beim Vorstellen dieser Töne als Gesangsklänge, wobei der Winkel zwischen auf- und absteigendem Kurvenschenkel 90° überschreitend oft in einen stumpfen übergeht. Eine Niveauveränderung der gesamten Kurve tritt hier nicht auf. Während Brust- und Bauchkurve in Ruhe synchron oder fast synchron verlaufen, geht beim Hören und noch mehr beim Vorstellen von Tönen die Bauchkurve der Brustkurve voraus. Die Messungen ergeben folgende Einzelheiten, die aus Tabelle 2 ersichtlich sind:

Beim Wahrnehmen der drei Stimmgabeltöne a, a¹, a² treten wesentliche Veränderungen der Dauer von Aus- und Einatmung an der Brustkurve nicht auf, in der Bauchkurve erscheinen beide ein wenig verkürzt. Mehr noch gilt das letztere von den Werten für die Höhen beider Kurven, aber hier ist umgekehrt die Brustkurve mehr abgeflacht als die Bauchkurve. Die mittlere Geschwindig-

keit ist ebenfalls an der Brustkurve erheblich kleiner, an der Bauchkurve normal. Der Respirationsquotient entspricht an der Bauchkurve dem Durchschnitt, an der Brustkurve ist er ein wenig kleiner: 0,7 statt 0,8.

Die Werte für die Abweichungen beim Anhören der Töne sind also im Durchschnitt:

Relative Dauer der Einatmung:	Brust 0,9, Bauch 0,8
Relative Dauer der Ausatmung:	Brust 1,0, Bauch 0,8
Relative Höhe der Ein- und Ausatmung:	Brust 0,6, Bauch 0,8
Relative mittlere Geschwindigkeit der Ein- und Ausatmung:	Brust 0,6, Bauch 1,0

Die Veränderungen der Atemkurven beim Anhören der Stimmgabeltöne: Abflachung der Brust- mehr als der Bauchkurve neben Verlangsamung der Brustatmung, die etwas verkürzt ist, erinnern im allgemeinen an von andern Untersuchern festgestellte Aufmerksamkeitsveränderungen. Wenn sie auch nicht genau den typischen Erscheinungen der sinnlichen oder intellektuellen Aufmerksamkeit entsprechen, so nähern sie sich in ihrem Charakter doch jenen, die der letzteren zugeschrieben wurden.

Beim Vorstellen der drei Gesangstöne sind die Veränderungen aber viel typischer. Die Einatmung ist verkürzt, die Ausatmung nicht nur auf Kosten der Einatmung, sondern auch absolut wesentlich verlängert und verlangsamt, die thorakale Höhe aber dabei geringer. Dementsprechend sinkt der Respirationsquotient auf 0,2 und weniger. Die Veränderung der Kuppenform ist aus Meßwerten in den Tabellen ebensowenig ersichtlich wie die Veränderungen des Gesamtniveaus. Diese Winkelgröße mußte daher als Kuppenwinkel dort vermerkt sein.

Folgende Zahlen drücken das durchschnittliche Verhältnis der Werte beim Vorstellen von Gesangsklängen aus:

Relative Dauer der Einatmung:	Brust 0,7, Bauch 0,6
Relative Dauer der Ausatmung:	Brust 2,9, Bauch 2,3
Relative Höhe der Ein- und Ausatmung:	Brust 0,7, Bauch 1,0 bis 1,1
Relative mittlere Geschwindigkeit der Einatmung:	Brust 0,9, Bauch 1,5
Relative mittlere Geschwindigkeit der Ausatmung:	Brust 0,2, Bauch 0,4

Diese Atemform entspricht wieder (analog dem Phonationsexhalieren beim inneren Reden) im wesentlichen der Singatmung, von der sie nur durch die geringe Höhe abweicht. Da aber auch beim Summen von Tönen, namentlich wenn die Dauer kurz und die Stärke gering ist, eine Erhöhung der Einatmung nicht eintreten muß, so fällt dieser Unterschied nicht ins Gewicht.

Aus beiden Aufnahmen (Abb. 11 und 12) geht ferner noch hervor, daß der Einfluß des Hörens bestimmter Töne sich nicht immer in gleichem Maße, nicht einmal immer ganz in gleichem Sinne geltend macht. Es wird also später zu untersuchen sein, ob dem Unterschied in der Tonhöhe des gebotenen oder vorgestellten Reizes auch Unterschiede in der Reaktion entsprechen. Außerdem aber muß noch mit der Möglichkeit gerechnet werden, daß die Wirkung des Reizes sich rasch abschwächt, und demnach nur auf den ersten oder die zwei ersten, nicht mehr oder schwächer auf den letzten oder die zwei letzten Reize eine Reaktion sich einstellt. Eine Übersicht über die Versuche muß also nicht nur die Anzahl der Versuchspersonen und ihre durchschnittliche Reaktion, sondern auch die Reizart berücksichtigen.

Der Einfluß der Tonwahrnehmung auf Atmung und Kehlkopfstellung von Sängern.

Die beschriebenen Versuche wurden an einer größeren Reihe von Versuchspersonen, und zwar Sängern, unter denen sich auch zum Ver-

gleich zwei nicht geschulte Mezzosoprane mit Naturstimmen befanden, durchgeführt, die nach aktuellen Vorstellungstypen und Stimmgattungen sowie künstlerischer Leistung geordnet hier zusammengestellt sind.

1) Motorisch-akustische Vorstellungstypen, 16 Versuchspersonen, und zwar 2 Bühnentenöre, 1 Schülertenor, 1 Bühnenbariton, 2 Schülerbaritone, 1 ausgebildeter Dilettant, Bariton, 1 Baß, Schüler, 2 Bühnensoprane, 2 Konzertsoprane, 2 Schülerinnen, Soprane, 1 Konzert-Altistin, 1 Schülerin, Altistin.

2) Rein motorische Vorstellungstypen, 7 Versuchspersonen: 2 Konzertbaritone, 1 Sopran-Schülerin, 2 Mezzosoprane, Natursängerinnen, 1 Konzert-Altistin, 1 Schülerin, Altistin.

3) Motorisch-visuelle Vorstellungstypen, 4 Versuchspersonen: 1 Konzerttenor, 1 Tenor-Schüler, 1 Bariton, Schüler, 1 Konzert-Baß.

4) Akustisch-visuelle Vorstellungstypen, 6 Versuchspersonen: 1 Tenor, Schüler, 1 Bariton, Natursänger, 1 Bühnensopran, 1 Konzert-Sopran, 1 Sopran, ausgebildete Dilettantin, 1 Mezzosopran, Schülerin.

Schon bei oberflächlicher Betrachtung der aus dieser Versuchsreihe gewonnenen Kurven und Tabellen lassen sich 3 Gruppen unterscheiden, nämlich 1. solche, bei denen ein wesentlicher Einfluß gehörter Töne nicht nachweisbar ist, 2. solche, bei denen er sich nur als Äußerung von Aufmerksamkeit oder Lustgefühlen zeigt, 3. solche, deren inneres Mitsingen mehr oder minder deutlich in den Kurven zutage tritt. Dabei ist es vorgekommen, daß ein und dieselbe Versuchsperson sich in beiden Gruppen findet, weil das Anhören vorgesummter oder vorgesungener Singtöne bisweilen anders wirkt als das Wahrnehmen einfacher Stimmgabeltöne.

Die erste Gruppe ist ziemlich zahlreich. Hier sind alle nicht deutlich vom Durchschnitt abweichenden Kurven vereinigt, wobei auf minutiöse Unterschiede — das sei nochmals hervorgehoben — nicht eingegangen wurde, weil solches Vorgehen nur zu unsichern Urteilen geführt hätte. Es erübrigt sich wohl, die Ergebnisse der Berechnung für diese Gruppe zusammenzustellen. Die Werte schwanken im allgemeinen um 1, doch kommen auch geringe Verlangsamungen und Beschleunigungen vor, die indes nicht einheitlich auftreten und meist nur eine Kurve (Brust oder Bauch) oder nur Teile einer solchen betreffen. Es handelt sich um 13 Aufnahmen von 9 Versuchspersonen. Von letzteren sind aber, streng genommen, nur jene zu dieser Gruppe zu zählen, von denen keine Aufnahme einer anderen Gruppe zugeteilt werden mußte; das sind im ganzen nur 6 Versuchspersonen, nämlich 3 motorisch-akustische, ein motorisch-visueller und 2 akustisch-visuelle Vorstellungstypen. Von den 3 übrigen Versuchspersonen ist eine motorisch-visuell, eine motorisch-akustisch veranlagt und nur eine gehört zu den stark motorischen Vor-

stellungstypen, aber sie ist unmusikalisch und Nichtsängerin, verfügt nur über eine kleine Naturstimme. Sie wurde offenbar durch die Stimmgabeltöne wenig oder gar nicht berührt (Abb. 11 und Tabelle 1), während sie vorgesummte Töne innerlich mitsang.

Die zweite Gruppe ist die größte. Sie vereinigt in sich verschiedene Reaktionsformen, die dem inneren Singen aber nicht gleichen, und für die hier behandelte Frage nicht in Betracht kommen. An Stelle einer tabellarischen Zusammenstellung dürfen daher die Ergebnisse derselben kurz zusammengefaßt werden. Es handelt sich um 19 Versuchspersonen, von denen aber 4 auch in der folgenden dritten Gruppe vertreten sind. Bei einer fehlt die Angabe des Vorstellungstypus. Von den übrigen 14 sind 2 ausgesprochene Motoriker, 7 sind motorisch-akustisch, 2 motorisch-visuell und 3 akustisch-visuell veranlagt. Die Reaktionsform bei 23 Aufnahmen ist verschieden; der weitaus größte Teil, nämlich 12 Versuchspersonen, zeigt Abflachung und Verlangsamung, oft auch Verkürzung von Ein- und Ausatmung an Brust- und Bauchkurve. Nur bei 5 Versuchspersonen trat im Gegenteil eine Erhöhung und Beschleunigung neben Verkürzung und nur einmal Verlängerung von Ein- und Ausatmung an Brust- und Bauchkurve auf. Die Mehrzahl zeigt also Erscheinungen, die ZONEFF und MEUMANN der intellektuellen Aufmerksamkeit zuordnen, während ein kleinerer Teil in ähnlicher Art reagiert, wie sie jene Forscher der sinnlichen Aufmerksamkeit bzw. MENTZ der unwillkürlichen Aufmerksamkeit zuschreiben. Im allgemeinen kann man wohl sagen, daß das Anhören von Tönen beim Sänger keinen erheblichen Einfluß auf die Atemkurven hat, wenn er nicht selber innerlich mitsingt.

Die dritte Gruppe, die einzige, welche für die phonetische Forschung von Belang ist, umfaßt 14 Versuchspersonen, die der Aufforderung, Töne ruhig anzuhören, nicht entsprochen haben, sondern dabei mehr oder minder deutliche Ansätze zum inneren Mitsingen nicht unterlassen konnten. Ihre Reaktionsform nähert sich also dem Atemtypus beim inneren Singen und damit jenem der wirklichen Singatmung. Darunter finden sich 5 starke Motoriker, 7 motorisch-akustische und nur je 1 motorisch-visueller bzw. akustisch-visueller Vorstellungstyp, der aber auf Atemtechnik sehr eingeübt war.

Eine Übersicht über die rechnerischen Ergebnisse aus dieser Gruppe zeigt Tabelle 3. Die Zusammensetzung der Gruppe aus motorischen und motorisch-akustischen Versuchspersonen wird niemand wundernehmen, eher dürfte das vereinzelte Vorkommen des akustisch-visuellen Mezzosoprans erstaunen. Seine motorische Reaktion erklärt sich aber durch Einübung der Singatmung, also durch besondere Schulung. Daß die starken Motoriker alle deutlicheren Veränderungen der Atemkurve aufweisen, darf hervorgehoben werden, da für die Gruppeneinstellung

Tabelle 3.
Inneres Mitsingen.
Relative Werte für die Atemkurve während des Anhörens von Stimmgabel- und vorgesungenen Tönen.

Versuchsperson, Töne, Nr.	Relative Dauer		Relative Höhe		Relative Geschwin- digkeit		Relativer Respirations- Quotient	Durchschn. Respirations- Quotient	Zahl der Ruhekurven	Kehlkopfbewegungen	Vorstellungs- typus	Bemerkungen
	J	E	J	E	J	E						
289/10 Tenor Stimmgabeltöne	Brust	1,0	1,1	0,8	1,1	0,7	0,8	0,4 0,5 0,4	74	Ruhigstellung bei A, Singbewegung bei a a'	motor- akust.	Bühne
	Bauch	1,0	1,0	0,4	0,5	0,4	0,4					
327 Tenor Stimmgabeltöne	Brust	1,0	1,2	0,9	1,5	0,8	0,8	0,5 0,6	22	o. B. *)	motor- visuell	Konzert
	Bauch	1,0	1,2	0,9	1,6	1,4	1,3					
533/14 Bariton Stimmgabeltöne	Brust	1,1	1,3	1,2	0,9	1,1	0,7	0,3 0,5	14	o. B.	motor- akust.	Schüler
	Bauch	1,0	1,3	0,6	0,6	0,9	0,5					
604 Mezzosopran vorgesungene Töne	Brust	1,1	1,2	1,7	1,6	1,6	1,4	0,6 0,6	29	o. B.	akust- visuell	ausgebildete Dilettantin
	Bauch	1,0	1,3	1,1	1,2	1,5	1,0					
633/13 Alt Stimmgabeltöne	Brust	1,0	1,3	0,8	0,9	0,8	0,7	0,5 0,6	40	o. B.	motor- akust.	Konzert
	Bauch	1,0	1,3	0,8	0,9	0,8	0,7					
Dieselbe vorgesungene Töne	Brust	0,9	1,3	1,0	0,9	1,1	0,7	0,6 0,6	40	o. B.	motor- akust.	Konzert
	Bauch	1,0	1,3	0,9	0,9	0,8	0,7					
1010 Bariton Stimmgabeltöne	Brust	1,2	1,3	0,9	1,1	0,8	0,8	0,3 0,6	25	undeutlich	motor- akust.	ausgebildeter Dilettant
	Bauch	1,1	1,3	1,2	1,5	1,2	1,1					
29/14 Tenor Stimmgabeltöne	Brust	0,9	1,2	0,6	0,7	0,6	0,6	0,4 0,5	16	o. B.	motor- akust.	Schüler
	Bauch	1,0	1,4	0,8	0,8	0,9	0,6					

Derselbe vorgesumnte Töne	Brust	0,9	1,2	1,0	1,1	1,0	0,9	0,4	0,5	0,6	16	o. B.	motor.- akust.	Schüler
	Bauch	1,0	1,4	1,0	1,0	0,9	0,7	0,5	0,6	0,6				
430/18 Alt Stimmgabeltöne	Brust	1,2	1,3	1,8	1,4	1,4	1,1	0,8	0,7	0,5	57	Ruhigstellung tief	stark motor.	Schülerin
	Bauch	1,1	1,3	1,0	1,0	0,8	0,7	0,5	0,4	0,7				
2002 Mezzosopran Stimmgabeltöne	Brust	1,0	1,2	1,3	0,7	1,3	0,5	0,6	0,4	0,8	26	o. B.	stark motor.	Nicht- sängerin
	Bauch	0,8	1,2	1,0	0,8	1,2	0,7	0,4	0,7	0,7				
2001 Mezzosopran vorgesumnte Töne	Brust	0,9	1,4	1,1	1,2	1,2	0,9	0,3	0,4	0,6	34	Ruhigstellung tief bei Ausatmung	stark motor.	Nicht- sängerin
	Bauch	0,9	1,2	1,0	1,1	1,1	0,9	0,4	0,6	0,6				
382/14 Sopran Stimmgabeltöne	Brust	0,8	1,3	0,9	0,7	1,0	0,5	0,4	0,3	0,7	21	o. B.	motor.- akust.	Bühne
	Bauch	0,5	1,6	0,7	0,7	1,4	0,4	0,3	1,0	1,0				
Dieselbe vorgesumnte Töne	Brust	0,6	1,2	0,8	0,7	1,4	0,4	0,4	0,5	0,7	21	o. B.	motor.- akust.	
	Bauch	0,7	1,4	0,6	0,6	1,1	0,4	0,5	1,0	1,0				
1003 Baß Stimmgabeltöne	Brust	0,7	1,2	1,3	1,0	1,1	0,7	0,3	0,7	0,5	27	o. B.	motor.- akust.	Schüler
	Bauch	0,9	1,2	0,8	0,8	0,9	0,6	0,7	0,7	0,7				
Derselbe vorgesumnte Töne	Brust	0,4	1,9	0,5	0,9	1,3	0,5	0,07	0,12	0,5	27	exspir. Ruhigstellung	motor.- akust.	
	Bauch	0,3	2,3	0,3	0,5	0,9	0,2	0,12	0,7	0,7				
1005 Alt Stimmgabeltöne	Brust	1,4	1,8	1,1	0,8	1,0	0,4	0,5	0,6	0,6	58	Singbewegung	stark motor.	Konzert
	Bauch	0,9	1,5	0,6	0,6	0,7	0,4	0,6	0,9	0,9				
1015 Tenor Stimmgabeltöne	Brust	0,9	2,5	0,3	0,6	0,4	0,2	0,3	0,3	0,8	23	o. B.	stark motor.	Frauen- stimmen- imitator
	Bauch	0,8	2,5	0,5	0,7	0,6	0,3	0,3	0,8	0,8				
Derselbe vorgesungene Töne	Brust	1,0	1,6	0,5	0,8	0,5	0,6	0,6	0,5	0,8	23	o. B.	stark motor.	
	Bauch	0,8	1,5	0,6	0,7	0,7	0,6	0,5	0,8	0,8				

Nadoleczny, Kunstgesang.

5

*) Ohne Besonderes, also normale Atembewegungen des Kehlkopfs.

und Einteilung nur die Betrachtung der Kurven und der daraus gewonnenen Zahlen maßgebend war, während die aktuellen Vorstellungstypen erst am Schluß, also nach der Berechnung, nachgesehen, sogar ein paarmal erst später festgestellt wurden. Für den Gebrauchstyp sind sie ja auch nicht allein maßgebend, wie ich im III. Kapitel zeigen konnte.

Gehen wir nun auf die Einzelheiten der Atemveränderungen in dieser dritten Gruppe näher ein, so finden wir die Dauer der Einatmung häufig verkürzt, und zwar bis unter die Hälfte der Norm, bei einer weiteren Anzahl ganz oder fast dem Durchschnitt entsprechend, selten, und fast immer nur wenig, verlängert. Die Ausatmung dagegen ist in allen Fällen verlängert, zum Teil absolut, zum Teil auf Kosten der Einatmung bis zum Zweieinhalbfachen des Durchschnitts. Weniger typisch verhält sich die Atemhöhe. Sie kann inspiratorisch kleiner oder größer sein als in der Ruhe, deren Wert sie jedoch selten beibehält. Das gleiche gilt von der Ausatemungshöhe, die den Ruhewert nicht selten übertrifft. Beide Höhen aber haben im Gegensatz zur Ruheatmung recht selten gleiche Werte. Die Ausatemungshöhe hängt offenbar auch von der Dauer des akustischen Eindrucks oder der akustischen Vorstellung ab. Die mittlere Geschwindigkeit ist im allgemeinen während der Ausatmung wesentlich vermindert. Selbst wenn sie den Ruhewert übertrifft, ist sie es der Einatmung gegenüber mit einer einzigen Ausnahme immer. Während der Einatmung aber ist sie nicht, wie man erwarten sollte, regelmäßig beschleunigt, sondern recht oft auch verlangsamt, entsprechend der gesamten Verlangsamung der Atmung. Der Respirationsquotient wird natürlich kleiner als im Durchschnitt bei der Ruheatmung und erreicht nur hie und da einmal dessen Wert, wenn die Bauchkurve von der Veränderung des Atemtypus abweicht. Je deutlicher der Singatemtypus in die Erscheinung tritt, desto weiter bleibt der Wert des Respirationsquotienten unter dem Durchschnitt. Das Verhältnis zwischen Brust- und Bauchkurve ändert sich im allgemeinen gegenüber der Ruheatmung dahin, daß die Bauchkurve immer vorausläuft, und zwar mehr als während der Ruheatmung, falls diese nicht synchron verlief. Im übrigen übertrifft die Brustkurve in den meisten Fällen, nämlich in 10 von 14, die Bauchkurve in der Ausprägung des Singatemtypus, sei es hinsichtlich der Höhe oder des Verhältnisses zwischen Ein- und Ausatmung oder in jeder Beziehung. Nur in 4 Fällen kommt ihr die Bauchatmung in den Werten fast gleich oder übertrifft sie teilweise ein wenig. Wir dürfen darin wohl einen Ausdruck der stärkeren Abhängigkeit der Brustatmung vom Großhirn einerseits und einer größeren Einübung derselben bei vielen Sängern andererseits erkennen.

Abgesehen von Größen- und Zeitverhältnissen ist aber auch noch

die Form der Kurven während des Einwirkens der Töne von Belang. Ihre Veränderung drückt sich aus im Kuppenwinkel und im absteigenden Schenkel der Ausatmung. Der Kuppenwinkel war in allen Fällen größer als während der Ruheatmung, und zwar an beiden Kurven. Gewöhnlich war er an der Brustkurve größer als an der Bauchkurve, z. B. an ersterer größer, an letzterer kleiner als 90° . Nur in ganz wenigen Fällen war dieses Verhältnis umgekehrt, und zwar bei im Singen weniger oder gar nicht eingeübten Versuchspersonen. Entsprechend der Verlängerung der Ausatmung ging der absteigende Schenkel der Kurve in einer größeren Anzahl der Fälle fast oder ganz in eine gerade absteigende Linie über, recht häufig war er auch im Anfang nach oben konvex, seltener anfänglich steiler (nach oben konkav) abfallend, um dann erst gerade zu werden (was STÖRRING als Unlustzeichen erklären wollte). Die Annäherung an die gerade oder sogar nach oben konvexe Linie war im allgemeinen in der Brustkurve wieder deutlicher als in der Bauchkurve. An drei Aufnahmen trat schließlich eine Erscheinung zutage, die wir später als Wiedergabe sogenannter Stützbewegungen kennenlernen werden, nämlich eine am Anfang oder im Verlauf gewöhnlich in der Brustkurve auftretende nach oben konvexe Ausbuchtung. Sie entspricht wohl einer leichten Hebung des Brustkorbes, während der Ausatmung im Sinne einer stärkeren Verlangsamung derselben.

Nachdem an den Atemkurven dieser Gruppe deutliche Erscheinungen des inneren Singens nachweisbar waren, durfte man auch geringe Bewegungen des Kehlkopfes während der Versuche erwarten. Tatsächlich sind solche auch aufgetreten, aber nicht so häufig wie die typischen Atemveränderungen und nicht nur in der dritten Gruppe, sondern auch in den vorhergehenden (vgl. Abb. 11 u. 12 und Tabelle 1, 2, 3). Nachdem der Kehlkopf den Atembewegungen bekanntlich folgt, müssen respiratorische Verschiebungen hier ausscheiden, und dem inneren Singen dürfen nur davon unabhängige Bewegungen oder Stellungsveränderungen zugeschrieben werden. Um gleich mit den letzteren anzufangen, so sieht man nicht selten an den laryngographischen Kurven, daß der Kehlkopf beim Anhören von Tönen ruhig gestellt wird (z. B. Abb. 11 beim vorgesummten Ton a), oder aber er macht kleine Bewegungen nach oben oder unten, deren Ablauf ein mehr ruckweiser ist, gegenüber den langsamen in flachen Kurven schwankenden kleineren Atembewegungen (vgl. Abb. 11 bei den vorgesummten Tönen a^1 , a^2 und Abb. 12 bei den gehörten Tönen a, a^1 und beim vorgestellten Ton a). Im allgemeinen sind solche Erscheinungen an Kehlkopfcurven seltener und weniger auffällig als die entsprechenden Atemphänomene. Immerhin fanden sich in der erwähnten dritten Gruppe 5 Versuchspersonen mit deutlichen Veränderungen der Kehlkopfstellung beim Anhören von Tönen. 3 Versuchspersonen der dritten Gruppe waren starke Motoriker,

und zwar 2 Altistinnen und 1 Mezzosopran (Naturesängerin), ferner 2 motorisch-akustische Vorstellungstypen (1 Baß, 1 Tenor). Der oben erwähnten zweiten Gruppe gehören 3 Personen an, und zwar je 1 Sopran, Alt und Baß. Während von der Altistin Angaben über den Vorstellungstyp fehlen, gehören die beiden andern zu den motorisch-akustisch Vorstellenden.

Die Art der Stellungsveränderung am Kehlkopf war verschieden. Recht häufig erfuhr der Kehlkopf während der Ausatmung einfach eine Ruhigstellung, manchmal verbunden mit Senkung. Seltener trat er entsprechend der Tonhöhe nach oben oder unten und vorn. Letzteres kam auch nicht bei allen Tönen vor, z. B. fehlte bei 2 Versuchspersonen der Gruppe 2 gerade bei den hohen Tönen (f^1 , a^2) jede Kehlkopfbewegung, vielleicht weil sie bei diesen an der oberen Grenze des Stimmumfangs liegenden Tönen nicht mehr „mitgingen“ oder weil sie beim dritten Ton schon an die Wahrnehmung gewöhnt waren, während dieselben Sänger bei tieferen Tönen mit Tiefstellung deutlich reagierten. Die Töne wurden nämlich immer in gleicher Reihenfolge von unten nach oben zu Gehör gebracht. Die Richtung der Kehlkopfeinstellung entsprach bei einer Schülerin (Nr. 60, Abb. 12) nicht der Tonhöhe; hier waren die Bewegungen überhaupt nicht bestimmt und deutlich. Bei 3 anderen Versuchspersonen (2 Altistinnen, 1 Tenor) dagegen kamen deutliche, durch plötzliche Stellungsveränderungen in der Kurve charakterisierte steil ansteigende Einstellbewegungen zur Wiedergabe, und zwar z. B. beim hohen f^2 um 3 und 4 mm nach oben und 1 bis 1,5 mm nach vorn.

Nachdem sich bei den Kehlkopfbewegungen schon hie und da ein Einfluß der Tonhöhe des gehörten Tons zeigte oder umgekehrt ein Ausbleiben der Reaktion, z. B. bei den Tönen der mittleren Lage des betreffenden Sängers, zu deren Wiedergabe er eine besondere Einstellung des Kehlkopfes kaum nötig gehabt hätte, so lag der Gedanke nahe, zu untersuchen, ob die Veränderungen der Atmung auch bei verschiedener Tonhöhe des Reizes verschieden seien, z. B. bei tiefen und hohen Tönen deutlicher als bei mittleren. Es war aber auch möglich, daß die Stimmlage und das Können des Sängers die Reaktion beeinflusste. Die Durchsicht der Tabelle 3 unter diesem Gesichtspunkte ergab für die dritte Gruppe, daß tatsächlich beim mittleren Ton niemals die deutlichste Atemveränderung auftrat. Vielmehr war beim tiefen Ton die Verlängerung der Ausatmung am größten und damit der Respirationsquotient am kleinsten auf 9 Aufnahmen von 8 Versuchspersonen. Daneben fand sich aber für den hohen Ton der höchste Wert für die thorakale Einatmungs- und meist auch Ausatmungshöhe an 5 von diesen 9 Aufnahmen. Ferner war beim höchsten Ton die Ausatmung am längsten in 7 Aufnahmen von 6 Versuchspersonen. Gleichzeitig mit dem höchsten Wert für die thorakale

oder abdominale oder beide Einatmungshöhen fand sich diese Verlängerung der Ausatmung für hohe Töne bei 5 Versuchspersonen. Mit anderen Worten: Für die Gruppe des inneren Mitsingens ergibt sich, daß sowohl der tiefste als der höchste Ton die Kurve stark beeinflusst, ersterer nur die Ausatmungsdauer, letzterer die in- und expiratorische Höhe allein oder in Verbindung mit der Ausatmungsdauer; der mittlere Ton hat am wenigsten Einfluß. Diese Erscheinung war unabhängig vom Können des Sängers.

In den beiden anderen Gruppen traten typische Erscheinungen des inneren Singens bekanntlich durchschnittlich nicht auf. Dennoch schien es wichtig, gerade in diesen Gruppen nachzusehen, ob bei einzelnen Tönen nicht Atemveränderungen zu beobachten seien, die jenen der dritten Gruppe entsprächen. Das Ergebnis solcher Nachforschung war aber recht spärlich. In der zweiten Gruppe, die Aufmerksamkeitszeichen darbot, fand sich einmal bei einem motorisch-visuellen Bassisten eine typische Ausatmungsverlängerung beim hohen f^1 und das gleiche beim tiefen f einer Altistin neben deutlicher Kehlkopfeinstellung nach unten 0,5 mm vor 1 mm. In der zweiten zahlreichsten Gruppe fanden sich ähnliche Erscheinungen bei 2 Sopranen, und zwar bei einer motorisch-akustischen Konzertsängerin recht deutlich beim tiefen a eine Verlängerung der thorakalen und abdominalen Expiration auf 1,2 gegenüber 0,7 bzw. 0,8 Inspiration und eine Einatmungshöhe von 1,1 thorakal und 1,5 abdominal. Eine zweite gute Dilettantin zeigte die expiratorische Verlängerung auf 1,2 ebenfalls beim tiefen a und ein motorisch-akustisch veranlagter mittelmäßiger Bühnenbariton merkwürdigerweise gerade beim mittleren f , vielleicht als Zufallserscheinung. Wesentliche Einflüsse der Tonhöhe auf die Atemkurve sind also in den beiden ersten Gruppen so gut wie nicht zutage getreten.

Der Einfluß des Vorstellens von Singtönen auf Atmung und Kehlkopfbewegung von Sängern.

Während uns bis jetzt unbewußte Äußerungen des inneren Singens beschäftigten, welche die Wahrnehmung von Tönen und Klängen begleiten, ohne daß dem Sänger die Aufgabe gestellt war, innerlich mitzusingen, so werden wir im folgenden untersuchen, wie sich Atmung und Kehlkopfstellung oder -Bewegung verhalten, wenn bewußt und absichtlich Gesangstöne lebhaft vorgestellt werden. Daß hierbei die Zahl der Versuchspersonen mit deutlichen Zeichen des inneren Singens viel größer sein wird als im vorigen Abschnitt, darf wohl vorausgesetzt werden. Eine Durchsicht der Aufnahmen und ihrer rechnerischen Ergebnisse bestätigt diese Annahme.

Tabelle 4.
Vorgestellte Singtöne (Inneres Singen) Durchschnittstypus.
 Relative Werte für die Atemkurve während des Vorstellens von Gesangstönen.

Nr. Versuchsperson	Relative Dauer		Relative Höhe		Relative mittlere Geschwindigkeit		Relativer Respiationsquotient	Durchschnittl. Respiationsquotient	Zahl der Ruhekurven	Kehlkopfbewegungen	Vorstellungstypus	Bemerkungen
	J	E	J	E	J	E						
235/15 Konzert-Alt	Brust	1,1	1,0	1,2	0,9	0,9	0,5	0,7	22	nach vorn	?	beste Reaktion bei f ¹
	Bauch	0,8	1,5	1,0	1,0	1,2	0,6	0,7				" " " a ²
27/08 Konzert-Sopran	Brust	1,1	0,8	1,0	0,7	0,6	0,5	0,8	37	Ruhigstellung bei a ² nach vorn oben	akust.-visuell	Brust-u. Bauchstütze a ²
	Bauch	1,1	1,6	0,9	1,0	0,9	0,6	0,7				
289/10 Bühnen-Tenor I	Brust	0,9	1,4	0,8	0,9	0,9	0,6	0,5	74	der Tonhöhe entsprechend	motor.-akust.	beste Reaktion bei A
	Bauch	0,8	1,4	0,4	0,6	0,4	0,4	0,2				
II	Brust	1,0	1,3	0,7	0,7	0,7	0,6	0,3		"		" " " A
	Bauch	1,0	1,2	0,9	1,0	0,9	0,8	0,4				
22/14 Konzert-Sopran I	Brust	0,8	1,5	0,8	0,8	0,9	0,6	0,4	29	Ruhigstellung	motor.-akust.	" " " f
	Bauch	0,8	1,4	0,8	0,9	1,0	0,6	0,7				
II	Brust	0,7	1,8	1,1	1,0	1,6	0,6	0,3		"		" " " f ²
	Bauch	0,7	1,8	1,1	1,0	1,6	0,6	0,7				
59/11 Mezzosopran Schülerin I	Brust	0,6	1,5	0,9	0,8	1,6	0,6	0,2	17	keine	motor.-akust.	" " " a
	Bauch	0,1	1,3	0,7	1,3	0,8	0,7	0,6				
II	Brust	0,9	1,2	1,0	1,1	1,1	1,0	0,3		"		" " " a
	Bauch	1,1	1,2	1,2	1,6	1,0	1,2	0,7				
1009 Konzert-Baß	Brust	0,6	1,2	0,6	0,8	1,0	0,7	0,3	19	Ruhigstellung	motor.-visuell	" " " F
	Bauch	0,6	1,1	0,6	0,6	0,9	0,6	0,4				
396/18 Sopran Schülerin	Brust	0,6	1,2	0,7	1,1	1,2	0,9	0,3	65	Verlangsamte Atembewegung	stark motor.	" " " a ²
	Bauch	0,6	1,2	0,8	0,9	1,5	0,8	0,3				Stütze bei a ²
1008 Sopran ausgeb. Dilettantin	Brust	0,9	1,3	1,1	1,2	1,1	0,9	0,5	26	Ruhigstellung	akust.-visuell	beste Reaktion bei a ¹
	Bauch	0,9	1,2	0,9	1,0	1,0	0,8	0,5				

602	Bühnen- Sopran	Brust Bauch	0,6 0,5	1,2 1,4	0,5 0,7	0,8 1,0	0,5 0,5	0,3 0,3	0,6 0,8	30	der Tonhöhe entsprechend	motor- akust.	beste Reaktion bei a ²
1027	Konzert- Sopran I	Brust Bauch	0,9 1,0	1,3 1,3	0,7 0,8	0,9 1,0	0,5 0,6	0,4 0,5	0,6 0,6	84	"	akust- visuell	" " a ¹
2001	Mezzosopran Nichtsängerin	Brust Bauch	0,8 0,8	1,3 1,4	0,7 0,8	0,8 1,1	0,6 0,7	0,4 0,7	0,7 1,0	25	"	stark motor.	" " a ¹
2002	Mezzosopran Nichtsängerin	Brust Bauch	0,9 0,9	1,4 1,3	1,1 0,9	1,1 1,1	0,7 0,9	0,5 0,5	0,8 0,7	26	keine	stark motor.	" " a ¹
29/14	Tenor Schüler	Brust Bauch	0,8 0,9	1,8 2,2	1,0 1,1	1,1 1,1	0,7 0,5	0,2 0,2	0,5 0,6	29	"	motor- akust.	" " a ¹
140/09	Konzert- Sopran	Brust Bauch	0,8 0,9	2,1 2,2	0,7 0,9	0,8 1,0	0,4 0,4	0,4 0,4	0,9 0,9	71	nach abwärts	motor- akust.	" " a ¹
1027	Konzert- Sopran II	Brust Bauch	0,7 0,6	2,2 2,3	0,8 0,9	0,9 1,3	0,4 0,7	0,2 0,2	0,6 0,6	84	der Tonhöhe entspr. und Ruhigstellung	akust- visuell	" " a ¹ Brust- u. Bauchst. b. a ²
1004	Bariton Dilettant	Brust Bauch	0,8 0,8	2,2 2,2	0,6 0,7	0,8 1,5	0,3 0,7	0,2 0,2	0,5 0,6	20	Ruhigstellung	akust- visuell	beste Reaktion bei f ¹
1010	Bariton ausgeb. Dilettant	Brust Bauch	0,9 0,8	2,2 2,2	0,8 0,7	0,9 0,8	0,5 0,3	0,2 0,2	0,5 0,6	25	Unruhe	motor- akust.	" " f ¹ dabei Stütz- und Einstell- bewegung
60/18	Sopran Schülerin	Brust Bauch	0,7 0,6	2,6 2,3	0,7 1,0	1,0 1,1	0,2 0,4	0,2 0,2	0,8 0,6	71	der Tonhöhe entsprechend	motor- akust.	beste Reaktion bei a ² dabei Brust- und Bauchstütze
97/13	Bühnen- Bariton	Brust Bauch	0,7 0,9	3,0 2,8	0,9 0,9	1,0 1,1	0,3 0,3	0,2 0,2	0,7 0,7	42	Ruhigstellung	motor- akust.	beste Reaktion bei f ¹
1012	Tenor Schüler	Brust Bauch	0,9 1,0	4,4 5,8	1,2 0,9	1,2 0,9	0,3 0,1	0,3 0,4	0,4 1,5?	35	der Tonhöhe entsprechend	akust- visuell	" " a ¹ Extr. Baucheinstellbew.
1011	Tenor Schüler	Brust Bauch	1,0 1,0	5,0 5,0	1,0 1,0	0,6 1,0	0,1 0,2	0,2 0,2	0,7 0,9	9	"	motor- akust.	beste Reaktion bei A Stütze bei a ¹
92/15	Tenor Schüler	Brust Bauch	0,8 0,8	5,5 5,7	0,8 1,0	1,3 1,2	0,2 0,2	0,08 0,09	0,6 0,6	45	Ruhigstellung	motor- visuell	beste Reaktion bei A Baucheinstell. bei a u. a ¹

Es wurden 47 pneumographisch-laryngographische Aufnahmen (vgl. Abb. 12, S. 59) von 38 Versuchspersonen bearbeitet. Von 6 Versuchspersonen wurden teils hintereinander, teils in großen Zeitabständen mehrere, Aufnahmen gemacht. Von diesen 47 Aufnahmen scheidet eine Minderzahl, nämlich im ganzen 8 von 7 Versuchspersonen, bei der folgenden Betrachtung aus. Auch unter diesen 8 Aufnahmen sind zwei mit noch erkennbarer Singatmung von einer Altistin, die außerdem drei ganz typische Kurvenzüge lieferte; ferner finden sich darunter drei Aufnahmen mit so übertriebenen und ungewöhnlichen Atemkurven, daß sie ausscheiden mußten, obwohl sie teils von typischen Kehlkopfbewegungen, teils von Ruhigstellung des Kehlkopfes begleitet waren. Auch sie stammen von zwei stark motorisch veranlagten Altistinnen und einer motorisch-akustischen sehr nervösen Sopranistin (Schülerin). Es scheint sich zu bewahrheiten, daß die Altstimme häufiger bei besonders nervösen ungleichmäßig reagierenden Persönlichkeiten vorkommt. Die Altistinnen werden deshalb von Gesangslehrern auch vielfach gefürchtet. Nur vier Aufnahmen zeigen keine typische Singatmung, wovon eine wiederum als Zufallsergebnis ausfällt, weil die betreffende Versuchsperson, ein Tenor, mehrere andere typische Kurven geliefert hat. So bleiben nur 2 Versuchspersonen übrig, und zwar ein Bühnentenor (motorisch-akustischer Vorstellungstyp) und ein Nichtsänger (Bariton), deren Untersuchung beim Vorstellen von Gesangstönen keine Reaktionen im Sinne deutlicher Singatmung oder Stellungs- bzw. Bewegungsveränderungen des Kehlkopfes ergaben.

Alle übrigen 39 Aufnahmen von 34 Versuchspersonen zeigten dagegen eine Reaktion, sei es in der pneumographischen und laryngographischen Kurve oder in einer von beiden, für deren Entstehung die im aktuellen Vorstellungstyp gegebene Veranlagung zunächst nicht allein in Betracht kommt.

Als Ergebnis dieser Versuche darf wohl die Feststellung verschiedener Singatemtypen betrachtet werden, wie aus den folgenden Zusammenstellungen hervorgeht:

Bei der überwiegenden Mehrzahl (s. Tab. 4) ist die Einatmung von Brust und Bauch meist im Verhältnis zur Ruheatmung verkürzt oder höchstens von annähernd normaler Dauer, dabei auch beschleunigt oder von annähernd normaler Geschwindigkeit. Die Ausatmung dagegen ist immer verlängert und mit einer Ausnahme verlangsamt. Die inspiratorischen und expiratorischen Höhen nähern sich dem Durchschnitt, hinter dem sie meistens zurückbleiben, ihn selten und dann eher in der Ausatmung ein wenig überschreitend. Es wäre dies der Durchschnittstypus der Atmung beim inneren Singen mit der konstanten Ausatemungsverlängerung und Verlangsamung und dementsprechend kleinem Respirationsquotienten. Je deutlicher dieser

Typus zum Ausdruck kommt — gegen Ende der Tabelle 4 — desto kleiner wird jener Quotient, bis er schließlich nicht einmal mehr den Wert von 0,1 erreicht. Alle anderen Werte jener Tabelle sind weniger gleichmäßig. Das gilt namentlich von der Ein- und Ausatmungshöhe. Erstere bleibt wider Erwarten gewöhnlich unter dem Wert von 1. Das wird aber begreiflich, wenn man berücksichtigt, daß die Versuchsperson sich bewußt ist, nicht wirklich singen zu müssen, daß sie also auch nicht besonders tief einatmen muß und offenbar ihre Aufmerksamkeit nur auf die Ausatmung richtet. Daher wird die Einatmung zwar oft steiler und rascher, aber nicht tiefer. Die Ausatmungshöhe dagegen überschreitet den Mittelwert häufiger, und zwar, je nachdem die Brust- oder Bauchatmung bevorzugt wird, an je einer, selten an beiden Kurven. Daß dies bei Sopranen häufiger vorkommt, erklärt sich nur aus der relativen Häufigkeit dieser Stimmen auf Tabelle 4 und darf daher nicht zu Schlüssen verwertet werden. Es wird wohl kaum wundernehmen, wenn der aktuelle Vorstellungstypus in dieser Zusammenstellung keinen Einfluß mehr auszuüben scheint, handelt es sich doch beim Vorstellen von Gesangstönen für den Sänger offenbar immer um einen eingeübten motorischen Mechanismus, der zwar vielleicht nicht ganz bewußt abläuft, aber wohl sicher bewußt ausgelöst und eingeleitet wird. Es war zu erwarten, daß auch Veränderungen der Kehlkopfstellung oder sinn-gemäße Kehlkopfbewegungen nunmehr zahlreicher auftreten würden. Ein Vergleich von Tabelle 4 mit den rechnerischen Ergebnissen der obigen dritten Gruppe bestätigt das. Näheres hierüber siehe unten.

Von dem bisher beschriebenen Atemtypus weichen nun einige Versuchspersonen ab. Aus deren Atemkurven rechnerisch gewonnene Werte sind in Tabelle 5 räumlich, aber nicht ihrem Wesen nach vereinigt, denn sie sind untereinander sehr verschieden. Gemeinsam ist ihnen nur das Ansteigen der Werte für die relative Höhe: Es wird also tiefer ein- und ausgeatmet, wobei die Ausatmungshöhe entsprechend der verlängerten Dauer der Ausatmung überwiegt. Aber auch die Einatmung gewinnt an Tiefe, wird verlängert und teilweise ein wenig beschleunigt. Nur die erste Versuchsperson der Tabelle zeigt eine verkürzte, an Brust und Bauch wesentlich beschleunigte Einatmung, weicht also vom oben festgelegten Durchschnittstypus nur durch die großen Werte der relativen Höhe ab. Die folgenden vier Versuchspersonen (Nr. 2 mit 5) zeigen die Beschleunigung der verlängerten Einatmung nur an der Bauchkurve, bei Nr. 5 erfährt auch die Ausatmung eine entsprechende Beschleunigung, ebenso bei Nr. 6, deren Einatmung jedoch nicht verlängert ist.

Die sechs ersten Versuchspersonen der Tabelle 5 haben gemeinsam eine Vermehrung der Atemtiefe an Brust- und Bauchatmung, wobei letztere manchmal etwas überwiegt, die Einatmung

Tabelle 5.
Vorgestellte Singtöne (Inneres Singen) Abweichungen vom Durchschnittstypus.
 Relative Werte für die Atemkurve während des Vorstellens von Gesangstönen.

Nr. Versuchsperson	Relative Dauer		Relative Höhe		Relative mittlere Geschwindigkeit		Respirations-Quotient	Durchschn. Respiration-Quotient	Zahl der Ruhkurven	Kehlkopf-bewegungen	Vorstellungs-Typus	Bemerkungen
	J	E	J	E	J	E						
1006	0,7	3,2	1,5	2,8	2,5	0,8	0,2	0,7	52	der Tonhöhe entsprechend	motor.-akust.	beste Reaktion bei f, Stütz- u. Einstellbewegung bei f u. f ¹
177/14	1,7	2,4	1,4	1,9	0,8	0,7	0,4	0,5	14	"	akust.-visuell	beste Reaktion bei f ¹
289/10	1,6	3,3	1,5	1,3	1,2	0,8	0,8	1,1	74	"	motor.-akust.	Stützbewegung bei f ¹
3)	1,5	3,4	2,6	3,2	0,2	0,2	0,2	0,4	24	Ruhigstellung	motor.-visuell	beste Reaktion bei A und a ¹
1014	1,6	2,5	1,2	1,6	0,7	0,6	0,5	0,6	22	keine	motor.-visuell	beste Reaktion bei f ¹
4)	1,1	2,6	1,3	1,5	1,0	0,6	0,3	0,7	40	Ruhigstellung	motor.-visuell	Bruststütze bei f f ¹
327	1,2	1,6	1,9	2,0	1,3	1,1	0,4	0,6	27	Ruhigstellung	motor.-akust.	beste Reaktion bei a ¹
5)	1,2	1,6	2,5	2,9	2,0	1,7	0,4	0,6	24	nach oben	stark motor.	" " " a ¹
633/13	0,9	1,4	1,4	1,7	1,4	1,1	0,4	0,6	14	keine	stark motor.	Einstellbewegung bei a ¹
6)	1,0	1,4	1,6	2,0	1,5	1,2	0,4	0,6	58	Unruhe	motor.-akust.	beste Reaktion bei f ¹
1015	0,9	4,3	1,3	2,0	1,4	0,3	0,2	0,8	21	wenig rückwärts	stark motor.	" " " f
7) Damenimitator	0,9	6,0	1,1	1,3	1,1	0,3	0,4	0,6	29	keine	akust.-visuell	" " " A
533/14	0,9	2,1	1,2	1,3	1,5	1,2	0,2	0,4	29	Ruhigstellung	motor.-akust.	Stütz- und Einstellbewegung Brust und Bauch a a ¹ a ²
8)	0,8	1,3	0,9	1,0	1,0	1,0	0,5	0,6	45	Ruhigstellung	stark motor.	beste Reaktion bei e ¹
1005	0,8	1,4	1,2	2,0	1,3	1,5	0,5	0,6	101	Der Tonhöhe entsprechend	motor.-akust.	" " " f ¹
9)	0,7	1,4	0,5	0,4	0,7	0,3	0,5	0,9	45	Ruhigstellung	stark motor.	" " " f ¹
382/14	1,4	2,6	2,3	1,9	1,7	0,8	0,3	0,7	27	Ruhigstellung	motor.-akust.	" " " f ¹
10)	0,8	2,9	0,9	0,9	1,2	0,3	0,3	1,0	27	Ruhigstellung	akust.-visuell	" " " f ¹
604	1,8	2,0	3,1	3,1	1,7	1,4	0,6	0,7	27	Ruhigstellung	motor.-akust.	beste Reaktion bei e ¹
11) ausgeb. Dilett.	1,0	2,7	0,9	0,9	0,9	0,3	0,3	0,7	45	Ruhigstellung	stark motor.	" " " f ¹
1003	1,8	1,9	0,7	0,6	0,4	0,4	0,4	0,5	27	Ruhigstellung	motor.-akust.	beste Reaktion bei e ¹
12) Schüler	0,9	2,5	1,1	1,2	1,2	0,4	0,3	0,7	101	Der Tonhöhe entsprechend	motor.-akust.	" " " f ¹
158/18	1,1	2,5	0,8	0,9	0,6	0,3	0,4	0,6	45	Ruhigstellung	stark motor.	" " " f ¹
13) Schülerin	1,2	2,1	1,6	1,8	0,4	0,2	0,3	0,7	27	Ruhigstellung	motor.-akust.	" " " f ¹
192/10	1,1	3,8	0,3	0,6	0,2	0,1	0,2	0,6	27	Ruhigstellung	stark motor.	" " " f ¹
14) P. v. ...	1,0	2,0	1,2	0,6	1,5	0,2	0,2	0,6	27	Ruhigstellung	stark motor.	" " " f ¹

mehrfach verlängert und abdominal beschleunigt ist, während die Ausatmung noch mehr verlängert und mit Ausnahme zweier Fälle verlangsamt erscheint.

Das Überwiegen einer Atmungsform, und zwar der kostalen ist maßgebend für die Vereinigung der fünf nächsten Versuchspersonen (Nr. 7 mit 11) in einer zweiten Gruppe. Die Einatmung ist hier teils wenig verkürzt, teils kostal verlängert und oft auch wesentlich beschleunigt, die Ausatmung — von Fall 7 abgesehen — kostal immer rascher als abdominal, meist wesentlich verlängert und im Verhältnis dazu wenig verlangsamt. Die thorakale Höhe aber ist in- und expiratorisch absolut und gegenüber der oft verkleinerten abdominalen Höhe relativ noch bedeutender vergrößert.

Ausgesprochenes Vorwalten der abdominalen Atmung findet man bei den drei Versuchspersonen der dritten Gruppe, deren Einatmung nahezu von durchschnittlicher Dauer, aber, wenn überhaupt, dann nur abdominal beschleunigt ist. Die stets wesentlich verlängerte Ausatmung ist auch erheblich verlangsamt. Die abdominale Höhe ist namentlich gegenüber der verkleinerten thorakalen bedeutend, und zwar wiederum mehr bei der Ausatmung als bei der Einatmung.

Aus der Übersicht über die Stimmgattungen in der ersten Spalte der Tabelle ist ersichtlich, daß es nicht angeht, bestimmte Atemtypen den einzelnen Stimmgattungen zuzuschreiben, wenigstens nicht auf Grund der kleinen Anzahl von Versuchspersonen in Tabelle 5.

Was die gegenseitigen Beziehungen von Brust- und Bauchatmung anlangt, so hat bekanntlich GUTZMANN darauf hingewiesen, daß die Kurven beider in der Ruhe synchron oder fast synchron mit geringem Vorgehen der abdominalen Kurve verlaufen, während beim normalen Sprechen und Singen die Bauchkurve der Brustkurve zeitlich bedeutender vorauslaufe. Beim Vorstellen von Gesangstönen war dieser sogenannte Asynchronismus an 37 Aufnahmen von 33 Versuchspersonen nachweisbar, worunter zwei Aufnahmen mit bedeutendem Vorauslaufen der Bauchkurve. An einigen anderen, deren Ruhekurven nicht ganz synchron verliefen, wurde der Unterschied beim Vorstellen von Tönen stärker. Nur bei 6 Versuchspersonen, von denen nur eine etwas erhöhte Brustatmung zeigt, blieb Brust- und Bauchatmung an 9 Aufnahmen synchron. Bemerkenswert ist ein Fall, dessen Kurven alle synchron verliefen mit Ausnahme einer Aufnahme, auf welcher die Veränderung des Atemtypus besonders deutlich wurde (Tabelle 5 Nr. 289), Neuerdings hat sich CL. HOFMANN mit dieser Frage beschäftigt und lehnt das „Normal“ für den Asynchronismus beim Sprechen ab. Jedenfalls müßte zur Entscheidung der Frage eine Anordnung der Pneumographen verwendet werden, wie sie ZONEFF und MEUMANN benutzten, und die Versuche dürften nur an Versuchspersonen

sonen gemacht werden, die von Atmungstechnik und Atmungsform gar nichts wissen.

Der Kuppenwinkel wurde bei vielen Kurven gemessen und mit dem durchschnittlichen Winkel der Ruhekurven verglichen. Er ist beim Vorstellen von Singtönen gewöhnlich wesentlich — um 10 bis 60 Grad — stumpfer als in der Ruhe, und zwar hauptsächlich an der Brustkurve, während sich der Wert des abdominalen Kuppenwinkels dem Durchschnitte mehr nähert. Dieser Winkel zeigt die Schnelligkeit des Übergangs von Einatmung zur Ausatmung an; wo sein Wert sehr groß ist, geht diese Bewegung sehr langsam vor sich, z. B. an der thorakalen Kurve.

Die Atemkurven, welche beim bewußten Vorstellen von Gesangstönen zustande kommen, zeigen aber öfters noch zwei Eigentümlichkeiten, die an wirklichen Singatemkurven noch deutlicher auftreten. Sie dürften zweck- und sinngemäß als Stützbewegungen und Einstellbewegungen bezeichnet werden.

Atemstütze. Der Ausdruck „Stützen“ in der Gesangsliteratur ist eine Übersetzung des italienischen „appoggiare la voce“, das auch mit Atemstauen (STERN) wiedergegeben wurde und vielfach zu Mißverständnissen geführt hat. Mit Stützen soll, wie ich 1916 ausführte, die Atemführung bezeichnet werden, welche geleitet ist von der Wahrnehmung der mit bewußter Verlangsamung der Ausatmung verbundenen örtlichen sogenannten Muskelempfindungen, die uns der Drucksinn vermittelt. E. Barth erklärte 1911 die Atemstütze teleologisch als das Gefühl (also die Empfindung), welches uns über die inspiratorische Spannung des Brustkorbes während des Singens und Sprechens, d. h. während der Ausatmung, orientiert, durch welches wir also den Atemverbrauch bewußt regulieren können. Réthi bemerkt zu dieser Frage kurz und prägnant: „Vielleicht beruht auf dem richtigen Dosieren der Innervation beider Antagonisten das, was man als Atemstütze bezeichnet“. Die Bezeichnungen Spannung und Druck am Brustkorb dürfen in diesem Zusammenhang nicht verwechselt werden mit den unangenehmen Empfindungen des Spannens und Drückens. PIELKE äußert sich neuerdings (1919) ähnlich, wenn er sagt, den Ton stützen bedeute „die Einbeziehung der unserer Beobachtung und Empfindung so entrückten Tätigkeit des Zwerchfells in unseren Bewußtseinskreis und ihre Einordnung in unser Muskelgefühl“. Jedoch ist bisher nicht erwiesen, ob wir wirklich die Tätigkeit des Zwerchfells bewußt wahrnehmen können und ob es sich nicht nur um Wahrnehmung von Muskelbewegungen an Brust und Bauch handelt. Das stellt PIELKE selbst jedenfalls nicht in Abrede, da er mit Recht großen Wert auf die Bevorzugung der Tiefatmung (Flanken- und Zwerchfellatmung) legt. Unter „Einordnung in unser Muskelgefühl“ kann ich nur das bewußte Wahrnehmen durch Drucksinn vermittelter Empfin-

dungen bei Muskelbewegungen verstehen. — Die Kurven der Brust- und Bauchatmung werden beim Stützen gewöhnlich nach oben konvex im Sinne einer wesentlichen Verlangsamung der Ausatmung (vgl. Abb. 12, S. 59 bei Ton a²). Bisweilen tritt das Stützen nur an einer Kurve in Erscheinung. Es kann auch falsch gemacht werden als „Stauübung“ durch Übertreiben der Hebung des Brustkorbes mit und ohne gleichzeitiges Einziehen des Bauches, wie ich in meiner Arbeit über Stimmlippenblutungen, Überanstrengung beim Singen und falsche Atemführung auseinandersetze¹). Der Begriff des richtigen Stützens ist zunächst ein musikalisch-technischer. Jedoch lehrt die Erfahrung, daß falsche bzw. übertriebene Stützbewegungen immer unschöne Tongebung erzeugen, weshalb man über die Qualität eines Singtones auf Grund solcher Atemkurven bis zu einem gewissen Grad urteilen darf. — Erscheinungen des Stützens fanden sich nun auch an den Atemkurven beim inneren Singen in einem Drittel der Fälle (nämlich bei 12 von 37), und zwar an Brust- und Bauchkurven neunmal bei neun Personen, an der Brustkurve allein nur dreimal bei drei Personen. Nur bei einer Versuchsperson wurden Stützkurven bei allen drei Tönen beobachtet, bei allen anderen traten sie nur beim höchsten Ton auf, bisweilen auch noch, aber schwächer, beim mittleren Ton. Der Vorstellungstypus scheint auch für das Zustandekommen der Stützbewegungen nicht maßgebend zu sein, dagegen jedenfalls die gesangliche Schulung.

Einstellbewegung. Der Begriff der Einstellbewegung auf phonetischem Gebiet ist von mir 1914 aufgestellt worden. „Unter Einstellbewegungen beim Singen sind zu verstehen Bewegungen der Atemmuskulatur und des Kehlkopfes vor der Intonation, welche auf die Hervorbringung bestimmter Gesangsklänge hinzielen“. Es handelt sich also um vorbereitende Bewegungen, die als Ausdruck der seelischen Einstellung auf die beabsichtigte Bewegung bzw. Handlung, die Phonation, aufgefaßt werden können, oder schon als Teile derselben, je nachdem man den Begriff der Handlung faßt: Im Sinne von LIPPS, der den Akt der Vollendung von der vorausgehenden Tätigkeit trennt, oder in der Fassung von ZIEHEN u. a. Während die Art der Einstellbewegung als Teil eines mechanisierten Prozesses nicht bewußt zu sein braucht und es auch häufig nicht ist, gehört zu ihrer Hervorbringung doch gewöhnlich eine bewußte, willkürliche seelische Einstellung auf den Akt der Phonation, es sei denn, daß solche Bewegungen, z. B. am Kehlkopf, schon beim Anhören von Tönen zustandekommen, als der Ausdruck des automatisch auftretenden inneren Mitsingens motorisch ziemlich stark veranlagter Menschen. Auch dieser Vorgang hat die Eigenschaften einer Handlung.

¹) Vgl. die neuerdings erschienene Arbeit von SCHILLING: Über das Stauprinzip. Zeitschr. f. Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde. 1922.

Dementsprechend wird der Abschluß jenes körperlich-seelischen Geschehens der Stimmgebung oder jenes lebhaften Vorstellens, das zu entsprechenden Bewegungen führt, durch die Abstellbewegung angezeigt, eine meist kurze rasche zur Ruhelage hinführende Bewegung etc., die nach vorgestellten Tönen gewöhnlich an Atemkurven, seltener an Kehlkopfcurven auftritt.

Da die Atmung beim Singen im Bewußtsein aller Sänger eine große Rolle spielt, so wird es verständlich, daß die Vorbereitung, Einstellung der Muskelgruppen von Brust- oder Bauchatmung oder beider für die beabsichtigte bzw. lebhaft vorgestellte Hervorbringung eines Gesangstons sich auch durch den Einstellbewegungen entsprechende Veränderungen in der Atemkurve widerspiegelt. In solchen Fällen beeinflußt die Einstellbewegung auch die Größe des Kuppenwinkels, dessen Wert dann nicht zu den anderen Werten der Ruhelurve in Beziehung gesetzt werden darf. Einstellbewegungen in der Atemkurve fanden sich nur bei einem kleinen Viertel der Fälle (8 von 37) und kamen an Brust- und Bauchkurve viermal, an der Bauchkurve allein dreimal und an der Brustkurve allein nur einmal vor, und zwar gewöhnlich bei den höchsten Tönen, seltener daneben auch beim mittleren Ton und in zwei Fällen bei allen drei Tönen. Stütz- und Einstellbewegungen können auch nebeneinander bei derselben Versuchsperson auftreten, was viermal vorkam, und zwar einmal beide Bewegungsformen bei allen Tönen (Mezzosopran), einmal beim mittleren und höchsten Ton (Bariton) und zweimal beim höchsten Ton allein (Bariton und Tenor). Unter diesen befand sich kein aktuell starker Motoriker.

Wie schon erwähnt, zeigen auch die laryngographischen Kurven beim inneren Singen Einstellbewegungen des Kehlkopfs, die mehr oder minder rasch (steile Kurven) oder deutlich (große Ausschläge) ablaufen können. Der Kehlkopf wird dann in einer bestimmten Stellung einige Zeit nach der Einstellung festgehalten und kehrt entweder langsam oder mit einem plötzlichen Ruck: Abstellbewegung, in die Ruhelage zurück, um seine regelmäßigen Atembewegungen wieder aufzunehmen. Auf den Ablauf dieser Ein- und Abstellbewegungen wird Seite 99 noch zurückzukommen sein. Daß solche Bewegungen beim bewußten Vorstellen von Tönen häufiger und deutlicher auftreten als beim zufälligen inneren Mitsingen während des Anhörens von Tönen, war anzunehmen. Ein- und Abstellbewegungen des Kehlkopfs konnten im ganzen an 32 Aufnahmen von 28 Personen festgestellt werden, während sie auf 6 Aufnahmen von 6 Personen fehlen (vgl. Tab. 4 und 5). Ihrer Form nach kann man folgende Arten der Einstellung unterscheiden.

1. Ruhigstellung des Kehlkopfes: Die geringen Schwankungen um die Ruhelage, welche die Atmung begleiten, hören während des Vorstellens von Tönen auf. Der verlangsamten Ausatmung entspricht

eine langsame Stellungsveränderung des Kehlkopfes. Diese nicht nur durch die Atmung erzeugte Veränderung wurde 13mal bei 12 Versuchspersonen beobachtet.

2. Einstell- und Abstellbewegungen entsprachen der Tonhöhe des vorgestellten Tones 13mal bei 10 Versuchspersonen. Der Kehlkopf rückt gewöhnlich ziemlich scharf und kurz beim Vorstellen tiefer Töne nach vorn unten, bei mittleren Tönen nach vorn und gewöhnlich ein wenig nach unten, bei hohen Tönen nach vorn und oben, um dann allmählich oder nach kurzem Stillstand mit einer deutlichen Abstellbewegung zur Ruhelage zurückzukehren und den Atembewegungen wieder zu folgen.

3. Unruhige Bewegungen, die keine deutliche Richtung einhalten und vielleicht mehrfachen „Ansetzen“ entsprechen, kamen nur zweimal zur Beobachtung.

4. In vier Fällen war die Bewegungsrichtung nicht sinngemäß, und zwar unabhängig von der Höhe der vorgestellten Töne jeweils immer nach unten vorn und einmal sogar ein wenig nach rückwärts gerichtet. Ob in diesen einzelnen Fällen, z. B. bei der Abwärtsbewegung, bestimmte Anschauungen über Singtechnik (Tiefstellung des Kehlkopfes) immer maßgebend waren oder Versuchsfehler, konnte nachträglich nicht mehr festgestellt werden. Bisweilen wurde das erstere angegeben.

Man könnte die kleinen Einstellbewegungen an den Atemkurven, welche jenen beim Stimmeinsatz gleichen, auch nur als Begleiterscheinungen beim stummen Glottisschluß erklären, ohne damit ihre psychologische Bedeutung in Abrede zu stellen. Dafür spricht das häufige, aber nicht regelmäßige Zusammentreffen von Einstellbewegungen an Atem- und an Kehlkopfcurven. Es ist also möglich, daß kurze Bewegungen der Stimmlippen und vorübergehender Schluß der Stimmritze dabei eintreten, entsprechend dem inneren „Ansetzen zur Phonation“. Kehlkopfspiegeluntersuchungen wurden bei diesen Versuchen absichtlich unterlassen. Etwaige Befunde wären auch schwerlich beweisend, da bei längerem Laryngoskopieren gewöhnlich kurze, zuckende Schließbewegungen der Stimmlippen zu beobachten sind.

Schon anlässlich der Besprechung der Stütz- und Einstellbewegungen und beim zufälligen inneren Mitsingen während des Anhörens von Tönen wurde darauf hingewiesen, daß die Deutlichkeit der Atemveränderung beim Zustandekommen eines Singatempus auch von der Art des gehörten und vorgestellten Tones abhängig ist, zunächst von dessen Tonhöhe, jedenfalls aber auch von der vorgestellten Tonstärke und natürlich auch von der Quantität, also der Dauer des vorgestellten Tons. Es wäre noch zu erwägen, ob die vorgestellte Klangfarbe, z. B. dunkel oder hell usw., einen Einfluß auf den Atemtypus ausübt. Da man aber bei der Prüfung dieser Frage auf subjektive An-

gaben und Vorstellungen der Versuchspersonen noch mehr angewiesen ist, als dort, wo es sich einfach um Höhe, Stärke und Länge handelt wurde von solchen Untersuchungen abgesehen.

Was die Tonhöhe des vorgestellten Tones anlangt, so ergab sich die deutlichste Ausprägung des Singatemptypus mit den höchsten Werten und sonstigen Besonderheiten der Atemkurve, die auch oft von Stellungsveränderungen des Kehlkopfes begleitet war, meistens bei den höchsten Tönen, nämlich bei 41 Untersuchungen, während bei 18 Untersuchungen der tiefste, bei 12 Untersuchungen der mittlere der vorgestellten Töne zur deutlichsten Reaktion führte (Tab. 4 u. 5). Hierunter ist zu verstehen, daß beim Vorstellen des höchsten Tones 24mal die Ausatmungsdauer nebst der Ein- und Ausatmungshöhe die größten Werte aufwies, 14mal nur die Ausatmungsdauer. In 3 Fällen prägten sich die höchsten Töne in auffälligen Einstellbewegungen aus. Bei 18 Untersuchungen gab der tiefste Ton Anlaß zur deutlichsten Reaktion, die sich in wesentlich höheren Werten für Ausatmungsdauer, sowie inspiratorische und expiratorische Höhe nur 6mal, dagegen 12mal in Verlängerung der Ausatmung allein äußerte. Bei 12 Untersuchungen war der mittlere Ton ausgezeichnet durch Verlängerung der Expiration und der Höhen, fast ebenso oft der ersteren allein.

Es zeigt sich also, daß auch hier unabhängig von der Qualität des Sängers der höchste und tiefste Ton bei lebhaftem Vorstellen eine bedeutendere Inanspruchnahme der Muskulatur erzeugt, und zwar der höchste noch häufiger eine größere Atemtiefe. Bei einem kleineren Teil der Versuchspersonen traf das gerade für den mittleren, am bequemsten gelegenen Ton zu, vielleicht, weil er ihnen am ehesten singbar erschien. Bei derselben Person kommen aber auch verschiedene Reaktionen zustande, z. B. einmal am meisten beim höchsten, dann wieder beim tiefsten Ton.

Eine tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse einer allerdings kleinen Versuchsreihe an 7 Versuchspersonen über den Einfluß von Stärke und Dauer der vorgestellten Töne unterbleibt. Es ergaben sich keine wesentlichen Unterschiede zwischen laut und leise vorgestellten Tönen im allgemeinen; nur die Werte für die Atemhöhen sind bei jedem einzelnen Fall etwas größer für laut als für leise vorgestellte Töne. Auffälliger ist der Unterschied zwischen lang und kurz gedachten Gesangsklängen. Da überwiegt bei den ersteren nicht nur, wie zu erwarten, die Ausatmungs-, sondern auch die Einatmungsdauer gewöhnlich ganz wesentlich, auch die Höhen sind bei lang vorgestellten Tönen oft größer als bei kurz gedachten, namentlich die Ausatmungshöhe, während die mittlere Geschwindigkeit sogar schneller sein kann bei lang als bei kurz vorgestellten. Daß den lang vorgestellten Tönen der kleinste Respirations-

quotient zukommt (einmal sogar unter 0,1), dürfte selbstverständlich sein. Stützbewegungen sind bei leise und kurz vorgestellten Tönen seltener als bei laut und lang vorgestellten. Aber auch bei dieser Untersuchungsreihe schien das Auftreten von Stützbewegungen eher von der Tonhöhe bestimmt zu werden, abgesehen von der Eigenart der Versuchsperson. Es gibt nämlich Versuchspersonen mit einer eingelernten Atmungsart, bei denen solche Stützbewegungen die Regel sind. Einstellbewegungen der Atmung waren ebenfalls fast ausschließlich beim inneren Singen der höchsten Töne zu beobachten, aber seltener als Stützbewegungen. Schließlich wurde auch noch auf das Verhalten des Kuppenwinkels an den Atemkurven dieser Gruppe geachtet. Abgesehen davon, daß auch hier der Winkel an der Bauchkurve während des Vorstellens verschieden hoher, starker und langer Töne weniger vom Durchschnitt abwich und kleiner war als an der Brustkurve, konnte nichts Wesentliches festgestellt werden. Im allgemeinen schien der Kuppenwinkel bei laut und kurz vorgestellten am größten beim tiefsten Ton, eine Erscheinung, die bei lang und leise vorgestellten Tönen fehlte. Das war aber nicht immer der Fall, wenn es auch die einzige Annäherung an eine gewisse Gesetzmäßigkeit geblieben ist, die bei der Zusammenstellung von Kuppenwinkelmessungen angedeutet war. (Die absoluten von der Trommelgeschwindigkeit bestimmten Werte schwankten zwischen 40 und 160°, waren aber zu allermeist größer als 90°. Die Höchstzahl der gemessenen Winkelgrade fiel zwischen 95 und 135°.)

Charakteristisch war das Verhalten der Einstellbewegungen des Kehlkopfs bei jenen sieben Versuchspersonen. Sie fehlten oder waren spärlich (Ruhigstellung) oder undeutlich bei leis vorgestellten Tönen. Da kamen sie nur einmal langsam der Tonhöhe entsprechend zustande, also beim tiefen Ton nach abwärts, beim hohen nach aufwärts. Dagegen entsprachen sie der Tonhöhe fünfmal von sieben, beim Vorstellen lauter Töne, und zwar, wie einmal bemerkt ist, rasch, also in steilen Kurven. Auch beim inneren Singen langer und kurzer Töne erschienen Einstellbewegungen des Kehlkopfs, und zwar bei ersteren eher langsamer oder einmal auch Ruhigstellung des Kehlkopfs. Wo sie nicht der Tonhöhe entsprachen, sondern immer nach abwärts verliefen, sind sie wohl auf bewußte „Tiefeneinstellung“ des Kehlkopfs zurückzuführen, welche von den Versuchspersonen erlernt, wenn auch nicht immer angewendet wurde. Daß diese Tiefstellung beim wirklichen Singen zwar beabsichtigt, bisweilen aber nicht eingehalten wird, namentlich von Schülern, werde ich später zeigen.

Ergebnisse. Das bewußte innere Singen erzeugt demnach Veränderungen der thorakalen und abdominalen Atemkurve: Die regelmäßigste Veränderung ist die Verlängerung der Ausatmung, die meist von Verlangsamung begleitet ist, was sogar auch bei kurz vorgestellten Tönen noch zum Ausdruck kommt.

Die Einatmung ist öfters verkürzt und beschleunigt, namentlich bei kurz vorgestellten Tönen.

Die Höhen der Ein- und Ausatmung verhalten sich nicht so regelmäßig und typisch. Die inspiratorische Erhöhung der Brustatmung bringt die mehr kostale Atmungsart mancher Sänger gut zum Ausdruck, weil sonst die Einatmungshöhe häufig unter dem Durchschnitt bleibt. Der Verlängerung der Ausatmung entspricht nicht selten eine Vermehrung der expiratorischen Höhe an Brust oder Bauch oder beiden Kurven, auch wo die Einatmungshöhe kleiner war als bei der Ruheatmung. Bei besonders laut und lang vorgestellten Tönen werden die Werte für die Atmungshöhen, und zwar öfters für beide, an Brust- und Bauchkurve größer.

Die deutlichsten Veränderungen der Atemform bezüglich der Werte für die Dauer und Höhe treten beim Vorstellen der höchsten Töne auf, daran reiht sich der Häufigkeit nach das innere Singen der tiefsten Töne. Besonders typische Singatemkurven treten am seltensten bei mittleren Tönen auf.

„Stützbewegungen“ an Brust und Bauch sind teils Ausdruck einer besonders eingeübten Atmungsart und treten dann bei allen Tönen auf, während sie im allgemeinen häufiger eine vermeintlich größere Anstrengung andeuten und dann nur bei höheren und höchsten Tönen vorkommen.

„Einstellbewegungen“ sind seltener und fast nur beim inneren Singen hoher Töne zu beobachten als Zeichen einer besonderen Vorbereitung für eine schwierigere Leistung.

Die Bauchkurve läuft beim Vorstellen von Gesangstönen der Brustkurve gewöhnlich zeitlich voraus, und zwar mehr, wenn das schon in der Ruhe ein wenig der Fall war.

Der Kehlkopf folgt in einigen Fällen den verlangsamten Atembewegungen. Er zeigt bei einer nicht geringen Anzahl von Versuchspersonen selbständige Bewegungen: „Einstellbewegungen“. Zu diesen kann man schon seine vollkommene Ruhigstellung rechnen. Auffälliger sind mehr oder weniger steile Abweichungen von der Ruhekurve, die entsprechend der Höhe des vorgestellten Tons nach auf- oder abwärts und gewöhnlich nach vorn verlaufen. Ihre Schnelligkeit, ausgedrückt durch die Steilheit der Kurve, ist bei kurz und laut vorgestellten Tönen häufig größer als bei lang und leise vorgestellten. Bei letzteren fehlen sie am ehesten ganz, wenn sie auch sonst auftreten. Neben diesen sinngemäßen Einstellbewegungen wird auch hie und da bei allen Tönen, hohen und tiefen, eine deutliche Abwärtsbewegung des Kehlkopfs ausgeführt, die eine absichtliche Tiefstellung vor dem Singen andeutet und wohl eingelernt ist. Übrigens

gibt es sogar unwillkürliche und wahrscheinlich auch willkürliche stumme Trillerbewegungen des Kehlkopfs. Vgl. Abb. 71.

Diese Untersuchungen dürften wohl die Ansicht von S. MEYER bestätigen, wenn er sagt: „Der motorische Mensch stellt nicht vor, was er in seinem Kehlkopf empfindet, um sich eine Melodie zu reproduzieren, sondern er nimmt wirklich die passende Stellung ein, er macht die Bewegungen. Das hat er gelernt, das ist sein Gedächtnisbesitz.“ Hierbei kommt für Sänger nicht immer der aktuelle Vorstellungstypus in Betracht. Natürlich ist er beim Motoriker maßgebend. Bei anderen Vorstellungstypen aber wird durch die motorische Aufgabe des inneren Singens der mehr oder minder stark entwickelte potentiell motorische Teil des Vorstellens angeregt, und dieser ist dann für das Auftreten jener Stellungen und Bewegungen maßgebend, es bildet sich also ein „Gebrauchstypus“ aus.

Nach Abschluß dieses Abschnittes erhielt ich Kenntnis einer Arbeit von SEGAL, die sich zwar hauptsächlich mit Gesichtsvorstellungen beschäftigt. Letztere deutet er als „zentrales Sehen, bei welchem auch die Sinnesorgane in die Tätigkeit treten“ (Pupillenverengung bei einem Totalerblindeten auf die Vorstellung stärken Lichts hin, während die reflektorische Pupillenverengung fehlte). Alle motorischen Impulse beim Vorstellen faßt er als einen Erfolg des Sehens auf, als „reflektorisch ausgelöste Bewegungstendenzen oder auch wirkliche Bewegungen, welche den Zweck haben, das Auge auf den Gegenstand einzustellen oder wenigstens die Richtung anzudeuten, in welcher sich der betr. Gegenstand befindet und welche man einhalten muß, um ihn zu erreichen“. Der Vorgang habe die charakteristischen Eigenschaften der Handlung. Es wird eine Aufgabe der experimentellen Psychologie sein, auch die motorischen Impulse bei anderen Vorstellungen nachzuweisen.

V. Bewegungen der Atmung und des Kehlkopfs beim Singen einfacher Töne.

Die Feststellung gewisser typischer Bewegungen der Atmungskulatur und des Kehlkopfes beim Summen oder Singen einzelner Töne soll uns die Grundlagen schaffen zur Beurteilung der weniger einfachen Bewegungen, die wir später beim Singen von Tonfolgen antreffen werden. Wir werden aber ferner erkennen, daß es sich dabei um Bewegungen handelt, die sich nur nach ihrer zeitlichen Ausdehnung und Größe, nicht aber nach Form und Richtung von jenen unterscheiden, die beim lebhaften Vorstellen dieser Töne beobachtet werden, wie ich im vorigen Abschnitt „Über das innere Singen“ zeigen konnte.

Messungen an 31 Kurvenzügen von 29 Versuchspersonen bestätigen diese Annahme (vgl. Abb. 13, S. 89, u. 14, S. 96). Nachdem jene oben schon erörterten Kurven beim inneren Singen aufgenommen waren, wurden die meisten Versuchspersonen aufgefordert, nunmehr jene drei Töne (vgl. S. 53) auch wirklich zu summen, seltener zu singen. Vorschriften über Tondauer, Stärke und Klangfarbe unterblieben zunächst, damit eine möglichst ungezwungene, auch rhythmisch nicht festgelegte Tongebung erreicht werde. Das Summen wurde dem Singen (meist auf den Vokal o) deshalb gewöhnlich vorgezogen, weil dabei der Einfluß artikulatorischer Bewegungen (Vokale) auf die laryngographische Kurve wegfällt. Auch GUTZMANN hebt hervor, daß beim Summen der Kehlkopf am wenigsten von der Indifferenzlage abweiche. Daß bei dieser Untersuchungsreihe den laryngographischen Aufnahmen mehr Beachtung gebührt, ist wohl selbstverständlich.

Atemkurven. Von den Atemkurven soll aber hier wie in den vorhergehenden Abschnitten zuerst die Rede sein. Um eine Übersicht über diese zahlreichen Kurven zu gewinnen, wurden wie früher die Werte für die Einatmungs- und Ausatmungsdauer an Brust- und Bauchkurve auf 0,5 mm genau gemessen. Aus ihrer Länge konnte auf Grund der Kenntnis der Trommelgeschwindigkeit die Zeitdauer in Sekunden berechnet werden (J u. E). Der Bruch $J:E$, der Respirationsquotient, drückt das zeitliche Verhältnis von Ein- und Ausatmung in Sekunden aus. Die thorakale und abdominale Höhe der Ein- und Ausatmung ist auf 0,5 mm nach RIEGEL gemessen. Die mittlere Geschwindigkeit der Atembewegungen wurde in mm pro Sekunde berechnet aus der Atemhöhe dividiert durch die Dauer. Die so gefundenen absoluten Werte hätten aber kein richtiges Bild der Atembewegungen beim Singen von Tönen gegeben, denn sie haben nur Gültigkeit, wenn man sie im Verhältnis zu den Werten betrachtet, die die Messung der Ruheatemkurve liefert. Daher werden alle Werte der Singatemkurve (mit Ausnahme des Respirationsquotienten, der ja ohnehin eine Verhältniszahl ist) durch die entsprechenden Werte der Ruhekurve (vgl. S. 55ff.) dividiert. Nur die solcherweise rechnerisch gefundenen relativen Werte sind unter sich vergleichbar und nur diese wurden in die Tabellen (6 und folgende) eingetragen.

In Tabelle 6 sind die relativen Werte für die Atemkurven jener 29 Versuchspersonen vereinigt. Sie zerfallen in drei Gruppen, deren erste sich durch die Vermehrung der expiratorischen Höhen und Längen der Brust- oder Bauchkurve oder beider auszeichnet. Die relative Geschwindigkeit ist dabei fast immer expiratorisch verlangsamt, während sie inspiratorisch teils beschleunigt, teils verlangsamt erscheint. Die zweite Gruppe umfaßt Sänger mit mehr oder minder ausgesprochener Hochatmung, die also Vermehrung allein der thorakalen in- und expira-

torischen Höhe aufweisen, daneben natürlich meist auch der Expirationsdauer. Hier kommen bedeutendere Beschleunigungen der Einatmung vor, denen gegenüber die Ausatmung relativ immer, absolut meistens verlangsamt ist. In der dritten Gruppe sind Fälle mit wesentlicher Vermehrung der thorakalen und abdominalen, also beider Höhen vereinigt, deren übrige Werte sich verhalten wie bei der zweiten Gruppe, wenn man von der ersten Versuchsperson mit auffällig rascher Ausatmung absieht. Daß es sich dabei nicht immer um feststehende Typen handelt, beweist das Vorkommen der Fälle 60 und 1008 in Gruppe zwei und drei.

Ein Vergleich der Ergebnisse beim bewußten Vorstellen von Tönen und beim Summen derselben ergibt für die zehn ersten Fälle der Tabelle 6 im Zusammenhalt mit früheren Feststellungen (Tabelle 4, S. 70), daß der Unterschied nicht sehr wesentlich ist. Gewöhnlich prägt sich der Singatemtypus beim Summen noch deutlicher aus wie beim Vorstellen der Töne, namentlich in den Werten für die Atemhöhe, während das bei der Dauer nicht immer der Fall ist.

Was die Töne betrifft, bei deren Hervorbringung sich die Atemform am meisten ausprägt, so steht bei dieser Versuchsreihe der höchste Ton an erster Stelle; er veranlaßte in 17 von 31 Fällen die auffälligste Singatemkurve, während eine solche beim tiefsten Ton nur viermal, beim mittleren nur dreimal zustande kam. Bei den übrigen sieben Fällen war kein Ton gegenüber dem anderen durch eine besonders typische Singatemkurve ausgezeichnet. Der höchste Ton erschien also in der Kurve bei der Phonation noch häufiger ausgeprägt als beim inneren Singen. Vergleicht man die Angaben für vorgestellte und gesummte Töne im einzelnen miteinander, so ergibt sich häufig eine Übereinstimmung in der Hervorhebung des höchsten Tons.

Was die zeitlichen Beziehungen zwischen Brust- und Bauchkurve anlangt, so war der Asynchronismus im Sinne des Vorauslaufens der Bauchatemkurve noch häufiger und deutlicher als beim bloßen Vorstellen. Während Synchronismus nur einmal beobachtet wurde, kam ein sehr erhebliches Vorauslaufen der Bauchkurve siebenmal vor. In den übrigen 33 Fällen war ein solches Verhalten mehr oder weniger deutlich, aber nicht so auffällig wie bei jenen sieben Fällen.

Der Kuppenwinkel in der Atemkurve war bei gesummten und gesungenen Tönen gewöhnlich stumpfer als während der Ruheatmung; Auf seine recht fragliche Bedeutung wird noch zurückzukommen sein. Das Auftreten von Einstellbewegungen an den Atemkurven erschwerte nicht selten seine Messung, da ja die zunächst auftretende kleine Zacke am Scheitel der Kurve einen spitzen Winkel erzeugt. Es schien aber berechtigt, diese Veränderung zu übergehen und beim Ausmessen die Gesamtrichtung der auf- und absteigenden Schenkel

Tabelle 6.

Gesamte oder gesungene Töne.

Relative Werte für die Atemkurve während des Summens oder Singens einzelner Töne.

Versuchsperson	Relative Dauer		Relative Höhe		Relative mittlere Geschwindigkeit		Relativer Respiationsquotient	Durchschn. Respiationsquotient	Zahl der Ruhekurven	Kehlkopfbewegungen	Vorstellungstypus	Deutlichste Kurve bei Ton:	
	J	E	J	E	J	E							
	Relative												
2001 Mezzosopran Nichtsängerin	Brust	1,0	0,4	1,6	0,5	0,5	0,3	0,5	33	Der Tonhöhe entsprechend	stark motor.	—	
	Bauch	0,7	0,6	0,6	0,9	0,7	0,5	0,6			stark motor.	a	
	Brust	0,9	2,4	0,9	1,0	0,4	0,3	0,8	26	Der Tonhöhe entsprechend	stark motor.	—	
2002 Mezzosopran Nichtsängerin	Brust	1,1	1,2	0,9	1,1	1,2	0,5	0,2	27	Der Tonhöhe entsprechend	stark motor.	—	
	Bauch	0,5	2,1	0,9	1,6	1,8	0,8	0,2	23	Der Tonhöhe entsprechend	stark motor.	—	
	Brust	0,4	2,0	0,6	1,1	1,2	0,5	0,2	45	Der Tonhöhe entsprechend	motor.-visuell	a ¹	
Frauenstimmenimitator 92/15 Tenor Schüler	Brust	0,9	2,4	0,7	1,2	0,8	0,5	0,2	0,6	Der Tonhöhe entsprechend	motor.-visuell	a ¹	
	Bauch	0,6	2,3	0,9	1,2	1,5	0,6	0,2	0,6			—	
	Brust	0,7	1,6	1,1	1,8	1,5	0,7	0,2	25	Kurve mißlungen, palpat. der Tonhöhe entsprechend	motor.-akust.	f ¹	
1010 Bariton ausgeb. Dilettant	Brust	0,3	1,3	0,3	1,5	1,2	1,0	0,1	0,6	Der Tonhöhe entsprechend	motor.-akust.	f ¹	
	Bauch	0,8	2,0	0,5	1,0	0,7	0,5	0,2	0,5	Der Tonhöhe entsprechend	motor.-akust.	a ¹	
	Brust	0,7	2,0	1,0	1,8	1,5	0,9	0,1	0,4	74	Der Tonhöhe entsprechend	motor.-akust.	—
1004 Bariton Naturesänger	Brust	0,7	2,6	0,6	1,0	0,9	0,4	0,2	0,5	Der Tonhöhe entsprechend	visuell-akust.	—	
	Bauch	0,7	2,6	0,6	1,5	0,8	0,6	0,2	0,6			—	
	Brust	0,8	5,4	1,0	2,4	1,2	0,4	0,15	0,9	20	Der Tonhöhe entsprechend	visuell-akust.	—
140/09 Sopran Konzert	Brust	0,7	5,1	1,0	1,5	1,5	0,3	0,05	0,9	Der Tonhöhe entsprechend	motor.-akust.	a ²	
	Bauch	0,9	2,1	1,1	1,7	1,3	0,7	0,4	0,7	71	Der Tonhöhe entsprechend	motor.-akust.	f ¹
	Brust	1,1	2,0	1,4	1,7	1,6	0,9	0,4	0,7	29	Der Tonhöhe entsprechend	motor.-akust.	f ¹
22/14 Sopran Konzert	Brust	1,7	2,8	1,0	2,4	0,6	0,3	0,3	0,6	Der Tonhöhe entsprechend	stark motor.	f ¹	
	Bauch	1,3	3,0	1,0	2,7	1,8	0,8	0,3	0,8	45	Der Tonhöhe entsprechend	stark motor.	f ¹
	Brust	1,4	2,7	1,3	1,1	1,2	0,4	0,4	0,7	26	Der Tonhöhe entsprechend	akust.-visuell	a ²
1008 Sopran ausgeb. Dilettant.	Brust	0,9	2,8	1,0	0,9	1,2	0,3	0,2	0,6	Der Tonhöhe entsprechend	akust.-visuell	a ²	
	Bauch	0,9	3,8	1,4	1,4	1,5	0,3	0,2	0,8	71	Der Tonhöhe entsprechend	motor.-akust.	a ²
	Brust	0,6	3,8	0,9	1,0	1,6	0,2	0,1	0,6	30	Bewegung immer abwärts	motor.-akust.	—
602 Sopran Bühne	Brust	0,8	2,5	1,6	1,9	2,2	0,8	0,2	0,7			—	
	Bauch	0,6	2,6	0,8	1,2	1,4	0,5	0,2	0,8			—	
	Brust	0,6	2,6	0,8	1,2	1,4	0,5	0,2	0,8			—	

	Brust	0,6	1,9	1,5	1,8	2,5	0,9	0,2	0,6	40	Undeutlich	motor- akust.
633/13 Alt Konzert	Bauch	0,6	1,6	1,1	1,1	1,9	0,5	0,2	0,6			stark motor.
	Brust	2,1	3,2	1,5	1,8	0,7	0,5	0,4	0,6	65	Undeutlich	motor- akust.
396/18 Sopran Schülerin	Bauch	1,2	3,6	1,0	1,3	0,8	0,3	0,2	0,5			motor- akust.
	Brust	1,2	1,3	1,9	2,0	1,4	1,2	0,7	0,7	42	Bewegung immer abwärts	motor- akust.
471 Bariton Bühne	Bauch	0,7	1,6	0,8	1,1	0,9	0,8	0,4	0,7			motor- akust.
	Brust	0,4	3,3	1,7	2,9	3,5	1,0	0,1	0,5	27	Der Tonhöhe entsprechend	motor- akust.
1003 Baß Schüler	Bauch	0,8	2,2	1,4	3,1	1,6	1,2	0,2	0,7			akust.- visuell
	Brust	0,7	2,4	0,8	1,0	1,1	0,4	0,2	0,7	29	Der Tonhöhe entsprechend	stark motor.
604 Mezzosopran ausgeb. Dilettant.	Bauch	1,1	3,3	2,4	2,8	1,8	0,8	0,3	0,7	57	Der Tonhöhe entsprechend	stark motor.
	Brust	0,9	3,5	1,0	1,5	1,0	0,3	0,2	0,6			motor- akust.
30/18 Alt Schülerin	Bauch	1,2	1,6	3,0	3,3	2,8	2,1	0,5	0,6	58	Der Tonhöhe entsprechend	motor- akust.
	Brust	0,5	2,0	0,4	0,4	0,7	0,2	0,2	0,9			motor- akust.
1005 Alt Konzert	Bauch	0,9	1,9	7,2	8,5	7,4	1,0	0,5	0,9	52	Der Tonhöhe entsprechend	motor- akust.
	Brust	0,6	1,8	0,6	0,8	5,7	0,6	0,2	0,7			motor- akust.
614/13 Bariton Nichtsänger	Bauch	1,0	0,8	1,5	1,5	1,5	1,8	0,4	0,4	14	Der Tonhöhe entsprechend	?
	Brust	0,9	1,0	1,4	1,4	1,3	1,3	0,5	0,5			motor- akust.
560/13 Sopran Schülerin	Bauch	1,1	3,2	1,6	1,8	3,3	0,6	0,1	0,4	30	Der Tonhöhe entsprechend	akust.- visuell
	Brust	0,9	3,1	1,2	1,3	1,0	0,4	0,2	0,7			akust.- visuell
1027 Sopran Konzert	Bauch	1,3	3,3	1,7	2,1	1,5	0,6	0,3	0,6	84	Der Tonhöhe entsprechend	motor- akust.
	Brust	1,5	3,6	1,1	1,6	0,9	0,4	0,2	0,6			akust.- visuell
1008 Sopran ausgeb. Dilettant.	Bauch	0,7	2,6	1,7	1,9	2,7	0,7	0,1	0,7	26	Der Tonhöhe entsprechend	motor- akust.
	Brust	0,5	2,4	1,7	2,2	4,7	0,7	0,1	0,6			motor- akust.
158/18 Alt Schülerin	Bauch	0,9	1,9	2,5	2,6	2,9	1,4	0,4	0,6	101	Der Tonhöhe entsprechend	motor- akust.
	Brust	1,0	2,2	1,4	2,1	2,2	1,0	0,2	0,7			motor- akust.
289/10 Tenor Bühne	Bauch	0,7	3,1	1,2	2,6	1,4	0,7	0,1	0,5	74	Der Tonhöhe entsprechend	akust.- visuell
	Brust	0,7	3,1	1,7	3,2	2,6	0,6	0,1	0,4			motor- akust.
177/14 Bariton Schüler	Bauch	1,3	1,9	2,7	2,7	1,9	1,4	0,3	0,5	14	Der Tonhöhe entsprechend	motor- akust.
	Brust	0,8	2,0	2,4	2,8	3,1	1,4	0,5	1,1			motor- akust.
60/18 Sopran Schülerin	Bauch	1,7	4,4	3,2	3,3	2,0	0,7	0,3	0,8	71	Der Tonhöhe entsprechend	motor- akust.
	Brust	1,4	3,5	1,8	2,0	1,6	0,5	0,2	0,6			motor- visuell
1014 Bariton Schüler	Bauch	1,0	3,4	4,2	4,7	3,8	1,2	0,2	0,6	24	Der Tonhöhe entsprechend	motor- visuell
	Brust	0,6	2,9	2,1	2,7	4,2	1,1	0,2	0,7			motor- visuell
27 HP Tenor Konzert	Bauch	1,1	1,7	2,4	2,5	2,2	2,5	0,4	0,6	22	Der Tonhöhe entsprechend	motor- visuell
	Brust	0,7	1,6	4,0	4,4	6,0	1,4	0,2	0,2			motor- visuell

der Kurven zu berücksichtigen. Da sich bei zahlreichen solchen Messungen keine irgendwie belangreichen Werte fanden, so kann man von der Zusammenstellung dieser Zahlen absehen.

Wichtig sind hier die Erscheinungen der Atemstütze (vgl. Kap. IV, S. 76) in den Kurven.

Erscheinungen des Stützens wurden häufiger beobachtet als beim Vorstellen von Gesangstönen, und zwar in mehr als der Hälfte aller Fälle, nämlich bei 17 von 31 Kurvenzügen. Sie kamen fast ausschließlich an der Brustkurve zustande, nur einmal an der Bauchkurve. Während sie nur bei zwei Versuchspersonen bei allen drei Tönen auftraten, fanden sie sich überwiegend häufig beim höchsten Ton, nämlich 15 mal, gegenüber siebenmal beim mittleren und viermal beim tiefsten, im letzteren Falle aber stets neben der gleichen Erscheinung beim höchsten oder bei beiden höheren Tönen. Auch die Stützbewegung beim mittleren Ton trat nur bei zwei Versuchspersonen allein, sonst stets neben einer solchen beim höchsten oder beim höchsten und tiefsten Ton ein. Man trifft also auch beim Summen und Singen einzelner Töne wie beim Vorstellen derselben Stützbewegungen als Zeichen einer bewußt geregelten mehr kostalen Atmung namentlich bei hohen Tönen. Wo sie auch bei einem anderen oder bei allen drei Tönen vorkommen, dürfen sie wohl als Ausdruck einer häufig eingeübten Brustatmung zu deuten sein.

Einstellbewegungen waren beim Summen oder Singen in den Atemkurven seltener deutlich nachweisbar als beim Vorstellen von Gesangsklängen. Sie wurden nur fünfmal, also etwa in einem Sechstel der Fälle gefunden gegenüber fast einem Viertel beim Vorstellen der Töne, und zwar stets nur an der Bauchkurve. Eine Auszeichnung der Tonhöhe konnte hierbei nicht festgestellt werden. Während sie bei einer Versuchsperson alle drei Töne einleiteten, fanden sie sich noch einmal beim höchsten und mittleren und einmal beim mittleren und tiefsten, vereinzelt einmal beim tiefsten und zweimal beim höchsten Ton. Man könnte sich denken, daß die Einstellbewegungen beim lebhaften Vorstellen von Singtönen den Beginn der Stimmgebung gewissermaßen ersetzen, und daher beim Singen selbst nicht so sehr hervortreten. Abstellbewegungen der Atmung sind namentlich zu beobachten, wenn der Ton vor Beendigung der Ausatmung aufhört. Dann treten sie oft mit bemerkenswerter Deutlichkeit hervor, so z. B. bei den kurz gesummen Tönen a^1 und a^2 der Abb. 13 und bei den leise gesummen Tönen der Abb. 14 namentlich an der Bauchkurve. Letztere Aufnahme zeigt übrigens jeweils Töne, die im Laufe der Expiration erst einsetzen und vor Abschluß derselben enden (s. S. 96). Gleichzeitige Stütz- und Einstellbewegungen trafen immer beim höchsten Ton zusammen, aber nur in vier Fällen von 31.

Bemerkenswert ist, daß sich die Zahlen bei gesummtten von jenen bei vor-
gestellten Tönen meistens nur durch höhere Werte unterscheiden, namentlich für
die Atemhöhen.

Stärke und Dauer der Töne. Um den Einfluß von Stärke und Dauer
der Töne auf die Atemkurve kennenzulernen, wurden auch Aufnahmen
von quantitativ verschiedenartigen, also lauten und leisen, langen und
kurzen Summtönen, sowie bisweilen auch von Schwelltönen gemacht
(Abb. 13). Was bei dieser kleinen Versuchsreihe an sechs Versuchspersonen
herauskam, ist in Tabelle 7 zusammengestellt. Hier finden sich
als Unterschiede zwischen laut und leise gesummtten Tönen (mit Aus-
nahme des Soprans 1027) gewöhnlich größere Werte für die Atemhöhe

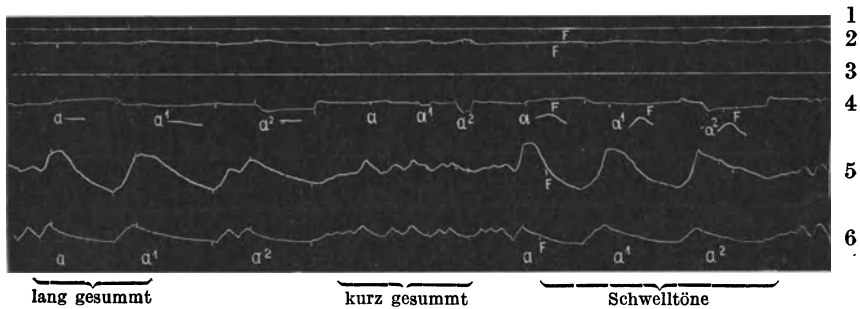


Abb. 13. Einwirkung verschieden lang gesummtter Töne auf Atem- und Kehlkopfbewegungen; ebenso von Schwelltönen.

1. Stimmkurve. 2. Horizontalbewegung des Kehlkopfs. 3. Zeitschreibung: 1 Sek.
4. Vertikalbewegung des Kehlkopfs. 5. Brustatmung. 6. Bauchatmung.
Töne a a¹ a².

und auch oft eine beträchtlich schnellere Einatmung bei den lauten
Tönen. Das selbstverständliche Überwiegen der Atmungsdauer lang
gesummtter Töne gegenüber kurzen ist (wie bei vorgestellten Tönen)
von einer Vermehrung der Atemhöhe, namentlich der expiratorischen
begleitet. Die mittlere Geschwindigkeit der Ausatmung bei kurz ge-
summtten Tönen ist höher als bei lang gesummtten. Der Respirations-
quotient, der gewöhnlich kleiner ist als bei der Ruhekurve, erreicht nur
bei kurz gesummtten Tönen hie und da höhere, sogar die Zahl 1 über-
schreitende Werte, weil eben die Tongebung noch rascher und kürzer
abließ als die Einatmung. Dabei ist zu bemerken, daß bei diesen kurz
gesummtten Tönen natürlich nur der Teil des absteigenden Schenkels
der Atemkurve gemessen wurde, der der Tongebung entsprach. Stütz-
bewegungen traten bei allen sechs Versuchspersonen auf, und zwar
namentlich viermal bei leis gesummtten Tönen, bei lauten zweimal, bei
lang gesummtten nur einmal, bei kurz gesummtten gar nicht, dagegen
regelmäßig bei allen Schwelltönen, gleichviel ob hohen oder tiefen, vor
oder während des Anschwellens. Sie erschienen nur in der Brustkurve

Tabelle 7.
Gesummte oder gesungene Töne verschiedener Dauer und Stärke.
Relative Werte für die Atemkurve während des Summens oder Singens einzelner Töne.

Nr., Versuchsperson Vorstellungstyp	Relative Dauer		Relative Höhe		Relative mittlere Geschwindigkeit		Relativer Respiationsquotient	Durchschn. Respiationsquotient	Zahl der Ruhekurven	Kehlkopfbewegungen	Stütz- und Einstellbewegungen	Deutlichste Kurve bei Ton
	J	E	J	E	J	E						
602 Sopran Schülerin motor.-akustisch leis lang kurz	Brust	0,3	1,6	1,0	1,8	2,8	0,9	0,9	16	Der Tonhöhe entsprechend Bewegung immer abwärts " " " " " " " " "	—	—
	Bauch	0,8	1,8	0,9	1,0	1,7	0,5	0,3				
	Brust	0,3	1,5	0,6	0,9	1,6	0,6	0,2				
	Bauch	0,3	1,8	1,0	0,9	1,4	0,4	0,2				
	Brust	0,6	2,7	0,9	1,5	1,4	0,6	0,2				
	Bauch	0,6	3,0	1,0	1,0	1,4	0,3	0,2				
Brust	0,8	0,5	1,2	0,7	1,3	1,7	1,8	0,9	0,9	—	—	
Bauch	0,4	0,5	0,6	0,4	1,3	0,8	0,9	0,9	—	—	—	
60/18 Sopran Schülerin motor.-akustisch leis lang Schwellton	Brust	1,2	3,6	2,9	3,3	3,0	1,0	0,3	71	Der Tonhöhe entsprechend " " " " " " " " " beim Forte ab- und vorwärts	Baucheinst. bei a ² Baucheinst. a ² Bruststütze a ¹ a ² Baucheinst. bei a ¹ a ² Baucheinst. bei a ² Brustst. bei aa ¹ a ² Forte	a ² a ¹ a ² a ² a ¹
	Bauch	1,0	3,1	1,1	2,0	2,0	0,6	0,2				
	Brust	1,3	3,3	2,2	1,1	1,6	0,3	0,3				
	Bauch	1,0	2,5	1,8	1,0	1,6	0,3	0,3				
	Brust	1,1	5,7	4,0	4,5	4,6	0,8	0,2				
	Bauch	1,0	4,6	1,1	1,1	1,3	0,2	0,1				
Brust	1,0	4,8	3,3	3,5	3,2	0,7	0,2	0,8	0,6	—	—	
Bauch	0,8	3,8	1,2	1,1	1,3	0,2	0,1	0,6	—	—	—	
396 Sopran Schülerin stark motorisch leis Schwellton	Brust	1,2	2,6	1,4	2,1	1,3	0,9	0,25	65	Der Tonhöhe entsprechend " " " " " " beim Forte vor- und abwärts	— Bruststütze bei a ¹ Bruststütze bei aa ¹ Forte	— — a (a ² fehlt)
	Bauch	1,2	2,4	1,2	1,8	1,2	0,7	0,25				
	Brust	0,9	2,8	1,6	1,3	1,4	0,5	0,3				
	Bauch	1,7	2,7	1,1	1,3	0,7	0,5	0,4				
	Brust	2,3	4,8	7,8	9,0	2,7	1,9	0,3				
	Bauch	3,3	4,8	3,3	4,1	1,1	0,8	0,3				

1027 Konzert- sopran akust.-visuell	laut	Brust Bauch	1,1 0,9	3,1 3,3	1,8 1,1	2,1 1,2	1,8 1,3	0,6 0,3	0,2 0,2	0,6 0,6	—	—
	leis	Brust Bauch	1,5 1,2	3,8 3,4	2,8 1,4	3,1 1,5	2,0 1,2	0,8 0,4	0,2 0,2	0,6 0,6	84	a
	lang	Brust Bauch	1,8 1,7	4,3 4,6	3,0 1,7	3,1 1,9	1,6 1,0	0,7 0,5	0,2 0,2	0,6 0,6	—	—
	Schwellton	Brust Bauch	2,0 1,8	3,7 4,2	3,3 1,5	3,6 1,8	1,7 0,8	0,9 0,7	0,3 0,2	0,6 0,6	—	Bauchstütze bei Forte
158/18 Alt Schülerin motor.-akustisch	laut	Brust Bauch	1,0 0,7	1,4 1,5	3,3 1,6	3,8 2,5	4,2 2,5	2,7 1,6	0,5 0,3	0,6 0,7	—	Bauchein- stellung bei a ¹ a ²
	Töne a leis	Brust Bauch	0,7 0,5	1,7 1,8	1,5 1,4	1,1 1,8	1,9 2,3	0,8 1,1	0,4 0,2	0,6 0,7	101	a ¹
	Töne f leis	Brust Bauch	1,5 1,2	2,1 2,3	1,1 0,6	1,2 0,6	0,8 0,5	0,5 0,2	0,5 0,3	0,6 0,7	—	f ²
	kurz	Brust Bauch	1,0 1,2	0,7 0,6	0,8 0,3	0,7 0,4	0,7 0,2	1,2 1,9	1,9 1,5	0,6 0,7	—	f ²
140 Konzert- sopran motor.-akustisch	laut	Brust Bauch	1,0 0,9	4,7 4,9	1,8 1,1	5,3 1,6	1,7 1,2	1,1 0,3	0,2 0,1	0,9 0,9	—	Bauchein- stellung aa ² Bruststütze
	leis	Brust Bauch	1,5 1,4	4,2 4,1	3,3 1,4	3,8 1,3	2,2 0,1	0,9 0,3	0,3 0,3	0,9 0,9	—	Bauchein- stellung a ² Bruststütze
	lang	Brust Bauch	3,8 1,4	6,5 7,2	4,6 1,6	7,1 2,1	1,2 1,2	1,1 0,2	0,5 0,1	0,9 0,9	71	a ²
	kurz	Brust Bauch	1,0 0,8	1,1 1,1	1,4 0,8	1,3 1,1	1,2 1,0	1,2 0,8	0,9 0,7	0,9 0,9	—	a
Schwellton		Brust Bauch	2,2 1,8	7,1 7,0	4,3 1,6	6,7 2,1	1,7 1,0	1,0 0,3	0,2 0,4	0,9 0,9	—	Brustein- stellung bei a ¹ a ²

mit zwei Ausnahmen (Sopran 396 und 1027), bei denen während des Schwelltons eine Stützbewegung mit der Bauchmuskulatur gemacht wurde. Sie begleiteten sonst stets mittlere und hohe Töne, nur bei Schwelltönen auch den tiefen. Von Schwelltönen wird am Schlusse dieses Abschnittes noch mehr die Rede sein. Einstellbewegungen erschienen immer an der Bauchkurve und, von einem Schwelltonversuch abgesehen, nur bei mittleren und hohen Tönen. Sie kamen bei drei Versuchspersonen sechsmal vor, teils neben Stützbewegungen, teils ohne sie, niemals bei kurzen Tönen.

Schließlich wurde auch bei dieser kleinen Versuchsreihe auf den Kuppenwinkel geachtet. Seine absolute, von der Trommelgeschwindigkeit abhängige Größe ist natürlich belanglos. Aus dem Verhältnis der Werte untereinander bzw. im Vergleich zu jenen der Ruhekurve ergab sich auch hier keine Gesetzmäßigkeit. Immerhin bleiben die Werte des Kuppenwinkels hinter denen der Ruhekurve am meisten zurück bei laut und kurz gesummen Tönen, während sie bei Schwelltönen den Ruhewert stets, bei leisen und langen Tönen meistens übertreffen oder, wo das nicht der Fall ist, wenigstens erreichen. Im allgemeinen sind die Werte der Kuppenwinkel beim Summen höherer Töne auch größer als bei tieferen. Ein bedeutungsvolles Ergebnis zahlreicher Winkelmessungen war neben anderen schon erwähnten Gründen auch deshalb nicht zu erwarten, weil der Kuppenwinkel allein die Form der Atemkurve nicht bestimmt. Wenn nämlich der aufsteigende Schenkel steiler ist als an der Ruhekurve, so erscheint die Singatemkurve bei gleichen Kuppenwinkeln auf den ersten Blick doch flacher. Schließlich ist die Messung der Kuppenwinkel durch kleine anfängliche Stütz- und Einstellbewegungen wesentlich erschwert, weshalb auch die gewonnenen Werte kaum als genau angesehen werden dürften. Die Bedeutung, die solchen Messungen von anderer Seite zugeschrieben wird, kann in diesem Zusammenhang jedenfalls nicht anerkannt werden. Eine Berechnung der Werte für den Kuppenwinkel im Verhältnis zum Wert der Ruhekurve, sowie eine Zusammenstellung derselben ist deshalb hier und im vorigen Kapitel unterblieben.

Die Bearbeitung der Atemkurven von gesummen und gesungenen Tönen ergab also denselben Singatemptypus, der schon oben (inneres Singen) beschrieben worden ist, und zwar deutlicher ausgeprägt als er beim Vorstellen von Gesangsklängen zu erscheinen pflegt.

Kehlkopfbewegungen. Bedeutend mehr Belang haben in diesem Zusammenhang die Bewegungen des Kehlkopfes. Bevor aber der Ablauf dieser Bewegungen untersucht wird, muß der Begriff der Ruhelage des Kehlkopfs klargestellt sein.

Seine Lage bei geschlossenem Mund und ruhiger Atmung wird von MERKEL (S. 596) als statischer Nullpunkt bezeichnet. Von ihm unterscheidet er einen phonischen Nullpunkt (S. 599), der aber nicht sichtbar oder meßbar sei, sondern nur hörbar, er liege „genau in der Mitte des Brustregisters“. (Bei MERKEL selbst.) Er möchte ihn durch „Messen und Vergleichen der Schwingungszahl“ bestimmen, und meint, er falle meistens „mit einem Standpunkt des Kehlkopfs zusammen, der einige Linien unter dem statischen Nullpunkte desselben liegt“. In seinen Tabellen wechselt dieser phonische Nullpunkt seine Stellung beträchtlich, je nach der allgemeinen Einstellung, in der die Töne angegeben werden. Der sogenannte phonische Nullpunkt dürfte nach obigen Untersuchungen einfach einem gewissen

Mindestmaß der Einstellung entsprechen. Ebenso wenig wie dieser letztere kann der „aerische Kehlkopfstand“ MERKELS (S. 600) zum Ausgangspunkt der Betrachtung von Kehlkopfbewegungen gemacht werden. Kontrollversuche über den Einfluß der Atmung haben mich übrigens gelehrt, daß die Einstellung des Kehlkopfs auf einen bestimmten Ton immer dieselbe ist, gleichviel ob der Ton am Anfang, in der Mitte oder am Ende der Ausatmung nach tiefer Einatmung eingesetzt wird. Nur die Größe der Bewegung schwankt dabei etwas. Daß tiefe Einatmung vor hohen und tiefen Tönen eine Tiefstellung des Kehlkopfes erzeugt, hat MERKEL schon beobachtet, und er hat weiter beschrieben, wie während des phonatorischen Luftverbrauchs der Kehlkopf allmählich wieder ansteigt. Manche Sänger halten aber den Kehlkopf absichtlich in tiefer Stellung fest. All das, namentlich den Einfluß einer etwa vorausgehenden tiefen Einatmung, muß man bei der Beschreibung von Ein- und Abstellbewegungen des Kehlkopfes berücksichtigen. Daher gehört zur laryngographischen Kurve auch immer die pneumographische. Über die Einstellbewegungen selbst hat MERKEL Angaben gemacht, die hier erwähnt werden müssen. Er untersuchte zunächst die Kehlkopfbewegung beim beabsichtigten Toneinsatz, also stummen Glottisschluß bei leicht geöffnetem Mund und fand ein geringes Aufwärtsrücken. Hier berühren sich seine Beobachtungen mit den oben beschriebenen Versuchen beim Vorstellen von Tönen, unterscheiden sich aber von diesen durch die Vornahme des willkürlichen Glottisschlusses. Er fährt dann (S. 609) fort: „Schließt man dagegen die Glottis, um wirklich einen Ton von bestimmter Schwingungszahl damit einzusetzen, so wird der Kehlkopf schon vorher auf die der beabsichtigten Höhe und Stärke des Tons angemessene Zone des Halses gestellt, im Augenblicke des Glottisschlusses erhält er einen kleinen Ruck nach oben und, sobald die Phonation beginnt, nach vorn, welche Haltung er nun so lange behält, als nichts an den mechanischen Vorgängen geändert wird.“ An anderer Stelle (S. 661) erwähnt MERKEL noch, der Kehlkopf stelle sich „in der Regel schon vor dem Glottisschluß auf den Punkt, den er beim Beginn der Phonation selbst einnehmen soll.“ Neues über das Wesen der Einstellbewegung des Kehlkopfes ist seit den Ausführungen von MERKEL nicht mehr gesagt worden, wenn man von kurzen Bemerkungen SEEMANNs und P. H. ELJKMANNs (s. unten) absieht, denn auch GUTZMANN hat sich mit dieser Vorfrage der Phonation experimentell nicht beschäftigt. Dagegen hat er das Verhältnis zwischen senkrechter und wagrechter Bewegung in Betracht gezogen und gefunden, daß der Kehlkopf beim Herabgehen von der Indifferenzlage um 5 mm nach unten, um weniger als 1 mm nach vorne rückt, dagegen bei der Erhebung um 5 mm nahezu 2 mm vorrückt. Seine Bewegung „gleich nicht mehr einer geraden Linie, sondern einem leicht gekrümmten Bogen“, der nach oben konkav ist. Die Anschauung GUTZMANNs scheint aber nur für einen Bewegungsablauf zu gelten, bei dem in der Indifferenzlage keinerlei phonische Einstellung stattfindet, denn diese würde auch dort einen Ruck nach vorne bewirken.

Bewegungsgröße. Nach den Angaben der Tabellen 6 und 7 verändert der Kehlkopf am häufigsten (in 27 Fällen von 31) seine Stellung entsprechend der Tonhöhe (vgl. Abb. 13 und 14). Nur bei zwei Fällen trat er immer nach abwärts und bei drei Fällen wurde eine deutliche Kurve nicht erreicht (Versuchsfehler). Eine genauere Darstellung jener der Tonhöhe entsprechenden Bewegung des Kehlkopfs geht aus der Übersicht in Tabelle 8 hervor, in der die 22 Fälle mit brauchbaren laryngographischen Kurven zusammengestellt sind. Die darin enthaltenen absoluten Zahlen sind nur in dem Sinne verwertbar, als sie an-

Tabelle 8.

Absolute Werte (in mm) der laryngographischen Kurven

(E = Einstellbewegung,

Nr., Stimmart, gesummte Töne	Tiefer Ton		Mittlerer	
	E	A	E	
2001 Mezzosopr., Naturstimme	a a ¹ a ²	3 auf, 2 vor	5 ab, 2 zurück	10 auf, 5 vor
2002 " "	a a ¹ a ²	wenig ab, vor	undeutlich	3 auf, 2 vor
614 Bariton	E f	3 ab, 2 vor	3 auf, 2 zurück	7 auf, 5 vor
1004 " "	F f f ¹	1 ab, 2 zurück	1 auf, 2 vor	1 auf, 4 vor
1015 Tenor, Frauenimitator	A a	2 ab, 2 vor	undeutlich	12 auf, 5 vor
1006 Bariton, Schüler	F f f ¹	5 ab, 3 zurück	5 auf, 3 vor	3 auf, 2 vor
177/14 " "	F f f ¹	5 ab, 3 zurück	2 auf, 2 vor	3 auf, 3 vor
1014 " "	Ff f ¹	1 ab, 1 vor	1 auf, 1 zurück	4 auf, 4 vor
1003 Baß	E e e ¹	3 ab, 2 vor	3 auf, 2 zurück	7 auf, 4 vor
92/15 Tenor	A a a ¹	1,5 ab, 2 zurück	1 auf, 1 zurück	1 auf, 2,5 vor
60/18 Sopran, Schülerin	a a ¹ a ²	1,5 ab, 1 vor	1,5 auf, 0,5 zur.	1,5 auf, 0,5 vor
1008 " ausgeb. Dilettant.	a a ¹ a ²	3 ab, 2 vor	3 auf, 2 zurück	4 auf, 2 vor
560/13 " Schülerin	a a ¹ a ²	1 ab, 1 zurück	1 auf, 1 vor	1 auf, 1 vor
158/18 Alt	a a ¹ a ²	2 ab, 1 vor	2 auf, 1 zurück	1,5 auf, 1,5 vor
430/18 " "	f f ¹ f ²	4,5 ab, 3,5 vor	3 auf, 1,5 zur.	5 auf, 1,5 vor
22/14 Konzertsopran	a a ¹ a ²	wenig ab, vor	1,5 auf, 1,5 zur.	1 auf, 2 vor
1027 " "	a a ¹ a ²	1 ab, 1 vor	2 auf, 1 zurück	1 ab, 1 vor
604 Mezzosopr., ausgeb. Dilett.	a a ¹ a ²	1 ab, 1 vor	1 auf, 1 zurück	1 auf, 1 vor
1005 Konzertalt	f f ¹ f ²	4 ab, 1 vor	4 auf, 1 zurück	10 auf, 3,5 vor
192/10 Konzertbariton	F f f ¹	1 ab, 2 vor	1 auf, 2 zurück	1 auf, 2 vor
327 Konzerttenor	A a a ¹	2 ab, 3 vor	2,5 auf, 2 zurück	2 ab, 2 vor
289/10 Bühnentenor, lyrisch	A a a ¹	2 ab, 1 vor	1 auf, 1 zurück	2 auf, 1,5 vor

nähernd die Größe der Kehlkopfbewegungen wiedergeben. Nebeneinander betrachtet, jedoch nicht rechnerisch verglichen, geben sie ein Bild der mehr oder minder großen Abweichungen des Kehlkopfes von der Ruhelage bei verschiedenen Tönen und auch bei verschiedenen Versuchspersonen. Eine Kontrolle für die (annähernde) Richtigkeit jener Werte würde wie bei den Atemkurven nur der Vergleich mit Atembewegungen des Kehlkopfs in der Ruhelage liefern. Von einer derartigen rechnerischen Bearbeitung wurde indes abgesehen einerseits wegen der Größe der Fehlerquellen bei so kleinen Kurven, andererseits

für Kehlkopfbewegungen bei gesummen Tönen.

A = Abstellbewegung.)

Ton	Hoher Ton		Kurvenform (in Klammer Umdrehungs- Geschwindigkeit in mm pro 1 Sek.)	Vorstellungstyp
	A	E		
15 ab, 7 zurück	7 auf, 4 vor	15 ab, 5 zurück	steil (4,5)	stark motorisch
2 ab, 2 zurück	undeutlich	undeutlich	mäßig steil (5)	" "
7 ab, 5 zurück	—	—	mäßig steil (9)	unbekannt
1 ab, 2 zurück	7 auf, 5 vor	5 ab, 3 zurück	mäßig steil (5)	visuell-akustisch
abgleiten	—	—	steil (5)	stark motorisch
3 ab, 2 zurück	3 auf, 3 vor	3 ab, 3 zurück	steil (5)	motor.-akustisch
4 ab, 3 zurück	4 auf, 3 vor	4 ab, 2 zurück	mäßig steil (5)	visuell-akustisch
4 ab, 4 zurück	15 auf, 4 vor	4 ab, 2 zurück	mäßig steil, nur bei f ¹ ab, gleiten (6)	visuell-motorisch
4 ab, 2 zurück	5 auf, 3 vor	3 ab, 3 zurück	steil (5,5)	motor.-akustisch
1,5 ab, 2,5 zur.	1,5 auf, 2 vor	1,5 ab, 2 zurück	mäßig steil (5,5)	motor.-visuell
1,0 ab, 0,5 zur.	2 auf, 1 zurück	1,5 ab, 1 vor	mäßig steil (4,5)	motor.-akustisch
4 ab, 3 zurück	3 auf, 2 vor	3 ab, 3 zurück	steil (5)	visuell-akustisch
1 ab, 1 zurück	2 auf, 2 vor	3 ab, 3 zurück	mäßig steil (5)	motor.-akustisch
1 ab, 2 zurück	4 auf, 3 vor	2,5 ab, 2 zurück	steil (3,5)	" "
6 ab, 2 zurück	9 auf, 2,5 vor	5 ab, 4 zurück	steil (4,5)	stark motorisch
wenig ab	2 auf, 3 vor	2 ab, 2 zurück	flach (4,5)	motor.-akustisch
1 auf, 1 zurück	2 auf, 1 vor	2 ab, 1 zurück	mäßig steil (3,5)	visuell-akustisch
1 ab, 1 zurück	2 auf, 3 vor	2 ab, 3 zurück	flach (5)	" "
10 ab, 3,5 zur.	abgleiten	abgleiten	steil (5)	stark motorisch
1,5 ab, 2 zurück	3,5 auf, 2 vor	4 ab, 2 zurück	mäßig steil, später nur abwärts (6)	" "
abgleiten	abgleiten	abgleiten	steil (5)	visuell-motorisch
2 ab, 1 zurück	5 auf, 3,5 vor	4 ab, 1,5 zurück	mäßig steil	" "

weil die Ergebnisse kaum von besonderem Belang wären. Die Bewegungsgröße hängt überdies auch von dem Spielraum der willkürlichen Kehlkopfbewegung ab, der bei verschiedenen Menschen verschieden ist.

Die Tabelle 8 beginnt mit den Naturstimmen, also Sängern, die gar keine oder keine schulgemäße Ausbildung haben. An sie reihen sich die Schüler, und am Schluß kommen ausübende Künstler. Im allgemeinen sind die Bewegungen des Kehlkopfs bei den ersten beiden Gruppen größer als bei der letzten, wenn man von der stark motorisch ver-

anlagten Altistin 1005 absieht. Es zeigt sich aber noch ein zweiter Unterschied: während in der ersten Hälfte der Tabelle durchaus nicht immer der höchste Ton durch die relativ größte Bewegung ausgezeichnet ist, sondern öfters der mittlere, mitunter auch der tiefste, so erscheint die größte Erhebung der laryngographischen Kurve in der zweiten

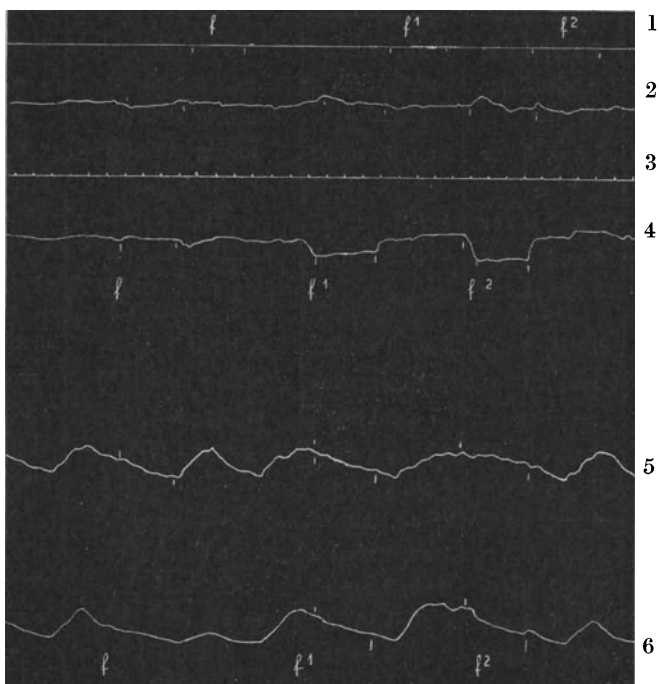


Abb. 14. Einwirkung leis gesummter Töne f f^1 f^2 auf Atem- und Kehlkopfbewegung (Naturesängerin Alt Nr. 158).
 1. Stimmkurve. 2. Horizontalbewegung des Kehlkopfs. 3. Zeitschreibung: 1 Sek.
 4. Vertikalbewegung des Kehlkopfs. 5. Brustatmung. 6. Bauchatmung.

Hälfte der Tabelle fast ausschließlich beim höchsten Ton. Auch das Abgleiten der Pelotte beweist, daß die Bewegung besonders groß war.

Bewegungsrichtung. Was zunächst die Bewegungsrichtung anlangt, so tritt der Kehlkopf bei den tiefsten Tönen regelmäßig nach unten, meist auch etwas vor, seltener ein wenig zurück. Ob diese Rückwärtsbewegung aus Fehlern beim Versuch sich erklären kann, bleibt eine offene Frage; bei der Betastung war sie jedenfalls nicht deutlich. Bei mittleren Tönen stellt sich der Kehlkopf von ungeschulten Stimmen schon wesentlich über die Ruhelage nach vorne ein, bei geschulten nur wenig, hie und da sogar noch tiefer. Beim höchsten Ton steigt er

namentlich bei nichtgeschulten, aber auch bei Berufssängern bisweilen beträchtlich in die Höhe und tritt gewöhnlich nach vorn, so daß die laryngographische Aufnahme wegen Abgleitens der Pelotte mißlingen kann. In einem Fall ist hervorgehoben, daß eine spätere Aufnahme bei einem Konzertbariton statt dieser gewöhnlichen, der Tonhöhe entsprechenden Bewegung eine regelmäßig nach abwärts gerichtete ergeben hat. Diese Änderung war die Folge weiterer Schulung im Sinne der Tiefstellung des Kehlkopfs, die namentlich bei Bühnenkünstlern üblich ist. Auf die gesangstechnische Frage wird später noch genauer eingegangen anläßlich des Singens von Tonleitern, weshalb diese Bewegungsart vorläufig unerörtert bleiben kann. Eine auffällige Erscheinung darf aber nicht übergangen werden, nämlich der in Tabelle 8 häufig auftretende Unterschied zwischen der Größe der Ein- und Abstellbewegung. Die einfache Annahme, der Kehlkopf lege nach Aufhören des Tons eine gerade so lange Strecke zur Ruhelage zurück, wie er bei der Einstellung vor der Stimmgebung gebraucht hat, um aus der respiratorischen Ruhestellung in die Phonationsstellung zu gehen, bestätigt sich weder bei der Betastung noch an der laryngographischen Kurve. Während der Stimmgebung bleibt der Kehlkopf nämlich nicht ruhig stehen, sondern er verändert seine Lage unter dem Einfluß der Stimmstärke und der phonatorischen Ausatmung, während deren er aufsteigt. Daneben können namentlich bei lange gehaltenen Tönen unvermeidliche Undichtigkeiten der Aufnahmeapparate (HEINITZ, Vox 1919, S. 159) die laryngographischen Kurven beeinflussen. Daher kommt es, daß in Tabelle 8 die Werte für E und A nicht unter sich jeweils gleich sind. Da wir es aber vorläufig nur mit der Bewegungsrichtung und Größe im Verhältnis zur Tonhöhe im allgemeinen zu tun haben, so kann eine zahlenmäßige Darstellung bzw. eine Berechnung dieser Abweichungen unterbleiben.

Die **Bewegungsform** bei der Hervorbringung einzelner Töne ist überhaupt nicht so einfach, wie man erwarten sollte. Die laryngographischen Kurven verlaufen dabei durchaus nicht gleichmäßig, weshalb eine genauere Untersuchung der Ein- und Abstellbewegungen nötig wäre, die aber im Rahmen dieser Arbeit nicht Platz hat und auch andere Versuchsanordnung und Technik erfordern würde. Die folgenden Ausführungen beziehen sich daher auf ein kleineres Beobachtungsmaterial und sind als vorläufig zu betrachten.

Bei der groben Beobachtung fällt zunächst auf, daß die Einstellung bei verschiedenen Versuchspersonen verschieden rasch vor sich geht. Deshalb finden wir auch Kurven von verschiedener Steilheit. In Tabelle 8 sind Angaben hierüber enthalten. Dort ist unter einer flachen laryngographischen Kurve eine solche zu verstehen, die die Ruhelinie im spitzen Winkel von 50° und weniger verläßt, bei einer

mäßig steilen schwanken die Winkel zwischen 50 und 70°, bei einer steilen zwischen 70 und 90°. Genauere Winkelmessungen scheinen an so kleinen, unregelmäßigen Kurven zwecklos. Die Werte für diese und die später (Tabelle 9) gemessenen Winkel sind nur annähernd und haben mehr den Charakter von Schätzwerten. Selbstverständlich mußte hierbei die Aufnahmegeschwindigkeit berücksichtigt werden, weil sie die Winkelgröße wesentlich beeinflußt; sie ist in Millimeter pro Sekunde in Tabelle 8 unter der Kurvenform in Klammer vermerkt. Gleiche Aufnahmegeschwindigkeit vorausgesetzt, zeigt uns die Steilheit der Kurve die Schnelligkeit der Bewegung an. Die Angaben aus Tabelle 8 lassen keinen Zusammenhang zwischen Stimmgattung oder Ausbildung oder Vorstellungstypus und Einstellgeschwindigkeit erkennen. Dagegen finden sich auf den Kurven bei den höchsten Tönen stets größere steilere Winkel als bei tiefen. Die Schnelligkeit der Einstellung scheint von der Tonhöhe mit beeinflußt zu werden, auch GUTZMANN hat diesen Einfluß der Tonhöhe (und Tonstärke) auf die Bewegungsgröße des Kehlkopfs nachgewiesen. Die Abstellbewegungen erreichen ebenfalls die Ruhelage nicht mit gleicher Schnelligkeit. Manche Unterschiede mögen auch auf der Art des Stimmeinsatzes beruhen, worauf erst später geachtet wurde (s. unten). Eine ganz gewöhnliche, schon bei der Betastung leicht erkennbare Erscheinung ist das anfängliche Überschreiten der Ruhelage bei der Abstellung. Der Kehlkopf steigt also nicht einfach zum ursprünglichen sogenannten respiratorischen Nullpunkt, sondern er übersteigt ihn, wenn er bei der Phonation tief stand, zunächst ein wenig, um dann erst zur Ruhelage zurückzufinden; er macht also häufig eine auf- und ab- bzw. ab- und aufwärts gerichtete Bewegung, je nachdem er von unten oder oben zur Ruhelage zurückstrebt. Dementsprechend verhält sich auch die wagrechte Bewegung, die im allgemeinen zwar an Größe hinter der senkrechten zurückbleibt, aber von ihr beeinflußt wird. Sie ist gewöhnlich doch etwas größer, als bisher z. B. von GUTZMANN und FLATAU angenommen wurde. Der Einfluß von Stärke und Dauer der Phonation auf die Kehlkopfbewegung wurde in der gleichen kleinen Versuchsreihe berücksichtigt, die schon oben bei den Atembewegungen erwähnt ist. Die Ergebnisse sind nicht in einer Tabelle zusammengestellt, weil sie nicht wesentlich Neues lehren würde. Den stärkeren Tönen entsprechen häufig höhere Werte, bisweilen auch den Schwelltönen. Die wagrechte Schreibung zeigt auch hie und da Abweichungen von der gewöhnlichen Vorwärtsbewegung beim Einstellen. Charakteristisch scheint nur, daß den lauten Tönen steile, oft auch höhere Kurven zugehören, den leisen flache oder mäßig steile, den Schwelltönen meist sehr flache. Hier konnte ja die Steilheit der Kurven an ein und derselben Aufnahme also bei genau gleicher Umdrehungsgeschwindigkeit leicht beurteilt werden. Daß

beim Vergleich zwischen lauten und leisen Tönen der Stellungswechsel des Kehlkopfs nicht auffälliger zum Ausdruck kommt, dürfte an der an und für sich geringeren Intensität beim Summen liegen. Namentlich bei Schwelltönen ist ferner ein Unterschied der Werte von Ein- und Abstellung infolge der Verschiebung während der Phonation die Regel auch bei leisen und langen Tönen tritt er aus gleicher Ursache hervor. Auf den Einfluß der Tonstärke wird am Schluß des Abschnitts noch weiter eingegangen werden.

Die Bewegungsform der Ein- und Abstellung. Um zu einer klaren Einsicht in die Vorgänge bei der Einstellung des Kehlkopfes zu kommen, ist es angebracht zu versuchen, die Einstellbewegung und nach dem Aufhören der Stimmgebung die Abstellbewegung genauer darzustellen. Schon durch Betastung und auch bei Betrachtung der bisher besprochenen Aufnahmen konnte man feststellen, daß diese Bewegungen nicht geradlinig von einer bestimmten Ruhelage zu einer bestimmten Stellung und umgekehrt vor sich gehen. Eine graphische Darstellung von Einheiten der Kehlkopfbewegungen wäre verhältnismäßig einfach, doch muß man auch dabei Fehler infolge der Verwendung von Gummikapseln berücksichtigen. Nur eine größere Aufnahmegeschwindigkeit ist notwendig. Diese wurde daher auf durchschnittlich 30—40 mm Trommelgeschwindigkeit in der Sekunde gebracht. Gleichzeitig wurde die Stimmkurve beim Summen der Töne mit dem Kehltonschreiber von GUTZMANN-WETHLO oder von CALZIA-SCHNEIDER aufgenommen, und zwar in der Weise, daß beim Summen der Töne der in eine Glasolive ausmündende Gummischlauch des Kehltonschreibers einem Nasenloch angelegt wurde. Die Glasolive muß eine möglichst große Öffnung haben; die betreffende Nasenseite darf nicht verengt sein. Durch diese Versuchsanordnung läßt sich der jeweilige Kehlkopfstand in seinem zeitlichen Verhältnis zum Einsatz (und auch zur Stimmstärke: Amplitudenhöhe) ebenso bestimmen wie auf früheren Aufnahmen beim Verhältnis zu den Atemkurven. Abweichungen von der Geraden im Verlauf der Kurven zwischen Ein- und Abstellung bleiben hierbei wieder außer acht.

Untersuchungsgegenstand sollten also die Vorgänge der Einstellung und Abstellung des Kehlkopfs beim Toneinsatz und Tonabsatz sein. Der Ausgangspunkt der Bewegung war immer die Ruhelage bei gleichmäßiger Atmung. Von dieser aus wird der Kehlkopf zur Phonation eingestellt. Seiner Bewegung sind dabei zwei Grenzen gesetzt, die zwar nicht feststehen, aber auch nicht über ein gewisses Maß hinaus geschoben werden können. Einerseits ist das der Spielraum des Kehlkopfs zwischen tiefster und höchster Stellung, den MERKEL mit höchstens 53 mm bestimmt hat, EWALD sogar auf 30 mm beschränkt. GUTZMANN betont gegenüber MERKEL mit Recht, daß der willkürliche Spiel-

raum (ohne Zuhilfenahme tiefster Einatmung und ohne Berücksichtigung der Schluckbewegung) von der Länge des Halses abhängig sei. Das zeigten auch meine Beobachtungen; Messungen habe ich nicht vorgenommen. Aber die erstaunlichste Beweglichkeit in weiten Grenzen besonders nach unten habe ich bei hervorragenden Bühnensängern, namentlich bei einem weltberühmten Tenor mit verhältnismäßig kurzem Hals beobachtet. GUTZMANN gibt als Durchschnitt 20—30 mm an, hat aber Spielräume bis zu 40 mm beobachtet. MERKEL fand an sich selbst einen Spielraum von 31 mm zwischen F und e¹, kommt aber in seiner Tabelle der Kehlkopfstellungen auf 40 mm. Jedenfalls sind die Werte individuell verschieden und noch mehr von Übung und Geschicklichkeit abhängig als von der Halslänge. Eine andere Art von Begrenzung der Kehlkopfbewegung ist die Höhe des vorgestellten, intendierten oder gesumnten Tones. Bei der Phonation handelt es sich um einen Willkürakt, der von der Tonvorstellung geleitet ist, und dem die Kehlkopfbewegung zugeordnet ist. Diese mechanisierte, eingeübte Bewegung kann noch zur großen Gruppe der willkürlichen Bewegungen, und zwar der langsamen gezählt werden, ohne es in dem Sinne zu sein, wie etwa die willkürliche Bewegung einer Extremität, deren Gesetze ISSERLIN erforscht hat. Denn jedenfalls verlaufen die Kehlkopfbewegungen vor und bei der Phonation nicht unter Kontrolle des vollen Bewußtseins. Für sie dürfte der Satz von ISSERLIN gelten: „Dunkel und unbewußt ablaufende Bewegungen zeigen niemals extrem motorische Form“. Jedoch müssen wir nicht außer acht lassen, daß es nicht wenige Sänger gibt, die gelernt haben, ihre Kehlkopfbewegungen bewußt zu kontrollieren, und sie deshalb auch vielfach bewußt ausführen, namentlich im Sinne einer möglichen Tief- und Ruhigstellung des Organs. Durch die seelische Einstellung auf die Hervorbringung von Tönen bestimmter Höhe erhalten diese Kehlkopfbewegungen ihre Eigenart. Daher die Bezeichnung Einstellbewegungen. Die Phonation begrenzt diese Bewegungen und wird durch eine jedenfalls unbewußte Korrelation in einem weiteren Sinn zum Ziel der Bewegung, bestimmt also den mechanisierten Bewegungsentwurf im voraus.

Es ist leider unmöglich, die Geschwindigkeit dieser Bewegungsformen nach Methoden zu messen, wie sie ISSERLIN angewendet hat, weil unsere laryngographische Aufnahmetechnik keine Kurven liefert, auf denen der zurückgelegte Weg gleich dem Weg der Kehlkopfbewegung gesetzt werden kann. Die Verwendung eines elastischen Systems der Übertragung, wobei schon der Druck beim Anlegen der Pelotte wechselt, hindert das mehr noch als die Kreisbogenschreibung, die ja durch eine senkrechte ersetzt werden könnte oder einer Berechnung zugänglich wäre. Dagegen erlaubt uns der Winkel des Ein- und Abstiegs innerhalb ein und derselben Aufnahme oder seine Größe im Verhält-

nis zur Trommelgeschwindigkeit wie schon erwähnt doch wenigstens eine Schätzung der Bewegungsschnelligkeit. Im übrigen läßt auch die Betrachtung dieser Kurven gewisse Schlüsse auf die Bewegungsform der Ein- und Abstellung zu (vgl. Abb. 13 und 14).

Schon die oberflächliche Betrachtung des Verhältnisses zwischen Ein- und Abstellbewegung lehrte, daß die Kurve der Abstellung fast immer beträchtlich steiler ist als jene der Einstellbewegung (Abb. 15). Die nachträgliche Durchsicht von 222 Aufnahmen

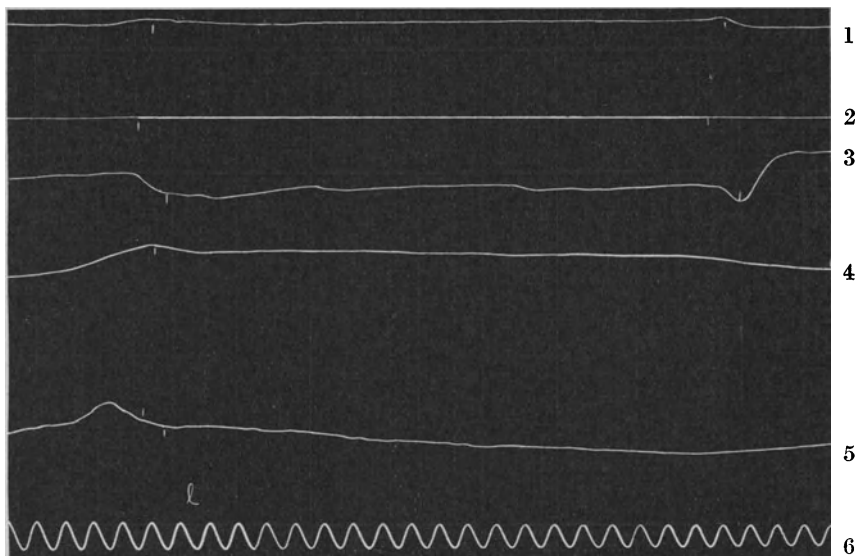


Abb. 15. Einstellbewegung des Kehlkopfs: gesummter Ton e. Aufnahme-geschwindigkeit 44 mm pro Sekunde.

1. Horizontalbewegung des Kehlkopfs. 2. Stimmkurve. 3. Vertikalbewegung des Kehlkopfs. 4. Brustatmung. 5. Bauchatmung. 6. Zeitschreibung: $\frac{1}{5}$ Sek.

bestätigte diesen Unterschied, auf den anfänglich gar nicht geachtet worden war, an 175 Einzelbeobachtungen von 27 Versuchspersonen. Nur neunmal erschien die Abstellbewegung langsamer und kaum noch nachweisbar gegenüber der Einstellbewegung, und zwar beim langsamen Ausklingen von Schwelltönen mittlerer Tonlage im Pianissimo; ferner dreimal bei sehr leisen und dreimal bei sehr langen Tönen. Der Kehlkopf hatte eben seine Ruhelage schon beinahe erreicht, während der Ton allmählich abklang. Bei den übrigen 32 Fällen entsprechen die Winkel der Ein- und Abstellbewegungskurven einander annähernd. Genauere Angaben über den Stimmeinsatz fehlen indessen bei diesen letzteren teilweise undeutlichen, meist älteren Aufnahmen. Dagegen konnten an sorgfältigeren Aufnahmen von Ein- und Abstellbewegungen

Schnelligkeit der Ein- und Abstellbewegung auf Grund der Winkel.

(Annähernde Werte in Winkelgraden.)

Versuchsperson	Ton	Dauer in 0,1 Sek.	Einstellwinkel		Zeit in 0,1 Sek.	Abstellwinkel		Zeit in 0,1 Sek.	Auf- nahme- geschw. mm pr. Sek.	A : E	
			horiz.	vertik.		horiz.	vertik.			horiz.	vertik.
1009 Konzert- baß	F	59	5 zurück	20 ab	4	5 vor	10 auf	2	39	1	$\frac{1}{3}$
	e	24	15 "	30 "	1	25 "	45 "	2	34	$1\frac{2}{3}$	$1\frac{1}{2}$
	f	29	5 "	5 "	2	20 "	45 "	2	35,5	4	9
	f	42	5 "	30 "	1	25 "	40 "	1	33	5	$1\frac{1}{3}$
	f	31	5 "	5 "	2	30 "	50 "	1	33	6	10
	e ¹	27	15 vor	30 auf	6	25 zurück	55 ab	3	34,5	$3\frac{2}{3}$	$1\frac{5}{6}$
1003 Baß Schüler	E	50	5 vor	5 ab	3	10 zurück	15 auf	2	40,5	2	3
	e	36	15 "	60 auf	1	25 "	60 ab	3	41,5	$1\frac{2}{3}$	1
	e	40	10 "	40 "	2	20 "	50 "	3	44,5	2	$1\frac{1}{4}$
	e ¹	24	5 "	20 "	2	25 "	50 "	2	41,5	5	$2\frac{1}{2}$
	e ¹	20	10 "	25 "	2	25 "	60 "	3	42,0	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{2}{5}$
1006 Bariton Schüler	F	52	10 vor	10 ab	3	15 zurück	20 auf	2	36,5	$1\frac{1}{2}$	2
	F	23	15 "	45 "	3	25 "	50 "	2	32	$1\frac{2}{3}$	$1\frac{1}{3}$
	F	26	15 "	30 "	2	30 "	60 "	2	32	2	2
	F	30	5 "	5 "	3	10 "	15 "	3	36,5	2	3
	F	27	15 "	15 "	3	20 "	25 "	1	36,5	$1\frac{1}{3}$	$1\frac{2}{3}$
	F	27	15 "	25 "	2	25 "	30 "	1	34	$1\frac{2}{3}$	$1\frac{1}{3}$
	F	29	10 "	15 "	2	30 "	45 "	1	32,5	3	$3\frac{1}{3}$
	F	36	10 "	10 "	3	20 "	25 "	2	23	2	$2\frac{1}{2}$
	f	26	10 "	30 "	2	30 "	45 "	1	25,5	3	$1\frac{1}{2}$
	f	20	10 "	25 "	1	20 "	60 "	1	25	2	$2\frac{2}{5}$
	f	19	10 "	25 "	2	20 "	50 "	2	27	2	2
	f ¹	21	20 "	10 auf	2	30 "	20 ab	2	29,5	$1\frac{1}{2}$	3
	f ¹	16	20 "	15 "	2	30 "	20 "	2	28,5	$1\frac{1}{2}$	2
	f ¹	21	10 "	45 "	4	15 "	50 "	4	39	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{3}$
	f ¹	20	10 "	30 "	3	10 "	60 "	4	44,5	1	2
29 Tenor Schüler	a ¹	20	20 vor	45 auf	2	25 zurück	30 ab	6	42,5	$1\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$
382 Bühnen- sopran	h	17	10 vor	10 auf	1	10 zurück	5 ab	1	35	1	$\frac{1}{2}$
	h	22	10 "	45 "	1	10 "	30 "	1	38	2	$\frac{2}{3}$
	h	24	5 "	15 "	2	10 "	10 "	1	37	1	$\frac{2}{3}$
	h ¹	13	5 "	20 "	1	10 "	30 "	1	35	1	$1\frac{1}{3}$
27 Konzert- sopran	cis ¹	20	10 vor	10 auf	4	10 zurück	15 ab	2	42,5	1	$1\frac{1}{2}$
	cis ¹	2	15 "	15 "	2	25 "	35 "	2	40	$1\frac{2}{3}$	$2\frac{1}{3}$
	cis ¹	2	15 "	20 "	2	20 "	35 "	2	40	$1\frac{1}{3}$	$1\frac{3}{4}$
	cis ¹	2	10 "	20 "	2	15 "	25 "	2	40	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4}$
Gehauchter Einsatz Zeit in $\frac{1}{50}$ Sek.	cis ¹	130	8 vor	6 auf	7/50	24 zurück	12 ab	5/50	40	3	2
		118	12 "	7 "	10/50	36 "	21 "	7/50	39	3	3
		157	8 "	12 "	5/50	24 "	24 "	7/50	37	3	2
		133	12 "	6 "	5/50	36 "	24 "	10/50	39,5	3	2
		136	7 vor	4 auf	10/50	35 zurück	12 ab	10/50	40	5	3
Weicher Einsatz	cis ¹	110	5 "	7 "	7/50	15 "	21 "	10/50	39	3	3
		125	8 "	12 "	15/50	24 "	24 "	7/50	37	3	2
		184	5 "	5 "	10/50	35 "	25 "	10/50	37	7	5
		88	5 "	5 "	7/50	15 "	15 "	7/50	39,5	3	3
Harter Einsatz	cis ¹	103	10 vor	6 auf	11/50	35 zurück	12 ab	12/50	40	$3\frac{1}{2}$	2
		92	10 "	5 "	3/50	15 "	10 "	7/50	39	$1\frac{1}{2}$	2
		117	10 "	10 "	7/50	40 "	30 "	7/50	37	4	3
		79	5 "	8 "	7/50	35 "	24 "	8/50	37	7	3

kurze

einer kleineren Versuchsreihe (7 Versuchspersonen) bei Trommelgeschwindigkeiten von meist 37—42, seltener 25—35 mm pro Sekunde die Winkel gemessen werden. Die so gewonnenen Werte (Tabelle 9) sind nur annähernd richtig wegen der Kleinheit der Kurven. Andererseits konnte hier die Bogenschreibung aus gleichem Grund außer acht bleiben. Da es sich um verschieden schnell aufgenommene Bewegungen bei verschiedenen Versuchspersonen zu verschiedenen Zeiten handelt, so darf man die absoluten Zahlen nicht ohne weiteres in Betracht ziehen. Das Verhältnis der beiden Bewegungen läßt sich nur in Zahlen ausdrücken, wenn man die Winkel der Abstellung A durch jene der Einstellung E dividiert. Eine Zusammenstellung der so berechneten Werte für das Verhältnis A : E in Tabelle 9 lehrt, daß die Geschwindigkeit der Abstellung jene bei der Einstellung sehr wesentlich übertrifft und nur ganz selten (Versuchsfehler?) hinter ihr zurückbleibt. Die Betrachtung der Tabelle 9 lehrt ferner noch, daß hohe Geschwindigkeiten, dargestellt durch höhere, um 50° liegende Winkelgrößen, die gleichen Zeiträumen entsprechen, an Einstell- und Abstellbewegungen mittlerer und höherer Töne häufiger auftreten als an solchen von tiefen Tönen.

Im letzten Teil der Tabelle sind die Winkelgrößen für die Bewegungen bei den drei Stimmeinsätzen, dem gehauchten, weichen und harten von einer Versuchsperson zusammengestellt. Hier zeigen sich keine wesentlichen Unterschiede bei der Einstellbewegung. Dagegen erreicht das Verhältnis der Winkelgrößen A:E beim harten und weichen Stimmeinsatz mehrfach höhere Werte als beim gehauchten, weil es wohl von der anfänglichen Stimmstärke abhängig ist. Letztere scheint überhaupt für die Form und Größe der Ein- und Abstellbewegungen ausschlaggebend. Der Nachweis dieses Zusammenhangs würde aber einen einigermaßen zuverlässigen Stimmstärkemesser und eine andere Versuchstechnik erfordern. Beim festen Stimmeinsatz konnte übrigens GUTZMANN eine stärkere und schnellere Bewegung an der Höhe und Steilheit seiner Kurven feststellen. Doch weist er auf individuelle Unterschiede hin. 294 graphische Aufnahmen der Kehlkopfbewegung bei den drei Stimmeinsätzen, dem gehauchten, weichen und harten, in wechselnder Reihenfolge, bei einem mittleren und hohen Ton, jeweils auf die Vokale a, i, u wurden während der Vorversuche zu dieser Arbeit an 22 Versuchspersonen durchgeführt. Es waren 6 Soprane, 2 Mezzosoprane, 3 Altstimmen, 3 Tenöre, 5 Baritone, 3 Bässe. Im allgemeinen war die Höhe des Ausschlages und dessen Steilheit am größten beim harten Stimmeinsatz, und zwar fast regelmäßig beim hohen Ton. Am geringsten war diese Erscheinung beim weichen Stimmeinsatz, während sie beim gehauchten, aber nur in mittlerer Tonlage, die Größe der Ausschläge hier und da (5mal) übertraf. Gleichmäßig hohe Ausschläge bei allen drei Stimmeinsätzen wurden nur einmal beobachtet. Der Einfluß der Vokale auf diese Kurven war bei verschiedenen Personen verschieden, im allgemeinen aber gering. Am ausgiebigsten erschienen die Kurven beim i.

Die Abstellbewegung geht also bei gesummtten Tönen verschiedener Tonlage im allgemeinen rascher vor sich als die Einstellbewegung, und sie ist auch vielfach größer, namentlich bei kurz gesummtten Tönen. Das relative Überwiegen der Größe

der Abstellbewegung ist aber keine regelmäßige Erscheinung, weil der Kehlkopf bei länger gehaltenen Tönen seine Lage während der Tondauer verändert, und daher der Weg zur Ruhelage am Ende der Phonation unter Umständen kleiner sein kann, als jener, den die Einstellbewegung brauchte. Bei vorgestellten Singtönen — das soll hier nachgetragen werden — kommt obiges Verhältnis zwischen der Geschwindigkeit von Ein- und Abstellbewegung recht selten zur Beobachtung; gewöhnlich erscheint ausgeprägt nur die Einstellbewegung, während die Abstellung kaum angedeutet ist und jedenfalls mehr flach verläuft. Die Bewegungsgröße der Einstellung und der davon meistens abhängigen Abstellbewegung ist, wie aus Tabelle 8, S. 94, hervorgeht, bei einigermaßen geschulten Stimmen fast immer, bei ungeschulten häufig, proportional der Tonhöhe. Weitere Untersuchungen an schnell aufgenommenen Phonationsbewegungen bestätigen das und ergänzen noch einige Angaben jener Tabelle im Sinne der Gesetzes, daß dem höchsten Ton gewöhnlich die größte Einstellbewegung zugeordnet ist.

Die Einstellung geht im allgemeinen dem Toneinsatz voraus (Abb. 15), was schon von MERKEL beobachtet worden ist. Seine oben erwähnte Beschreibung betrifft die Einstellung vor dem „scharfen Einsatz“ eines Tones (S. 609). Von diesem Grade der Einstellung gibt es Zwischenstufen zum leisen Einsatz. In neuerer Zeit hat SEEMANN mit dem FRANKSchen Apparat nachgewiesen, daß es ungefähr $\frac{1}{60}$ Sekunden dauert, „bis nach Sprengung des Verschlusses die Stimmlippen die für das Tönen richtige Stellung“ haben. Letztere Beobachtung bezieht sich auf die feineren Vorgänge beim festen Toneinsatz. Die Ansicht MERKELS, daß nach dem Toneinsatz die Kehlkopfstellung sich nicht mehr ändere, können meine Untersuchungen nicht bestätigen. Doch beziehen sich die folgenden Ausführungen auf verhältnismäßig kleine Versuchsreihen, deren Ergebnisse hier vorläufig erwähnt werden, obwohl sie noch nicht abgeschlossen sind. Messungen an 40 Aufnahmen von verschiedenen hohen Tönen von ein bis drei, selten vier und fünf Sekunden Dauer, die von 8 Versuchspersonen (2 Bässen, 1 Bariton, 2 Tenören, 3 Sopranen) zu verschiedenen Zeiten gemacht wurden, haben nicht zu ganz einheitlichen Ergebnissen geführt, obwohl alle Aufnahmen mit tiefer Einatmung außer acht blieben, weil die Tiefstellung des Kehlkopfs durch die Einatmung das Bild der Einstellbewegung verändert. Im allgemeinen nimmt der Kehlkopf in 0,1—0,4 Sekunden vor dem Stimmeinsatz die entsprechende Stellung ein, indem er um durchschnittlich 0,5—2 mm vor und je nach individuellem Spielraum und Tonhöhe nach oben oder unten rückt. Die Werte schwanken hier natürlich mehr. Damit ist die Einstellbewegung bei tiefen Tönen gewöhnlich beendet, bei mittleren

häufig, bei hohen aber nie. Bleibt der Kehlkopf also nicht mit dem Stimmeinsatz stehen, was häufiger vorkommt, so geht die Bewegung innerhalb der nächsten 0,2–0,4 Sekunden nach dem Stimmeinsatz noch in gleichem Sinn weiter, und zwar in geringerem oder annähernd gleichem Umfang. (Vielfach ähneln die Kurven der Tafelabb. 47 der ISSERLENSCHEN Arbeit). In seltenen Fällen kann die Einstellung vor dem Toneinsatz, bei mittleren Tönen, fehlen oder erst in 0,1–0,2 Sekunden nachher erfolgen. Stimmtechnische Fertigkeiten scheinen dabei in erster Linie in Betracht zu kommen. GUTZMANN hat schon darauf hingewiesen, daß auch die Art des Toneinsatzes Unterschiede in der Größe und Schnelligkeit der Kehlkopfbewegung erzeugt. Ob das zeitliche Verhältnis derselben zum Stimmeinsatz dadurch berührt wird, ist noch fraglich. EIJKMANN fand gelegentlich ähnlicher Untersuchungen, daß „beim scharfen Anlauten“ Hyoid und Thyreoid sich stets genähert sind, wobei er ein Nach-Vorrücken des Kehlkopfs nicht oder nur in fast unmerklichem Maß feststellen konnte. Eine kleine Untersuchungsreihe über den Einfluß des gehauchten, weichen Stimmeinsatzes auf die Kurve der Einstellbewegung bei einem Ton mittlerer Lage (cis¹ des Soprans) lehrte, daß zwar die Bewegung beim harten Stimmeinsatz den Augenblick der Stimmerzeugung immer überdauert, daß aber bei den anderen Einsätzen dasselbe vorkommen kann, wenn auch häufiger die Bewegung mit dem Stimmeinsatz stillsteht. Auch die Art der Tongebung (gedeckt oder offen, mehr oder weniger Kopftön) macht keine bestimmten Unterschiede. Eher scheint, wie wir schon sahen, die Stimmstärke von Einfluß in dem Sinne, daß sehr leise Töne überhaupt weniger ausgiebige Einstellbewegungen erfordern und daß diese Bewegungen hierbei und namentlich auch beim weichen und gehauchten Stimmeinsatz langsamer erfolgen. Sie haben dann im Augenblick des Einsetzens der Stimme gewöhnlich schon die richtige Stellung hervorgebracht. Ferner spielt sicher auch die Dauer des gesummtten Tons eine Rolle. Bei rasch eingesetzten und nur wenige Bruchteile von Sekunden, etwa 0,2, dauernden Tönen tritt nämlich das Über-das-Ziel-hinausschießen der Einstellbewegung deutlicher zutage, wie folgendes Beispiel lehrt: Summton cis¹, Dauer $12/50$ Sekunden, Einstellung vor dem Stimmeinsatz in $7/50$ Sekunden 1 Millimeter vor, 1,5 Millimeter auf; nach dem Stimmeinsatz in weiteren $7/50$ Sekunden nochmals 1 Millimeter vor und 3,5 Millimeter auf, worauf einem kurzen, geradlinigen Kurventeil ein nochmaliges Ansteigen bei abnehmender Tonstärke folgt, an das sich unmittelbar die Abstellbewegung anschließt. Dem gegenüber verhält sich in gleichem Versuch die Kurve bei einem zwei Sekunden gehaltenen Summton cis¹ folgendermaßen: vor dem Stimmeinsatz Einstellung in $18/50$ Sekunden 1 Millimeter vor, 1,5 Millimeter auf, nach dem Stimmeinsatz in $12/50$ Sekunden weiter 1 Millimeter vor und

1 Millimeter auf, worauf eine lange, geradlinige Bewegung folgt bis zum Stimmabsatz. Den kurzen Tönen sind also, wie aus diesem Beispiel hervorgeht, stärker motorische Kurven zugeordnet, als längeren langsamer eingesetzten. Das lehrt der Vergleich einer Reihe von kurzen und länger gehaltenen Tönen. Der Einsatz geschieht bei ersteren rascher, bei letzteren allmählicher, weshalb die Bewegung bei ersteren stärker motorischen Charakter hat.

Für die langsameren Einstellbewegungen, die auch nicht ganz geradlinig verlaufen, dürfen wir, wie erwähnt, die Gesetze für begrenzte, langsame und beim Sänger bis zu einem gewissen Grad durch Empfindungen kontrollierte Bewegungen in Betracht ziehen. Demnach ist es wohl erlaubt, den Anfangsteil der Einstellbewegung vor dem Stimmeinsatz in Analogie mit dem „*accomodement initial*“ zu bringen und im zweiten Teil nach dem Stimmeinsatz die „*corrections postérieures*“ zu erblicken im Sinne von WOODWORTH (S. 359), der ja gerade auf den Gesang Bezug nimmt, wenn er den Vorgang der Korrektur am auffälligsten findet beim Einsetzen eines Singtons (*pour atteindre une note*). Und er gibt uns auch eine Erklärung für die Unterschiede unserer Kurven, wenn er hinzu fügt, bei gut geschulten, erfahrenen Sängern sei der Vorgang der Korrektur so fein, daß man ihn nur mit Mühe aufdecken könne. Tatsächlich ist bei den ausgebildeten Stimmen der zweite Teil der Einstellbewegung gewöhnlich weniger auffällig als bei Schülern, oder er fehlt ganz. Nach den Ausführungen WOODWORTH'S (S. 47) ist der Bewegungsentwurf durch die seelische Einstellung auf das Resultat bedingt, während die Empfindungen peripheren Ursprungs, also durch die Bewegung selbst erzeugt sind. Hiervon ausgehend darf man mit GOLDSCHIEDER und ISSERLIN solche Empfindungen für die „*corrections postérieures*“ als maßgebend ansehen.

Nach den bisherigen Darlegungen wird es verständlich, daß zwei Eigentümlichkeiten der einfachen Bewegung auch bei verhältnismäßig raschen Einstellbewegungen des Kehlkopfs vermißt werden, nämlich die negative Vorbewegung und der Rückstoß. Erstere ist ja in diesem Zusammenhang ganz unwahrscheinlich. Ihr Fehlen wird nur erwähnt, weil man sich hüten muß, etwaige einer Aufwärtsbewegung vorauslaufende Senkungen des Kehlkopfs, die, wie schon mehrfach erwähnt, Folge vertiefter Einatmung sind, in jenem Sinn zu deuten. Die Wichtigkeit der gleichzeitigen Aufnahme von Atem- und Kehlkopfcurven wird hier wiederum offenbar. Ein Rückstoß war bei dem Charakter dieser Bewegungen, die eben nicht extrem motorische Form haben, nicht zu erwarten und auch bei den Einstellbewegungen nicht angedeutet.

Dagegen zeigen die Abstellbewegungen meistens eine Seite 98 schon erwähnte Erscheinung, die einem Rückstoß ähnlich wäre, aber

ihrem ganzen Charakter nach doch als Besonderheit der Abstellbewegung gedeutet werden muß. Bei der Durchsicht von teils langsam, teils rasch aufgenommenen derartigen Bewegungen verschiedener Versuchspersonen bei Tönen aller Tonlagen zeigt sich in der überwiegenden Mehrzahl (122 von 162 Aufnahmen einzelner Töne), daß der Kehlkopf zunächst noch einen kleinen Ruck nach vorn und vertikal in der Richtung der Einstellbewegung macht, bevor er mit einer großen Bewegung zur Ruhelage zurückkehrt (Abb. 14 und 15). Diese wird nicht selten sogar ein wenig überschritten, worauf die Kurve ganz langsam und allmählich in die annähernd gerade Richtung der Ruhekurve übergeht. Das Verhalten ist auch bei der Betastung wahrnehmbar, und zwar gewöhnlich deutlicher, wenn der Kehlkopf hoch eingestellt war, als nach tiefer Einstellung.

Die Kurvenstrecken zwischen Ein- und Abstellbewegung bieten bei gleichmäßig gesumnten Tönen keine Besonderheiten. Ihre Geradlinigkeit wird von Pulsstößen rhythmisch unterbrochen. Wo die Stimmstärke schwankt, erscheinen geringe Ungleichheiten. Bei lang gehaltenen Tönen, namentlich bei abnehmender Tonstärke steigen sie etwas an wie bei langsamer Ausatmung, bei zunehmender Tonstärke sinken sie gewöhnlich und zeigen auch eine leichte Vorwärtsbewegung. Ferner können namentlich bei langen Tönen geringe Undichtigkeiten der Kapseln die Kurven beeinflussen, also fälschen.

Eine Art von Tönen, die in der Musik überhaupt und namentlich in der Gesangstechnik eine große Rolle spielen, bedarf noch einer besonderen Beschreibung:

Die Schwelltöne.

Sie werden vielfach zum sogenannten Registereausgleich bei der Ausbildung der Stimme verwendet; und der Arzt beobachtet an ihrem mehr oder minder gestörten Ablauf — vorzeitiges Abbrechen des Tons beim Ausklingen, ungleichmäßiges Anschwellen, Schwanken der Tonhöhe, Detonieren am Schluß, Distonieren beim Forte — erste Anzeichen der funktionellen Stimmschwäche überanstrengter oder technisch falsch gebildeter Stimmen.

BERARD (1755), wahrscheinlich der älteste Autor, der Angaben über Kehlkopfbewegungen macht, meint noch, der Kehlkopf solle bei Schwelltönen in der gleichen Höhen- bzw. Tiefenlage verharren. Erst LISKOVIUS (1814 und 1846) hat sich eingehender mit dem Verhältnis von Tonstärke und Kehlkopfstellung beschäftigt. Er fand, daß man in höchster oder tiefster Kehlkopfstellung die Töne noch erhöhen oder vertiefen kann durch Verstärken oder Abschwächen des Anblasestroms. Dasselbe gelinge auch bei mittlerer Kehlkopflage ohne Stellungsveränderungen bis zu einer Quinte. Dabei fiel ihm auf, daß bei ein und demselben Ton, je nachdem er schwächer oder stärker angegeben war, der Kehlkopf eine höhere oder tiefere Stellung einnahm, beim Crescendo also nach abwärts, beim Decrescendo

nach aufwärts rückte. Er schloß daraus offenbar richtig: „Indem nun die vermehrte Stärke mit der Senkung, die verminderte mit der Hebung des Kehlkopfs sich in der Tonhöhe kompensiert, so erweist sich dadurch ebenfalls wieder die Verstärkung des Luftantriebes tonerhebend, die Schwächung desselben tonvertiefend.“ JOHANNES MÜLLER hat 1840 bezweifelt, „daß die Verlängerung der Ansatzröhre durch Herabsteigen des Kehlkopfs beim Übergang zum Forte zur Kompensation beitragen könne“. Dagegen nimmt er an, daß, wenn der Ton durch schwaches Blasen für das Piano tiefer werde, so werde er durch Verengung des unteren Zugangs zur Stimmritze höher, werde er aber durch stärkeres Anblasen für das Forte höher, so wirke die Erweiterung des Zugangs wohl vertiefend. „Die Verkürzung des Ansatzrohrs durch Aufsteigen des Kehlkopfs kann schwerlich zur Kompensation beim Übergang zum Piano dienen“. Demnach kannte der berühmte Physiologe die Stellungenänderung des Kehlkopfs beim An- und Abschwellen des Tones, bestritt aber deren damalige Auslegung, da er darin offenbar ein Zeichen veränderter Stimmlippenspannung sah, und er schreibt weiter: „Eine solche Art der Kompensation erfordert ein genaues Abwiegen der gegenseitigen Wirkungen, und es erklärt sich daraus hinreichend, warum das Schwellen und Schwächen der Töne, ohne ihren musikalischen Wert zu ändern, selbst für geübte Sänger so schwer, für ungeübte ohne Detonation auf die eine oder andere Art ganz unmöglich ist“. Dieses Detonieren führt er auf kleine Veränderungen der Stimmbänder infolge wiederholter Spannungen und (neben schlechtem Gehör) besonders auf Ermüdung der Muskeln zurück, als deren Symptom wir es heute noch bewerten. Dabei weist er auf die Schwierigkeiten für den Sänger hin, die gleich schwebende Temperatur unserer musikalischen Tonleiter zu beobachten, die an Instrumenten durch die Stimmung gesichert ist. „Der Sänger muß sie beständig erzielen.“ Hierdurch hat JOHANNES MÜLLER die Bedeutung der Schwelltöne für die Beurteilung der Leistungen und der Gesundheit der Singstimme festgelegt. MERKEL hat dann hauptsächlich an sich selbst genauere Beobachtungen gemacht. Er erörtert (S. 61), wie bei Schwelltönen die Atmung verlaufen kann, auf Grund von Beobachtungen vor dem Spiegel. Es gebe da verschiedene Atmungsarten, und zwar die Auftreibung des Unterleibes, also Vorwölbung der Bauchwandung in der Mitte, wobei die untersten Rippen ein- und abwärts bewegt würden. Bei plötzlicher Verstärkung eines Pianotons werde ferner die bisher gleichmäßige Ausatmung unterbrochen, die unteren Rippen gehoben, die mesogastrische Zone abgeplattet. Auf diese Art würden namentlich hohe Brusttöne (des Mannes) von e piano bis f^1 forte markiert angegeben. Verstärke man aber einen piano oder mezzoforte angegebenen Ton bis zum Forte oder Fortissimo, so nehme der Sänger einen Anlauf und halte den Brustkorb nach der Einatmung möglichst inspiratorisch erweitert, wodurch das Zwerchfell regulatorisch gespannt werde. MERKEL nennt das die „phonatorische Expiration mit Festhalten der Thoraxbasis“. Später (S. 606) faßt er seine Ansicht etwas einfacher zusammen und sagt, die Ausatmung zur Tonverstärkung könne also geschehen: 1. durch ziemlich gleichmäßige Zusammenziehung der Expirationsmuskeln ohne Erweiterung und Fixierung des Zwerchfellrahmens oder 2. ziemlich plötzlich mit Dilatierung der Flanken und Einziehung des Epigastriums, also Fixierung des Zwerchfellrahmens. Die Einwärtsziehung des Mittelbauchs sei besonders auffallend beim Schwellton, während dessen das Aufziehen der Thoraxbasis fast ganz unterbleibe. MERKEL beschreibt hier Vorgänge, die wir als Erscheinungen des Stützens kennen und die sich bei Schwelltönen in den Kurven deutlich ausdrücken, nur nicht bei allen Sängern in gleicher Weise. — Ebenfalls von Selbstbeobachtungen ausgehend erwähnt er ferner, wie während des Anschwellens eines Pianotons („mit mäßig vollem Atem“) der Kehlkopf herabrückt, um beim „Abschwellen und allmählichen Ausgehen der Luft“ „wieder auf den ursprünglichen Stand“ zurückzugehen oder

selbst noch etwas höher. „Der Betrag des Raumes, den der Kehlkopf dabei durchläuft, hängt von der Stellung ab, die der Kehlkopf beim Einsatz des Tones annahm; war dieselbe eine verhältnismäßig hohe, was ziemlich soviel bedeutet als: wurde der Ton sehr piano eingesetzt, so beträgt das Stück, um welches der Kehlkopf dabei herabsteigt, mehr als wenn der Kehlkopf sich schon von Anfang auf einen tieferen Punkt am Halse einstellte. Ist durch eine sehr tiefe Inspiration der Kehlkopf schon für einen gewissen Ton so tief eingestellt, so findet beim Crescendo kein weiteres Vertiefen des Kehlkopfstandes statt, wohl aber steigt in solchen Fällen der Kehlkopf über seine anfangs eingenommene Stellung, wenn der betreffende Ton bis zum Ausgehen des Atems gehalten wird.“ Diese Veränderungen der Kehlkopfstellung geschehen etwa in einem Bereiche von 9,5—10,5 mm. „Im allgemeinen fällt der Kehlkopf beim Schwellen tiefer piano eingesetzter Töne mehr als beim Schwellen hoher Töne. Doch kommt es dabei auch auf den möglichen Grad der Tonverstärkung an. Am meisten lassen sich die um den phonischen Nullpunkt herum liegenden Töne mit Kehlkopfvertiefung schwellen, während der tiefste Brustton, der einem möglich ist, nur piano gegeben werden kann, also auch keine Schwellung zuläßt, offenbar, weil dabei der Kehlkopf so tief steht, als er bei gegebenen Verhältnissen überhaupt in tonfähiger Weise herabsteigen kann.“ „Wenn aber ein forte oder mezzoforte eingesetzter Ton mit abnehmendem Atem an Stärke zunimmt, so steigt der Kehlkopf infolge Luftmangels, ebenso steigt er bei Schwelltönen im Falsett, und zwar um 14—18,5 mm“. Später erwähnt MERKEL (S. 727) auch, daß der Kehlkopf entsprechend der Schwellung mehr am Hals hervortritt, weil, wie er meint, „die phonische Weite der Glottis, also auch der Umfang des ganzen Kehlkopfs zugenommen hat“. Ohne MERKELS letzte Erklärung anzunehmen, müssen wir doch die Genauigkeit seiner Beobachtungen bewundern, die für die weitere Literatur maßgebend wurden. Die meisten Bücher der Gesangslehre und in neuerer Zeit noch LABUS (1912) erwähnen die Senkung des Kehlkopfs bei der Tonverstärkung und die Hebung beim Abschwellen. Nirgends aber finden sich nur annähernd so genaue Angaben wie bei MERKEL.

Bemerkenswerte laryngoskopische Beobachtungen, deren allgemeine Gültigkeit aber nicht feststeht, hat CASTEX gemacht. Er beschreibt das Verhalten der Stimmritze beim Schwellton. Im Pianissimo sind die Stimmlippen genähert, die Glottis etwas geöffnet, dann treten sich die Stimmlippen beim Fortissimo nur in der Mitte näher und entfernen sich schließlich wieder beim Abschwellen. Er bezeichnet das Wesen des Schwelltons als Kampf zwischen Atemdruck und Stimmlippenschluß. Beobachtungen an verschiedenen Stimmen, die Verf. vornahm, bestätigen diesen Spiegelbefund nicht. Die Stimmritze schließt sich allerdings mit zunehmender Tonstärke, aber meistens gleichmäßig linear; die Sanduhrform, die CASTEX sah, kommt bei zu starkem Pressen auch vor.

Der Beschreibung von Schwelltönen mögen die Ergebnisse einiger Versuche über das Verhalten der Atem- und Kehlkopfbewegungen bei raschem Übergang von lauter zu leiser Tongebung vorausgeschickt werden. Forte-Piano und Piano-Forte-Übergänge wurden an 32 Versuchspersonen, nämlich 9 Sopranen, 2 Mezzosopranen, 3 Altistinnen, 10 Tenören, 4 Baritonern, 4 Bässen aufgenommen, und zwar neben den üblichen Atemkurven auch eine Anzahl laryngographischer sowie Atemvolumkurven. Letztere erlauben uns die Stimmstärke aus dem Luftverbrauch unter gewissen Voraussetzungen zu bestimmen. An den Atemkurven dieser Versuchsreihe sind keine Messungen vorgenommen, denn daß es sich dabei um die typische Singatmung han-

delt, wie wir sie bereits kennen, ist verständlich. Charakteristisches konnte nur der Ablauf der Ausatemungskurve bieten, weshalb es nötig ist, diese zu beschreiben. Es handelt sich nämlich dabei um das Verhältnis der Steilheit an Bauch- und Brustkurven, das anzeigt, welche Muskelgebiete bei der stärkeren und welche bei der leiseren Tongebung hauptsächlich in Betracht kommen, und namentlich um die Erscheinung des Stützens, also der oben beschriebenen bewußten Verlangsamung von Atembewegungen der Brust oder des Bauches. 157 Atembewegungskurven von 28 Versuchspersonen (6 Soprane, 2 Mezzosoprane, 3 Alt, 9 Tenöre, 4 Baritone, 4 Bässe) lieferten folgende Ergebnisse: Abgesehen davon, daß beim Forte die Kurven überhaupt steiler verlaufen als beim Piano derselben Aufnahme, kommen Stützbewegungen an Brust- (Abb. 17, S. 113) und Bauchkurve bei allen Versuchspersonen vor. Man kann dabei keine von Tonhöhe oder Stimmgattung abhängigen Unterschiede feststellen, dagegen kann man sagen, daß die Kurven um so gleichmäßiger abfallen, je besser die Ausbildung des Sängers ist. Der Übergang vom Forte zum Piano und umgekehrt ist aber in über 70 Proz. der Fälle als deutlicher Knick in einer oder in beiden Kurven sichtbar. Diese Brechung der Kurve rührt daher, daß einer absichtlich verlangsamten Atembewegung plötzlich freier Lauf gelassen wird, oder daß eine starke und schnelle Bewegung plötzlich gehemmt wird, was die Sänger vielfach mit Loslassen der Stütze bzw. mit Einsetzen derselben bezeichnen. Auch wo die Kurven ziemlich ebenmäßig verlaufen (vgl. Abb. 16), tritt im Augenblick des Übergangs vom Piano zum Forte ein solcher Knick auf; er ist dort am deutlichsten, wo die stärkste Bewegung ausgeführt wird. In Abb. 16 z. B. an der Bauchkurve. Je nachdem gestützt wird, tritt die Brechung der Kurve bald an der Brust-, bald an der Bauchkurve ein. Sie kann an einer der Kurven auch ganz fehlen, wenn z. B. sowohl beim Forte als beim Piano die Brustatmung absichtlich verlangsamt wird. Dann sieht man hier nur eine ganz geringe oder gar keine Änderung im Kurvenablauf, während in der Bauchkurve die beiden Teile entsprechend der Tonstärke sich scharf gegeneinander absetzen. Es ist selbstverständlich, daß dieses Verhältnis weniger von der Atmungsart als vielmehr vom Unterschied in der Stimmstärke beeinflußt wird. Gleichzeitige Aufnahmen von Atemvolumkurven beweisen das. GUTZMANN hat den Satz aufgestellt, „Die relative Messung der Stimmintensität durch Messung des Atemvolumverbrauches bei gleichbleibender Tonhöhe und gleichbleibendem Klang gibt ein gutes Bild von der Genauigkeit, mit welcher die einzelnen Kräfte bei der Stimmgebung koordiniert werden“. Die Intensität der Stimme eines und desselben Tons ist also bei gleichbleibendem Klang (Register, Artikulation) nur abhängig vom Volumverbrauch der Atmung. Bei solchen Untersuchungen muß man nur auf einen Singfehler achten:

das Überhauchen im Piano. Letzteres gibt steile Atemvolumkurven, die der Tonstärke nicht entsprechen, ohne jene des Forte zu erreichen.

Der Übergang vom Forte zum Piano und vom Piano zum Forte wurde an je 13 Aufnahmen mit dem Atemvolumschreiber von GUTZ-

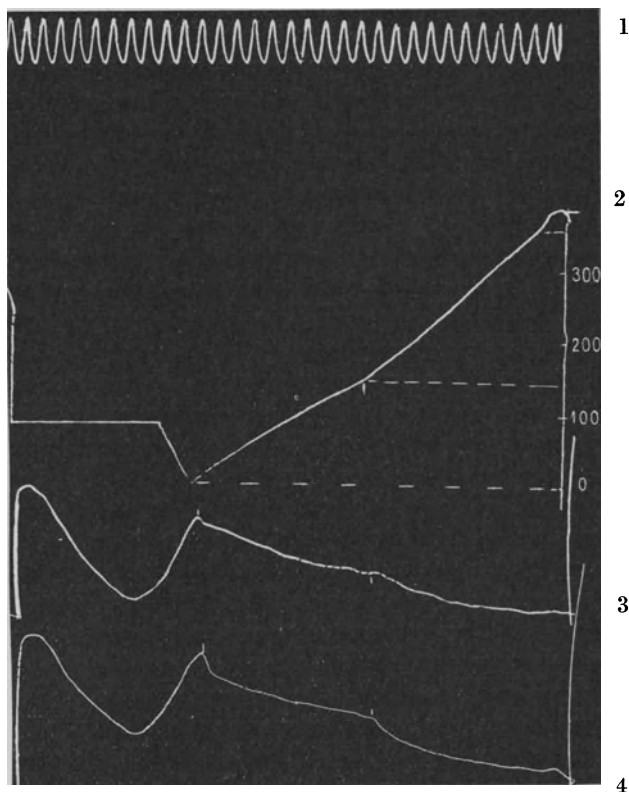


Abb. 16. Atemvolum- und Bewegungskurven beim Übergang vom Piano zum Forte. Ton a, Sopran Nr. 27. Vokal o.

1. Zeitschreibung: $\frac{1}{5}$ Sek. 2. Volumkurve. 3. Brustatmung. 4. Bauchatmung.
 Luftverbrauch im Piano 76 ccm pro Sekunde.
 „ „ Forte 106 „ „ „

MANN-WETHLO bei tiefen, mittleren und hohen Tönen untersucht. Gewöhnlich wurde der Ton je 2 Sekunden Forte und Piano angehalten. Wir wissen, daß eine Strecke von 1 mm der senkrechten Schreibung des Volummessers gleich 6,25 ccm Luft ist, und können demnach auf der Ordinate, die der Apparat auf die unbewegte Trommel zeichnet, Strecken von je 100 oder 50 ccm abmessen und durch wagrechte Linien zu einem Koordinatensystem ergänzen, das einfach auf Pauspapier

durchgezeichnet wird. Man legt es dann über die zu berechnende Kurve, auf der man vorher die drei Ordinaten am Beginn, an der Knickstelle und am Ende eingezeichnet hat. Die Abszisse zieht man durch die gleich gerichtete Zeitschreiberkurve. Auf solche Weise läßt sich leicht z. B. bei $\frac{1}{5}$ Sekunden Zeitschreibung messen, wieviel Kubikzentimeter Luft in x Zehntel-Sekunden beim Forte und y Zehntel-Sekunden beim Piano verbraucht wurden. Daraus berechnet man dann einfach den Luftverbrauch für die Sekunde (Abb. 16). Die so gewonnenen absoluten Werte schwanken natürlich stark bei Forte zwischen rund 100 und 400, beim Piano zwischen 50 und 300 ccm, da ja beides relative Begriffe sind. Ihr Verhältnis zueinander läßt sich mittels Division des Fortewertes durch den Pianowert in einer Zahl ausdrücken, die zwischen 1,1 und 2,2 schwankt. Gewöhnlich bewegt sich der Wert zwischen 1,3 und 1,5. Das sind Selbstverständlichkeiten. Die Atemvolumkurve würde also bei diesen Untersuchungen nur den Zweck haben, den Intensitätsunterschied zwischen Forte und Piano im Verhältnis zur Atembewegungskurve zu zeigen und deren Brechung als Zeichen des Wechsels im Atemverbrauch nachzuweisen. Aber die Berechnung in obiger Weise hat noch zu einem weiteren Ergebnis geführt. Es hat sich nämlich herausgestellt, daß beim Übergang vom Forte- zum Pianoton der Luftverbrauch immer auch verhältnismäßig größer beim Forte ist als beim Übergang vom Piano zum Forte. Im Durchschnitt betrug das Verhältnis von F. : P. = 1,75, wenn der Forteton vorausging, während der Wert auf 1,36 sank, wenn das Forte dem Pianoton erst folgte. Für dieses Verhalten lassen sich zwei Gründe anführen. Einmal, und das scheint die Hauptsache, steht beim Beginn mit dem Forteton absolut mehr Luft zur Verfügung, weshalb auch mehr aufgewendet wird, als wenn durch den vorausgehenden Pianoton ein Teil der Luft schon verbraucht ist. Andererseits könnte beim lauten Ton, wenn er auf den leisen folgt, die Kontrastempfindung ein stärkeres Forte verhindern, weil hier das Forte relativ stärker erscheint. Nachdem das Piano an erster Stelle recht häufig absolut stärker ist als jenes, das auf das Forte folgt (natürlich bei der gleichen Versuchsperson und in gleicher Tonhöhe), so dürfte für den hier gefundenen Unterschied im Stärkeverhältnis zwischen F und P je nach der zeitlichen Stellung des stärkeren Tones die jeweils vorhandene absolute Luftmenge hauptsächlich maßgebend sein.

Die Kehlkopfbewegung beim Übergang vom schwachen zum starken Ton geschieht nach allgemeiner Annahme immer in der Richtung nach unten und meist vorn. Von 22 Versuchspersonen (5 Sopran-, 2 Mezzo-, 3 Alt-, 5 Tenor-, 4 Bariton-, 3 Baßstimmen) wurden im ganzen 102 laryngographische Kurven aufgenommen bei tiefen, mittleren und höheren Tönen (Abb. 17). Hiervon zeigen 80 dieses Verhalten bezüg-

lich der senkrechten Bewegung, nicht immer bezüglich der wagrechten, während bei 22 der Kehlkopf auch beim Forte hoch, sogar bisweilen höher als beim Piano gestellt wurde. Solches geschah aber fast stets bei sehr hohen, selten bei mittleren Tönen der Männerstimme, und dann nur bei wenig geschulten Sängern mit unschöner Tongebung (Pressen, Knödeln).

Beim Laryngographieren muß man hier vorsichtig sein wegen der Gefahr des Abgleitens der Pelotte und die Befunde durch das Getast nachprüfen, dabei zeigte es sich, daß von den 22 Fällen nicht alle ganz richtig aufgenommen waren, jedoch blieb auch bei Palpation in einigen Fällen die Frage unentschieden, da die Befunde oft sehr wechselten, während bei einer kleinen Anzahl mit Betastung ein zweifelloses Hochziehen des Kehlkopfs nachweisbar war. Das Gesetz, wonach der Kehlkopf bei lauterem Singen tiefer tritt als bei leisem Angeben des gleichen Tons, stimmt also, schöne Tongebung vorausgesetzt, und erleidet nur an den Ton-

grenzen Ausnahmen, an der untersten auch deshalb, weil ein noch tieferes Einstellen, wie schon MERKEL erklärt hat, nicht mehr möglich ist. Die Kehlkopfbewegung geschieht bei dem plötzlichen Stärkewechsel ruckweise, wie wenn eine völlig neue Einstellung eintritt.

Es war zu erwarten, daß bei Schwelltönen (Abb. 18) plötzliche Richtungsänderungen der Kurven durch sanftere Linienführung aus-

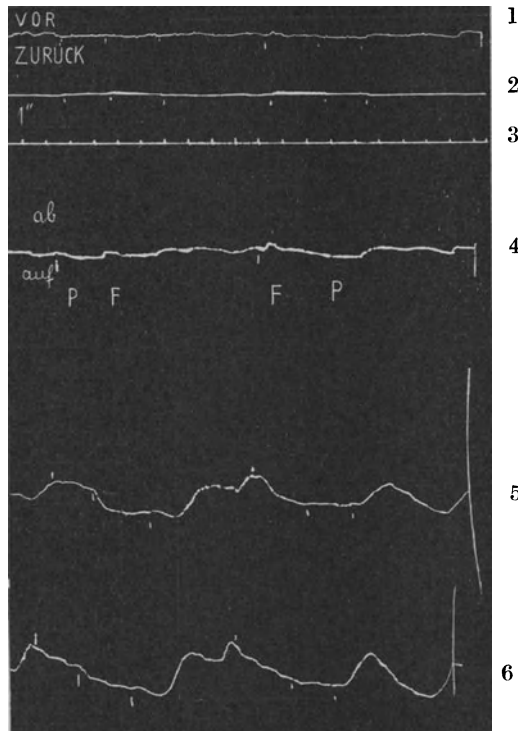


Abb. 17. Einwirkung des Übergangs vom Piano zum Forte und vom Forte zum Piano auf Atem- und Kehlkopfbewegung.

1. Horizontalbewegung des Kehlkopfs. 2. Stimmkurve. 3. Zeitschreibung: 1 Sek. 4. Vertikalbewegung des Kehlkopfs. 5. Brustatmung. 6. Bauchatmung.

Gesummte Töne cis¹ Konzertsängerin Nr. 27.

geglichen würden. Diese Annahme trifft für Atem- und Kehlkopfkurven zu. Es fanden sich auch größere Regelmäßigkeiten der Atemkurven insofern, als bei 23 Versuchspersonen (11 Soprane, 2 Mezzosoprane, 2 Alt, 4 Tenöre, 2 Baritone, 2 Bässe) mit 90 Aufnahmen sich 33 mal die Erscheinung findet, daß während der Ton-

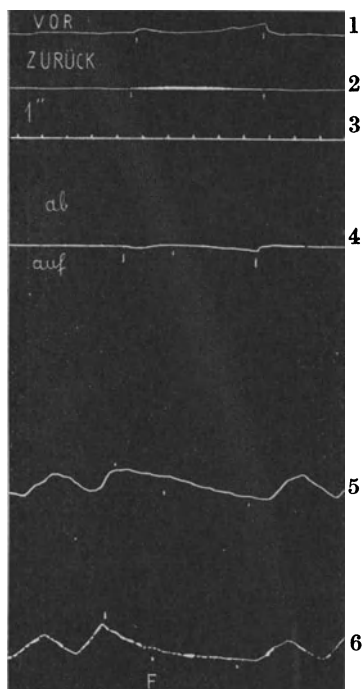


Abb. 18. Einwirkung eines gesummten Schwelltons auf Atem- und Kehlkopfbewegungen. Ton cis¹, Konzertsängerin Nr. 27 (bei F forte).

1. Horizontalbewegung des Kehlkopfs. 2. Stimmkurve. 3. Zeitschreibung: 1 Sek. 4. Vertikalbewegung des Kehlkopfs. 5. Brustatmung. 6. Bauchatmung.

verstärkung die Brust- und Bauchkurve zusammen stärker sinken, die Brustkurve oft langsamer, meist mit vorhergehender Ausbuchtung nach oben (Bruststütze, 22 mal) oder mit der gleichen vorausgehenden Stützbewegung an beiden Kurven (11 mal). Steiles Abfallen der Brustkurve allein findet sich 17 mal mit vorauslaufender Stützerscheinung an der Brust und 14 mal mit ausgesprochener gleichzeitiger Bauchstütze, während die Hauptarbeit beim Forte sonst 26 mal der Bauchkurve fast allein zufiel, wobei an der Brust vorher oder noch neben dem Abfall der Bauchkurve Stützerscheinungen auftraten, wie sie an der Bauchkurve dem steileren Abstieg gewöhnlich auch vorausgehen. Ausschließlich bei tiefen Tönen, die man nicht stark anschwellen lassen kann, fielen die beiden Kurven sehr ebenmäßig ab, ohne auffällige Steilheiten. Die Selbstbeobachtungen MERKELS werden also im großen ganzen durch die pneumographischen Untersuchungen an einer größeren Anzahl von Sängern bestätigt. Man kann demnach sagen, daß die meisten Sänger bei den Schwelltönen im Beginn des Crescendo die Bruststütze verwenden. Wo

zum Anschwellen die Bauchatmung bevorzugt wird, da kann die Bruststütze fast bis zum Abschwollen andauern. Viele Sänger machen bei Schwelltönen immer solche Stützbewegungen, manche namentlich bei hohen Tönen (vgl. Abb. 13, S. 89, wo beim tiefen und mittleren Schwellton a¹ keine Stützbewegungen und steilere Brustkurven, beim hohen Schwellton a² Stützbewegungen der Bauchkurve sichtbar werden). Ausge-

sprochene Brustatmung mit Bauchstütze fand sich nur einmal in allen 12 Aufnahmen eines Naturbaritons (Abb. 19) und bei zwei Sopranen (Schülerinnen), ferner bildet CASTEX in seinem Buch eine derartige Kurve ab.

Die Kehlkopfbewegungen verhalten sich im allgemeinen entsprechend dem oben erwähnten Gesetz bei der Tonverstärkung. Die Zahl der laryngographischen Aufnahmen von Schwelltönen ist allerdings klein. Von 41 zeigen 32 beim Anschwellen das mehr oder minder deutliche allmähliche Abwärts-treten des Kehlkopfs, das meistens auch mit einer kleinen Vorwärtsbewegung verbunden ist. Hier gilt auch die Regel, daß gut ausgebildete Stimmen ebennmäßig absteigende Kurven liefern bei der Pneumographie und namentlich bei der Laryngographie, wogegen bei Natursängern und Schülern die Übergänge in der Stimmstärke gewöhnlich weniger ausgeglichen sind. Die Atemkurven fallen dann unvermittelt und steiler ab, die Luft wird

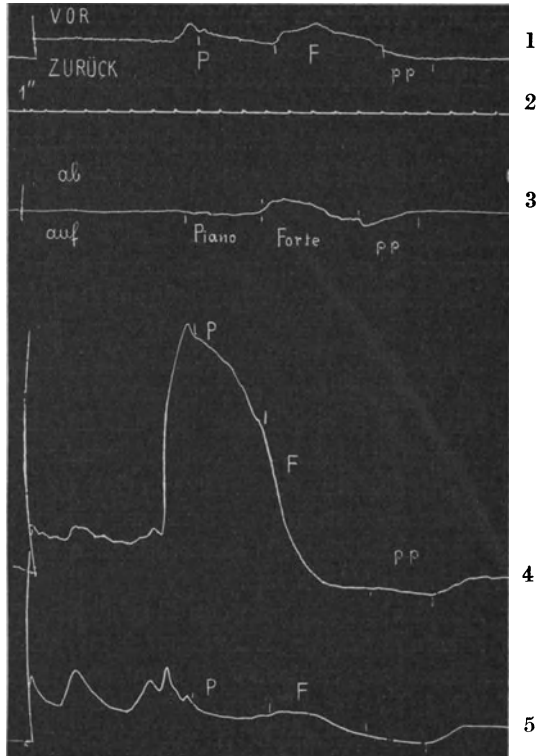


Abb. 19. Einwirkung eines gesummen Schwelltons auf Atem- und Kehlkopfbewegung. Ton A, Bariton, Natursänger (Nr. 399).

1. Horizontalbewegung des Kehlkopfs. 2. Zeitschreibung: 1 Sek. 3. Vertikalbewegung des Kehlkopfs. 4. Brustatmung. 5. Bauchatmung.

rascher und mehr stoßweise verbraucht im Gegensatz zur sogenannten Atemökonomie des Kunstsängers. Das zeigt an den Atem- und Kehlkopfkurven ein Vergleich von Abb. 18 und 19. Die Übergänge an den Aufnahmen des Naturbaritons (Abb. 19) beim An- und Anschwellen erinnern schon an den unvermittelten Wechsel der Tonstärke, wie man ihn bei Forte-Pianoaufnahmen allerdings noch ausgeprägter zu sehen bekommt.

Demgegenüber verlaufen Atem- und Kehlkopfcurven der Kunstsängerin (Abb. 18) sehr schön und ebenmäßig, aber die Horizontalbewegung des Kehlkopfs nach rückwärts beim Forte entspricht nicht obigem Gesetz. Fehler am Apparat waren daran nicht schuld. Bei der Betastung aber war die geringe Bewegung kaum wahrnehmbar. Nur 9 mal wurde der Kehlkopf während der Anschwellung nach oben vorne gezogen. Von diesen 9 Aufnahmen rühren 5 von einem tremolierenden Bassisten her, die übrigen 4 stammen von einer Sopransängerin aus der Ausbildungszeit, als sie eine funktionelle Stimmchwäche hatte. Dieselbe Versuchsperson lieferte später eine Reihe ganz normaler Schwelltonkurven. Demnach können diese 9 Aufnahmen nicht als normal gelten.

Atemvolumkurven von Schwelltönen wurden nur vereinzelt gemacht. Sie zeigen uns durch Gleichmäßigkeit des An- und Abschwellens die Richtigkeit des Schwelltones. Ihr Verlauf entspricht ganz jenen von GUTZMANN beschriebenen und ausgerechneten Kurven, an denen er die Verwendung seines Apparates zur Bestimmung der relativen Stimmstärke zeigte.

Ergebnisse. Die wesentlichen Ergebnisse dieses Kapitels lassen sich in folgende Sätze zusammenfassen:

Die beim Summen oder Singen einfacher Töne beobachteten Veränderungen der Atemkurven entsprechen dem Singatemtypus, der schon bei lebhaftem Vorstellen von Gesangstönen zum Ausdruck kommt.

Dieser Atemtypus ist beim wirklichen Hervorbringen von Tönen aber noch deutlicher als beim Vorstellen und prägt sich namentlich bei den höchsten Tönen aus.

Das Gleiche gilt von den Erscheinungen des Stützens.

Einstellbewegungen fanden sich an den Kurven der Bauchatmung, Abstellbewegungen nach Aufhören des Tons an beiden Kurven hauptsächlich bei kurzen Tönen.

Die Atemkurven beim Vorstellen und beim Hervorbringen von Tönen haben, bezogen auf die gleiche Versuchsperson, die gleiche vorgestellte oder wirkliche Tonhöhe, Tonstärke und Tondauer, weitgehende Ähnlichkeiten.

Die Kehlkopfbewegungen entsprechen bei einfach gesummen Tönen gewöhnlich in ihrer Richtung der Tonhöhe, falls nicht eine besondere Schulung dieses natürliche Verhalten ändert. Sie sind bei ungeschulten Stimmen meist größer als bei geschulten, doch hängt ihre Größe auch vom willkürlichen Spielraum des Kehlkopfs und von der Tonhöhe und Stärke ab. Die Geschwindigkeit der Einstellbewegung des Kehlkopfs ist verschieden und bei höheren Tönen sowie beim harten Stimmeinsatz größer.

Die Abstellbewegung des Kehlkopfs verläuft gewöhnlich rascher und ist vielfach größer als die Einstellbewegung.

Die Einstellbewegung geht dem Toneinsatz immer voraus, ist aber nicht immer mit demselben beendet, namentlich nicht bei kurz dauernder stärkerer Tongebung.

Die Kehlkopfbewegungen scheinen nach dem Gesetz für begrenzte, langsame und bis zu einem gewissen Grad von Empfindungen kontrollierte Bewegungen zu verlaufen.

Die Abstellbewegung überschreitet sehr häufig zunächst die Ruhelage, worauf der Kehlkopf erst allmählich zu dieser zurückkehrt.

Bei plötzlichem Übergang von lauter zu leiser Tongebung und umgekehrt erscheint in den Atemkurven eine deutliche Brechung der Kurve.

Durch Messung des Atemvolumens ergibt sich, daß beim Übergang von starken zu schwachen Tönen die Stimmstärke beim Forte relativ größer ist als beim Übergang vom schwachen zum starken Ton. Das rührt wahrscheinlich von der größeren Atemmenge her, die beim Beginn der Stimmgebung vorhanden ist.

Beim plötzlichen Übergang vom Piano zum Forte tritt der Kehlkopf bei guten Sängern nach unten und meist nach vorn, und zwar mit einem Ruck.

Bei Schwelltönen erscheinen die ruckweisen Bewegungen an Atem- und Kehlkopfcurve um so ausgeglichener, je besser die Schulung des Singenden ist.

An der Atemkurve treten im Beginn der Tonverstärkung am häufigsten Stützbewegungen der Brustatmung auf.

Der Kehlkopf senkt sich während des Anschwellens normalerweise und tritt auch häufig vor. Ausnahmen davon machen Schwelltöne an den Grenzen des Stimmumfangs.

Atemvolumkurven geben uns weiteren Aufschluß über die Gleichmäßigkeit des Anschwellens gut gesungener Schwelltöne.

VI. Bewegungen der Atmung und des Kehlkopfs beim Singen von Tonleitern und Tonfolgen in kleinen und großen Intervallen.

Mit der Untersuchung der Atem- und Kehlkopfbewegungen beim Singen von Tonfolgen betreten wir ein von alters her sehr strittiges Gebiet. Es wird daher nötig sein, die bisherige Literatur zunächst über die Singatmung und dann auch über die Kehlkopfbewegungen einigermaßen zu sichten, weil das noch nicht geschehen ist. Daß hierbei viele Lehrbücher über das Singen keine Berücksichtigung finden können, darf nicht wundernehmen. Für die Widerlegung mancher physiologischer Unsinnigkeiten fehlt hier Raum und Zeit. Soweit aber Eigentümlich-

keiten bestimmter Gesangsschulen in Betracht kommen, werden sie erwähnt sein.

Die Entwicklung der Lehre von den Atem- und Kehlkopfbewegungen beim Singen.

Der springende Punkt, um den es sich bei Singatmung seit den ältesten Streitigkeiten und noch heute handelt, ist die Frage, welche Muskelgruppen bei der Einatmung und bei der bewußten willkürlichen verlangsamten Ausatmung während der Stimmgebung hauptsächlich beteiligt seien und in welcher Weise sie daran teilnehmen.

MANDL spricht 1855 von einer „lutte vocale“, einem Widerstreit zwischen Ein- und Ausatemsmuskulatur zum Zwecke der phonatorischen Ausatmung. Er bevorzugt die Abdominalatmung, da er meint, sie bewahre die Stimme am ehesten vor Ermüdung, weil dabei der Kraftverbrauch bei der lutte vocale auf ein Mindestmaß beschränkt sei. MERKEL, der 1857 noch die Zwerchfelltätigkeit bei der unwillkürlichen Ruheatmung verneinte (aber nur bei dieser, das sei HELLAT gegenüber betont), MERKEL meint, man solle es nie zu einem solchen phonischen Kampf kommen lassen, sondern die Ausatmung verlangsamten „ohne aktive Kontraktion“, wobei sich weder Zwerchfell noch Bauchmuskeln „in spezifischer Weise kontrahieren“. Das Zwerchfell müsse durch allmähliches Erschlaffen die allzu stürmische Kontraktion der Bauchmuskulatur regulieren. Diesen von ROSSBACH 1869 übernommenen Anschauungen hat HELLAT später mit Recht widersprochen. Andere Behauptungen MERKELS aber sind übergangen worden, die sicher auf guter Beobachtung beruhen. Abgesehen von den Atmungsarten bei Schwelltönen, von denen MERKEL an anderer Stelle sagt, daß sie sich beim Singen überhaupt kombinieren, beschreibt er noch folgende Veränderungen der Atmung: bei starker Tongebung und geschlossenem Mund werde die Thoraxbasis stets fixiert, die „Flanken mehr oder weniger dilatiert“ und die obere Abteilung des Unterleibs nehme gleichfalls an „Umfang und Konsistenz“ zu. Bei hohen, mit offenem Mund und dunklem Timbre gesungenen Brusttönen werde der Brustkorb „in seinem Inspirationsaufzug entweder einfach festgehalten“ (Bruststütze), während sich die Bauchmuskeln kräftig zusammenziehen, oder der Thorax werde sogar für die nächsten Töne (höhere, aber nicht schwächere) in seiner unteren Abteilung „verhältnismäßig dilatiert“, Epi- und Mesogastrium dabei eingezogen. „Erst, wenn die Tonstärke nachläßt, senken sich die unteren Rippen und die Bauchwand tritt wieder vor“, was wir als Aufhören der Stützbewegung bezeichnen würden. Die von BEAU und MASSIAT aufgestellten 3 Atmungstypen: Schlüsselbein-, Rippen- und Bauchatmung haben dann später die Lehre von der Singatmung sehr stark beeinflußt, nachdem schon MANDL den letzten Atmungstypus als den allein für das Singen geeigneten hingestellt hat, weil er von berühmten italienischen Sängern am Ausgang des 18. und am Anfang des 19. Jahrhunderts schon geübt worden sein soll.

Umfangreichere pneumographische Untersuchungen über die Singatmung hat erst PILTAN 1886 an ausgebildeten und nicht ausgebildeten Sängern vorgenommen. Er kam zur festen Überzeugung, daß der Wohlklang der Stimme von der Atmungsart abhängig sei. Nur wenn das Zwerchfell bei der Ausatmung sich zusammenziehe und ein gewisses Gleichgewicht zwischen Ausatemungs- und Einatemungskräften herstelle, mit dem Ergebnis, daß nur wenig Luft unter geringem Druck entweiche, nur dann werde eine gute Stimmgebung ermöglicht. Mit dieser

Atemtechnik könne ein guter Sänger einen oder mehrere Töne in jeglicher Tonlage 30—35 Sekunden lang halten. Wenn aber während der Brustatmung das Zwerchfell in Ruhe bleibe, so müßten die Bauchmuskeln, um eine stärkere Ausatmung zu ermöglichen, dasselbe nach oben drücken. Die Folge davon: stärkerer subglottischer Druck, überhauchte Stimmgebung beraube die Stimme jeder Fülle und Stärke. Auch hier ist der MERKELSche Gedanke noch maßgebend. PILTAN hat ferner Gelegenheit gehabt, den subglottischen Druck an Tracheotomierten zu messen. Seine Angaben sollen der Vergessenheit entrissen werden, da sie vielleicht einer gelegentlichen Nachprüfung wert sind. Er fand Druckhöhen von 0,04 mm Hg. für das f^1 und 0,08 mm Hg. für f^2 , dabei aber schwache Stimme und einen Luftverbrauch von 4 Liter in 6—7 Sekunden, ähnlich wie bei ungenügender Zwerchfellatmung. Gute Sänger verbrauchen die gleiche Luftmenge in 5mal längerer Zeit. Wenn PILTAN Sängern mit geschädigter Stimme die Atmungsart guter Sänger beibrachte, so erreichte er bessere Stimmgebung. Er schließt aus seinen Versuchen, daß die Singatmung als Atemgymnastik gelten könne und dem Willen unterworfen werden müsse, daß aber der über dem Kehlkopf gelegene Teil (das Ansatzrohr) den Ton nicht forme, sondern nur modifiziere. Eine schöne Stimme sei das Ergebnis eines vollkommenen Gleichgewichts zwischen schwachem subglottischem Luftdruck und Stimmlippenspannung im Augenblick der Ausatmung. Das ist nun zwar selbstverständlich und PILTANs Lehren sind nur unter dem Gesichtspunkt zu betrachten, daß ausgesprochene Brustatmung beim Singen auf die Tongebung im Augenblick und auf die Leistungsfähigkeit des Organs überhaupt ungünstig einwirke.

Die ebenfalls pneumographischen Studien mit MAREYS Apparat von SEWALL und POLLARD 1890 sind bekannter geworden (vgl. auch R. DU BOIS-REYMOND 1902). Sie nahmen an 14 Sängern und 4 Sängerinnen hauptsächlich die Atembewegungen beim Singen von Tonleitern, am häufigsten C-Dur, auf, und berücksichtigten dabei wenigstens im allgemeinen auch das Tempo, in dem gesungen wurde, ohne indessen genaue Angaben hierüber zu machen. Sie fanden beim Aufwärtssingen der Tonleiter die Stimmgebung leichter und die Töne klarer und schöner, wenn die Ausatmung wesentlich durch die Bauchmuskulatur bewirkt wurde, neben der eine leichte Hebung des Brustkorbs von inspiratorischem Charakter herließ (Bruststütze), die nur bei längerem Halten der höchsten Töne aufgegeben wurde. Umgekehrt traten beim Abwärtssingen die Brustmuskeln hauptsächlich in Tätigkeit und das Zwerchfell (im Sinne der Gleichsetzung von Bauch- und Zwerchfellbewegung) stand ruhig oder wurde sogar allmählich gesenkt, d. h. der Bauch drängte sich vor. Am deutlichsten waren diese Veränderungen der Kurve bei raschem Hinauf- und Hinabgleiten der Stimme durch die Oktaven. Versuche, die Atmung willkürlich so zu gestalten, daß bei vorgetriebenem Bauch der Brustmuskulatur die Arbeit der Ausatmung allein zufiel, führten dazu, daß hohe Töne „flatterig“ klangen. Demnach sollen tiefe Töne reiner und stärker hervorgebracht werden, wenn ausschließlich die Brustatmung verwendet wird, umgekehrt höhere Töne am schönsten, wenn ausschließlich die Bauchatmung zur Geltung kommt. Zur Erklärung nehmen SEWALL und POLLARD Resonanzveränderungen im Brustkorb an, und zwar bei Erweiterung in der Breite und Verkürzung in der Länge eine Erhöhung des Eigentons, bei Verkürzung in der Breite und Verlängerung in der Höhe eine Vertiefung desselben. Übrigens kamen auch individuelle Verschiedenheiten vor. Jedenfalls vertreten S. und P. die einseitige Verwendung von Brust- oder Bauchatmung je nach der Tonhöhe auf Grund ihrer Atemkurven und Beobachtungen beim raschen Hinauf- und Hinabgleiten durch den Stimmumfang, was Verfasser bei einer kurzen Nachprüfung richtig fand. Es fragt sich nur, ob diese Atmungsart beim Glissando auch maßgebend sei für andere Arten des Singens.

1897 hat HELLAT die wesentlich abdominale Atmung als besonders vorteilhaft für den Sänger erklärt. Er stellte die früheren Theorien richtig, die dem Zwerchfell eine regulierende Rolle gegenüber den Bauchmuskeln bei der Ausatmung zuschrieben, obwohl es nur Einatemmuskel ist. Der Brustatmung, d. h. dem wesentlich kostalen Typ stellt er die Bauchatmung gegenüber, während der natürlich die Brust nicht stillsteht, sondern mit dem ersten Atemzug in Inspirationsstellung gebracht wird. Jedoch glaubt er, daß ein Ton länger gehalten werden könne, wenn die Bauchmuskeln den Hauptanteil der Atmung übernehmen. HELLAT sieht das Wesentliche an dieser Atmungsart in der gleichbleibenden Weite der Bronchiallumina und der Form des Thorax, der dazu noch „die größtmögliche Ausdehnung“ annimmt und dabei eine wichtige Aufgabe als Resonator erfüllt. Daneben schreibt er den Bauchmuskeln eine besonders große Elastizität und Einübung zu, die eine feinere Abstufung des expiratorischen Luftdrucks gestattet. Daß dabei der Brustkorb weder ganz ruhig noch — von besonderen Kraftleistungen abgesehen — in dauernder Einatemstellung gehalten zu werden braucht, hebt HELLAT noch hervor, offenbar, um einseitigen Mißdeutungen seiner Ansicht zuvorzukommen, und er erwähnt ferner, daß die Luftquanten bei beiden Atmungsarten ungefähr die gleichen seien. Wichtig in seinen Ausführungen ist noch der Satz: „Der Charakter des Tons, der mit ein und demselben Atemzug ausgeführt wird, ändert sich sofort, sobald die Atmung einen anderen Typus annimmt.“ Leider geht er dem Problem, das er in diesem Satz aufstellt, nicht weiter nach. Seine Anschauungen hierüber scheinen auf einfacher Beobachtung zu beruhen. Im Jahre darauf hat SCHEIER das Röntgenverfahren zur Untersuchung der Singatmung herangezogen und nachgewiesen, daß bei ausgesprochener Zwerchfellatmung, die nie ohne gleichzeitige Flankenatmung möglich ist, das Zwerchfell bedeutend tiefer tritt als bei kostalem Atmen (in der Axillarlinie um 8—12 cm), und daß es während der Tongebung langsam ansteigt. Bei der Schulteratmung, die nicht so ausgiebig ist — denn die Vergrößerung des Brustraums beruht nach VOLKMANN mehr auf Senkung des Zwerchfells als auf Erweiterung durch die Rippenbewegung — erfolgt der Zwerchfellanstieg bei langsamer Ausatmung schneller und ungleichmäßiger, mehr ruckweise. Hierin liegt eine durch Beobachtungen begründete, viel bessere Erklärung für die Vorzüge der beim Singen „stets mit mäßiger Flankenatmung“ kombinierten Zwerchfellatmung. Auch CASTEX erklärt die Verbindung von Zwerchfell- und unterer Brustatmung für die beste. Er bemerkt aber, daß JOAL an Jean de Reské hauptsächlich Rippenatmung beobachtet habe, mit der man angeblich mehr Luft aufspeichern könne, eine Angabe, die vielleicht im Sinne der von HELLAT beschriebenen Inspirationsstellung des Brustkorbs bei der Bauchatmung zu verstehen ist, womit ein scheinbarer Widerspruch beseitigt würde. CASTEX hat seine Kurven mit 3 Pneumographen von BERT aufgenommen, und zwar unter dem Schlüsselbein, an der 7.—9. Rippe und am Nabel. Leider fehlt seinen Kurven die Aufnahme der Ruheatmung und somit jede Vergleichsmöglichkeit; die Gleichmäßigkeit im Ablauf der Kurven einer als „*artiste très distinguée*“ bezeichneten Mezzosopranistin ist bemerkenswert. Daß ausgesprochene Schlüsselbeinatmung bei der Stimmgebung stets wertvoll ist, dürfte allgemein zugegeben werden. Zur Bekräftigung erzählt CASTEX noch, daß sich Rubini (1795—1854) einmal eine Rippe gebrochen habe, als er auf solche Weise ein widerspenstiges hohes b^1 herausbringen wollte. Die Anekdote scheint fragwürdig. Es steht aber fest, daß Rubini nach großen Erfolgen für einige Zeit auf weiteres Auftreten verzichtet hat, um sich nur der Ausbildung seiner Atmung zu widmen (BIAGGI). Auch MONTAGNÉ (1906) hält den sogenannten Zwerchfelltyp für die beste Art der Lungenfüllung wegen des geringsten Kraftaufwandes. Heldentenor, Bariton, Baß, großer Sopran und Alt sollen sich dieser Atmungsart bedienen, während er vom leichten Sopran, Mezzosopran und vom kleinen lyrischen

Tenor behauptet, sie brauchten weniger große Luftmengen, und ihnen deshalb den kostalen Atemtyp zu erlauben scheint. MARAGE hat 1909 neben Aufnahmen mit dem Pneumographen von LICK noch Messungen am Brustkorb in der Höhe der Achselhöhle, der Sternalspitze und des vorderen Endes der zweiten falschen Rippe vorgenommen und fand bei guter Singatmung an allen 3 Stellen gleichmäßige Ausdehnung. Nahm aber einer der 3 Perimeter gegenüber den anderen beträchtlich zu (z. B. der oberste oder unterste), so litt auch das klangliche Ergebnis dieser schlechten Singatmung. 1907 ist dann A. BARTH der Überschätzung einer Atmungsart entgegengetreten und hat dargelegt, daß die Atembewegungen von Bau und Haltung des Körpers abhängen, von seelischen Vorgängen beeinflußt werden, sowie von absichtlichen und unabsichtlichen Mitbewegungen, die mit dem Atmungsvorgang eigentlich nichts zu tun haben, ihn sogar stören können. Normal sei ein thorako-abdominales Atmen, das je nach Notwendigkeit verschieden tief ist. In Übereinstimmung mit GUTZMANN'S Erfahrungen über den Ablauf der Atemkurven beim Singen hat Verfasser schon 1910 an einer kleineren Anzahl von 14 Sängern und Sängerinnen nachgewiesen, daß rasches Absinken oder auffällige Ungleichmäßigkeiten der Atemkurve als Ausdruck der Übertreibung einer Atmungsart nicht selten funktionelle Stimmstörungen verursachen, und daß man bei demselben Sänger durch Übungsbehandlung nicht nur das Verschwinden der Störung erreicht, sondern dann mittels der Pneumographie später auch normale, d. h. langsam und gleichmäßig ablaufende Atmungsbewegungen an Brust und Bauch feststellen kann. Eine Bestätigung fanden diese Beobachtungen durch CL. HOFMANN. Später (1911) konnte ich zeigen, daß der Registerwechsel bei Natursängern in Atemkurven von Tonleitern hervortritt, während ausgebildete Sänger gleichmäßigere Atemkurven liefern, an denen aber Stützbewegungen auftreten.

In seinem Lehrbuch und auf dem internationalen Laryngo-Rhinologen-Kongreß in Berlin hat dann 1911 ERNST BARTH Singatemkurven veröffentlicht, die von Brust, Epigastrium und Bauch aufgenommen waren und bei guten Sängern ziemlich parallel verlaufen. Auch er bevorzugt die kostoabdominale Atmung, weil sich dabei spirometrisch die höchste Vitalkapazität nachweisen lasse und weil die beste Koordination bei der Ausatmung durch „synergetische Verknüpfung der Ausatmungs- und Einatmungsmuskulatur“ erzielt werde. Dabei werde die „inspiratorische Spannung sowohl in der Magengrube (Wirkung der Zwerchfellkontraktion) wie in den Brustwandungen“ wahrgenommen, weshalb dieser Atemtypus „die sicherste Atemstütze“ gibt. Mit dem Gefühl (soll heißen Wahrnehmung) der bewußten Brustkorbspannung möge auch die stimmpädagogische Vorschrift zusammenhängen, den Bauch vor der Einatmung mehr oder weniger einzuziehen, was einen größeren Verbrauch von Muskelenergie bedeutet. An seinen von einem guten Bariton stammenden Aufnahmen bemerkt man „paradoxe Bewegungen“ (BARTH), also Konvexitäten der Kurven scheinbar inspiratorischer Art, die wir als Stützbewegungen deuten dürfen, namentlich am Epigastrium beim Auf- und Abwärtssingen von Tonleitern und Dreiklängen. Hieraus schließt E. BARTH, das Zwerchfell kontrahiere sich mit ansteigender Tonhöhe und erschlaffe mit absteigender nur bei geübten Sängern, und leitet davon die Gesangsvorschrift ab: „bei hohen Tönen das Zwerchfell nach unten“. Der Höhendurchmesser des Brustkorbs werde dadurch vergrößert, daher bessere Brustresonanz, der Kehlkopf trete tiefer. Auch die Rippen können diese „paradoxe Bewegung“ mitmachen. Eine Kurve, beim Aufwärtssingen von Dreiklängen aufgenommen, zeigt das. RÉTHI vermutet, daß hier „der Tonus der Antagonisten“ im Spiel sei. Wir finden also noch Nachwirkungen der MANDL- und MERKEL'Schen Lehre und bei BARTH neben der Empfehlung der kostoabdominalen, also gemischten Atmung, Anpassungen an die Lehre von SEWALL und POLLARD, ferner den Schluß von

Bewegungen des Epigastriums auf solche des Zwerchfells, dem Verfasser schon damals in dieser Verallgemeinerung widersprochen hat und zwar mit Recht wie SCHILLING neuerdings durch röntgenologische Untersuchungen beweisen konnte. Daß sich hervorragende Künstler der kombinierten Flanken- und Zwerchfellatmung bei der Einatmung bedienen, erwähnt auch H. STERN 1911; er glaubt aber, es werde beim Ausatmen die Zwerchfellbewegung unterstützt durch das Einziehen des Leibes. In dieser Frage bezieht er sich auf BOTTERMUND und dessen Ansichten über die alte italienische Schule.

In Italien haben sich BIAGGI und neuerdings auch MANCIOLI mit der Singatmung beschäftigt. Auf BIAGGIS Atemkurven beim Textsingen wird später zurückzukommen sein. Hier sei nur erwähnt, daß er behauptet, die italienische Schule bediene sich der kostoabdominalen Tiefatmung, die französische dagegen der oberen Rippen- und Schlüsselbeinatmung. Fehler der Singatmung mit ihren schädigenden Folgen für die Stimme erkannte er ebenfalls im allzu raschen steilen Abfallen der Ausatemungskurve, in starkem Abweichen von der Norm (Dissoziation) und Fehlen des Parallelismus zwischen Bauch- und Brustkurve. Übergänge der Register konnte er merkwürdigerweise nur bei Caruso feststellen. Leider aber haben sich in seine mit dem Apparat von MAREY gewonnenen Carusokurven kleine Fehler eingeschlichen, sogenannte Schleppkurven infolge von Hemmung der Schreibhebelbewegung am Inspirationsgipfel der Bauchkurve. Es handelt sich um Übergang von Brust- zu Kopfstimme — die Töne sind nicht angegeben —, wobei die Brustkurve weiter sinkt, während die Bauchkurve nach rascher, großer Einstellbewegung stehen bleibt, also offenbar eine Stützbewegung ausführt. Schließlich beschreibt er eine kleine Zacke an der Atemkurve nach Beendigung der Einatmung als Erscheinung des Glottisschlusses (Einstellbewegung). Bei übermäßig hartem Einsatz (colpo di petto) dagegen sinkt die Kurve steil ab, bevor der Ton einsetzt, und beim weichen Einsatz beginne der absteigende Kurvenschenkel in gleichmäßiger normaler Kurvenform sofort nach der Einatmung, weil Stimmgebung und Beginn der Ausatmung hier zusammenfallen. Ebenfalls die kostoabdominale Atmung empfiehlt LABUS in seinem großen nachgelassenen Werk 1912 für beide Geschlechter, da sie am wenigsten ermüde. Nur beim weiblichen Geschlecht sei das Korsett der Anwendung dieses Atemtypus hinderlich. Die Bässe sollen diesen Typus immer bevorzugen, die Tenöre mehr die Brustatmung. MANCIOLI kam auf Grund seiner ebenfalls mit MAREYS Pneumographen teilweise von Tonleitern aufgenommenen Kurven zu ähnlichen Schlüssen, die er folgendermaßen formuliert: beim Baß überwiegt die Bauchkurve über die Brustkurve um so mehr und um so rascher, je mehr Luft gebraucht wird. Beim Bariton überwiegt bald die abdominale, bald die thorakale Kurve, beim Tenor stets die letztere. Beim Sopran verlaufen beide Atemkurven fast gleich, wobei die Brustkurve etwas überwiegt; beim Alt überwiegt letztere bedeutend gegenüber der abdominalen. Leider fehlen an seinen Aufnahmen Angaben über die Tonlage, in der gesungen wurde, ferner die Zeitmarkierung und auch Schleppkurven stören die Bilder. MANCIOLI meint, die Atemkurve richte sich mehr nach der Form bzw. die Atemkraft nach der Weite der Stimmritze; Form und Ausdehnung der letzteren und Vorrücken eines Atemtypus stünden also in einem bestimmten Verhältnis. Starke Stützbewegungen an der Brustkurve bzw. Gegenbewegungen derselben hält er für Zeichen schlechter Ausbildung. Ferner zeigt er Kurven, deren Gleichmäßigkeit durch seelische Erregung gestört ist. Eine andere Art der Beeinflussung der Singatmung, nämlich durch Kokain, hat R. HAHN studiert. Er veröffentlicht Kurven von 2 Natur- und 3 Kunstsängern bei einfachen Tönen der Mittellage (a¹), gesungen auf den Vokal a, aufgenommen mit GUTZMANN'S Pneumographen. Man sieht an seinen Kurven Einstellbewegungen, und zwar bei den Kunstsängerinnen namentlich an den Bauchkurven, die sehr flach verlaufen, während die Brust-

kurven langsamer an- und absteigen. RÉTHI erörtert jene Faktoren, von denen die Ausatmungsdauer abhängig ist, nämlich: eingeatmete Luftmenge, Kraft der Austreibung, Größe der Ausflußöffnung. Obwohl, wie am Röntgenschirm zu sehen, das Nachlassen der Zwerchfellkontraktion vollständig ist, hält es RÉTHI doch für sehr wahrscheinlich, daß sich das Zwerchfell dabei in einem gewissen Grad von Spannung befindet. „Eine antagonistische Spannung des Zwerchfells muß auch schon von vornherein angenommen werden, weil sonst den Bewegungen Präzision und Sicherheit fehlen würde“; eine abgestufte Tätigkeit der Bauchmuskeln sei ohne seine aktive Mitwirkung wohl kaum zu erreichen. Im Anschluß an RÉTHI'S Darlegungen hat FRÖSCHELS auf den Widerspruch zwischen Physiologie und Vorschriften der Sänger hingewiesen und ist zum Schluß gekommen, daß „allgemeine Regeln für die Atemtechnik des Singens sich nicht aufstellen lassen“. Neuerdings hat PIELKE auf den großen Unterschied zwischen den der Beobachtung und dem Getast leicht zugänglichen Brustbewegungen und jenen des Zwerchfells Wert gelegt. Er kommt dabei auch auf die scheinbare Einziehung des Leibes zu sprechen, der sich aber trotzdem ausdehne, und er fährt fort: „Wenn man das Muskelgefühl, das die Stellung (Tiefatmung) auslöst, während der Erzeugung und dem Aushalten eines Tones beizubehalten trachtet, so wird auch das Zwerchfell möglichst lange in seinem Tiefstand verharren und wird infolgedessen, während des allmählichen Luftverbrauchs, nur ganz langsam und kontinuierlich in seine schließliche Ruhestellung übergehen“. Hier spricht er klarer aus als vor ihm andere, daß die Wahrnehmung von Empfindungen am Bauch, die den Bewegungen der Bauchmuskulatur entstammen, als Anhaltspunkte für die Zwerchfellbewegung benützt werden, für deren Beurteilung uns eigentlich „jeder Anhalt“ fehlt. In diesem Zusammenhang sei nochmals an den Satz von ZONEFF und MEUMANN erinnert, während der Aufmerksamkeitsspannung werde die abdominale Atmung wenig geändert, weil sie eben weniger abhängig von der Tätigkeit des Großhirns ist.

Aus dem Bisherigen ist ersichtlich, daß vollkommen einheitliche Anschauungen sich noch nicht abgeklärt haben, daß aber im allgemeinen eine Bevorzugung der möglichst ausgeglichenen Tiefatmung, des kostoabdominalen Typus, sich im Lauf der Jahre mehr geltend macht, mit dem Vorbehalt, daß sie namentlich für tiefere Stimmen geeignet sei. Dabei sind hinsichtlich zweier Teilvorgänge der Atmung, nämlich des Stützens und der Zwerchfelltätigkeit die Meinungen noch geteilt.

Während die alleinige Bevorzugung einer einseitigen Brust- oder Bauchatmung wohl als überwundener Standpunkt angesehen werden kann, sind besondere Bewegungen an Brust und Bauch zum Zweck einer tonverstärkenden oder verschönernden Atemführung vielfach empfohlen worden.

Es sei erlaubt, hier ganz kurz die Ansichten einiger Gesangsschulen wiederzugeben, um zu zeigen, zu welchen Irrtümern die Lehre von der Stützbewegung geführt hat. Am Pariser Konservatorium z. B. wurde gelehrt, daß bei der Singatmung der Bauch zuerst eingedrückt werde, dann aber schnell vorspringe, während die Brust schwillt. Auch LABLACHE (1886) verlangt, daß der Unterleib eingezogen, wenn die Brust so viel als möglich gehoben und mit Luft gefüllt werde. Diese Stellung sei so lange als möglich beizubehalten, worauf die langsam ausströmende Luft Unterleib und Brust allmählich in ihre natürliche Lage zurückbringe. NEHRlich, auf den sich MERKEL vielfach bezieht, hat dieselbe Methode schon 1853 empfohlen und verlangt, daß während der Ausatmung der Bauch „womöglich noch ein klein wenig eingezogen gehalten“ bleibe. Erst STOCKHAUSEN (1884)

hält Zwerchfell- und Flankenatmung für unentbehrlich für die Ruhigstellung des Kehlkopfs, die bei der Schlüsselbeinatmung unmöglich wäre, aber H. HERRMANN kommt — und er könnte sich dabei auf Caruso beziehen, der behauptet, den Unterleib bei gehobener Brust gleichmäßig einzuziehen — wieder auf das „leichte Einziehen des Leibes“ beim Einatmen zurück, das bei der Ausatmung weiter fortgesetzt werden solle, wobei sich der Brustumfang noch mehr erweitert. „Den ganzen Körper durchzieht unter allmählicher Anspannung der Muskulatur eine nach aufwärts strebende Bewegung, die bis zu dem Bestreben, die Fersen zu heben, führen kann.“ Hier haben wir extreme Erscheinungen des Stützens, übertrieben bis zu Mitbewegungen des Körpers, vor Augen, deren pneumographischen Ausdruck (vgl. Abb. 20) ich 1911 veröffentlichte, und auf deren Zweckwidrigkeit

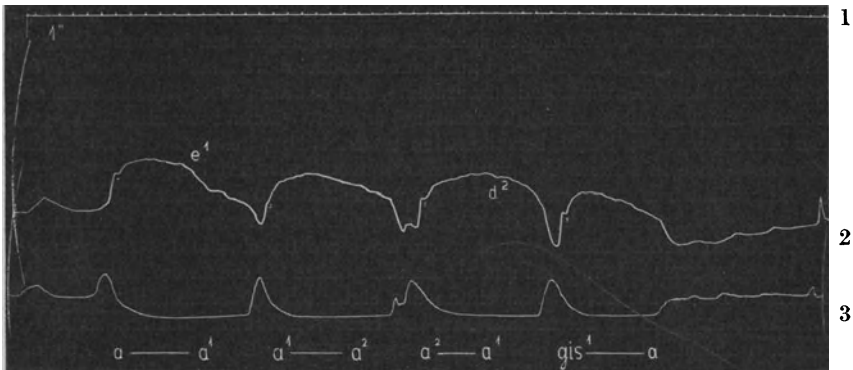


Abb. 20. Atemkurven der vier Tonleitern in A-Dur, Mezzosopran.

1. Zeitschreibung: 1 Sek. 2. Brustatmung. 3. Bauchatmung. Übertriebene Brustbewegung und Einziehung des Bauches.

A. BARTH mit Recht schon früher hingewiesen hat. Von da zu der ARMINschen Lehre vom Stauprinzip (1909), das nichts anderes als übertriebenes Stützen bedeutet, ist nur ein Schritt. Auf die Gefährlichkeit solcher unnatürlicher Atemübungen hat FLATAU 1908 aufmerksam gemacht. Ihr Erfinder hatte an sich selbst kein Glück damit und ich konnte 1916 einen Fall veröffentlichen, der sich mit dieser Methodik eine beträchtliche submuköse Stimmlippenblutung zugezogen hatte. Hiermit können wir wohl den kurzen Überblick über die, von früher noch ungeklärten wissenschaftlichen Hypothesen beeinflussen und durch d'e Phantasie der Sänger weiter gestalteten Anschauungen einiger Gesangsschulen abschließen. Auf die wichtige Arbeit von R. SCHILLING, der eingehende Untersuchungen über das Stauprinzip gemacht hat, sei hier noch hingewiesen. Sie ist nach Abschluß meiner Untersuchungen erschienen.

Nachdem aber der Zwerchfellbewegung namentlich von phonetischer und pädagogischer Seite große Bedeutung zugeschrieben wird, so dürfte der Versuch am Platze sein, klarzulegen, was wir hierüber wirklich wissen. Abgesehen von SCHEIERS kurzen Bemerkungen liegen Forschungen von DE LA CAMP vor, der sich 1903 ebenfalls des Röntgenverfahrens bedient hat. Eine ausführliche, fast wörtliche Wiedergabe seiner Ergebnisse dürfte gerechtfertigt sein durch die Verworrenheit der bisherigen Anschauungen über die Zwerchfellatmung.

Von der gewöhnlichen Atmung trennt DE LA CAMP die tiefe, bei der das Plus an Bewegung bei der Expiration größer ist als bei der Inspiration. Das weib-

liche Geschlecht atmet auch hierbei meist extrem kostal, d. h. mit dem oberen Brustkorb, und strengt das Zwerchfell nur in geringerem Maße stärker an. Das männliche Geschlecht aber atmet kostoabdominal. (Von Sängern ist hier nicht die Rede.) Der größere Tiefstand des Zwerchfells wird durch Abplattung seiner Kuppe erreicht. In Ausnahmefällen erfährt dieses ständige Nachuntergehen des Zwerchfells eine Unterbrechung durch starkes Heben der unteren sich erweiternden Thoraxapertur mitsamt den Zwerchfellinsertionen, bis das Zwerchfell auch durch weitere Abplattung unter Anspannung der Bauchmuskulatur und Steigen des intraabdominalen Drucks schließlich noch eine geringe nach unten gerichtete Bewegung bewirkt. Nachdem jedoch der einzelne Mensch je nach Übung mehr kostal, kostoabdominal oder fast ausschließlich abdominal atmen kann, so finden sich auch seltenere Ausnahmen, bei denen durch starkes Überwiegen der Brustatmung während der tiefen Respiration in der Frontalebene eine absolute Verschiebung des Zwerchfells nach oben inspiratorisch, nach unten expiratorisch statthat.

DE LA CAMP beschreibt die Vorgänge bei einem solchen umgekehrten extrem thorakalen Atemtypus, den er an einem jungen Mann im Liegen beobachtet hat: „Bei angestrengter Inspiration hebt der Betreffende seinen Thorax derart samt den Insertionsstellen des Zwerchfells, daß die Kuppe desselben absolut höher in der Parasternallinie steht als bei der Expiration. Er spannt durch diese extreme Hebung des Thorax die Bauchmuskulatur derart an, daß eine Erweiterung des Bauchumfangs nicht eintreten kann, im Gegenteil eine Verminderung statthat.“ Während der Ausatmung geschieht zunächst mit dem Zusammenfallen des Brustkorbs ein Nachuntensteigen der Zwerchfellkuppe, dann aber (Pause) wird durch zweifellos aktive Expiration bei gleichzeitiger Vordrängung der Bauchmuskulatur der Bauchumfang größer. Diese Untersuchungen gewähren uns also einen klaren Einblick in den Ablauf der Bewegungen unseres Haupteinatmungsmuskels. Gerade durch die Beschreibung des Ausnahmefalls, bei dem auf die inspiratorische Leistung des Zwerchfells „teilweise verzichtet“ wird, erfahren aber auch manche Widersprüche in der phonetischen Literatur eine Klärung, und zwar namentlich Angaben von Sängern und Gesangslehrern, die den Gesetzen der Physiologie zu widersprechen scheinen.

Eine andere Frage ist nur, ob die extrem-kostale Atmung, deren Ablauf durch DE LA CAMP zum erstenmal geklärt wurde, für das Singen wirklich brauchbar sei. Die phonetische Fragestellung scheidet für jenen Forscher, der ganz andere Ziele verfolgt hat, aus. Nach Erfahrungen der Gesangsärzte dürfte die Antwort wohl verneinend lauten, trotz Carusos Angaben, die auf Selbstbeobachtung beruhen und nicht durch phonetische Untersuchungen gestützt sind. Es ist auch möglich, daß Carusos Atmung unter dem Einfluß bewußter beobachtender Aufmerksamkeit anders verläuft, als wenn sie durch Selbstbeobachtung nicht gestört wird.

Zum Schluß wäre noch die Frage nach dem Atemverbrauch bei verschiedenen Stimmlagen und Registern kurz zu erörtern. MERKEL erwähnt zunächst in Übereinstimmung z. B. mit TOSI-AGRICOLA, daß tiefere Töne *ceteris paribus* mehr Luft verbrauchen als höhere, und daß bei amphoteren Tönen das Falsett unter gleichen Verhältnissen mehr Luft verbrauche als die Bruststimme, z. B. könne c^1 als Brustton länger gehalten werden als mit Falsett. GARCIA ist zu gleichen Ergebnissen gelangt, die auch NAGEL in sein Handbuch übernommen hat. KATZENSTEIN glaubt aber auf Grund von pneumographischen Aufnahmen, daß die bisherige Ansicht nur für Natursänger zu Recht bestehe, während vom Künstler und auch vom Dilettanten „im ganzen Falsettonbereich mit einem weit geringeren Aufwand von Atemluft gesungen wird, als bei der Brusttonerzeugung“. Verfasser kam bei Untersuchungen mit dem Atemvolumschreiber von GUTZMANN-

WETLO zu gleichen Ergebnissen, denen auch hervorragende Kunstsänger auf Grund ihrer Erfahrung zustimmten. Er konnte auch Veränderungen der Atemkurve an Brust und Bauch nachweisen, „Umstellbewegungen“, beim Übergang von anderen Registern zum Falsett, die jenen Veränderungen der Atemkurve nicht gleichkommen, die beim plötzlichen Übergang von starker zu schwacher Tongebung beim selben Ton auftraten. „Da aber die Intensität der Falsettstimme im Verhältnis zu anderen Registern jedenfalls geringer ist, so bleibt die Frage offen, ob sich die Änderungen in der Volumkurve (die ganz den Forte-Piano- oder Piano-Forte-Kurven entspricht) auch dann finden würden, wenn die beiden Töne in vollkommen gleicher Intensität gesungen würden“. Denn die Glottisweite ist bei Kopftönen (im Sinne des Falsett) nach Angaben von RETHI u. a. größer als bei Brusttönen. Unabhängig von den deutschen Forschern hat auch LABUS die Ansicht vertreten, daß das echte Falsett, d. h. die Fistelstimme der Bässe und Baritone viel weniger Luft verbrauche. Er bemerkt ferner noch, daß beim dunklen Timbre mehr Atemluft nötig sei als bei heller Tongebung, wovon später die Rede sein wird.

Experimentelle Untersuchungen von RETHI und R. HAHN lehren, daß gleiche Tonhöhe und Tonstärke vorausgesetzt, beim harten Stimmeinsatz (oder nach RETHI „Ansatz“), bis doppelt so viel Luft verbraucht wird als beim weichen, und daß dementsprechend das gleiche Luftquantum für mehr Töne ausreicht, wenn der Stimmeinsatz weich ist (Verhältnis 8 oder 9:10). R. HAHN gibt noch etwas größere Zahlenunterschiede an (ca. 4:5).

In der Frage der Bewegungen des Kehlkopfes beim Singen herrscht ebensowenig Einigkeit wie in den Erörterungen über die Atmung. Lange Zeit galt die alte Lehre unbestritten, daß der Kehlkopf sich mit steigender Tonhöhe nach oben, mit sinkender Skala nach unten bewegt. FABRICIUS AB AQUAPENDENTE wußte das schon 1601 und führte sogar die Tonerhöhung auf Verkürzung des Ansatzrohrs zurück im Sinne des Vergleichs zwischen Kehlkopf und Posaune. Zuerst scheint BERARD 1755 genauere Beobachtungen gemacht zu haben, wonach das Steigen oder Sinken des Kehlkopfs genau der Höhe der Töne entspricht, weshalb man die Kehlkopfbewegung als Zeichen der Stimmbandspannung und Entspannung ansehen könne. Er ist der erste Forscher, der diese Bewegungen gemessen hat: um einen 6 Stufen höheren Ton zu bilden, müsse der Kehlkopf um etwa 6 Linien (= 14 mm) steigen, einem Halbton würde eine Steigung von einer halben Linie (= 1,16 mm) entsprechen. Beim Abwärtssingen verhalte sich der Kehlkopf geradeso, doch dürfe man die Angaben nicht streng geometrisch auffassen. Man könne indes auch mit unbewegtem Kehlkopf singen. Diese Ausnahme von der Regel verdiene aber keine Berücksichtigung, weil es im Kunstgesang nie vorkomme, daß man den Kehlkopf seiner Beweglichkeit beraube. In AGRICOLAS 1757 erschienener Bearbeitung des TOSISchen Werkes 1723 ist hinsichtlich der zweiten Beobachtung von BERARD nichts zu finden. Die Lehre vom An- und Absteigen des Kehlkopfs wird aber insofern erweitert, als TOSI die ruckartigen Bewegungen beim Übergang ins bzw. aus dem Falsett hervorhebt (Registerwechsel) und behauptet, der Schildknorpel bewege sich bei hohen Falsettönen nicht mehr vorwärts, sondern nach oben rückwärts. RUDOLPHI, der 1823 über Bewegungen an berühmten Sängerinnen, wie die Catalani und die Zelter, berichtet, ändert an der Lehre nichts, bewundert aber an diesen Künstlerinnen die scheinbare Unbeweglichkeit der Halsorgane und das Fehlen von jedem sonst vielfach nötigen Ruck oder Sprung bei hohen Tönen. MEKEL 1825, BENNATI 1830 und CAGNIARD-LATUR 1838 lehren dasselbe. Demgegenüber hält COLOMBAT DE L'ISÈRE 1838 die Gesamtbewegungen des Kehlkopfs für akzessorisch, insofern sie nicht so sehr die Tonhöhe bestimmen, sondern nur die Stimmritzenform. Man könne vom höchsten Ton zum tiefsten übergehen und dabei den Kehlkopf noch in die Höhe ziehen.

Der Ton sei dann allerdings rau. So lasse sich ein drittes Register einüben, wie BENNATI an einem russischen Sänger Iwanoff (Tenor contraltino) beobachtet hat, der mit hochgezogenem Kehlkopf wie beim Falsett auf das tiefste G_1 herunter-sang. Seine Stimme klang dabei aber rau und erkünstelt wie bei einem Bauch-redner. Nachdem GUTZMANN und FLATAU ähnliches an dem Bauchredner Blank beobachtet haben, dessen spätere Nachuntersuchung mir das gleiche ergab, dürfen wir annehmen, daß sich Strohbaßregister und Ventriloquenztöne zum mindesten ähneln. Aber auch GARCIA und später GARNAULT 1896 beschreiben ein solches Kontrabaßregister, ebenso in neuer Zeit 1912 LABUS, der von den tiefen Tönen russischer Bässe spricht, die mit hochgestelltem Kehlkopf gebildet würden.

Nun brachte 1837 in Paris ein berühmter Sänger eine Gesangsmethode auf die Bühne, die als *voix sombre, couverte, voix en dedans* (gedeckte Tongebung) bezeichnet wurde im Gegensatz zur *voix blanche* (offene Tongebung), die bisher üblich war. Die neue Art des Singens erregte damals großes Aufsehen. Soweit die historischen Hinweise über diesen Sänger einen Schluß auf die Persönlichkeit erlauben, war es DUPREZ, geb. 6. XII. 1806, der durch diese Art zu singen berühmt wurde. Von SEGOND wird er übrigens persönlich erwähnt mit dem Hinweis darauf, daß er sich beim Decken anstrenge. Die Person ist hier nämlich nicht nebensächlich, denn die Geschichte dieses Sängers ist wohl von entscheidender Bedeutung für die Beurteilung seiner Singtechnik mit fixiertem Kehlkopf. DUPREZ wurde mit 31 Jahren in Paris angestellt, verließ mit 43 Jahren die Bühne und war schon in der zweiten Hälfte seiner zehnjährigen Tätigkeit an der großen Oper nicht mehr gut bei Stimme. Jedenfalls bemerkt BERLIOZ, daß sich seine Stimme bei der Uraufführung des *Benvenuto Cellini* 1836 schon nicht mehr „zu zartem Gesang, zu gehaltenen Tönen“ eignete. Er ließ anstatt eines drei Takte langen hohen g^1 „nichts als ein kurzes g^1 hören“. Er scheint auch das Objekt einer von BERLIOZ geschriebenen Satire über die Laufbahn des Tenors zu sein.

Seine neue Singmethode ist nun von DIDAY und PÉTREQUIN 1840 ausführlich beschrieben worden. Ihre für die damalige Zeit recht sorgfältigen Untersuchungen und eingehenden Auseinandersetzungen verdienen der Vergessenheit entrissen zu werden: beim Aufwärtssingen mit offener Tongebung wird die stufenweise steigende Tonhöhe erzeugt 1. durch größere „Kontraktion“ der Stimmlippen, also Verengung der Stimmritze, 2. durch Höherrücken des Kehlkopfs, also Verkürzung des Ansatzrohrs, 3. durch stärkeren Luftdruck, also größere Strömungsgeschwindigkeit. Geschieht das Aufwärtssingen mit *voix sombre*, so fällt die zweite Komponente aus und die beiden anderen Faktoren sollen die Ton-erhöhung allein erreichen, weshalb sie mit größerer Intensität einwirken müssen. Der verschleierte Klang erzeuge dabei im Zuhörer den Eindruck einer peinlichen Anstrengung. Demnach werde beim Decken „die Kompression der Glottis größer, die Ausatmung stärker“. Der Kehlkopf bleibe unentwegt stehen in einer Mittelstellung zwischen Hebung und tiefster Senkung. Die Längenveränderung im Ansatzrohr fehle. Von theoretischen Anschauungen jener Autoren über die Entstehung der Stimme kann hier abgesehen werden. Bemerkenswert ist noch die Behauptung, daß „Intensität und Schärfe und Volumen“, gleiche Tonlage vorausgesetzt, bei der *voix sombre* größer seien, weil die Luftströmung schneller sei als bei der *voix blanche*. Im Ersatz des Kehlkopfsteigens durch mehr Kompression liege das Wesen des Sombrierens. Wenn auch nicht alles theoretisch richtig ist, was jene Beobachter über das Decken — offensichtlich handelt es sich um gedeckte Tongebung — gesagt haben, so wird man ihren gesangstechnischen Ausführungen doch mit Beachtung folgen, weil sie in das Bereich jener Vorgänge führen, die wir heute als Registerausgleich kennen. Sie behaupten nämlich weiter: Höchste Töne könnten mit *voix sombre* nicht *decrecendo* gesungen werden ohne zu sinken, wenn das mit *voix blanche* noch möglich sei. Deshalb sei beim Abschwel-

len die letztere zu verwenden, um die Tonhöhe nicht zu verlieren. Das große Geheimnis sei, die gedeckte Tongebung hie und da durch die offene zu ersetzen, beide Arten zu mischen und nur da ausschließlich gedeckt zu singen, wo viel Kraft nötig werde. Das Decken geschehe beim Tenor in höherer Tonlage etwa ab f^1 , beim Baß etwa ab c^1 . Da ausgesprochenes Decken sehr ermüde, und die Gefahr des Detonierens und Rauhwerdens der Stimme bestehe, so verwende der Künstler besser eine Mischung zwischen dem Glanz offener und der Stärke gedeckter Tongebung. Für Tenöre mit genügendem Stimmumfang, aber nicht sehr schönem Organ, sei es vorteilhaft, durch Decken mehr Stärke und Klangschönheit bei einigen hohen Tönen zu gewinnen, die sonst schlecht klingen und nicht verwertbar seien. Dagegen gewinnen von Haus aus glänzende Stimmen mit gewöhnlich offener Tongebung nicht durch das Decken. Zum Koloraturgesang eigne sich das Decken nicht, denn es beraube die Stimme der Leichtigkeit. Die häufige ausschließliche Verwendung der voix sombrée führe zu Stimmstörungen, die sich durch Brennen hinter dem Brustbein, Druck im Hals und ähnliche Empfindungen anzeigen. Hohe Schwelltöne gelingen schließlich dann nicht mehr. Die Stimme kann eine einseitige Übertreibung dieser Methode nicht lange ertragen, wie das Beispiel von Duprez beweist.

Die Kehlkopfbewegungen als Ganzes sind nur einmal in jener Zeit Gegenstand einer besonderen Arbeit geworden, die SEGOND 1848 veröffentlicht hat und die merkwürdigerweise fast von allen späteren Autoren übergangen wird. Er bestätigt zunächst die alte Lehre von der Kehlkopfbewegung und sucht dann nach einer Erklärung für die neue Beobachtung, daß der Kehlkopf mit steigender Tonhöhe auch sinken könne und umgekehrt. Den Grund für diese Umkehrung der Regel findet S. in der Anstrengung bei der Tongebung (effort) und er verweist auf Duprez. Der Kehlkopf sinke z. B. beim Tenor, wenn nach einem in mittlerer Stärke gesungenen c^1 plötzlich Kraft nötig werde, um zum f^1 oder g^1 überzugehen. Die Feststellung des Kehlkopfs beim Decken sei nicht absolut erforderlich, sondern ebenfalls Folge der Anstrengung, je mehr Kraftaufwand, desto unbeweglicher der Kehlkopf. Dieser Kraftaufwand äußere sich aber nicht immer in der Stimmstärke, denn gerade hohe Töne haben oft eine große Weichheit, die sich nur durch starke Spannung des phonischen Apparates erreichen lasse. Auch SEGOND betont, daß bei Läufen und Trillern der Kehlkopf alle Leichtigkeit und Freiheit brauche, also in natürlicher Bewegung nach der alten Regel auf- und absteige. GARCIA hatte schon 1841 die Art und Weise der Kehlkopfbewegung beim Aufwärtssingen mit hellem Klanggepräge als stufenweises Erheben mit der diatonischen Tonleiter bezeichnet. Dagegen bleibe der Kehlkopf beständig in seiner tiefsten Stellung stehen, wenn man bei voller Bruststimme mit dunklem Klanggepräge vom tiefsten bis zum höchsten (der Bruststimme eigenen) Ton ansteige. Dasselbe geschehe beim Hervorbringen tieferer Falsettöne, d. h. jener dem Brust- und Falsettregister gemeinsamen Töne. Wenn man aber immer mit dunkler Stimmgebung in die höheren Falsettlagen hinübergehe, die bei den Sängern gewöhnlich Kopfstimme heißen, so steige der Kehlkopf ein wenig, aber viel weniger, als wenn die Kopfstimme mit heller Klangfarbe erzeugt wird. Die Stärke des Tons werde durch Luftdruck, das Volumen desselben durch Sombrieren bewirkt. Man darf nicht vergessen, daß GARCIA mit Falsett unsere heutige Mittelstimme meint. CASTEX sagt 1902, daß alle Sänger die hohen Töne decken müssen, die Baritone z. B. ab $e^1 f^1$; dabei senke sich der Kehlkopf stark, beim Mann mehr (ca. 1 cm) als bei der Frau (ca. $\frac{1}{2}$ cm). Die Zahlenangaben stimmen mit jenen von HELLAT von 1898 ziemlich überein.

Mit den Jahren 1837/40 beginnt in Deutschland eine neue Epoche der Stimmforschung, eingeleitet durch die berühmten Arbeiten von JOHANNES MÜLLER, die heute noch die Grundlage für unsere Kenntnis von den physiologischen Gesetzen

der Stimmgebung und der „Kompensation der physischen Kräfte am menschlichen Stimmorgan“ bilden. Mit der gesangstechnischen Frage der äußeren Kehlkopfbewegungen hat sich J. MÜLLER aber, wie es scheint, nicht beschäftigt. Er bestätigt nur kurz den alten Lehrsatz von der Analogie zwischen Kehlkopfstellung und Tonhöhe, ebenso wie HARLESS, der 1853 versuchte, die Bewegungen zu messen, und zwar mittels Beobachtung durch ein Meß-Fernrohr. Er sah bei einem Tenor eine stetige Aufwärtsbewegung von 4 mm zwischen den Tönen a und c¹, dann aber einen Sprung von 20 mm zwischen c¹ und d¹. Denselben Sprung stellt er zwischen den gleichen Tönen bei einem Bariton fest. Das ist die erste Messung der Übergangsbewegung von einem Register in das andere, welche sich in der Literatur findet. GUTZMANN deutet ihn später als „den berühmten Sprung zwischen Brust- und Fistelregister“ und als „Zeichen, daß jener Sänger noch keine fertige Ausbildung hatte“.

Alle den Kunstgesang betreffenden Fragen sind dann in dem bekannten Werk von CARL LUDWIG MERKEL, der Anthropophonik, ausführlich behandelt, das 1857 erschien und mit einer Reihe von Nachträgen 1863 neu aufgelegt wurde. Diese Anatomie und Physiologie des menschlichen Stimm- und Sprachorgans ist bis auf die heutige Zeit maßgebend geblieben, sie leidet nur an einem Fehler, nämlich daß zahlreiche, gerade den Gesang betreffende Angaben nur durch Selbstbeobachtung des Verfassers gestützt sind. Er gibt zahlenmäßige Werte für die Bewegungen des Kehlkopfs bei verschiedener Einstellung und berücksichtigt namentlich den Einfluß der Tonstärke und der Atmung, ferner unterscheidet er gesummte und gesungene Töne und schließlich auch das offene und gedeckte Klanggepräge. Eine Zusammenstellung der nicht immer ganz klaren Angaben über die Kehlkopfbewegungen, die in seinem Werke zerstreut sind und sich hier und da zu widersprechen scheinen, ergibt, daß er an der alten Lehre festhält, dagegen die Fixierung des Kehlkopfs, die nie vollkommen sei, oder jene der Tonskala entgegengerichtete Bewegung aus der Atmungsart, bzw. dem Luftverbrauch, der Tonstärke und der Beeinflussung durch den Willen erklärt, ohne eigentlich Neues zu bringen. Nur seine Lehre von der Verkürzung der Stimmbänder beim Herabziehen des Kehlkopfs zum Zwecke der Tonvertiefung und der Verlängerung derselben beim Heraufziehen zum Zweck der Tonerhöhung ist neu und, wie es scheint, niemals nachgeprüft worden. Er kam zu dieser Auffassung auf Grund der Insertion der Sterno-hyothyreoidei in schiefer, von hinten oben nach vorn unten verlaufender Linie am Schildknorpel, woraus er beim Zug nach unten auf eine Hebelwirkung nach hinten, beim Zug nach oben auf eine solche nach vorne schloß. ROSSBACH widersprach dem 1869, ohne über die Kehlkopfbewegungen selbst etwas Neues zu sagen. Nach HELMHOLTZ 1862 soll der Kehlkopf gehoben werden, damit der darüberliegende Teil des Stimmkanals „durch Spannung elastisch gemacht“ und möglichst weit und kurz gebildet werde.

Aus der Zeit vor und nach dem Erscheinen der Anthropophonik stammen einige Bücher von Gesangslehrern, die, wie das früher öfters als heute geschah, sorgfältige Beobachtungen enthalten. NEHRlich, mit dem sich auch MERKEL verschiedentlich auseinandersetzt, beschreibt schon 1841, wie der Kehlkopf bei den 4 ersten Tönen seiner Register — er unterscheidet vom G beim Manne, g bei der Frau an 5 Register zu je 4 Tönen — „in einer gewissen Haltung von Stufe zu Stufe steigt, dann beim Beginn der nächsten 4 aufwärts steigenden Töne zuerst ein wenig zurückfällt, dann sich aber fast unmerklich erhebt, bei den unmittelbar darauffolgenden nächsten 4 Tönen trete aber das Steigen des Kehlkopfs von Ton zu Ton entschiedener ein“. Das lasse sich nur bei leichter naturgemäßer Singweise beobachten. Diese Bewegungsänderungen in der Gegend von e bzw. e¹ haben offenbar etwas mit den Registerbrüchen unserer Register zu tun. Demgegenüber vertritt Dr. W. SCHWARTZ 1857 den Standpunkt, daß beim Kunstsänger

die Schildknorpelbewegung umgekehrt wie beim Natursänger eintreten müsse, und die gleiche ungezwungene Haltung des Kehlkopfs während der ganzen Skala beibehalten werden solle. Mit großer Heftigkeit wendet sich FRIEDRICH SCHMITT 1854 gegen „die Lehre vom dunklen Ansatz“, der durch Hinabdrücken des Kehlkopfs entstehen soll, weil sie „die Stimme, die Gesundheit des armen Schülers zugrunde richtet und zugleich das musikalische Gehör und Gefühl verletzt“. Er tritt ebenso wie GOTTFRIED WEISS 1878 und neuestens LABUS 1912 für die alte Lehre ein und betont, jede einzelne Bewegung von einem Ton zum andern müsse selbständig mit dem Kehlkopf gemacht werden. MANDL hat 1876 offenbar, weil die höchsten Töne bei tiefer, und die tiefsten bei hoher, endlich alle möglichen Töne bei mittlerer Kehlkopfstellung erzeugt werden können, den Satz aufgestellt, die höhere oder tiefere Lage des Kehlkopfs sei ganz ohne Einfluß auf die Höhe des Tons. Gleichwohl erhielt sich die Lehre von der Tiefstellung beim Kunstgesang. In Deutschland wurde sie später mit dem Namen JULIUS STOCKHAUSEN in Verbindung gebracht, dessen Darlegungen (1884) vielfach mißverstanden und übertrieben worden sind (Singen mit fixiertem Kehlkopf). Er zitiert GARCIA und erklärt, daß der Kehlkopf, durch das dunkle Klanggepräge etwas tiefer gestellt, die beiden Register hervorbringen könne, ohne seine Lage zu verändern. Das sprachliche Niveau, d. h. die natürliche Lage desselben eigne sich nicht zum Kunstgesang. Es erzeuge namentlich in der Mittellage nur flache, dünne Klänge. Den Kehlkopf müsse man, bevor man zu singen anfangen, in tiefe, ruhigere Stellung bringen, „nicht auf einzelnen Tönen allein, sondern in ganzen Skalen, in Läufen aller Art, wird sich eine mäßig tiefe, ruhige Kehlkopfstellung bewahren“. Sie ist maßgebend für eine korrekte musikalische Technik, wie für den schönen Ton selbst. LUNN 1892 bestätigt zwar das Sinken des Kehlkopfs, hält es aber nur für scheinbar, weil bei höheren Tönen der Ringknorpel sich schneller hebe als der Schildknorpel. Er zieht also die Funktion des Cricothyreoideus anterior in die Debatte und verweist auf HUXLEY 1890. Obwohl auch IFFERT 1895, ebenso wie ARLBERG 1899 und BOTTERMUND, zugibt, daß der Kehlkopf sich für den Gesangston der Normalstellung gegenüber senke, so warnt er doch vor dem damals schon verbreiteten mechanischen Tiefstellen wegen der Erschwerung beim Piano, der steifen Haltung des Halses und der Gefahr des Stimmverlustes. AVELLIS erklärt es 1896 für richtiger, wenn der Kehlkopf nicht mit der Tonskala steige, weil sonst die Resonanzräume des Rachens verkleinert und eine Ausstrahlung des Muskelzugs bis in die Rachenteile herbeigeführt werde, deren für Resonanz- und Sprachgestaltung nötiges freies Spiel dadurch gehemmt sei. Hier ist zum erstenmal eine phonetische Begründung für die Lehre vom Tiefstellen des Kehlkopfes beim Kunstgesang versucht worden. Auch BUKOFZER tritt 1904 für diese Lehre ein, während die offizielle Physiologie (GRÜTZNER 1879) und die meisten Gesangslehrer, z. B. auch REINECKE 1906, vom dunklen Timbre abgesehen, an der klassischen Lehre festhalten.

Die bisherigen Anschauungen über die Gesamtbewegungen des Kehlkopfs waren nur auf Betrachtung und Betastung gestützt. Es lag im Geist der Zeit daß im letzten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts der Versuch gemacht wurde, diese Bewegungen auch graphisch wiederzugeben. 1887 schon hat PILTAN einen Laryngographen gebaut, doch ist über seine Verwendung in der Gesangsphonetik nirgends etwas zu finden. 1892 hat dann C. v. KRZYWICKI einen neuen Apparat konstruiert, der wie jener von PILTAN nur die senkrechte Bewegung aufzeichnet. Seine mit einer Anzahl von Kurven ausgestattete Arbeit aber blieb fast unbekannt. Sogar GUTZMANN beschreibt den Apparat, es war ein Stativapparat, nur nach dem Bericht und hat die Kurven selbst nicht gesehen. Letztere aber sind bemerkenswert genug, denn sie zeigen bei Tonleitern ein stufenweises Steigen und Sinken mit der Tonhöhe, wobei jeder Ton ganz außergewöhnlich deutlich abgesetzt ist.

Jener Apparat gab nämlich die Bewegungen stark vergrößert wieder, weil sein kurzer Hebelarm am Schildknorpel lag, während der lange direkt (ohne Luftübertragung auf eine Kapsel) die Bewegungen aufzeichnete. Allerdings war dazu eine etwas unbequeme Kopfhaltung nötig. Nur von einem Bariton (ob Kunstsänger oder nicht gibt KR. nicht an) wurden Aufnahmen der Tonleiter gemacht. Obwohl nicht viele Kurven aufgenommen wurden, schließt KR. auf Grund seiner Versuche: die verschiedene Stimmbandspannung allein reguliert nicht in allen Fällen die Tonhöhe, sondern letztere ist u. a. abhängig vom Kehlkopfstand. Beim Bassisten stehe der Kehlkopf entfernter vom Kinn als beim Tenor, eine Beobachtung, die sicher im allgemeinen richtig, aber noch nicht zahlenmäßig nachgeprüft ist. Mit der Laryngographie ist eine neue Untersuchungsweise in die Gesangsphonetik eingeführt worden. Man sollte glauben, daß nun eine laryngographische Epoche beginnt, aber merkwürdigerweise fand nicht nur der Apparat von KRZYWICKIS, sondern auch die Methode kaum Beachtung und keine Verbreitung, denn die späteren Konstruktionen von ZÜND-BURGUET und ROUSSELOT befriedigten die Untersucher selbst nicht, und auch der von ZWAARDEMAKER 1901 veröffentlichte, oben beschriebene Laryngograph, der senkrechte und wagrechte Bewegungen wiedergibt, wurde lange Zeit gar nicht und dann nur wenig zur Untersuchung der Singbewegungen verwendet. Über den später von GUTZMANN konstruierten Apparat (1913) fehlen bis jetzt die Erfahrungen.

Bisher kannte man also verschiedene Bewegungsarten des Kehlkopfs, die sogenannte natürliche, die entgegengesetzte und die mit Ruhigstellen verbundene Tiefstellung. Was für den Sänger das Richtige sei, war nicht klargestellt. Die natürliche Bewegung wurde vielfach abgelehnt, weil sie für manche stimmliche Leistungen nicht genüge, das unbewegte Tiefstellen hatte seine Gefahren wegen der damit verbundenen Anstrengung. Es fehlten Beobachtungen an einer größeren Anzahl von Sängern. Mit solchen trat nun 1898 HELLAT hervor. Er beobachtete zuerst an seiner eigenen Stimme ein ungewöhnliches Timbre, „zuerst schwach“ bald an Fülle zunehmend, das zuletzt namentlich in der Höhe an Kraft und Umfang sehr bedeutend wurde. „Alles dies erwies sich als Resultat dessen, daß es mir gelungen war, den Kehlkopf in eine bedeutend tiefere Stellung zu bringen und ihn daselbst während des Singens in allen Stimmlagen zu fixieren“. HELLATs Untersuchungsmethode mit dem Getast machte nur bei jüngeren, zur Korpulenz neigenden Sängerinnen, namentlich Koloratursängerinnen, „kaum überwindbare“ Schwierigkeiten, so daß er häufig „durchaus nicht in der Lage war sagen zu können, wo der Kehlkopf sich befindet“. Damit weist er auf eine Schwierigkeit der Palpation hin, die aber m. E. durch Üben überwunden werden muß. Er unterscheidet nun 3 Gruppen von Sängern. Die erste, jene der Natursänger, zu der aber auch die meisten geschulten Sänger gehören, pflegt die normale Auf und Abbewegung des Kehlkopfs, bei der jeder Ton seine besondere Stellung verlangt, und die mittleren Töne in der Stellung des ruhigen Atmens gesungen werden. HELLAT erwähnt, daß hierzu die bekannte Schule Marchesi zu zählen sei. Die zweite Gruppe, der hervorragende Künstler angehören (er nennt 9 von der Moskauer Oper mit Namen), senkt beim Brustregister den Kehlkopf um 1—2 cm und hält ihn dann in tiefer Stellung ruhig. Bei allen Tönen, den niedrigsten und den höchsten aber, treten so geringe Schwankungen auf, „daß man sie füglich übersehen kann“. Diese Methode gelte für Baß, Bariton, Tenor, Alt und dramatischen Sopran. Sie scheint am Moskauer Konservatorium üblich gewesen und von GIBALDONI gelehrt worden zu sein. Hiervon sind als dritte Gruppe die Koloratursängerinnen abzutrennen, die ihre Koloraturen mit gehobenem Kehlkopf singen. Die alte Lehre von den Kehlkopfbewegungen, meint HELLAT, dürfe also nicht als physiologisches Gesetz gelten, und die neue Lehre (Tiefelage) gebe aller Wahrscheinlichkeit nach bessere Resultate für den Kunstgesang. Auf seine Be-

gründung wird noch zurückzukommen sein. Bei den im wesentlichen auf Betrachtung und Betastung gestützten Untersuchungen handelte es sich offenbar um Stimmleistungen von bedeutender Stärke. Graphische Methoden und besondere Berücksichtigung der Register fehlen in seiner Arbeit, die aber mit Recht Beachtung gefunden und die Entwicklung von der Lehre der Kehlkopfbewegungen beim Kunstgesang wesentlich beeinflußt hat.

Die nun folgenden Abhandlungen von ERNST BARTH 1902 und 1904, FLATAU und GUTZMANN 1904 und GUTZMANN 1908 behandeln jene Lehre eingehender auf Grund von phonetischen Untersuchungen. In seiner ersten Arbeit über die Wirkungsweise des *Musculus cricothyreoideus* und ihre Beziehungen zur Tonbildung, deren Hauptthema hier nicht zur Erörterung steht, betont E. BARTH: „Die Tatsache, daß der ganze Stimmumfang bei tiefem Kehlkopfstand abgesungen werden kann, und daß gut ausgebildete Sänger mit tiefstehendem Kehlkopf all ihre Töne hervorbringen, hat in der wissenschaftlichen Stimmphysiologie nur sehr wenig Beachtung gefunden“. Er fand nun durch Betastung, daß in solchen Fällen der Ringknorpel Schritt für Schritt mit der steigenden Tonhöhe etwas heruntergeht und gleichzeitig der untere Schildknorpelrand ebenfalls stufenweise herabgezogen wird. Später (1904) hat er sich des ZWAARDEMAKERSCHEN Apparates bedient und Tonleiterkurven von 6 Sängern (ungeschulter und in Ausbildung begriffener Tenor, geschulter Bariton, geschulter Baß, in Ausbildung begriffener Mezzosopran und geschulter Baß) veröffentlicht. Leider gibt er nur die Vertikalkurve wieder. Seinen Aufnahmen fehlen ferner die Zeitschreibung, die Ruhekurve des Kehlkopfs, die gleichzeitige Aufnahme der Atemkurve, die Berücksichtigung des Einflusses der Vokalisation sowie Angaben über Tonstärke und Register. Die genaue Registrierung der einzelnen Töne ist nur angedeutet, die Kontrolle des Apparats während der Aufnahmen scheint gefehlt zu haben, denn in seinen Abbildungen (Abb. 3, 4, 6, 8, 9, 16 und 17) finden sich Abgleitkurven. Auch die Kontrolle durch das Getast beschränkt sich auf allgemeine Angaben. Er behauptet aber mit Recht, das Dogma vom Auf- und Absteigen des Kehlkopfs mit der Tonleiter sei falsch, der entgegengesetzte Bewegungsmodus sei bei geschulten Stimmen beobachtet, und zwar ein stufenweises Tiefertreten beim Aufwärtssingen und umgekehrt ein stufenweises Steigen beim Abwärtssingen, was HELLAT entgangen sei. „Die absolute Größe dieser Bewegungen braucht jedoch nur wenige Millimeter über oder unter der Indifferenzlage zu betragen“, wie er später ausdrücklich in seinem Buch betont, wo er auch der Lehre vom Tiefstand beim Decken des Tons zustimmt und noch bemerkt, daß die helle Färbung der Vokale mit höherem Kehlkopfstand im italienischen Gesang gebräuchlich sei. Kurz zuvor hatten FLATAU und GUTZMANN an 5 Versuchspersonen mit der Brondgeestschen Kapsel Aufnahmen der vertikalen Kehlkopfbewegungen gemacht. Diese Kapsel ist aber unzuverlässig, weil sie auch vom wagerechten Stellungswechsel des Organs beeinflußt wird und weil der Kehlkopf an ihrer Kuppe vorbeigleiten kann. Ihre Fixierung ist zudem unsicher. Auch diesen Aufnahmen fehlt die Zeitkurve, häufig die Ruhekurve des Kehlkopfs, die gleichzeitige Registrierung der Atmung, Angaben über Tonstärke, Qualität und Stimmgattung der Sänger, genaue Registrierung einzelner Töne, Angabe der Tonleiter, der Registerwechsel und Nachkontrolle der einzelnen Bewegungen durch das Getast. Bemerkenswert sind ihre Ausführungen über die Beeinflussung der Kurve durch die Vokalisation, wobei sich ergab, daß der Vokal o gewöhnlich am wenigsten störte, was auch Verfasser bestätigen kann, und weshalb bei unsern Untersuchungen dieser Vokal immer gewählt wurde, wenn man nicht gesummte Töne aufnahm. Der häufige Parallelismus der Mundboden- und Kehlkopfkurve in jener Arbeit beweist aber nicht so sehr die Beeinflussung der Kehlkopfbewegung durch die Artikulation, als vielmehr die Einwirkung der letzteren auf den Apparat. Wie wenig genau bei dieser

Untersuchungsart Einzelheiten der Bewegung wiedergegeben werden können, lehrt die Betrachtung der Trillerkurve, auf der von Trillerbewegungen des Kehlkopfs nichts zu sehen ist. Um so wertvoller sind die gleichzeitigen Aufnahmen der Artikulationsbewegungen und das Ergebnis, daß „periphere Teile zugunsten des Kehlkopfs belastet werden“, daß also die Artikulationsorgane durch größere Arbeitsleistung zur Klangbildung beitragen, während der Kehlkopf stärkere Bewegungen vermeidet. Beim Natursänger fanden sie ausgesprochene Vokalunterschiede in Kehlkopf-, Kiefer- und Lippenbewegung neben minimalen Mundboden- und gleichsinnigen Kehlkopfbewegungen. Dagegen seien letztere schwächer und nicht mehr ganz gleichsinnig mit den Vokalbewegungen und der Tonhöhe bei in Ausbildung begriffenen Sängern. Bei Ausgebildeten schließlich seien die Vokaldifferenzen aus den Kurven verschwunden und nur in starken Mundbodenbewegungen noch enthalten, während der Kehlkopf zwar nicht gleichsinnige, aber auch nicht der Tonhöhe entgegengesetzte Bewegungen mache. So kamen diese Forscher zur Annahme eines Hinstrebens des Kehlkopfs nach der Indifferenzlage. Wieviel die Untersuchungsmethode zu diesem Ergebnis beitrug, ist fraglich. An ihren Kurven finden sich überall deutliche Ein- und Abstellbewegungen. KATZENSTEIN konnte diese Ergebnisse später 1909 bei vielen Untersuchungen mit einer Ausnahme bestätigen, behauptet aber gerade bei Koloratursängerinnen mit dem Zwaardemakerschen Apparat die von BARTH beschriebene Gegenbewegung gefunden zu haben, was aller Erfahrung widerspricht und wahrscheinlich aus Vorbeigleitkurven geschlossen wurde.

In besonders kritischer Weise hat dann einige Jahre später (1908) GUTZMANN die Grenzen der Laryngographie, d. h. des Zwaardemakerschen Apparates aufgezeigt und dabei auch einige Bemerkungen über den Kehlkopfstand beim Singen gemacht, die indes nicht von der früheren Ansicht abweichen. Er verlangt die Mitregistrierung der Ansatzrohrbewegungen bei solchen Untersuchungen. Diese Bewegungen scheinen nach seinen Angaben beim Summen auf *m* am geringsten zu sein, denn dabei verlasse der Kehlkopf kaum seine Indifferenzlage, während er sich z. B. schon beim Öffnen des Mundes um 2—3 mm nach abwärts und höchstens um 1 mm nach vorne bewege. Ebenda hat GUTZMANN auch den Einfluß des Stimmeinsatzes und der Atmung auf die Kehlkopfbewegung untersucht. Schließlich hat 1911 MARAGE vier laryngographische Kurven veröffentlicht, die mit dem Kardiographen von MAREY gewonnen sind und die klassische Lehre vom Auf- und Absteigen des Kehlkopfs stützen. Die Kurven zeigen nur die Vertikalbewegung, die bei einem guten Sänger ziemlich gleichmäßig erscheint, wogegen bei schlechteren Sängern Tremolierbewegungen und starke Abstufungen zwischen Brust- und Kopfstimme sichtbar werden. Ähnlich verfahren FRÖSCHELS und STOCKERT, deren Versuche aber nicht an Sängern vorgenommen wurden. Auch hier fehlt die Zeitkurve.

Die von HELLAT und später von BARTH beschriebene Kehlkopfstellung und -bewegung soll nun nach diesen Forschern folgende Vorteile für das Singen haben: HELLAT weist auf die Veränderung und Erweiterung der Pharynx und der Trachea, das Herunterziehen der Zunge, die Erweiterung der Mundhöhle hin. Der Druck auf den Kehlkopf werde dabei vermindert, der Schildknorpel liege dem Ringknorpel eng an. E. BARTH seinerseits legt das Hauptgewicht auf die Erweiterung des Hypopharynx im sagittalen Durchmesser und des Abstandes zwischen Gaumen und hinterer Hälfte des Zungenrückens. Diese Vergrößerung des Ansatzrohres verbessere Resonanz und Leitungsbedingungen der aus dem Kehlkopf austretenden Schallwelle. Infolge der Erschlaffung der Fixationsmuskulatur des Zungenbeines vollziehe sich die Phonation unter einer geringeren Aufwendung von Muskelkraft. Die Ausgleichung des Kehldackelwulstes bei tiefem Kehlkopfstand sei zweifellos für den Tonansatz günstig. Ebenso die dabei ermöglichte „freie Entfaltung der Kehlkopfventrikel“.

In der folgenden Zeit ist durch das Röntgenverfahren noch eine vierte Untersuchungsmethode hinzugekommen, die aber auch wenig benützt wurde und die bisherigen Erkenntnisse nicht erweitern, sondern nur bestätigen konnte. L. P. H. ELJKMANN berichtet (1903) über seine eigene Naturstimme, die sich von D bis zum c^1 erstreckt. Dabei senke sich der Kehlkopf im Röntgenbild beim tiefsten Ton bis ungefähr 1 cm unter die Ruhelage, steige dann regelmäßig an, bis er bei b etwas über der Normallage stehe, dann steige er weiter und erreiche bei c^1 die Grenze ungefähr 1 cm über der Normallage. E. BARTH hat das Röntgenverfahren zur Beobachtung der Vokalstellungen verwendet. SCHIEER untersuchte u. a. zwei geschulte Opérsänger, über deren Qualität er nichts berichtet. Er konnte E. BARTHS Angaben in vielen Fällen bei Kunstsängern bestätigen, fand aber auch zahlreiche Kunstsänger und Sängerinnen, und zwar gutgeschulte, bei denen das Tiefertreten des Kehlkopfs bei hohen Tönen fehlte, und er nimmt daher individuelle Unterschiede an. Bei manchen verharre der Kehlkopf bei Angabe verschiedener Töne „fast in derselben Stellung, bei anderen steige er mit der Tonhöhe“. Die Angaben sind etwas allgemein, dagegen gibt er über die Stellung der Kehlkopfnorpel bei Brust- und Falsettstimme im Anschluß an die bekannten Untersuchungen von JÖRGEN MÖLLER und FISCHER genaue Zahlen.

NAGEL (1909) konnte die BARTHSchen Angaben an einigen Sängerinnen bestätigen, weist aber auf gegenteilige Ergebnisse anderer Beobachter hin und spricht auch von individuellen Unterschieden ebenso wie H. STERN (1911), der aber doch den Natursängern die normale Auf- und Abbewegung, den Kunstsängern die Gegenbewegung zuschreibt. Mit dem Tieferstellen des Kehlkopfs ist, wie er richtig bemerkt, meist eine Vorwärtsbewegung desselben verbunden. Ein unbewegliches Feststellen wäre stimmhygienisch gefährlich und wohl auch unmöglich. Die Bewegungen seien beim Kunstsänger überhaupt klein, und daher das Hinstreben zur Indifferenzlage in diesem Sinne unverkennbar. BIAGGI dagegen widerspricht der HELLAT-BARTHSchen Lehre durchaus, soweit die Stimme der Italiener in Betracht komme: „die Deutschen“, sagt er, „haben eine Singmethode, die unserm Geschmack nicht entspricht“. Beweglichkeit oder Ruhigstellung des Kehlkopfs hänge von der Methode bzw. Schule ab. Caruso hebe den Kehlkopf mit steigender Tonhöhe durchs ganze Brustregister, senke ihn beim Abwärtssingen und lasse ihn, aber sehr allmählich, bei der Kopfstimme steigen. Diese Angabe über Caruso wurde mir von Knote bestätigt. GUTZMANN hat 1912 nochmals ausdrücklich gegen die BARTHSche Lehre protestiert. „Unsere sämtlichen Untersuchungen haben bis jetzt nicht den Hinweis darauf gegeben, daß bei einem sehr gut ausgebildeten Sänger der Kehlkopf stufenförmig mit den Hebungen der Tonleiter sinkt. Er macht ungleichsinnige Bewegungen, gewiß, aber vorwiegend bleibt er in der Indifferenzlage“.

Die Frage ist also heute noch strittig, zum Teil, weil die Zahl der Untersuchten noch nicht groß ist. Die BARTHSche Lehre gilt offenbar für einzelne Sänger, und daß sie gerade bei hervorragenden Sängern zu Recht bestehen kann, konnte auch ich an einigen Versuchspersonen bestätigen.

Es bleiben nur noch die Ergebnisse zweier Arbeiten über das Decken übrig, die in diesem Zusammenhang erwähnt werden müssen. PIELKE (1911) sagt, daß der Natursänger oberhalb von d^1 Schwierigkeiten habe, die nur durch Deckung, d. h. dunkle Klanggebung, ausgeglichen werden können. Der Ausdruck „Decken“ ist deshalb paradox, weil der Kehldeckel sich beim gedeckten Ton aufrichtet im Gegensatz zum offenen, bei dem er sich etwas nach hinten senkt. Gleichzeitig tritt beim Decken der Zungenbeinkörper vor und etwas abwärts, „wobei auch am Schildknorpel gewöhnlich noch ein ganz kleiner Ruck nach unten zu bemerken ist“. Der Cricothyroideus sei beim Decken mehr belastet, beim offenen Singen aber der Vocalis. Nur in tiefer Lage klängen gedeckte Töne dumpf, in hoher auch

beim Tenor dagegen sehr glänzend. „In der systematisch geübten, zur rechten Zeit eintretenden Deckung der Töne liegt ein die Tiefstellung des Kehlkopfs begünstigendes Moment.“ Aber das Decken sei ermüdender als das offene Singen. SCHILLING, der 1911 und 1914 mittels Röntgenaufnahme den Mechanismus des Deckens erforscht hat, konnte die tiefere Lage des Kehlkopfs, die Aufrichtung des Kehlsdeckels und die Vergrößerung des Sinus glossoepiglotticus feststellen.

Nach alledem liegt es nahe, den Mechanismus des Deckens mit dem Sombrieren von DUPREZ und mit der von HELLAT und BARTH gefundenen Gegenbewegung in Verbindung zu bringen, in dem Sinn, daß bei an und für sich unter die Ruhelage eingestelltem Kehlkopf dieser Mechanismus schon früh eintritt. Bei unseren eigenen Versuchen wird darauf zurückzukommen sein.

A. Tonleitern.

Eine größere Anzahl von graphischen Aufnahmen und Palpationsbefunden konnte Verfasser beim Summen und Singen von Tonleitern gewinnen. Um möglichst gleichartiges Material zu bekommen, wurde dabei nach bestimmten Gesichtspunkten verfahren. Die Tonleitern wurden — von anfänglichen Versuchen und Kontrollen abgesehen — so gewählt, daß zwei derselben innerhalb des Stimmumfangs der betreffenden Versuchsperson lagen und so 15 Tonstufen umfaßten und zwar je 8 Töne durch eine Einatmung getrennt. Die Schnelligkeit des Singens sollte dabei in der Weise geregelt werden, daß jeder Ton nach dem Metronom eine oder eine halbe Sekunde dauerte. Ferner sollten die Tonleitern in gleichmäßiger Stärke nicht allzu laut auf- und abwärts gesummt oder auf den Vokal o gesungen werden. Von einem raschen Auf- und Abgleiten durch die Oktaven, wie es SEWALL und POLLARD ihren Untersuchungen zugrunde legten, wurde abgesehen, weil Einzelheiten der Bewegung dabei undeutlich werden. Für den Sopran lautete die Aufgabe also: 1. Tonleiter $a—a^1$, 2. Tonleiter $a^1—a^2$, 3. Tonleiter $a^2—a^1$, 4. Tonleiter $a^1—a$; zwischen den Tonleitern ruhig einatmen, wozu sich die Versuchsperson genügend Zeit lassen durfte. Diese wenigen Vorschriften aber konnten nicht immer streng eingehalten werden, nicht selten atmeten die Sänger zwischen den Tonleitern zu hastig ein und man mußte mehrere Aufnahmen machen, bis sie sich daran gewöhnt hatten, jeweils ruhig einzuatmen. Ferner stellten sich dem Einhalten der Zeitdauer (vier oder acht Sekunden für eine Tonleiter bzw. $\frac{1}{2}$ bis 1 Sekunde pro Ton) allerlei Singgewohnheiten entgegen; vielfach wurde ein Ton, und zwar beim Aufwärtssingen der achte, also der höchste, länger angehalten, ebenso beim Abwärtssingen vom höchsten Ton verweilten manche Sänger mit einem gewissen Behagen auf jenem Ton oder sie dehnten den letzten, also tiefsten Ton der vierten Tonleiter über Gebühr aus. Solche Gewohnheiten konnte man auch durch einige Proben vor den Aufnahmen oft nicht vollkommen beseitigen. Es kam sogar vor, daß beim Weitersingen der erste Ton der folgenden Tonleiter

(also der letzte der vorhergehenden) weggelassen wurde, und es kostete Mühe, die Sänger zu gewöhnen, jeweils die ganze Tonleiter von 8 Tönen zu singen. Abgesehen von diesen willkürlichen Änderungen der Tondauer und der Tonfolge, hatte man auch mehr oder minder unwillkürlichen Wechsel der Tonstärke zu verhindern, vor allem das vielfach übliche Crescendo und Decrescencendo beim Auf- und Abwärtssingen der Tonleiter. So mußte man also nach einer gewissen Einförmigkeit streben. Andererseits wäre es unzweckmäßig gewesen, die Sänger zu zwingen, ganz systematisch und genau nach bestimmten Regeln zu singen, und ihre Aufmerksamkeit so auf die Untersuchung selbst oder gar deren Zweck zu lenken, von dem sie ja nichts wissen durften. Es blieb nichts übrig, als wesentliche Abweichungen zu verhüten ohne die Freiheit der Bewegungen allzusehr einzuschränken, um ein möglichst ungezwungenes, vom Vorgang der „Untersuchung“ ziemlich unbeeinflußtes Singen zu erreichen. Das gelang besonders bei wiederholten Aufnahmen über Erwarten gut, weil sich die Versuchspersonen dann rascher an die Untersuchungsmethodik gewöhnten, als man anfangs hätte glauben sollen. Beim nachträglichen Ausmessen der Tonleiterkurven mit Bezug auf die Zeitkurve ergaben sich meist recht geringe Abweichungen von der vorschriftsmäßigen Dauer von vier oder acht Sekunden pro Tonleiter.

Eine weitere Beeinflussung der so gewonnenen Kurven sei hier nur kurz erwähnt, weil sie (wenigstens in diesem Zusammenhang) nicht von großer Bedeutung scheint. Es ist die Einwirkung des Pulses auf Atmung und Stimmgebung beim Singen. Daß leise ausklingende Töne mit dem Pulsschlag erlöschen, ist von C. N. STEWART und von mir gezeigt worden. Es scheint aber, als ob der Pulsschlag auch beim Tonleitersingen einen gewissen Einfluß ausübe, als ob der Übergang von Ton zu Ton sich gerne beim Pulsschlag vollzöge und auch der Tonabsatz synchron mit der Systole erfolge. Manche Beobachtungen an den Kurven, auf denen ja gewöhnlich der Puls auch erscheint, sprechen dafür. Der genaue Nachweis muß indes einer besonderen Arbeit mit geeigneter Versuchsanordnung vorbehalten bleiben. Es darf aber daran erinnert werden, daß der Einfluß des Pulses auf den Rhythmus der Tonproduktion bei Tieren (z. B. beim Grillenzirpen) und auf das Tempo von musikalischen Werken vielfach behauptet worden ist (HALLOK-GREENWALT). Wenn man mit MEUMANN eine Adaption der Innervation motorischer Zentren auf den Wechsel der Impulse nach Zeit und Stärke voraussetzt, so ist die Möglichkeit der Beeinflussung des Rhythmus durch den Puls jedenfalls denkbar.

Die am häufigsten aufgenommenen Tonleitern, die, wie soeben auseinandergesetzt, zu je zwei auf- und abwärts gesungen wurden, waren für den Sopran und Mezzosopran A-Dur (ein paarmal C-Dur). Bei einigen Stimmen mit besonderer Entwicklung der Höhe wurde dieser entsprechend noch eine dritte Tonleiter aufgenommen, die in der dreigestrichenen Oktave endete. Für den Alt benutzte man je nach Umfang der Stimme A-Dur, G-Dur, F-Dur, einmal auch E-Dur und zweimal bei besonders großen Stimmumfängen 3 Tonleitern, nämlich von A— a^2 bzw. $c—c^3$. Auch bei den Tenören kam hauptsächlich die A-Dur-Tonleiter zur Verwendung, in wenigen Fällen bei besonders hochliegenden Stimmen auch H-Dur und C-Dur. Beim Bariton richtete sich die Wahl der Tonleiter wieder mehr nach

der Stimmlage. Während hohe Baritone die A-Dur-Tonleiter wählten, bevorzugten andere G-Dur und F-Dur. Die Bässe sangen gewöhnlich die E-Dur-Tonleiter, einer auch F-Dur und bei zweien wurde nur die untere Oktave von A-Dur und C-Dur aufgenommen.

Die Atemkurven wurden wieder in der gleichen Art zur Darstellung gebracht wie jene der vorigen Kapitel. Doch dürfte es richtiger sein, die Ergebnisse nicht in derselben Weise zusammenzustellen wie bisher. Denn es ist selbstverständlich, daß man bei diesen Atemkurven immer den Singatentypus vor sich hat, der allerdings in verschiedenen Formen auftritt. Solche Formverschiedenheiten können aber durch Zahlentabellen, welche die Ein- und Ausatmungsdauer und Höhe, sowie die relative mittlere Geschwindigkeit und den Respirationsquotienten enthalten, deshalb nicht ganz wiedergegeben werden, weil die Form des Kurvenablaufs namentlich der Ausatemungskurve von Brust und Bauch sich in diesen Zahlen nicht ausdrückt. Andererseits aber ist durch Vergleich mit der Ruhekurve auf den ersten Blick zu sehen, ob z. B. bei der Ein- oder Ausatmung mehr kostal oder mehr abdominal geatmet wurde. Daß die mittlere Geschwindigkeit der Ausatmung beim Singen von 8 aufeinanderfolgenden Tönen unbedingt sehr verlangsamt sein mußte, ergibt sich aus der Versuchsanordnung und dementsprechend ist auch die Größe des Respirationsquotienten vorausbestimmt. Aus diesen Gründen schien es erlaubt, bei Tonleiteraufnahmen und bei den meisten späteren Tonfolgenuntersuchungen auf die oben beschriebene umständliche und sehr zeitraubende Ausmessungs- und Berechnungsart des Kapitels IV zu verzichten, denn sie würde nochmals mehrere zehntausende von Rechnungen erfordert haben, die nichts Neues zutage gefördert hätten. An ihre Stelle soll nunmehr eine Beschreibung der Atemkurven treten, die vor allem das Verhältnis der Ein- und Ausatemungshöhe an Brust und Bauch berücksichtigt, ferner die Stütz-, Einstell- und Abstellbewegungen und als neue Teilerscheinung: Form- bzw. Richtungsänderungen des absteigenden Kurvenschenkels bei der Ausatmung. Auf die Ermittlung der absoluten Ein- und Ausatmungsdauer und der mittleren Geschwindigkeit konnte um so eher verzichtet werden, als wesentliche Erkenntnisse hiervon nicht mehr zu erwarten waren, es sei denn, man hätte die mittleren Geschwindigkeiten einzelner Teile der expiratorischen Kurve untereinander verglichen. Das schien aber bei so kleinen Kurven mit Rücksicht auf mögliche Ungenauigkeiten von Messung und Berechnung nicht zugänglich.

Atmung. Die im folgenden zusammengestellten Ergebnisse sind aus einer Anzahl von 1150 Tonleiterkurven gewonnen, die von 92 Versuchspersonen stammen. Die Einteilung in Gruppen geschah auf Grund des durchschnittlich hervortretenden Atemtypus, wobei vereinzelt kleine Abweichungen unberücksichtigt blieben.

I. Die Atmungsart ist bei allen vier Tonleitern gleich, in höheren Tonlagen aber gewöhnlich mehr ausgeprägt (64 Fälle).

1. Brust- und Bauchatmung werden annähernd gleichmäßig beansprucht (kostoabdominaler Typus, Tiefatmung, 37 Fälle).

13 Soprane:

- Nr. 653 Schülerin mit Bruststütze beim Aufwärtssingen, Baucheinstellbewegung.
- „ 7 Schülerin mit Bruststütze beim Aufwärtssingen, Baucheinstellbewegung (bei hohen Tönen Baucheinzhg.).
- „ 239 Schülerin mit Bruststütze beim Aufwärtssingen, Baucheinstellbewegung.
- „ 19 Bühnensängerin mit Bruststütze (wenig) beim Aufwärtssingen, Baucheinstellbewegung.
- „ 542 Schülerin mit Bruststütze beim Abwärtssingen, Baucheinstellbewegung
- „ 525 Bühnensängerin ohne Bruststütze, Baucheinstellbewegung.
- „ 347 Bühnensängerin ohne Bruststütze, Baucheinstellbewegung.
- „ 396 Schülerin ohne Bruststütze, wenig Baucheinstellbewegung.
- „ 631 Konzertsängerin ohne Bruststütze, wenig Baucheinstellbewegung.
- „ 382 Bühnensängerin ohne Bruststütze, wenig Baucheinstellbewegung.
- „ 334 Schülerin ohne Bruststütze, wenig Baucheinstellbewegung.
- „ 481 Ausgebildet mit Brust- und Bauchstütze, Unterbaucheinstell., Tiefatmg.
- „ 1008 Ausgebildet mit etwas Bauchstütze, Unterbaucheinstellung.

2 Mezzosoprane:

- „ 668 Ausgebildet mit teilw. expir. Tiefatmung, Brust- u. Baucheinstellung.
- „ 715 Schülerin mit Bruststütze in Tiefe, Bauchstütze in Höhe, Baucheinstellung.

7 Altistinnen:

- „ 58 Schülerin mit Bruststütze, Baucheinstellung.
- „ 1005 Konzertsängerin mit Bruststütze, Baucheinstellung.
- „ 899 Natursängerin mit Bauchstütze, Baucheinstellung.
- „ 30 Schülerin mit Bauchstütze in Tiefe, Bruststütze in Höhe, Baucheinstellung.
- „ 4308 Schülerin ohne Stützbewegung, mit Baucheinstellung
- „ 430 Schülerin ohne Stützbewegung, mit Baucheinstellung.
- „ 633 Konzertsängerin ohne Stützbewegung, mit Baucheinstellung.

9 Tenöre:

- „ 603 Konzertsänger mit Bruststütze und mit Baucheinstellung.
- „ 904 Konzertsänger mit Bruststütze und mit Baucheinstellung.
- „ 289 Bühnensänger mit Bruststütze, Brust- und Baucheinstellung.
- „ 2000 Bühnensänger mit Brust- und Bauchstütze, Brust- und Baucheinstellung.
- „ 29 Schüler mit Bruststütze.
- „ 601 Natursänger mit Bauchstütze beim Aufwärtssingen, mit Baucheinstellung.
- „ 534 Schüler ohne Stützbewegung, mit Baucheinstellung.
- „ 92 Schüler ohne Stützbewegung, mit Baucheinstellung.
- „ 327 Konzertsänger ohne Stützbewegung, mit Baucheinstellung.

3 Baritone:

- „ 807 Bühnensänger mit Bauchstütze und Brusteinstellbewegung.
- „ 712 Bühnensänger mit Bruststütze und Baucheinstellbewegung.
- „ 192 Konzertsänger ohne Stütz- und Einstellbewegung.

3 Bässe:

- Nr. 543 Schüler mit Bruststütze und Baucheinstellung.
 „ 378 Konzertsänger mit Bruststütze und Baucheinstellung.
 „ 734 Konzertsänger mit Bruststütze in der Höhe und Brust- und Baueinstellbewegung.

2. Die Brustatmung überwiegt beim Ein- und Ausatmen (kostaler Typus, einige Male bis zu auffälliger Hochatmung ausgebildet, 23 Fälle).

12 Soprane:

- Nr. 420 Schülerin ohne Stützbewegungen, mit Baueinstellbewegung.
 „ 172 Schülerin mit Bruststütze in der Höhe, Baueinstellbewegung.
 „ 60 Schülerin mit Bruststütze in der Höhe, Baueinstellbewegung.
 „ 64 Bühnensängerin mit Bruststütze in der Höhe, Baueinstellbewegung.
 „ 602 Konzertsängerin mit Bruststütze, Baueinstellbewegung.
 „ 317 Schülerin mit Bruststütze, Baueinstellbewegung.
 „ 240 Bühnensängerin mit Bauchstütze und Einziehung beim Abwärtssingen.
 „ 422 Konzertsängerin mit Bauchstütze u. Baueinstellbewegung.
 „ 424 Schülerin mit Bruststütze und Baueinstellbewegung.
 „ 140 Konzertsängerin mit Bruststütze und Hochatmung in höheren Lagen.
 „ 372 Konzertsängerin mit Bruststütze, extremer Hochatmung u. Baueinziehung
 „ 560 Schülerin mit Bruststütze, extremer Hochatmung und Baueinziehung.

3 Mezzosoprane:

- „ 492 Schülerin mit Bruststütze und Baueinstellbewegung.
 „ 387 Schülerin mit Bauchstütze und Baueinstellbewegung (kostoabdom. Abwärtssingen).
 „ 604 Ausgebildet ohne Stützbewegungen, Baueinstellbewegung.

5 Tenöre:

- „ 294 Konzertsänger ohne Stützbewegungen, mit Hochatmung u. Baueinziehg.
 „ 660 Konzertsänger mit Bruststütze beim Abwärtssingen u. Baueinstellbeweg.
 „ 90 Bühnensänger mit Bruststütze beim Abwärtssingen und Brust- und Baueinstellbewegung.
 „ 888 Bühnensänger mit Bruststütze und Baueinstellbewegung.
 „ 809 Bühnensänger mit Bruststütze und Brust- und Baueinstellbewegung.

3 Baritone:

- „ 399 Natursänger ohne Stützbewegung mit Brust- und Baueinstellbewegung.
 „ 533 Konzertsänger mit Bruststütze beim Aufwärtssingen u. Baueinstellbew.
 „ 471 Bühnensänger mit Bruststütze beim Aufwärtssingen u. Baueinstellbew.

3. Die Bauchatmung überwiegt beim Ein- und Ausatmen (abdominaler Typus, 4 Fälle).

1 Sopran:

- Nr. 421 Schülerin ohne Stützbewegung mit starken Baueinstellbewegungen.

3 Bässe:

- „ 605 Natursänger ohne Stützbewegung mit Baueinstellbewegungen.
 „ 282 Bühnensänger mit Bruststütze und Brust- und Baueinstellbewegungen.
 „ 98 Bühnensänger mit Bruststütze und Baueinstellbewegungen (extreme Bauchatmung).

II. Die Ausatmungsart (E) ändert sich je nach dem Auf- oder Absteigen in der Tonleiter (gewöhnlich Bauchatmung mit Bruststütze beim Aufwärts-, Brustatmung beim Abwärtssingen, Typus Sewall und Pollard), die Einatmungsart (I) wechselt. (21 Fälle).

5 Soprane:

Nr. 474	Schülerin	I kostoabdom.	E Typus S. u. P. m. Brust- u. Baucheinst.
„ 110	Ausgebildet	„ „	„ Typus S. u. P. m. Bruststütze b. Aufwärts- u. Abwärtssingen.
„ 27	Bühnen- und Konzertsängerin	„ „	„ Typ. S. u. P. m. Bruststütze u. Baueinstellbewegung.
„ 22	Bühnen- und Konzertsängerin	„ mehr kostal	„ Typ. S. u. P. m. Bruststütze u. Baueinstellbew. b. Aufwärtssingen und Bauchstütze beim Abwärtssingen.
„ 520	Schülerin	„ extrem kostal	„ kostal m. Bauchstütze u. Einziehung beim Aufwärtssingen.
„	„	„ kostoabdom.	„ mehr abdom. m. Bruststütze u. Baueinstellung beim Abwärtssingen.

3 Mezzosoprane:

„ 622	Schülerin	I kostoabdom.	E Typ. S. u. P., etwas Bruststütze und Baueinstellung.
„ 59	Konzertsängerin	„ „	„ Typ. S. u. P., etwas Bruststütze und Baueinstellung.
„ 756	Schülerin	„ „	„ Typ. S. u. P., etwas Bruststütze und Baueinstellung. (I in Höhe mehr kostal).

3 Altistinnen:

„ 445	Schülerin	I kostoabdom.	E Typ. S. u. P. m. Bruststütze u. Baueinstellung.
„ 235	Konzertsängerin	„ „	„ Typ. S. u. P. m. Bruststütze u. Baueinstellung.
„ 325	Schülerin	„ mehr kostal	„ kostoabdom., b. Aufwärtssingen mit Bauchstütze, kostal b. Abwärtssing., beides m. Baueinstellbewegung.

4 Tenöre:

„ 593	Bühnensängerin	I kostoabdom.	E Typ. S. u. P. ohne Stütze m. Brust- u. Baueinstellung.
„ 600	Natursänger	„ „	„ mehr kostal m. Bauchstütze b. Aufwärtss., kostoabdom. b. Abwärtss.
„ 564	Bühnensänger	„ mehr kostal	„ erst kostal, dann abdomin.; in d. Höhe erst abdom., dann kost. b. Aufw.-S.; „ kostal i. d. Höhe, kostoabdom. in der Tiefe beim Abwärtssingen, immer Baueinstellbewegung.
„ 800	Bühnensänger	„ „ „	„ Typ. S. u. P. mit Bruststütze u. Baueinstellbewegungen.

4 Baritone:

Nr. 364 Schüler	I kostoabdom.	E Typ. S. u. P. m. Bruststütze u. Bauch-einstellbewegungen.
„ 1014 Schüler	„ mehr kostal	„ Typ. S. u. P. m. Bruststütze u. Bauch-einstellbewegungen.
„ 530 „	„ kostoabdom.	„ abdom. m. Bruststütze b. Aufwärtss. „ kostoabdom. beim Abwärtssingen.
„ 1006 Anfänger	„ mehr kostal	„ abdom. m. Bruststütze b. Aufwärtss.
	„ kostoabdom.	„ kostoabdom. ohne Stütze b. Abwärtss.

2 Bässe:

„ 1003 Schüler	I kostoabdom.	E Typ. S. u. P. m. Bruststütze, Brust- u. Baucheinst.
„ 1004 Natursänger	„ „	„ abdom. beim Aufwärtssingen; „ kostoabdom. m. Brust- u. Baucheinst. beim Abwärtssingen.

III. Die Atmungsart wird durch die Höhenlage der Tonleitern bestimmt (3 Fälle).

1 Sopran:

Nr. 774 Ausgebildet	Unt. Oktave	I kostoabdom.	E kostoabdom. auf u. ab m. Baucheinst.
	Obere Oktave	„ „	„ mehr kostal auf u. ab m. Baucheinst.

1 Tenor:

„ 588 Schüler	Untere Oktave	I kostoabdom.	E kostoabdom. auf und ab m. Brust- u. Baucheinstellung.
	Obere Oktave	„ „	„ mehr abdom. m. Brust- u. Bauchstütze (Hochatmung).

1 Baß:

„ 1009 Konzertsänger	Unt. Oktave	I kostoabdom.	E kostoabdom. m. Bauchstütze u. Bauch-einstellung.
	Obere Oktave	„ mehr abdom.	„ mehr abdom. m. Bruststütze u. Bauch-einstellung (Hochatmung).

IV. Die Einatmungsart unterscheidet sich stets von der Ausatmungsart (4 Fälle), 1. I kostoabdom.; E fast nur kostal.

2 Tenöre:

Nr. 902 Schüler	extrem abdom.	Einstellung m. vorgeschobenem Bauch.
„ 1012 „	„ „	Einstellung mit Baucheinziehung.

1 Bariton:

„ 905 Ausgebildet	extrem abdom.	Einstellung m. vorgeschobenem Bauch.
	2. I kostoabdom.	E abdominal.

1 Alt:

Nr. 325 Schülerin	I kostoabdom.	E mehr abdom. Starke Bruststütze.
-------------------	---------------	-----------------------------------

Eine kleine Anzahl von pneumographischen Aufnahmen konnte in ganz hoher Stimmlage des Sopran an 3 Versuchspersonen gemacht werden, und zwar bis an die obere Stimmgrenze in der dreigestrichenen Oktave:

- Nr. 525 Guter Konzert-, später Bühnensopran mit ausgeglichenen synchronen Kurven und kostoabdominaler Tiefatmung. Tonleitern: c^2-c^3 , e^2-e^3 .
 „ 140 Ziemlich guter Konzertsopran mit schön ausgeglichenen Kurven und kostaler Atmung mit Bruststütze. Tonleitern: d^1-d^3 .
 „ 474 Gute Schülerin mit ausgeglichenen Kurven, kostoabdominaler Einatmung, abdominaler Ausatmung bei aufsteigender, kostaler Ausatmung bei absteigender Tonleiter. Tonleitern: a^2-e^3 , a^2-f^3 .

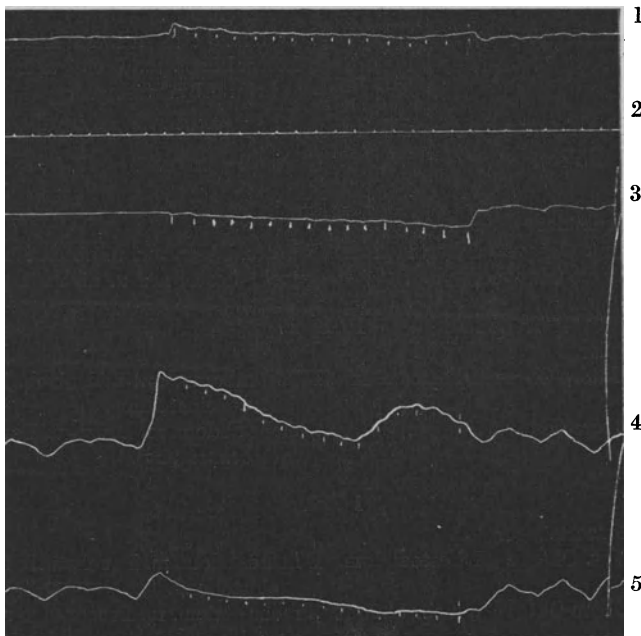


Abb. 21. Atem- und Kehlkopfkurven der Tonleiter d^1 bis d^3 in einem Atem aufwärts gesungen. Konzertsängerin Nr. 140.

1. Gerade Linie. Horizontalbewegung des Kehlkopfs. 2. Zeitschreibung: 1 Sek.
 3. Vertikalbewegung des Kehlkopfs. 4. Brustatmung. 5. Bauchatmung.

Die Atemkurven der 3 Versuchspersonen in dieser Höhenlage sind von jenen bei tiefer gelegenen Tonleitern nicht wesentlich verschieden; ihre Gleichmäßigkeit ist hervorzuheben.

Entsprechend der höchsten Stimmlage treten Stützbewegungen an der Brustatemkurve bei cis^3 oder schon von cis^2 und g^2 an auf, und entwickeln sich bei einer der Versuchspersonen (Nr. 140) zu beträchtlicher Höhe, namentlich bei der zweiten Aufnahme, der eine weniger tiefe Einatmung vorausging (Abb. 21). Bemerkenswert ist noch, daß die Atemhöhe bei allen Kurven mit einer Ausnahme jene bei

tiefer gelegenen Tonleitern nicht erreicht. Die Werte für die Atemhöhe betragen ebensoviel oder höchstens das Dreifache wie bei der Ruhekurve, während bei anderen Tonleitern die Ruhekurve bis zum Fünffachen und mehr an Einatemshöhe übertroffen wird. Offenbar wird also verhältnismäßig sehr wenig Atemluft bei diesen höchsten Kopftönen (einmal auch Flageolettönen) verbraucht. Die besondere Einstellung zur Atmung bei solchen Stimmleistungen trat namentlich bei der Schülerin in deutlichen Ein- und Abstellbewegungen an beiden Kurven zutage, die an Größe die Ein- und Abstellbewegungen bei anderen Aufnahmen übertrafen.

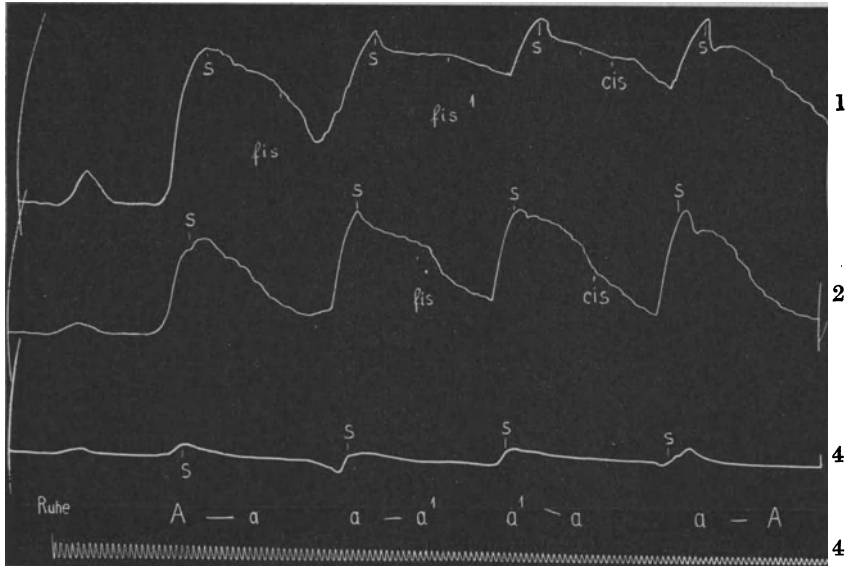


Abb. 22. Kurven der Atembewegung der 4 A-Dur-Tonleitern (Tenor, Schüler Nr. 588).

1. Kurve d. Brustatmung, sog. Hochatmung. 2. Kurve d. Epigastrium 3. Bauchkurve. 4. Zeitschreibung: $\frac{1}{5}$ Sek. S = synchrone Punkte.

Eine zweite kleine Versuchsreihe soll hier ebenfalls noch erwähnt werden, bei der 3 Pneumographen verwendet wurden, um zu beobachten, wie sich die Kurven von Brust, Epigastrium und Bauch (unterhalb des Nabels) zueinander verhalten. Solche Aufnahmen wurden bei 3 Sopranen, 3 Tenören und einer Altistin gemacht. Die Unterbauchkurve begleitet die Kurven der Brust und des Epigastriums in gleichartiger und gleichmäßiger Weise, wenn die ersteren keine Besonderheiten aufweisen (4 Fälle). Die Unterbauchkurve ist dann stets flacher, läuft zeitlich hinter den beiden anderen Kurven und zeigt keine Ein- oder Abstellbewegungen (Abb. 22). Anders verhält es sich bei übertriebener Tiefatmung mit vorgeschobenem Epigastrium (481, 902). Hierbei erscheint sie steiler und gibt die Unregelmäßigkeiten und Richtungsänderungen der anderen Kurven ebenfalls wieder. Ihr Einatemsschenkel geht mit jenen parallel. Entsprechend dem absteigenden Schenkel der anderen Kurven zeigt sie in der Ausatemphase ansteigende Formen, mit anderen Worten Stützbewegungen, die ein Vortreten des Bauches namentlich in höherer Tonlage andeuten. Umgekehrt wird der Bauch

bei Hochatmung eingezogen. Daher kommt es, daß dann der Einatmungsschenkel der Unterbauchkurve jenem der Brustkurve und des Epigastriums entgegengesetzt verläuft, also mehr nach unten gerichtet ist, während in der Ausatmungsphase die Kurve des Unterleibs allmählich ansteigt, weil dieser etwas vortritt. In solchen Fällen zeigt die Unterbauchkurve beinahe das Spiegelbild der oberen Kurven, d. h. es scheint, als ob sie nach unten umgeklappt wäre (Fall 172). Die Untersuchung der Unterbauchbewegungen hat in diesen wenigen Fällen also keine besonderen Ergebnisse gehabt, sondern nur gezeigt, daß entsprechend den übrigen Atembewegungen am Bauch gleichsinnige oder durch die ersteren erzwungene ungleichsinnige Bewegungen auftreten.

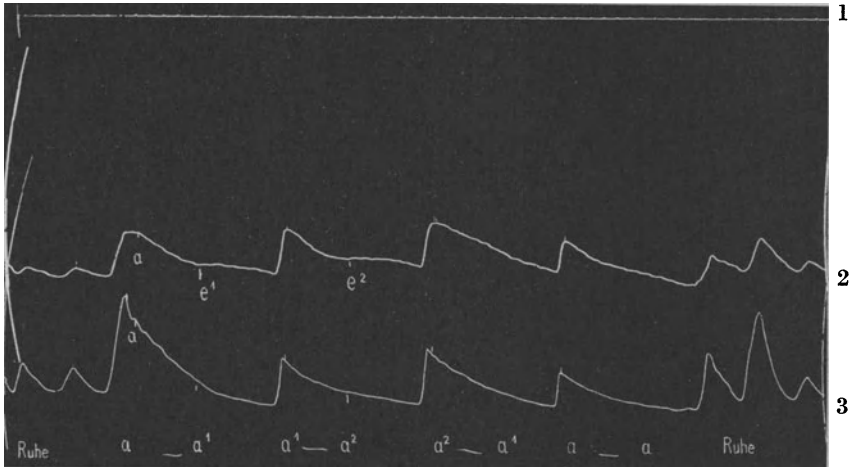


Abb. 23. Kurven der Atembewegung der 4 A-Dur-Tonleitern (Bühnensopran Nr. 19). Vokal o.

1. Zeitschreibung: 1 Sek. 2. Brustatmung. 3. Bauchatmung. In der Brustatmung beim Aufwärtssingen Registerbrüche bei e^1 und e^2 .

Die Übersicht über die Singatemtypen erlaubt wohl vorerst einen Schluß auf die relative Häufigkeit der Atmungsart. Wie ohne weiteres ersichtlich ist, wird von der überwiegenden Mehrzahl der Sänger ein und dieselbe Art und Weise der Singatmung bei Inspiration und Expiration für auf- und absteigende Tonleitern bevorzugt (I. Gruppe 64 Fälle), und zwar am häufigsten die von neueren Forschern auf diesem Gebiet auch am meisten empfohlene kostoabdominale Tiefatmung (37 Fälle, Abb. 23) daneben auch recht oft die mehr kostale Atmung (23 Fälle, Abb. 21) selten als extreme Hochatmung (Abb. 22); ausnahmsweise eine überwiegend abdominale Atmung (4 Fälle).

Wesentlich seltener paßt sich die Atmungsart der Richtung der Tonleiter an (II. Gruppe, 21 Fälle). Hier überwiegt der von SEWALL und POLLARD (vgl. Abb. 24) beschriebene Typus, der beim Aufwärtssingen mehr abdominal, beim Abwärtssingen mehr kostal ausatmet

und dabei gewöhnlich kostoabdominal oder auch mehr kostal einatmet. Kleine Abweichungen von diesem Typus äußern sich darin, daß an Stelle der mehr kostalen oder abdominalen Atmungsart die kostoabdominale tritt, aber der Unterschied zwischen aufsteigender und absteigender Tonleiter bleibt erhalten. Nur in einem Fall war die Atmungsart gerade umgekehrt, wie SEWALL und POLLARD beschreiben. Außer dieser, für das Auf- und Abwärtssingen wesentlich differenzierten Atmungsart kommt ein fast allen Atemkurven gemeinsamer Unterschied zwischen auf- und absteigender Tonleiter vor, der nur die

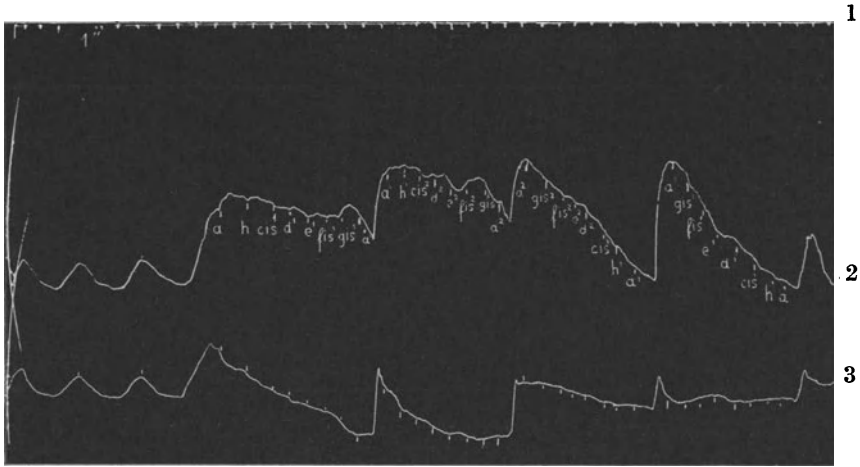


Abb. 24. Kurven der Atembewegung der vier A-Dur-Tonleitern (Sopran ausgebildet Nr. 110. Typus SEWALL und POLLARD).

1. Zeitschreibung: 1 Sek. 2. Brustatmung. 3. Bauchatmung.

Größe und Gleichmäßigkeit der Atmungsform betrifft ohne die Atmungsart zu verändern, der also bei den Kurven aller Gruppen die Regel ist. Hierauf werden wir zurückkommen. Hervorgehoben sei noch die sehr differenzierte Atmungsweise eines weltberühmten Tenors (Nr. 564, Abb. 25), der beim Aufwärtssingen in der tieferen Lage zuerst mehr kostal, dann mehr abdominal ausatmet, in höherer Lage aber mit der abdominalen Atmung beginnt und beim Abwärtssingen vom hohen a¹ zuerst kostal, später vom kleinen a an kostoabdominal ausatmet, also abgesehen von der Tonhöhenrichtung auch die Höhenlage als solche zu berücksichtigen scheint, und daher auch den in Gruppe III zusammengestellten Fällen nahesteht. In Gruppe III sind nämlich jene wenigen (4) Sänger vereinigt, deren Atmungsart sich nach der Höhenlage der Tonleiter richtet. Dies geschieht gewöhnlich in der Weise, daß in tieferer Lage wie auch sonst üblich kostoabdominal ein- und

ausgeatmet wird, während in der Höhe entweder der kostale oder der abdominale Typus vorwiegt, und zwar bei Ein- und Ausatmung oder häufiger nur bei der phonischen Expiration. Die letzte Gruppe IV enthält Ausnahmen, nämlich 4 Fälle, die sich zwar der gewöhnlichen kostoabdominalen Einatmung bedienen, dann aber meist mehr kostal oder einmal auch abdominal ausatmen, im ersteren Fall den Leib stark einziehend oder vorschiebend, in letzterem Fall mit hochgehobener Brust. Wir werden später sehen, daß die Abtrennung dieser IV. Gruppe ebensowenig nötig ist wie die der III. Die weitere Untersuchung der Singatmung wird lehren, daß die ersten Hauptgruppen als Einteilungsprinzip für die Singatmungsarten genügen.

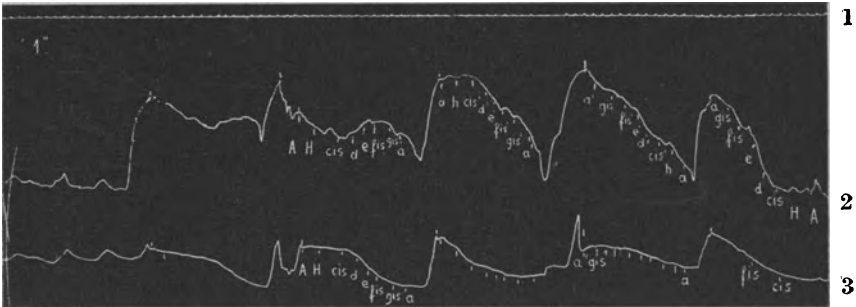


Abb. 25. Kurven der Atembewegung der vier A-Dur-Tonleitern, Vokal o (Tenor von Weltruf Nr. 564).

1. Zeitschreibung: 1 Sek. 2. Brustatmung. 3. Bauchatmung.

Wenn man das für das Richtige erklären will, was die Mehrzahl der Versuchspersonen tut, so müßte man die kostoabdominale Tiefatmung für die beste Atmungsart beim Tonleitersingen erklären und neben ihr der mehr kostalen Atmung eine gewisse Berechtigung zubilligen. Damit ist auch die Atmungsweise der Gruppe III in den Kreis der normalen Atmungstypen einbezogen, was jedenfalls berechtigt erscheint. Durch Majoritätsbeschluß allein dürfte aber auch diese Frage nicht zu entscheiden sein. Es ist, wie schon erwähnt, auch behauptet worden, der Atmungstypus richte sich nach der Stimmgattung. Unsere Übersicht erlaubt hierzu zu bemerken, daß allerdings der mehr abdominale Typus bei den tiefen Stimmen, namentlich den Bässen häufig ist, während der ausgesprochen kostale bei jenen fast nicht vorkommt (keine Baß- oder Altstimme). Mehr als diese, den Anschauungen von MANCIOLI nahekommenden, allgemeinen Angaben scheinen aber nicht zulässig.

Die Hauptgruppen I und II umfassen in ihren Unterabteilungen Fälle, deren Zugehörigkeit zu je einer Abteilung durch die Atmungs-

art im großen und ganzen bestimmt wird; insofern sind sie gleichartig, während sie quantitativ, nämlich in der Größe der für jeden Typus charakteristischen Bewegungen, und ferner auch in Einzelheiten der Atmungsform voneinander abweichen.

Was zunächst die Größe der Singatemkurve im Verhältnis zur Ruhekurve betrifft, so muß man sich vergegenwärtigen, daß das Auf- oder Abwärtssingen einer Tonleiter in mäßiger Tonstärke an und für sich keine hervorragende Leistung ist, also auch keinen besonderen Aufwand an Atemmenge oder Atemtechnik erfordert. Im allgemeinen werden dabei je nach der Tonstärke rund 500—1000 ccm Luft verbraucht. Eine wesentliche Beeinflussung der Kurvenhöhe wird, wie schon angedeutet, durch die Bewegungsrichtung der Tonleiter hervorgerufen, denn im allgemeinen sind beim Aufwärtssingen die Einatmungs- oder die Ausatemungshöhen oder beide größer als beim Abwärtssingen. Die Einatemungshöhen schwanken ferner individuell vom Eineinhalb- bis in seltenen Fällen zum Zehnfachen der Ruhekurve, im Durchschnitt betragen sie aber höchstens das Zwei- bis Dreifache. Höhere Werte sind Ausnahmen und wohl kein Zeichen guter Technik, denn so tiefes Einatmen bei so geringen Anforderungen scheint übertrieben. Weniger hohe Kurven, nämlich solche, die den dreifachen Wert der Ruheatmung nicht übersteigen, kommen in der ersten Abteilung der Gruppe I zu 79 Proz. vor (29 von 37 Fällen), während in der zweiten Abteilung die allzu hohen Kurven fast ebenso häufig sind wie die mäßig hohen. Ein zweites Kennzeichen einer „guten“ Atemkurve ist nach allgemeiner Ansicht ihr gleichmäßiger, „ruhiger Ablauf“. Solche Kurven sind in der ersten Abteilung der I. Gruppe (Tiefatmung) am häufigsten (59 Proz.), während sie in der zweiten Abteilung, also bei mehr kostaler Atmung, mit 35 Proz. an zweiter Stelle stehen und annähernd gleich oft vorkommen wie die steilen Kurven (39 Proz.), die in der ersten Abteilung nur 19 Proz. ausmachen. Die ungleichmäßig ablaufenden Kurven finden sich in den beiden ersten Abteilungen an letzter Stelle mit 22 und 26 Proz. In der II. Gruppe aber stehen die ungleichmäßigen an zweiter Stelle mit 35 Proz. und werden also auch hier noch von der Zahl der gleichmäßig ablaufenden Kurven (45 Proz.) ein wenig übertroffen, während die steilen Kurven hier erst an dritter Stelle (20 Proz.) erscheinen. Freilich ist es bei den kleinen Zahlen namentlich der II. Gruppe bedenklich Prozentsätze auszurechnen, weshalb die absoluten Zahlen noch hinzugesetzt werden: unter 20 Fällen waren in der Gruppe II 9 mit gleichmäßigem, 7 mit ungleichmäßigem und 4 mit steilem Verlauf des absteigenden Schenkels. Die beiden letzten Gruppen sind zu klein, um Ergebnisse von Bedeutung zu liefern. In der III. Gruppe, die, wie erwähnt, der I. nahesteht, finden sich zwei gleichmäßige und je eine ungleichmäßige und steile,

in der IV. Gruppe zwei ungleichmäßige, eine steile und nur eine gleichmäßig ablaufende Kurve.

Das zeitliche Verhältnis zwischen Brust- und Bauchkurve war auch bei dieser verhältnismäßig großen Untersuchungsreihe jener von GUTZMANN beschriebene Asynchronismus, nur bei 5 Sopranen, 1 Mezzosopran, 5 Tenören, 1 Bariton, 1 Baß verliefen die Kurven synchron und bei 2 Baritonen und 1 Sopran lief die Brustkurve der Bauchkurve sogar ein wenig voraus.

Durch die Häufigkeit der gleichmäßig ablaufenden, nicht allzu hohen und nicht allzu steilen Kurven in der Gruppe der Tiefatmung dürfte die Meinung bekräftigt werden, daß jener kostoabdominalen Ein- und Ausatmung beim Singen (jedenfalls der Tonleitern) der Vorzug gebührt.

Ein anderer, wenn auch nicht ungefährlicher Weg zur Beurteilung der Singatmungsweise geht von der Qualität der betreffenden Singstimmen aus. Werturteile auf diesem Gebiet sind vom ästhetischen Standpunkt aus gewiß zulässig, vom rein logischen aber bedenklich. Man darf eben auch anderer Ansicht sein. Es ist aber möglich, einer objektiven Beurteilung stimmlicher Leistungen dadurch nahezu kommen, daß man die Bühnen- oder Konzertsänger jenen gegenüberstellt, die es zu nichts gebracht haben. Die Beobachtungszeit der Mehrzahl unserer Versuchspersonen erlaubt das. Wer Bühnen- und Konzerteleistungen nachweisen kann, von Schüleraufführungen und dem Erstlingskonzert natürlich abgesehen, hat eine gewisse Höhe der Technik jedenfalls erreicht. Glücklicherweise finden sich unter unseren Versuchspersonen auch Größen von Weltruf. BIAGGI hat schon 1911 vorgeschlagen, zur Erforschung der richtigen Atemtechnik jene von Glück begünstigten Sänger phonetisch zu untersuchen, die ohne besondere Schulmethode von Haus aus Hervorragendes leisten. Es ist aber fraglich, ob sich auf diese Art allgemeingültige Gesetze finden lassen. Fragen wir also zunächst, wieviel Bühnen- und Konzertsänger jeweils in den obigen Gruppen sind, so ergibt sich für die Abteilung 1 der ersten Gruppe eine Anzahl von 17 Bühnen- und Konzertsängern gegenüber 20 Schülern und ausgebildeten Dilettanten, für die Abteilung 2 aber 15 Konzert- und Bühnenkünstler gegenüber 12 Schülern. In der zweiten Gruppe treten die 6 Künstler gegenüber 15 Schülern zurück. Aus diesen Zahlen läßt sich wohl nur schließen, daß beim langsamen Tonleitersingen der von SEWALL und POLLARD beschriebene Atemtypus von Künstlern weniger bevorzugt wird, als jene Autoren meinen. Man muß ferner bei diesen Zusammenstellungen im Auge behalten, daß sich insgesamt 39 berufsmäßige Künstler und 53 Schüler gegenüberstehen.

Ein etwas anderes Bild ergibt sich, wenn man nunmehr die Qualität der Sänger, soweit sie nach den soeben auseinandergesetzten Erfahrungen beurteilt werden darf, in Vergleich bringt mit der Qualität der Atemkurve und dem Atemtypus als solchem. Es darf dabei noch bemerkt werden, daß Anmerkungen über die künstlerische Leistung der Sänger erst beigelegt wurden auf Grund früherer Aufzeichnungen, als obige Zusammenstellung schon fertig vorlag. Auf die Gruppenbildung hatte also das Werturteil keinerlei Einfluß. Umgekehrt ist letzteres, soweit es sich nicht aus dem Lebenslauf ergibt: Nichterreichen des gesteckten Ziels trotz jahrelanger Bemühungen, einheitlich günstige oder ungünstige Kritiken, immer auf Anmerkungen gegründet, die ganz unabhängig von der phonetischen Untersuchung oft schon längst vor deren Bearbeitung gemacht worden waren.

1. Unter den Sängern und Sängerinnen mit kostoabdominaler Tiefatmung finden sich 13 Soprane und zwar 5 gute, anerkannte Künstlerinnen mit sehr gleichmäßigen, nicht allzu hohen Atemkurven, 1 mit etwas steileren, dann 2 gute Schülerinnen mit eben solchen ruhigen Kurven. Schlechte Schülerinnen dagegen sind in dieser Gruppe: drei, und zwar je eine mit extremer Tiefatmung, mit steiler oder mit unruhiger Atemkurve. Von 2 Schülerinnen steht die Leistung nicht fest. Von den 2 Mezzosopranstimmen zählt eine mit gleichmäßigen Kurven zu den guten Schülerinnen, eine mit unruhigen Kurven zu den schlechten. Unter den 6 Altstimmen sind 2 gute Konzertsängerinnen einmal mit sehr ebenmäßigen, einmal mit etwas steileren Kurven, dagegen nur 1 gute Schülerin mit ebenfalls etwas steiler Kurve, von 2 schlechten Schülerinnen lieferte die eine unruhige, die andere übermäßig hohe Kurven, bei einer Schülerin fehlen Angaben über die stimmliche Leistung.

Von neun Tenören sind 3 gute und 2 mäßig gute Konzert- oder Bühnensänger. Die ersteren lieferten sehr ausgeglichene, einer allerdings dabei steile Kurven, von beiden letzteren aber nur einer ausgeglichene, der andere sehr unruhige Kurven. Dazu kommen noch 2 gute und 2 schlechte Schüler, letztere mit ungleichmäßigen Kurven, erstere einmal mit gleichmäßigen, einmal mit etwas steilen Kurven. 2 Baritone sind gute Künstler, der eine sogar von großem Ruf, ihre Kurven sind schön und ebenmäßig, der dritte, noch jung und an kleinen Bühnen tätig, ist nicht als ganz ausgebildet zu betrachten. Unter den 3 Bässen sind 2 Konzertsänger mit guten Kurven und ein Schüler mit ruhigen Kurven.

2. Die mehr kostale Atmung wird von durchschnittlich weniger guten Künstlern, ausnahmsweise auch von einem hervorragenden Tenor, bevorzugt. Unter den 12 Sopranstimmen finden sich 6 mäßige Künstlerinnen, von denen 4 ruhige Atemkurven lieferten und 2 ausgesprochene Hochatmung benutzten. Nur eine gute Schülerin mit ausgeglichenen

Atemkurven findet sich in dieser zweiten Abteilung der Gruppe I. Ihr stehen 5 schlechte Schülerinnen mit unruhigen oder einmal auch zu hohen Kurven gegenüber. Unter den 3 Altstimmen ist ebenfalls nur eine gute Schülerin neben 2 schlechten. Die pneumographischen Aufnahmen dieser 3 entsprechen den soeben erwähnten der Sopranschülerinnen. Von den 5 Tenören ist nur einer mit ausgeglichenen Atemkurven, wie erwähnt, berühmt geworden, die 4 anderen gelten als mittelmäßig oder ziemlich gut, ihre Atemkurven sind unruhig oder etwas steil. Das Gleiche gilt von 2 durchschnittlichen Bühnenbaritonen, während ein dritter, ein guter Schüler, schöne gleichmäßige Singatemkurven lieferte. Auch in der dritten Abteilung mit vorzugsweise abdominaler Atmung findet sich keine Sängergröße. Eine gute Schülerin, merkwürdigerweise Sopran, steht hier vereinzelt als Ausnahme. Von den 3 Bässen sind 2 mäßige Künstler, ihre Atemkurven verlaufen ruhig, aber steil. Über die Qualität des dritten Basses ist nichts berichtet.

3. In der II. Gruppe sind im ganzen nur 20 Fälle zusammengestellt. Unter den Frauenstimmen finden sich nur 4 Künstlerinnen, 2 Soprane und 1 Alt, dann ein mäßiger Mezzosopran, alle 4 mit ruhigen ausgeglichenen Kurven; ferner mit ebensolchen Atemkurven auch 2 gute Schülerinnen (1 Sopran und 1 Mezzosopran), dazu noch 5 mäßige oder schlechte Schülerinnen mit ungleichmäßigen, steilen Atemkurven (3 Soprane, 2 Mezzosoprane, 1 Alt). Von den 4 Tenören sind 2 Sänger von Weltruf, einer davon gehört zu jenen Berühmtheiten, deren natürliche Anlage bedeutender ist als ihre Technik (Nr. 564). Seine Atmungsart ist oben geschildert, seine Stimme soll infolge besserer Schulung, seit der Zeit, aus welcher die pneumographische Aufnahme stammt, wesentlich gewonnen haben. Ein zweiter, ziemlich guter Künstler lieferte ausgeglichene, aber etwas steile, ein Natursänger dagegen unruhige Kurven. Das Gleiche gilt von 3 schlechten Schülerbaritonen, während der vierte gute ausgeglichene Kurven darbot, ebenso wie 2 gute Bässe, Schüler mit ruhigen, einmal etwas steilen Kurven.

4. Die III. Gruppe ähnelt in ihrer Atemtechnik bekanntlich der ersten, von der sie sich nur dadurch unterscheidet, daß in der Höhe von kostoabdominalem Typus abgewichen und meist etwas mehr abdominal ausgeatmet wird. Sie enthält keinen Künstler von Bedeutung. Ein Tenor, Schüler, mit dieser Atemtechnik, aber zu hohen unruhigen Kurven hat es zu nichts gebracht. Das gleiche Schicksal hat die Sopransängerin dieser Gruppe, deren Atemkurven sehr steil verlaufen, während der Bassist mäßige Konzerteleistungen aufweisen kann. Seine ruhige Atemkurve zeigt ausgesprochene Hochatmung in den oberen Tonlagen, ferner tremoliert er auch bisweilen.

5. Die IV. und letzte Gruppe enthält keinen Konzert- oder Bühnenkünstler. 2 mittelmäßige Schüler (Tenöre) hatten unruhige Atem-

kurven, der eine mit wesentlicher Einziehung des Bauches. Ähnlich verhält sich die Altistin, eine mittelmäßige Schülerin, während der Bariton, allerdings zur Bühne ausgebildet, zu hohe, aber wenigstens ruhige Atemkurven lieferte.

Aus allem oben Gesagten geht hervor, daß offenbar der kosto-abdominalen Tiefatmung beim Singen von Tonleitern die besten Leistungen entsprechen, — von anderen Vorbedingungen abgesehen, denn hier ist vorläufig nur von der Atmung beim Singen von Tonleitern die Rede. Ferner scheint es richtig zu sein, daß die ausgesprochen kostale Atmung, die oft mit leichter Einziehung des Leibes verbunden wird, sich meist nicht besonders gut zum Singen eignet, von Sopranen und Tenoren aber immerhin bisweilen auch mit Erfolg angewandt wird. Sicherlich ist aber die extreme Hochatmung unvorteilhaft. Das Gegenteil: der vorwiegend abdominale Typus, kommt bei tiefen Stimmen vor, scheint aber, ins Extreme getrieben, ebensowenig zum Erfolg zu führen. Die Anpassung der Atmung an die Richtung der Tonfolgen dürfte in maßvollen Grenzen zweckmäßig sein, aber nur dann, wenn allzu große Bewegungen dabei vermieden werden. Das Gleiche gilt von der Anpassung der Atmung an die Höhenlage überhaupt. Beide Atmungsweisen sind ja nur als Spielarten der kosto-abdominalen Tiefatmung anzusehen. Die vierte (letzte) Gruppe scheint eine noch unausgebildete Singatmung, also eine Entwicklungsstufe im Lauf der gesanglichen Ausbildung darzustellen.

Aus den bisherigen Betrachtungen geht ferner hervor, daß der Singatemtypus durchaus nicht allein maßgebend ist für die stimmliche Leistung. Die Atemanstrengung, die sich in der relativen Höhe ausdrückt, und die Gleichmäßigkeit der Ausatmung sind mindestens ebenso wichtig. Wenn also zu verhältnismäßig einfachen stimmlichen Leistungen zu tief oder gar einseitig mit Bauch oder Brust übermäßig eingeatmet wird, so ist das gewöhnlich ein Zeichen von mangelhafter Technik und mäßiger Leistung. Das Gleiche können wir von all den Atmungsformen sagen, bei welchen die Brust während der Ausatmung allzusehr gehoben, der Bauch stark eingezogen oder auffällig vorgeschoben wird. Kurz, alle übertriebenen Stütz- oder Einstellbewegungen, die sich in einem Auseinanderstreben der kostalen und abdominalen Atemkurve (Dissoziation Abb. 20, S. 124) widerspiegeln, sind, wie Verf. schon früher betont hat, und wie BIAGGI und MANCIOLI ebenfalls angeben, als Zeichen einer unzweckmäßigen und schädlichen Singatmung anzusehen, die im allgemeinen mit einer klangschönen Stimmgebung unvereinbar ist. Das gilt aber immer mit der Einschränkung, daß die gestellte Aufgabe (Tonleitern) nicht schwierig sei. Schließlich ist auch das Eben-

maß des absteigenden Schenkels der Singatemkurve von großer Bedeutung. Wesentliche Unregelmäßigkeiten beweisen immer einen Mangel an Sicherheit der Atemtechnik. Bei guten Sängern finden wir also während des Tonleitersingens gewöhnlich gleichmäßig sich senkende expiratorische Kurven, an denen nur leichte, sich dem Kurvenverlauf anschmiegende Stützbewegungen vorkommen können, während geringe Ein- und Abstellbewegungen jenen Kurvenschenkel abgrenzen, welcher der Stimmgebung entspricht. Kleine Richtungsänderungen innerhalb dieser Strecke gehören aber ins Gebiet des Normalen. Auf ihre Bedeutung werden wir in einem anderen Zusammenhang noch zurückkommen müssen.

Kehlkopfbewegungen. Die Bewegungen des Kehlkopfs beim Tonleitersingen wurden in der Mehrzahl der Fälle mittels Palpation verfolgt. Wo sie laryngographisch aufgenommen werden konnten, geschah die Nachprüfung mit dem Getast. Die Laryngographie dieser Kehlkopfbewegungen ist nicht ganz einfach, da bei stärkeren Stellungsveränderungen ein Abrutschen, bei allmählichen ein Vorbeigleiten der Pelotte am Schildknorpel möglich ist. Ersteres ist ja ohne weiteres an den Kurven kenntlich (wie ich schon früher zeigen konnte). Das Vorbeigleiten aber kann der Aufmerksamkeit des Beobachters entgehen und dann zu folgenschweren Irrtümern Anlaß geben, wenn aus den Kurven allein Schlüsse auf die Kehlkopfbewegungen gezogen werden. Namentlich bei weiblichen Kehlköpfen ist diese Gefahr sehr groß. Eine laryngographische Aufnahme bedarf also, wie schon mehrfach erwähnt, der Kontrolle durch Inspektion und Palpation. Sie soll ferner gleichzeitig mit den Atemkurven vorgenommen werden, damit der Einfluß der Atmung auf die Kehlkopfbewegung nachweisbar sei. Schließlich soll man an der Kehlkopfcurve die einzelnen Töne der Tonleiter wahrnehmen können. Sie prägen sich gewöhnlich von selbst darin aus, aber man tut gut daran, sie zu markieren.

Demnach liegt der Wert der Kehlkopfschreibung mehr darin, daß sie durch unsere Beobachtung wahrgenommene Ergebnisse festhält und uns vor Augen bringt. Nur über Einzelheiten der Bewegungsform vermögen gute laryngographische Kurven noch Aufschluß zu geben. Aber auch diese kann man durch das Getast fast ebenso sicher feststellen, wenn man sich lange genug darauf eingeübt hat. Das ist freilich maßgebend für die Genauigkeit der Untersuchung. Die folgenden Resultate sollen also in dem Sinn aufgefaßt werden, daß sie hauptsächlich mittels des Getastes nach jahrelanger Einübung gewonnen sind und daß die Laryngographie als ergänzende Methode dabei verwendet wurde.

Am einheitlichsten waren die Ergebnisse der Untersuchungen an Frauenstimmen. Nur selten konnte bei Sopranen ein ständiges

Abweichen von dem Gesetz gefunden werden, daß der Kehlkopf im allgemeinen mit steigender Tonhöhe ansteigt, mit fallender sinkt. (Abb. 26 u. 27). Im ganzen wurden an 39 Sängerinnen die Kehlkopfbewegungen bei der A-Dur Tonleiter beobachtet. Es waren 16 Gesangsschülerinnen, 4 ausgebildete Dilettantinnen, 10 Konzertsängerinnen

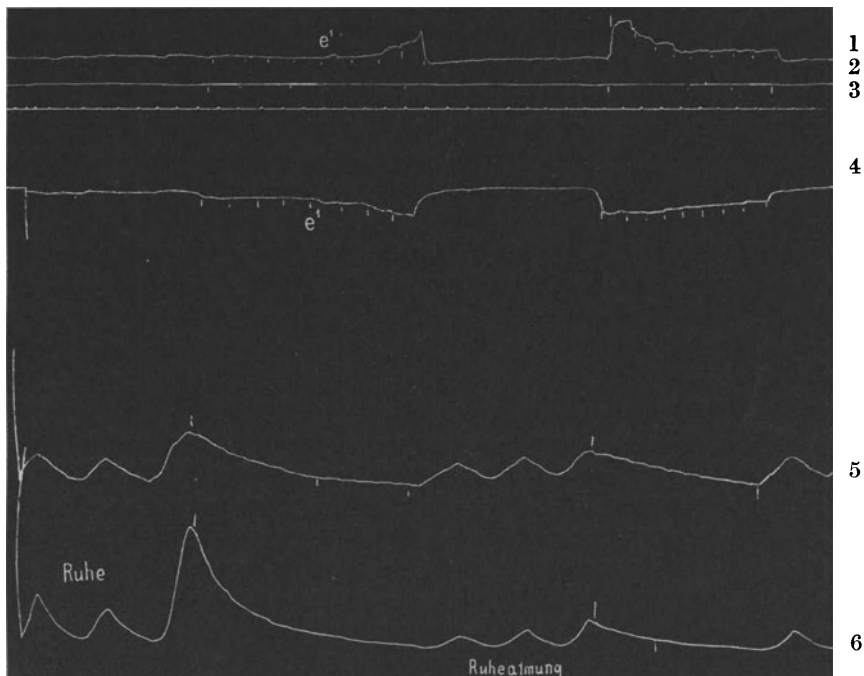


Abb. 26. Atem- und Kehlkopfbewegungen beim Auf- und Abwärtssummen der Tonleiter a bis a¹ (Konzertsopran Nr. 27).

1. Horizontalbewegung des Kehlkopfs. 2. Stimmkurve. 3. Zeitschreibung: 1 Sek.
 4. Vertikalbewegung des Kehlkopfs. 5. Brustatmung. 6. Bauchatmung.
- Registerbruch in der aufsteigenden Tonleiter bei e¹.

und 9 Bühnensängerinnen, darunter manche tüchtige Kraft, allerdings keine von großem Ruf. Daß nur 8 Versuchspersonen laryngographiert wurden, liegt daran, daß der weibliche Kehlkopf und namentlich der kleine Kehlkopf der Sopranistinnen sich nicht gut zu solchen Aufnahmen eignet. Im einzelnen finden sich natürlich Unterschiede in der Bewegung, auf die wir noch zurückkommen. Vielfach erfolgte das Ansteigen des Kehlkopfs nicht sogleich, sondern erst im Verlauf der Tonleiter, selten nach anfänglichem, leichtem Sinken. Fast regelmäßig verschwand der Kehlkopf bei den höchsten Tönen unter dem Zungenbein. Im allgemeinen waren die Bewegungen bei guten Sängerinnen kleiner

als bei wenig ausgebildeten Schülerinnen. Die Einstellung zum tiefen *a* erfolgte, namentlich wenn noch dazu tief eingeatmet wurde, merklich nach unten, sonst oft nur wenig nach vorn, hier und da sogar ein klein wenig aufwärts. Die Abstellbewegung nach dem höchsten und nach dem tiefsten Ton war meist sehr deutlich nach unten bzw. nach oben

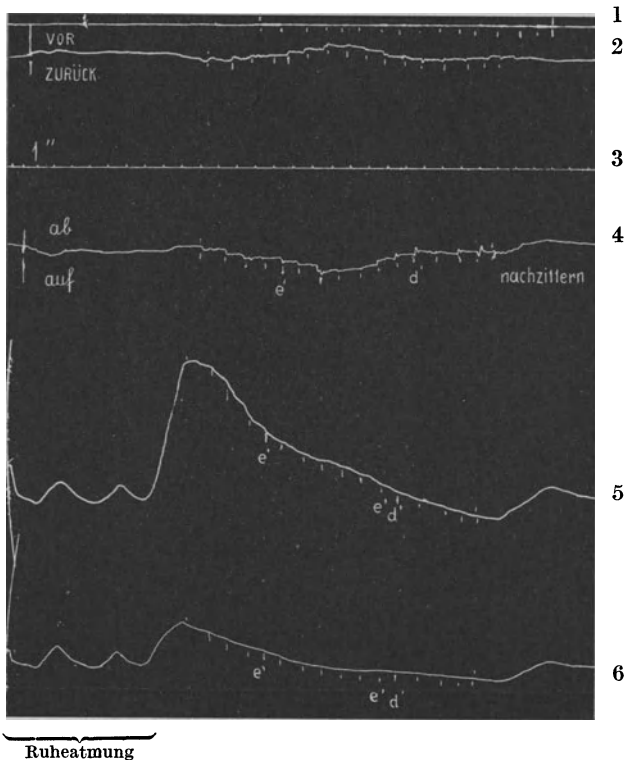


Abb. 27. Atem- und Kehlkopfbewegungen beim Auf- und Abwärtssummen der Tonleiter *a* bis *a*¹ und zurück in einem Atem. (Sopran, Schülerin Nr. 60).
1. Stimmkurve. 2. Horizontalbewegung des Kehlkopfs. 3. Zeitschreibung: 1 Sek.
4. Vertikalbewegung des Kehlkopfs. 5. Brustatmung. 6. Bauchatmung.

gerichtet. Nur bei zwei Sängern konnte festgestellt werden, daß der Kehlkopf dauernd nach einer gewissen Tiefstellung strebte und sich nicht gleichsinnig mit der Tonleiter bewegte, einmal wenn ausgesprochene gedeckte Töne von vornherein gesungen wurden. Das gelang aber nur unterhalb des höchsten Tonbereichs, also unterhalb des (zweigestrichenen) *d*². Dieses Tiefstellen oder Tieferrücken während des Singens namentlich der unteren Skala geschah bei der einen sehr bewußt und absichtlich, war aber durchaus nicht die Regel bei dieser Versuchsperson (Abb. 28). Bei der zweiten, einer bekannten jugendlich-dramatischen

Bühnensängerin war die Tiefstellung und in der unteren Oktave sogar das Sinken des Kehlkopfs beim Aufwärtssingen jedoch konstant und nicht bewußt. Genau das Gleiche wie bei den Sopranen ergab die Untersuchung an 7 Mezzosopranen (2 laryngographiert), nämlich 4 Schülerinnen, einer ausgebildeten Dilettantin und einer Konzertsängerin. Bei Altstimmen konnten nur zwei Fälle gefunden werden, deren Kehlkopfbewegungen nicht gleichsinnig mit der auf- und absteigenden Tonleiter erfolgten, wenn auch Erscheinungen des Deckens hie und da bei anderen zur Beobachtung kamen. Es waren 12 Altistinnen, und zwar 5 Schülerinnen, 1 ausgebildete Dilettantin, 5 Konzertsängerinnen und 1 Bühnenkünstlerin. Von 5 Versuchspersonen konnten laryngographische Kurven gemacht werden. Darunter war eine Konzertsängerin, bei der in der oberen Oktave der E-Dur-Tonleiter sich der Kehlkopf beim Aufwärtssingen nach unten vor und beim Abwärtssingen stufenweise aufwärts vorwärts bewegte.

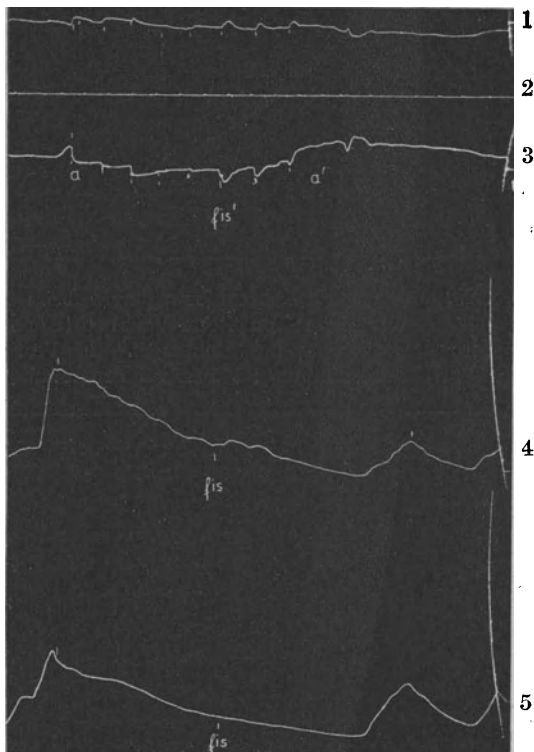


Abb. 28. Atem- und Kehlkopfbewegungen beim Aufwärtssingen der Tonleiter a bis a¹ (Konzertsopran Nr. 27, wie Abb. 24) gedeckte Klanggebung. Vokal o.

1. Horizontalbewegung des Kehlkopfs. 2. Zeitschreibung: 1 Sek. 3. Vertikalbewegung des Kehlkopfs. 4. Brustatmung. 5. Bauchatmung. Der Kehlkopf sinkt ab fis¹, Stützbewegung in der Brustatmung an gleicher Stelle.

1. Horizontalbewegung des Kehlkopfs. 2. Zeitschreibung: 1 Sek. 3. Vertikalbewegung des Kehlkopfs. 4. Brustatmung. 5. Bauchatmung. Der Kehlkopf sinkt ab fis¹, Stützbewegung in der Brustatmung an gleicher Stelle.

Etwas anders verhalten sich nun aber die Männerstimmen. Es wurden im ganzen 21 Tenöre untersucht, 5 davon laryngographisch. Von den 21 zeigten 11 meist nach anfänglichem Ruhigbleiben erst gegen Ende der Tonleiter das gewöhnliche Ansteigen des Kehlkopfs

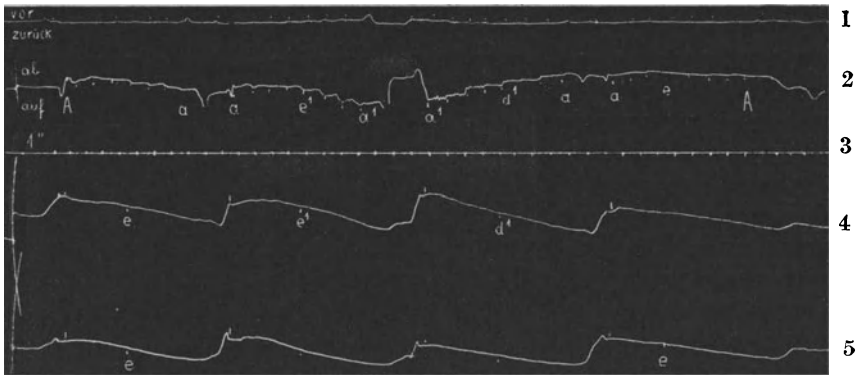
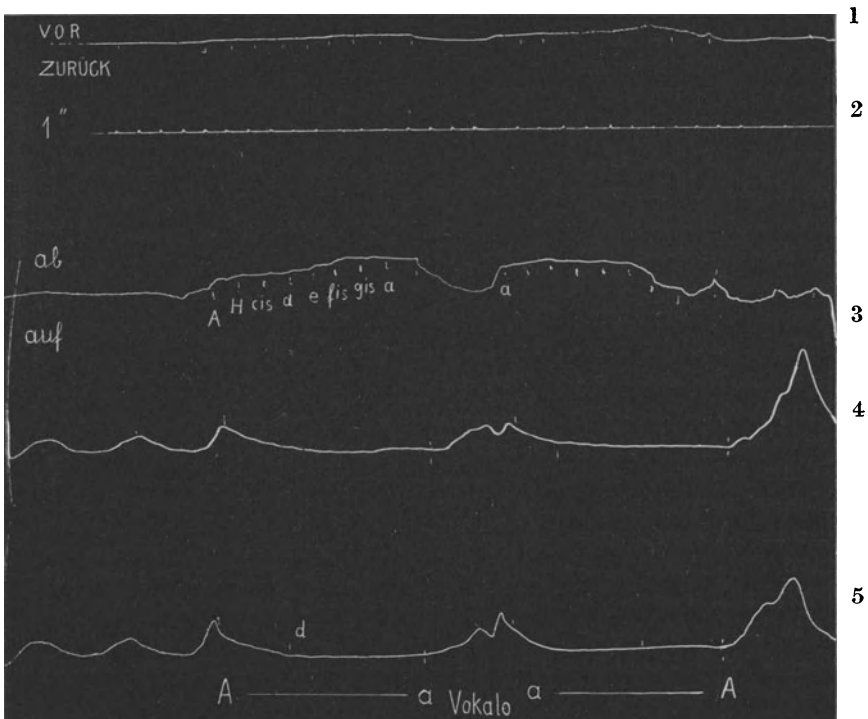


Abb. 29. Atem- und Kehlkopfbewegungen beim Auf- und Abwärtssingen der vier A-Dur-Tonleitern, Vokal o (Konzerttenor Nr. 904).

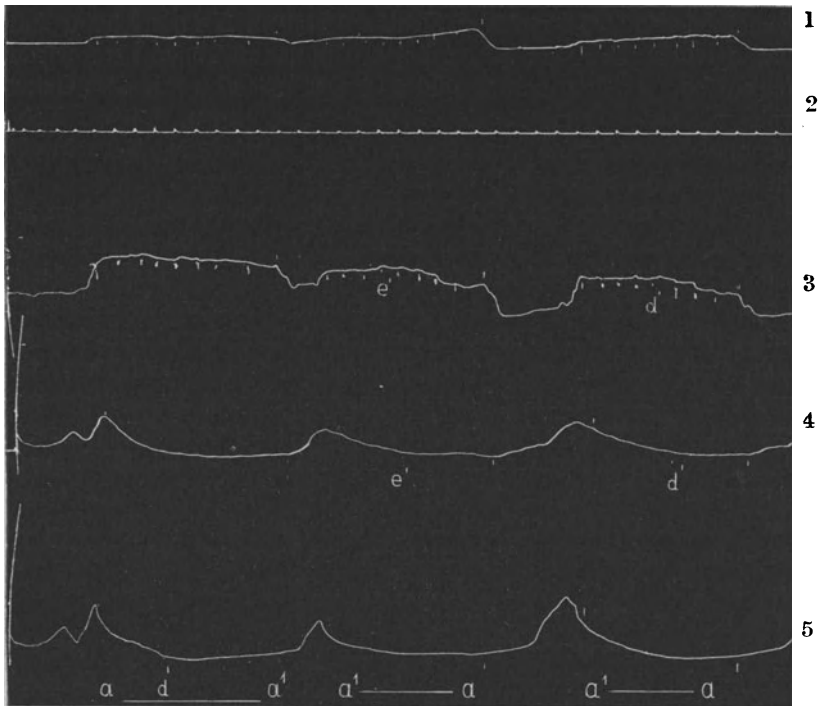
1. Horizontalbewegung des Kehlkopfs. 2. Vertikalbewegung des Kehlkopfs.
3. Zeitschreibung: 1 Sek. 4. Brustatmung. 5. Bauchatmung.



30a.

mit der Tonhöhe und das Absteigen beim Abwärtssingen. Darunter ist nur ein (lyrischer) Bühnentenor mit sehr geringen Bewegungen,

die trotz des Aufstrebens bei hohen Tönen stets unterhalb der Ruhelage verliefen. Dazu kommen 5 Konzertsänger, wovon es 3 nicht weit gebracht haben, während 2 ganz geringe Kehlkopfbewegungen zeigten, und daher



30b.

Abb. 30a u. b. Atem- und Kehlkopfbewegungen beim Auf- und Abwärtssingen der vier A-Dur-Tonleitern (Tenor, Schüler Nr. 534).

1. Horizontalbewegungen des Kehlkopfs. 2. Zeitschreibung: 1 Sek. 3. Vertikalbewegung des Kehlkopfs. 4. Brustatmung. 5. Bauchatmung.

wie der lyrische Tenor schon als Übergangstypen zur folgenden Gruppe angesehen werden können, und das um so mehr, als einer von ihnen, ein Sänger von Ruf, den Kehlkopf beim Aufwärtssingen der ersten Oktave senkt und ihn erst in der oberen höheren Oktave mehr nach vorn und oben treten läßt (Abb. 29). Die übrigen 5 Versuchspersonen sind Schüler, von denen keiner in den letzten 5—10 Jahre Bedeutendes geleistet hat.

Bei einer zweiten Gruppe von 10 Tenören konnte das von BARTH und HELLAT behauptete Sinken des Kehlkopfs mit steigender Tonhöhe und das Ansteigen desselben beim Abwärtssingen festgestellt werden. Diese Gruppe umfaßt zunächst 1 Schüler (Abb. 30) und 7 Opernsänger,

darunter einen Künstler von Weltruf und mehrere, die von der Kritik einstimmig als hervorragend bezeichnet werden. Von 4 Versuchspersonen konnten laryngographische Kurven aufgenommen werden. Zu dieser Gruppe gehören noch 2 Bühnensänger mittlerer Güte, die im allgemeinen mit tief gestelltem Kehlkopf singen, ihn zwar beim Aufwärtssingen der Tonleiter heben, bei den höchsten Tönen aber wieder tiefer stellen. An den meisten dieser Sänger läßt sich mit dem Getast sowohl wie aus laryngographischen Kurven erkennen, daß der Kehlkopf, anstatt ruckweise anzusteigen, beim Aufwärtssingen ruckweise nach vorne tritt, namentlich bei der Abwärtsbewegung.

Die Untersuchung von 10 Baritonem führte zu ganz ähnlichen Ergebnissen. Die mit der Tonhöhe konforme Kehlkopfbewegung wurde bei 5 Versuchspersonen gefunden, und zwar bei einem Natursänger (Abb. 31), bei 3 Schülern und bei 1 Konzertsänger, der mittlerweile seine Stimme verloren hat. Von den Schülern hat keiner Besonderes geleistet, zwei Opernsänger, deren Ausbildung ungenügend ist und von denen einer auch bei tiefen Tönen tremoliert, zeigten Ansätze zur umgekehrten Bewegung im Anfang der Tonleiter, neigten aber in der Nähe der Registerstellen immer wieder zum Hochstellen des Kehlkopfs. Die umgekehrte Bewegung fand sich bei 3 Sängern, und zwar bei einem Konzertsänger, der sie während der Beobachtungszeit erlernte und gute Erfolge hat, ferner bei 2 Opernsängern, wovon einer eine 20jährige Bühnenpraxis hinter sich brachte, während der andere, noch jüngere, bereits auch außerhalb Europas berühmt geworden ist.

Die Zahl der Bässe, die untersucht werden konnte, ist leider klein (nur 6). Zwei davon, ein Natursänger (Abb. 32) und ein Konzertsänger mit geringen Erfolgen, der stark tremoliert, machen nach anfänglichem Abwärtsrücken oder möglicher Ruhestellung gegen Ende der Tonleiter der Tonhöhe entsprechend aufwärts gerichtete geringe Kehlkopfbewegungen, wobei indes auch an dem Natursänger gegensätzliche Bewegungen wahrgenommen wurden, wenn er bei leiserer und schönerer Tongebung unwillkürlich gedeckte Töne sang. Unter den 4 anderen Sängern sind 2 mäßige Bühnenkünstler, von denen der eine im allgemeinen mit tief gestelltem Kehlkopf singt und nur hier und da in der eingestrichenen Oktave den Kehlkopf noch hoch zieht, während beim anderen der Kehlkopf mit steigender Tonhöhe sinkt. Dasselbe zeigte sich bei einem Konzertsänger, sobald er in der Höhe richtig gedeckte Töne sang (Abb. 33) und auch bei einem guten Schüler, dessen Laufbahn im Krieg ein frühes Ende fand.

Zum Zweck obiger Untersuchungen wurden die Tonleitern, wie schon mehrfach erwähnt, in mäßiger Tonstärke gesummt oder auf den Vokal o gesungen. Bei 21 Versuchspersonen (7 Soprane, 2 Mezzosoprane, 3 Alt, 5 Tenöre, 2 Baritone und 2 Bässe) aber schien es zweck-

mäßig, sich noch zu überzeugen, ob und welche Bewegungsunterschiede zwischen gesummt, piano oder forte gesungenen Tonleitern am Kehlkopf etwa beständen. Das Ergebnis dieser kleinen Versuchsreihe war, daß im allgemeinen, d. h. in der Bewegungsrichtung, keine Unterschiede in der Kehlkopfbewegung zwischen gesummt und auf den

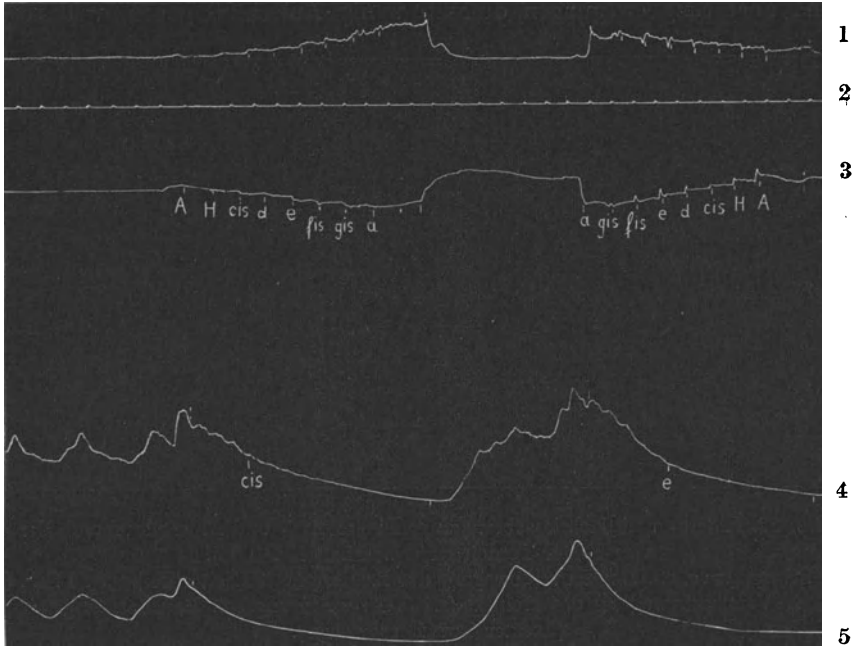


Abb. 31. Atem- und Kehlkopfbewegungen beim Auf- und Abwärtssingen der Tonleiter A bis a (Naturbariton Nr. 399). Vokal o mit leicht gehauchtem Stimmeinsatz.

1. Horizontalbewegung des Kehlkopfs. 2. Zeitschreibung: 1 Sek. 3. Vertikalbewegung des Kehlkopfs. 4. Brustatmung. 5. Bauchatmung.

Vokal o gesungenen Tonleitern bestanden, ebensowenig zwischen laut und leise gesungenen. Dagegen ist die Größe der Bewegung sehr verschieden, und zwar gewöhnlich beim Summen ausgiebiger als beim Singen, beim Forte aber geringer als beim Piano. Einzelheiten der Bewegung stimmen aber immer untereinander überein, gleichviel, in welcher Art die Tonleiter gesummt oder gesungen wird. Die Verminderung der Kehlkopfbewegungen beim Forte-Singen täuscht bisweilen eine Ruhigstellung vor, bei der aber kleine Vorwärtsstöße die Regel sind, während die Vertikalbewegungen hier und da für eine Reihe

von Tönen, aber niemals für alle 8 Töne, bei tief gestelltem Kehlkopf unterbleiben können.

Eine gewisse Ergänzung erfahren die Ergebnisse der Untersuchungen über die Bewegungen des ganzen Kehlkopfs beim Tonleitersingen durch die Betrachtung mit dem Kehlkopfspiegel. Es ist zwar früher mehrfach behauptet worden, die Laryngoskopie könne uns über Singbewegungen deshalb wenig Aufschluß geben, weil sie



Abb. 32. Atem- und Kehlkopfbewegungen beim Auf- und Abwärtssummen der vier F-Dur-Tonleitern (Naturbaß Nr. 1004).

1. Stimmkurve. 2. Horizontalbewegung des Kehlkopfs. 3. Zeitschreibung: 1 Sek.
4. Vertikalbewegung des Kehlkopfs. 5. Brustatmung. 6. Bauchatmung.
(Letzter Ton F sehr leise).

dieselben zu sehr behindere. Es gibt aber zweifellos leicht zu spiegelnde Personen, die durch den Kehlkopfspiegel kaum wesentlich gestört werden. Bei solchen (es waren 5, und zwar 2 Soprane, je 1 Alt, Bariton und Tenor) konnte man mit dem Spiegel beim Aufwärtssingen der Tonleiter regelmäßig beobachten, wie entsprechend der Bewegung nach oben—vor sich der Kehlkopf in einer Art bewegte, daß die Stimmlippenebene sich um eine transversale Achse drehte, wobei der hintere Abschnitt der Stimmlippen mit den Stellknorpeln gehoben wurde. Diese Drehbewegung erlaubt einen besseren Überblick über die Stimmlippen in der höheren Tonlage. Das Aufrichten des Kehlkopfs ist dabei nur scheinbar; und die Ansicht, daß, während der Kehlkopf gehoben werde, sich der Schildknorpel etwas nach vorn und abwärts bewege, wäre mit dieser Beobachtung vereinbar, trotz der Versuche von PAUL BERT (1909), die eher Ähnlichkeit mit der GUTZMANNschen Druckprobe haben.

Während also bei den Frauenstimmen, ausgebildeten und nicht ausgebildeten, die Gegenbewegung des Kehlkopfs beim Auf- und Abwärtssingen nur selten nachgewiesen werden konnte, dann namentlich bei absichtlichen Stellungsveränderungen und besonders dunkler, gedeckter Tongebung, war dieses Verhalten bei Männerstimmen

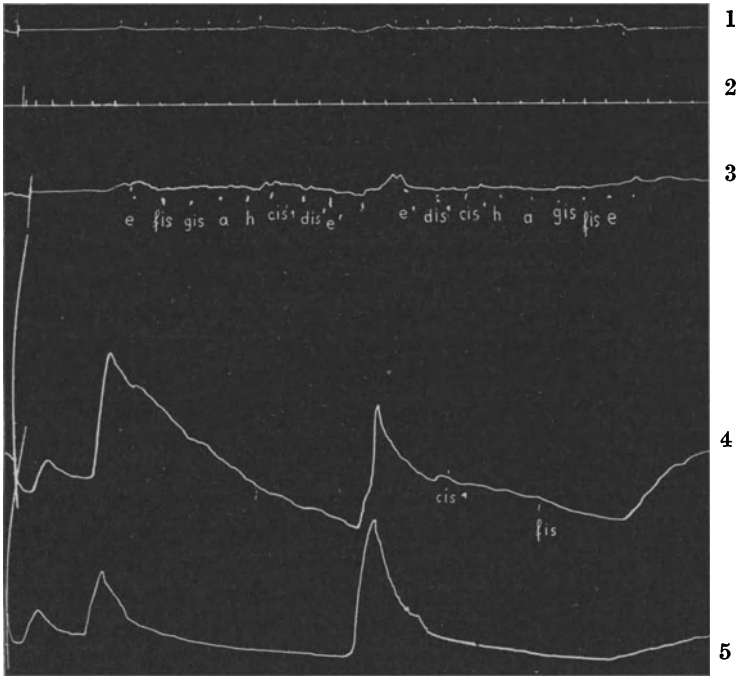


Abb. 33. Atem- und Kehlkopfbewegungen beim Auf- und Abwärtssingen der Tonleiter e bis e¹, Vokal o (Konzertbaß Nr. 734).
1. Horizontalbewegung des Kehlkopfs. 2. Zeitschreibung: 1 Sek. 3. Vertikalbewegung des Kehlkopfs. 4. Brustatmung. 5. Bauchatmung.

häutiger. Es gilt als Charakteristikum des Kunstsängers gegenüber dem Natursänger, dessen Kehlkopf mit der Tonhöhe ansteigt. Die Tatsache, daß alle jene Sänger keinen Erfolg hatten, deren Kehlkopfbewegung der des Natursängers entsprach, während unter jenen, deren Kehlkopf die entgegengesetzten Bewegungen machte, sich alle Bühnensänger, unter ihnen solche mit langer Bühnenpraxis und Künstler von großem Ruf finden, dürfte für die Richtigkeit der BARTH-HELLATSchen Anschauung sprechen. Das Beispiel Carusos, der bekanntlich von Stimmstörungen nicht verschont blieb, spricht namentlich dann nicht dagegen, wenn BIAGGI mit seiner Behauptung

recht hat, daß die romanischen Rassen sich auch beim Kunstgesang einer Kehlkopfbewegung bedienen, die wir dem Natursänger zuschreiben, Bei den Kunstsängern handelt es sich also ebensowenig wie bei den Natursängern um ein Hinstreben des Kehlkopfs zur Indifferenzlage. Die Einstellung erfolgt nämlich bei dieser Art des Singens mit einer großen Bewegung nach ab- und gewöhnlich vorwärts, der am Schluß der auf- oder abwärts gesungenen Tonleiter eine ebenfalls beträchtliche Abstellbewegung nach oben entspricht. Denn der Kehlkopf bleibt auch, während er beim Abwärtssingen ansteigt, immer unterhalb der Ruhelage. Wird dagegen nach Art der Natursänger gesungen, so überschreitet der Kehlkopf die Ruhelage sehr bald nach oben, auch wenn die Einstellbewegung nach unten gerichtet war. Daher schließt die aufwärts gesungene Tonleiter in diesem Fall mit einer beträchtlichen Abstellbewegung nach abwärts, der nicht selten noch zuvor ein kleiner Ruck nach oben vorausgeht, in gleicher Weise, wie das schon oben beschrieben wurde. Bei der abwärts gesungenen Tonleiter verhalten sich diese Bewegungsarten umgekehrt, da ja der Kehlkopf hierbei nach unten rückt.

Der von FLATAU und GUTZMANN gebrauchte Ausdruck vom „Hinstreben zur Indifferenzlage“ kann aber wohl in beschreibendem, nicht erklärendem, Sinn angewendet werden auf die Kehlkopfbewegungen jener Sänger, die bestrebt sind, das Ausmaß dieser Bewegungen möglichst einzuschränken, was z. B. bei fast allen Bühnensängern, aber auch bei wohlgebildeten Frauenstimmen häufig der Fall ist, wenn man von Kopftönen absieht. Ferner gilt das für Sänger, die im Lauf einer mit offenem Klang begonnenen Tonleiter stärker decken, wobei der Kehlkopf rückläufige Bewegungen macht. Das scheint mir aber namentlich bei solchen Künstlern vorzukommen, deren technisch-stimmliche Ausbildung noch nicht vollendet ist, selbst wenn sie über die eigentlichen Schülerjahre hinaus sind.

Jedenfalls dürften wir auf Grund der ersten Beobachtungen von DIDAY und PETREQUIN, der neueren Untersuchungen über das Decken von PIELKE und namentlich der röntgenologischen Forschungen von SCHILLING annehmen, daß die Ursache für diese der natürlichen entgegengesetzte Kehlkopfbewegung in dem Bestreben zu suchen ist, durch den allmählich einsetzenden Mechanismus des Deckens den sogenannten Ausgleich der Stimmregister und damit eine gleichmäßig schöne Tongebung zu erreichen.

Die Registerfrage. In diesem Zusammenhang ist es nötig, nochmals auf die Registerfrage einzugehen. Auf Einzelheiten im Ablauf der Atem- und Kehlkopfcurven ist andeutungsweise schon hingewiesen worden. Betrachtet man diese Curven nämlich genauer, so bemerkt

man Änderungen in ihrem Verlauf an bestimmten Stellen, und es war nur naheliegend festzustellen, welchen Tönen der Tonleiter diese Stellen entsprachen. Dort erscheint nämlich in den Atemkurven eine mehr oder minder deutliche Unterbrechung des gleichmäßigen Ablaufs, während in der Kehlkopfcurve jene Stufen, die einzelnen Tönen zugehören, an Größe auffällig zunehmen.

An den pneumographischen Aufnahmen, um wieder mit diesen zu beginnen, finden sich überwiegend häufig an solchen Stellen entweder kleine Abknickungen, welche gewöhnlich eine Richtungsänderung des absteigenden Kurvenschenkels im Sinne eines im Verhältnis zum Anfang steileren oder flacheren Kurventeils einleiten, oder es folgt ihnen eine deutliche konvexe Erhebung in der Kurve, wie wir sie als Stützbewegung bezeichnet haben. Schon 1911 habe ich darauf hingewiesen, daß man bei Natursängern den Registerwechsel in den Atemkurven beobachten könne, und ich sprach damals von Umstellungsbewegungen bei der Atmung. Eingehendere Untersuchungen und Beobachtungen haben mich unterdessen gelehrt, daß auch beim Kunstsänger, allerdings seltener und nicht so ausgesprochen, aber ohne Rücksicht darauf, ob der Registerwechsel hörbar wird oder nicht, solche Erscheinungen in den Atemkurven auftreten, und daß sie offenbar mit dem Luftverbrauch zusammenhängen. Die Richtungsänderungen des absteigenden Schenkels der Brust- oder Bauchkurve oder beider können sehr geringfügig sein und bei der gewöhnlichen Betrachtung leicht übersehen werden. Schaut man aber die Aufnahmen von der Seite an — also vom Anfang oder Ende der Kurve her in der Art, daß die Blattebene von der Blicklinie in ganz spitzem Winkel geschnitten wird — so erscheinen die Kurven verkürzt, und geringe Abweichungen vom anfänglichen Verlauf des absteigenden Schenkels treten mit scheinbar steileren Winkelausmaßen mehr hervor. Vielfach wurden während der Aufnahme der Kurven an solchen Stellen die betreffenden Töne gleich notiert oder im Protokoll vermerkt. War beides unterlassen worden, so mußte der betreffende Ton durch Berechnung gefunden werden, was meistens keine Schwierigkeiten machte, weil die Tonleitern, wie schon erwähnt, in der Weise gesungen werden mußten, daß ein Ton eine halbe oder eine Sekunde dauerte. Es war demnach möglich, an der Hand der Zeitkurve zu bestimmen, welchem Ton diese Knickstelle der Atemkurve entsprach.

Zum Zweck der Feststellung dieser Registerknicke wurden nun die 1150 Atemkurven von Tonleitern durchgesehen, die von den oben erwähnten 92 Versuchspersonen aufgenommen worden sind. Für 32 Soprane ergab sich dabei folgendes: Bei allen Sängerinnen waren die Registerbrüche in den aufsteigenden Tonleitern nachweisbar, in etwa $\frac{2}{3}$ der Fälle auch an den absteigenden Tonleitern. Doch lieferten

jene Versuchspersonen nicht immer solche Kurven, sondern nur ein allerdings nicht kleiner Teil der Aufnahmen war jeweils in diesem Sinne positiv. Die Knickstelle lag in den aufsteigenden Tonleitern gewöhnlich bei e^1 fis^1 (Abb. 23, 24, 26, 28), seltener bei d^1 , bzw. e^2 , fis^2 , selten d^2 , dagegen in den absteigenden Tonleitern gewöhnlich bei d^1 , selten e^1 , in der zweigestrichenen Oktave annähernd ebenso häufig bei d^2 wie bei e^2 (Abb. 24, 27). Daraus geht zunächst hervor, daß beim Aufwärtssingen der Registerübergang gewöhnlich höher liegt als beim Abwärtssingen, oder mit anderen Worten, daß bei aufsteigenden Tonleitern der Übergang vom Brust- zum Mittelregister bzw. vom letzteren zu den Kopftönen in höherer Tonlage eintritt als bei absteigenden Tonleitern der umgekehrte Übergang von der Kopf- zur Mittel- und von dieser zur Bruststimme. Diese phonetische Beobachtung an den Atemkurven stimmt mit der musikalischen Erfahrung überein: sogenanntes Hinauf- bzw. Hinunterziehen der Register, das, wenn es absichtlich geschieht, noch über einen größeren Tonbereich ausgedehnt werden kann.

Wie verhalten sich aber die Registerbrüche in den Atemkurven zu jenen, die ein musikalisches Ohr hört? Letztere wurden bei den Versuchspersonen meistens nur bei den aufwärtsgesungenen Tonleitern notiert, und zwar unabhängig von der pneumographischen Aufnahme, gewöhnlich nicht einmal am selben Tag und fast immer ohne Kenntnis der Ergebnisse der Pneumographie. Ein Vergleich der Aufzeichnungen ergibt nun, daß in etwas über $\frac{3}{4}$ der Fälle genau dieselben Töne als Registergrenzen angegeben sind. In den übrigen Fällen beträgt der Unterschied etwa einen Ton, z. B. als Grenze notiert e^1 fis^1 , in der Atemkurve d^1 e^1 , ferner z. B. der Übergang von Mittel- zur Kopfstimme nach dem Gehör notiert bei d^1 e^2 , in der Atemkurve bei e^2 fis^2 gefunden oder umgekehrt. Die Übereinstimmung ist überraschend, wenn man bedenkt, daß der Registerbruch nicht jederzeit ganz genau an derselben Stelle liegt, sondern daß die Übergangstöne jeweils bald in diesem, bald in jenem Register gesungen werden und das oft bei unmittelbar aufeinander folgenden Tonleitern verschieden gemacht wird. Alle Aufnahmen beziehen sich auf die A-Dur Tonleiter, bei anderen Tonleitern ergeben sich kleine Unterschiede von halben Tönen. Demnach fand sich der Registerbruch in der Atmung gewöhnlich an der gleichen Stelle, wo er gehört wurde, bisweilen schon beim tieferen Ton. Die Töne selbst stimmen im großen und ganzen mit den von SOKOLOWSKY gefundenen Grenztönen überein. Bei den 8 Mezzosopranen wurden genau die gleichen Feststellungen gemacht, nur fanden sich die Registerbruchstellen in der Atemkurve ganz überwiegend häufig bei e^1 und e^2 (Abb. 20), nur zweimal auch bei d^1 und einmal bei fis^1 , ferner zweimal bei fis^2 . Im übrigen ergaben sich die gleichen Ge-

sichtspunkte für die Beurteilung der Bruchstelle in der Atemkurve im Verhältnis zum hörbaren Registerwechsel, nur war die Übereinstimmung in dieser Gruppe noch größer (13 von 16 Fällen). Auch das geringe zeitliche Vorauslaufen der Bruchstelle an der Atemkurve wurde wieder beobachtet. Unter 11 Altistinnen waren 2, deren Atemkurven Registerbrüche nicht erkennen ließen, bei den übrigen 9 war die Übereinstimmung zwischen Kurvenbefund und musikalischem Befund ebensogut wie bei den Sopranen. Die Altstimmen zerfallen aber offenbar in zwei Klassen, tiefere und höhere, letztere (2 Fälle) könnten verbildete Soprane sein, jedenfalls finden sich unter ihnen keine, die als Sängerinnen Erfolg hatten. Die tiefen Stimmen hatten den Registerbruch bei $d^1 e^1$ bzw. $d^2 e^2$, wiederum in der Atemkurve öfter beim tieferen Ton. Die höheren Altstimmen gingen bei $e^1 f^1$ bzw. $e^2 f^2$ der F-Dur-Tonleiter, für die E-Dur-Tonleiter also dementsprechend bei dis in die Mittel- bzw. Kopfstimme über.

Die folgenden Feststellungen an männlichen Stimmen dürften geeignet sein, die Annahme von drei Registern auch beim Manne zu stützen; aber es muß zugegeben werden, daß der Mann im Forte leicht geneigt ist, mit Bruststimme bis in die Höhe, also bis über e^1 zu singen, wodurch der Eindruck entsteht, es gäbe bei ihm nur Brust- und echte dünne Fistelstimme; Mittel- und Kopfstimme (volltönende) seien nur Produkte künstlerischer Ausbildung. Bei leiserem Singen aber hört man die Registerübergänge auch bei männlichen Stimmen in der Tiefe. Bei den 21 Tenören fanden sich folgende Untersuchungsergebnisse: ein Fall zeigte in den Atemkurven keine Registerbrüche, die übrigen 20 gingen gewöhnlich bei e , fis von der Brust- zur Mittelstimme und bei $e^1 fis^1$ von dieser zur Kopfstimme über. Selten geschah das schon bei d bzw. d^1 , ganz selten nur beim Abwärtssingen je zweimal bei cis und cis^1 und ebenfalls ganz selten, nämlich zweimal bei gis , einmal bei gis^1 (Abb. 25, 29 u. 30). Das Verhältnis zwischen gehörtem Registerwechsel und Bruchstelle in den Atemkurven war ähnlich, aber nicht so gleichmäßig wie bei den Sopranen. 14 mal fielen die Töne zusammen, 11 mal betrug der Unterschied einen ganzen Ton, wobei die Bruchstelle der Atemkurve ebenfalls häufiger tiefer lag. Auch das Übergehen auf tieferen Tönen beim Abwärtssingen war wieder sehr häufig. — Unter 11 Baritonem fand sich keiner ohne Bruchstelle der Atemkurve. Da es verschiedene Baritone gibt, hohe und tiefe, so waren die Registerübergänge nicht so überwiegend regelmäßig bei einem oder bei zwei Tönen; am häufigsten, nämlich 12 mal, geschah dies bei $c d$ und $d^1 e^1$ (Abb. 31). In den Atemkurven fand sich beim Abwärtssingen auffallend oft, nämlich 5 mal, aber auch 2 mal bei der aufsteigenden F-Dur Tonleiter, eine Bruchstelle bei B , seltener auch bei b . Die Übereinstimmung mit dem gehörten Registerwechsel fehlte stets bei

diesen tief gelegenen Bruchstellen, dagegen war sie in der Gegend von $c d e$ und $d^1 e^1$ 9 mal vollkommen. 6 mal betrug die Differenz einen Ton. Da die Zahl der Untersuchten und der Untersuchungen nicht sehr groß ist, und außerdem zum Teil ältere Beobachtungen herangezogen werden mußten, so erscheint das Ergebnis bei dieser Gruppe nicht so zuverlässig. Immerhin ist das weite Herunterziehen des Mittelregisters bemerkenswert. — Bei den 9 Bässen lagen die Registerbruchstellen der Atmung häufig (5 mal) bei H bzw. (4 mal) bei h , seltener und zwar je 3 mal bei cis und cis^1 (Abb. 33). Auch hier ist das Zusammenfallen der gehörten mit in der Atemkurve deutlichen Bruchstellen etwas seltener; es kam 6 mal vor, ein Unterschied von einem Ton wurde viermal gefunden. Leider fehlen bei 2 Versuchspersonen Angaben über gehörte Registerbrüche.

Bei allen Untersuchungen fanden sich, um das nochmals zu betonen, die Bruchstellen der Atemkurve dort, wo sie nicht mit dem hörbaren Registerwechsel zusammenfielen, also um etwa einen Ton differierten, etwas tiefer als sie zu hören waren. Ferner lagen sie beim Abwärtssingen, wie ebenfalls schon erwähnt, meist um eine, sogar zwei Tonstufen tiefer als beim Aufwärtssingen. Die Registerbruchstelle fand sich am häufigsten an der Brustkurve, oft auch an beiden Kurven, jedoch viel seltener an der Bauchkurve allein. Ihr Auftreten an einer der Kurven war unabhängig vom Atemtypus, ihre Deutlichkeit im allgemeinen abhängig von der Ausbildung in dem Sinne, daß sie um so geringer hervortrat, je besser die Stimme geschult war. Aber auch bei hervorragend guten Sängern kann der Registerbruch in der Atmung angedeutet sein, wenn man ihn beim Singen gewöhnlich nicht hört und nur im Piano bei langsamem Aufwärtssingen mit offenem Klanggepräge etwa auf die Vokale a oder $ä$ noch herausfindet.

Die Annahme der Registerbruchstelle in der Atmung ist nach obigen Ausführungen recht wahrscheinlich, die verhältnismäßig häufige völlige oder annähernde Übereinstimmung zwischen Abknickung der Atemkurve und mit dem Ohr wahrnehmbarem Registerwechsel ist geeignet jene Annahme zu stützen. Daß auch eine kleine Anzahl von Beobachtungen auseinandergehende Ergebnisse brachte, erklärt sich aus dem Wechsel, dem diese phonetische Erscheinung unterworfen ist, ganz abgesehen von der Möglichkeit, daß auch einmal Hörfehler vorgekommen sein mögen, oder daß die Tonleitern hie und da einmal nicht ganz richtig im Takt gesungen wurden, woraus sich dann Fehler in der tonalen Bestimmung der Bruchstelle an der Atemkurve ergeben können. Bei einer so großen Anzahl von Versuchen und Versuchspersonen sind derartige Streuungen wohl nur schwer zu vermeiden.

Zur Ergänzung dieser Befunde möge noch eine kleine Versuchsreihe herangezogen werden, bei der neben der pneumographischen Aufnahme der Tonleiter auch, und zwar meist gleichzeitig, die Atemvolumkurve aufgezeichnet wurde. Das geschah bei 18 Versuchspersonen

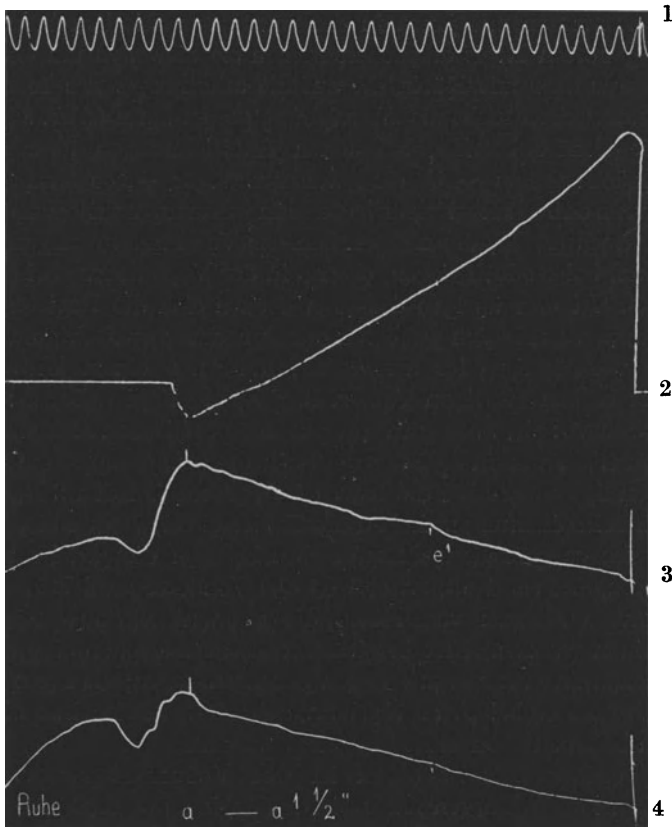


Abb. 34. Atemvolum- und Atembewegungskurven beim Aufwärts singen der Tonleiter a bis a^1 , Vokal o (Konzertsopran Nr. 27, Tondauer $\frac{1}{2}$ Sek.).
 1. Zeitschreibung: $\frac{1}{5}$ Sek. 2. Volumkurve. 3. Brustatmung. 4. Bauchatmung.
 Luftverbrauch bis e^1 76 ccm pro Sek.
 „ ab e^1 105 „ „ „

(5 Sopranen, 2 Mezzosopranen, 1 Altistin, 6 Tenören, 2 Baritonen, 2 Bässen). Im ganzen wurden 100 Aufnahmen von auf- und absteigenden Tonleitern mit dem Volumschreiber gemacht und dabei meist gleichzeitig die Atemkurven wie bei früheren Untersuchungen aufgenommen. Leider fehlen von einer Bühnensängerin die zu dieser Aufnahme gehörigen Aufschreibungen über die Register, aber die

Volumkurve zeigt auch bei diesem Falle wie die Atemkurve Richtungsänderungen bei d^1 bzw. e^2 , entsprechend den Registerbruchstellen der Soprane; dasselbe ist der Fall bei 2 Tenören. Bei allen Sopranen und Mezzosopranen und dem einzigen Alt, von dem Volumkurven vorhanden sind, trafen die entsprechenden Stellen der Atemvolumkurve deutlich zusammen mit jenen in den pneumographischen Aufnahmen. Von den gehörten Registerbrüchen wichen sie bisweilen um eine Tonstufe ab, was aber mit Rücksicht auf die schon erwähnte Inkonstanz der Registerwechsel nicht als Abweichung gelten kann (Abb. 34). Was ferner die Tenöre betrifft, bei denen Aufzeichnungen über gehörte Registerbrüche fehlen — es sind 2 Natursänger —, so erscheint bemerkenswert, daß die Registerübergänge in pneumographischen Kurven, und zwar auch solche, die nicht neben der Volumkurve aufgenommen sind, einmal bei g oder f liegen, ebenso in der Volumkurve bei g oder f bzw. $g^1 f^1$. In den übrigen 4 Fällen decken sich die Registerbrüche der Volumkurve mit den gehörten oder pneumographisch gefundenen entweder vollständig oder annähernd, d. h. mit einem Unterschied von einem halben bis einen Ton, z. B. gehörter Registerbruch: fis , in der Volumkurve: fis , aber g in der pneumographischen Aufnahme der C-Dur Tonleiter, was in A-Dur wohl auch dem fis entsprechen würde, die übrigen lagen stets bei $d e$ bzw. $d^1 e^1$. Auch bei den 2 Baritonem ist die Übereinstimmung zwischen musikalisch hörbaren und in Volum- und Atemkurve gefundenen Registerbruchstellen die gleiche wie bei den Tenören, bei $cis d e$ bzw. $cis^1 d^1 e^1$. Von den zwei Bässen sind nur Atemvolumkurven vorhanden, die aber nicht alle gleichzeitig aufgenommen wurden. Ihre Registerbruchstellen decken sich bei den verschiedenen Aufnahmen mit denen der Atemkurve; sie lagen in der Volumkurve auch bei $A H cis$ bzw. $a h cis^1$. Musikalisch sind sie bei diesen beiden Fällen nicht festgelegt worden.

Die Registerbruchstellen in der Volumkurve sind nicht regelmäßig in allen Kurven nachweisbar (Registerausgleich) und ebensowenig an einen bestimmten Ton gebunden, wie jene der Atemkurven oder jene, die man hören kann. Unterschiede bis zu einem ganzen Ton kommen auch hier vor, z. B. in der A-Dur-Tonleiter des Tenors e und e^1 beim Aufwärtssingen bzw. d und d^1 beim Abwärtssingen. Es handelt sich um die schon erwähnte Erscheinung des Herauf- bzw. Herabziehens im anfänglich gesungenen Register beim Tonleitersingen.

Die Berechnung des Luftverbrauchs in Kubikzentimetern pro Sekunde während der einzelnen Register hat nicht zu einheitlichen Ergebnissen geführt. Abgesehen davon, daß die einzelnen Zahlen je nach der Stimmstärke überhaupt sehr wechselten, war auch das Verhältnis zwischen Luftverbrauch im Brustregister und jenem im Mittel-

register und zwischen diesem und dem Luftverbrauch bei der Kopfstimme nicht gleichartig. Das kommt daher, daß beim Auf- oder Abwärtssingen der Tonleiter im Anfang überhaupt gewöhnlich mehr Luft verbraucht wird als später, weil mehr vorhanden ist. Hier findet sich die gleiche Erscheinung wie beim Übergang vom Forte zum Piano oder vom Piano zum Forte. Daher müssen wir auch annehmen, daß trotz aller Bemühungen die Tonleitern niemals in genau gleicher Stärke auf- und abwärts gesungen werden. Berechnungen haben ergeben, daß in der Mehrzahl der Fälle (21 von 31) beim Aufwärtssingen im Brustregister mehr Luft pro Sekunde verbraucht wird, als bei den darüber liegenden Tönen der Mittelstimme; dagegen überwog beim Abwärtssingen der Luftverbrauch in der Mittelstimme ganz bedeutend (18 : 3). Beim Aufwärtssingen war ferner ein bestimmter Unterschied zwischen Mittel- und Kopfstimme nicht häufig nachweisbar. In 10 Fällen überwog der Luftverbrauch bei hohen, in 12 Fällen jener bei mittleren Tönen. Beim Abwärtssingen aber war der Luftverbrauch in der Kopfstimme überwiegend häufig (14 : 4) größer als in der Mittelstimme, weshalb doch angenommen werden muß, die anfänglich vorhandene größere Luftmenge beeinflusse die Stimmstärke so sehr, daß auf dem Wege der Atemvolummessung beim Tonleitersingen keine Schlüsse über den Luftverbrauch während der einzelnen Register gefunden werden können.

Es lag nahe zu prüfen, ob auch an den Bewegungen des Kehlkopfs Änderungen in der Bewegungsrichtung oder der Bewegungsgröße bei den Übergängen von einem Register ins andere nachweisbar seien. Der Ablauf der Kehlkopfbewegungen während des Summens oder Singens von Tonleitern in je 2 Abteilungen auf- und abwärts wie bei den pneumographischen Aufnahmen kann mit Betastung und mit dem Laryngographen untersucht werden. Daß die Palpation neben der Beobachtung mit dem Auge das wichtigste Prüfungsmittel für die Richtigkeit laryngographischer Aufzeichnungen ist, wurde schon bemerkt. GUTZMANN meint, bei der Betastung mit der Fingerbeere des Zeigefingers werde 1 mm Kehlkopfbewegung noch sicher wahrgenommen, „wenn man bei fixierter Hand mit dem Metacarpo-Phalangeal-Gelenk palpiert“. Dabei wurde die Unterschiedsempfindlichkeit für die Bewegung noch nicht erreicht, wie aus GOLDSCHIEDERS Untersuchungen über Muskelsinn hervorgeht. Diese Untersuchungsart erlaubt uns also Einzelheiten in der Kehlkopfbewegung zu erkennen, während eine zweite, nämlich das Vorbeigleitenlassen des Kehlkopfs an den inneren Fingerflächen der leicht gekrümmten Hand nach GUTZMANN Unterschiede der Kehlkopfstellung in Zentimetern zu beurteilen erlaubt. Meiner Erfahrung nach sind aber auch auf diese Weise kleinere Bewegungen gut wahrnehmbar. Die tastenden Finger dürfen dabei

dem Kehlkopf nur sehr leicht anliegen, damit der Sänger nicht gestört werde.

Der Laryngograph zeichnet um so genauer, je fester er am Kehlkopf anliegt. Aber gerade dieser Umstand erschwert die Aufnahme von Tonleitern, weil schon mit dem bisweilen starken Vortreten des Kehlkopfs und mit dem Abwärtsrücken bei den Einstellbewegungen, ferner aber bei den verhältnismäßig großen Bewegungen nach oben am Ende der Tonleitern — namentlich in der oberen Oktave — die Gefahr des Abgleitens verbunden ist. Eine zweite, noch erheblichere Schwierigkeit bei solchen Aufnahmen besteht darin, daß die Versuchspersonen im Singen sehr behindert werden, wenn die Pelotte des Apparats mit einigem Druck dem Kehlkopf anliegt. Man muß also auf dieses Mittel zur Erhöhung der Genauigkeit der Kurven meistens verzichten. Auf der anderen Seite lehrt allerdings die Erfahrung, daß, selbst wenn der Apparat nur undeutlich oder beim Abgleiten einmal falsch zeichnet, dennoch Änderungen in der Bewegungsgröße und Richtung als solche stets zum Ausdruck, wenn auch in diesen Fällen nicht zur genau richtigen Wiedergabe gelangen.

Auf die Änderungen der Größe und Richtung der Kehlkopfbewegungen kommt es dabei aber gerade an. Dem mit dem Ohr wahrnehmbaren Registerwechsel, den Registerbruchstellen der Atemkurven, entsprechen nämlich solche Änderungen in den Bewegungen des Kehlkopfs. Sie können verschiedenartig sein je nach der Gesamtbewegung. Während der mit der Tonhöhe auf- und absteigenden Kehlkopfbewegungen z. B. macht sich an der Stelle des Registerwechsels ein stärkerer Ruck nach vorn und oben bemerkbar, oder die vorher ganz geringen Bewegungen in beiden Richtungen gehen ziemlich unvermittelt in größere Stufen über. Bei der dem Kunstsänger eigenen entgegengesetzten Bewegung kann an jener Stelle die Senkung nach abwärts und das Vorrücken des Kehlkopfs, oder aber nur eine der beiden Bewegungen, stärker werden. Schließlich treffen wir nicht ganz selten Sänger, deren Kehlkopf bis zum Registerwechsel stetig sich senkt, dann aber etwas ansteigt, ohne indes die Höhe der Ruhelage wieder zu erreichen. Er bleibt also tiefgestellt, obwohl er beim Übergang in das höhere Register der natürlichen Bewegungsart nachgibt. Am häufigsten ist aber an der Registerbruchstelle ein Größerwerden der anfänglich sehr kleinen Bewegung. Letztere kann bei ungenauer Untersuchung übersehen werden, weshalb man dann zur falschen Annahme einer absoluten Ruhigstellung des Kehlkopfs verleitet wird, die wohl kaum jemals vorkommt. Nach allem, was wir wissen, dürfte auch ein allzu festes Ruhighalten des Organs der Stimme nur Schaden bringen.

Es wird nach dem Gesagten nicht wundernehmen, daß die folgen-

den Ergebnisse der Untersuchung von Kehlkopfbewegungen, namentlich an weiblichen Kehlköpfen, aber auch an männlichen mit etwas kurzen Hälsen, häufiger mittels Betastung als mittels der Laryngographie gewonnen worden sind, obwohl die letztere kleine Einzelheiten der Bewegung gut wiedergibt.

Registerbrüche in den Kehlkopfcurven fanden sich mittels des Getasts bei 28 Sopranen und 6 Mezzosopranen überwiegend häufig, nämlich 18 mal bei e^1 und 24 mal bei e^2 , ferner 6 mal bei d^1 , 8 mal bei fis^1 und 6 mal bei fis^2 der aufsteigenden A-Dur Tonleiter, daneben noch 2 mal bei d^2 und je 1 mal bei cis^1 , cis^2 . Bei den absteigenden Tonleitern wurde viel weniger oft untersucht. Immerhin ist e^2 7 mal, d^1 9 mal notiert, selten fis^2 , fis^1 und cis^1 , die nur je 1 mal vermerkt sind. 149 laryngographische Aufnahmen an nur 9 Versuchspersonen konnten diese Ergebnisse bestätigen (Abb. 26, 27, 28); Abweichungen zwischen den Ergebnissen der Graphik und der Betastung kamen kaum vor, dagegen mißlangen zahlreiche Curven teilweise. Hieraus erklärt sich auch die große Menge laryngographischer Aufnahmen an den wenigen Versuchspersonen. Es fanden sich eben selten geeignete Versuchspersonen, und von diesen wurden möglichst viele Curven gewonnen, um nur einiges Material zu erhalten. Von den Untersuchungen an Altistinnen gilt das gleiche; die Zahl der Fälle war bekanntlich überhaupt nicht groß, dagegen konnten wenigstens von 5 Versuchspersonen 54 Kehlkopfcurven gemacht werden. Das Ergebnis beider Untersuchungsarten war bei der aufsteigenden Tonleiter (gewöhnlich F-Dur), daß die Registerbrüche durchschnittlich etwas tiefer lagen als bei den Sopranen, nämlich 4 mal bei d^1 und je 2 mal bei c^1 oder e^1 und ebenso in der zweigestrichenen Oktave. Abwärts gesungene Tonleitern wurden wiederum wenig aufgenommen, die Übergangsstellen lagen dabei wesentlich tiefer, nämlich bei a , c^1 oder bei a^1 , b^1 , c^2 .

Die Untersuchungen von Männerstimmen ergaben für den Tenor (18 Fälle) in der aufsteigenden A-Dur Tonleiter am häufigsten e (7 mal) und fis (7 mal) als Registerstelle, seltener d (3 mal), dis (2 mal) und dementsprechend in der Höhe e^1 (6 mal), fis^1 (8 mal), d^1 (2 mal), cis^1 (3 mal), einmal sogar gis^1 ; beim Abwärtssingen dagegen 5 mal e^1 , 4 mal d^1 , je 2 mal cis^1 oder h und nur je einmal fis bzw. e , dagegen 6 mal d , 4 mal cis und 4 mal sogar H . Laryngographische Curven konnten von 9 Versuchspersonen in einer Anzahl von 133 gemacht werden. Ihre Ergebnisse decken sich größtenteils vollkommen mit jenen der Betastung (Abb. 29, 30). Entsprechend der tieferen Stimmlage fanden sich bei 10 Baritonem die Registerübergänge während des Aufwärtssingens der F-Dur-Tonleiter einmal bei B , 5 mal bei c , 4 mal bei d ; in der Höhe auch einmal bei b , 5 mal bei c^1 , 3 mal bei d^1 und 1 mal erst bei e^1 . Beim Abwärtssingen rücken diese Bruchstellen

namentlich in der Tiefe **mehr herab**, und zwar 6 mal auf B, einmal sogar auf A; in der Höhe 4 mal auf c^1 , einmal auf b und ebenfalls einmal auf d^1 , also weniger als in der Tiefe. **Laryngographiert** wurden 6 Versuchspersonen (76 Aufnahmen). Die Zahl der **untersuchten Bässe** (5) ist wiederum, wie meist bei den tiefen Stimmen, klein. **In der aufsteigenden E-Dur-Tonleiter** lagen die Registerübergänge je 2 mal bei cis, dis, einmal bei e und einmal bei H, in der Höhe meistens, nämlich 4 mal bei h, 2 mal bei cis^1 und einmal auch bei a; beim Abwärtssingen ebenfalls 3 mal bei h, 2 mal bei cis^1 und einmal bei a, in der Tiefe überwiegend, nämlich 4 mal bei H, 2 mal bei A und nur einmal bei cis. **Laryngographische Kurven** wurden an 5 Versuchspersonen in einer Zahl von 133 gemacht (Abb. 32 u. 33).

Eine Erscheinung, die beim Abwärtssingen der unteren Tonleitern sehr häufig an laryngographischen Kurven und bei der Betastung nachgewiesen werden kann, muß schließlich noch erwähnt werden, das ist die oft auffällige Größe der Bewegung auf der letzten Tonstufe in der Tiefe bei der Abwärtsbewegung (Abb. 27, 31, 39) bzw. das stärkere Vorrücken des Kehlkopfs bei der umgekehrten Bewegung. Es scheint, als ob zum letzten tiefen Ton bei manchen Sängern eine Mehrleistung erforderlich wäre, weil man sich der unteren Grenze des Umfangs nähert. Nicht selten tritt aber auch bei sehr tief gestelltem Kehlkopf auf dieser Tonstufe eine Umkehrung der Bewegung ein. Dieser Vorgang darf wohl auch ursächlich als das Gegenteil des vorigen, nämlich als eine Art Vorbereitung zur Abstellbewegung, angesehen werden. Das Bewußtsein, am Ende der stimmlichen Aufgabe zu stehen, veranlaßt offenbar den Sänger, die dazu nötige Einstellung des Kehlkopfs schon kurz vor Beendigung der Tonleiter zu verlassen, weshalb der Larynx sich während der letzten Tonstufe der Ruhelage nähert (Abb. 30, 32, 37).

Die bisher beschriebenen Beobachtungen konnten leider nicht in der Weise vorgenommen werden, daß an allen Versuchspersonen alle Untersuchungsarten durchgeführt wurden. An einigen wenigen aber ist das doch in ziemlichem Umfang möglich gewesen. Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe sind in Tabelle 10 vereinigt. Die Übergänge von einem Register zum anderen sind, wie erwähnt, nicht immer deutlich hörbar. Man muß sie suchen und ist natürlich beim Abhören Täuschungen ausgesetzt. Sie erscheinen auch nicht in unabänderlicher Weise an allen Atem- und Kehlkopfcurven, und auch dem tastenden Finger können sie hie und da entgehen. Andererseits aber sind die oben beschriebenen Veränderungen der pneumographischen und laryngographischen Kurven von in mäßiger Stärke gesungenen oder gesummen Tonleitern sowie die Bewegungsänderungen, die wir mit dem Gestast wahrnehmen, doch so auffallend häufig und dann so regelmäßig

an bestimmte Töne gebunden, daß es wohl erlaubt ist, diese Töne als die gewöhnlichen Registergrenzen anzusehen. Dabei ist natürlich nicht außer acht zu lassen, daß die Register sich teilweise decken. Es gibt an ihren Grenzen sogenannte amphotere Töne (MERKEL), die in beiden Registern hervorgebracht werden können. Die Register schieben sich also übereinander. Das ist eine alte und richtige Lehre. Die bei obigen Untersuchungen gefundenen Unterschiede der Registerübergänge in auf- und abwärtsgesungenen Tonleitern sind ein neuer Beweis dafür. Das Vorhandensein dieser je 2 Registern gemeinsamen Töne erleichtert bzw. ermöglicht den sogenannten Registerausgleich, durch den eine ästhetisch vollkommenerer Tongebung erzielt und der Beobachtung mit dem Gehör die Feststellung von Registergrenzen erschwert, ja unmöglich gemacht wird. Daß solche Grenzen aber vorhanden sind und daß sie sich in Teilfunktionen des Vorgangs der Stimmgebung geltend machen, darf wohl nunmehr als bewiesen gelten. Das wird und soll die Sänger nicht hindern, den musikalischen Registerausgleich, den sie „Einregister“ nennen, anzustreben. Dieses Einregister hat als ästhetischer Begriff allein, keinesfalls aber als physiologischer eine gewisse Berechtigung.

Über die Muskelwirkungen, welche bei den Kehlkopfbewegungen während des Singens die Hauptleistung ausführen, wissen wir wenig. Aber gerade die soeben beschriebenen Beobachtungen legen es nahe, jener Muskelgruppe mehr Beachtung zu schenken, die bisher unter dem Namen der Fixationsmuskeln des Kehlkopfs zusammengefaßt und als für die Stimmgebung nur in zweiter Linie wichtig angesehen wurde. Die Bedeutung der Fixation des Kehlkopfs ist umstritten. Körner gibt einen gewissen Einfluß derselben auf die Stimmgebung zu, verneint ihn aber für die oberen Fixationsmuskeln, also den M. laryngopharyngeus. DREYFUSS aber hat nach Durchschneidung dieses Muskels, nicht aber des M. hyopharyngeus, am Hund den Ausfall des festen Glottisschlusses nachweisen können. Die leichte Störung der Stimmgebung bei akuten Entzündungen des Rachens kann auf eine durch Schmerz hervorgerufene Funktionsstörung des oberen Fixationsmuskels zurückgeführt werden und das viel eher, als auf die sehr vage und unklare Resonanzstörung, von der immer die Rede ist. Wir haben gesehen, daß bei jedem Ton der Kehlkopf eine bestimmte Einstellung nach vorne und oben oder unten erfährt und haben schon erwähnt, daß MERKEL dem Sternohyothyreoides eine wesentliche Funktion bei der Stimmgebung zuschreibt. Auch an diesem Muskel sind Durchschneidungsversuche (am Hund) von BURGER gemacht worden, die zeigten, daß nach der Operation die Phonation unmöglich war. In jüngster Zeit hat nun P. I. MINK diesen willkürlichen Muskel als den Stimmlippen-

spanner angesprochen, der, ohne bei der respiratorischen Bewegung beteiligt zu sein, den Schilddrüse (und den Zungenbeinkörper) nach vorn unten zieht und dabei die vordere Stimmbandanheftung nach vorne rückt, „während durch eine kräftige Expiration die hinteren Stimmbandansätze in die Höhe getrieben und in dieser Stellung festgehalten werden.“ Dabei werden die Processus musculares der Stellknorpel über den Ringknorpelrand subluxiert und die Winkel, welche das Lig. cricoarytaenoideum posticum mit den medialen Stimmlippenrändern bildet, ausgeglichen. Die Darlegungen von MINK, der wieder auf die Betrachtung der Stimmlippenbewegung als Saitenschwingung zurückkommt, was wohl falsch ist, sind etwas phantastisch, aber sie lassen sich zum Teil mit unseren Beobachtungen am besten vereinigen. Auch das Tiefertreten des Kehlkopfs mit steigender Tonhöhe wäre dann erklärlich, wenn man annimmt, daß in solchen Fällen die äußeren Spanner der Stimmlippen im obigen Sinne die Hauptarbeit übernehmen und die Sphinktermuskulatur dabei weniger leisten muß. Es scheint möglich, auf diesem Wege zu einer Erklärung für das Tiefertreten des Kehlkopfs beim Steigen der Tonhöhe zu kommen, dessen Zweck NAGEL „zunächst unerklärlich „scheint“, da er offenbar die E. BARTHSche Anschauung über die „mit geringstem Aufwand von Muskelenergie“ erreichte Formung des Ansatzrohrs und den Wegfall „störender Spannung der das Zungenbein hebenden und fixierenden Muskulatur“ bzw. von angenommenen Behinderungen der Stimmlippenschwingungen sich nicht zu eigen macht.

B. Terzen.

An pneumographischen und laryngographischen Kurven beim Summen und Singen von Intervallen, z. B. von Terzen, lassen sich die Atem- und Kehlkopfbewegungen an einem einfacheren Beispiel beobachten. Die Vorgänge bei halb- und ganztonigen Intervallen sollen als Vorversuche zu den Trillerstudien später behandelt werden.

Die Terzen wurden so gewählt, daß sie in der Gegend der Registergrenzen lagen. und zwar beim Sopran (6 Versuchspersonen) und Mezzosopran (2 Versuchspersonen) die Töne $d^1 fis^1 d^1$ bzw. $d^2 fis^2 d^2$; beim Alt (3 Versuchspersonen) $des^1 f^1 des^1$ bzw. $des^2 f^2 des^2$, einmal auch $c^1 e^1 c^1$; beim Tenor (6 Versuchspersonen) $d fis d$ bzw. $d^1 fis^1 d^1$; beim Bariton (4 Versuchspersonen) wieder $des f des$ und $des^1 f^1 des^1$; beim Baß (3 Versuchspersonen) aber $A cis A$, $a cis^1 a$ oder $B d B$ bzw. $b d^1 b$; jeder Ton wurde 1 Sekunde lang gehalten. Eine tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse dieser kleinen Versuchsreihe an 24 Versuchspersonen mit 49 Aufnahmen kann unterbleiben, da es sich eigentlich um Vorversuche handelt.

Der Atemtypus war fast ebensooft (10 mal) vorwiegend kostal mit leichten oder stärkeren Einstellbewegungen (in letzterem Fall Einziehung) am Bauch bei der Ausatmung, als er kostoabdominal

(11 mal) erschien. Extrem kostale Atmung wurde nur bei einer Konzertaltestin festgestellt, die an leichten phonasthenischen Beschwerden litt. Ausgesprochene Bauchatmung kam nur dreimal und wiederum bei tiefen Stimmen zur Beobachtung, nämlich bei einem Bühnenbaß, einem Baßschüler und einem Konzertbariton. Erscheinungen des Stützens kamen entsprechend dem häufigen Überwiegen der Brustatmung 10mal an der thorakalen, einmal an beiden Kurven und 7 mal an der abdominalen Kurve vor, und zwar hier meist beim kostoabdominalen Atemtyp, ein paarmal aber auch beim kostalen; sie zeichneten fast immer den oberen Ton aus. Einstellbewegungen am Bauch waren die Regel (21 Versuchspersonen) darunter 6mal entsprechend dem Vorwiegen der Brustbewegung eine deutliche Einziehung am Bauch. Abstellbewegungen fanden sich an beiden Atemkurven fast in der Hälfte der Fälle (10 Versuchspersonen), an der Brustkurve allein bei 6 Versuchspersonen, an der Bauchkurve allein bei 5 Versuchspersonen, nur dreimal wurden sie vermißt. Der Atemtypus war in dieser Versuchsreihe unabhängig von der Stimmgattung und der Qualität der Singstimme, an welche ja kaum eine Anforderung gestellt wurde. Bemerkenswert ist wieder die Auszeichnung des höheren Tons durch Stützbewegungen (vgl. Abb. 35) und die Häufigkeit der Ein- und Abstellbewegungen, die ein Festhalten der einmal eingenommenen Einstellung bis zum Schluß der phonischen Leistung beweist.

Noch wichtiger aber scheint es, daß unter sämtlichen Atemkurven nur die von zwei Versuchspersonen bei der Ausatmung vollkommen ebenmäßig ausgeglichen absteigen, während an allen von den 22 anderen Versuchspersonen sich die drei Töne durch meist geringe, aber deutliche Einknickungen der Kurve, selten durch grobe, die Größe von Einstellbewegungen erreichende Zacken abgrenzen. Diese Erscheinung trat sogar häufig (14 Versuchspersonen) an beiden Kurven, dagegen allein an der Brust- und Bauchkurve nur je dreimal auf. In zwei Fällen waren nur die ersten zwei Töne dadurch begrenzt, in einem anderen war der höhere Ton der Terz in tiefer Lage nur an der Bauch-

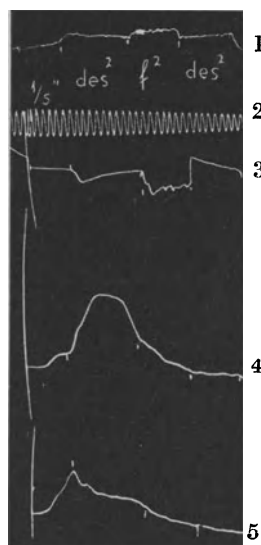


Abb. 35. Gesumme Terzen des² f² des² (Konzertsängerin, Alt Nr. 1005).

1. Horizontalbewegung des Kehlkopfs. 2. Zeitschreibung: $\frac{1}{5}$ Sek. 3. Vertikalbewegung des Kehlkopfs. 4. Brustatmung. 5. Bauchatmung.

kurve, in hoher Lage nur an der Brustkurve in dieser Weise herausgehoben. Die Absetzung der einzelnen Töne in den Atemkurven erschien in höherer Lage, also zwischen Mittel- und Kopfstimme immer erheblicher als in tieferen Tonlagen, nämlich zwischen Brust- und Mittelstimme.

Die Kehlkopfbewegungen beim Summen und Singen von Terzen sind nicht groß, aber durch Betastung und Laryngographie leicht nachweisbar. Sie verlaufen ganz regelmäßig und bei allen Versuchspersonen gleich in folgender Art: Nachdem sich der Kehlkopf bei der Einatmung meist ein wenig gesenkt hat, tritt er entsprechend dem ersten Ton der Terz vor und ein wenig nach unten oder oben, um dann beim höheren Ton noch etwas vor und höher zu steigen, dann rückt er beim dritten (unteren) Ton der Terz zurück und nach unten, worauf die Abstellbewegung nach rückwärts und je nach der vorhergegangenen Einstellung nach oben oder unten erfolgt. Der Kehlkopf tritt also für die drei Töne im ganzen genommen in eine vorgerückte Stellung, in eine der phonischen Leistung angepaßte Einstellung, die er erst nach Abklingen des dritten Tons verläßt, innerhalb dieser Einstellung steigt er entsprechend dem Tonhöhenwechsel der Terz auf und ab (Abb. 35).

C. Dreiklänge.

Gegenüber dem Singen von Terzen sowie dem einfachen Absingen der zwei Paare von auf- und absteigenden Tonleitern bedeutet das Auf- und Abwärtssingen des diesen Tonleitern entsprechenden Dreiklangs durch beide Oktaven in einem Atem eine größere Leistung. Zwar sind es nur 13 Töne, aber es handelt sich um eine aufsteigende und absteigende Reihe, die fast von der unteren Grenze des Stimmumfangs bis nahe an die obere reicht und dann wieder zum Grundton zurückkehrt. Dementsprechend wird für die Leistung mehr Atem verbraucht, und an Erscheinungen in der Atemkurve, die beim Aufwärtssingen häufig vorkommen, reihen sich innerhalb einer Ausatmung solche, die fürs Abwärtssingen mehr oder minder charakteristisch sind. Dazu kommt, daß die Umkehr der Bewegung musikalisch von den Sängern gerne durch längeres Anhalten der höchsten Note betont wird. Dieser Gewohnheit mußte man bei unseren Versuchen entgegenreten, um Gleichmäßigkeit der Intervallschritte zu erreichen und um zu verhindern, daß bei den absteigenden Dreiklängen nicht mehr genug Luft zur Verfügung stehe, also um einer Überhastung des zweiten Teils der gesanglichen Aufgabe vorzubeugen. Ganz zu vermeiden war freilich das etwas längere Ausdehnen des höchstens Tons nicht, aber es blieb doch in mäßigen Grenzen und störte die Untersuchung dann nicht mehr.

Entsprechend den Tonleitern handelt es sich beim Sopran und Mezzosopran um den A-Dur-Dreiklang, also $a\ cis^1\ e^1\ a^1\ cis^2\ e^2\ a^2\ e^2\ cis^2\ a^1\ e^1\ cis^1\ a$, beim Tenor um den gleichen Dreiklang, nur eine Oktave tiefer, beim Alt um den F- oder E-Dur-Dreiklang, beim Bariton den Dreiklang in F-Dur, beim Baß in E-Dur. Die Zahl der Versuchspersonen (35) ist bei dieser Untersuchungsreihe bedeutend kleiner und entsprechend auch die Zahl der pneumographischen Aufnahmen, nämlich 118.

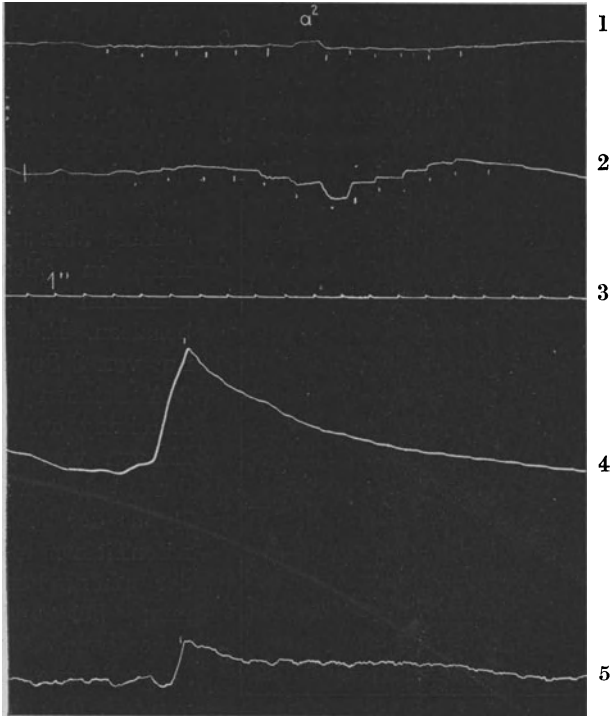


Abb. 36. Atem und Kehlkopfbewegungen beim Auf- und Abwärtssingen des A-Dur-Dreiklangs (Bühnensopran Nr. 382) Vokal o.

1. Horizontalbewegung des Kehlkopfs. 2. Vertikalbewegung des Kehlkopfs. 3. Zeitschreibung: 1 Sek. 4. Bauchatmung. 5. Brustatmung.

Atmung. Der größeren Leistung paßt sich beim Singen der Dreiklänge die Atmungsart an. Vollkommen gleichmäßig absteigende Atemkurven sind eine Seltenheit, die sich nur bei einem Bühnensopran, und zwar bei einer von Natur gut veranlagten, nicht übermäßig geschulten Operettensängerin an allen Aufnahmen fand. Bei den übrigen Versuchspersonen treten namentlich in den höheren Lagen mehr oder minder ausgeprägte Erscheinungen des Stützens in den Kurven auf, und auch Registerbrüche sind unverkennbar, ja vielfach noch deutlicher als an Tonleiterkurven, weil hier die Übergänge in größeren Tonstufen geschehen.

Die 70 Dreiklang-Aufnahmen der Frauenstimmen (11 Soprane, 3 Mezzosoprane, 3 Altistinnen) lehren, daß die Gruppeneinteilung nach Singatmungsarten, wie sie auf Grund der Tonleiterkurven durchgeführt wurde, nicht für alle Fälle absolut gültig ist, also nicht einem festen

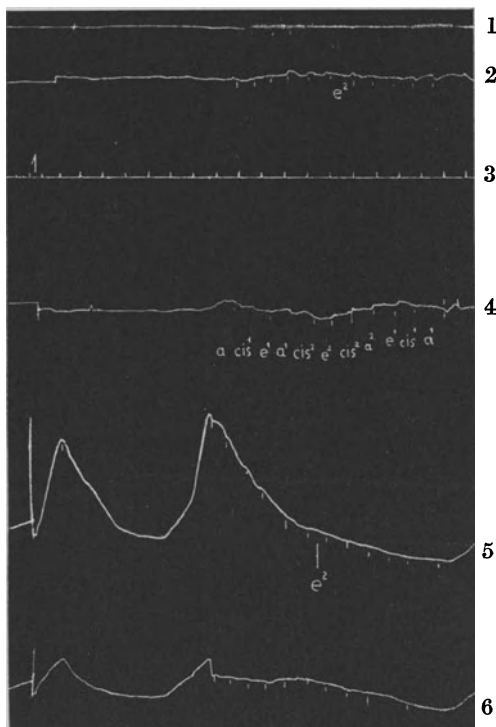


Abb. 37. Atem- und Kehlkopfbewegungen beim Auf- und Abwärtssingen des A-Dur-Dreiklangs (Bühnensopran Nr. 602) nur bis e^2 . 1. Stimmkurve. 2. Horizontalbewegung des Kehlkopfs. 3. Zeitschreibung: 1 Sek. 4. Vertikalbewegung des Kehlkopfs. 5. Brustatmung. 6. Bauchatmung.

Gesetz entspricht. Zwar 1 ist die Einatmungsart auch beim Dreiklang-Singen in den beiden Abteilungen der ersten Gruppe die gleiche wie bei den Tonleitern, nämlich kostoabdominal oder mehr kostal. Die Ausatmung aber scheint hier nicht in allen Fällen denselben Typus beizubehalten. Freilich liegen nur von 3 Sopranen und 2 Altistinnen jener ersten Abteilung der Gruppe I Kurven vor. Aber von ihnen behalten nur 4 den Typus der kostoabdominalen Tiefatmung während der phonischen Ausatmung bei und weisen daher ganz oder ziemlich ausgeglichene Atemkurven auf. Die einen stammen von der soeben als Ausnahme erwähnten Operettensängerin (Abb. 36), die anderen von je einem ausgebildeten Sopran und Alt sowie von einer Konzert-Altistin.

Letztere lassen leichte Stützerscheinungen namentlich in den Bauchkurven beim Aufwärtssingen bis zum e^1 erkennen. Die fünfte Sängerin, Konzert-Sopran, verhält sich beim Dreiklang-Singen anders als beim Tonleitersingen. Bei ihr zeigen sich ausgesprochene Gegenbewegungen, Stützbewegungen an der Bauchkurve während des Aufwärtssingens in der Mittelstimme, also zwischen e^1 und e^2 , und die hohen Töne e^2 a^2 zeichnen sich durch einen auf jene Stützbewegungen

folgenden steilen Abfall der Bauchkurve aus, der zu einer Zeit eintritt, in der die Brustkurve schon ziemlich tief abgefallen ist. Die Brustkurve gibt nämlich bis zum e^2 die Hauptleistung der Atmung wieder. Die Führung des absteigenden Teils der Dreiklänge vom a^2 bis zum a

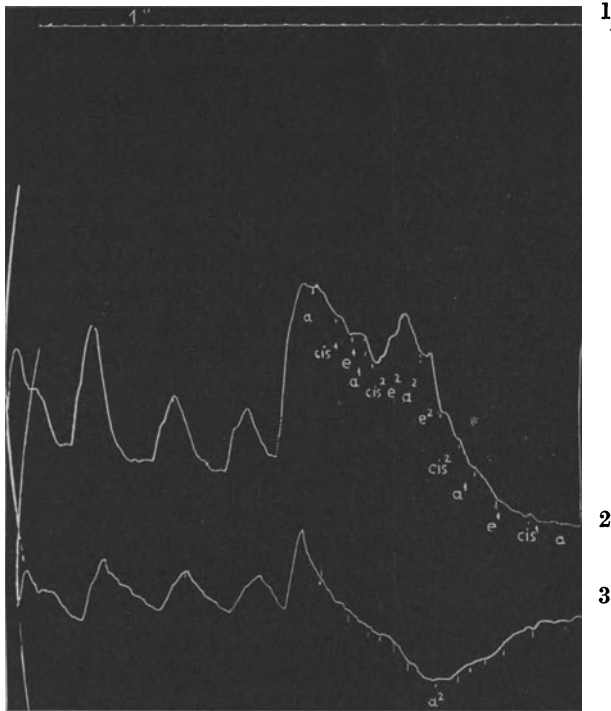


Abb. 38. Atembewegungen beim Auf- und Abwärtssingen des A-Dur-Dreiklangs, Vokal o (ausgebildete Sopranstimme Nr. 110).

1. Zeitschreibung: 1 Sek. 2. Brustatmung. 3. Bauchatmung.

Typus SEWALL und POLLARD; beim Übergang zur Kopfstimme große Stützbewegung der Brust; Umkehrung der Bauchkurve bei a^2 .

übernimmt dann in der Hauptsache die Bauchkurve. Man könnte also hier von einer Umkehrung des SEWALL und POLLARDSchen Typus sprechen. Demgegenüber verhalten sich 4 Soprane und 2 Mezzosoprane der zweiten Abteilung der Gruppe I mit vorwiegend kostaler Atmung beim Singen von Dreiklängen ebenso wie beim Tonleitersingen: während ihre Brustkurve namentlich anfangs, also beim Aufwärtssingen, ziemlich erheblich abfällt, treten an der Bauchkurve meist geringe Erscheinungen von Stützen hervor. Beim Abwärtssingen der Dreiklänge waltet die Brustatmung ebenfalls vor, jedoch fällt hier die Bauchkurve gleichzeitig, aber weniger steil, ab. Sie tritt überhaupt gegenüber der

Brustkurve im allgemeinen an Größe zurück und zeigt bisweilen am Ende dieses zweiten Abschnittes noch eine Stützbewegung (Abb. 37).

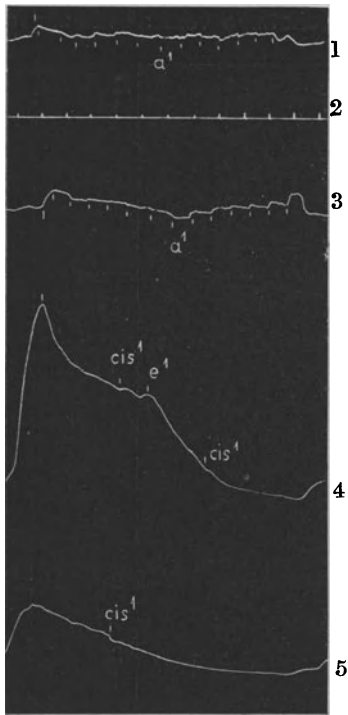


Abb. 39. Atem- und Kehlkopfbewegungen beim Auf- und Abwärtssingen des A-Dur-Dreiklangs, Vokal o (Bühnentenor Nr. 289).

1. Horizontalbewegung des Kehlkopfs. 2. Zeitschreibung: 1 Sek. 3. Vertikalbewegung des Kehlkopfs. 4. Brustatmung. 5. Bauchatmung.

Die Vertikalbewegung erfolgt gleichsinnig, überschreitet aber bei a^1 nur minimal die Höhe der Ruhelage. Die Stufen beim Abwärtssingen sind deutlicher.

lich, daß sie sich fast decken. Das ist um so bemerkenswerter, als die beiden Sängerinnen von ganz verschiedenen Schulen (Marchesi und Orgeni) stammen und sich auch nicht kennen. Die Kurven

Vom Typus der Gruppe II (SEWALL und POLLARD) konnten Kurven von drei Sopranen (2 Konzertsängerinnen und einer ausgebildeten Dilettantin), von je einem Mezzosopran und einem Alt gewonnen werden. Während bei zweien von den Konzertsängerinnen (1 Sopran und ein Mezzosopran) beim Singen der Dreiklänge sich das Ansteigen zum höchsten Ton in einer erheblichen Stützbewegung des Bauches ausdrückt, demnach der erwähnte Typus nicht beibehalten wird, lieferten die beiden anderen Soprane Kurven von erstaunlicher Ähnlichkeit. Das An- und Absteigen der Dreiklang-Folgen drückt sich bei ihnen in der Bauchkurve derart deutlich aus, daß man den höchsten Ton als deren tiefsten Punkt leicht erkennen kann. Die Bauchkurve sinkt nämlich ziemlich gleichmäßig bis zum a^2 , kehrt dort um und steigt langsam und gleichmäßig beim Abwärtssingen wieder an bis zum a . Während des Aufwärtssingens wird die kostale Kurve zunächst gegenüber der abdominalen wesentlich verlangsamt und bei den Kopftönen, also zwischen cis^2 und a^2 , von einer steilen Gegenbewegung (Stützbewegung) unterbrochen, um dann während des Abwärtssingens (also Aufsteigens der Bauchkurve) ziemlich steil abzufallen, Abb. 38. Die von den beiden Versuchspersonen gewonnenen Dreiklang-Kurven nebst einigen Kurven von in einem Atem auf- und abwärts gesungenen Tonleitern sind in ihrem Verlauf so gleichmäßig und untereinander zum Verwechseln ähnlich,

daß sie sich fast decken. Das ist um so bemerkenswerter, als die beiden Sängerinnen von ganz verschiedenen Schulen (Marchesi und Orgeni) stammen und sich auch nicht kennen. Die Kurven

der Konzert-Altistin nähern sich ebenfalls diesem Typus, aber nicht in so ausgesprochener Weise.

Bei der einzigen Sopranistin der Gruppe III, deren Atemtypus durch die Höhenlage der Tonleitern bestimmt wurde, erschien beim Dreiklang-Singen eine Umkehrung des Typus der Gruppe II insofern, als beim Aufwärts-singen die Brustkurve steil abfiel, während die Bauchkurve durch eine erhebliche Stützbe-
 wegung bis zum a^2 abgeflacht wurde, um dann während des hohen Tons steil abzustürzen. Das Abwärtssingen stand mehr unter dem Einfluß der Bauchatmung, indes die Brustkurve bereits ganz flach auslief. Die Leistung der Bauchkurve wurde hier also gewissermaßen für den höchsten Ton aufgespart und dann für den Rest der gesanglichen Aufgabe noch benützt.

Von Männerstimmen sind nur 48 pneumographische Dreiklang-Aufnahmen von 11 Tenören, 4 Baritonen und 3 Bässen gemacht worden. Der Singatempus der ersten Abteilung der Gruppe I, also die kostoabdominale Tiefatmung beim Einatmen und während des Auf- und Abwärtssingens, findet sich bei 5 Tenören, je einem Bariton und Bassisten, alle mit ziemlich gleichmäßigen Atemkurven, an

denen geringe Stützbewegungen erkennbar sind, Abb. 39. Dazu kommt noch ein zweiter Konzert-Baß, der beim Dreiklang-Singen sich der kostoabdominalen Tiefatmung (mit gleichmäßigen Kurven) bediente, während er beim Tonleiter-Singen in die Gruppe III eingereiht worden war. Ein weiterer Konzert-Tenor, dessen Tonleiterkurven den mehr kostoabdominalen Typus aufwiesen, ging beim Dreiklang-Singen zur mehr kostalen Atmung über, also zur zweiten Abteilung der Gruppe I, der noch ein bekannter Bühnentenor und ein Bühnenbassist angehört, letzterer mit

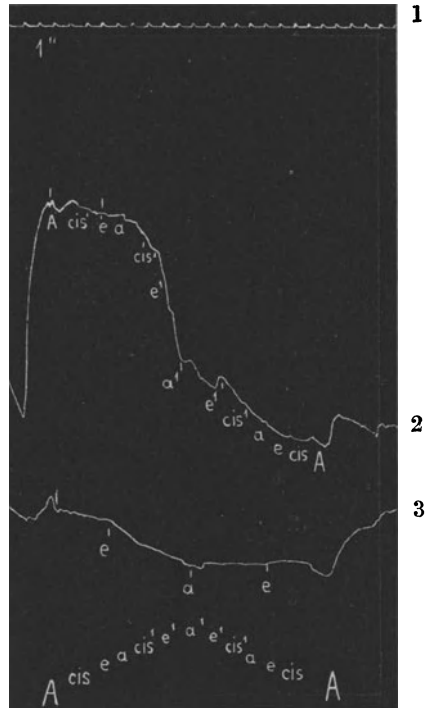


Abb. 40. Atembewegungen beim Auf- und Abwärtssingen des A-Dur-Dreiklangs, Vokal o (berühmter Bühnentenor Nr. 564).

1. Zeitschreibung: 1 Sek. 2. Brustatmung. 3. Bauchatmung.
 Typus SEWALL und POLLARD.

teilweise erheblichen Stützbewegungen an der Bauchkurve. In der Gruppe II, die bei aufsteigenden Tonfolgen sich mehr der Bauchatmung, bei absteigenden mehr der Brustatmung bedient, finden wir zunächst 3 Tenöre; (2 bekannte Bühnensänger und einen Schüler); ihre Atemkurven ähneln wieder jenem der beiden Soprane dieser Gruppe ebenso sehr, wie

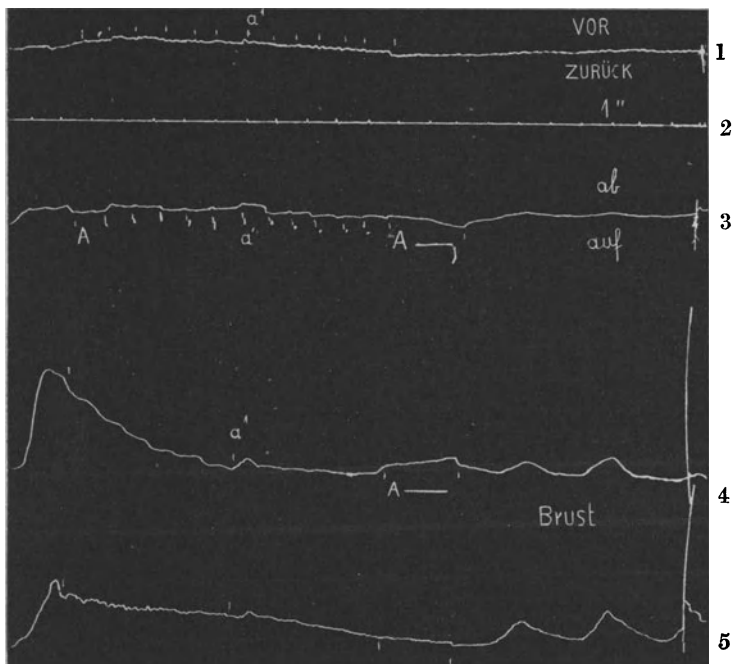


Abb. 41. Atem- und Kehlkopfbewegungen beim Auf- und Abwärtssummen des A-Dur-Dreiklangs (weltberühmter Bühnenteenor Nr. 800). (KNOTE.)
 1. Horizontalbewegung des Kehlkopfs. 2. Zeitschreibung: 1 Sek. 3. Vertikalbewegung des Kehlkopfs. 4. Brustatmung (am Schluß deutliche Abstellbewegung). 5. Bauchatmung (am Schluß deutliche Abstellbewegung). Nachher zwei Züge Ruheatmung).

die Kurven der letzteren sich gegenseitig gleichen. Von diesen Sängern gehört der Schüler nach seinen Tonleiterkurven zur Gruppe IV; sein Atemtypus scheint also nicht ganz eingeübt zu sein. Dazu kommen noch 2 Baritone, die im Grunde ähnliche, aber nicht so typische Kurven lieferten. Dieser Hauptgruppe II schließt sich aber noch ein weiterer berühmter Bühnenteenor an, dessen Tonleiterkurven je nach der Höhenlage verschieden waren, während seine Dreiklang-Aufnahmen den Typus SEWALL und POLLARD deutlich erkennen lassen (Abb. 40). Ein zweiter nicht weniger berühmter Sänger verhält sich dabei umgekehrt (Abb. 41).

Ein Vergleich der Atmungsart beim Singen von auf- und absteigenden Tonleitern und Dreiklängen ergibt also, daß die oben gegebene Gruppeneinteilung im allgemeinen für die erste und zweite Gruppe beibehalten werden kann, obwohl es sich auch bei den Singatemptypen nicht um Vorgänge handelt, die mit unwandelbarer Regelmäßigkeit starren Gesetzes folgen. In groben Zügen aber scheinen die Atemtypen dieser Gruppen doch meistens wieder zur Geltung zu kommen. Unterschiede zwischen den Kurven dürften sich daraus erklären, daß, wie schon erwähnt, die gesangliche Leistung bei der Aufgabe des Dreiklang-Singens schwieriger und umfangreicher ist. Daher mag es kommen, daß dabei auffälligere Abweichungen der Atmungsart gegenüber dem Verlauf bei den Tonleitern hier bisweilen zur Beobachtung gelangen. Gegen die Abtrennung des III. und IV. Atemtypus spricht, abgesehen von den oben schon erwähnten Gründen noch der Umstand, daß sie beim Singen von Dreiklang-Folgen nicht mehr so deutlich hervortreten, wie das bei den Tonleiterkurven der Fall war. Freilich findet sich an den Dreiklang-Kurven nicht selten ein dem höchsten Ton entsprechendes steiles Abfallen in einer oder in beiden Kurven; aber das ist selbstverständlich, um so mehr als dieser höchste Ton mit Vorliebe durch Stärke und Dauer ausgezeichnet wird.

Demnach dürfen wir wohl nur drei Hauptatemptypen beim Singen unterscheiden, nämlich die kostoabdominale Tiefatmung beim Ein- und Ausatmen, ferner die mehr kostale Atmung beim Ein- und Ausatmen und drittens den gemischten Typus, bei dem gewöhnlich die Bauchatmung beim Aufwärts-singen, die Brustatmung beim Abwärtssingen überwiegt, wie das SEWALL und POLLARD beschreiben. Diese Erscheinung macht sich namentlich bei in einem Atem auf- und abwärts gesungenen Tonleitern und Dreiklängen geltend. Es ist wahrscheinlich, daß diese verschiedenen Atmungsarten beim Textsingen der jeweiligen Leistung entsprechend verwendet werden.

Wie zu erwarten war, erschienen an den pneumographischen Aufnahmen der auf- und abwärts gesungenen Dreiklänge wiederum plötzliche Richtungsänderungen der Kurven, die wir zu den Registerübergängen in Beziehung setzen konnten. Da es sich aber hier um größere Intervalle handelt, so sind die Töne, bei denen diese Registerbrüche sich geltend machen können, schon durch die gesangliche Aufgabe festgelegt. Infolgedessen finden wir beim Aufwärtssingen den Übergang zur Mittelstimme des Soprans und Mezzosoprans überwiegend häufig beim e^1 , und zwar meist an der Brustkurve, seltener an beiden Kurven. Ausnahmsweise erschienen auch Veränderungen der Kurve einmal schon bei cis^1 , einmal erst bei a^1 . Dagegen zeigen die Atemkurven den Übergang zur Kopfstimme viel häufiger schon bei cis^2 an, seltener erst

bei e^2 (Abb. 37). In manchen Fällen ist beim höchsten Ton, nämlich a^2 , dem gleichzeitig die Umkehrung der Tonbewegungsrichtung entspricht, auch eine Abknickung der Atemkurve zu bemerken (Abb. 38). Bei absteigenden Dreiklängen macht sich der Übergang zur Mittel-

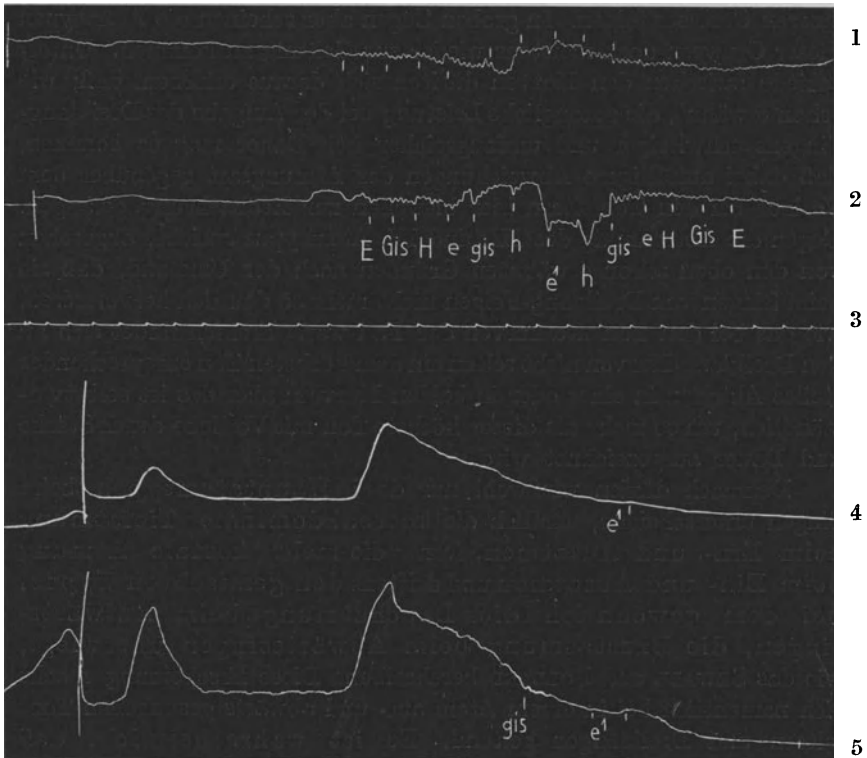


Abb. 42. Atem- und Kehlkopfbewegungen beim Auf- und Abwärtssingen des E-Dur-Dreiklangs, Vokal o (Konzertbaß Nr. 1009).

1. Horizontalbewegung des Kehlkopfs. 2. Vertikalbewegung des Kehlkopfs.

3. Zeitschreibung: 1 Sek. 4. Brustatmung. 5. Bauchatmung.

Die Vertikalbewegung des Kehlkopfs erfolgt zunächst im Sinne der Gegenbewegung nach abwärts, nur zum höchsten Ton rückt der Kehlkopf stark nach oben vor (Tremolierkurven).

stimme regelmäßig bei e^2 bemerkbar, der Übergang zur Bruststimme fast immer bei e^1 , nur zweimal schon bei a^1 und einmal erst bei cis^1 . Bei den Altstimmen finden sich Richtungsänderungen in den Atemkurven bei f^1 bzw. f^2 der auf- und absteigenden Dreiklänge. Auch bei den 32 Dreiklangaufnahmen von 11 Tenorstimmen sind am häufigsten bei e und e^1 des aufsteigenden Dreiklangs, während der absteigenden

Tonfolge auch öfter bei e^1 und e , Abknickungen in der Atemkurve wahrnehmbar, selten markiert sich sowohl beim Auf- wie beim Abwärts-singen das cis^1 am Übergang zur Kopfstimme (Abb. 39, 40, 41).

Beim Bariton dagegen (4 Fälle) erscheint in den Atemkurven der auf- und absteigenden F-Dur-Dreiklänge gewöhnlich bei f eine Einknickung und ebenso entsprechend dem höchsten Ton f^1 eine solche, nur in einem Fall, bei einem wenig ausgebildeten Schüler, lag sie bei a . In diesem Fall erschien auch noch eine zweite Richtungsänderung der Kurve bei c^1 . Die Atemkurven der drei Bässe ließen ebenfalls alle beim höchsten Ton des E-Dur-Dreiklangs die Umkehrung der Tonbewegung erkennen, aber auch während des Anstiegs setzt sich die Atemkurve öfter bei H und regelmäßig bei gis ab (Abb. 42), selten bei den gleichen Tönen während des Abstiegs. Demnach zeigt sich bei diesen Dreiklang-Versuchen das Herunterziehen der Register nicht wie bei den Tonleitern.

Kehlkopfbewegungen. Auch beim Dreiklang-Singen wurden die Kehlkopfbewegungen durch Betastung und mittels der Laryngographie untersucht. Was die allgemeine Bewegungsrichtung betrifft, so folgt der Kehlkopf der Sängerinnen (8 Soprane, 2 Mezzosoprane, 4 Altistinnen) dem Gesetz des Auf- und Absteigens mit der Tonhöhe; das gleiche gilt von den meisten Sängern (7 Tenöre, 4 Baritone, 2 Bassisten). Eine Ausnahme hiervon machen wieder 2 Tenöre und 2 Baritone, alle vier bekannte Bühnensänger, ferner ein Schüler (Bariton) und 2 Bässe (Konzertsänger), deren Kehlkopf beim obersten Ton der Dreiklang-Folgen am tiefsten stand im Sinne einer Gegenbewegung zur Tonstufenfolge (Abb. 41 S. 184).

Im einzelnen wurden durch Betastung und Laryngographie — es konnten nur 33 Aufnahmen gemacht werden — folgende Eigentümlichkeiten der Kehlkopfbewegung gefunden. Bei der Hälfte der Untersuchten war beim Aufwärtssingen die Stufe $cis^1 e^1$ zur Mittelstimme der Frau größer als die vorhergehenden und ebenfalls die Stufe zur weiblichen Kopfstimme bei $cis^2 e^2$ (Abb. 36 S. 179); bei etwa einem weiteren Drittel waren das die Stufen $e^1 a^1$ bzw. $e^2 a^2$, dazu gehören die beiden Mezzosoprane. Der Rest zeigte keine deutlichen Veränderungen der sich stufenweise vollziehenden Kehlkopfbewegung. Beim Abwärts-singen fanden sich diese Registersprünge in umgekehrter Häufigkeit bei den Tönen $e^2 cis^2$ oder $cis^2 a^1$ zwischen Kopf- und Mittelstimme. Der Übergang von dieser zur Bruststimme aber war sogar nur zweimal bei $e^1 cis^1$ zu bemerken, während die letzte Stufe $cis^1 a$ achtmal auffällig groß und bisweilen durch einen wesentlichen Ruck nach vorn, einmal sogar nach oben ausgezeichnet war (Abb. 37 S. 180). Bei den Altstimmen lagen die Registerstellen der Kehlkopfcurve bei f^1 und dann vor dem höchsten Ton während des Aufwärtssingens, beim Abwärts-

singen aber waren nur hie und da deutliche Größenveränderungen der stufenweise absteigenden Kehlkopfbewegung wahrnehmbar, und zwar bei a^1 oder c^1 (F-Dur). Der höchste Ton und die Umkehrung der Bewegung erschienen in den Kehlkopfbewegungskurven selbstverständlich deutlich hervorgehoben, wie auch meist in den Atemkurven.

Ähnlich jener des Soprans verhält sich die Kehlkopfbewegung beim Tenor (9 Fälle) während der auf- und absteigenden A-Dur-Dreiklänge. Am häufigsten finden sich größere Stufen aufwärts, oder bei der umgekehrten Bewegung zur Tonfolge namentlich vorwärts, bei a und e^1 , seltener bei cis und cis^1 , in der absteigenden Tonleiter bei e^1 und öfter bei e als bei a . Das Aufsteigen bei der letzten Tonstufe cis A am Schlusse des Abstiegs wurde dreimal beobachtet. Unter den 6 Baritonnen fanden sich 2 Bühnensänger, deren Kehlkopfbewegungen keine Registerbrüche bei diesen Versuchen erkennen ließen. Die übrigen zeigten solche meist bei f der auf- und absteigenden F-Dur-Dreiklänge, bei der aufsteigenden Tonbewegung auch einmal bei a oder im Abstieg erst beim c . Die Gegenbewegung auf der letzten Tonstufe A F fand sich viermal. Es konnten nur 3 Bässe untersucht werden. Registerübergänge in der Kehlkopfbewegung waren regelmäßig bei gis des aufsteigenden E-Dur-Dreiklangs zu beobachten, beim absteigenden dagegen öfters bei H, während umgekehrt das H des aufsteigenden und das gis des absteigenden Dreiklangs sich nur einmal durch eine größere Bewegungsstufe auszeichnete. Natürlich bildete auch bei den Männerstimmen der höchste Ton jeweils den Gipfelpunkt (Abb. 42), bei umgekehrter Bewegung den tiefsten Punkt der Kehlkopfcurve (Abb. 41).

Die Untersuchung von Vorgängen der Atmung und Kehlkopfbewegung beim Singen von auf- und absteigenden Dreiklängen ergibt demnach, abgesehen von den gleichen Bewegungsrichtungen wie bei den Tonleitern, ebenfalls im allgemeinen eine Übereinstimmung zwischen Größen- und Richtungsveränderungen an pneumographischen und laryngographischen Kurven in der Gegend der von den Tonleitern her bekannten Registerübergänge. Außerdem zeigten sich gewisse Regelmäßigkeiten der Atemführung bei einem Teil der Sänger; und zwar bei den ausgebildeten, welche die Annahme von drei verschiedenen Haupttypen der Singatmung zu bestätigen scheinen.

D. Oktavsprünge.

Eine im Verhältnis zum Singen von Tonleitern und Dreiklängen wiederum etwas schwierigere Aufgabe ist das Singen oder Summen von Oktavsprüngen in aufsteigender Tonfolge. Bekanntlich kommt

es bei Übungen und in der Vokalmusik vor. Dagegen sind gleichartige Sprünge vom höchsten zum tiefsten Ton im allgemeinen weniger gebräuchlich. Sie scheinen selten geübt zu werden, denn auch bekannte gute Sänger konnten Oktavsprünge in absteigender Tonfolge bisweilen nicht gut treffen.

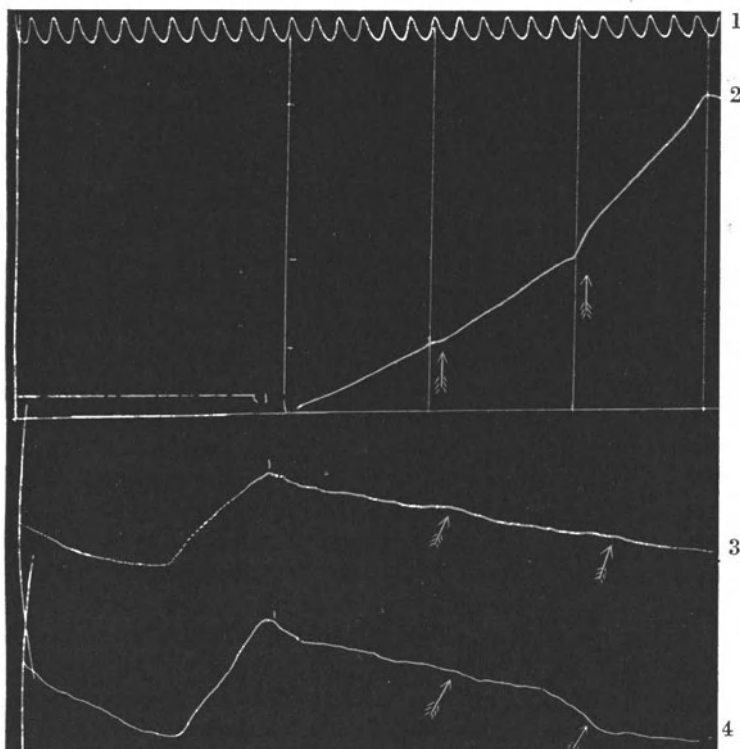


Abb. 43. Atemvolum- und Atembewegungskurven beim Aufwärtssingen der Oktavsprünge $a a^1 a^2$, Vokal o (Konzertsopran Nr. 27), Tondauer etwa 1 Sek. 1. Zeitschreibung: $\frac{1}{5}$ Sek. 2. Volumkurve. 3. Brustatmung. 4. Bauchatmung. Luftverbrauch bei a 78 cmm pro Sek.

„	„	a^1	94	„	„	„
„	„	a^2	204	„	„	„

Daher wurden zur Beobachtung der Atem- und Kehlkopfbewegungen nur die aufsteigenden Oktavsprünge verwendet, und zwar $a a^1 a^2$ bei Sopran und Mezzosopran, $f f^1 f^2$ bei Alt, $A a a^1$ beim Tenor, $F f f^1$ beim Bariton und $E e e^1$ beim Baß.

Die Unterschiede in der Stimmstärke bei den drei Tönen haben auch hier wie bei den Tonleiteraufnahmen ungleiche Ergebnisse hervorgerufen, so daß von einer Bestimmung des Atemverbrauchs pro Sekunde

bei den einzelnen Tönen abgesehen werden muß. Die Forderung, die drei je um eine Oktave auseinanderliegenden Töne in genau gleicher Stärke zu singen, wurde nicht befolgt und könnte jedenfalls erst nach langer Einübung befolgt werden, weshalb die Fortsetzung solcher Versuche unterblieb. Auf Grund von 8 Aufnahmen (Abb. 43) mit dem Volumschreiber läßt sich aber im allgemeinen doch sagen, daß ge-

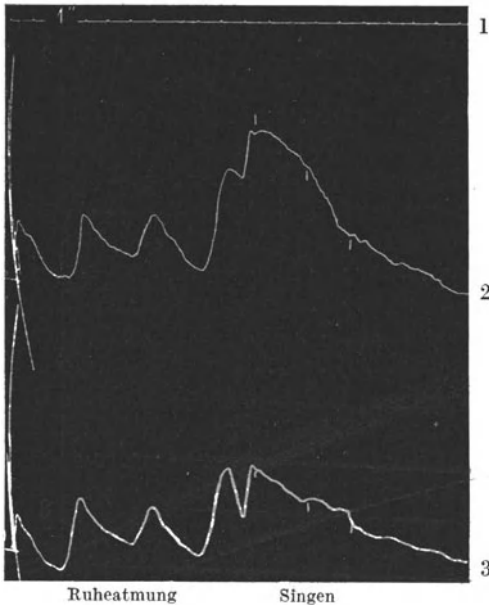


Abb. 44. Atembewegungen beim Singen der Oktavsprünge $a^1 a^2$ (Konzertsopran Nr. 631).
1. Zeitschreibung: 1 Sek. 2. Brustatmung.
3. Bauchatmung.

wöhnlich für den höchsten Ton mehr Luft verbraucht wird als für die beiden tieferen, und daß oft der mittlere Ton eine kleinere Luftmenge in der Sekunde erfordert als der tiefste. Das scheint am häufigsten zu sein. Weil aber die Tonstärke unsere Versuchsergebnisse wesentlich ändert, so kann man vorläufig hierüber keine Regel aufstellen.

Aus demselben Grund sind auch die Folgerungen aus einer größeren Zahl pneumographischer Aufnahmen bei Oktavsprüngen immer mit Rücksicht auf die Schwankungen der Tonstärke zwischen den drei Tönen zu verstehen. Namentlich der höchste Ton wird offenbar

bisweilen lauter, bisweilen gerade besonders leise angegeben. Daher sind auch die pneumographischen Bilder in dieser Versuchsfolge sehr mannigfaltig. Nur eine Regelmäßigkeit findet sich an Atemvolum- und Atembewegungskurven, nämlich die deutliche Abgrenzung der drei Töne gegeneinander. Im übrigen verlaufen bei Sopranen (19 Fälle), Mezzosopranen (6 Fälle) die Atemkurven bei Oktavsprüngen (61 Aufnahmen) nur bei einem kleinen Teil, nämlich bei 6 Sopranen und 2 Mezzosopranen, regelmäßig, d. h. also Brust- und Bauchkurve sinken ziemlich gleichmäßig und nicht steil ab ohne durch Stützbewegungen unterbrochen zu werden. Sieben von diesen Versuchspersonen gehören beim Tonleitersingen zur ersten Abteilung der Gruppe I, die beim Ein- und Ausatmen die kostoabdominale Tiefatmung bevorzugt (Abb. 44), und da-

von sind 2 Bühnensängerinnen, 1 Konzertsängerin, 3 ausgebildete Dilettantinnen und eine noch Schülerin; dazu kommt eine Konzertsängerin, Mezzosopran, die beim Tonleitersingen den Atemtypus der Gruppe II aufwies. Nächste diesen ausgeglichenen Atemungsarten war noch öfters eine ziemlich ausgesprochene Hochatmung mit Stützbewegungen an der Brustkurve bei allen drei oder auch bei einzelnen Tönen, und zwar bei tiefen, mittleren oder hohen zu beobachten. Diese Kurven stammen von 6 Versuchspersonen, die zur zweiten Abteilung jener Gruppe I gehören, in der die Brustbewegung bei der Ein- und Ausatmung überwiegt, während die Bauchkurve keine besondere Höhe erreicht, also ziemlich flach verläuft. Alle Kurven der übrigen 12 Fälle sind durch teilweise sehr erhebliche Stützbewegungen häufiger der Brust- als der Bauchatmung verändert oder unterbrochen und lassen sich nicht in Gruppen mit irgendwie wesentlichen Merkmalen unterbringen. Auch die zur Gruppe II gehörigen Versuchspersonen bevorzugen beim Aufwärtssingen der Oktavsprünge nicht so überwiegend die Bauchatmung wie man hätte erwarten sollen, obwohl bei ihnen namentlich im Anfang beim tiefen Ton deutliche Stützbewegungen der Brust beobachtet werden. Beim höchsten Ton aber sinkt die Brustkurve häufig steil ab (Abb. 45). Es stimmt nun allerdings mit der Angabe von SEWALL und POLLARD überein, daß in der Höhe die Brustatmung mit verwendet werde, wenn die Töne länger dauern. Aber beim höchsten Ton kommen auch große steile Stützbewegungen der Brust vor, gefolgt von einem ebenfalls steilen Abfall, während die Bauchkurve sogar eine Gegenbewegung macht.

Von Altstimmen stammen nur 12 Aufnahmen von 5 Sängerinnen; bei diesen überwiegen die zur kostoabdominalen Tiefatmung zählenden ausgeglichenen Atemkurven. Nur in einem Fall traten erhebliche Stützbewegungen an der Bauchkurve beim hohen e^2 auf, und eine Konzertsängerin hielt auch hierbei am Atemtypus der Gruppe II mit durch maßvolle Stützbewegungen verzögerter Brustatmung und steiler Bauchkurve fest.



Ruhe Singen
Abb. 45. Atembewegungen beim Singen der Oktavsprünge a a^1 a^2 (ausgebildete Sopranstimme Nr. 110).
1. Zeitschreibung: 1 Sek. 2. Brustatmung. 3. Bauchatmung.

Auch unter den Tenören (15 Versuchspersonen mit 37 Aufnahmen) zeigt sich bei den Oktavsprüngen eine größere Mannigfaltigkeit der Kurvenform als beim Tonleitersingen, wenn auch nicht so sehr wie bei den Sopranstimmen. Gleichmäßig allmählich abfallende, parallele Kurven sind hier verhältnismäßig häufiger. Es waren 6 Fälle, von denen nur 3 ursprünglich zur Gruppe der kostoabdominalen Tiefatmung gehörten, während 2 beim Tonleitersingen zu mehr thorakaler Atmung neigten und einer sogar den von SEWALL und POLLARD beschriebenen Atemtypus gezeigt hatte. 7 Sänger lieferten Kurven mit deutlichen Erscheinungen der Bruststütze neben steiler oder flacher Bauchatmung, während bei zweien in der Bauchkurve einmal beim tiefen und einmal beim mittleren Ton erhebliche konvexe Stützbewegungen auftraten.

Von 6 Baritonsängern fanden sich bei dreien steilere Bauchkurven neben flacheren, durch Stützbewegungen bisweilen veränderten Brustkurven, bei zweien gleichmäßig parallel abfallende Atemkurven und bei einem ungewöhnlich große Stützbewegungen in beiden Kurven. Im allgemeinen überwog beim Bariton eher die Bauchatmung. Ebenso war es bei den 5 Bässen, die alle mehr gleichmäßige ruhige Kurven lieferten, und zwar dreimal auch parallele, einmal etwas stärker erhobene Brustkurven und einer besonders steile Bauchkurven.

Im allgemeinen läßt sich also sagen, daß beim Singen von Oktavsprüngen die Atmung unruhiger und unregelmäßiger wird, die Steilheit der Kurven wird auch hier von der größeren Stimmstärke einzelner Töne bestimmt, die größere Anstrengung, namentlich bei hohen Tönen, drückt sich in erheblichen Stützbewegungen aus. Letztere sind bei den hohen Stimmen, Sopran und Tenor, häufiger und auffälliger als bei tieferen Stimmen: Alt, Bariton, Baß. Pneumographische Aufnahmen der tiefen Stimmen lieferten häufiger ruhigere, gleichmäßigere Kurven. Die drei Hauptatmungstypen sind infolge der Mannigfaltigkeit der Kurvenveränderungen bei Oktavsprüngen nicht mehr deutlich und regelmäßig zu erkennen, häufig aber doch angedeutet. Namentlich tritt der Typus der Abdominalatmung beim Aufwärtssingen nicht mehr klar hervor, weil das längere Anhalten des höchsten Tones auch die Teilnahme der Brustatmung erfordert. Auffällige, durch Stützbewegungen in ihrem Ablauf unterbrochene, dann unvermittelt steil abfallende Kurven fanden sich bei weniger erfahrenen, weniger ausgebildeten und weniger erfolgreichen Sängern und Sängerinnen gewöhnlich häufiger als bei guten Künstlern, wenn man von einigen Koloratursopranen absieht. Die Aufgabe des Singens von Oktavsprüngen hat bei der pneumographischen Untersuchung zu Ergebnissen geführt, die viel mehr individuelle Verschiedenheiten zeigen, als die Kurven beim Singen von Tonleitern

Terzen und Dreiklängen. Offenbar handelt es sich dabei um weniger eingeübte Tonfolgen und daher auch objektiv und subjektiv größere Schwierigkeiten der gesanglichen Leistung.

Einheitlicher als die Atembewegungen sind bei Oktavsprüngen die Stellungsveränderungen des Kehlkopfs. Bei allen Frauenstimmen ergab die Untersuchung mittels Betastung und einige wenige laryngographische Kurven, deren Aufnahme durch die raschen großen Bewegungen des Kehlkopfs in der senkrechten Ebene wesentlich erschwert ist, daß der Kehlkopf beim tiefen Ton regelmäßig nach unten und vorne rückt, beim mittleren Ton etwas gehoben wird, um dann beim höchsten Ton stark nach oben und vorne, bisweilen auch oben und rückwärts zu treten. Bei hohen Sopranen verschwindet er im letzteren Fall oft hinter dem Zungenbein und entgleitet daher dem tastenden Finger. Anders verhalten sich wiederum die Kehlköpfe von Männern. Beim Singen von Oktavsprüngen wurde die Kehlkopfbewegung bei 10 Tenören mit dem Getast verfolgt und an 6 von diesen auch laryngographisch aufgenommen. Das starke Ansteigen namentlich zum hohen a^1 konnte aber nur an dreien, einem Schüler und zwei wenig erfolgreichen Konzertsängern festgestellt werden. Es war gewöhnlich von einem Ruck nach vorn begleitet und wurde dann von einer großen Abstellbewegung nach unten abgelöst. Bei zwei anderen lyrischen Bühnentenören und einem Konzertsänger folgte auf die beträchtliche Tiefstellung zum A ein leichtes Vor- und Aufwärtstreten zum mittleren a und eine weitere mehr nach vorn als nach oben gerichtete Bewegung zum hohen a^1 , worauf der Kehlkopf bei der Abstellbewegung noch eine kleine Hebung machte, dann etwas abwärts rückte oder sofort stehen blieb (Abb. 46). In diesen Fällen erreichte er beim höchsten Ton also gerade die Ruhelage oder er überschritt sie nur ein wenig. Die übrigen 4 Tenöre, 3 Bühnensänger, darunter 2 von großem Ruf, und 1 Konzertenormit guten Erfolgen behielten auch beim Singen von Oktavsprüngen die Tiefstellung bei, entweder in der Art, daß der Kehlkopf mit steigen-



Abb. 46. Atem- und Kehlkopfbewegungen beim Singen der Oktavsprünge A a a^1 (Bühnentenor Nr. 289). 1. Horizontalbewegung des Kehlkopfs. 2. Zeitschreibung: 1 Sek. 3. Vertikalbewegung d. Kehlk. 4. Brustatmung. 5. Bauchatmung. Der Kehlkopf wird tiefgestellt und erreicht bei a^1 die Ruhelage, die er dann ein wenig überschreitet.

der Tonhöhe sank, oder mehr vorrückte ohne anzusteigen. Deshalb folgte bei diesen auf das hohe a^1 eine oft beträchtliche Abstellbewegung nach oben. Ferner konnten 5 Baritone, 3 davon laryngographisch, untersucht werden. Unter ihnen befanden sich auch 2 bekannte Bühnensänger, deren Kehlkopf die soeben beschriebene umgekehrte Bewegung zeigte, während bei einem wenig erfolgreichen Konzertsänger und einem Schüler der Kehlkopf mit der Tonhöhe stieg, und ein weiterer Schüler zunächst von F bis zum f den Kehlkopf senkte, vom mittleren f zum hohen f^1 ihn aber doch über die Ruhelage erhob. 5 Bässe, 1 Bühnen-, 2 Konzertsänger, 1 Schüler und ein Natursänger wurden mit dem Laryngographen und dem Getast bei Oktavsprüngen untersucht. Bei den 4 ersten trat der Kehlkopf mit steigender Tonhöhe stark nach vorn und mehr oder minder nach abwärts. Nur bei einem Konzertsänger hie und da beim e^1 etwas höher als beim e. Immer aber blieb er unter der Ruhelage, und auf das hohe e^1 folgte dann eine Abstellbewegung nach oben. Nur der Kehlkopf des Natursängers stieg mit der Tonhöhe stark auf- und vorwärts, obwohl auch nicht immer regelmäßig, denn auch bei diesem Sänger zeigten sich Ansätze zum Tieferstellen, also zum Decken.

Durch die Beobachtungen beim Singen von Oktavsprüngen wird die Anschauung gestützt, daß die Atembewegungen, abgesehen von der Stimmstärke und der Dauer der stimmlichen Leistungen auch durch die Intervallgröße und die Lage der Töne innerhalb des Stimmumfangs beeinflußt werden, und zwar hinsichtlich der Atemhöhe und Dauer sowohl wie in der Form des Kurvenablaufs und dem Vorwalten einer Atmungsart. Aber in allen Fällen finden sich, guten stimmlichen Leistungen entsprechend, auch mehr ausgeglichene und ruhigere Atemkurven. Die Kehlkopfbewegungen folgen bei Oktavsprüngen jenen Gesetzen, die wir beim Tonleitersingen kennengelernt haben, d. h. der Kehlkopf strebt gewöhnlich mit der Tonhöhe nach oben und nur bei einigen Kunstsängern bleibt er tiefgestellt, rückt mehr nach vorn oder sinkt mit steigender Tonhöhe.

Ergebnisse. Die wesentlichen Ergebnisse des Kapitels kann man im folgenden zusammenfassen:

Es lassen sich hauptsächlich drei Singatemptypen unterscheiden, nämlich beim Ein- und Ausatmen die kostoabdominale Tiefatmung, die häufigste Form, dann die mehr kostale Atmung und ferner jene Atmungsform, welche bei aufsteigenden Tonfolgen mehr abdominal, bei absteigenden mehr kostal atmet.

Die Unterscheidung dieser Atemtypen ist nicht im Sinne eines

starrten Schemas zu verstehen. Bei einfachen gesanglichen Leistungen prägen sie sich oft weniger deutlich aus, aber sie sind trotz kleinerer Abweichungen von der Grundform doch stets zu erkennen, wenn man von einer Versuchsperson mehrere Aufnahmen macht. Zwischen ihnen gibt es Übergänge, namentlich bei weniger ausgebildeten Sängern.

Bei tiefen Stimmen scheint im Durchschnitt die abdominale Atmung, bei höheren im allgemeinen die mehr kostale zu überwiegen.

Die kostoabdominale Tiefatmung ist die zum Singen am besten geeignete Atmungsart. Neben ihr ist die Anpassung an die Richtung der Tonfolgen vielfach üblich. Ausgesprochen einseitig bevorzugte Brustatmung scheint weniger zweckmäßig. Die verschiedenen Atmungsarten werden beim Singen von auf- und absteigenden Tonfolgen in einem Atem gewöhnlich deutlicher erkennbar.

Beim Singen von umfangreicheren Tonfolgen, namentlich in größeren Intervallen, wird die Atmung der gesanglichen Aufgabe angepaßt, wobei verschiedene Atmungsarten verwendet werden können.

Ein Zeichen gut geschulter Singatmung sind gleichmäßig absteigende, nicht allzu steile Atemkurven während der Phonation, denen eine nicht übertriebene tiefe Einatmung vorausgeht. Die Atmungshöhe wird durch die gesangliche Leistung bestimmt und soll zu dieser in einem richtigen Verhältnis stehen.

Steil und unruhig abfallende Kurven sind ein Zeichen von mangelhafter Schulung, namentlich wenn sie nicht mehr parallel verlaufen.

Entsprechend schwierigeren Leistungen treten an Brust- und Bauchkurve sogenannte Stützbewegungen auf, namentlich bei hohen Tönen. Diese können innerhalb mäßiger Grenzen als normal angesehen werden, wo sie aber übertrieben werden, also unverhältnismäßige Höhen erreichen, dürften sie zu den Merkmalen einer schlechten Singatemkurve zu zählen sein.

In den Atemkurven der meisten Sänger finden sich häufig, aber nicht konstant und auch nicht immer genau beim gleichen Ton kleine Richtungsänderungen, die den für das musikalisch geschulte Ohr hörbaren Registerübergängen entsprechen.

Bei guten Sängern sind diese Registerstellen gewöhnlich weniger deutlich als bei ungeübten.

Diesen Registerbrüchen der pneumographischen Kurven entsprechen auch Abknickungen in der Volumkurve, die den Wechsel im Luftverbrauch anzeigen.

Der Kehlkopf steigt und sinkt bei den meisten Sängern, namentlich den weiblichen, mit der Tonhöhe in kleinen, den einzelnen Tönen entsprechenden Stufen (natürliche Bewegung), beim Kunstsänger aber kann die Kehlkopfbewegung auch der Tonhöhenfolge entgegengesetzt verlaufen (Gegenbewegung). Diese Umkehrung der Kehlkopfbewegung

ist verbunden mit sogenannter gedeckter Singweise. Sie scheint bei tiefen Stimmen häufiger vorzukommen.

Abgesehen von der Tiefe der Einatmung und von der Klangfarbe, wird die Kehlkopfbewegung im Sinne der Tiefstellung auch von der Stimmstärke beeinflusst.

Die Tiefstellung erfolgt beim Kunstsänger häufig, aber nicht immer bewußt. Sie erlaubt immer noch eine gleichsinnige Bewegung beim Aufwärtssingen, ohne daß der Kehlkopf dabei die Ruhelage merklich überschreitet.

Je besser geschult eine Stimme ist, desto kleiner sind im allgemeinen die Kehlkopfbewegungen, namentlich beim Aufwärtssingen, während die Einstellbewegung nach abwärts vor dem Singen beträchtlich sein kann.

Die Übergänge von einem Register zum andern drücken sich auch in der laryngographischen Kurve, namentlich bei der natürlichen Bewegung, aus, und zwar durch etwas größere Stufen. Auch diese Erscheinung tritt nicht immer und nicht stets beim gleichen Ton auf. Bei der Gegenbewegung sind Registerbrüche schwerer nachweisbar.

Je weniger geschult eine Stimme ist, desto deutlicher erscheint der Registersprung in der Kehlkopfbewegung.

Die Registerübergänge liegen beim Aufwärtssingen gewöhnlich etwas höher als beim Abwärtssingen, sie sind niemals ganz konstant, weil die Register sich teilweise decken (amphotere Töne).

Die Registerübergänge liegen bei höheren Stimmen meistens etwas höher als bei tieferen Stimmen.

Einigermaßen geübte Sänger vermeiden das Hörbarwerden des Registerbruchs gewöhnlich durch allmähliches Übergehen von einem Register ins andere bzw. durch Decken (Registerausgleich). Der phonetische Nachweis der Registerstelle ist aber trotzdem häufig noch möglich.

VII. Die Atembewegungen beim Singen musikalischer Phrasen.

Bisherige Forschungen. Über Atembewegungen beim Singen von Stellen aus Liedern oder Arien gibt es keine umfassenden Beobachtungen, obwohl sie unseren bisher angewandten Untersuchungsverfahren zugänglich sind, während wir auf eine gleichzeitige Analyse der Kehlkopfbewegungen wegen der Störungen durch die Textaussprache verzichten müssen. Auch genauere laryngographische Aufnahmen von Koloraturstellen ohne Text sind mit unseren derzeitigen Mitteln unmöglich, weil die Pelotte jedes Schreibapparates den raschen Bewegungen des Kehlkopfes nicht folgen kann.

kopfes nicht längere Zeit richtig zu folgen vermag und am Schildknorpel ab- oder vorbeigleitet. Aufnahmen der Atembewegungen aber sind nicht nur möglich, sie erscheinen auch erfolgversprechend, allerdings wohl nur, wenn man die Kurven auf der Grundlage der in den vorigen Kapiteln niedergelegten Ergebnisse über die Atembewegungen beim Singen von Tonfolgen in kleineren und größeren Intervallen beurteilt.

In der Literatur finden sich über das Atmen beim Anhören von Stellen aus Opern oder anderen Musikwerken nur zwei Angaben von GUIBAUD und von MENTZ, die Aufnahmen beim Anhören der Elegie aus den Erynnien von Massenet sowie der Trauermärsche von Chopin und von Beethoven gemacht haben. Erscheinungen des inneren Mitsingens wurden nicht festgestellt. Nur beim Beethoven'schen Trauermarsch zeigte sich ganz gegen Schluß eine Niveau-Erhöhung der Atemkurve, die als „innerliche Erleichterung“ von MENTZ gedeutet wird.

Mit dem Atmen beim Singen von Liedern oder Stellen aus Opern beschäftigt sich nur eine Arbeit von BIAGGI. Sie ist wohl um ihres Erscheinungs-ortes willen fast unbeachtet geblieben. BIAGGI hat Aufnahmen von 2 Sopranistinnen und 2 Tenören veröffentlicht, die leider ohne gleichzeitige Zeitschreibung nur die Brustatmung wiedergeben und auch technisch nicht alle ganz gelungen sind. BIAGGI geht von zweierlei Gesichtspunkten aus, wovon der zweite ganz neu ist. Er zeigt nämlich den Unterschied zwischen klassischen und neueren Kompositionen mit Rücksicht auf die Atemtechnik an 2 Beispielen aus einer Tenorarie, des *Matrimonio segreto* von Cimarosa, der selbst ein guter Sänger war, und an einer Romanze aus *Andrea Chenier* von Giordano, beide von demselben guten Sänger (Armanini) gesungen. Dabei stellt sich heraus, daß in der alten klassischen Oper „jede musikalische Phrase mit einem vollständigen Respirationsakt korrespondiert“. Die Pausen sind nämlich derart angeordnet, daß sie den Sängern jeweils genügende Zeit zum Einatmen lassen und daß sogar am Ende der Ausatmung noch Zeit (eine Ruhepause) übrig ist, die Ausatmung also nicht einmal phonatorisch ganz ausgeschöpft wird. Es liegt auf der Hand, daß der Sänger solche Opern mit wesentlich geringerer Anstrengung, sozusagen spielend heruntersingen kann, während die neueren Kompositionen an die Ausatmungslänge beim Singen größere Anforderungen stellen (keine Ruhepausen) und auch mangels zweckmäßiger Einschaltung von musikalischen Pausen den Sänger zu häufigen, raschen, also kurzen Einatmungen zwingen, die BIAGGI sogar „quasi spasmodische“ (krampfartige) nennt. Im übrigen finden wir an den beiden guten Atemkurven des Tenors, die expiratorisch gleichmäßig und ruhig absteigen, geringe und seltene Einstellbewegungen. Die Kurven entsprechen in ihrem Verlauf durchaus der musikalischen Komposition, die an die stimmliche Leistung eben keine besonders großen Anforderungen stellt.

An Atemkurven zweier Sopranistinnen, die die Arie „*Ah non credea mirarti*“ aus der *Sommnambule* von Bellini sangen, erläutert BIAGGI die Gegensätze zwischen guter und schlechter Atemtechnik. Die Frage nach dem Unterschied von Pneumogrammen aus guter und schlechter Schule hat Verfasser schon 1910 ins Auge gefaßt und einige charakteristische Eigentümlichkeiten an Tonleiterkurven aufgezeigt. Später sind diese meine Angaben von CL. HOFMANN bestätigt worden. BIAGGI stellt der ersten Sängerin (Storchio), einer Künstlerin von Ruf, eine andere Künstlerin gegenüber, die infolge von ungenügender Atemtechnik an phonasthenischen Beschwerden litt. Das Fehlen der Zeitschreibung erschwerte die Beurteilung der beiden Kurven. Immerhin läßt sich daraus folgendes entnehmen: Während die gute Sängerin für die gleiche Leistung 11 Einatmungen braucht, kommt die phonasthenische merkwürdigerweise mit 10 Einatmungen aus. Das scheint

nicht in Einklang mit der allgemeinen Voraussetzung, daß der gute Sänger länger mit dem Atem auskomme. Eine Erklärung würde einerseits die Zeitschreibung, andererseits eine Angabe über die Stimmstärke geben, beides fehlt jedoch. Während wir hierüber also unaufgeklärt bleiben — BIAGGI selbst hat das offenbar nicht beachtet —, finden wir bei der guten Künstlerin bedeutend gleichmäßigere und ruhigere Atemkurven als bei der zweiten und ferner eine gute Anpassung der Einatmungstiefe an die gesangliche Leistung. Die Kurven der zweiten Sängerin zeigen sehr unregelmäßige, offenbar hastige, oft zu kleine Einatmenbewegungen, die beweisen, daß ein richtiges Verhältnis zwischen Inspirationstiefe und phonatorischer Expirationslänge fehlt. Auf diese Unterschiede macht BIAGGI nachdrücklich aufmerksam. Er deutet die Kurven der thorakalen Gegenbewegung, die vielfach am Schluß der Ausatmungen auftreten, offenbar richtig als Anzeichen einer Hebung des Brustkorbes infolge von Überwiegen der Bauchpresse am Schluß der phonatorischen Ausatmung. Bedauerlich ist nur, daß die Bauchatemkurve dabei fehlt, die uns hierüber genau und anschaulich hätte unterrichten können. Außer diesen Unterschieden fand ich an den Kurven der phonasthenischen Sängerin Einstellbewegungen von bedeutender Größe, die in den Kurven der ersten Künstlerin fehlen. Allerdings könnten dort kleinere Einstellbewegungen am inspiratorischen Kurvengipfel durch Schleppekurven verdeckt sein, die leider gerade in diesen Aufnahmen nicht vermieden wurden.

Als ein glücklicher Zufall darf es bezeichnet werden, daß R. HAHN ebenfalls die Arie „Ah non credea mirarti“ aus der *Sonnambule* benutzte, um Atemkurven von einer Kunstsängerin aufzunehmen. Da er GUTZMANN'S Gürtelpneumographen verwendet hat, während BIAGGI'S Pneumograph nach MAREY umgekehrt registriert wie jener, so muß man BIAGGI'S Kurven im umgekehrten Spiegelbild mit denen von HAHN und ebenso mit den unsrigen vergleichen. HAHN hat ferner Kurven der Brust- und Bauchatmung aufgenommen und die Zeitschreibung nicht vergessen, leider aber die Ruhekurve nicht mit wiedergegeben. Das Hauptthema seiner Arbeit, nämlich der Einfluß der Kokainisierung des Kehlkopfs auf die Atmungsart hat mit unseren Untersuchungen nichts gemein, dagegen lassen sich seine Analysen der Atemkurven vor der Kokainisierung sehr wohl verwerten. Als zweite Versuchsperson diente HAHN ein Kunstsänger (Bariton), der das „Vanne, la tua mèta già vedo“ aus Verdis *Othello* sang. Wenn man zwei so verschiedene Aufnahmen wie jene der Sopranistin und des Baritons vergleichen dürfte, so würden sie BIAGGI'S Ansicht über den atemtechnischen Unterschied zwischen klassischer und moderner Vokalmusik wohl bekräftigen können. Jedenfalls finden sich an den beiden Kurvenzügen aus der *Sonnambule* und aus *Othello* dieselben Eigentümlichkeiten, die BIAGGI an den Kurvenzügen von ein und derselben Versuchsperson festgestellt hat, bei klassischer und moderner Musik. Es würde sich lohnen, die von BIAGGI erörterte und beantwortete Frage noch einmal an einem größeren Material, d. h. an mehrfachen Aufnahmen von mehreren Versuchspersonen und mit Rücksicht auf zahlreichere musikalische Kompositionen nachzuprüfen. Doch kehren wir zu den pneumographischen Aufnahmen BIAGGI'S und HAHN'S zurück, die von 3 Sopranistinnen und der gleichen Arie („Ah non credea“) stammen. Wir finden hier zunächst Unterschiede in der Atemverteilung. Während nämlich die gute Opernsängerin BIAGGI'S für die gleiche Leistung wie erwähnt 11 Atemzüge braucht, die phonasthenische Sängerin aber nur 10, kommt die Künstlerin HAHN'S mit 9 Atemzügen aus. Letztere brauchte im ganzen 78,9 Sekunden Zeit; für die beiden ersteren fehlen leider Zeitangaben.

Was den Verlauf der Kurven betrifft, so ist auf die Unterschiede der Pneumogramme der beiden ersten Sängerinnen schon hingewiesen worden. Die dritte Künstlerin (F.) lieferte Kurven, die der zweiten von BIAGGI mehr ähneln. Zwar sind die Einatmungen hinsichtlich ihrer Tiefe den gesanglichen Leistungen besser

angepaßt, aber auch bei ihr findet man große Einstellbewegungen an der Bauchkurve und steilen Abfall der expiratorischen Kurve namentlich an der Brustatmung, dem stellenweise am Schluß aufsteigende Linien der thorakalen Gegenbewegung folgen. Leider ist gerade an diesen Stellen die abdominale Aufnahme durch Schleppkurven gestört, d. h. die Schreibung hat versagt. Im übrigen finden sich an der Bauchkurve, die eine Bevorzugung der abdominalen Atmung erkennen läßt, ausgesprochene Stützbewegungen gleich im Anfang und später noch mehrfach. Vergleichen wir die Kurven mit dem musikalischen Text, so ergibt sich, daß die Einatmungen mit einer Ausnahme stets in die vom Komponisten vorgeschriebenen Pausen fallen. Die Unterschiede in der Einatmungszahl folgen zunächst daraus, daß die Sängerin von HAHN und die zweite von BIAGGI auf eine Einatmung während der zweiten $\frac{1}{16}$ Pause des dritten Taktes verzichtet haben, und zwar vor einer Koloraturfigur um $e^2 f^2$ (im 4. Takt), während die erste Sängerin BIAGGIS an dieser Stelle allerdings kurz einatmet, offenbar um die musikalische Figur schöner herauszubringen. Ferner haben beide Sängerinnen von BIAGGI scheinbar aus demselben Grund (im 8. Takt) mitten zwischen 2 Triolen ohne Pause einen Atemzug eingeschoben, was bei dem langsamen Tempo der Arie (*Andante cantabile*) möglich ist. Während bei der ersten Sängerin BIAGGIS nur die Einatmungstiefe erkennen läßt, daß größere Leistungen der Stimmstärke und Technik (letztere spielt in der leicht singbaren Arie der Amine keine Rolle) folgen werden, erscheinen an Stellen mit mehr Stimmaufwand, oder wo längere Phrasen und musikalische Figuren folgen, jene oben erwähnten Gegenbewegungen der Brust- bzw. Stützbewegungen an der Bauchkurve. Aus diesen Gründen müssen wir die erste Sängerin BIAGGIS in Übereinstimmung mit ihm als die am besten ausgebildete ansehen.

Im übrigen konnte ich noch in anderen phonetischen Arbeiten zerstreute Angaben auffinden über Luftverbrauch beim Singen von Liedern oder Atembewegungen und Luftverbrauch beim harten Stimmeinsatz, wie er zum Staccato beim Koloraturgesang verwendet werden muß. ZWAARDEMAKER hat 1906 seinen Aeorodromographen benutzt, um festzustellen, wieviel Luft pro Sekunde beim Singen eines Liedes (Wilhelmus) von einer Sängerin (C. van Zanten) verbraucht wird, und fand dabei 23 ccm, während beim Staccato 50 ccm pro Sekunde nötig waren. Schon 1904 hat derselbe Forscher den Energieaufwand beim Singen eines Liedes und beim Staccato in Erg zu bestimmen versucht aus der Formel Luftdruck \times Luftverbrauch \times Beschleunigung der Schwerkraft sind = Verbrauchsenergie. Es ergab sich ein Energieaufwand von $0,45 \cdot 10^6$ Erg pro Sekunde für ein Lied und $0,98 \cdot 10^6$ Erg pro Sekunde für das Staccato. RETHI hat dann 1916 Untersuchungen über den Luftverbrauch beim harten (staccato) und weichen Stimmeinsatz (er nennt ihn Ansatz) veröffentlicht. Er fand für den ersteren den anderthalbfachen bis fast den doppelten Luftverbrauch gegenüber dem weichen Stimmeinsatz bei Sopran-, Alt- und Bariton-Stimmen im Piano und Mezzoforte, Forte; und zwar war der Unterschied im Piano und Mezzoforte größer als im Forte. Während verschiedene Tonhöhen zwar natürlich absolut verschiedenen Luftverbrauch erforderten, wurde durch sie das Verhältnis vom harten zum weichen Einsatz weniger berührt. Bezüglich der individuell sehr verschiedenen Atmungsdauer beim Singen erwähnt RETHI, daß Walter von Gunz (Wiener Hofoper) das Lied von Schumann: „Die Rose, die Lilie“ usw. in einem Atem singen konnte.

Mit Atembewegungen beim Staccato (Fisteltöne) hat sich schon MERKEL (S. 61) beschäftigt; er beschreibt, wie „bei jedem Ton das Zwerchfell sich etwas weiter hebt, um sich dann, wenn die Glottis sich schließt, wieder etwas zu senken, so daß während dieses Staccato-Gesanges der Unterleib, zunächst das Epigastrium in einem fortwährenden Aufhüpfen begriffen ist; eigentlich Niederhüpfen oder ein rhythmisch unterbrochenes Einziehen der Bauchwand, denn nach und nach wird

der Raum des Unterleibs verengt und das Zwerchfell gehoben“ (1863). Beim Staccato „auf nicht zu piano angegebenen Brusttönen“ finde aber dieses Aufhüpfen der Bauchdecke „fast gar nicht“ statt, „nur das Hypogastrium erleidet dabei einen sichtbaren Stoß, der aber nicht sehr auffällig ist“. MERKEL behauptet, dabei würden die Bauchmuskeln und das Zwerchfell gespannt gehalten und „die einzelnen Expirationsstöße geschehen durch sukzessive Verkleinerung des Thorax“. Bei Brusttönen sei das nur während leiser Intonation, bei Fisteltönen aber immer der Fall. In der neueren Literatur findet sich nichts mehr über Koloraturgesang mit Ausnahme jener Bemerkung von PIELKE, bei der höchsten Sopranlage (Koloratur) sei ein gewisses Lockerlassen der Bauchstütze am Platz.

Eigene Versuche mit ausgewählten Probeaufgaben. Meine eigenen Untersuchungen gingen von dem schon erörterten Gedanken aus, durch Pneumogramme von gleichen gesanglichen Leistungen verschiedener Versuchspersonen Einblick in die Atemtechnik im allgemeinen und nebenbei auch in die Technik des Koloraturgesanges zu gewinnen. Natürlich war es dazu nötig, für jede Stimmgattung eine ihr angepaßte gesanglich nicht allzu leichte Anforderung aufzustellen.

Während der Vorversuche war die Wahl des Gesangsstückes den Sängern überlassen worden, die dann gewöhnlich eine bekannte Opernstelle oder ein viel gesungenes Lied wählten. Das schien aber unzweckmäßig, denn einerseits erhielt man auf diese Weise keine Vergleichsobjekte und andererseits waren die Leistungen als solche häufig nicht geeignet zur Beurteilung der technischen Fähigkeiten bei etwaigen schwierigeren Aufgaben. Daher wurde ebenfalls noch während der Vorversuche das Beispiel aus dem Buch von ERNST BARTH, Abb. 103, gewählt. Einige von 2 Tenören gewonnene Pneumogramme der Atmung von Brust, Epigastrium und Bauch zeigten, daß die Stützbewegungen, wie er sie in seiner zweiten Kurve vom Epigastrium (die er Zwerchfellkurve nennt) auch an der Unterbauchkurve vorkommen können. Auch diese Aufgabe erschien aber zu einfach.

Um namentlich die Atemtechnik des Koloraturgesanges zu erforschen, wurde für den Sopran die Schlußkadenz der Arie der Leonore: „Seid meiner Wonne stille Zeugen“ aus Stradella von Flotow gewählt. Sie ist für unseren Zweck durch Auslassung einiger Figuren etwas abgeändert worden, was um so eher möglich war, als derartige Kadenzen sehr häufig nicht genau nach der Partitur gesungen, sondern je nach dem Geschmack und der Leistungsfähigkeit der Sängerin gekürzt oder sogar noch ausgeschmückt werden. Da die Koloraturfigur am Schluß auf einen Takt geschrieben ist, bleibt auch hinsichtlich der Dauer derselben für die etwaige Ausführung ein subjektiver (von der Sängerin abhängiger) Spielraum (Abb. 47 S. 202). Besondere Schwierigkeiten bietet diese Aufgabe nicht, jedoch stellt sie einige Anforderungen an die Atemtechnik. Auf andere z. B. dramatische gesangliche Leistungen für die Sopranstimme wurde vorläufig verzichtet. Das war um so eher geboten, als während dieses Abschnittes der Untersuchungen gute hochdramatische Sängerinnen nicht zur Verfügung standen, dagegen mehrere erfahrene Koloratursängerinnen.

Um auch Altistinnen und Mezzosopranen vor eine schwierigere Aufgabe zu stellen, wurde die Schlußkadenz der Arie des Barak (Alt-Partie) „Ich trotzte Gefahren“ aus Deborah von Händel (Abb. 48) gewählt, die musikalisch nicht ganz leicht ist und eigentlich in einem Atem gesungen werden sollte, also einige Atemtechnik erfordert. Vom Tenor wurde die Arie aus der Kantate Nr. 85 von Bach: „Mein Jesus hält in guter Hut“ usw. verlangt (Abb. 49). Diese Arie hat mehrere schwierige Stellen, und zwar zunächst am Anfang des dritten Taktes, wo nach dem langgehaltenen hohen f^1 das g^1 innerhalb derselben Ausatmung die absteigende Koloraturphrase einleitet. Die analoge Stelle im 9. Takt ist leichter. Ferner ist in der Mitte des 6. Taktes der Sprung von g zum g^1 durch die zwischen-geschobene Einatmung (musikalische Zäsur) und den Doppelvokal ei erschwert. Für Bariton und Baß wurde ein Teil der koloraturreichen Arie aus Ezio von Händel „E con l'aure di fortuna“ ausgewählt, die allerdings etwas hoch liegt. Schwierig daran ist weniger die Koloraturstelle am Schluß als vielmehr die Sprünge $c^1 A$, $B d^1$, $e^1 c$ und $d f^1$ im dritten und vierten Takt. Die erwähnten Stellen sind den einzelnen Versuchspersonen soweit sie ihnen nicht geläufig waren, in Form der Seite 202—204 abgebildeten Notenbeispiele zum Einüben für einige Tage gegeben worden. Das Tempo war ihnen durch die Metronomnotierung angedeutet, die Auffassung d. h. Vortragsart und Stimmstärke wurde ihnen überlassen. Vom Zweck der Untersuchung hatten sie natürlich keine Kenntnis, wenngleich man nicht immer verhindern konnte, daß sie ahnten, um was es sich im allgemeinen handelte. Die Aufnahmen der beiden Atemkurven von Brust und Bauch wurden auf etwas schneller laufenden Trommeln (meist 7 bis 9 mm in der Sekunde), sonst aber in der üblichen Weise gemacht, d. h. nach vorheriger Aufnahme mehrerer Ruheatemzüge, ohne daß die Versuchsperson den Augenblick des Beginns der Aufnahme bemerken konnte. Vielfach ließ ich die betreffende Stelle ein oder mehrere Male singen, bevor das Kymographion in Lauf gebracht wurde. Meistens folgten dann in einer Sitzung mehrere Aufnahmen. Von einigen Versuchspersonen besitze ich Aufnahmen, die zeitlich um fast zehn Jahre auseinanderliegen. Im ganzen wurden von 29 Versuchspersonen 88 Aufnahmen gemacht, und zwar von 8 Sopranen 26 Aufnahmen, von 5 Altistinnen und Mezzosopranen 17 Aufnahmen; von 10 Tenören 26 Aufnahmen, von 6 Baritonern und Bässen 19 Aufnahmen. An diesen Pneumogrammen lassen sich nun eine Reihe von Einzelheiten erkennen, die uns einen gewissen Einblick in die Atemtechnik beim Singen erlauben. Wir können die Dauer der gesanglichen Leistung messen, die Zahl der Einatmungen zählen, die Dauer einzelner Ein- und Ausatmungen sowie deren Höhe und mittlere Geschwindigkeit feststellen.

Singzeit. Betrachten wir zunächst die Dauer der gesanglichen

Leistungen bei den verschiedenen Stimmen im Verhältnis zur Dauer, die das musikalisch vorgeschriebene Tempo erwarten läßt.

Stradella (Schlußkadenz der Sopranarie).

Abb. 47.

Die Stradella-Kadenz (Abb. 47) in der hier wiedergegebenen Form erfordert darnach ungefähr 20 Sekunden Zeit. Die wirklich aufgewandten Zeiten ergeben sich auf folgender Zusammenstellung:

Versuchspersonen	Aufnahmejahr	Gesamtdauer in Sekunden	Zahl der Hauptatemzüge
433 Opernsängerin (Erste Kraft).	1922	18 $\frac{1}{2}$	3
		19	3
		19 $\frac{1}{2}$	3 und eine Nebenatmung vor d. Trillernachschlag
		22	3
		22	3
27 Bühnen- u. Kon- zertsängerin	1911	19	3
	1921	22 $\frac{1}{2}$	3
140 Konzertsängerin	1911	21	3
		21	3
		22	3
	1921	21	3
		20 $\frac{1}{2}$	3
		21	3
		20 $\frac{1}{2}$	3
240 Bühnensängerin	1911	21 $\frac{1}{2}$	3
		23	3
347 Bühnensängerin	1911	29	3
	763 „ (Anfängerin)	1921	20 $\frac{1}{2}$
21			3
21			3
448 Konzertsängerin	1921	21 $\frac{1}{2}$	4
		24	4
		25	4
		25 $\frac{1}{2}$	5
602 Bühnensängerin (keine Koloratur- stimme)	1918	28	5
		32	5

Deborah (Händel) Kadenz der Altarie.

$\text{♩} = 128$

1 2 3 4

5 6 7 8

Abb. 48.

Die Deborahkadenz (Abb. 48) für Alt und Mezzosopran erfordert nur 13 Sekunden Zeit. Die tatsächlichen Werte für die Zeitdauer zeigt folgende Zusammenstellung.

Versuchspersonen	Aufnahmejahr	Gesamtdauer in Sekunden	Zahl der Hauptatemzüge
1019 Bühnensängerin (Alt)	1921	16	2
		16	2
		$17\frac{1}{2}$	2
Dieselbe (indisponiert)	1921	$17\frac{1}{2}$	3
		$18\frac{1}{2}$	3
		$18\frac{1}{2}$	3
55 Konzertsängerin (Alt)	1921	$17\frac{1}{2}$	3
		$17\frac{1}{2}$	3
		18	3
58 Schülerin (Alt)	1910	12	1
		20	1
		20	1
		20	1
604 Gute Dilettantin (Mezzosopran)	1911	14	1
		11	1
		15	1
79 Konzertsängerin (Alt), nicht gut gelernt u. ohne Berücksichtigung der Tempoangaben	1921	$28\frac{1}{2}$	4
		33	4

Bach: Kantate Nr. 85 (a. d. Tenorarie).

$\text{♩} = 70$

Mein Je-sus hält in zar-ter Hut die Sei-nen fe-ste ein-geschlos-sen

1 2 3 4 5 6

mein Je-sus hält in zar-ter Hut die Sei-nen fe-ste eingeschlossen.

7 8 9

Abb. 49.

Die Stelle aus der Bach-Kantate Nr. 85, Abb. 49, für Tenor sollte in 27 Sekunden gesungen werden. Die pneumographischen Aufnahmen ergaben folgende Zeitdauern:

Versuchspersonen	Aufnahmejahr	Gesamtdauer in Sekunden	Zahl der Hauptatemzüge
393 Bühnensänger I. Kraft	1922	38	4
		39	4
		40 ¹ / ₂	4
		42	4
289 Bühnensänger (mit mittelstarker Stimme)	1912	32	4
	1921	32 ¹ / ₂	4
		35 ¹ / ₂	4
809 Bühnen- und Konzertsänger	1921	36 ¹ / ₂	4
		34	4
		34 ¹ / ₅	4
2000 Bühnensänger	1921	29	4
		28	4
1 Bühnensänger I. Kraft	1921	30	4
		34	4
		34	4
		35	4
		35 ¹ / ₅	4
603 Konzertsänger	1912	41	7
92 Bühnensänger (Anfänger)	1921	42 ¹ / ₂	8
		44	8
	Derselbe, schlecht disponiert, forte	1921	46
902 Schüler	1912	47	8
		48 ¹ / ₂	8
90 Bühnensänger (unbedeutend)	1910	35	7
481 Guter Dilettant (hochgeschraubter Bariton)	1921	46 ¹ / ₂	4
		48	4

Arie a. Ezio (Händel).

Allegro moderato (♩ = 84)

E con l'au-re di-for-tu-na giungei re-gni-a do-mi-nar-

Ah 1 2 3 4 5

Abb. 50.

Die Stelle aus der Ezio-Arie, Abb. 50, für Bariton und Baß beansprucht 23 Sekunden. Die Ausmessung der Pneumogramme ergibt folgende wirkliche Zeitdauern:

Versuchspersonen	Aufnahmejahr	Gesamtdauer in Sekunden	Zahl der Hauptatemzüge
471 Bühnensänger	1921	24	6
I. Kraft, Bariton	1921	24	6
715 Bühnensänger	1921 1. Serie	20	5
I. Kraft, Bariton		20 ¹ / ₂	5
	2. „	22 ¹ / ₂	5
		23	5
		24	5
61 Bühnensänger	1921	20	5
Bariton (mäßig)		21 ¹ / ₃	5
503 Konzertsänger			
Baß (mäßig)	1921	31 ¹ / ₂	7
460 Guter Dilettant	1921	33	5
Baß		33	5
807 Bühnensänger	1921 1. Serie	28	4
I. Kraft, Bariton		28	4
(leicht mit mittel-		28	4
starker Stimme,	1921 2. „	23 ¹ / ₂	2
sehr lyrisch)		24	2
		24 ¹ / ₂	2
		25	2

Aus obigen Zahlen ergibt sich zunächst, daß die theoretisch aus den Tempoangaben berechnete Zeit von den Sängern und Sängerinnen teilweise annähernd erreicht, oft jedoch beträchtlich überschritten wurde, und zwar am meisten von Dilettanten. Nur ganz selten wurde sie nicht ausgenutzt. Die Güte der Ausbildung zeigt sich auch hierbei, denn je besser dieselbe ist (soweit sich das aus der phonetischen Untersuchung und aus bisherigen anerkannten Leistungen erschließen läßt), desto mehr nähert sich der Wert der tatsächlich gemessenen Singzeit jenem, der theoretisch berechnet worden ist. Ferner ist zu erwähnen, daß namentlich von gut ausgebildeten und erfahrenen Sängern bei mehrmaligen Aufnahmen die Zeit meist annähernd, nicht selten auf die Sekunde gleich eingehalten wurde, was bei Anfängern, z. B. Nr. 92 Tenor, Nr. 902 Tenor, Nr. 79 Alt, Nr. 602 Sopran, Nr. 448 Sopran nicht der Fall ist. Die 4 Aufnahmen von Tenor Nr. 92 lehren ferner auch, daß die Singzeit bei gleicher Atmungszahl länger wird, wenn der Sänger schlecht disponiert ist: 46 und 47 Sekunden gegen 42¹/₂ und 44 Sekunden bei guter Disposition. Die Zahl der Einatmungen findet sich in den Zusammenstellungen in der letzten Spalte. Je mehr Atemzüge notwendig wurden, desto weniger gut war im allgemeinen die Leistung. Dabei ist zunächst nur von Hauptatemzügen die Rede, d. h. von jenen Inspirationen, die an Brust- und Bauchkurve gleichzeitig sichtbar wurden und eine gewisse Tiefe erreichten, im Gegensatz zu kurzen und kleinen Inspirationszacken, den Nebenatmungen, die nur an einer Kurve hervortraten.

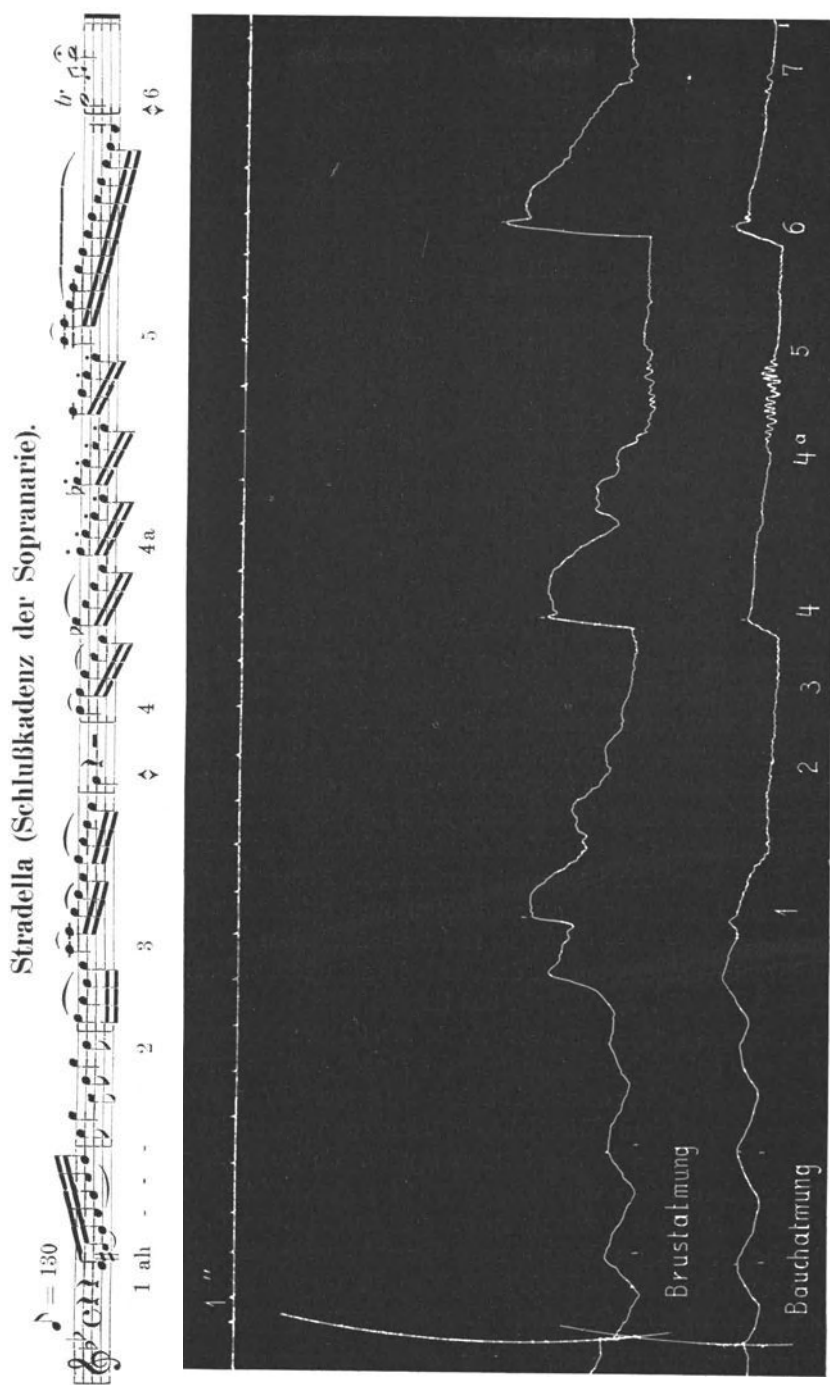
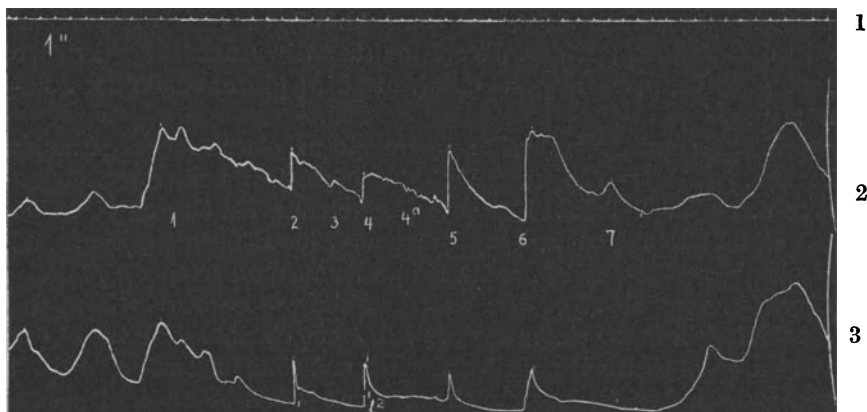


Abb. 51. Pneumogramm der Stradellakadenz (Konzertsängerin Nr. 140, Tabelle 11) gute Kurven, zuerst drei Ruheatmungen und ein vorbereitender Atemzug. 1. Zeitschreibung; 1 Sek. 2. Brustatmung. 3. Bauchatmung.
(Die Zahlen 1-7 entsprechen jenen unter dem Notenbeispiel.)

Die Zahl der Hauptatemzüge steht im allgemeinen in einem direkten Verhältnis zu der verbrauchten Gesamtzeit, je häufiger einatmet wurde, desto länger wurde jene. Die Häufigkeit der Einatmungen ist abhängig von den Anforderungen der musikalischen Komposition an die Stimme und von deren technischer Ausbildung. Vielfach sind die Einatmungen vorausbestimmt durch die musikalische Zäsur, die, wie oben schon erwähnt, teils durch vorgeschriebene Pausen, teils durch die melodische Einteilung der musikalischen Phrase gegeben ist. In den Notenbeispielen sind diese Stellen durch einen Doppel-



2 Ruheatmungen

Abb. 52. Pneumogramm der Stradellakadenz (Opernsängerin Nr. 602, Tabelle 11), schlechte Kurven.

1. Zeitschreibung: 1 Sek. 2. Brustatmung. 3. Bauchatmung.

pfeil angemerkt (natürlich nicht in jenen Exemplaren, die den Versuchspersonen zum Einüben gegeben wurden). Wenn ein Sänger diese musikalische Zäsur nicht berücksichtigt, so darf man das als ein Zeichen ungenügender Schulung ansehen.

In der Stradellakadenz finden sich zwei derartige Zäsuren, die eine bei der Pause im 4. Takt, die zweite vor dem Triller. Demnach genügen für eine ausgebildete Sängerin drei Atemzüge, zwei davon wurden von den ersten 5 Sängerinnen Nr. 433, 27, 140, 240, 347 der obigen Zusammenstellung auch an der richtigen Stelle eingeschoben (Abb. 51). Reicht aber die Atemtechnik hierfür nicht aus, so ist die Sängerin z. B. 448 gezwungen, noch einen vierten Atemzug einzuschieben, was vor dem dritten Akt (bei 2 des Notenbeispiels) geschieht. Das gleiche tut die im Koloraturgesang gänzlich ungeschulte Sängerin Nr. 602, und sie ist weiter genötigt, vor dem hohen c^3 (bei 5) zum fünftenmal einzuatmen (Abb. 52). Nicht genug mit diesen 5 Hauptatmungen finden wir in den Kurven der beiden letzten Fälle (448 und 602 und

ferner bei Nr. 140, aber nur in der Ausbildungszeit 1911 (später 1921 nicht mehr), inspiratorische steile kurze Erhebungen der Brust: Nebenatmungen an typischen Stellen, nämlich vor hohen Tönen, also (bei 3) vor dem a^2 , ferner sogar (zwischen 5 und 6) vor dem Lauf und am Schluß nach dem Triller vor dem b^2 (bei 7), letzteres auch an den drei Kurven der bühnensicheren Sängerin Nr. 433. Die Betrachtung der Pneumogramme der Stradellakadenz in bezug auf die Häufigkeit und die Stellung der Einatmungen ergibt also: Einhalten der zwei musikalischen Zäsuren bei allen Versuchspersonen, daneben Einschieben von ein bis zwei Atemzügen vor hohen Tönen (a^2 und c^3) und von kleinen Hilfsatemzügen ebenfalls vor solchen (a^2 b^2 c^2), vor dem längeren Lauf oder dem Trillernachschlag. Je schlechter die Ausbildung, desto mehr Unterbrechungen erleidet die phonatorische Ausatmung.

Die Deborahkadenz sollte eigentlich in einem Atem gesungen werden, jedoch ist eine musikalische Zäsur möglich, und zwar zwischen dem 4. und 5. Volltakt. Nur zwei Sängerinnen, Nr. 58 und 604, sind mit einem tiefen Atemzug ausgekommen. Eine Bühnensängerin (1019) brauchte zwei Atemzüge, wenn sie gut, und drei, wenn sie schlecht disponiert war (Abb. 53). Im ersteren Falle wurde an der Stelle der musikalischen Zäsur eingatmet, in letzterem einmal schon vor a^1 des vierten, sonst ebenfalls zwischen viertem und fünftem Takt, aber dann nochmals vor dem cis^1 des sechsten oder dem a^1 des siebten oder sogar dem f^1 des achten Taktes. Ebenfalls 3 Atemzüge brauchte die Konzertsängerin Nr. 55. Sie machte aber den musikalischen Fehler, dieselben im 3. und 6. Takt am Ende vor cis^1 und vor d^1 anzubringen. Am schlechtesten schneidet die Altistin Nr. 79 ab, die aber zugab, die Kadenz nicht ordentlich studiert zu haben. Sie brauchte vier Atemzüge, also drei Hilfsatmungen, die sie vor dem h^1 des 3. Taktes, vor dem h^1 des 6. Taktes und vor dem 8. Takt einschob. Die Betrachtung der Deborahkadenz-Aufnahmen in bezug auf Häufigkeit und Stellung der Einatmungen ergibt also: bei guten Sängerinnen Haushalten mit einem Atemzug oder wenigstens mit zweien unter Berücksichtigung der möglichen musikalischen Zäsur, bei schlechten Sängerinnen: Einschieben von ein bis drei Hilfsatmungen, gewöhnlich vor verhältnismäßig hohen oder tiefen Tönen ohne Berücksichtigung der musikalischen Zäsur, bei Indisposition: Unregelmäßigkeit in bezug auf Ort bzw. Zeit der Hilfseinatmungen.

Die Stelle aus der Bachkantate Nr. 85 (Tenorarie) enthält drei musikalische Zäsuren, nämlich im 4. Takt (bei 4) nach „Hut“, im 6. Takt (an schwieriger Stelle bei 6) vor „mein“, also vor dem Sprung zum hohen g^1 auf den Doppellaut ei und schließlich im 9. Takt (bei 8) vor „die“. Diese Zäsuren sind von den 5 guten Bühnensängern Nr. 1, 289,

Deborah (Händel) Kadenz der Altarie.

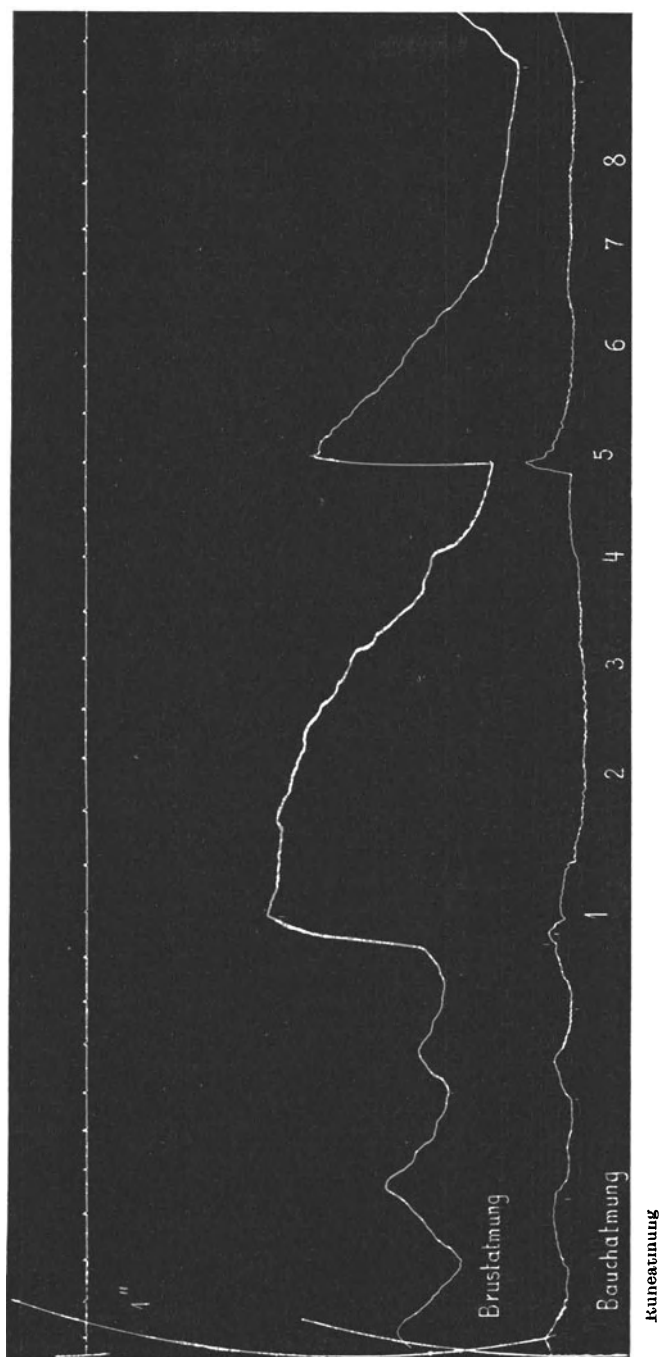
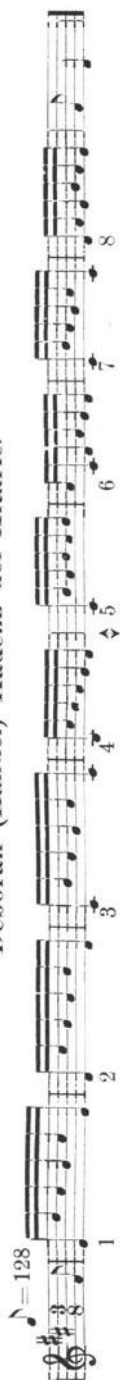
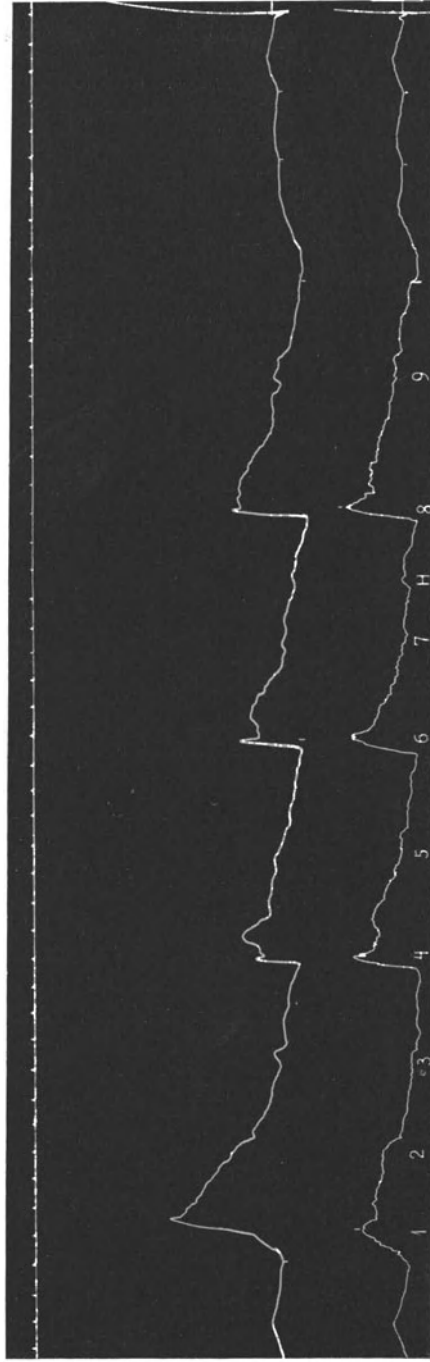


Abb. 53. Pneumogramm der Deborahkadenz (Opernsängerin Nr. 1019, Tabelle 12), mäßig gute Kurven.
 1. Zeitschreibung: 1 Sek. 2. Brustatmung. 3. Bauchatmung.

Bach: Kantate Nr. 85 (a. d. Tenorarie).

♩ = 70

Mein Je-sus hält in zar-ter Hut die Sei-nen fe-ste ein-ge-schlo-sen, mein Je-sus hält in zar-ter Hut die Sei-nen fe-ste ein-geschlo-sen.



Ruhe

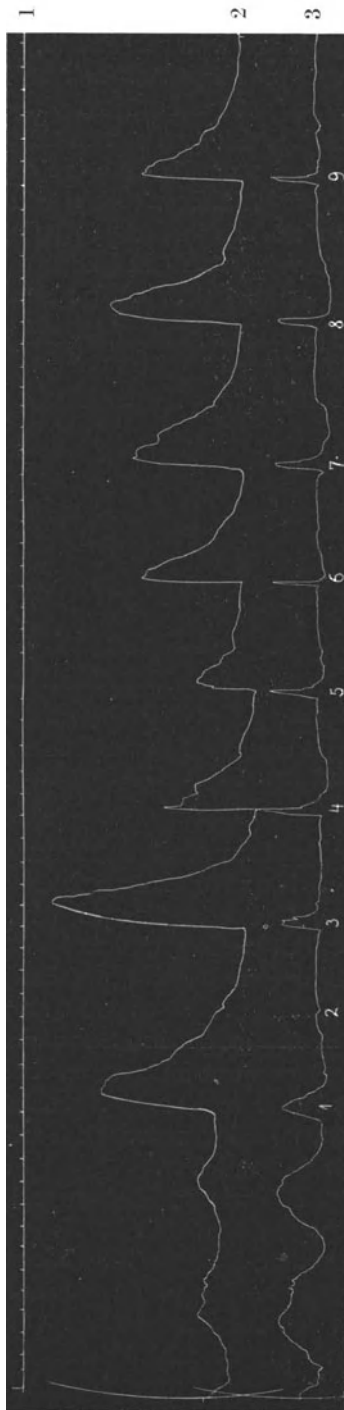
Ruhe

Abb. 54. Pneumogramm aus der Bachkantate (Opern- und Konzertsänger Nr. 809, Tabelle 13), gute Kurven.
 1. Zeitschreibung: 1 Sek. 2. Brustatmung. 3. Bauchatmung.

Bach: Kantate Nr. 85 (a. d. Tenorarie).

♩ = 70

Mein Je-sus hält in zar-ter Hut die Sei-nen fe- - ste ein-ge-chlos-sen, mein Je-sus hält in zar-ter Hut die Sei-nen fe- - ste ein-ge-chlossen.



Ruheatmung

Abb. 55. Pneumogramm aus der Bachkantatae (Opernsänger, Anfänger Nr. 92, Tabelle 13), schlechte Kurven.
1. Zeitschreibung; 1 Sek. 2. Brustatmung. 3. Bauchatmung.

393, 809, 2000, sowie von dem sehr musikalischen Dilettanten 481 (der aber zu langsam sang) richtig zum Einatmen benutzt worden (Abb. 54). Dieweniger guten Sänger 90 und 603 kamen aber mit den vier Atemzügen nicht aus, sondern brauchten im ganzen sieben, schoben also noch drei Einatmungen ein, und zwar die erste vor das g^1 des 3. Taktes (bei 3), die zweite beim b des 7. Taktes (bei 7) und die dritte vor dem f des 10. Taktes (bei 9). Die musikalischen Zäsuren blieben gewahrt. Letzteres geschah auch von seiten der beiden schlechtesten Sänger Nr. 92 und 902, die im ganzen acht Atemzüge brauchten, weil sie abgesehen

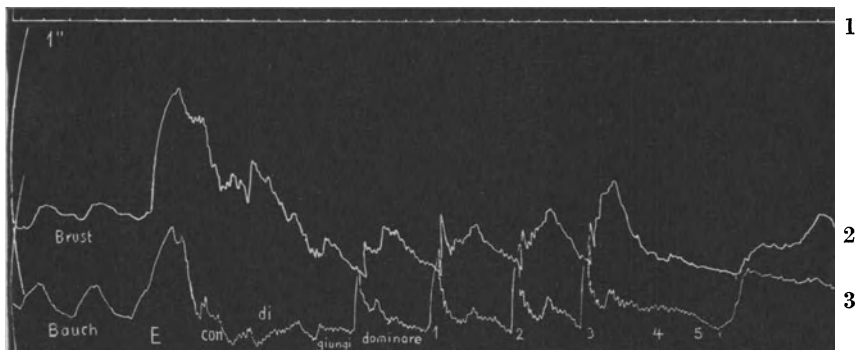


Abb. 56. Pneumogramm aus der Ezioarie (Opernsänger, Anfänger Nr. 61, Tabelle 14). Zuerst zwei Ruheatmungen, beim Singen Tremolierkurven.
1. Zeitschreibung: 1 Sek. 2. Brustatmung. 3. Bauchatmung.

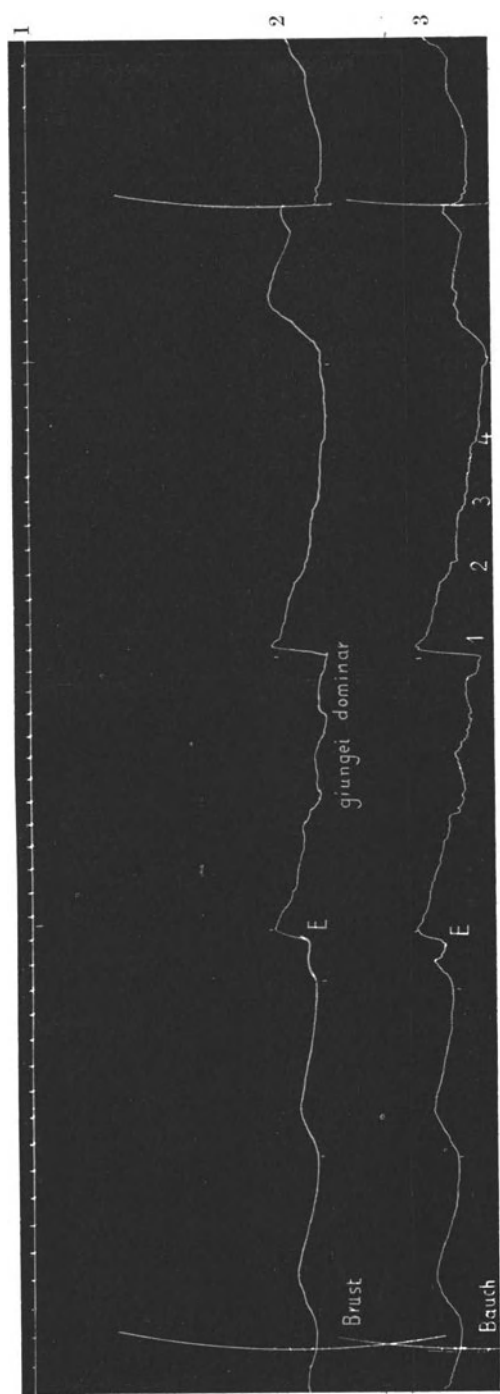
von den schon beschriebenen drei Hilfsatmungen noch eine vierte in die Mitte des 5. Taktes bei dem Wort „eingeschlossen“ (5) einschoben (Abb. 55). Daß durch solche Zwischenatmungen die Melodieführung zerrissen und der Bachsche Stil zerstört wird, sei hier nur angedeutet. Die Betrachtung der Pneumogramme der Bachkantate in bezug auf Häufigkeit und Stellung der Einatmungen ergibt also: Einhalten der musikalischen Zäsuren bei allen Sängern, ausschließliche Benutzung derselben zum Einatmen bei guten Sängern. Einschleichen von drei oder sogar vier Zwischenatmungen bei schlechten Sängern an Stellen, wo das zwar technisch möglich ist, wodurch aber die musikalische Phrasierung leidet.

Die Stelle der Ezioarie für Bariton und Baß enthält im Text vor dem 3. Takt (giungei) eine und in der Koloraturphrase drei, hier durch Pausen angedeutete, musikalische Zäsuren. Sie kann also in fünf Atemzügen gesungen werden. Das wurde von dem Bühnensänger Nr. 61 und dem Dilettanten Nr. 460 durchgeführt (Abb. 56). Der (berühmte) Bühnensänger Nr. 807 kam sogar mit vier Atemzügen aus und konnte bei

Arie a. Ezio (Händel).

Allegro moderato (♩ = 84)

E con l'au-re di - for - tu - na giun-gei re-gna do-mi-nar. 1 2 3 4 5



2 Ruheatmungen.

Abb. 57. Pneumogramm aus der Ezioarie (weltberühmter Opernsänger Nr. 807, Tabelle 14), gute Kurven, Sehr lyrisch und ziemlich piano gesungen. 1. Zeitschreibung: 1 Sek. 2. Brustatmung, 3. Bauchatmung. (Dr. SCHIFFER.)

Arie a. Ezio (Händel).

Allegro moderato (♩ = 84)

1

2

3

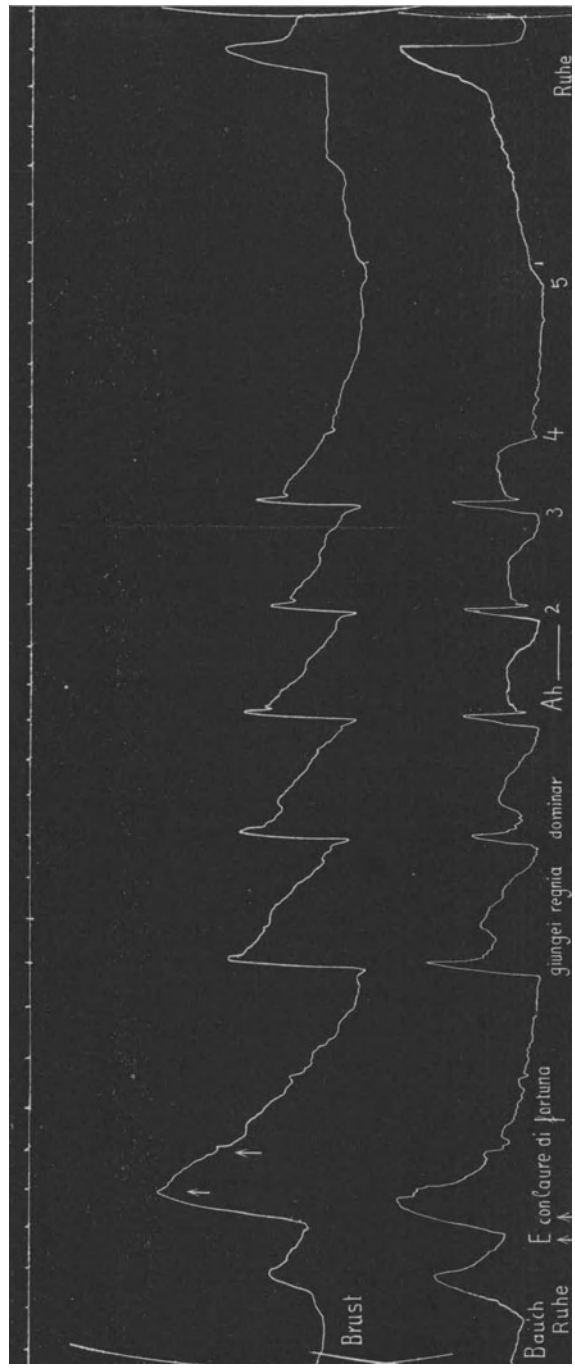


Abb. 58. Pneumogramm aus der Ezioarie. (Opernsänger Nr. 471, Tabelle 14.)

(Mit stark dramatischem Akzent gesungen.)

1 Zeitschreibung; 2 Brustatmung; 3 Bauchatmung.

mittelstarker Stimmgebung die ganze Koloraturstelle auch in einem Atem bewältigen, wodurch er auf nur zwei Atemzüge kam, allerdings fehlte dann jeder dramatische Akzent im Vortrag (vergleiche Tabelle 14, Abb. 57). Der Bühnensänger 471, der mit starken dramatischen Akzenten, und zwar sehr gut sang, mußte vor dem vierten Takt (dominante) beim Sprung zum hohen e^1 noch eine Hilfsatmung einfügen (Abb. 58). Der Konzertsänger 503 brauchte sogar sieben Atemzüge, weil er die Koloraturphrase am Schluß vor dem d^1 des 7. Taktes (bei 4) durch eine Hilfsatmung unterbrach, die hier nicht am Platze ist. Dieser Sänger brauchte im 3. und 4. Takt sowie bei den Koloraturstellen noch Nebenatmungen. Die Betrachtung der Pneumogramme der Ezioarie in bezug auf Häufigkeit und Stellung der Einatmungen ergibt also: Einhalten der musikalischen Zäsuren zur Einatmung bei allen Sängern, Einschieben von Hilfsatmungen vor dem hohen e^1 und einmal an unpassender Stelle in der Koloraturphrase durch einen Sänger, dem die Arie überhaupt nicht lag, als entgegengesetztes Extrem den Fall Nr. 807 mit außergewöhnlich langem Atem.

Es war zu erwarten, daß der Singatemtypus an Brust- und Bauchkurve gewisse Veränderungen zeigen werde, je nach der Atmungsart der Versuchspersonen und den Schwierigkeiten der Aufgabe (Tonhöhe, Intervallgröße, Koloraturfiguren). Dadurch hervorgerufene Unterschiede zwischen den verschiedenen Pneumogrammen dieser Versuchreihe wären zum Teil aus einer vergleichenden Betrachtung aller Aufnahmen zu erschließen. Man darf aber nicht vergessen, daß die einzelnen Aufnahmen immer nur für sich allein gelten und nicht ohne weiteres mit anderen verglichen werden dürfen, da sowohl die Aufnahmegeschwindigkeit und damit die Steilheit der Kurven sowie auch vor allem die absolute Höhe der Hebelausschläge während der Ruheatmung vom Apparat abhängen und nicht immer die gleichen sein konnten. Überdies ist es nicht gut möglich, sämtliche 88 pneumographischen Aufnahmen von 29 Versuchspersonen nebeneinander abzubilden. Deshalb schien eine Zusammenstellung der aus den Kurven rechnerisch gewonnenen relativen Werte in Tabellenform geeigneter, um die Ergebnisse dieser Untersuchungen einigermaßen zu veranschaulichen. Die Forderung, die Singatemkurven zahlenmäßig wiederum nur in ihrem Verhältnis zur Ruheatemkurve wiederzugeben, begegnete hier einigen Schwierigkeiten. Die Art der Versuchsanordnung erschwert nämlich ganz wesentlich das Zustandekommen einer unbeeinflussten Ruhekurve, weil die Sänger ja vorher wußten, daß sie eine bestimmte Reihe von Takten singen müßten; meistens hatten sie auch die Noten vor Augen. Sie erwarteten also stets mit einer gewissen Aufmerksamkeit oder Spannung den Augenblick, in dem sie anfangen sollten. Die Ruhekurve mußte daher zunächst die Merkmale der Kon-

zentration intellektueller Aufmerksamkeit aufweisen, nämlich Abflachung der thorakalen Kurve und Verlängerung der Ausatemungszeit, bisweilen sogar Atmungsstillstand (ZONEFF und MEUMANN). Das trat auch vielfach tatsächlich ein. Um den anfänglichen Einfluß der Aufmerksamkeit einigermaßen auszuschalten, wurde meist längere Zeit vor der Aufnahme gewartet, bis die Atmung ruhig und gleichmäßig geworden war, und dann erst das Kymographion in Gang gesetzt. In dieser Zeitspanne gelang die Ablenkung der Versuchspersonen durch allerlei nebensächliche Bemerkungen des Versuchsleiters, z. B. sie möchten sich noch einige Augenblicke bis zum Singen gedulden, da eine kleine Umstellung der Apparate oder der Beleuchtung oder ähnliches vorher noch schnell vorgenommen werden müsse. So konnten Ruhekurven gewonnen werden, deren Werte als Grundlage für die weitere Berechnung dienten. Aber diese Werte entsprachen trotz allem nicht immer einer ganz unbeeinflussten Ruheatmung. Daher kommt es, daß in einigen Fällen die relativen Werte der Singatemkurve vielleicht nicht ganz zu dem Kurvenbild passen. Bei ihrer Berechnung waren eben die Nenner (Ruhewerte) für die Ausatmung zu groß, für die Atemhöhe (namentlich die thorakale) zu klein. Die Ausatemungsdauern erscheinen dann relativ zu kurz, die Atemhöhen etwas übertrieben. In fast allen Fällen durften ferner die ein bis zwei letzten Atemzüge vor dem Singen nicht mehr zur Berechnung der Ruhewerte benutzt werden, weil die Sänger in diesem Augenblicke ja schon wußten, daß sie jetzt anfangen sollten und weil sie bisweilen sogar den ersten Ton, den man ihnen oft angeben mußte, probeweise vorher intoniert haben.

Um die folgenden Tabellen zu verstehen, erinnere man sich nochmals, daß die Zahlen für Atmungsdauer, Höhe und mittlere Geschwindigkeit jeweils das Vielfache der Werte der Ruheatmung anzeigen mit Ausnahme des (absoluten) Respirationsquotienten $J : E$, der das jeweilige Verhältnis von Ein- und Ausatemungsdauer ausdrückt. Finden wir also für die Respirationsdauer inspiratorisch $J = 0,2$, expiratorisch $E = 10$, so bedeutet das: Es wurde viel schneller (nämlich in $\frac{1}{5}$ der Zeit) eingeatmet als während der Ruhe und zehnmal so langsam ausgeatmet. Durch diese zahlenmäßige Darstellungsweise können aber individuelle Verschiedenheiten in der Form der einzelnen namentlich expiratorischen Kurven nicht ausgedrückt werden, weshalb in der letzten Spalte der Tabellen Anmerkungen über das Auftreten von Einstell- und Stützbewegungen und über den ruhigen oder unruhigen, mehr oder minder steilen Ablauf der expiratorischen (Singatem-) Kurven beigefügt sind. Die auffallende Ähnlichkeit der Kurven von mehreren Aufnahmen derselben Versuchspersonen erlaubte bei annähernd gleicher Gesamtdauer Durchschnittszahlen aus zwei bis vier Pneumogrammen in die Tabellen aufzunehmen, das um so mehr, als auch

die aus den einzelnen Aufnahmen errechneten Werte annähernd unter sich gleich waren. Wo aber auffälligere Abweichungen vorkamen, ließen sich dafür Ursachen nachweisen, auf die wir am Schlusse noch zurückkommen werden, nämlich Ausbildungs- und Dispositionsunterschiede.

Relative Dauer der Ein- und Ausatmung. Betrachten wir nunmehr zunächst die relative Dauer der Ein- und Ausatmung, so springt eine Erscheinung vor allem in die Augen, nämlich daß die erste Einatmung vor dem Singen stets wesentlich länger ist als alle anderen Einatmungen, die zwischen hinein erfolgen. Die Werte für die erste Einatmung nähern sich häufig dem Ruhewert und erreichen, ja überschreiten ihn nicht selten, während die Dauer der folgenden Einatmungen durchschnittlich unter der Hälfte des Ruhewertes bleibt. Mit anderen Worten, vor Beginn des Singens hat der Sänger Zeit, in aller Ruhe tief einzuatmen, und er macht davon bewußt Gebrauch. Das drückt sich auch darin aus, daß die Werte für die Brustatmung beim ersten Atemzug recht oft wesentlich größer sind als für die Bauchatmung. Die Brustatmungsbewegung ist eben, wie schon mehrfach erwähnt, dem Einfluß der Beobachtung und des Willens mehr unterworfen als die Bauchatmung. Eine andere Frage ist es, ob — gleiche Anzahl von Atemzügen vorausgesetzt — das Überschreiten der durchschnittlichen Singdauer auf eine im allgemeinen langsamere Singatmung zurückführbar sei oder ob nur die phonatorischen Ausatmungszeiten dabei verlängert seien. Zur Entscheidung dieser Frage reicht m. E. das Material obiger Tabellen nicht aus, weil zu wenig zueinander passende Vergleichsfälle (mit gleicher Atmungszahl) vorhanden sind. Immerhin zeigte bisher der Vergleich besonders langsamer Sänger mit solchen, welche die theoretisch festgelegte Singdauer ungefähr einhalten, daß gewöhnlich die Einatmungszeiten bei beiden annähernd gleich sind, wogegen die phonatorischen Ausatmungszeiten bei den langsamen Sängern alle, und zwar ziemlich gleichmäßig verlängert waren. Das ließ sich beim Vergleich der absoluten (in den Tabellen nicht enthaltenen) Zahlen des Tenors Nr. 481 und des Basses Nr. 460 mit dem Durchschnitt des Normalen feststellen. Von den Sopranistinnen atmete diejenige mit der längsten Singdauer überhaupt langsamer, nicht nur phonatorisch, sondern auch inspiratorisch (Nr. 347).

Im Verhältnis zur Gesamtdauer wurde vom Sopran bei der Stradellakadenz (Tabelle 11) für den mittleren Teil gewöhnlich am meisten Zeit verbraucht, seltener für den ersten Teil bis zur Pause, die kleinste Zeit fällt auf den Triller mit der Schlußfigur, wenn es sich nämlich um die typischen drei Atemzüge handelt. Die wenigen Aufnahmen der Deborahkadenz für Altistinnen ergaben keine Unterschiede in der phonatorischen Ausatmung, die in irgendein Verhältnis zur musika-

Tabelle 11.

Sopran, Stradellakadenz.

Durchschnittswerte der Atemkurven während des Singens im Verhältnis zur Ruhekurve.

Versuchsperson	Zahl der Atemzüge	Relative Dauer		Relative Höhe		Relative mittlere Geschwindigkeit		Absoluter Respi-rations-Quotient	Musikalisches	Bemerkungen
		J	E	J	E	J	E			
433 Opernsängerin, erste Kraft	I	Brust	0,9	4,0	3,7	3,5	4,4	0,9	Anfang bis zur Pause Bis zum Ende des Laufs nach dem hohen c ³ Triller und Schlußfermate	Durchschnitt aus vier Aufnahmen. Bauchatmung. Bruststütze. Staccati in Brust und Bauchkurve, Triller in Bauchkurve sichtbar. Ruhige Kurven.
		Bauch	0,5	4,3	0,8	2,5	2,2	0,6		
	II	Brust	0,5	5,0	5,0	5,0	10,3	1,0		
		Bauch	0,4	5,0	4,0	2,7	7,4	0,5		
	III	Brust	0,6	3,4	8,0	3,0	9,4	0,9		
		Bauch	0,5	3,4	2,7	2,0	6,1	0,6		
27 Bühnen- u. Konzert- sängerin	I	Brust	1,0	2,7	3,7	4,3	3,6	1,4	Anfang bis zur Pause Bis zum Ende des Laufs nach dem hohen c ³ Triller auf f ² und Schlußfermate	Durchschnitt aus zwei einander analogen Aufnahmen von 1911 bis 1921. An der Bauchkurve Einstellbewegungen und deutliche Stöße bei den zwölf Staccatotönen. Ziemlich forte und leicht.
		Bauch	1,0	2,8	2,2	2,6	2,2	0,9		
	II	Brust	0,4	3,1	3,1	4,6	10,4	1,5		
		Bauch	0,4	3,1	3,1	2,7	7,3	0,8		
	III	Brust	0,4	2,4	2,4	3,7	9,0	1,6		
		Bauch	0,3	2,8	2,8	2,5	8,4	0,9		
140 Konzert- sängerin Abb. 49	I	Brust	1,0	5,6	5,8	5,3	6,0	0,9	Anfang bis zur Pause Bis zum Ende des Laufs nach dem hohen c ³ Triller und Schlußfermate	Durchschnitt aus sieben Aufnahmen von 1911 bis 1921, die sehr ähnlich sind. Brustatmung vorwiegend. Staccati 1911 mehr an der Brustkurve, 1921 mehr an der Bauchkurve. Forte u. akzentuiert.
		Bauch	0,7	5,6	2,2	2,1	4,0	0,4		
	II	Brust	0,4	7,0	4,0	4,7	12,2	0,7		
		Bauch	0,4	7,0	1,8	2,2	4,2	0,3		
	III	Brust	0,4	4,6	4,8	4,4	10,7	0,9		
		Bauch	0,5	4,4	1,9	1,7	4,1	0,4		

347 Opern- sängerin	I	Brust Bauch	0,6 0,7	3,9 3,8	2,3 2,0	3,5 4,0	3,9 3,0	0,9 1,0	0,08 0,09	Anfang bis zur Pause	Eine Aufnahme 1911. Bauchatmung etwas vorwiegend. Staccati in beiden Kurven deutlich. Triller mit etwas Baucheinziehung. mzforte akzentuiert.
	II	Brust Bauch	0,9 1,0	3,4 3,3	3,0 6,1	3,0 7,0	3,2 6,2	0,9 2,1	0,1 0,1	Bis zum Ende des Laufs nach dem hohen c ³ Triller und Schlußfermate	
	III	Brust Bauch	1,2 0,8	2,8 3,1	4,5 4,3	4,3 4,6	3,7 5,2	1,5 1,6	0,2 0,15		
763 Bühnen- sängerin Anfängerin	I	Brust Bauch	0,8 0,7	3,8 3,6	3,6 1,5	3,3 1,7	3,0 2,2	1,1 0,6	0,11 0,09	Anfang bis zur Pause	Durchschnitt aus drei Aufnahmen. Etwas zu leise. Überwiegend Brustatmung, ruhige Kurven. Staccati kaum sichtbar, besser der Trillernachschlag.
	II	Brust Bauch	0,5 0,5	3,4 3,3	3,1 1,7	3,9 1,7	6,8 3,6	1,1 0,5	0,08 0,07	Bis zum Ende des Laufs nach dem hohen c ³ Triller und Schlußfermate	
	III	Brust Bauch	0,5 0,4	2,1 2,1	3,3 1,3	2,9 1,3	6,9 3,8	1,4 0,7	0,12 0,09		
448 Konzert- sängerin mäßig	I	Brust Bauch	2,0 0,6	3,0 3,9	5,1 1,1	7,6 1,8	3,7 1,1	2,7 0,5	0,4 0,08	Anfang bis zum c ³ der ersten Figur (Anfang)	Durchschnitt aus drei Aufnahmen 1921. Brustatmung überwiegt fast ganz. Staccati undeutlich. Fig. im 3. Taktu. Trillernachschlag mit deutlicher Hilfsatmung der Brust. Bauchatmung fast = 0!
	II	Brust Bauch	0,6 0,6	3,0 3,6	6,3 1,5	7,3 1,4	11,5 2,7	2,3 0,4	0,09 0,09	Erste Figur bis Pause	
	III	Brust Bauch	1,0 0,8	3,5 5,9	10,4 2,1	10,3 2,1	10,8 1,7	3,0 0,4	0,1 0,06	Bis zum Ende des Laufs nach dem hohen c ³ Triller und Schlußfermate	
	IV	Brust Bauch	0,6 0,5	4,3 4,8	6,9 1,3	6,6 1,5	14,0 1,9	1,7 0,3	0,11 0,05		
602 Opern- sängerin schlecht Abb. 50	I	Brust Bauch	0,7 0,5	2,0 2,2	5,3 2,6	3,2 2,7	7,5 5,4	1,6 1,4	0,2 0,2	Anfang bis zum c ³ der ersten Figur	Keine Koloraturstimme. Durchschnitt aus drei Aufnahmen, die ziemlich ungleich sind, weshalb der rechnerische Durchschnitt eigentlich kaum berechtigt wäre. Steile Baucheinstellbewegungen, fast nur Brusthochatmung. Staccati nur in der Brustkurve.
	II	Brust Bauch	0,4 0,1	1,5 1,5	2,0 1,8	3,5 1,9	10,0 11,3	2,3 1,3	0,14 0,06	Erste Figur (III. Takt) bis zur Pause	
	III	Brust Bauch	0,2 0,3	2,0 1,9	1,6 3,0	2,6 2,6	7,0 7,6	1,3 1,3	0,08 0,09	Von der Pause bis zum c ³ (staccati)	
	IV	Brust Bauch	0,3 0,2	1,7 1,7	5,4 2,8	5,7 8,0	19,1 11,9	3,5 1,8	0,08 0,09	c ³ und absteigender Lauf	
	V	Brust Bauch	0,4 0,4	2,5 2,5	6,8 4,2	6,0 4,2	13,0 12,0	2,4 1,6	0,06 0,08	Triller und Schlußfermate	

Tabelle 12.
Alt, Deborakadenz.
 Durchschnittswerte der Atemkurven während des Singens im Verhältnis zur Ruhelkurve.

Versuchsperson	Zahl der Atemzüge	Relative Dauer		Relative Höhe		Relative Geschwindigkeit		Absoluter Respi-rations-quotient	Musikalisches	Bemerkungen	
		J	E	J	E	J	E				
1019 Opernsängerin Abb. 51 mäßig	I	Brust	0,8	5,8	2,8	4,3	3,6	0,6	0,1	Erster mit vierstem Takt	Durchschnitt aus drei Aufnahmen 1921, gut disponiert, fast nur Brustatmung. Baucheinstellbewegungen und Baucheinziehung. Ebenso, schlecht disponiert. Überwiegend Brustatmung. Bauch-einstellbewegungen. II. Brust-atmung sehr steil abfallend.
		Bauch	0,6	4,7	0,8	1,4	0,9	0,3			
	II	Brust	0,3	4,7	2,3	3,2	8,0	0,6	0,07	Fünfter Takt mit Schluß	
		Bauch	0,2	3,9	1,4	1,4	3,2	0,5			
	I	Brust	1,4	3,6	4,6	7,7	3,2	2,0	0,2	Erster mit vierstem Takt	
		Bauch	1,0	3,8	1,0	1,9	1,0	0,5			
II	Brust	0,3	2,3	3,8	5,4	13,2	2,2	0,07	Fünfter mit siebentem Takt.		
	Bauch	0,4	2,2	1,6	1,8	3,8	0,8				
III	Brust	0,3	1,9	1,5	1,9	3,8	0,9	0,08	Achter Takt		
	Bauch	0,3	1,9	0,9	1,0	3,2	0,5				
55 Konzert-sängerin mäßig	I	Brust	0,3	3,1	1,8	2,2	6,3	0,7	0,07	Erster mit drittem Takt	Durchschnitt aus zwei Aufnahmen 1921. Baucheinstellbewegungen. Bruststütze. Geringe Atem-tiefe.
		Bauch	0,4	2,9	1,3	1,7	3,7	0,6			
	II	Brust	0,3	2,6	0,5	0,7	1,6	0,3	0,08	Letzte Note des dritten Takts bis sechster Takt	
		Bauch	0,2	2,6	1,0	1,0	5,1	0,4			
	III	Brust	0,2	2,8	0,7	0,6	4,1	0,2	0,05	Letzte Note des sechsten Takts mit Schluß	
		Bauch	0,3	2,8	1,4	1,3	4,8	0,4			
58 Schülerin	I!	Brust	1,4	8,6	7,0	12,8	4,8	1,5	0,09	In einem Atem alles	Durchschnitt aus vier Aufnahmen 1911. Bauchstütze vom sechsten Takt an. Brustkurve in Treppen-form (8).
		Bauch	1,2	8,1	3,7	6,4	4,4	0,8			

79 Konzert- sängerin	I	Brust Bauch	1,0 0,6	6,7 7,2	4,4 1,5	5,6 2,8	4,7 2,4	0,8 0,4	0,15 0,07	Erster und zweiter Takt.	Durchschnitt aus zwei Aufnahmen 1921. Schlecht gelernt, zu lang- sam. Starke Baucheinstellbewe- gungen. Baucheinziehung und Bauchstütze. Fast nur Brust- atmung. Stillos.
III	III	Brust Bauch	0,3 0,3	7,2 7,2	2,3 2,1	2,6 2,5	7,2 5,6	0,3 0,3	0,04 0,04	Fünfter und sechster Takt	

Tabelle 13.

Tenor, Bachkantate.

Durchschnittswerte der Atemkurven während des Singens im Verhältnis zur Ruhekurve.

Versuchs- person	Zahl der Atem- züge	Relative Dauer		Relative Höhe		Relative mittlere Geschwin- digkeit		Absoluter Respi- rations- quotient	Musikalischer Text	Bemerkungen
		J	E	J	E	J	E			
393 Opern- sänger erster Größe	I	Brust	0,6	8,0	7,4	8,1	13,6	1,0	0,06	Durchschnitt aus vier Aufnahmen. Ruhige, nicht steile Kurven. Bauchkurve steiler, mit Einstell- bewegungen. Brustkurve mit Stützbewegungen. Mezzoforte.
		Bauch	0,6	8,0	2,2	4,4	4,4	0,6	0,06	
	II	Brust	0,3	6,0	8,0	9,0	24,3	1,6	0,04	
		Bauch	0,3	6,0	5,6	5,5	18,0	0,9	0,04	
III	Brust	0,3	5,6	9,1	8,8	29,0	1,6	0,04		
	Bauch	0,4	5,6	5,6	6,0	16,0	1,1	0,05		
IV	Brust	0,3	6,3	7,0	7,0	23,0	1,2	0,04		
	Bauch	0,3	6,2	5,3	5,2	17,0	0,8	0,04		
289 Opern- sänger	I	Brust	1,1	8,3	6,1	8,9	6,4	1,1	0,09	Durchschnitt aus vier Aufnahmen 1912 und 1921. Große Bauchein- stellbewegungen. Ruhige, gleich- mäßig ablaufende Kurven. Sehr lyrisch, mezzoforte.
		Bauch	0,9	6,2	1,1	1,6	1,2	1,2	0,13	
	II	Brust	0,4	5,4	4,2	3,1	9,0	0,6	0,08	
		Bauch	0,4	5,0	1,2	1,2	3,7	0,6	0,04	
III	Brust	0,4	6,2	5,2	4,8	11,6	0,9	0,05		
	Bauch	0,4	6,0	1,7	1,5	6,2	1,0	0,05		
IV	Brust	0,5	5,5	5,7	4,6	12,4	0,9	0,06		
	Bauch	0,5	5,2	1,8	1,8	4,0	1,1	0,06		

Tabelle 13 (Fortsetzung).
Tenor, Bachkantate.
 Durchschnittswerte der Atemkurven während des Singens im Verhältnis zur Ruhekurve.

Versuchs- person	Zahl der Atem- züge	Relative Dauer		Relative Höhe		Relative mittlere Geschwin- digkeit		Absoluter Respi- rations- quotient	Musikalischer Text	Bemerkungen
		J	E	J	E	J	E			
809 Opern- u. Konzert- sänger Abb. 52	I	Brust	0,8	7,0	7,5	8,2	10,1	1,2	Wie Nr. 393	Durchschnitt aus zwei Aufnahmen 1921. Deutliche Einstellbewegun- gen an Brust- und Bauchkurve. Bruststütze anfangs mit weicher Tongebung, mehr dramatisch, aber forte.
		Bauch	0,3	5,7	3,5	3,7	5,0	0,7		
	II	Brust	0,15	6,2	3,6	3,3	23,6	0,6		
		Bauch	0,5	4,9	4,5	4,6	10,0	0,8		
	III	Brust	0,15	6,0	4,3	4,4	24,7	0,7		
		Bauch	0,5	5,1	3,9	4,0	8,8	0,7		
	IV	Brust	0,25	6,1	5,6	5,4	22,0	0,9		
		Bauch	0,5	5,2	4,6	4,0	10,2	0,8		
2000 Opern- sänger	I	Brust	1,7	5,9	10,5	10,7	6,3	1,8	Wie Nr. 393	Durchschnitt aus drei Aufnahmen 1921. Deutliche Einstellbewegun- gen der Bauchatmung bei II. bis IV. Atemzug. Große Abstellbewe- gungen der Brustatmung, ruhige Kurven, forte.
		Bauch	1,2	5,6	2,4	3,7	2,8	0,6		
	II	Brust	0,5	4,3	12,1	7,7	18,2	1,8		
		Bauch	0,5	4,3	2,4	2,2	4,7	0,5		
	III	Brust	0,4	4,5	5,7	6,6	15,8	1,5		
		Bauch	0,3	4,4	1,9	1,6	5,8	0,3		
	IV	Brust	0,7	4,0	10,1	9,5	14,0	2,4		
		Bauch	0,8	4,0	2,9	2,5	3,8	0,6		
I Opern- sänger	I	Brust	0,6	4,4	2,0	2,3	3,4	0,5	Wie Nr. 393	Durchschnitt aus vier Aufnahmen 1921. Mit großen Einstellbewe- gungen an Brust und Bauch. Bruststütze. Tremolo mit dra- matischen Akzenten, forte.
		Bauch	0,5	4,3	1,5	1,8	3,0	0,4		
	II	Brust	0,2	3,0	0,9	0,9	8,5	0,3		
		Bauch	0,2	2,4	1,5	1,7	8,3	0,6		
	III	Brust	0,2	3,7	1,7	1,9	8,1	0,5		
		Bauch	0,2	3,5	1,5	1,5	5,6	0,4		
	IV	Brust	0,3	3,3	1,3	1,4	5,7	0,4		
		Bauch	0,3	2,8	2,0	1,9	7,4	0,5		

92 Opern- sänger Anfänger Abb. 53	I	Brust Bauch	0,4 0,4	2,6 2,4	2,2 0,9	2,7 1,2	5,0 2,2	0,9 0,5	0,1 0,14	Durchschnitt aus vier Aufnahmen 1921. Sehr große Einstellbewe- gungen an Brust und namentlich Bauch. Bruststütze in Anfang. Bauchkurve sehr steil abfallend. Forte, mehr dramatisch, ohne jedes Stillegefühl, übertrieben, auf großen Ton gesungen, und zwar hastig. Unruhige Kurven.
	II	Brust Bauch	0,2 0,1	1,7 1,7	2,3 1,3	2,4 1,5	9,9 10,1	1,3 0,8	0,1 0,07	
	III	Brust Bauch	0,1 0,1	1,7 1,6	1,4 1,4	1,3 1,5	9,8 10,7	0,8 0,9	0,07 0,07	
	IV	Brust Bauch	0,15 0,1	1,7 1,6	0,8 1,2	0,7 1,2	4,8 10,0	0,4 0,7	0,1 0,07	
	V	Brust Bauch	0,15 0,15	1,7 1,6	1,7 1,5	1,5 1,5	10,9 10,0	1,0 0,9	0,08 0,07	
	VI	Brust Bauch	0,2 0,2	2,3 2,0	2,0 1,4	2,2 1,3	10,0 7,5	0,9 0,7	0,08 0,08	
	VII	Brust Bauch	0,15 0,15	2,1 1,9	2,0 1,3	2,1 1,3	12,3 8,3	1,0 0,7	0,07 0,07	
	VIII	Brust Bauch	0,15 0,15	2,2 1,8	1,7 1,3	1,6 1,3	11,4 8,0	0,7 0,7	0,06 0,07	
902 Schüler später umstudiert	I	Brust Bauch	0,6 1,0	4,3 4,6	6,2 1,5	8,4 2,0	9,6 1,6	1,9 0,4	0,1 0,1	Eine Aufnahme 1912. Anfangs steil abstürzende Kurven mit großen Einstellbewegungen am Bauch. Unregelmäßige Stützbewegungen an Bauch- und Brustkurve. Forcierte Tongebung. Stillos. Bauchanziehung bei der Einatmung.
	II	Brust Bauch	0,1 0,3	2,6 2,5	7,0 1,5	7,0 1,5	48,6 5,4	2,7 0,6	0,04 0,06	
	III	Brust Bauch	0,1 0,4	2,1 2,2	6,2 1,4	5,4 1,5	43,0 4,0	2,5 0,7	0,04 0,09	
	IV	Brust Bauch	0,1 0,3	2,7 2,6	6,2 1,2	6,2 1,2	43,0 4,3	2,3 0,5	0,03 0,05	
	V	Brust Bauch	0,3 0,5	2,1 2,3	6,7 1,4	6,4 1,4	18,6 3,1	2,9 0,4	0,1 0,1	
	VI	Brust Bauch	0,3 0,3	2,7 3,0	5,8 1,2	5,8 1,2	16,1 4,3	2,1 0,4	0,08 0,05	
	VII	Brust Bauch	0,4 0,4	2,0 2,0	8,0 1,8	8,4 1,5	18,2 4,1	4,2 0,8	0,1 0,1	
	VIII	Brust Bauch	0,4 0,3	2,0 2,0	2,7 0,7	2,2 0,9	9,4 2,6	1,1 0,5	0,1 0,07	

Tabelle 13 (Fortsetzung).
Tenor, Bachkantate.
 Durchschnittswerte der Atemkurven während des Singens im Verhältnis zur Ruhepause.

Versuchsperson	Zahl der Atemzüge	Relative Dauer		Relative Höhe		Relative mittlere Geschwindigkeit		Absoluter Respi-rations-Quotient	Musikalischer Text	Bemerkungen	
		J	E	J	E	J	E				
90 Opernsänger Anfänger	I	Brust	0,8	4,7	4,9	6,6	6,0	1,4	0,1	Mein Jesus hält in zarter Hut die Seinen feste eingeschlossen Mein Jesus hält in zarter Hut die Seinen feste eingeschlossen Wie Nr. 393	Eine Aufnahme 1910. Starke Bauchinstellbewegungen und Stützbewegungen. Relativ ruhigere Brustkurve. Mezzoforte. Stillos.
		Bauch	0,6	4,2	1,4	3,0	2,3	0,7	0,1		
	II	Brust	0,2	2,3	2,0	2,8	10,9	1,3	0,07		
		Bauch	0,3	2,5	1,9	1,7	5,5	0,7	0,1		
	III	Brust	0,3	5,3	2,3	2,3	8,5	0,4	0,04		
		Bauch	0,2	5,0	1,3	2,2	7,8	0,4	0,03		
	IV	Brust	0,2	2,2	4,0	4,7	22,3	2,2	0,06		
		Bauch	0,2	2,0	2,8	3,0	15,6	1,5	0,07		
	V	Brust	0,2	2,4	1,7	2,3	9,1	1,0	0,06		
		Bauch	0,2	2,1	1,9	2,2	7,9	1,0	0,09		
	VI	Brust	0,3	2,4	3,3	4,0	12,1	1,7	0,09		
		Bauch	0,3	2,1	2,9	2,7	8,7	1,3	0,1		
	VII	Brust	0,1	3,4	1,3	1,6	14,5	0,5	0,02		
		Bauch	0,2	3,0	1,3	1,4	7,8	0,5	0,04		
481 Guter Dilettant, hochgeschraubter Bariton	I	Brust	1,0	5,3	5,7	8,4	4,8	1,3	0,1	Durchschnitt aus zwei Aufnahmen. Ausschließlich Brustatmung, ruhige, nicht steile Kurve. Bauchinstellung und Einziehung.	
		Bauch	0,6	5,6	0,6	1,0	1,1	0,15	0,06		
	II	Brust	0,25	3,3	3,9	1,8	9,2	0,5	0,05		
		Bauch	0,25	2,3	1,0	1,0	3,2	0,25	0,05		
	III	Brust	0,2	3,9	4,8	4,0	20,5	0,8	0,04		
		Bauch	0,2	5,9	0,7	0,7	3,9	0,15	0,03		
	IV	Brust	0,3	3,3	3,9	3,4	13,7	1,0	0,06		
		Bauch	0,2	2,1	1,3	1,3	6,6	0,35	0,04		

Tabelle 14.
Baß und Bariton, Ezioario.
 Durchschnittswerte der Atemkurven während des Singens im Verhältnis zur Ruhekurve.

Versuchsperson	Zahl der Atemzüge	Relative Dauer		Relative Höhe		Relative mittlere Geschwindigkeit		Absoluter Respi-rations-quotient	Musikalisches	Bemerkungen
		J	E	J	E	J	E			
471 Opernsänger Bariton Abb. 56	I	Brust	1,1	5,2	3,2	4,3	3,4	0,8	Erster und zweiter Takt Dritter Takt Vierter Takt Fünfter Takt. Koloratur Sechster Takt Koloratur Siebenter und achter Takt. Koloratur	Durchschnitt aus zwei Aufnahmen 1921. Brustatmung überwiegt, ferner erster Atemzug. Starke Einstellbewegungen an Bauchkurve mehr als an Brustkurve. Stützbewegungen an der Bauchkurve, II. bis VI. Atemzug. Sehr dramatisch.
		Bauch	1,3	6,0	2,4	2,8	2,2	0,5		
	II	Brust	0,4	2,7	2,7	2,6	7,4	0,9		
		Bauch	0,4	2,9	2,4	2,4	6,3	0,9		
	III	Brust	0,3	2,7	2,3	2,2	10,4	0,8		
		Bauch	0,4	2,7	1,6	1,6	4,0	0,6		
IV	Brust	0,3	2,2	2,3	2,1	8,4	0,9			
	Bauch	0,3	2,5	1,6	1,5	5,3	0,6			
V	Brust	0,3	2,3	2,2	2,0	9,2	0,8			
	Bauch	0,3	2,4	1,6	1,6	4,7	0,7			
VI	Brust	0,3	5,3	2,3	2,6	10,6	0,5			
	Bauch	0,4	6,0	2,0	2,1	7,2	0,4			
715 Opernsänger Bariton	I	Brust	1,0	3,7	5,3	5,6	5,5	1,3	Durchschnitt aus vier gleichartigen Aufnahmen. Mehr Brustatmung. Starke Einstellbewegungen der Bauchkurve, Bruststütze. Vor „dominante“ eine Hilfsatmung der Brust. Forte sehr dramatisch.	
		Bauch	0,5	3,3	2,1	2,5	2,9	0,7		
	II	Brust	0,6	4,6	7,0	7,2	11,6	1,4		
		Bauch	0,4	4,1	2,4	2,7	5,7	0,7		
	III	Brust	0,3	1,7	4,8	5,2	15,3	3,1		
Bauch		0,6	1,5	2,5	2,0	4,0	1,3			
IV	Brust	0,25	1,6	3,2	3,3	12,6	2,1			
	Bauch	0,2	1,4	1,5	1,4	6,4	1,1			
V	Brust	0,3	3,5	5,1	5,6	20,6	1,5			
	Bauch	0,3	3,1	2,0	2,2	6,8	0,7			

Tabelle 14 (Fortsetzung).
Baß und Bariton, Ezioario.
 Durchschnittswerte der Atemkurven während des Singens im Verhältnis zur Ruhekurve.

Versuchsperson	Zahl der Atemzüge	Relative Dauer		Relative Höhe		Relative mittlere Geschwindigkeit		Absoluter Respi-rations-Quotient	Musikalisches	Bemerkungen		
		J	E	J	E	J	E					
61 Opernsänger (Anfänger) Bariton Abb. 54	I	Brust	0,9	4,5	5,2	6,8	5,4	1,4	0,15 0,2 0,07 0,14 0,06 0,1 0,09 0,09 0,04 0,06	Erster und zweiter Takt	Durchschnitt aus zwei Aufnahmen 1921. Fast ausschließlich Brustatmung. Große Einstellbewegungen an Brust und Bauch. Tremolierkurven an Brust und Bauch. Steile und sehr unruhige Kurven. Etwas rohes Forte.	
		Bauch	1,2	4,9	3,2	2,1	2,6	0,4				
	II	Brust	0,2	3,0	2,1	1,9	7,5	0,7				Dritter und vierter Takt
		Bauch	0,4	4,7	1,9	1,7	4,9	0,6				
	III	Brust	0,2	2,0	1,7	1,9	9,1	0,8				Fünfter Takt. Koloratur
		Bauch	0,3	2,0	1,9	1,9	5,1	0,9				
	IV	Brust	0,3	2,0	1,6	2,0	5,2	1,0				Sechster Takt. Koloratur
		Bauch	0,3	1,9	2,3	1,6	5,6	0,9				
	V	Brust	0,3	4,5	2,7	5,4	8,7	0,7				Siebenter und achter Takt Koloratur
		Bauch	0,3	3,2	2,7	1,7	6,3	0,6				
503 Opern- und Konzert- sänger Baß	I	Brust	0,9	6,0	6,6	9,3	7,4	1,5	0,02 0,1 0,1 0,1 0,07 0,1 0,09 0,09 0,06 0,09	Erster und zweiter Takt	Eine Aufnahme 1921. Fast ausschließlich Brustatmung mit starken Einstellbewegungen an Bauch und Bauchstütze. Auch an der Brustkurve bei der Koloratur Einstellbewegungen. Fast aus dem Steigstreif gesungen, nicht studiert. Steile und unruhige Kurven. Etwas stillos und breit.	
		Bauch	0,8	5,7	1,9	2,5	2,2	0,4				
	II	Brust	0,5	4,0	8,5	8,5	19,0	2,3				Dritter Takt
		Bauch	0,5	3,3	1,5	1,5	2,9	0,4				
	III	Brust	0,3	4,0	8,1	8,4	30,0	2,3				Vierter Takt
		Bauch	0,4	3,4	2,0	2,1	5,4	0,6				
	IV	Brust	0,3	3,0	7,5	7,6	27,8	2,5				Fünfter Takt
		Bauch	0,3	2,7	2,0	1,6	7,3	0,6				
	V	Brust	0,3	3,0	6,3	6,3	35,2	2,1				Sechster Takt
		Bauch	0,3	2,7	1,5	1,3	5,4	0,5				

VI	Brust Bauch	0,2 0,3	2,0 1,8	7,3 1,3	6,6 0,9	40,8 4,5	3,2 0,4	0,09 0,1	Siebenter Takt	
VII	Brust Bauch	0,3 0,3	4,9 4,2	6,1 1,5	7,6 1,9	22,8 5,4	1,7 0,4	0,06 0,06	Achter Takt	
I	Brust Bauch	0,9 1,0	4,7 3,7	5,4 2,8	6,9 2,7	4,4 1,7	1,6 0,7	0,15 0,15	Erster und zweiter Takt	Durchschnitt aus zwei Aufnahmen. Überwiegende Brustatmung mit Bauchstützbewegungen und kurzen Einstellbewegungen. Ebenmäßige ruhige Kurven. Weiche Tongebung, melodramatisch.
II	Brust Bauch	0,4 0,3	4,9 4,1	5,4 1,6	6,3 1,7	11,6 7,3	1,4 0,5	0,05 0,05	Dritter und vierter Takt	
III	Brust Bauch	0,5 0,4	3,0 2,2	5,6 1,1	5,0 1,1	9,0 3,0	2,0 0,6	0,15 0,15	Fünfter Takt	
IV	Brust Bauch	0,4 0,3	3,0 2,0	4,8 1,1	4,7 1,0	9,5 3,3	2,0 0,6	0,15 0,1	Sechster Takt	
V	Brust Bauch	0,4 0,6	5,3 4,4	5,0 1,9	5,4 1,7	9,9 4,4	1,0 0,4	0,06 0,07	Siebenter und achter Takt	
I	Brust Bauch	0,8 1,0	4,9 4,8	2,5 1,4	3,5 2,7	2,5 1,5	0,7 0,6	0,1 0,1	Erster bis vierter Takt	Durchschnitt aus drei gleichartigen Aufnahmen. Brust- und Bauchatmung ziemlich gleich. Etwas Bruststütze. Baucheinstellbewegungen. Mezzoforte, mehr lyrisch. Ruhige Kurven.
II	Brust Bauch	0,2 0,2	1,3 1,3	2,2 1,6	1,6 0,9	9,6 8,0	1,2 0,8	0,1 0,1	Fünfter Takt	
III	Brust Bauch	0,1 0,1	1,2 1,3	1,5 0,9	1,4 1,0	10,4 6,0	1,2 0,9	0,1 0,1	Sechster Takt	
IV	Brust Bauch	0,1 0,1	2,6 2,5	1,0 0,7	1,5 1,7	7,1 4,6	0,6 0,7	0,05 0,05	Siebenter und achter Takt	
I	Brust Bauch	0,5 0,6	4,3 4,1	2,2 1,8	3,2 2,6	4,3 3,0	0,7 0,6	0,1 0,1	Erster bis vierter Takt	Durchschnitt aus vier gleichartigen Aufnahmen. Wie vorige Kurven, ohne allzu große Bewegungen.
II	Brust Bauch	0,2 0,2	4,1 3,9	2,6 2,0	2,8 2,6	14,3 9,1	0,6 0,7	0,05 0,04	Fünfter bis achter Takt	

lischen Phrasierung hätten gebracht werden können. Von den Bachkantateaufnahmen (Tabelle 13) kommen in diesem Zusammenhang nur jene 6 Tenöre in Betracht, die mit den vier typischen Atemzügen auskamen. Da zeigte es sich nun, daß bei der Mehrzahl der Sänger auf den ersten Teil die längste Zeit, auf den zweiten eine wesentlich kürzere, auf den dritten Teil wieder eine längere und für den letzten wiederum eine kürzere Zeit fällt, was der Einteilung der musikalischen Komposition entspricht.

Auch bei der Ezioarie (Baß) finden sich Zeiten, die sich ohne weiteres der musikalischen Einteilung anschließen, bei jenen Sängern mit den typischen fünf Atemzügen; jedoch bewirkten die Schwierigkeiten im 3. und 4. Takt hier und da eine relative Verlängerung der phonatorischen Ausatmung. (Tabelle 14).

Im allgemeinen ist also für die Dauer der phonatorischen Ausatmungen und für jene der zwischengeschobenen Einatmungen, wie aus den Tabellen hervorgeht, in erster Linie die musikalische Einteilung der Phrase maßgebend, während die gesanglichen Schwierigkeiten einzelner Teile auf die Werte der relativen Dauer keinen oder nur einen ganz geringen Einfluß ausüben. Man darf übrigens nicht vergessen, daß die Kraft der Ausatmung (Stimmstärke) hierbei auch eine Rolle spielt, und diese Stimmstärke ist bei unserer Versuchsanordnung objektiv nicht meßbar.

Ein- und Ausatmungshöhe. Von Belang ist ferner die Ein- und Ausatmungshöhe. In den Tabellen 11—14 zeigt recht häufig die erste Einatmung auch die größte Höhe, und zwar stets höhere Werte in der Brustkurve als in der Bauchkurve. Das ist aber kein Gesetz, sondern für jede Stimme gibt es eine Anzahl Ausnahmen. Aus den Aufnahmen von der Stradellakadenz (Tabelle 11) geht hervor, daß der zweite Teil nach der Pause bei einigen Sängerinnen offenbar wegen seiner größeren Anforderungen eine tiefere Einatmung als der erste verlangt hat, während vor dem Triller mit der Schlußfigur wieder von anderen Sängerinnen besonders tief eingeatmet wurde. Das scheint sich nach der subjektiven Auffassung der Schwierigkeit zu richten. Die Höhe der Ausatmung übertrifft namentlich am Ende des Laufs, also des zweiten Abschnittes, bei den meisten Fällen jene der Einatmung, und zwar oft um ein beträchtliches, während sie beim Triller mit der Schlußfigur ebenso häufig hinter der Einatmungshöhe zurückbleibt, namentlich in der Brustkurve, aber auch meistens in der Bauchkurve. Mit anderen Worten, für den Triller mit der Schlußfigur wird gewöhnlich mehr Atem geschöpft als dazu wirklich verbraucht wird.

Wenig Besonderes bieten die Kurven der Deborahkadenz (Tab. 12) in bezug auf die in- und expiratorischen Höhen. Erstere sind hier am Anfang und in der Brustkurve mit Ausnahme des Falles Nr. 79

am größten. Die Werte der Ausatemungshöhen überwiegen durchschnittlich gegen jene der Einatmung, und zwar häufiger in der Brustkurve.

Auch in den Kurven der Bachkantate (Tabelle 13) überwiegt die erste thorakale Einatmungshöhe mit Ausnahme dreier Fälle, wovon zwei erfahrene Bühnensänger sind (2000 und 393), während der dritte, ein unfertiger Schüler, überhaupt zuviel Atemzüge brauchte, nämlich acht statt vier, und merkwürdigerweise vor dem drittletzten Takt d. h. beim 7. Atemzug am tiefsten eingatmet hat. Dagegen war das Überwiegen der expiratorischen Höhen nur beim ersten Atemzug bemerkbar, mit Ausnahme eines Falles Nr. 90, wo es durchschnittlich und an Brust- und Bauchkurve vorkam.

Das gleiche gilt hinsichtlich der ersten Einatmung für die Kurven der Ezioarie (Tab. 14). Zwei Ausnahmen, Nr. 503 und 715, verlegten die tiefste Einatmung vor den dritten Takt. Das Überwiegen der expiratorischen Höhe war auch hier vorzüglich beim ersten Atemzug ausgeprägt, kam aber an Brust- und Bauchkurve auch noch später mehrmals, also öfter als bei den Tenören vor.

Auf Grund dieser Beobachtungen läßt sich sagen, daß Einatmungshöhen beim Singen gewöhnlich im Anfang größer sind als bei den folgenden Atemzügen und daß die Ausatemungshöhen recht häufig gegenüber jenen der Einatmung überwiegen. (Mit Ausnahme der Tenöre.) Wenn die Einatmungshöhe im Verlauf der musikalischen Phrase größere Werte erreichte als im Anfang, so war das teilweise begründet durch die Voraussicht einer schwierigeren Leistung in den folgenden Takten, teilweise aber auch durch eine vorhergehende bedeutend tiefere Ausatmung. In einigen Fällen aber, z. B. bei der Altistin Nr. 433, war eine Erklärung für diese Erscheinung nicht zu finden. Das Überwiegen der Ausatemungshöhe kann schließlich auch noch durch Verwendung größerer Stimmstärke begründet sein. Bemerkenswert ist noch, daß in Fällen, wo bedeutend häufiger eingatmet wurde, als nötig gewesen wäre, die beiden Atemhöhen deshalb doch nicht kleiner waren als bei den anderen Sängern, und schließlich daß bei Aufnahmen derselben Versuchsperson (Nr. 1019 Alt und 92 Tenor, Abb. 55) die beiden Höhen zur Zeit einer Indisposition größer waren, als wenn die Versuchsperson gut disponiert war. Was das Verhältnis der Atemhöhen in der Brust- und Bauchkurve anlangt, so überwog bei den Sopranistinnen gewöhnlich (mit Ausnahme von Nr. 347 und vielleicht 27) die Höhe der Brustatmung wesentlich, ebenso bei den Altistinnen (mit Ausnahme Nr. 55). Das gleiche gilt für die Tenöre (mit Ausnahme von Nr. 1 und 92, Abb. 55) und für die Baritone und Bassisten (mit Ausnahme von Nr. 61 und vielleicht noch 807, bei dem die Unterschiede jedenfalls gering waren). Ein

regelmäßiges Überwiegen der Bauchatmungshöhe war inspiratorisch in keinem Falle nachweisbar. Dagegen blieb die letztere bei wenig guten Leistungen zu stark hinter der thorakalen Höhe zurück (Nr. 448).

Die relative mittlere Geschwindigkeit, die natürlich bei der Einatmung sehr groß, bei der phonatorischen Ausatmung sehr klein ist, blieb entsprechend unseren bisherigen Feststellungen der Atemdauer und Höhe bei der ersten Einatmung fast stets etwas hinter jener der späteren Einatmungen zurück und ferner war sie im allgemeinen entsprechend dem Überwiegen der Brustatmung an der Brustkurve größer. Nur von jenen soeben erwähnten Ausnahmen zeigten einige, z. B. Nr. 347 (Sopran), Nr. 55 (Alt), Nr. 92 (Abb. 55, Tenor) und auch Nr. 61 (Abb. 56, Bariton) größere Werte für die mittlere Geschwindigkeit an der Bauchatemkurve. Während die letztere in den Einatemkurven gewöhnlich ein Vielfaches, nämlich das Dreifache bis sogar zum 50fachen des Ruhewertes erreichte, schwankten die Werte in der Ausatemungskurve viel weniger. Sie lagen da gewöhnlich unter 1 und erreichten in seltenen Fällen das Doppelte, ganz ausnahmsweise auch das Drei- und Vierfache des Ruhewertes. Auch hier überwogen die Werte für die Brustatmung gegen jene für die Bauchatmung mit einigen wenigen Ausnahmen (Nr. 347, Sopran, Nr. 55, Alt, ganz vereinzelt bei Nr. 92, Abb. 55 und Nr. 1, Tenor, bei 61, Abb. 56 und 807, Bariton). Die Werte für die relative mittlere Geschwindigkeit zeigen uns am besten zahlenmäßig das Überwiegen eines Atemtypus an, und zwar im allgemeinen und an besonderen Stellen der Kurve einer musikalischen Phrase. Eine Durchsicht der vier Tabellen ergibt ferner noch, daß bei guten Sängern die Werte der expiratorischen mittleren Geschwindigkeit im allgemeinen innerhalb einer Aufnahme wenig schwanken und gewöhnlich unter 1 bleiben. Bei schlechteren Sängern und bei Indisposition (Alt Nr. 1019 und Tenor 92, Abb. 55) oder wenn z. B. die Gesangsaufgabe nicht ordentlich gelernt war und daher nicht beherrscht wurde, schwankten die Werte mehr und erreichten auch höhere Zahlen. Das scheint vorläufig richtig, bedarf aber jedenfalls noch der Nachprüfung. Beziehungen zwischen Schwierigkeit der Leistung und relativer mittlerer Geschwindigkeit der phonatorischen Ausatmungen innerhalb einer Aufnahme konnten übrigens nicht festgestellt werden.

Wesentliche und sichere allgemein gültige Ergebnisse zur Beurteilung der Qualität der Leistung ließen sich also aus den Berechnungen der relativen Dauer, Höhe und mittleren Geschwindigkeit nur insofern gewinnen, als das allzu starke Überwiegen der Brustatmung, wobei die Tätigkeit der Bauchmuskulatur fast ausgeschaltet ist, sicher nicht als Zeichen guter technischer Singleistung angesehen werden kann, ein „ceterum

cense“, das aus allen unseren Versuchen hervorgeht. Mit den im Kapitel VI aufgestellten Atemtypen stimmen die Ergebnisse dieser Versuchsreihe im großen und ganzen überein, soweit es sich um die gleichen Sänger handelt. Leider war das aber aus äußeren Gründen nicht oft der Fall.

Kurvenform. Es bleibt uns noch die Beurteilung der Kurvenform, über die in der letzten Spalte der vier Tabellen einige Angaben zu finden sind. Hier treffen wir die gleichen Angaben, wie bei den Tonleiterkurven, nämlich bei guten Sängern ebennmäßig und schön absteigende, bei schlechteren steil abstürzende, unregelmäßige Kurven, die in zwei Fällen noch deutliche Tremolierscheinungen zeigen (Abb. 56), nämlich Zitterbewegungen an beiden Kurven, auf die in anderem Zusammenhang noch zurückzukommen sein wird. Jedoch muß man bei der Beurteilung der Kurvenform auch die Vortragsart berücksichtigen. Es wird ohne weiteres einleuchten, daß von ein und demselben Beispiel ganz verschiedene Kurven aufgenommen werden, je nachdem es laut und mit starken dramatischen Akzenten (z. B. von den Baritonem 715 und 471, Abb. 58) oder nur Mezzoforte und ohne besonderen „Vortrag“ gesungen ist. In ersterem Falle müssen steilere Kurven mit stärkeren Einstellbewegungen entstehen als in letzterem (Abb. 57). Demnach darf die Kurvenform nur unter Berücksichtigung der Vortragsart zur Beurteilung der Leistung herangezogen werden.

Betrachtet man noch Einzelheiten der Kurvenform, so findensich einige mit der musikalischen Schwierigkeit zusammenhängende, nämlich an typischen Stellen ziemlich regelmäßig wiederkehrende Erscheinungen. Das sind zunächst einmal Anzeichen des Atemstützens, wie wir sie schon früher kennengelernt haben; sie gehen meistens hohen Tönen voraus. Am wenigsten gleichen sich von diesem Gesichtspunkt aus die verschiedenen Aufnahmen der Stradellakadenz (Sopran, Abb. 51 u. 52); während zwei Sängerinnen schon im zweiten Takt beim martellato Stützerscheinungen in der Brustkurve bzw. auch dementsprechend zwischengeschobene Einatmung zeigen, treten bei der Mehrzahl, nämlich fünfmal, im dritten Takt vor dem hohen a^2 solche Stützbewegungen in der Brustkurve auf, und fast ebenso häufig, nämlich viermal, im fünften Takt vor dem hohen c^3 , seltener schließlich vor der Trillernachschlagsfigur, die am Schluß der Kadenz zum hohen b^2 überleitet.

Die Staccati im mittleren Teil derselben kommen so gut wie immer, manchmal sehr deutlich an den Kurven zum Ausdruck, und zwar am häufigsten an beiden Kurven, wobei die Bauchkurve die deutlicheren Zacken enthält (Abb. 51); einmal nur an der Bauchkurve, einmal (bei einer schlechten Sängerin) nur an der Brustkurve und eben-

falls einmal bei einer mehr dramatischen Koloratursängerin deutlicher an der Brust- als an der Bauchkurve. Diese Staccati werden also bei guten Koloraturstimmen, soweit die Atmung in Betracht kommt, wohl hauptsächlich vermittels der Bauchatmung gebildet.

Die Trillerbewegung am Schluß war hier und da in der Bauchkurve angedeutet. Über die Vorgänge beim Trillern handelt das folgende Kapitel ausführlich.

Die wenig zahlreichen Aufnahmen der Deborahkadenz (Alt) haben keine einheitlichen Ergebnisse hinsichtlich der Einzelheiten zutage gefördert. Nimmt man an, daß eine ganz ungeübte Sängerin vor jeder Figur dieser Kadenz einatmen würde, so kann man in den Zwischenatmungen, von denen schon die Rede war, die Reste einer derartig falschen Atemtechnik erblicken, und die kleinen, den einzelnen Figuren zugeordneten Stützbewegungen, die sich vielfach fanden, als letzte Andeutungen derselben auffassen (Abb. 53 S. 209).

Ziemlich einheitliche Kurven haben die Tenöre bei der Bachkantate geliefert. Stützbewegungen sind an denselben bei hohen Tönen ziemlich regelmäßig nachweisbar, und zwar fünfmal beim hohen g^1 im dritten Takt und achtmal beim hohen f^1 im siebten Takt bzw. es^1 im achten Takt (Abb. 54 u. 55 S. 210). An diesen letzten Stellen waren auch Tremolierbewegungen stärker ausgeprägt. Vereinzelt traten diese außerdem noch in einem Fall (481, Dilettant) beim hohen g^1 des neunten Taktes auf.

Auch bei der Arie des Ezio von Händel (Bariton und Baß) fanden sich entsprechend den Schwierigkeiten des vierten Taktes dort neben Zwischenatmungen auch Erscheinungen des Stützens, und bei allen Versuchspersonen waren sie vor dem achten Takt, also vor der letzten Koloraturfigur, die etwas länger ist, nachweisbar (Abb. 56—58). Einmal trat hier am Schluß noch ein Atemzug dazwischen, obwohl das sicher nicht im Sinn der Komposition liegt.

Die genauere Betrachtung des Kurvenverlaufs lehrt uns also, daß beim Text- und Koloratursingen an schwierigeren Stellen und bei hohen Tönen fast von allen Sängern Bewegungen ausgeführt werden, die wir oben mit dem Begriff der Atemstütze in Zusammenhang gebracht haben, und daß an solchen Stellen bei weniger geübten auch einmal Tremolierbewegungen auftreten können. Wird an und für sich schon tremoliert, so geschieht das dann in verstärktem Maße. Je unvermittelter und steiler jene Stützbewegungen in der Kurve hervortreten, desto weniger gut scheint im allgemeinen die Technik, je mehr sie sich dem Kurvenverlauf einfügen, desto besser dürfte sie sein.

Endlich wäre noch kurz auf das zeitliche Verhalten der Brust-

und Bauchkurven zueinander einzugehen. Entsprechend den früheren Feststellungen ist auch hier der sogenannte normale Asynchronismus die Regel; nur in zwei Fällen (Nr. 140, Sopran und 460, Baß) verliefen die Kurven synchron. Ein Vorauslaufen der Brustkurve kam überhaupt nicht vor.

Ergebnisse. Fassen wir die Ergebnisse der Versuche über das Singen von musikalischen Phrasen zusammen, so muß nochmals daran erinnert werden, daß die Zahl derselben nicht sehr groß ist und daß daher diese Versuchsreihe wohl einer ergänzenden Nachprüfung bedarf. Immerhin läßt sich bisher folgendes wohl aufrechterhalten:

Die auf die einzelnen musikalischen Beispiele verwendete Zeit, die Singzeit, entspricht bei guten und erfahrenen Sängern gewöhnlich annähernd der aus den Notenwerten und Taktvorschriften berechneten theoretischen Zeit, vorausgesetzt, daß die betreffende Stelle gelernt wurde. Dilettanten und Anfänger überschreiten die Singzeit. Gute Sänger halten sie bei mehreren selbst nicht unmittelbar aufeinanderfolgenden Aufnahmen ziemlich genau ein. Beeinträchtigungen der stimmlichen Disposition äußern sich in Verlängerung der Singzeit.

Die Zahl der Atemzüge ist für jedes Beispiel durch die musikalischen Zäsuren gegeben und wird von guten Sängern ohne jede Vorschrift von selbst gefunden und eingehalten, wobei (namentlich bei dem Beispiel aus Ezio) kleine Varianten vorkommen können. Schlechte Sänger und Schüler finden diese Einatmungsstellen zum Teil nicht, zum Teil atmen sie bedeutend häufiger ein als notwendig wäre, was auch bei Indisposition vorkommen kann. Hie und da werden noch kurze Hilfseinatmungen eingeschoben. Das darf namentlich bei stark dramatischem Vortrag wohl als erlaubt gelten.

Die zur Ruheatmung relativen Werte für Atemdauer, Atemhöhe und mittlere Geschwindigkeit beim Singen lehren uns, welche Atmungsart die Hauptrolle spielt. Es zeigt sich, daß fast ausschließliche Brustatmung nicht zweckmäßig, d. h. nicht die Gewohnheit guter Sänger ist, und daß wesentlich höhere Werte als 1,5 für die relative mittlere Geschwindigkeit beim Ausatmen und grobe Schwankungen dieser Werte als Zeichen mäßiger Schulung oder schlechter Disposition gelten können.

Steil abfallende unruhige Kurven, etwa gar mit Tremolierbewegungen, sind ebenfalls kein Ausdruck guter Ausbildung; jedoch muß man berücksichtigen, daß bei stark dramatischem Vortrag sowohl die Einstellbewegungen größer werden als auch die Steilheit der Kurven etwas zunimmt.

An schwierigen Stellen und bei besonders hohen, länger gehaltenen

Tönen treten namentlich an den Brustkurven Verlangsamungen auf, die oben als den Stützbewegungen zugeordnete Kurventeile gedeutet worden sind.

Die überwiegende Mehrzahl der Sänger atmet mit der Brust etwas langsamer als mit dem Bauch, wie denn auch die dem Bewußtsein mehr unterworfenen Brustatmung schon beim ersten Einatemzug überwiegt. Synchrones Atmen beider Muskelgebiete an Brust und Bauch ist beim Singen selten.

VIII. Der Triller.

Ein guter Triller galt früher als der höchste Triumph der Stimm-schulung, und wenn auch heutzutage der Koloraturgesang nicht mehr die gleiche Rolle spielt, so können seine Leistungen doch als maßgebend für die technische Ausbildung der Gesangsstimme betrachtet und gewertet werden. Deshalb ist es fast verwunderlich, daß der Triller in der neueren phonetischen Literatur z. B. auch bei E. Barth kaum Beachtung gefunden hat.

Es gab jederzeit Sänger und Sängerinnen, deren Triller wegen seiner Güte oder namentlich wegen seiner Tonhöhe berühmt gewesen ist. Die durch MOZARTS Vater wegen ihrer schönen Flageolett-Töne bekannt gewordene Lucrezia Ajugari soll auf f^3 , eine von NEHRlich erwähnte Koloratursängerin, Frau Becker, sogar auf $a^3 b^3$ getrillert haben. Im allgemeinen gehen die Trillervorschriften für den Sopran selten über c^3 , weshalb die Triller $d^3 e^3$ in der Ariadne von Richard Strauß als Ausnahme gilt. Geradezu Erstaunliches auf diesem Gebiet hat der berühmte Kastrat Balthasar Ferri (1610—1680?) geleistet, der nach J. J. ROUSSEAU wohl über die umfangreichste, geschmeidigste, anmutigste und wohlklingendste Stimme verfügte, die es jemals gab. Er konnte in einem Atem durch 2 Oktaven chromatisch auf- und abwärtstrillern, und zwar tadellos artikuliert und musikalisch so richtig, daß er sich auf jeder halben Note vom Orchester kontrollieren lassen konnte. Das erforderte nach FÉTIS eine Ausatmungsdauer von 50 Sekunden. Die älteren Werke über Gesangkunst, namentlich BERARD (1755) und TOSI (1723) sowie dessen deutscher Bearbeiter AGRICOLA (1757) wenden dem Triller mehr Aufmerksamkeit zu als die neueren und geben eingehendere Ausführungen über sein Wesen, seine Technik und die verschiedenen Arten Raum.

BERARD beschreibt schon ganz genau die dazu nötigen, kleinen oszillierenden Auf- und Abwärtsbewegungen des Kehlkopf und die ebenfalls geringen Stoßbewegungen der Atmung, mit denen man auch die Schnelligkeit der Trillerbewegung beeinflusse. Er unterscheidet ebenso wie TOSI verschiedene Arten des Trillers je nach Stärke, Schnelligkeit und Tonfolge. Seine Cadence appuyée und TOSI's trillo maggiore aber ist die Hauptform, von der die anderen abgeleitet werden. Dieser gebräuchlichste Triller besteht aus einer raschen Aufeinanderfolge zweier nebeneinander liegender Töne (Ganztonintervall), von denen der tiefere der Hauptton ist. Wichtig ist dabei die Gleichmäßigkeit und Schnelligkeit der Trillerschläge. Nach AGRICOLA kann man die Bewegung am Kehlkopf mit dem Getast wahrnehmen, gelingt das nicht, so sei das ein „gewisses Merkmal, daß man den Triller nur durch Anschlagen der Luft am Gaumen herausmeckere“ (Bocks-triller). Als besonders wichtig bezeichnet TOSI, daß der Sänger mit dem Trillern „nach Belieben wieder aufhören könne“.

Wesentlich mehr als die alten Meister haben spätere Gesangslehrer über den Triller nicht zu sagen gewußt. Nur FRIEDRICH SCHMITT (1854) geht noch auf Einzelheiten ein und betont besonders den Unterschied zwischen von unten nach oben und von oben nach unten durchgeführtem Triller, nämlich die Akzentuierung des zuerst angeschlagenen Tons, der Hauptnote, also im ersten gewöhnlichen Fall des tieferen, im zweiten des höheren Tons. Gleichviel, welcher Ton akzentuiert ist, die Verbindung der akzentuierten Note zur nichtakzentuierten müsse durch „Rollen“ geschehen, die Verbindung der nichtakzentuierten zur akzentuierten aber durch einen „Schlag“ der Kehle. Er stellt folgende Grundbedingungen für einen guten Triller auf: Weiche Intonation, genaues Einhalten der Distanz (des Intervalls) und der Tonhöhe, Egalität: Die Töne müssen gleichen Wert, gleiche Dauer, gleiche Stärke haben. Hiermit widerspricht er seinen eigenen Angaben über Haupt- und Nebenton, denn er hebt nochmals die Bedeutung des Akzentes als Unterscheidungsmerkmal zwischen den zwei Trillerarten hervor; und dieser Akzent kann doch nur ein zeitlicher oder ein dynamischer sein. Wichtig scheint ihm ferner mit Recht die Deutlichkeit, die reine Vokalisation und das Tempo, dessen Übertreibung zu Undeutlichkeiten führe. Unter Selbständigkeit des Trillers versteht er dessen Unabhängigkeit von Takt und Rhythmus. Schließlich verlangt er Leichtigkeit und Abrundung, sowie Sicherheit und Präzision und verliert sich damit mehr oder minder in Tautologien, während die Forderung des vollkommenen Nachschlags zunächst eine musikalische und erst in zweiter Linie eine gesangstechnische ist. Wichtig ist noch, daß er beobachtet hat, wie jeder Ton „mit einem eigentümlichen Stoß des Kehlkopfs begleitet“ wird. Schon J. J. ROUSSEAU bezeichnete 1792 den Triller als ein Schlagen der Kehle. GARCIA ist wohl der erste und war mehr als ein halbes Jahrhundert vor den anderen der einzige, der die Zahl der Trillerschläge mit dem Metronom von MÄLZEL bestimmt hat, und zwar mit 200 pro Minute, also nur 3,3 pro Sekunde, was wohl kaum stimmen kann. Die späteren Gesangslehrer treten teils für die Trennung in Grund- und Hilfstöne ein, z. B. Dr. W. SCHWARZ (1857), teils behaupten sie, beim richtigen Trillern müßten beide Töne gleich stark sein (u. a. WALNÖFER 1911); andere wie FRANZ HAUSER glauben, der Kehlkopf dürfe zum höheren Ton nicht ansteigen, wogegen STOCKHAUSEN (1884) mit Recht sagt, der Kehlkopf setze sich ganz von selbst beim Trillern in Bewegung.

Eingehender haben sich im 19. und 20. Jahrhundert einige Phonetiker mit dem Triller beschäftigt. Es ist wohl selbstverständlich, daß CARL LUDWIG MERKEL in seiner Anthropophonik (1857) und auch später (1873) diese „am schwersten auszuführende Tonalternierung“ zu erklären sucht. Nach ihm besorgen die Heber und Senker des Kehlkopfs, die an der Linea obliqua inserieren, die Bewegung des Organs und erzeugen den Triller, „weniger der vocalis“. „Für den Oberton rückt die Zunge etwas nach vorn, der Kehlkopf aufwärts und die Santorinischen Knorpel rückwärts.“ Der expiratorische Luftstrom müsse gleichmäßig ohne Zwerchfellstoß erfolgen. Hier findet sich eine gewisse Übereinstimmung mit PIELKE (1919), der beim Koloraturgesang in den höchsten Sopranlagen „ein Lockerlassen der Bauchstütze“ empfiehlt. Wenn der Luftdruck für den höheren Ton gesteigert, für den tieferen abgeschwächt werde, ohne Spannungsänderung der Kehlkopfmuskeln, so entstehe, meint MERKEL, ein ungleichförmiges, unschönes, trillerähnliches Phänomen, der „Bockstriller“. Neben der auf- und absteigenden Trillerbewegung des Kehlkopfs verläuft natürlich beim langdauernden Triller mit der Verminderung des Luftvorrats eine der phonischen Ausatmung entsprechende, langsame Aufwärtsbewegung des Kehlkopfs. Noch genauere Angaben finden sich bei CASTEX (1902), der zunächst GARCIA, wie wir sehen werden, falsche Angaben über die Schlagzahl wiederholt, dann aber den Triller als phénomène susglottique mit tastbaren Kehlkopferschütterungen beschreibt, wobei also die Stimmlippen

stillstehen, während Taschenlippen, aryepiglottische Falten und Kehldeckel, sowie Zungengrund kurze hin- und her- sowie auf- und abgerichtete Bewegungen machen. CASTEX ist also der erste, der neben der vertikalen auch eine horizontale Bewegung wenigstens am Kehldeckel wahrgenommen hat.

Seine Beobachtung scheint richtig, ebenso wie die Angaben über Mitbewegungen der Zunge. Auch der weiche Gaumen bewegt sich mit. LABUS nennt in seinem großen Werk (1912) den Triller eine spezifisch weibliche Stimmleistung, den Lockruf (*lenocinio*) im Gesang. Er glaubt nicht an alternierende Kontraktionen der Spanner und Entspanner der Stimmlippen, sondern an eine Aktion der Hilfs- (Fixations-) Muskeln des Kehlkopfs und beschreibt ebenso wie CASTEX Zitterbewegungen der gesamten über der Stimmlippenebene gelegenen Muskulatur bis zur Zunge und zum Zäpfchen. Den Triller unterscheidet er vom Tremolo, bei dem die Stimme in der Intensität schwanke oder unterbrochen werde. Der Tonwechsel von einem halben oder ganzen Ton sei beim Trillern durch Kontraktionen des Kehlkopfengangs und des Pharynx, nicht durch Spannungsänderung der Stimmlippen hervorgerufen.

Ganz spärlich sind die experimentell-phonetischen Untersuchungen über das Trillern. In der gesamten phonetischen Literatur gibt es nämlich nur eine laryngographische Aufnahme des Trillers in den neuen Versuchen zur Physiologie des Gesangs von FLATAU und GUTZMANN (1904), die leider mit der Brondgeestischen Kapsel gemacht wurde und eigentlich nur die Untauglichkeit dieses Instruments für jenen Zweck beweist. Erst in neuester Zeit hat GUTZMANN (1918) noch die Phonographie eines Trillers veröffentlicht, die von einer guten Koloratursängerin mit dem Plantorapparat gewonnen wurde. Tonhöhe, Vokal und die Schlagzahl sind nicht angegeben, und letztere ist aus der mäßig guten Abbildung auch nicht zu berechnen. Dagegen macht GUTZMANN genauere Angaben über das Maximum willkürlicher Stoßfolgen, das in der Sekunde nur 8—10 betrage, der Triller aber entstehe „durch willkürliche Muskelaktionen verschiedener Art“.

Die Untersuchung der Atem- und Kehlkopfbewegung beim Trillern hat auszugehen von der viel einfacheren Bewegung beim Übergang von einer Tonstufe auf die nächsthöhere und der Rückkehr auf die tiefere im Halb- oder Ganzton-Intervall, und zwar zunächst bei langsamem, nicht akzentuiertem Tonwechsel, dann aber bei der Vorschlagsform, bei welcher der zweite Ton länger und stärker ist als der erste.

Zu diesen Versuchen dienten gewöhnlich die Tonfolgen $a\ h$, $a\ b$ bzw. $h\ a$, $b\ a$, ferner $a\ h\ a$, $a\ b\ a$, die meistens mit einer Tondauer von 1—2 Sekunden gesummt oder gesungen wurden. Die Tonhöhe entsprach der Stimmgattung, weshalb für den Tenor die große und die kleine, für den Sopran und Alt die kleine und die eingestrichene Oktave in Betracht kamen. Dabei wurden aufgenommen: Die Kehlkopfbewegung, die Atembewegung von Brust und Bauch und meistens die nasale Stimmkurve beim gesummten Ton (mit einem Kehltonschreiber). Bei langsam laufender Trommel wurde die Zeitkurve mit Sekundenschlägen markiert, am schnelllaufenden Kymographion mit der $\frac{1}{5}$ Sekunden-Zeitmarke oder mittels der elektrischen Stimmgabel in $\frac{1}{50}$ Sekunden. Von solchen einfachen Tonfolgen wurden im ganzen 150 Aufnahmen gemacht. Als Versuchspersonen dienten 2 Tenöre (1 Bühnen- und 1 Konzertsänger), 5 Soprane (1 Bühnensängerin, 2 Konzertsängerinnen und 2 Schülerinnen) und 2 Altistinnen (Schülerinnen).

Der Übergang von einem Ton zum nächst höheren im Intervall eines ganzen oder eines halben Tones, annähernd gleichmäßige Ton-

stärke und gleiche Dauer für beide Töne vorausgesetzt, geschieht in folgender Art: Die Einatmung ist je nach der Atmungsart verschieden, d. h. bei der Mehrzahl der Fälle kostoabdominal, seltener mehr kostal oder mehr abdominal und gewöhnlich nur wenig vertieft gegenüber der Ruheatmung, da ja das Summen oder Singen von zwei Tönen keine nennenswerte Leistung ist und nicht viel Atemluft erfordert. Doch ist

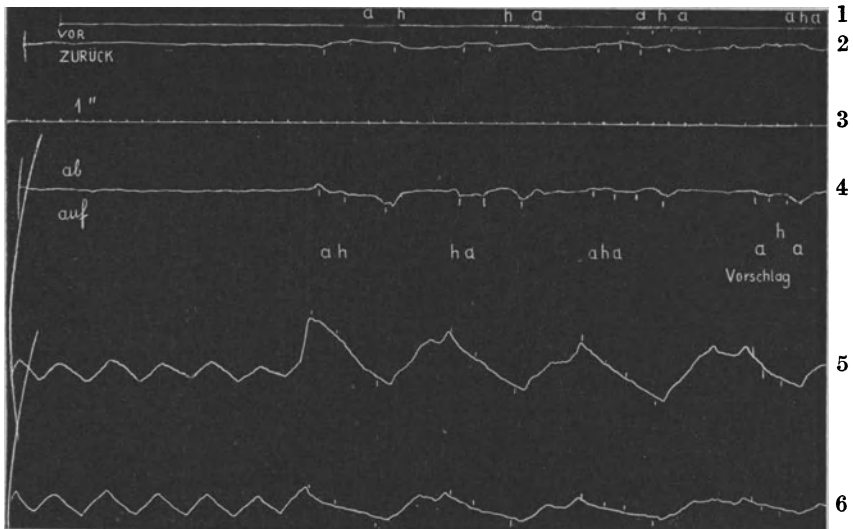


Abb. 59. Gesummte Tonfolgen a h, h a, a h a und a h a mit h als Vorschlag (Konzertsängerin Nr. 140).

1. Stimmkurve. 2. Horizontalbewegung des Kehlkopfs. 3. Zeitschreibung: 1 Sek.
4. Vertikalbewegung des Kehlkopfs. 5. Brustatmung. 6. Bauchatmung.

die Einatmungskurve wie vor jeder Stimmgebung etwas steiler als die Ruhekurve, die Ausatmung ist natürlich verlangsamt. Im Beginn der expiratorischen Kurve finden sich nicht selten Einstellbewegungen, z. B. an der Bauchkurve. Der Übergang von einem Ton zum anderen ist häufig an einer ganz geringen Richtungsänderung der Brust- oder Bauchkurve oder beider erkennbar, auch wenn die Töne gut legato gesummt oder gesungen wurden. Die zeitliche Übereinstimmung dieser Abknickung der Atemkurven mit dem Übergang von einem Ton zum anderen läßt sich durch gleichzeitige Aufnahme der Stimmkurve feststellen. Sie ist aber nur bei länger (mindestens 2 Sekunden lang) gesummten Tönen nachweisbar und da nicht immer. Ebenso verhält es sich mit der Abstellbewegung in den Atemkurven am Ende des zweiten Tones. Sie kann, muß aber nicht in einer der beiden oder in beiden Kurven auftreten. Der Kehlkopf stellt sich je nach der Tonhöhe vor

dem ersten Ton ein wenig tiefer oder höher als die Ruhelage war und tritt gleichzeitig vor (Abb. 59). Während längerer Tongebung steigt er entsprechend der Ausatmung ein wenig. Beim Übergang zum höheren zweiten Ton steigt er in ganz geringem Maß und tritt etwas mehr vor.

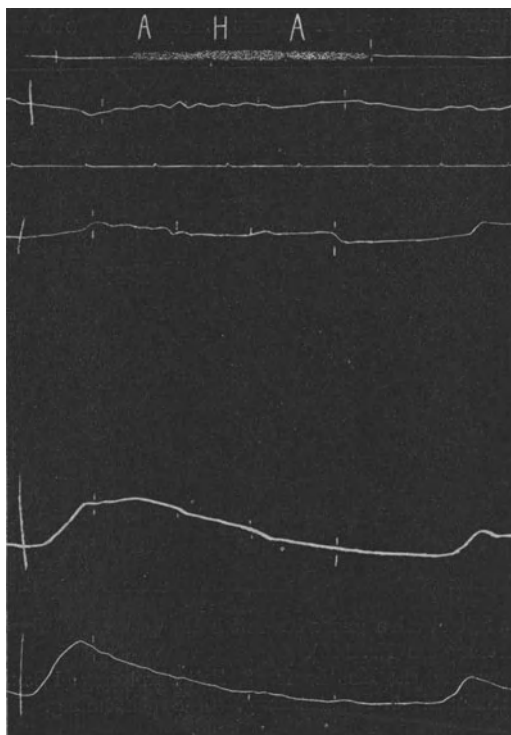


Abb. 60. Gesummte Tonfolgen A H A (Konzertsänger Nr. 327).

1. Stimmkurve. 2. Horizontale Kehlkopfbewegung. 3. Zeitschreibung: 1 Sek. 4. Vertikale Kehlkopfbewegung. 5. Brustatmung. 6. Bauchatmung.

ganzen Tonstufe, so wird die Übergangsbewegung ein klein wenig größer als beim Halbton-Intervall. Der Unterschied ist aber gering und (auf den Kurven) kleiner als ein Millimeter. Kehrt der Singende vom oberen Ton nochmals auf den zuerst angegebenen zurück, singt er also z. B. die Tonfolge a h a oder a b a, so verhalten sich die Atem- und Kehlkopfcurven genau den bisherigen entsprechend, d. h. der Kehlkopf tritt beim dritten Ton wieder tiefer und zurück, aber nicht ganz so tief wie beim ersten, da mittlerweile die Ausatmung sich ihrem Ende nähert hat (Abb. 60).

Die bisher beschriebenen Vorgänge weichen in keiner Weise von

Ist der zweite Ton der tiefere, so sinkt er ein klein wenig und tritt etwas zurück. Die Übergänge von einer Stellung zur anderen sind nicht schroff, die Winkel, welche die laryngographische Linie an dieser Stelle bildet, sind stumpf. Nachdem der zweite Ton verklungen ist, kehrt der Kehlkopf mit einer von dessen Tonhöhe abhängigen Abstellbewegung zur Ruhelage zurück. Die laryngographische Kurve zeigt aber neben dieser Bewegung noch ein allmähliches Auf- und Vorwärtstreben des Kehlkopfs mit der Ausatmung, während deren das Organ bekanntlich immer etwas nach oben und vorn tritt. Entspricht das gesungene oder gesummte Intervall einer

den gewöhnlichen Erscheinungen bei der Tongebung ab, wie wir sie schon oben kennengelernt haben: Einstellbewegung, Abstellbewegung und dazwischen die Strecke, die mit der Phonation zusammenfällt. Dieses Verhalten aber ändert sich, sobald der musikalische Wert eines Tones von dem zweiten abweicht, wenn also das Intervall in der Art eines Vorschlages gesungen oder gesummt wird, z. B. die Tonfolge a h a im Rhythmus $\text{—} \cup \text{—}$. Die Änderung betrifft hierbei nicht nur den Rhythmus, sondern gewöhnlich auch die Tonstärke, und zwar in der Weise, daß die Vorschlagsnote nicht nur kürzer, sondern auch schwächer intoniert wird. Die Tonfolgen waren bei dieser Versuchsreihe die gleichen, nämlich a h a, a b a, in einem Falle auch noch g a g, gis a gis, oder d e d. Der Rhythmus war immer $\text{—} \cup \text{—}$, also dem Anfang des gewöhnlichen, von unten nach oben geschlagenen Trillers entsprechend. Um

Einzelheiten der Bewegung besser zu erkennen, wurden dann noch einfachere Tonfolgen von nur zwei Tönen aufgenommen, die sich durch Dauer und Stärke deutlich unterschieden, z. B. d e oder e d im Rhythmus $\text{—} \cup$ und umgekehrt d e und e d im Rhythmus $\cup \text{—}$. Zu diesen Versuchsreihen zählen 70 Aufnahmen von 8 Versuchspersonen, nämlich den gleichen Versuchspersonen der vorherigen Versuche, von denen nur ein Konzertsopran ausscheidet. Unsere Aufmerksamkeit wird sich hauptsächlich jenen Bewegungen zuwenden, die beim Übergang vom Hauptton zum Vorschlag und zurück zum Hauptton beobachtet werden. Da dieser Vorgang verhältnismäßig schnell abläuft, so werden wir zu seiner Beurteilung Aufnahmen an rasch gedrehter Trommel (Geschwindigkeit etwa 37 mm pro Sekunde) heranziehen müssen.

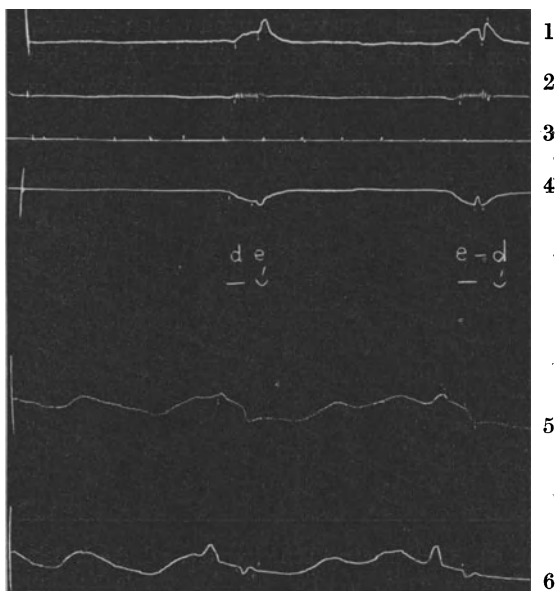


Abb. 61. Rhythmisierte Tonfolgen de und ed (Tenor Nr. 289). 1. Horizont. Kehlkopfbewegung. 2. Stimmkurve. 3. Zeitschreibung: 1 Sek. 4. Vertikale Kehlkopfbewegung. 5. Brustatmung. 6. Bauchatmung.

Bei den Tonfolgen d e und e d im Rhythmus — ζ erkennt man auf Abb. 61 deutlich den Vorschlagsstoß in den Atemkurven, und zwar größer, aber flacher an der thorakalen, kleiner, aber steiler, also kürzer an der abdominalen Kurve. Der Kehlkopf macht zur kurzen betonten höheren Note eine kleine, kurze, steile Stoßbewegung vor und aufwärts, der eine mächtige Abstellbewegung nach rückwärts unten auf dem Fuß folgt. Beim Übergang zur kurzen, betonten, tieferen Note erscheint an der Kehlkopfkurve die nach unten rückwärts gerichtete Zacke noch steiler und ihr folgt eine mächtige Abstellbewegung, zuerst nach vorn oben, worauf der Kehlkopf zur Ruhelage zurückkehrt, Man könnte

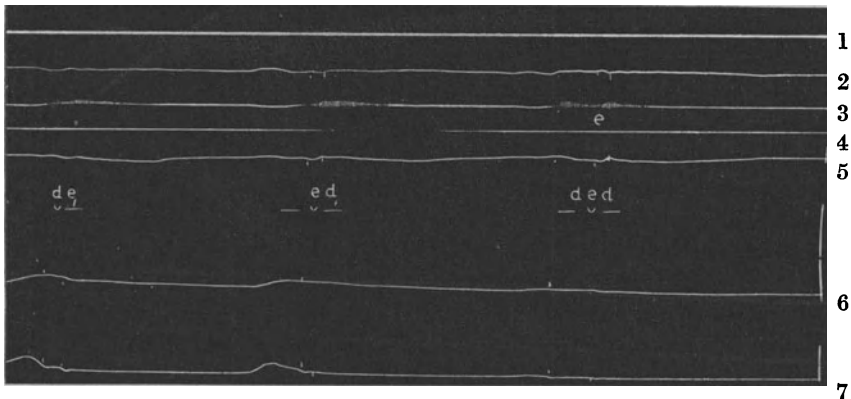


Abb. 62. Rhythmisierte Tonfolgen d e, e d, d e d. Schnellaufnahme (Tenor Nr. 289). 1. Zeitschreibung: $\frac{1}{50}$ Sek. 2. Horizontale Kehlkopfbewegung. 3. Stimmkurve. 4. Gerade Linie. 5. Vertikale Kehlkopfbewegung. 6. Brustatmung. 7. Bauchatmung.

beim Betrachten dieser Kurven an das Abgleiten der Laryngographenpelotte denken, wenn nicht durch Betastung die Richtigkeit der graphischen Darstellung nachweisbar wäre. Die Aufnahmen der gleichen Tonfolgen in umgekehrtem Rhythmus sind bei größerer Geschwindigkeit gemacht worden (Abb. 62). Sie zeigen beim Übergang zum langen, betonten, höheren Ton eine sanftere Kurve, die zuerst etwas ansteigt, der dann aber infolge des vorübergehenden Anwachsens der Tonstärke eine kleine, kurzdauernde Senkung folgt. Umgekehrt ist die rück- und abwärtsgerichtete Bewegung beim Übergang zum langen, betonten, tieferen Ton größer und von einer der anfänglichen Intensitätsabnahme entsprechenden deutlicheren, aber ebenfalls kurzen Aufwärts- und Vorwärtsbewegung gefolgt. Im zweiten Falle streben beim Übergang zur betonten tieferen Note die beiden Kräfte, welche die Tonverstärkung und Vertiefung erzeugen, in gleicher Richtung, im

ersten Falle, nämlich beim Übergang zur betonten höheren Note, wirken sie sich entgegen.

Die zahlreichsten unter meinen Aufnahmen zeigen den Vorgang beim Summen oder Singen der rhythmisierten Tonfolgen $a h a$, $a b a$, bzw. $a^1 h^1 a^1$, $a^1 b^1 a^1$ beim Sopran und Alt, $A H A$, $A B A$, bzw. $a h a$, $a b a$ beim Tenor. Der Verlauf der Atemkurven bei diesen Tonfolgen unterscheidet sich nur dadurch von jenem bei den gleichen nichtrhythmisierten Tonfolgen, daß gewöhnlich dem Übergang zur Vorschlagsnote eine kleine stoßartige Zacke, fast immer an der Bauchatmung, entspricht (Abb. 59 S. 237). Sie kann fehlen, wenn der Stärkeunterschied sehr gering war, sie kann von einem kleinen Stoß der Brustatmung begleitet sein, wenn jener stärker war. Immerhin sind beim Tenor, Sopran und Alt unabhängig vom Singatemptypus die dem Vorschlag entsprechenden kleinen expiratorischen Stöße gewöhnlich nur an der Bauchkurve, seltener an beiden Kurven und dann an der thorakalen weniger energisch ausgeprägt (Abb. 61 S. 239).

In den laryngographischen Kurven entspricht dem Vorschlag eine kleine Zacke nach vor- und aufwärts, und zwar meistens stärker nach vorwärts als nach aufwärts, die von einer erheblichen, den Anstieg häufig an Größe übertreffenden Rückschlagsbewegung nach abwärts rückwärts gefolgt ist. Dieser schon an langsamen Aufnahmen hervortretende stärkere Rückschlag erklärt sich aus dem Stärkeverhältnis der drei Töne. Wenn man nämlich Schnellaufnahmen solcher gesummter Tonfolgen (vgl. Abb. 62 d e d) macht, auf denen auch die nasale Stimmkurve dargestellt ist, so findet man, daß der erste Ton schon vor dem Einsetzen der Vorschlagsnote an Intensität abnimmt. Daher rückt der Kehlkopf schon gegen das Ende des ersten tieferen Tons etwas nach aufwärts und vor, weshalb der Stoß zum Vorschlag sich nur noch in einer ganz geringen Vor- und Aufwärtsbewegung ausdrückt, während der Rückweg zum dritten, tiefen, stärkeren Ton sich jetzt rasch in Form eines Schlags vollzieht, wobei der Kehlkopf wieder gleich tiefgestellt wird, wie im Anfang des ersten Tons. Auch der expiratorische Stoß scheint den zweiten tiefen Ton mit zu treffen. Damit ist auch die höchste Intensität des dritten Tons gleich im Anfang erreicht. Er wird wieder schwächer, und dementsprechend steigt der Kehlkopf dann wiederum ein wenig auf- und vorwärts. Durch diese mit dem Stärkeakzent schwankende Bewegung des Kehlkopfs wird der rasche Tonhöhenwechsel offenbar erleichtert, denn während des Abklingens der tieferen Note wird der Aufstieg des Kehlkopfs zur höheren schon vorbereitet.

Das läßt sich am besten feststellen, wenn man Aufnahmen von langsamen, nicht rhythmisierten Tonfolgen wie $a h a h a$ mit solchen vergleicht, bei denen der höhere Ton als Vorschlag gesungen wird. Solche Tonfolgen von je 5 Tönen wurden wiederum in zwei ver-

schiedenen Tonlagen, nämlich in der großen und kleinen, bzw. kleinen und eingestrichenen Oktave von einem Tenor, vier Sopranen und einer Altistin aufgenommen. Diese 50 Aufnahmen sind ebenfalls von Halb- und Ganzton-Intervallen gemacht worden, also in der Reihenfolge a h a h a oder a b a b a (Abb. 63). Bei langsamen, nicht rhythmischen

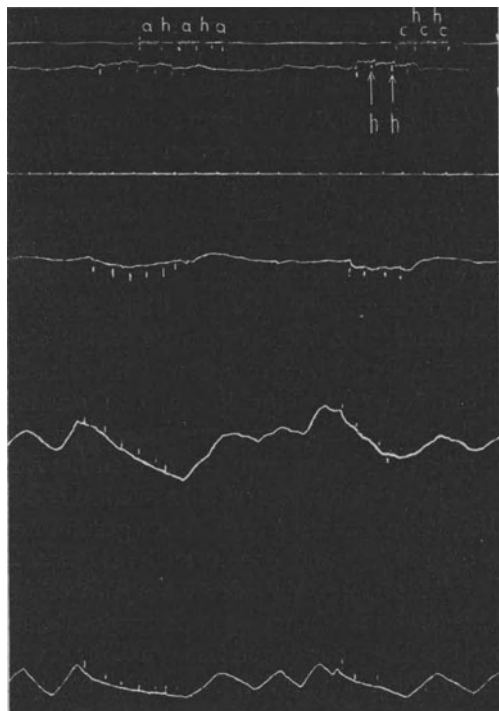


Abb. 63. Gesummte Tonfolgen a h a h a, zuerst nicht rhythmisch, dann h als Vorschlagsnote (Konzertsängerin Nr. 140).

1. Stimmkurve. 2. Horizontale Kehlkopfbewegung. 3. Zeitschreibung: 1 Sek. 4. Vertikale Kehlkopfbewegung. 5. Brustatmung. 6. Bauchatmung.

ersten Tones entsprechend eingestellt und rückt dann zum höheren Ton jeweils eine Spur nach aufwärts und vorn, beim tieferen wieder etwas rückwärts und abwärts, um am Schluß des letzten Tons mit einer Abstellbewegung zur Ruhelage zurückzukehren. Diese Bewegungen sind gewöhnlich sehr klein und an der Kurve der Horizontalbewegung oft deutlicher abgesetzt als an der Vertikalkurve.

Sobald die Tonfolgen durch Verkürzung der höheren Note und Akzentuierung der tieferen rhythmisiert werden, kommt es in den

Tonfolgen war die Tondauer für den einzelnen Ton 0,8—1,6 Sekunden, die Dauer der 5 Töne zusammen schwankte zwischen 4 und 8 Sekunden. Sobald der höhere Ton als Vorschlagsnote gesummt wurde, trat natürlich eine wesentliche Verkürzung der Gesamtdauer auf 2—5 Sekunden ein, wobei jedoch der tiefere Ton nicht länger wurde als bei den un-

rhythmischen Tonfolgen. Betrachten wir zunächst die letzteren, so ergibt sich nichts wesentlich Neues. Die Atmung verläuft an Brust und Bauch gewöhnlich gleichmäßig; geringe Abstufungen an den Kurven, die den Tonhöhenwechsel anzeigen, sind hie und da, aber nicht immer nachweisbar. Der Kehlkopf wird zunächst der Höhe des


Atemkurven zu ein wenig steileren Abstufungen, entsprechend den kleinen Luftstößen, die zum Vorschlag erforderlich sind (Abb. 63). Diese Veränderungen der Atemkurve scheinen bei weniger ausgebildeten Stimmen deutlicher und gröber als bei geschulten.

An den laryngographischen Kurven treten entsprechend den kurzen Vorschlagsnoten kleine Zacken der horizontalen Kurve auf, die nach vorn gerichtet und von einer erheblichen Rückwärtsbewegung gefolgt sind. Gleichzeitige kleine Auf- und Abbewegungen der vertikalen Kurve sind nicht immer so deutlich, doch kann das am Übertragungsmechanismus liegen. Während dieser Tonfolgen macht der Kehlkopf wiederum noch eine der phonischen Ausatmung zugehörige geringe Aufwärtsbewegung, die namentlich dann deutlich wird, wenn er vorher tiefgestellt war.

Wenn nun aber die schnelle Rück- und Abwärtsbewegung des Kehlkopfs beim Übergang zur betonten tieferen Note von einer manchmal nicht unbeträchtlichen entgegengesetzt gerichteten Bewegung gefolgt ist, die mit einer Abschwächung des Tones einhergeht, so darf man in Anbetracht der Geschwindigkeit der Stoßbewegung (Akzent) wohl an das Zustandekommen eines Rückstoßes denken. Nach ISSERLIN kann bei wiederholten ruckweisen Fingerbewegungen ein Rückstoß auftreten. Das wird um so eher der Fall sein, je schneller die eine betonte Bewegung abläuft. Nach C. RIEGER ist eine schnelle Hin- und Herbewegung (an Armen oder Beinen) von 6—9 Schlägen in der Sekunde nur möglich mittels fortlaufenden elastischen Rückstoßes. Soll dieser bei einer langsamen Bewegung ausgeschaltet werden, so kann man es nur auf eine Geschwindigkeit von höchstens 3 Hin- und Herbewegungen in der Sekunde bringen.

Beim Trillern liegt die Sache nicht so einfach wie beim gewöhnlichen Hin- und Herbewegen. Kehlkopfbewegung und Atembewegung stehen in einer gewissen Wechselwirkung. Der expiratorische Stoß führt, wie wir bei der Betrachtung rhythmisierter einfacher Tonfolgen gesehen haben, zur kurzen Vorschlagsnote. Dagegen ist der Hauptton des Trillers der lautere und beim von unten nach oben geschlagenen Triller auch der tiefere, die Kehlkopfbewegung zu ihm hin ist also jener bei der Vorschlagsnote und der Expiration entgegengesetzt und auf ihm ruht der Akzent, wie aus jeder Aufnahme der Stimmkurve und auch aus der musikalischen Notenschreibung ersichtlich ist. Das gilt für den gewöhnlichen, von unten nach oben geschlagenen Triller. Dabei ist zu bemerken, daß im Sprachgebrauch der Sänger bisweilen Widersprüche vorkommen, welche die Bezeichnung der Schlagrichtung betreffen. Wir wollen daher für unsere Ausführungen annehmen, daß von der betonten Note aus der Triller geschlagen wird. Ist letztere tiefer (gewöhnliche Form) so wird der Triller von unten

geschlagen, liegt sie höher (seltener Form) so wird er von oben geschlagen, die Vorschlagsnote liegt also dann tiefer. Für diese Bezeichnungsweise ist es gleichgültig, mit welcher Note, der betonten oder unbetonten, tieferen oder höheren, der Sänger anfängt. Dagegen mag die Art und Weise des Anfangens von oben nach unten für den Sänger technisch einen Unterschied ausmachen.

In dem erwähnten Zusammenwirken zweier Funktionen, der Atem- und Kehlkopfbewegung, wozu noch die Stimmgebung kommt, liegt ein gewaltiger Unterschied zwischen den Bewegungen, die wir zu erkennen versuchen und jenen einfachen Fingerbewegungen, an denen ISSERLIN seine Beobachtungen anstellen konnte. Andererseits aber gibt uns gerade die Stimmfunktion ohne weiteres Auskunft über die Frage der Betonung. Wir müssen es als feststehend betrachten, daß beim Triller immer eine Note betont ist. Nun können bei diesen fortlaufenden Willkürbewegungen die Impulse immer nur in einer Richtung liegen, und ISSERLIN hebt hervor, daß „der Willkürimpuls immer nur an einer bestimmten Stelle merklich wird und so einen sonst ziemlich mechanischen Prozeß gewissermaßen dirigiert“. Diesen willkürlichen Impuls führt beim Triller die Atmung aus. Er unterbricht durch die Vorschlagsnote das dauernde Erklingen des tieferen stärkeren Tons. So lange nun die Töne langsam und rhythmisch aufeinander folgen, geschieht die Rückkehr zum tieferen Ton unter Kontrolle des Ohres durch eine augenblickliche bewußte Tonverstärkung, nachdem während des Atemstoßes der Kehlkopf gewissermaßen losgelassen wurde. Daher ist die Abwärts- und Rückwärtsbewegung bei den rhythmischen Tonfolgen  (Abb. 62) die steilere, kürzere, an die sich Erscheinungen einer Gegenbewegung anfügen, die wir wohl als Rückstoß deuten dürfen.

Die Trillerbewegung des Kehlkopfs müssen wir aber als eine mechanisierte fortlaufende durch Rückstoß gebundene Bewegung ansehen. Ihre Schlagzahl können wir durch laryngographische Aufnahme feststellen. Leider erlaubt diese Aufnahmetechnik aber nicht, das Verhältnis zwischen Geschwindigkeit und Weg zu berechnen, während Erscheinungen der Rhythmisierung und vielleicht auch der Ermüdung an den Kurven wohl nachweisbar sein dürften.

Bevor diese Fragen aber erörtert werden, wollen wir den Verlauf des Trillers an Atem- und Kehlkopfbewegungen im allgemeinen betrachten. Laryngographische und pneumographische Aufnahmen beim Trillern wurden von 33 Versuchspersonen (geübten und ungeübten) gemacht, und zwar im ganzen 263. Bei einem Teil gelang es auch, die nasale Stimmkurve beim gesummtten Triller mit aufzuzeichnen. Die größte Zahl der Aufnahmen, nämlich 180, stammt natürlich von Sopranstimmen, 12 Versuchspersonen, dann kommen die Tenöre mit 52 Auf-

nahmen von 9 Versuchspersonen, von 2 Mezzosopranen liegen nur 4 Trilleraufnahmen vor, von 3 Altistinnen dagegen 20. Bariton- und Baßstimmen eignen sich im allgemeinen wenig zu solchen Untersuchungen, weil Bässe selten trillern können, obwohl die Klassiker, z. B. BACH, auch Baßtriller geschrieben haben. Von 3 Baritonen und 4 Bässen konnte je eine Trilleraufnahme gewonnen werden.

Verfolgen wir zunächst die Atembewegungen beim Trillern. Sie weichen gewöhnlich nicht vom Singatemtypus ab, den die betreffende

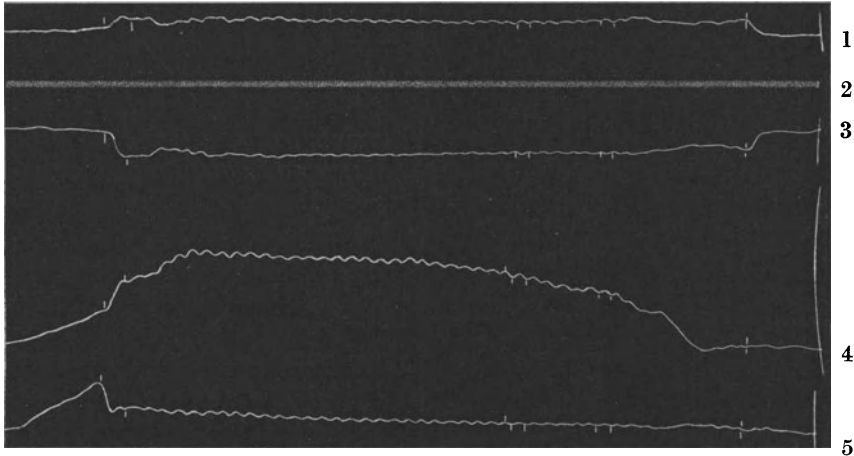


Abb. 64. Triller $\text{fis}^1 \text{gis}^1$, Vokal o (Tenor Nr. 800 KNOTE).

1. Horizontale Kehlkopfbewegung. 2. Zeitschreibung: $\frac{1}{50}$ Sek. 3. Vertikale Kehlkopfbewegung. 4. Brustatmung. 5. Bauchatmung.

Versuchsperson sich überhaupt angewöhnt hat. Bei der Mehrzahl der Sänger findet sich der kostoabdominale, ferner auch der kostale Typus. Bei einigen wenigen Sängern und Sängerinnen aber zeigen die Atemkurven teils während des ganzen Trillers, teils nur im Beginn desselben den Trillerschlägen zugeordnete kleine Stoßbewegungen, die sich von den gewöhnlichen Erscheinungen des Pulses in den pneumographischen Kurven durch ihre größere Frequenz unterscheiden. Außerdem werden sie auch an Atemkurven sichtbar, die während der Ruheatmung keine pulsatorischen Wellen aufweisen. Diese Trillerbewegung der Atemkurve ist nicht etwa ein Zeichen schlechter Ausbildung, denn ich habe sie am deutlichsten bei einem weltberühmten Tenor gefunden, der über eine ganz außergewöhnliche Stimmtechnik verfügt (Abb. 64), ferner noch bei zwei Tenören (Schüler und Konzertsänger), bei einem Konzertbaß, bei drei Sopranstimmen, einer Bühnen- (Operette) und zwei Konzertsängerinnen, und zwei Konzertaltistinnen. Demnach kann

MERKELS Vorschrift, „der expirative Luftstrom müsse beim Triller ganz gleichmäßig gegeben werden“, nicht als Gesetz gelten, wenn sie auch

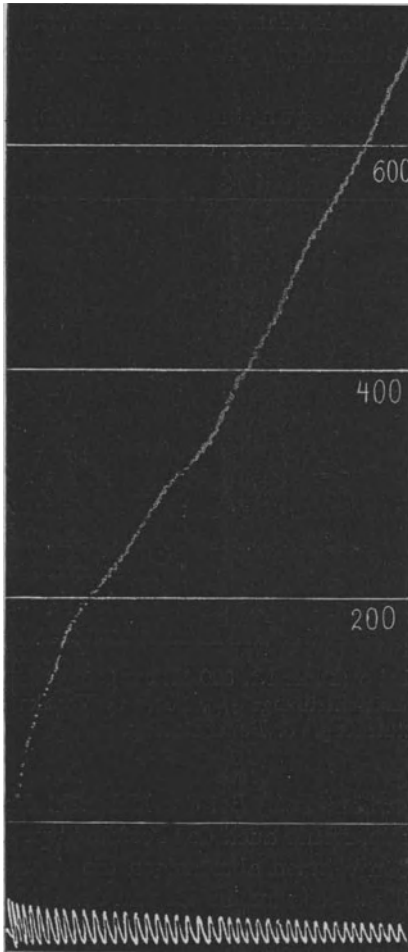


Abb. 65. Atemvolumkurve des Trillers
 $a^1 h^1$ (Konzertsängerin Nr. 27).
 Zeitschreibung: $\frac{1}{5}$ Sek.
 Die Zahlen bedeuten cm.

von der Mehrzahl der Sänger und Sängerinnen eingehalten wird. Es scheint aber, daß die Trillerbewegungen in der Atemkurve häufiger bei im Trillern nicht sehr geübten Sängerinnen vorkommt. Sie wurde bei Sopranen selten gefunden, und zwar nur bei einer ausgesprochenen Koloratursängerin im Anfang des Trillers und nur an der Brustatmung, ebenso bei einer nicht ausgesprochenen Koloraturstimme. Der dritte Sopran, eine bekannte Operettensängerin, zeigte Trillerbewegungen nur in der Bauchatmungskurve. Dagegen fanden sich diese Zitterbewegungen in den Atemkurven zweier Altistimmen, die eigentlich nicht zu trillern pflegen, und zwar beide Male deutlicher in der abdominalen als in der thorakalen Kurve. Von den Männerstimmen ist nur der schon erwähnte berühmte Tenor im Trillern geübt, obwohl er als Heldentenor nur hier und da bei italienischen Opernpartien von dieser Technik Gebrauch macht. Hier kamen starke Trillerbewegungen an Brust- und Bauchatmung während des ganzen Trillers zur Beobachtung (Abb. 64). Die beiden anderen Tenöre, ein Schüler und ein Konzertsänger, hatten keinerlei Ausbildung im Trillern, von ihnen zeigte der

erste Trillerbewegungen an der Bauchkurve, der zweite an beiden Kurven. Ebenfalls ungeübt im Trillern war ein Konzertbassist, dessen Bauchkurve deutlich mit den grobschlägigen Kehlkopfbewegungen mitging (Abb. 68 S. 251).

Demnach hat es den Anschein, als ob Trillerbewegungen der Atemmuskulatur im allgemeinen überhaupt selten, aber bei starken, sogenannten schweren Stimmen häufiger vorkommen und namentlich dem eigentlichen Koloratursopran fremd seien. Bei im Trillern ungebübten tieferen Stimmen treten sie verhältnismäßig häufiger auf und leiten hier öfters den Triller gewissermaßen ein, sie sind an der Bauchkurve entweder allein oder wenigstens stärker ausgeprägt. Im Verhältnis zur Zahl der Untersuchten ist ihr Vorkommen bei tieferen Stimmen häufiger, bei hohen seltener.

An Trilleraufnahmen mit dem Atemvolumschreiber von GUTZMANN-WETHLO läßt sich aber zeigen, daß die Luftstöße tatsächlich verschieden stark sind, auch wenn die pneumographische Aufnahme keine Trillerbewegungen wiedergibt. Solche Aufnahmen beweisen nebenbei wiederum, mit welcher Genauigkeit der Apparat von GUTZMANN-WETHLO arbeitet (Abb. 65).

Die laryngographische Aufnahme der Kehlkopfbewegung beim Trillern lehrt uns, daß es sich dabei keineswegs um eine reine Auf- und Abbewegung handelt, wie ältere Autoren angenommen haben.

Bevor wir auf die Eigenart dieser Bewegungen eingehen, darf daran erinnert werden, daß es mir gelungen ist, den ZWAARDEMAKERSchen Apparat auf seine Leistungsfähigkeit bei der Wiedergabe rascher fortlaufender Bewegungen zu prüfen. Mittels meines hierzu gebauten kleinen Schlittenapparates, der meßbare horizontale und vertikale Bewegungen in kleiner Ausdehnung liefert, konnte ich nachweisen, daß der mit ihm in Verbindung gebrachte Laryngograph solche gleichmäßige schnelle Bewegungen in Form von Sinuskurven richtig wiedergibt, deren Höhe bei unserer Versuchsanordnung der aufgenommenen Bewegungsgröße ziemlich genau entspricht. Nur auf Grund dieser vorhergegangenen Prüfung dürfen wir die Trilleraufnahmen mit dem ZWAARDEMAKERSchen Apparat zur Beurteilung der Kehlkopfbewegungen heranziehen, wobei immer noch zu bedenken ist, daß die Gefahr des Abgleitens der Pelotte am Kehlkopf während des Trillerns recht groß ist. Demnach können laryngographische Trillerkurven ganz ebenso wie alle anderen Aufnahmen von Kehlkopfbewegungen durch Abgleitkurven unterbrochen oder durch Vorbeigleitkurven gefälscht sein. Solche Fehler aber berühren mehr den Verlauf der Kurve im großen und ganzen, die kleinen Trillerbewegungen selbst werden weniger von ihnen beeinflußt. Mit den letzteren wollen wir uns an dieser Stelle aber beschäftigen.

Schon die oberflächliche Betrachtung meiner zahlreichen laryngographischen Trilleraufnahmen zeigt, daß fast stets die Kurve der wagrechten Kehlkopfbewegung deutlicher bzw. in den Ausmaßen größer erscheint als jene der senkrechten. Selbst gesetzt den Fall, das liege an der Untersuchungsmethode — die Aufnahmen mit dem Schlittenapparat, an dem die Pelotte allerdings fester anliegt als namentlich am weiblichen Kehlkopf, sprechen dagegen — also selbst Versuchsfehler vorausgesetzt, beweist diese Tatsache, daß es sich beim Trillern immer um Schüttelbewegungen des Kehlkopfs in vertikaler und horizontaler Richtung handelt. Dabei entspricht, wie man

sich durch Aufnahmen an der schnellaufenden Trommel mittels Einzeichnung der synchronen Punkte leicht überzeugen kann, der Aufwärtsbewegung eine gleichzeitige Vorwärtsbewegung, dem Stoß nach unten ein gleichzeitiger nach rückwärts. Die Forderung, laryngographische Aufnahmen durch das Getast nachzuprüfen, erscheint bei so raschen Bewegungen kaum erfüllbar. Dennoch gelingt es, mit der Fingerbeere nach den Angaben von GUTZMANN über die Palpation des Kehlkopfs den Bewegungen noch zu folgen, denn wir empfinden Stöße, die weniger als 12mal in der Sekunde vor sich gehen, noch als solche, dagegen „überall, wo wir in der Sekunde über 12–14 periodische Erschütterungen finden, sprechen wir von Vibration“ (GUTZMANN). Da beim Trillern die Stoßzahl, wie wir sehen werden, unter 10 liegt, so können wir ihnen mit dem Getast noch folgen. Um die Bewegung aber nach ihrer Richtung zu beurteilen, müssen wir die Fingerbeere einmal bei horizontaler Haltung der Hand auf die Schildknorpelkerbe legen, also senkrecht zur Vertikalbewegung des Kehlkopfs, wenn wir diese beobachten wollen. Richten wir unsere Aufmerksamkeit aber auf dessen Horizontalbewegung, so müssen wir die Hand, bzw. den Finger senkrecht von unten nach oben an den Kehlkopf legen, mit der Fingerbeere auf der vorderen Kante, an der die beiden Schildknorpel zusammenstoßen. So kann man deutlich die raschen Bewegungen des trillernden Kehlkopfs in beiden Richtungen mit dem Getast unterscheiden. Nachdem die Art der Kehlkopfbewegung beim Trillern feststeht, müssen wir nochmals kurz auf die Trillerbewegung in den Atemkurven zurückkommen. Zwar verfüge ich nur über verhältnismäßig wenige Schnellaufnahmen solcher Triller, an diesen aber ließ sich durch Einzeichnen der synchronen Punkte deutlich nachweisen, daß der kleine expiratorische Stoß in der Atemkurve gleichzeitig mit der Ab- und Rückwärtsbewegung des Kehlkopfs einhergeht (Abb. 64)

Abgesehen von der Form der Trillerbewegung des Kehlkopfs im großen und ganzen, ermöglicht uns aber die Laryngographie noch eine Reihe von Eigentümlichkeiten dieser Bewegung festzustellen, die für die Erkenntnis des Vorgangs von Wichtigkeit sein dürften.

Betrachtet man zunächst die zahlreichen Aufnahmen mit Rücksicht auf die Gleichmäßigkeit der Kurven, so ergibt sich, daß absolut gleichmäßig ablaufende Kurven, bei denen sich Schlag auf Schlag mit gleicher Kurvenhöhe folgen, überhaupt nicht vorkommen. Bei allen Sängern und Sängerinnen zeichnet der Laryngograph wechselnd bald höhere, bald flachere Erhebungen, die gewöhnlich in Gruppen ungefähr gleicher Höhe zusammengefaßt werden können. Hiervon wird noch die Rede sein.

Jedenfalls müssen wir diese Triller mit unerheblichen Kurvenunterschieden noch zu den gleichmäßigen rechnen. Ungleichmäßige

Kurven dagegen nennen wir solche mit auffälligen Unterschieden und Unregelmäßigkeiten im Verlauf des Trillers, also mit teilweise steilen und großen Erhebungen, die unregelmäßig abwechseln mit kleinen und mittleren, breiten, also flachen und ungleich geformten. Es liegt nahe, anzunehmen, daß letztere von überhaupt ungeschulten oder im Trillern nicht ausgebildeten Stimmen herrühren. Das stimmt durchaus mit den Aufzeichnungen über die verschiedenen Versuchspersonen überein.

Im obigen Sinne gleichmäßige laryngographische Trillerkurven (Abb. 64), fanden sich bei einem ausgesprochenen Koloratursopran (Bühne) und 4 Konzertsopranen, die im Trillern geschult waren, ferner bei einer Mezzosopranistin (ausgebildete Dilettantin) und zwei Altistinnen (Konzertsängerin und Schülerin), die beide gut singen konnten, aber im Trillern nicht besonders geschult waren. Von den männlichen Versuchspersonen lieferten vier im Trillern mehr oder minder geschulte Bühnenteenöre gleichmäßige Kurven, ferner ein Konzerttenor sowie ein im Trillern nicht geschulter guter Konzertbariton und ein Konzertbaß.

Die ungleichmäßigen Trillerkurven stammten alle von im Trillern ungeschulten Sängern und Sängerinnen, vielfach von Schülern, nämlich von 5 Sopranen (3 Schülerinnen, einer Operettensängerin und einer ausgebildeten Dilettantin), einer Mezzosopranistin und einer Altistin (Konzertsängerin), ferner von 4 Tenören (einem Konzertsänger und drei Schülern, Abb. 66), von einem Bariton (Schüler) und zwei Bassisten (Bühnensänger und Schüler). Hieraus geht hervor, daß zwar die Gleichmäßigkeit der Trillerkurve ein Zeichen der Schulung ist, aber offenbar nicht das einzige, denn auch im Trillern ungeschulte Stimmen vermögen hie und da, wenn auch selten, gleichmäßige Trillerkurven zu liefern.

Wir müssen also nach einem weiteren phonetischen Kriterium für die Güte des Trillers suchen und wenden uns deshalb zur Betrachtung der Schlagzahl. Da ist es nun auffällig, daß unter allen Aufnahmen sich keine findet, auf der auch nur die Zahl von 9 pro Sekunde erreicht wird. Sogar die Schlagzahlen 7 und 8 sind verhältnismäßig selten. Es ist vielleicht möglich, daß die laryngographische Aufnahmetechnik, und zwar nicht nur der Druck der Pelotte, sondern die nach hinten gericht-

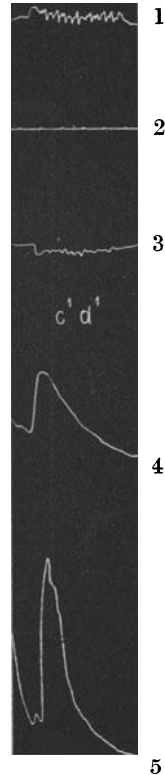


Abb. 66. Triller $c^1 d^1$ (Opernsänger, Anfänger Tenor Nr. 92).

1. Horizontale Kehlkopfbeweg.
2. Zeitschreibung: 1 Sek.
3. Vertik. Kehlkopfbeweg.
4. Brustatmung.
5. Bauchatmung.

tete Kopfhaltung, wobei der Hals vorn etwas angespannt wird, die Sänger am schnellen Trillern hindert, denn beim Trillern pflegen sie den Kopf sonst gerne nach vorn zu senken. Bei den Aufnahmen wurde ferner nur selten etwas über die Schnelligkeit des Trillerns gesagt, sondern es blieb den Versuchspersonen überlassen, wie sie das machen wollten. Absichtlich schnelle und absichtlich langsame Triller wurden nur

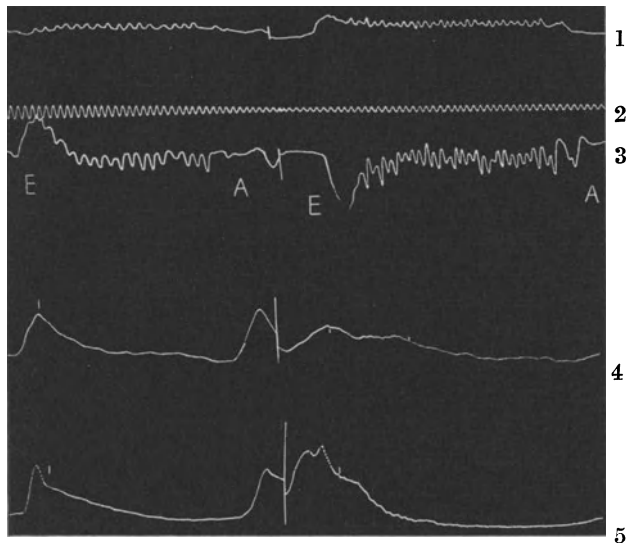


Abb. 67. Triller $g a$ (3 pro Sek.) und $g^1 a^1$ (4,6 pro Sek.) (Konzertaltistin Nr. 1005).
 1. Horizontale Kehlkopfbewegung. 2. Zeitschreibung: $\frac{1}{5}$ Sek. 3. Vertikale Kehlkopfbewegung. 4. Brustatmung. 5. Bauchatmung.
 E = Einstellung. A = Abstimmung.

einige Male verlangt, nachdem vorher schon Aufnahmen ohne Beeinflussung der Geschwindigkeit gemacht worden waren. Es ist also eine Folge der vielleicht nicht ganz zweckmäßigen Versuchsanordnung, wenn bei ein und derselben Versuchsperson Triller mit ganz verschiedener Schlagzahl zur Aufnahme kamen. Eine verhältnismäßig hohe Schlagzahl ist aber doch ein ziemlich sicheres Merkmal des geschulten Trillers; mehr läßt sich auf Grund unseres Materials nicht sagen. Das Maximum von 8,5 Schlägen pro Sekunde erreichte der mehrfach schon erwähnte bekannte Bühnentenor (Abb. 64), ferner drei Konzertsängerinnen mit Bühnenpraxis (8 und 8,4 Schläge); die übrigen Sänger und Sängerinnen brachten es meistens, wenn sie geschult waren, auf 4,5–6 Schläge (bei langsamen Trillern im älteren Stil war die Schlagzahl gewöhnlich etwa 5), wenn sie nicht geschult waren nur auf 3,5–5,5 Schläge (Abb. 66). Noch geringere Schlagzahlen von 2–3,5, wie sie bei im

Trillern ungeschulten tiefen Stimmen vorkommen (Abb. 67), also bei Bariton und Baß, selten beim Sopran, sind eigentlich keine Trillerschläge mehr, sondern nur noch der laryngographische Ausdruck rasch abwechselnder undulierender Tongebung. Immerhin gibt es aber auch gute Baßtriller mit einer Schlagzahl von 5 pro Sekunde (Abb. 68). Der Unterschied zwischen absichtlich schnellen und absichtlich langsamen Trillern wurde nur bei wenigen Versuchen geprüft und ergab zwischen beiden eine Differenz von 1 bis höchstens $2\frac{1}{2}$ Schlägen pro Sekunde. Als Beispiele dafür mögen folgende Schlagzahlen gelten, wovon die erste kleinere jeweils dem willkürlich langsamen Triller entspricht 5,2 : 7,7; 5,2 : 7,6; 6 : 7,2; 5 : 6,2.

Entsprechend den Erfahrungen an Trillern von tiefen Stimmen müßte man annehmen, daß die Tonhöhe überhaupt einen Einfluß auf die Schlagzahl ausübe. Will man dieser Frage näher treten, so darf man natürlich nur Triller verschiedener Tonhöhe, die etwa eine Oktave oder mehr auseinander liegen und von der gleichen Versuchsperson während ein und derselben Aufnahme hintereinander gesungen wurden, miteinander vergleichen; da sonst außer der Tonhöhe alle möglichen anderen Beeinflus-

sungen der Schlagzahl denkbar sind. Die Zahl solcher Versuche ist ebenfalls nicht groß. Von fünf Sopranen, zwei Altistinnen und drei Tenören wurden solche Trilleraufnahmen verschiedener Tonhöhe in einer Sitzung gewonnen (Abb. 67). Meistens war ein Unterschied in der durchschnittlichen Schlagzahl zugunsten des höher liegenden Trillers feststellbar, z. B. bei drei Sopranen für den a h Triller 3,5–6, für den a¹ h¹ Triller 4,5, 5,5–7, für 3 Tenöre beim g a Triller 5–5,5–8, für den g¹ h¹ Triller 6–7,4–8,5 Schläge pro Sekunde. Wie

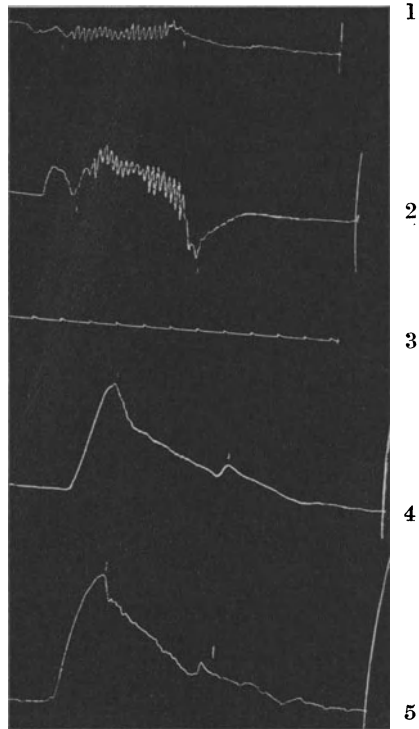


Abb. 68. Triller g a (Konzertbaß Nr. 1009).

1. Horizontale Kehlkopfbewegung. 2. Zeitschreibung: $\frac{1}{5}$ Sek.
3. Vertikale Kehlkopfbewegung. 4. Brustatmung.
5. Bauchatmung.

man sieht, sind die Unterschiede nicht sehr groß. Die Frage könnte an einem größeren Material nachgeprüft werden, wobei die Töne innerhalb des Stimmumfangs so zu wählen wären, daß sie nicht allzu nahe

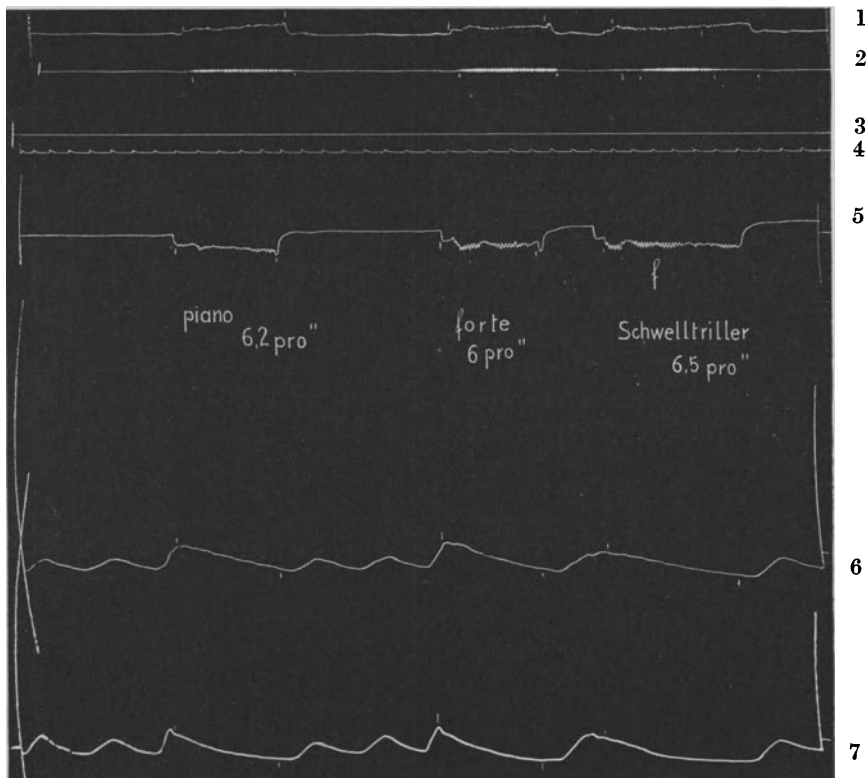


Abb. 69. Gesumelter Triller $cis^2 dis^2$ (Konzertsängerin, Koloratursopran Nr. 27).
 I. piano 6,2 pro Sek. II. forte 6,0 pro Sek. III. Schwelltriller 6,5 pro Sek.
 1. Horizontale Kehlkopfbewegung. 2. Stimmkurve. 3. Gerade Linie. 4. Zeitschreibung: 1 Sek. 5. Vertikale Kehlkopfbewegung. 6. Brustatmung. 7. Bauchatmung.

an seiner oberen oder unteren Grenze liegen. Auch auf Schulung und Gewöhnung wäre dabei mehr zu achten. Vermutlich würden sich dann innerhalb einer mittleren Tonstrecke keine wesentlichen Unterschiede in der Schlagzahl zwischen dem oberen und unteren Ende ergeben.


Eine weitere Frage ist, wie sich Trillerkurven verschiedener Tonstärke unterscheiden. Auch hierüber sind die Untersuchungen noch nicht als abgeschlossen zu betrachten, weil die Zahl der Versuche noch klein ist. Immerhin konnte an ungefähr 20 Aufnahmen ein Unterschied

in der Schlagzahl zwischen einem piano oder sogar pianissimo und einem forte gesungenen Triller nicht gefunden werden. Dagegen ist ein Höhenunterschied an den laryngographischen Kurven zu beachten, der meistens mit der Tonstärke übereinstimmt (Abb. 69). Demnach erscheinen die Trillerschläge des Fortetrillers höher als jene des Pianotrillers. Auch beim Schwelltriller steigt und sinkt die Höhe der Ausschläge mit der Tonstärke. Hier und da können aber im Beginn des Anschwellens vorübergehende flachere Ausschläge auftreten. Von Schwelltrillern wurden an 5 Versuchspersonen 30 Aufnahmen gemacht, die von der Trillerbewegung abgesehen, die gleichen Besonderheiten zeigen wie Aufnahmen von Schwelltönen, nämlich Tiefertreten des Kehlkopfs beim Forte, das gewöhnlich mit einem Vorwärtsrücken einhergeht (selten mit einer geringen Rückwärtsbewegung). Bei einer Versuchsperson wurde aber auch das entgegengesetzte Verhalten bei Forte und Piano bzw. Schwelltrillern an einigen (nicht an allen) Aufnahmen beobachtet und durch Kontrolle mit dem Getast als tatsächlich erkannt. Hier nahmen die Ausschläge beim Forte an Höhe ab, der Fortetriller zeigte weniger hohe Ausschläge als der Pianotriller. Das mag mit der stärkeren Fixation des Kehlkopfs beim Forteton zusammenhängen, die größere Ausschläge in senkrechter und wagerechter Richtung verhindert.

Wie lange ein Triller gehalten werden kann, ist in erster Linie eine Frage der Atemtechnik. Da aber unter allen Umständen die Dauer gewöhnlich begrenzt ist, so dürfen wir auch am langgehaltenen Triller keine wesentlichen Ermüdungserscheinungen erwarten. Es gelang aber doch, an 10 Trilleraufnahmen durch Vergleich zwischen Anfang und Ende der Kurven (Schnellaufnahmen mit Zeitschreibung $\frac{1}{50}$ Sekunde) festzustellen, daß viermal die Schlagzahl unverändert geblieben war, während sie sechsmal abgenommen hatte, und zwar beim längsten Triller, der 14 Sekunden aufgenommen war, um einen ganzen Schlag pro Sekunde, sonst gewöhnlich um ein viertel bis $\frac{1}{2}$ Schlag bei Trillern, die allerdings nur 7–10 Sekunden lang aufgenommen waren. Sonstige Ermüdungserscheinungen, wie sie ISSERLIN an lange fortlaufenden Bewegungen gefunden hat, also Ungleichheiten in der Kurvenform und auffällige Abweichungen in der Kurvenhöhe waren nicht nachweisbar, jedenfalls weil die Dauer solcher Aufnahmen viel zu kurz ist. Möglicherweise könnten aber solche Ermüdungskurven erhalten werden, wenn man oft hintereinander lang gehaltene Triller ausführen ließe und dann jeden 5 oder 10 Sekunden lang aufnehmen würde.

Ein anderes Merkmal der fortlaufenden gebundenen Bewegungen ist jedoch stets zur Beobachtung gekommen, nämlich eine Art von Rhythmisierung, vorausgesetzt, daß es sich um geschulte Triller handelte. Bei ungeschulten waren die Kurven überhaupt gewöhnlich

so unregelmäßig, daß charakteristische Gruppierungen einzelner aufeinander folgender Schläge nicht zum Ausdruck kamen (Abb. 67). Bei den geschulten Trillern dagegen ließen sich Gruppen von je 3, 4, 5 selten mehr Schlägen gegeneinander abgrenzen. Die Beobachtung einer größeren Anzahl von Aufnahmen lehrt, daß die Zahl der zu einer Gruppe vereinigten Schläge mit der absoluten Schlagzahl des Trillers pro Sekunde im allgemeinen zunimmt (Abb. 64, 68, 69, 71). Die Gruppen werden teils durch Erhebungen annähernd gleicher Höhe gebildet, teils durch einzelne stärkere Erhebungen abgegrenzt. Im letzteren Falle hatte man den Eindruck, daß die Abgrenzung der Gruppen durch den Pulsstoß bestimmt wurde. Auch die Atemvolumkurve deutet darauf hin (vgl. Abb. 65). Der experimentelle Nachweis wäre noch zu führen. Auf den Zusammenhang von Puls und Rhythmus ist an anderer Stelle dieser Arbeit schon hingewiesen worden, doch darf man nach den Untersuchungen von MEUMANN u. a. in Puls- oder Atembewegungen nicht die Ursache, sondern nur organische Begleiterscheinungen des Rhythmus sehen. Die motorische Rhythmusbildung hängt offenbar von einer leichten Adaption unserer motorischen Zentren an einen bestimmten Wechsel der Impulse nach Zeit und Höheabstufungen zusammen. Der Rhythmus der Bewegungen erscheint nach MEUMANN als eine Veranstaltung zur Beschleunigung dieser Adaption und ihres höchsten Grades, des automatischen Ablaufs eines Bewegungswechsels. Bei einer etwaigen Rhythmisierung des Trillers kommen aber noch zwei andere Einflüsse in Betracht, nämlich einerseits der Takt, in dem unter Umständen getrillert werden muß. Dieser läßt sich durch markierendes Hervorheben z. B. jedes vierten Schläges leichter festhalten. Andererseits aber kann beim Lernen des Trillers das Zusammenfassen einer bestimmten Schlagzahl geübt worden sein. Jedenfalls neigt der Mensch dazu, fortlaufende schnelle Bewegungen zu rhythmisieren, wobei die Länge des wohlgefälligsten Rhythmus bei verschiedener Gliederzahl immer etwa eine Sekunde ist (BOLTON). Das stimmt mit den von uns gefundenen Gruppen der Trillerschläge ziemlich überein. Ebenso werden gleichartige sensorische Eindrücke unwillkürlich rhythmisiert (MEUMANN). Das Anpassen an einen Rhythmus erleichtert offenbar die Arbeit bei einer ganzen Reihe von Bewegungen und Tätigkeiten. Beim Triller hört man auch vielfach den rhythmischen Stoß als Tonverstärkung heraus. Ein von Zeit zu Zeit einsetzender neuer Impuls ist bei längerem Trillern auch deshalb nötig, weil sie sonst leicht musikalisch unrein werden, d. h. weil die deutliche Trennung von Haupt- und Nebenton sonst verwischt wird.

Die Einleitung zum Triller wird bisweilen in der ersten bis zweiten Sekunde von Kehlkopfbewegungen gebildet, die im Rhythmus  etwas langsamer verlaufen als die nachfolgenden Trillerschläge,

zu denen sie sich innerhalb einer Sekunde verhalten wie 4 bis 5 zu 6 bis 6,5, soweit sich das auf Grund von wenigen Aufnahmen angeben läßt, die von einem Bühnentenor stammen (Abb. 70). Man kann zur Beurteilung natürlich nur solche Aufnahmen verwenden, bei denen die Erscheinung unbeeinflußt vom Untersucher, also ganz von selbst zustande kam, gewissermaßen um besser ins Trillern hineinzukommen. Diese Bewegungen zeichnen sich durch kleinere Winkel am Übergang der Abwärts- zur Aufwärtsbewegung, bzw. von der Rückwärts- zur Vorwärtsbewegung aus. Dem Scheitel dieser Winkel entsprechen Erhebungen in der Stimm-

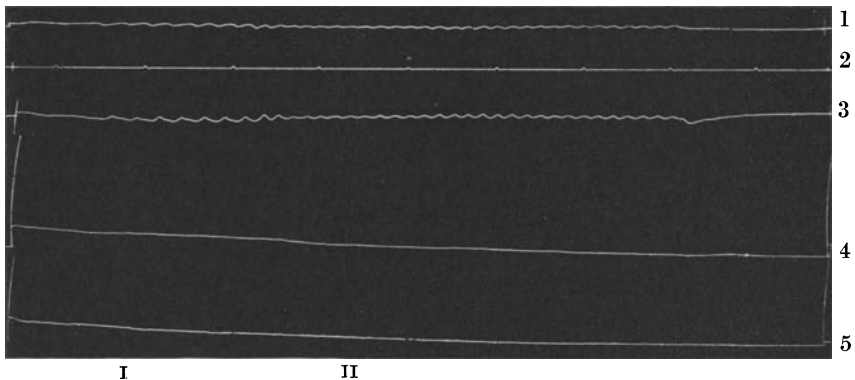


Abb. 70. Triller $h\ c^1$, Vokal o (Bühnentenor Nr. 289).

I. Einleitung zum Triller (4,5 pro Sek.). II. Eigentlicher Triller (6,25 pro Sek.).
1. Horizontale Kehlkopfbewegung. 2. Zeitschreibung: 1 Sek. 3. Vertikale Kehlkopfbewegung. 4. Brustatmung. 5. Bauchatmung.

kurve, also größere Amplituden infolge von Tonverstärkung, wenn, wie das gewöhnlich geschieht, der Triller von unten nach oben geschlagen wird. Durch Beschleunigung dieser rhythmischen Bewegung, offenbar mit Ausnützung des von unten nach oben gerichteten Rückstoßes, der auf die willkürliche Abwärtsbewegung folgt, entsteht dann die eigentliche Schüttelbewegung beim Triller.

Eine wesentlich andere Bedeutung hat der sogenannte Nachschlag. Wir können ihn als eine musikalische Phrase bezeichnen, mit welcher der Triller gerne beendet wird. Er wird bewußt und absichtlich dem Triller angehängt oder jeweils nach Belieben weggelassen. Er mag aus der Schwierigkeit entstanden sein, von der Trillerbewegung zu einem darauf folgenden gehaltenen einzelnen Ton einer Melodie richtig überzugehen (von ästhetischen Ursachen abgesehen). Nimmt man einen solchen Triller mit Nachschlag auf, so sieht man am Schluß der Wellenbewegung der laryngographischen Kurve eine flachere und

längere Abbiegung nach oben vorn auftreten, der sich einige kleinere nach unten und rückwärts absteigende Stufen anschließen.

Die Beschreibung der Kehlkopfbewegung beim Trillern wäre nicht vollständig, wenn wir den Verlauf dieser Bewegung beim einzelnen Schlag außer acht lassen würden. Es ist sehr bedauer-

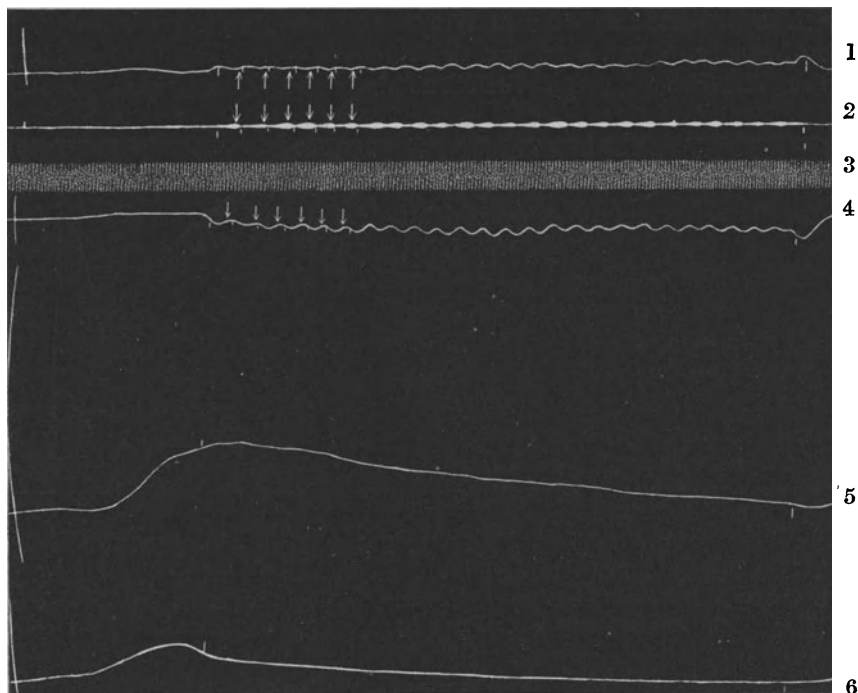


Abb. 71. Schnell gesumelter Triller $cis^1 dis^1$, Schlagzahl 7,6 pro Sek. (Konzertsängerin, Koloratursopran Nr. 27).

1. Horizontale Kehlkopfbewegung. 2. Stimmkurve. 3. Zeitschreibung: $\frac{1}{50}$ Sek.
4. Vertikale Kehlkopfbewegung. 5. Brustatmung. 6. Bauchatmung.

lich, daß unsere bisherige laryngographische Übertragungsmethode es, wie schon erwähnt, nicht erlaubt, diesen Vorgang durch Messung und Berechnung genauer zu erforschen. Demnach läßt sich über das Verhältnis zwischen Weg und Geschwindigkeit des Bewegungsablaufs nichts Bestimmtes aussagen. Wir sind darauf angewiesen, aus der Form der Kurve allgemeine Schlüsse zu ziehen. Das einzige, was noch etwa einer zahlenmäßigen Bestimmung zugänglich wäre, ist der Winkel, den die Kurve bei der Bewegungsumkehr einschließt. Derartige Winkelmessungen wurden an einigen Kurven des von unten nach oben geschlagenen Trillers mit akzentuiertem tieferen Ton ausgeführt. Sie

sind aber überflüssig, denn schon die Betrachtung erlaubt uns besonders an der Kurve der horizontalen, aber auch an jener der vertikalen Kehlkopfbewegung zu erkennen, daß der Übergang von der Rückwärts- zur Vorwärtsbewegung bzw. von der Abwärts- zur Aufwärtsbewegung sich rascher, d. h. in einem steileren Winkel (dessen Wert meist um 90° herum liegt) vollzieht, als der Übergang am Ende der Vorwärtsbewegung nach rückwärts, bzw. am Ende der Aufwärtsbewegung nach abwärts, dessen Winkel stumpf ist. Die Gipfel sind also am unten und rückwärts gelegenen Pol steiler. Nimmt man gleichzeitig beim gesummenen Triller die nasale Stimmkurve auf, so ergibt sich folgendes: Während der Kehlkopf verhältnismäßig langsam, also mit nicht sehr steiler Kurve nach unten rückwärts tritt, steigt die Stimmstärke des tieferen Tons allmählich an. Hat sie ihren Höhepunkt erreicht, so nimmt sie fast plötzlich ab, der Kehlkopf rückt mit einer viel rascheren Bewegung nach oben vor, und wohl noch ehe er seinen höchsten Stand erreicht hat, setzt der leisere höhere Nebenton ein, der dann wieder mit einer sanfteren Bewegung der laryngographischen Kurve nach ab- und rückwärts und allmählicher Zunahme der Amplitudenhöhe zum tieferen Hauptton zurückgeleitet wird (Abb. 71). Dieser Verlauf ist bei guten und raschen Trillern mit einigermaßen deutlich akzentuiertem Hauptton die Regel. Aber es sind nicht alle Stöße gleich, sondern deutliche steilere Kurven wechseln mit flacheren ab, an denen bisweilen kaum mehr ein Unterschied zwischen den beiden Winkeln sichtbar wird, während die Messung ihn noch aufdecken kann. Bei langsamerem Trillern mit weniger starker Akzentuierung des Haupttons ist der Verlauf der Stimmkurve ein wenig anders, da das Abbrechen des Fortetons nicht so plötzlich geschieht. Daher kommt es dann, daß die Dauer des Haupttons zeitlich fast die ganze Zacke der Ab- und Aufbewegung ausfüllt, während dem Nebenton die flachere Kurvenstrecke der vor- aufwärtsgerichteten Bewegung entspricht (Abb. 72, S. 258).

Die Ergebnisse unserer Untersuchung sind insofern merkwürdig, als nach ISSERLIN die zum akzentuierten Ton führende Bewegung die motorisch energischere sein sollte. Wenn man den ganzen Kurven-gipfel, der dem Hauptton zugehört, im Gegensatz zu jenem ins Auge faßt, der dem Nebenton entspricht, so trifft das auch hier zu. Betrachtet man aber die Kurventeile einzeln, so wäre zu erwarten gewesen, daß, nachdem der Kurventeil, der nach ab- und rückwärts verläuft, gewöhnlich steiler ist, der Winkel vor dem Willkürimpuls, d. h. der Winkel an der Umkehrstelle der Aufwärts- zur Abwärtsbewegung (bzw. Vor- und Rückwärtsbewegung) spitzer sein müßte als jener an der Umkehrung der Bewegung von unten nach oben (bzw. rück- nach vorwärts). Tatsächlich ist aber gerade das Gegenteil der Fall, der Winkel zum Vorstoß nach oben ist spitzer und vor allem deutlicher aus-

geprägt, der andere an jener Umkehrstelle zur Ab- und Rückwärtsbewegung sehr stumpf und kuppenförmig verwischt. Nun hat aber die gleichzeitige Aufnahme der Atem- und Kehlkopfbewegungen jener Versuchspersonen, bei denen dem Triller entsprechende Bewegungen in der Atemkurve auftraten, ergeben, daß der Ab- und Rückwärtsbewegung des Kehlkopfs ein kleiner expiratorischer Stoß entspricht (Abb. 64). Auf Grund dieser Tatsache müssen wir wohl annehmen, daß dieser expiratorische Impuls der willkürlich verstärkende auch für die Kehlkopfbewegung sei, weil er mit mehr Aufwand von Energie

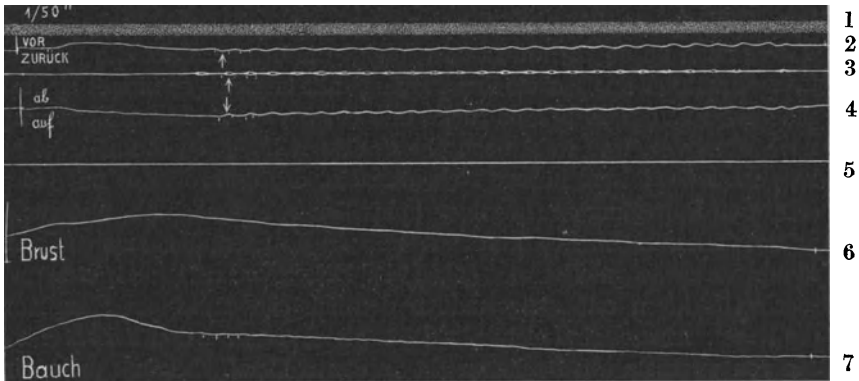


Abb. 72. Langsam gesumelter Triller a h, Schlagzahl 4,6 pro Sek. (Bühnen-tenor Nr. 42).

1. Zeitschreibung: $\frac{1}{50}$ Sek. 2. Horizontale Kehlkopfbewegung. 3. Stimmkurve. 4. Vertikale Kehlkopfbewegung. 5. Gerade Linie. 6. Brustatmung. 7. Bauchatmung.

vor sich geht. Die Umkehr der Bewegung nach oben und vor scheint fast ganz dem Rückstoß überlassen zu bleiben, durch den die fortlaufende Bewegung gebunden wird. Das Verhalten der Winkel an den Kurvengipfeln entspricht hierbei namentlich an der Kurve der Horizontalbewegung nicht den von ISSERLIN gefundenen Gesetzen, wohl aber die Steilheit der Kurvenschenkel. Ob der Übergang zum Stoß nach vorn und aufwärts deshalb so schnell erfolgt, weil die Tonstärke so plötzlich abnimmt und die Fixation des Kehlkopfs aufhört, oder ob der Rückstoß infolge einer gewissen Überinnervation stärker wird, ist fraglich. Man darf aber nicht übersehen, daß es sich ja um den Übergang zum kürzeren, rascher erklingenden Ton handelt. Der Stärkeakzent ruht auf dem längeren Ton, die größte Schnelligkeit der Bewegung aber führt zum kürzeren Nebenton. Es scheint sich bei der Auf- und Vorwärtsbewegung um einen ähnlichen Vorgang zu handeln wie beim passiven Aufwärtsschnellen des Kehlkopfs nach Aufhören

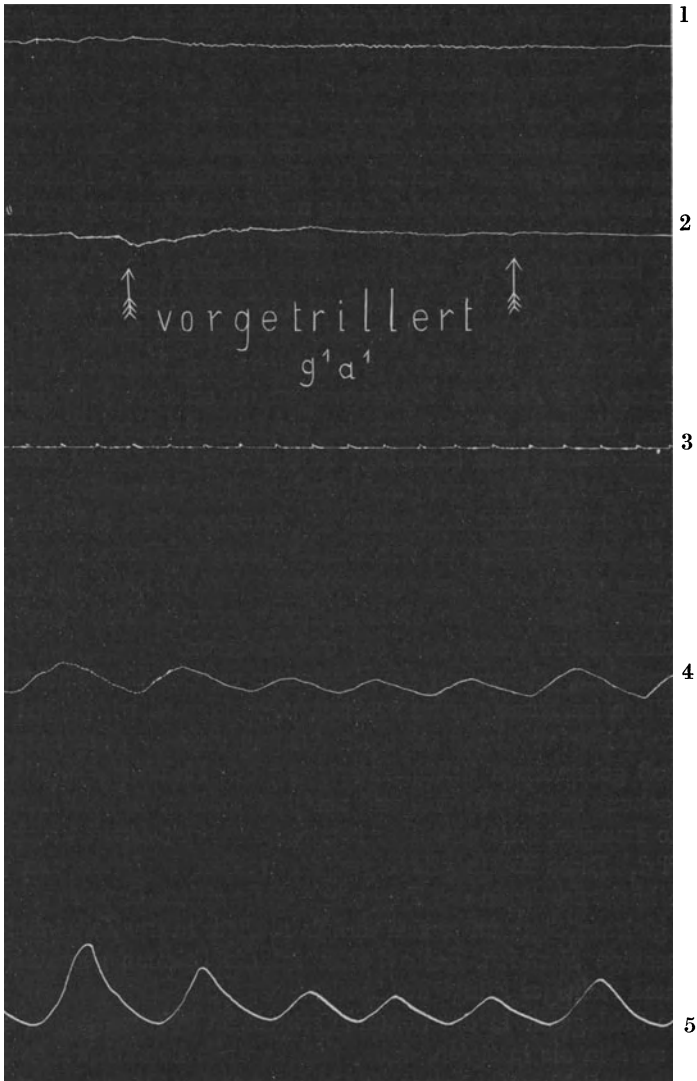


Abb. 73. Inneres Mittrillern von \uparrow bis \uparrow . Vorgetrillert $g^1 a^1$.
 1. Horizontale Kehlkopfbewegung. 2. Vertikale Kehlkopfbewegung. 3. Zeit-
 schreibung: 1 Sek. 4. Brustatmung. 5. Bauchatmung.

eines auf ihn ausgeübten Drucks. Dieses Aufwärtsschnellen bei der GUTZMANNschen Druckprobe ist aber jedenfalls ein ganz unwillkürlicher, ja nicht einmal durch den Willen unterdrückbarer Vorgang, der mit

einer kurzen und leisen Tonerhöhung einhergeht. Dieser Teil der Trillerbewegung läuft also wohl sicher mehr unbewußt und mechanisiert ab.

Für die Annahme eines unbewußten oder jedenfalls nicht bewußt geleiteten Bewegungsanteils spricht auch der Ausfall einiger weniger Versuche, die den Einfluß gehörter Triller auf die Kehlkopfstellung oder -bewegung des Zuhörers zum Gegenstand haben. Die Versuchsanordnung war die gleiche wie bei der Untersuchung des Einflusses einzelner Töne auf die Kehlkopfstellung und Atembewegung von Sängern. Daß beim Vortrillern sowohl die hörende wie die singende Person das Trillern beherrschte, ist wohl selbstverständlich. Die wenigen Aufnahmen, die bei solchen Versuchen gemacht worden sind, lehren, daß ein inneres Mittrillern jedenfalls vorkommen kann. An solchen Kurven sehen wir während des Anhörens von Trillern neben einer Abflachung der Atmung Zitterbewegungen an den Kehlkopfcurven auftreten, die man sicher zwanglos als leise Ansätze zum stummen Mittrillern deuten kann (Abb. 73). Nebenbei sei in diesem Zusammenhang erwähnt, daß mir von glaubwürdiger Seite mitgeteilt wurde, man könne es durch Übung dahin bringen, stumme, dem Trillern analoge rasche Schüttelbewegungen des Kehlkopfs auszuführen, die für einen Beobachter deutlich wahrnehmbar seien. Leider habe ich noch nie Gelegenheit gehabt, diese absichtlichen stummen Trillerbewegungen des Kehlkopfs zu sehen oder gar aufzunehmen.

Ergebnisse. Fassen wir die Ergebnisse unserer Untersuchung über das Trillern im Kunstgesang zusammen, so können wir sagen:

Der Triller verdankt seine Entstehung einer fortlaufenden durch Rückstoß gebundenen Schüttelbewegung des Kehlkopfs während der Stimmgebung nach oben vor- und unten rückwärts, die teils durch willkürliche Impulse, teils unwillkürlich, vielleicht mit dem Puls rhythmisiert wird. Diese Kehlkopfbewegungen werden begleitet von gleichartigen Mitbewegungen der Zunge und des weichen Gaumens.

Je gleichmäßiger unter sich und je häufiger in der Zeiteinheit diese Trillerschläge ablaufen, desto besser ist die Stimme geschult, desto reiner und richtiger klingt der Triller.

Die Schlagzahl in der Sekunde scheint in höheren Lagen absolut größer zu sein als in tiefen, daher trillern auch hohe Stimmgattungen mit größerer Schlagzahl besser als tiefe, denen der Triller „nicht liegt“.

Mit der Tonstärke steigt bei den meisten Versuchspersonen die Höhe der Ausschläge. Pianotriller liefern weniger hohe Kurvenauschläge als Fortetriller. Beim Schwelltriller läuft wie beim Schwellton die Abwärts- (und meist Vorwärts-) Bewegung des Kehlkopfs nebenher.

Bei langen Trillern wird eine gewisse Rhythmisierung deutlich, und als Ermüdungserscheinung läßt sich bisweilen eine Abnahme der Schlagzahl um höchstens $1-1\frac{1}{2}$ Schläge in der Sekunde nachweisen.

Den Triller können einige, den Kehlkopfbewegungen beim Singen von sogenannten einzelnen Vorschlagsnoten ähnliche Stöße einleiten, die aber noch nicht aneinander gebunden sind.

Die musikalische Nachschlagsfigur am Schluß des Trillers erleichtert den Übergang von der mechanisierten, teilweise nicht mehr willkürlich und bewußt geleiteten Bewegung zur gewöhnlichen willkürlichen Tongebung.

Die Form des einzelnen Trillerschlages zeigt uns bei Trillern mit tieferem Hauptton eine energischere Bewegung zum höheren Nebenton, obwohl dieser nicht akzentuiert ist.

Im Trillern geübte Versuchspersonen können beim Anhören von gesungenen Trillern unbewußte Kehlkopfbewegungen ausführen oder ansetzen, die der Trillerbewegung ähneln.

Ungeübte Sänger bilden schlechte Triller, deren Schlagzahl klein, deren Kurven unregelmäßig und nicht rhythmisiert sind.

Bei ungeschulten Sängern, häufiger aber auch bei sehr gut geschulten kommen Trillerbewegungen der Atemmuskulatur an den pneumographischen Kurven der Brust- oder Bauchatmung oder an beiden zur Beobachtung. Sie scheinen eher bei sogenannten schweren Stimmen aufzutreten und sind beim echten Koloratursopran sehr selten.

Schlußwort.

Der Versuch, eine Erforschung der phonischen Vorgänge beim Kunstgesang, ist in den acht Kapiteln dieses Buches zum erstenmal auf breiter Grundlage, d. h. durch Beobachtungen an zahlreichen Sängern und Sängerinnen unternommen worden. In der langen Zeit von fast 15 Jahren, die seit den ersten Vorversuchen verflossen sind, tauchten immer neue Fragestellungen auf, und daher wurde es schließlich zweifelhaft, ob wegen der notwendigerweise lückenhaften Ergebnisse diese Untersuchungen nicht noch weiter geführt und durch Methoden ergänzt werden sollten, die der sachkundige Leser wohl mit Recht vermißt hat, nämlich vor allem das Röntgenverfahren und dann die Klanganalyse. Es schien aber doch zweckmäßiger, einmal haltzumachen und einen Rückblick auf die Ergebnisse der Untersuchungen über die Singatmung und die Bewegungen des gesamten Kehlkopfs zu werfen, denn weder die Arbeitskraft und Zeit noch die Mittel eines einzelnen würden heute ausreichen, um jene beiden Verfahren in großem Maßstabe zu verwerten und dann auch noch die Artikulationsbewegungen in Betracht zu ziehen. Eine Mitteilung von PANCONCELLI-CALZIA, wonach er mit CL. HOFFMANN und OTT die phonischen Bewegungen im Röntgenbild an 112 Personen aufgenommen hat, erweckt die Hoffnung,

es möchten sich unsere beiden Arbeiten ergänzen. Das um so mehr, als nach seiner vorläufigen Mitteilung z. B. bei 63 Proz. der Versuchspersonen der Kehlkopf mit der Tonhöhe stieg und fiel, bei 37 Proz. aber der Tonhöhe entgegenging oder unregelmäßige Bewegungen machte oder an einer Stelle beharrte. Die zweite wichtige Untersuchung mittels Klangaufnahmen und -analysen aber wird uns in einer nicht allzu fernen Zukunft vielleicht Aufschluß über manche strittige Frage geben, nachdem mit dem Frankschen Apparat dynamisch richtige Klangaufnahmen möglich geworden sind, und nachdem das Vokalproblem durch GARTENS neueste Forschungen seiner Lösung näher gerückt ist.

Unsere Untersuchungen sollten einen Einblick in die Phonetik des Kunstgesangs ermöglichen als Grundlage für die Pathologie der Singstimme einerseits und für die Kunstlehre andererseits. Das wurde teilweise erreicht. Wir konnten die Bewegungen bei der Atmung und jene des Kehlkopfs, und zwar gerade auch solche, die sich dem beobachtenden Blick entziehen und die auch den Versuchspersonen nicht mehr durch Selbstbeobachtung zu Bewußtseinsinhalten werden können, erkennen, in ihre einzelnen Teile zerlegen und diese Teile miteinander vergleichen, sie also in Reihen mit bestimmten, sogar meßbaren Gliedern auflösen. Wir konnten ferner psychologische Zusammenhänge finden oder wenigstens andeuten, sie jenen phonetischen Ergebnissen zur Seite stellen und so einen tieferen Einblick in den Verlauf des ganzen Prozesses beim Kunstgesang tun. Pathologische Fragestellungen wurden in diesem Zusammenhang hie und da angedeutet (z. B. Indisposition). An der Grenze zwischen gesund und krankhaft dürfte der phonische Ausdruck gesanglicher Schwierigkeiten oder unvollkommener Ausbildung stehen, zu dessen Erkenntnis unsere Untersuchungen wohl einiges beitragen.

ZUMSTEEG hat in jüngster Zeit die Frage erörtert, ob überhaupt die wissenschaftliche Forschung, also die Phonetik, imstande wäre, dem Gesangslehrer zu zeigen, welche die „richtige Methode“ sei, und er meint: „Das zu beantworten, geht über Kraft und Können des Wissenschaftlers“, aber er empfiehlt doch, „sich wenigstens zu bemühen, die Tatsachen der Kunstgesangspraxis mit denen der Stimmphysiologie in Einklang zu bringen“. Diesen Weg werden Gesangslehrer und Phonetiker gemeinsam beschreiten müssen, — nachdem sie sich über Bezeichnungsfragen endlich einmal verständigt haben.

Eine Folgerung für die gesangliche Ausbildung hat BIAGGI aus seinen Untersuchungen gezogen, nämlich man solle mit Rücksicht auf die der natürlichen Atmung besser angepaßte klassische italienische Musik beim Lernen von dieser zur modernen fortschreiten und nicht umgekehrt. Letzterer Weg führe zu allzufrüher Erschöpfung anfänglich viel versprechender Stimmen, weil sie an Anforderungen schei-

tern, denen erst ein voll ausgebildetes Organ gewachsen ist. Unsere Untersuchungen erlauben mancherlei Schlüsse auf das, was man gute und schlechte Schule zu nennen pflegt; und auch Fortschritte der Schulung konnten bisweilen aufgezeigt werden. Daher dürften unsere Ergebnisse auch für den Gesangslehrer von Bedeutung sein, nicht im Sinne der Aufstellung von starren Gesetzen einer Methode, aber doch wohl als Grundlage für den Aufbau aller Methoden.

Um dem Ziel einer phonetisch begründeten Kunstlehre näher zu kommen, darf man nicht nur von systematischen Gesichtspunkten ausgehen, sondern man muß auch genetische berücksichtigen, also physiologische Tatsachen feststellen, ohne die Entwicklung von Funktionen beim Kunstgesang zu übersehen. Nachdem wir es aber mit einer künstlerischen Leistung zu tun haben, sind wir gezwungen, noch einen Schritt weiter zu gehen und den Boden der Realwissenschaft dort zu verlassen, wo wir Werturteile mit in Betracht ziehen. Diese Werturteile aber sind und bleiben relativ (MESSER). Sie deshalb auszuschalten, liegt kein Grund vor. Im Gegenteil, wir brauchen sie, denn ohne sie gibt es keine Kunstbetrachtung. Wenn der Weg zum Ziel durch wissenschaftliche Forschung gezeigt werden soll, so muß diese Forschung auf dem Gebiet des Kunstgesangs neben den exakt wissenschaftlichen, also den realen, noch notwendigerweise normative Komponenten berücksichtigen. Nur so können wir durch Untersuchung der Voraussetzungen und Bedingungen zur Verwirklichung einer ästhetisch wertvollen Leistung eine wissenschaftlich begründete Kunstlehre schaffen. Die allgemeine Pädagogik bedient sich der Psychologie und der Physiologie als Hilfswissenschaften. Warum soll die Gesangspädagogik auf deren Mithilfe verzichten? Phonetische Untersuchungen können demnach für die Gesangslehre und deren Ziel, die künstlerische Vollendung, Wesentliches leisten. Ohne der Unterrichtsmethodik die ihr gebührende Freiheit zu nehmen, muß die Phonetik des Kunstgesangs also normativ werden für die Kunstlehre. Ob auf ihr einmal eine experimentelle Didaktik des Kunstgesangs — natürlich nicht im Sinne einer Ausbildung der Schüler in phonetischer Wissenschaft — aufgebaut werden wird, bleibt eine Frage der Zukunft.

Literaturverzeichnis.

- ACH, N.: Über die Willenstätigkeit und das Denken. S. 151. Göttingen 1905.
 ARLBERG, F.: Tonbildungslehre. Kopenhagen u. Leipzig 1899.
 AVELLIS: Der Gesangsarzt. S. 22 u. 38. Frankfurt a. M. 1896.
 BAERWALD, R.: Innere Nachahmung und Erinnerungsverklärung auf musikal. Gebiet. Zeitschr. f. Ästhetik Bd. IX, H. 3, 1914.
 — Zur Psychologie der Vorstellungstypen mit bes. Berücksichtigung der motorischen u. musikalischen Anlage. 1916.

- BARTH, A.: Die Veränderungen der Körperoberfläche beim Atmen. Verhandl. d. Ges. dtsch. Naturforsch. u. Ärzte, II. Teil, S. 330. Dresden 1907.
 — Klang und Tonhöhe der Sprechstimme. Leipzig 1906.
- BARTH, E.: Einführung in die Physiologie usw. der menschl. Stimme. Leipzig 1911.
 — Diskussionsbemerkung. Verhandl. d. III. Internat. Laryngo-Rhinologenkongresses, II. Teil, S. 78—81, Berlin 1911.
 — Über die Wirkungsweise des m. cricothyreoideus u. ihre Beziehungen zur Tonbildung. Arch. f. Laryngol. u. Rhinol. XIII, H. 2, S. 187, 1902.
 — Zur Lehre vom Tonansatz. Ebenda XVI, H. 3, 1904.
- BENNATI: Mécanisme de la voix humaine. Paris 1833.
- BERARD: L'art du chant. Paris 1755.
- BERLIOZ: Lebenserinnerungen. S. 242. München 1914.
- BERNSTEIN, F., u. SCHLÄPER, P.: Über die Tonlage der menschlichen Singstimme. Ein Beitrag zur Statistik der sekundären Geschlechtsmerkmale beim Menschen. Sitzungsber. d. preuß. Akad. d. Wiss., V. Sitzung der physikal-mathemat. Klasse vom 16. Februar 1922.
- BERT, PAUL: Zur Physiologie der Epiglottis. Diss. München 1909.
- BIAGGI, C.: I segreti dell'arte del canto. Lettura 1911.
 — Sulle conseguenze laringee degli errori della meccanica respiratoria negli professionisti della voce. Arch. ital. di otol. S. 274, 1912.
- BILLROTH, TH.: Wer ist musikalisch? Berlin 1912.
- BOLTON: Americ. Journ. of psychol. Vol. VI, S. 214.
- BOND: Diskussion zu Semon siehe unten.
- BOTTERMUND: Die Gesundheitspflege der Stimme des Gesangs und der Sprache. Leipzig.
 — Die Singstimme und ihre krankhaften Störungen. Leipzig 1896.
- BRUNS-MOLAR, P.: Das Kontraaltproblem. Berlin 1908.
 — Auffallende Höhenentwicklung der Frauenstimme. Stimme III, S. 367, 1909.
- BUKOFZER: Vom Erleben des Gesangstons. Passows Beitr. XV, 1920.
 — Zur Hygiene des Tonansatzes unter Berücksichtigung moderner und alter Gesangsmethoden. Arch. f. Laryngol. u. Rhinol. XV, H. 2, 1904.
- BURGER: Dissertation. Leiden 1891.
- CAGNIARD-LATOURE: L'institut. No. 244. 1838.
- DE LA CAMP: Beitrag z. Physiologie der Zwerchfellatmung. Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 49, S. 430, 1903.
- CASTEX: Maladies de la voix. Paris 1902.
- COLOMBAT DE L'ISÈRE: Maladies et hygiène des organes de la voix. Paris S. 64. 1838.
- CURTIS, H. S.: Autonomic movements of the larynx. Americ. Journal of Psychologie. Vol. XI. S. 237. 1899/1900.
- DELABARRE: Revue de philosophie T. 33. S. 639. 1892.
- DIDAY et PÉTREQUIN: Mémoire sur une nouvelle espèce de voix chantée. Gaz. méd. de Paris VIII, No. 20ff., S. 305ff., 1840.
- DREYFUSS: Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß des Schlundschürers auf die Kehlkopfmuskulatur. Verhandl. d. Ver. dtsch. Laryngol. S. 60, 1911.
- EDGREEN: Siehe Nagels Handbuch d. Physiologie Bd. I, 1909.
- EIJKMAN, L. P. H.: Radiographie des Kehlkopfs. Fortschr. a. d. Geb. d. Röntgenstr. VII, 1903.
 — Die Bewegungen der Halsorgane. Pflügers Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 105, S. 536, 1904.
- EWALD, J. R.: Physiologie des Kehlkopfs in Heymanns Handb. d. Laryngol. 1898.
- EXNER: Entwurf zu einer physiolog. Erklärung der psychischen Erscheinungen. Bd. 1. Wien 1890.

- FÉTIS: *Curiosités historiques de la musique*. Paris 1830.
- *Dictionnaire de la musique*.
- FEUCHTWANGER, Albert: *Versuche über Vorstellungstypen*. Zeitschr. f. Psychol. I. Abt. Bd. 58. H. 3 u. 4. S. 161. 1911
- FLATAU, Th. S.: *Auffallende Höhenentwicklung der Frauenstimme*. Stimme III, H. 5, S. 129 u. H. 12, S. 372, 1909.
- u. GUTZMANN: *Die Singstimme des Schulkindes*. Arch. f. Laryngol. u. Rhinol. XX, H. 2, S. 1, 1906.
- — *Neue Versuche zur Physiologie des Gesangs*. Ebenda XVI, H. 1, S. 11, 1904.
- — *Die Bauchrednerkunst*. Leipzig 1894.
- DE FLINES, E. W.: *Larynxpfeifen*. Nederl. Ver. f. Hals-, Nasen-, Ohrenheilk. 29/30. Nov. 1919. Zentralbl. f. Laryngol. S. 233, 1920.
- v. FREY, M.: *Über Bewegungswahrnehmung in resezierten und anästhetischen Gelenken*. Zeitschr. f. Biologie Bd. 68. H. 7—8. 1918.
- v. FREY und O. B. MEYER: *Versuche über die Wahrnehmung geführter Bewegungen*. Ebenda.
- FRÖSCHELS: *Über die funktionelle Pathologie des Zwerchfells*. Jahresber. d. österr. Ges. f. exper. Phonetik S. 35. Wien 1915/16.
- *Untersuchungen an männlichen Naturstimmen*. Wiener med. Wochenschr. Nr. 24, S. 1491, 1921.
- *Kindersprache und Aphasie*. S. 9. Berlin 1918.
- FRÖSCHELS u. STOCKERT: *Untersuchungen über die Kehlkopfbewegungen beim Singen*. Monatsschr. f. Ohrenheilk. u. Laryngo-Rhinol. Nr. 5, S. 445, 1921.
- GARCIA: *Observations of the human voice*. The London, Edinburgh and Dublin philosoph. Magazine X, July-December 1855, z. T. übersetzt in Monatsschr. f. Ohrenheilk. u. Laryngo-Rhinol. Nr. 1, 1878.
- *Comptes rendues de l'académie des sciences*. Paris 12 avril 1841.
- *Gesangsschule I. Teil*. Mainz: Schott Söhne.
- GARTEN: *Beiträge zur Vokallehre I—III*. 38. Bd. d. Abh. d. mathem.-physikal. Klasse d. sächs. Akad. d. Wiss., Leipzig 1921.
- GENT, WERNER: *Volumpulskurven bei Gefühlen und Affekten*. Wundts Philos. Studien. XVIII. S. 715. 1903.
- GOLDSCHIEDER: *Physiologie des Muskelsinnes*. Gesammelte Abhandl. Bd. II. 1898.
- GRADENIGO, BIAGGI, STEFANINI: *Le applicazioni della fonetica sperimentale alla clinica*. Arch. ital. di otol. 1913.
- GRÜTZNER: *Stimme und Sprache in Hermanns Handb. f. Physiol.* 1879.
- GUILBAUD: *Contribution a l'étude expérimentale de l'influence de la musique sur la circulation et la respiration*. Thèse de Bordeaux 1898.
- GUTZMANN, H.: *Zur Frage der gegenseitigen Beziehungen zwischen Bauch- und Brustatmung*. XX. Kongr. f. inn. Med., Wiesbaden 1902.
- *Die Tonlage der Sprechstimme*. Verhandl. d. Ver. süddtsch. Laryngol. 1906.
- *Über die Stellung und Bewegung des Kehlkopfs bei normalen u. pathologischen Sprechvorgängen*. Passows Beitr. I, S. 89, 1908.
- *Physiologie der Stimme und Sprache*. Braunschweig 1909.
- *Zur Messung der relativen Intensität der menschlichen Stimme*. Passows Beitr. III, 3, 1909.
- *Über Atemvolummessung*. Med. Klin. Nr. 24, 1910.
- *Die Beziehungen der experimentellen Phonetik zur Laryngologie*. Verhandl. d. III. Internat. Laryngo-Rhinologen-Kongr. z. Berlin, I. Teil, S. 13; II. Teil S. 83/84, 1912.
- *Ein einfaches Instrument zur Registrierung der Kehlkopfbewegung und zur therapeutischen Verwendung bei Stimmstörungen*. Verhandl. d. Ver. dtsh. Laryngol. S. 115, 1913.

- Über die Grundlagen der Behandlung von Stimmstörungen mit harmonischer Vibration. Arch. f. Laryngol. u. Rhinol. Bd. 31, H. 3, 1918.
- HABÖCK, F.: Die Eunuchenstimme und ihre künstlerische Verwendung. Wiener med. Wochenschr. Nr. 34/35, 1918.
- HAHN, R.: Modificazioni delle curve pneumografiche per l'azione di anestetici applicati nel naso et nel laringe. Arch. ital. di otol. XXV, S. 392, 1914.
- HALLOK-GREENEWALT: Puls and Rhythm. The popular science monthley, Philadelphia September 1903.
- HARLESS: Handwörterbuch der Physiologie. 1840.
- HAUSER, FRANZ: Gesangslehre von Stockhausen. 1884.
- HEINITZ, W.: Ein Beitrag zur Eichmethode für die Untersuchung von Atembewegungskurven. Vox. H. 6, S. 157, 1919.
- HELLAT: Die Theorie der Abdominalatmung beim Singen. Cpt. rend. du XII. Congr. de méd., S. 119, Moskau 1890.
- Von der Stellung des Kehlkopfs beim Singen. Arch. f. Laryngol. u. Rhinol. VIII, H. 2, S. 340, 1898.
- HELMHOLTZ: Lehre von den Tonempfindungen. 5. Aufl., S. 186, 1896.
- HENNIG, C. R.: Lerne gesundheitsgemäß sprechen. Wiesbaden 1906.
- HERRMANN, H.: Bildung der Stimme. 1908.
- HIRT, EDUARD: Psychologisches in der psychiatrischen Literatur der letzten Jahre. Arch. f. Psychologie. Bd. XIV. S. 160.
- HOFFMANN, CL.: Beitrag zur Frage des Asynchronismus zwischen costaler und abdominaler Atmung bei der Phonation. Vox. H. 5, S. 121, 1919.
- Wissenschaft und praktische Stimmbildung. Vox. S. 27, 1913.
- HOFMANN, HEINRICH: Untersuchungen über den Empfindungsbegriff. Archiv f. d. ges. Psychologie. Bd. 26. S. 1. 1913.
- HOPMANN, E.: Untersuchungen über die bei gesungenen Vokalen an Kopf u. Hals auftretenden Vibrationen. Monatsschr. f. Sprachheilk. S. 193, 1909.
- IFFERT: Allgemeine Gesangschule. Leipzig 1895.
- ISSERLIN, M.: Über den Ablauf einfacher willkürlicher Bewegungen. Kraepelins psycholog. Arbeiten VI, 1910.
- KATZENSTEIN, J.: Über Brust- und Falsettstimme. Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 62, S. 1.
- Probleme und Fortschritte in der Erkenntnis der Vorgänge bei der menschlichen Lautgebung usw. Passows Beitr., III, H. 4, S. 291, 1909.
- Über Brust-, Mittel- und Falsettstimme. Ebenda IV, H. 3/4, S. 271, 1911.
- KÖLHER, WOLFGANG: Psycholog. Beiträge zur Phonetik. Arch. f. Experim. u. Klin. Phonetik. Bd. 1, H. 1, S. 11. 1913.
- KÖRNER, O.: Über bulbäre Kehlkopflähmungen. Zeitschr. f. Ohrenheilk. u. f. Krankh. d. Luftwege. Bd. 62, 1910.
- v. KRZYWICKI: Über die graphische Darstellung der Kehlkopfbewegungen beim Sprechen und Singen. Königsberg 1892.
- TER KUILE, TH. E.: Neues zur Vokal- und Registerfrage. Pflügers Arch. f. Physiol. Bd. 153, H. 12, S. 581, 1913.
- LABLACHE, L.: Vollständige Gesangschule. Mainz: Schott Söhne 1886.
- LABUS: Per l'oratore e per il cantante. Mailand 1912.
- LANGENDORFF: Physiologische Graphik. 1891.
- LANKOW, A.: Die Wissenschaft des Kunstgesangs. Leipzig 1905.
- LAY, W.: Experimentelle Didaktik. S. 214. Wiesbaden 1903.
- LEHFELDT: Dissertatio de vocis formatione. Berol. 1835.
- LEHMANN, ALFRED: Elemente der Psychodynamik. Die körperl. Äußerungen psychischer Zustände. III. Teil, S. 492. Leipzig 1905.

- LERMOYEZ:** Etudes sur la phonation. Paris 1886.
LESCHKE, E.: Die körperlichen Begleiterscheinungen seelischer Vorgänge. Arch. f. d. ges. Psychol. XXI, S. 435, 1911.
LISKOVIVS: Physiologie der menschlichen Stimme. 1846.
LOTZE: Medizinische Psychologie. S. 480. 1852.
LÜDERS: Über einen Fall von laryngealem Pfeifen. Diss. Berlin 1902.
LUNN: Die menschliche Stimme. Düsseldorf 1892.
MACH, E.: Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen. Jena 1906.
MAKENZIE: Singen und Sprechen. 2. Aufl. 1901.
MAKUEN, HUDSON: Some notes on two cases of voluntary laryngeal whistling. Journ. of the Americ. med. assoc. S. 1097, 20. April 1901.
MANCIOLI, T.: La respirazione nel canto. Arch. ital. di otol. XXV, S. 455. 1914.
MANDL: Gaz. médicale de Paris Nr. 16, 18, 19, 1855.
 — Gesundheitslehre der Stimme in Sprache und Gesang. Braunschweig 1876.
MARAGE: La respiration chez les chanteurs. Cpt. rend. des scéances de l'acad. des sciences S. 1118, 1909.
 — Petit manuel de physiologie de la voix. Paris 1911.
MECKEL: Handbuch der gesamten Anatomie. Bd. III, S. 491. 1825.
MENTZ, PAUL: Die Wirkung akustischer Sinnesreize auf Puls und Atmung. Wundts philos. Stud. XI, S. 61, 1895.
MENDEL: Musikalisches Konversationslexikon. I. 1870.
MERKEL: Anthropophonik. 1857.
 — Physiologie der menschlichen Sprache. 1866.
MESSER: Einführung in die Erkenntnistheorie. Leipzig 1921.
MEUMANN: Untersuchungen zur Psychologie und Ästhetik des Rhythmus. Wundts philos. Stud. Bd. V, S. 249, 1894.
MEYER, S.: Die Lehre von den Bewegungsvorstellungen. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg., Abt. I, Bd. 65, H. 1 u. 2, S. 40, 1913.
MICHAEL: Bildung der Gesangsregister. 1887.
MINK, P. J.: Die respiratorischen Bewegungen des Kehlkopfs. Arch. f. Laryngol. u. Rhinol. XXX, H. 3, S. 391; XXXI, H. 1, S. 125, 1916 u. 1917.
 — Physiologie der oberen Luftwege. Leipzig 1920.
MÖLLER, J., u. FISCHER, J. F.: Über die Wirkung des Cricothyreoideus u. thyreoarytaenoideus internus. Arch. f. Laryngol. u. Rhinol. XV, 1904.
 — — Beiträge zur Kenntnis des Mechanismus der Brust- u. Falsettstimme. Monatsschr. f. Ohrenheilk. u. Laryngo-Rhinol. Nr. 8, 1908.
MONTAGNÉ: Le malmenage vocal. Thèse de Bordeaux 1906.
MOSSO: Über die gegenseitigen Beziehungen der Bauch- und Brustatmung. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1878.
MÜLLER, G. E.: Zur Grundlegung der Psychophysiologie. S. 288. 1878.
MÜLLER, JOHANNES: Handbuch der Physiologie. 1840.
MUSEHOLD: Akustik und Mechanik des menschlichen Stimmorgans. 1913.
NADOLECZNY: Untersuchungen an Gesangsschülern. Monatsschr. f. Ohrenheilk. u. Laryngo-Rhinol. Bd. 44, Nr. 6, 1910.
 — Über Schußverletzungen des Kehlkopfs. Münchener Med. Wochenschr. Nr. 24. S. 826. 1915.
 — Über den Triller im Kunstgesang. Verhandl. d. Gesellsch. D. Hals-, Nasen-, Ohrenärzte. Nüruberg, 1921.
 — Stimmlippenblutungen, Überanstrengung beim Singen und falsche Atemführung. Passow, Beitr. Bd. VIII. S. 309. 1916.
 — Atembewegungen und Atemvolumen beim Singen. Verhandl. d. III. Internat. Laryngo-Rhinol.-Kongr. Bd. II, Berlin 1911.

- NADOLECZNY: Über Einstellbewegungen. I. Internat. Kongr. f. experim. Phonetik. Hamburg 1914.
- Stimm lippenblutung, Überanstrengung beim Singen, falsche Atemführung. Passows Beitr. VIII, 5/6, S. 304, 1916.
- Über das innere Singen. Ebenda 1922.
- Über das pulsatorische Tremolo der Singstimme. Zeitschr. f. Hals-, Nasen-, Ohrenheilk. 1923.
- Richtigkeit und Fehler der Aufschreibung von Kehlkopfbewegungen mit dem Zwaardemakerschen Apparat nebst einer Prüfung seiner Leistungsfähigkeit. (wird erscheinen).
- Diskussionsbemerkung zu Barth. Verhandl. des III. Internat. Laryngo-Rhinologenkongresses, II. Teil, S. 84/85. Berlin 1912.
- NAGEL: Handbuch der Physiologie. Bd. IV, 1909.
- NEHRLICH: Die Gesangskunst. Leipzig 1853.
- OERTEL: Das Laryngostroboskop und die laryngostroboskopische Untersuchung. Arch. f. Laryngol. u. Rhinol. Bd. III, S. 2, 1895.
- PANCONCELLI-CALZIA: Experimentelle Phonetik. S. 86. Berlin u. Leipzig 1921.
- PAULSEN: Untersuchungen über die Tonhöhe der Sprache. Pflügers Arch. f. Physiol. Bd. 74, S. 570, 1899.
- PIELKE: Über den Ausgleich des Stimmbruchs durch die sogenannte Deckung. Verhandl. d. III. Internat. Laryngo-Rhinol.-Kongr., II. Teil, S. 49, Berlin 1912.
- Atmen und Singen. Vox, S. 35, 1919.
- Über „offen“ und „gedeckt“ gesungene Vokale. Passows Beitr. V, 3, S. 215, 1911.
- PILTAN, ANATOLE: Etude sur la respiration des chanteurs Cpt. rend. des séances de l'acad. des sciences, Vol. 103, S. 949, Paris 1886.
- La nature 15 décembre 1887. (Laryngograph.)
- POIROT: Phonetik in Tigerstädts Handbuch der Physiologie. III, 6, 1911.
- PRAETORIUS, MICHAEL: Syntagma musicum. II, S. 17, 1614—1620.
- REINECKE, W.: Die Kunst der idealen Tonbildung. Leipzig 1919.
- RÉTHI, L.: Experim. Untersuch. über d. Schwingungsform der Stimmbänder. Sitzungsbericht d. d. K. Akademie d. Wissenschaften 1896 und 1897.
- Der Luftverbrauch beim Singen. Jahresber. d. österr. Ges. f. experim. Phonetik. S. 22, 1915.
- Die Bedeutung des Zwerchfells für Sprache und Gesang. Ebenda 1915/16.
- u. Fröschels. Ebenda Pflügers Arch. f. Physiol. Bd. 195, S. 333, 1922.
- RIEGEL: Die Atembewegungen. Würzburg 1873.
- RIEGER: Untersuchungen über Muskelzustände. Jena 1906.
- RIEMANN: Musiklexikon.
- ROE, J. O.: Diskussionsbemerkung. Americ. Laryngol. Association 1881.
- ROSSBACH: Physiologie und Pathologie der menschlichen Stimme. Würzburg 1869.
- ROTHER, KARL C.: Über die Verwendung eines Quecksilberdoppelmanometers bei Aufnahmen der Atembewegungen mit dem Gutzmannschen Gürtelpneumographen. Monatsschr. f. Ohrenheilk. u. Laryngo-Rhinol. H. 7 u. 8, 1916.
- RUSSEAU, J. J.: Dictionnaire de musique. Vol. II, Paris 1792.
- RUDOLPHI, K. A.: Grundriß der Physiologie. Bd. II, S. 371, 1823.
- SALOW: Der Gefühlscharakter einiger rhythmischer Schallformen und seine respirat. Äußerung. Wundts Psycholog. Studien. IV, S. 1, 1908.
- SEGAL, J.: Über das Vorstellen von Objekten und Situationen. Allg. Studien z. Philos. u. Psychol. Stuttgart 1916.
- SCHIEBER, M.: Zur Anwendung der Röntgenstrahlen für die Physiologie des Gesangs. Berlin. laryngol. Ges. 1. April 1898. Allgem. med. Zentralzeit. Nr. 37, 1898.
- Die Bedeutung des Röntgenverfahrens für die Physiologie der Sprache und Stimme. Arch. f. Laryngol. u. Rhinol. XXXII, 2, 1909.

- SCHEIER, M.: Mädchen mit Baßstimme. Verhandl. d. Berlin. laryngol. Ges. 1908. Med. Klin. Nr. 43, 1908.
- SCHEIDEMANTEL: Gesangsbildung. 1912.
- SCHILLING, R.: Die Deckung des Gesangstons im Röntgenbild. Arch. f. experim. u. klin. Phonetik I, 2, S. 129, 1914.
- Ein Reifeichungsverfahren für Gürtelpneumographen. Arch. f. Laryngol. u. Rhinol. Bd. 34, S. 235, 1921.
- Ein Diaphragmograph. Vox. H. 1 u. 2, S. 54, 1922.
- Untersuchungen über das Stauprinzip. Zeitschr. f. Hals-, Nasen- u. Ohrenheilk. I, H. 3/4, S. 314, 1922.
- SCHMITT, FRIEDRICH: Große Gesangsschule für Deutschland. München 1854.
- SCHROTTENBACH, H.: Beitr. z. Kenntnis der Übertragung vasovegetativer Funktionen im Zwischenhirn. Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie. Bd. 23, S. 405; Bd. 33, S. 207, 1916.
- SCHULTZ, P.: Über einen Fall von willkürlichem laryngealen Pfeifen. Arch. f. Physiol. Suppl. II, S. 323, 1902.
- SCHWARZ, W.: System der Gesangkunst nach physiologischen Gesetzen. Hannover 1857.
- SEEMAN: Neue Aufnahmen der menschlichen Stimme. Zeitschr. f. biolog. Techn. Bd. I, S. 110, 1908.
- SEGOND: Note sur les mouvements de totalité du larynx. Arch. générales de méd. IV série, vol. 32, S. 466, 1848.
- Mémoire sur les modifications du timbre de la voix humaine. Ebenda vol. 31, S. 346, 1848.
- SEMON, F.: Fall von laryngealem Pfeifen. London. laryngol. Ges. 7. April 1900. Zentralbl. f. Laryngol. S. 477, 1901.
- SEWALL u. POLLARD: On the relations of diaphragmatic and costal respiration with particular reference to phonation. Journ. of physiol. XI, S. 159, 1890.
- SEYDEL: Grundfragen der Stimmkunde. S. 26, Leipzig 1909.
- SOKOLOWSKY, R.: Analytisches zur Registerfrage. Passows Beitr. VI, 1, S. 75, 1912.
- Patientin mit Sopran- u. Tenorstimme. Ver. f. wiss. Heilk. in Königsberg. Dtsch. med. Wochenschr. Nr. 11, 1911.
- STERN, H.: Die Bedeutung des sogenannten „primären Tons“ für die Stimmbildung. Monatsschr. f. Ohrenheilk. u. Laryngo-Rhinol. Nr. 8, 1910.
- Die physiologischen Grundlagen einer richtigen Stimmbildung. Ebenda Nr. 4, S. 374, 1911.
- Gesangsphysiologie und Gesangspädagogik in ihren Beziehungen zur Frage der Muskelempfindungen und der beim Singen am Schädel und am Thorax fühlbaren Vibrationen. Ebenda S. 337, 1912.
- STEVENS, LE CONTE W.: The limits of pitch for the human voice. The physical Review III, 3, S. 230, 1895.
- STEWART, C. N.: Einfluß der kardiopneumatischen Bewegung auf die Stimme und Stimmgebung. Arch. f. Physiol. S. 460, 1912.
- STOCKHAUSEN, J.: Gesangsmethode. Leipzig 1884.
- STÖRK: Diskussion zu Stricker.
- STÖRRING, G.: Experimentelle Beiträge z. Lehre vom Gefühl. Arch. f. d. ges. Psychologie. Bd. VI, H. 3, S. 316, 1905.
- STREIM: Über die Bearbeitung von Atembewegungskurven. Vox. H. 1, S. 1, 1919.
- STRICKER, S.: Über Laut- und Tonvorstellungen. Wiener Med. Presse. S. 650. 1886.
- Studien über die Sprachvorstellungen. Wien. 1880.
- STUMPF: Tonpsychologie. I u. II, 1883 u. 1890.
- TOSI-AGRICOLA: Anleitung zur Singkunst. Berlin 1757.

- WALNÖFER: Resonanztonlehre. Berlin 1911.
- WEBER, ERNST: Das Verhältnis von Bewegungsvorstellungen zu Bewegungen bei ihren körperlichen Allgemeinwirkungen. Monatsschr. f. Psych. u. Neurol. XX, S. 512, 1906.
- WEISS, G.: Allgemeine Stimmbildungslehre. S. 60. 1868.
- WOODWORTH, R. S.: Le mouvement. S. 47, S. 359—362, Paris 1903.
- ZIMMERMANN, C.: Die Vibrationen des Schädels beim Singen. Stimme. V, 7, S. 193, April 1911.
- ZONEFF u. MEUMANN: Über Begleiterscheinungen psychischer Vorgänge in Atem und Puls. Wundts Philos. Stud. XVIII, S. 1, 1903.
- ZÜND-BURGUET: Etudes de phonétique expérimentale. Paris 1904.
- ZUMSTEEG: Naturstimme u. Kunststimme. Stimme. XV, 2, S. 25, 1920.
- ZWAARDEMAKER, H., u. ELJKMAN: De buccopharyngeale period van het slikken. Nederlandsch Tijdschr. v. Geneesk. S. 461, 1901.
- — Über Laryngographie. Ebenda S. 414, 1902.
- — The buccopharyngeal Period of deglutition. Onderzoekinger gedaan in het physiol. Laboratorium der Utrechtsche Hoogschool. V. Reihe III, S. 268, 1902.
- u. MINKEMA, H. F.: Über die beim Sprechen auftretenden Luftströme. Arch. f. Physiol. H. 5/6, S. 433, 1906.
- — Arch. f. Physiol. Suppl.-Bd., S. 241, 1904.
-

Allgemeine Akustik und Mechanik des menschlichen Stimmorgans. Von Dr. Albert Musehold, Geheimer Sanitätsrat in Berlin. Mit 19 Photographien des menschlichen Kehlkopfes auf 6 Tafeln und 53 Abbildungen im Text. 1912. GZ. 10

Atmungs-Pathologie und -Therapie. Von Dr. Ludwig Hofbauer. Erste Medizinische Universitätsklinik in Wien. Mit 144 Textabbildungen. 1921. GZ. 12

Atmungsgymnastik und Atmungstherapie. Von Dr. med. et jur. Franz Kirchberg, leitender Arzt des Berliner Ambulatoriums für Massage. Mit 78 Abbildungen im Text und auf 4 Tafeln. 1913. GZ. 6.6

Technik der Inhalationstherapie. Von Dr. med. Alexander Muszkat, Kurarzt in Bad Reichenhall. Mit etwa 35 Textabbildungen. In Vorbereitung.

Verlag von J. F. Bergmann in München

Stimmbildung und Stimmpflege. Gemeinverständliche Vorlesungen. Von Prof. Dr. med. Hermann Gutzmann, Leiter des Universitäts-Ambulatoriums für Stimm- und Sprachstörungen zu Berlin. Mit 57 Abbildungen. Dritte, durchgesehene Auflage. 1920. GZ. 6

Beobachtungen und praktische Erfahrungen auf dem Gebiete der Kriegsneurosen der Stimme, der Sprache und des Gehörs. Von Dr. O. Muck, Ohrenarzt in Essen. 1918. GZ. 2.5

Die Grundzahlen (GZ.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.

Der Contrapunkt. Von **Heinrich Bellermann.** Mit zahlreichen in den Text gedruckten Notenbeispielen und fünf lithographierten Tafeln in Farbendruck. Vierte Auflage. Unveränderter Neudruck. 1922. Gebunden GZ. 15

Die Größe der musikalischen Intervalle als Grundlage der Harmonie. Von Prof. Dr. **Heinrich Bellermann.** Mit 2 lithographierten Tafeln. 1873. GZ. 3

Aufsätze und Gutachten über Musik. Von **Eduard Grell.** Nach seinem Tode herausgegeben von Dr. **Heinrich Bellermann.** 1887. GZ. 4

Die chromatische Alteration im liturgischen Gesang der abendländischen Kirche. Von **Gustav Jacobsthal.** 1897. GZ. 14

Die Mensuralnotenschrift des zwölften und dreizehnten Jahrhunderts. Von **Gustav Jacobsthal.** Mit 14 lithographierten Tafeln. 1871. GZ. 4.6

Das Tonwerk im Rechtssinne. Von Dr. **Arthur Wolfgang Cohn.** 1917. GZ. 1.6

Der strafrechtliche Schutz des literarischen Eigentums nach deutschem und österreichischem Rechte in rechtsvergleichender Darstellung. Von Dr. **Hans von Hentig.** 1912. GZ. 3

Die Grundzahlen (GZ.) entsprechen den ungefähren Vorkriegspreisen und ergeben mit dem jeweiligen Entwertungsfaktor (Umrechnungsschlüssel) vervielfacht den Verkaufspreis. Über den zur Zeit geltenden Umrechnungsschlüssel geben alle Buchhandlungen sowie der Verlag bereitwilligst Auskunft.