

Bernd Pompino-Marschall

Einführung in die Phonetik



Walter de Gruyter · Berlin · New York
1995

Teil I: Einführung

0.1 Der Gegenstand der Phonetik

Auf die Frage, was Phonetik ist - oder was ein Phonetiker eigentlich macht -, gibt es eine Fülle von Antworten, wobei die in Lexika aufgeführten Definitionen die Sache meist nur recht ungenau treffen. Wir wollen uns daher am Beginn dieses Buches vorab etwas detaillierter mit dieser Frage beschäftigen. Zum einen soll dies allgemein unter wissenschaftstheoretischem Gesichtspunkt geschehen, zum anderen in einem eigenen kleinen Unterkapitel unter historischem Blickwinkel, indem wir an einigen Beispielen zeigen, welche Antworten im Laufe der Geschichte von Gelehrten ganz unterschiedlicher Disziplinen auf Fragen der Phonetik gegeben wurden.

Wählen wir als Ausgangspunkt für unsere Überlegungen die - wenngleich zu kurz greifende, so doch wohl weitestverbreitete - Auffassung von der Phonetik als "*Lehre von den Sprachlauten*". Diese so einfach klingende 'Erklärung' zeigt bei genauerer Betrachtung einige Tücken. Was ist denn ein Sprachlaut eigentlich? Als Mitglieder einer durch eine alphabetische Literalität geprägten Gesellschaft sind wir allzuleicht verführt, unter Sprachlaut das zu verstehen, was den Buchstaben der geschriebenen Sprache entspricht. Und wir finden uns damit in guter Gesellschaft, betitelte doch Jakob Grimm in der ersten Auflage seiner "Deutschen Grammatik" das phonetische Kapitel mit "Von den Buchstaben". Tatsächlich ist auch die Geschichte des Fachs Phonetik entscheidend geprägt von der Auseinandersetzung mit der geschriebenen Sprache: Die Begründer der modernen Phonetik, die Lautphysiologen der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts waren nicht zuletzt über das Problem der Reform der deutschen Orthographie zur Behandlung phonetischer Fragen gelangt und für die heute noch existierende erste Fachgesellschaft im Bereich der Phonetik, die 'International Phonetic Association' (IPA), war die lautgerechte Verschriftung von

Fremdsprachen pädagogisches Programm. Hieran sieht man aber auch schon ein erstes Problem: Offensichtlich ist das auf uns überkommene lateinische Alphabet für eine lautgerechte Verschriftung nicht ausreichend und die verschiedenen lateinisch verschrifteten Sprachen bedienen sich recht unterschiedlicher Mittel, dieses Manövo zumindest teilweise auszuräumen: So schreibt für einen einzelnen, sehr ähnlichen Laut, nämlich [ʃ] der Deutsche <sch>, der Engländer hingegen <sh>. Andererseits steht im Deutschen <ch> für zwei unterschiedliche aber nicht bedeutungsunterscheidende Laute, nämlich [ç] und [χ].¹

Insgesamt gibt es nur wenige Sprachen, die in ihrer Buchstaben-Laut-Beziehung (ihrer Graphem-Phonem-Korrespondenz) ein 1:1-Verhältnis aufweisen. Ein aber weitaus schwererwiegendes Problem bei der Gleichsetzung von Laut und Buchstaben zeigte sich zu Anfang unseres Jahrhunderts, als eine fortschrittliche Gruppe von Phonetikern begann, Sprechbewegungen und deren akustische Resultate mittels eigens hierfür konstruierten Meßgeräten aufzuzeichnen. Die Auffassung, in der gesprochenen Sprache entsprächen den Buchstaben der geschriebenen eine wohlgeordnete Folge abgrenzbarer Einzellaute, erwies sich als schlichtweg falsch. Der in Hamburg tätige Phonetiker Panconcelli-Calzia verwies aufgrund seiner instrumentellen Messungen den Sprachlaut in das Reich der Fiktion, die uns von unseren Ohren und von unseren Augen als ein 'AlsOb' nahegelegt würde.

Wegen dieser Schwierigkeiten mit dem Begriff des Sprachlauts wollen wir den Gegenstand der Phonetik etwas vorsichtiger definieren als den lautlichen Aspekt der sprachlichen Kommunikation. Diesem Gegenstand können wir uns methodisch auf zwei grundsätzlich unterschiedliche Arten annähern:

Einerseits können wir als sog. Ohrenphonetiker das Gehörte analysierend beschreiben (daher auch der Name *deskriptive Phonetik*) und z.B. mit den symbolischen Mitteln des Internationalen Phonetischen Alphabets (IPA) darstellen (daher auch: *Symbolphonetik*), andererseits können wir aber auch mittels geeigneter Geräte die während eines

¹ Wir verwenden in diesem Buch durchgängig die übliche Konvention Geschriebenes - und in Anlehnung daran auch gesehene Sprechbewegungen - in spitze Klammern <> zu setzen, die phonetischen IPA-Symbole (vgl. die tabellarische Übersicht auf der hinteren Ausklappseite) in eckige Klammern [] sofern es sich um eine phonetische, zwischen Schrägstriche // sofern es sich um eine breite, phonologische Transkription handelt.

Sprechakts ablaufenden physikalischen Vorgänge als Signale messen² (*Instrumental-, Signalphonetik*). Und schließlich können wir sodann im Experiment den empirischen Zusammenhang zwischen bestimmten Signalausprägungen und z.B. der Wahrnehmung von Versuchspersonen untersuchen (*Experimentalphonetik* bzw. *perzeptive Phonetik*), indem wir z.B. einen einzelnen akustischen Parameter verändern und testen, wann aus einem [da] für die Versuchsperson ein [ta] wird.

Die Daten, mit denen es der Phonetiker in diesen unterschiedlichen Bereichen seiner Wissenschaftsdisziplin zu tun hat, sind grundsätzlich unterschiedlicher Art: Im Falle der deskriptiven Phonetik hat er es mit Lautkategorien zu tun, die dem geschulten Hörer dank der auditiven Wahrnehmung direkt zugänglich sind und die in Form einer Notation mittels spezieller Symbole dargestellt werden können. In seiner "Phonetik" bezeichnet Tillmann (1980) diese Daten als '*phonetische Ereignisse*'. Diese Ereignisse, als phänomenal der Wahrnehmung zugängliche Tatsachen sind es auch, die für die Gesprächsteilnehmer in einer lautsprachlichen Kommunikationssituation die Grundlagen des Sprechakts bilden. In der natürlichen Gesprächssituation interessieren allerdings dabei den Hörer die lautlichen Details, die der Ohrenphonetiker zu erfassen trachtet, gar nicht so sehr, sondern vielmehr der semantische Gehalt der Äußerung des Sprechers: Was will mir mein Gesprächspartner sagen? Was will er, daß ich mache? Die in enger IPA-Transkription wiedergegebene Äußerung [esisk^balt^t] (*es ist kalt*) wird - je nach Kontext - eben als Feststellung zur herrschenden Temperatur oder aber auch als Aufforderung, die Türe/das Fenster zu schließen verstanden, ohne daß dabei bewußt auf die lautliche Realisierung durch den Sprecher geachtet würde; ja, der Hörer in der aktuellen Situation erfaßt womöglich - inhaltlich (!) - sogar mehr den lautlichen Eindruck (der Sprecher zittert, ist verkühlt, ist ärgerlich), den der vielleicht nur linguistisch interessierte Phonetiker hingegen ignoriert.³

² Wie z.B. die Kiefer-, Lippen- und Zungenbewegungen des Sprechers oder die das akustische Signal darstellenden Luftdruckschwankungen oder auch die Veränderung der Durchblutung bestimmter Großhirnregionen bei der Verarbeitung lautsprachlicher Reize.

³ Wobei natürlich auch die lautsprachlichen Manifestationen der Sprecheridentität oder des emotionalen Befindens des Sprechers etc. eine wiederum spezielle wissenschaftliche Fragestellung für die Phonetik bilden.

Die Daten des Signalphonetikers sind grundsätzlich anderer Art: Er misst mittels spezieller Meß- und Registriergeräte *physikalische Vorgänge*, die während eines Sprechakts ablaufen, für die Teilnehmer an diesem Sprechakt aber transphänomenal, nicht direkt deren Wahrnehmung zugänglich und ihnen somit verborgen sind. So kann der Instrumentalphonetiker z.B. beim Sprecher elektrische Muskelpotentiale während des Sprechens messen, den Verlauf des intraoralen Luftdrucks verfolgen, die Bewegungen von Zungenpunkten, Lippen oder Kiefer usw. aufzeichnen, sowie vor allem auch das akustische Zeitsignal des Schalldruckverlaufs mit den unterschiedlichsten Verfahren analysieren.

Unter wissenschaftstheoretischem Gesichtspunkt besteht zwischen den beiden bisher beschriebenen Daten der Phonetik rein logisch kein Zusammenhang: Das Schwingen der Mikrophonmembran in einer bestimmten Form ist grundsätzlich etwas anderes als z.B. der deutsche Ach-Laut.

Die wahrgenommenen phonetischen Ereignisse und die transphänomenalen phonetischen Vorgänge stehen aber sehr wohl in einem empirischen Zusammenhang, den ihrerseits wiederum die Perzeptive Phonetik (bzw. *Experimentelle Phonetik* im engeren Sinne) zum Gegenstand hat. Schließlich hören wir ja beim Abspielen einer Schallplatte oder eines Tonbands immer wieder dasselbe, wobei aber jeweils nur auf unterschiedliche Art und Weise das akustische Zeitsignal konserviert worden ist. So versucht die Perzeptive Phonetik, die Hörerurteile mit den für den Hörer transphänomenalen gemessenen Signalen (aus den unterschiedlichen Bereichen wie u.a. Artikulation, Akustik) in Beziehung zu setzen.

Die hier vorab kurz skizzierten verschiedenen Herangehensweisen an die lautsprachliche Kommunikation bilden den Gegenstand der vorliegenden "Einführung in die Phonetik", wobei im folgenden aber die physiologischen Möglichkeiten der Sprachproduktion wie die der auditiven Sprachwahrnehmung den Ausgangspunkt der Betrachtung darstellen sollen. Die vorliegende Einführung beginnt somit mit einer im wesentlichen signalphonetischen Betrachtung phonetischer Vorgänge, um daran anschließend die linguistische Ausnutzung dieser "allgemein menschlischen" Fähigkeiten zu thematisieren.

0.2 Eine kleine Geschichte der Phonetik

Die Phonetik als eigenständige Wissenschaftsdisziplin ist recht neuen Datums, ja selbst das Wort 'Phonetik' ist verhältnismäßig jung: Es geht zurück auf einen lateinischen Neologismus vom Ende des 18. Jahrhunderts, nämlich auf das Adjektiv 'phoneticus' (nach gr. phone, die Stimme), das erstmals der dänische Ägyptologe George Zoega 1797 in seinem Buch "De origine et usu obeliscorum" verwendete, um die Hieroglyphen bezüglich des Lautes, für den sie stehen können, zu kennzeichnen.

Die historischen Ursprünge der uns bekannten Auseinandersetzungen mit Fragen zur gesprochenen Sprache verlieren sich im Mystisch-Religiösen: Die gesprochene Sprache wird in der Frühzeit oft - so auch in der Bibel - gemeinsam mit dem Atem mit dem 'Lebenshauch' in Beziehung gesetzt. Auch die Sprachforscher des alten Indien sehen die gesprochene Sprache im Zusammenhang mit dem Religiösen, entwickeln aber bereits eine artikulatorische Beschreibung der Laute und wissen um physiologische Vorgänge, wie z.B. die Anzahl der Atemzüge innerhalb eines Tages.⁴

Aus der Zeit der Antike ist vor allem der Leibarzt Marc Aurels, Galenus zu nennen, der sich bei seinen anatomischen Studien auch mit dem Kehlkopf beschäftigt und dabei als erster die Taschenbandfalten entdeckt und den Nervus recurrens beschreibt. Insgesamt aber ist die Antike durch ein weitaus stärkeres Interesse an der geschriebenen Sprache - an der Grammatik - gekennzeichnet; die gesprochene Sprache wird eher im Zusammenhang mit der Musik erörtert, wobei sich die Erkenntnisse über den Schall aber auf einfache Experimente mit dem Monochord beziehen.

Während des Mittelalters zeigt sich sodann eher ein Rückschritt bezüglich des Wissens um die gesprochene Sprache und ihre physiologischen Grundlagen.

Erst in der Renaissance kommt es wiederum zu neuen Forschungen auf den Gebieten der Physiologie der Stimme und dem der Akustik, wobei u.a. auch Leonardo da Vinci als Phonetiker zu nennen ist, der z.B. erstmals - anhand ausgedehnter Studien an sezierten Leichen - anatomisch

⁴ Für einen Überblick s..Deshpande (1993).

angemessene Darstellungen des Kehlkopfs sowie die erste - phonetisch motivierte - Abbildung eines Sagittalschnitts durch das Ansatzrohr verfertigt.

Die Neuzeit mit dem Aufkommen der exakten Naturwissenschaften erst ermöglichte aber die Ausbildung der Phonetik in ihrer heutigen Form. Erst jetzt beginnt z.B. die akustische Schwingungslehre, die gegen Ende des 18. Jahrhunderts den Mathematiker Euler zu der phonetischen Preisfrage für die St.Petersburger Akademie der Wissenschaften veranlaßt, was die Natur der Vokale a, e, i, o, u sei, wodurch diese sich unterscheiden und zusätzlich eine Maschine - ähnlich der 'Vox humana'-Orgel - zu bauen, die diese Vokale hervorbringt. Der Preis ging im Jahre 1781 an seinen Schüler Christian Gottlieb Kratzenstein.⁵

Von eher praktischen Interessen getrieben beschäftigte sich aber auch der in Ungarn gebürtige k.u.k. Hofrat Wolfgang von Kempelen seit 1769 mit der Konstruktion einer sprechenden Maschine, die er nach langen Jahren des Experimentierens 1791 in einem eigenen Buch darstellt⁶, mit der es nun tatsächlich möglich wurde, ganze Äußerungen künstlich zu erzeugen.

Hieran anschließend führt die Reihe der Erklärungsversuche für die akustischen Eigenschaften von Hohlkörpern über die der englischen Physiker Willis und Wheatstone bis hin zu Hermann von Helmholtz' "Lehre von den Tonempfindungen".

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts entsteht aber auch die physiologische Phonetik erneut unter dem Namen 'Lautphysiologie', wobei dies als die eigentliche Geburtsstunde der Phonetik als Wissenschaftsdisziplin betrachtet werden kann. Die Lautphysiologen entdek-

⁵ Kratzenstein, Christian Gottlieb (1781), *Christiani Theophili Kratzensteinii tentamen resolvendi problema ab Academia scientiarum imperial. petropolitana ad annum 1780 publice propositum: 1. Qualis sit natura et character sonorum vocalium a, e, i, o, u, tam insigniter inter se diversorum; 2. Annon construi queant instrumenta ordine tuborum organicorum, sub termine vocis humanae noto, similia, quae litterarum vocalium sonos exprimant, in publico Academiae conventu, die XIX septembbris 1780, praemio coronatum, Petropoli, typis Academiae scientiarum, 1781.*

⁶ Kempelen, Wolfgang von (1791), Mechanismus der menschlichen Sprache nebst der Beschreibung seiner sprechenden Maschine. [Faksimile-Neudruck mit einer Einleitung von H.E. Brekle und W. Wildgen, Stuttgart u.a. 1970] Wien.

ken im Zusammenhang mit den Fragen der Orthographiereform⁷ bzw. auch der Unterrichtung von Gehörlosen⁸ in lautsprachlicher Kommunikation sozusagen erneut die Möglichkeiten der systematischen Beschreibung der 'Sprachlaute' anhand der Mechanismen ihrer artikulatorischen Hervorbringung.

Parallel zu dieser Entwicklung wurde im Bereich der medizinischen Physiologie zu dieser Zeit mit dem Kymographion⁹ ein Meß- bzw. Aufzeichnungsgerät entwickelt, das die Registrierung von Bewegungsvorgängen und deren detailliertere Analyse ermöglichte und auch die technische Grundlage für die um die Jahrhundertwende neu entstehende 'Experimentelle Phonetik' oder besser Instrumentalphonetik bildete (vgl. Tillmann 1993).

Während zwar die Lautphysiologen bereits grundsätzlich erkannten, das die 'Laute' nicht als statische Artikulationsstellungen hintereinander produziert werden, war die vorherrschende Vorstellung der frühen Instrumentalphonetik doch, daß sich in ihren kymographischen 'Sprachkurven' die einzelnen Sprachlaute - durch schnelle artikulatorische Bewegungsphasen ('An-' und 'Abglitt') und eine zentrale ('gesungene') Haltephase gekennzeichnet - isolieren lassen müßten. Daß dies - wie oben schon angemerkt - eine falsche Vorstellung war, wurde endgültig erst durch die ersten röntgenkinematographischen Aufzeichnungen der Artikulation in den 30er Jahren klar. Der 'Sprachlaut' per se war also nicht in den artikulatorischen Abläufen zu finden.¹⁰

Glaubten noch Menzerath und de Lacerda (1933), daß die kontinuierliche Artikulation gerade dazu diene, akustisch bzw. auditiv klar

⁷ So z.B. der Wiener Lautphysiologe Ernst Brücke (1856) unter dem Einfluß des Orthographiereformers Rudolf von Raumers (1855).

⁸ So vor allem der Engländer Alexander Melville Bell mit seinem "Visible Speech" (1867)

⁹ (griech. Neologismus; eigentlich: "Wellenschreiber") Registriergerät für meist mechanisch bzw. pneumatisch erfassbare Bewegungs- und Schwingungsverläufe auf einer beruften rotierenden Trommel bzw. auf einer über dieser laufenden Papierschleife.

¹⁰ Die Möglichkeiten der akustischen Analyse waren zu dieser Zeit noch äußerst eingeschränkt; der akustische Schwingungsverlauf wurde z.B. mittels Mikroskop an den Rillen der Wachswalzen des Edisonschen Phonographen ausgemessen und die Analyse erfolgte per Hand!

abgrenzbare Lautsegmente hervorzu bringen, so zeigte die weitere Entwicklung, daß auch diese Vorstellung falsch war.

Mit der Weiterentwicklung der Elektroakustik und v.a. der Erfindung des Sonagraphen in den 40er Jahren (vgl.u. Kap. 2.2.3) wurden neue Registrier- und Analyseverfahren auch für die Signalphonetik verfügbar. Es zeigte sich jedoch bald, daß auch im akustischen Sprachsignal keine 'Sprachlaute' zu finden sind. Sie mußten - so die logische Schlußfolgerung - also in unserer auditorischen Wahrnehmung begründet liegen.

Die Frage nach der Natur des 'Sprachlauts' bildete so auch die Grundlage des jüngsten Zweigs der 'phonetischen Wissenschaften'¹¹, der perzeptiven Phonetik. In ihrer heutigen Form wurde sie auch nur auf der Grundlage der elektroakustischen Weiterentwicklungen möglich, wobei mit dem 'pattern playback'-Verfahren zur Sprachsynthese (vgl.u. Kap. 3.2.2) der Grundstein gelegt wurde. Es war nun möglich, akustische Merkmale, wie man sie in den sonographischen Analysen gesprochener Äußerungen vorfand, gezielt zu verändern und die verschiedenen modifizierten resynthetisierten Äußerungen von Versuchspersonen beurteilen zu lassen. Das ursprüngliche erklärte Ziel war dabei, das akustische Signal von allen ihm anhaftenden phonetischen Details zu befreien, so daß es nur mehr den phonologischen Gehalt - also den Sprachlaut per se - beinhaltete. Doch auch hier schlug die Suche nach sogenannten Invarianten fehl.

Für die moderne Phonetik trat so der Zusammenhang zwischen den Mechanismen der Artikulation und denen der gehörsmäßigen Verarbeitung der dabei resultierenden akustischen Sprachsignale in den Vordergrund, wobei der Suche nach Invarianten auf den verschiedenen Ebenen die Frage nach den Quellen der zu beobachtenden Variationen zur Seite gestellt ist. Die Suche nach dem 'Sprachlaut' an sich in den unterschiedlichen Signalmanifestationen, d.h. in einzelnen Aspekten der Artikulation oder in einzelnen akustischen Merkmalen, mußte aufgegeben werden zugunsten einer möglichst umfassenden Modellierung der gesamten physikalischen Vorgänge, wie sie beim Prozeß der lautsprachlichen Kommunikation ablaufen.

¹¹ Seit 1932 nennen sich die regelmäßig stattfindenden internationalen Phonetikerkonresse 'Kongresse für phonetische Wissenschaften' um der interdisziplinären Natur der Erforschung der phonetischen Erscheinungen Ausdruck zu verleihen.

Dieser gewissermaßen erneuerten signalphonetischen Analyse steht der wissenschaftstheoretisch klar hiervon zu trennende Bereich der symbolphonetischen Deskription sowie der der sprachwissenschaftlichen Analyse der Lautstruktur im Rahmen der Phonologie gegenüber. Gerade die Entwicklungen der letzten Jahre - sowohl im Bereich der Phonetik wie in dem der linguistischen Phonologie - haben aber gezeigt, daß die strikte Trennung zwischen den Disziplinen Phonetik und Phonologie¹² aufzubrechen ist: Wir haben es mit zwei Seiten nur einer Medaille zu tun. Um uns lautsprachlich zu verständigen, haben wir ein System entwickelt, das sich der uns biologisch vorgegebenen Möglichkeiten der Schallproduktion und der auditorischen Wahrnehmung bedient. Das eine ist dabei nicht mit dem anderen gleichzusetzen, aber beide Bereiche stehen in einem gegenseitigen Bedingungsgefüge.

Die lautsprachliche Kommunikation ist eine sozial erlernte Technik, die unter normalen Bedingungen problemlos funktioniert. Als Kommunikationspartner machen wir uns keine Gedanken über die dabei ablaufenden Prozesse, und dies wiederum ist auch notwendige Bedingung für das Funktionieren.

Treten wir jedoch aus dieser Kommunikationssituation heraus und versuchen die dort ablaufenden Prozesse als ein externer Beobachter wissenschaftlich zu erfassen, so bildet dieses quasi automatische Funktionieren erst einmal ein Hindernis für das Verstehen.

Daß die lautsprachliche Kommunikation in dieser Weise funktioniert, ist eben dem Wechselspiel sehr unterschiedlicher Prozesse und Faktoren zu verdanken. Mit der vorliegenden "Einführung in die Phonetik" soll versucht werden, die wichtigsten dieser Grundlagen - beileibe nicht alle und manche in hoffentlich nicht zu knapper Form - darzustellen.

¹² Eine strikte Trennung in eine primär naturwissenschaftlich arbeitende 'Sprechaktlautlehre' Phonetik und eine rein geisteswissenschaftlich arbeitende 'Sprachgebildelautlehre' Phonologie im Sinne von Trubetzkoy (1939).

0.3 Literaturhinweise

Weiterführende Literatur

- Abercrombie, D. (1967), Elements of General Phonetics. Edinburgh.
- Borden, G.J. & Harris, K.S. (1980), Speech Science Primer: Physiology, Acoustics and Perception of Speech. Baltimore MD.
- Catford, J.C. (1977), Fundamental Problems in Phonetics. Edinburgh.
- Catford, J.C. (1988), A Practical Introduction to Phonetics. Oxford.
- Clark, J.E. & Yallop, C. (1990), An Introduction to Phonetics and Phonology. Oxford.
- Crystal, D. (1985), A Dictionary of Linguistics and Phonetics. Oxford.
- Crystal, D. (1987), The Cambridge Encyclopedia of Language. Cambridge.
- Crystal, D. (1993), Die Cambridge Enzyklopädie der Sprache. Frankfurt/M.
- Denes, P.B. & Pinson, E.N. (1993), The Speech Chain: The Physics and Biology of Spoken Language. Oxford.
- Glück, H. (Hrsg.) (1993), Metzler-Lexikon Sprache. Stuttgart u.a.
- Kohler, K. J. (1977/1994), Einführung in die Phonetik des Deutschen. Berlin.
- Ladefoged, P. (1975), A Course in Phonetics. New York.
- Tillmann, H. G. (mit Mansell, P.) (1980), Phonetik. Lautsprachliche Zeichen, Sprachsignale und lautsprachlicher Kommunikationsprozeß. Stuttgart.

Spezialliteratur

- Asher, R.E. & Henderson, E. (eds.) (1981), Towards a History of Phonetics. Edinburgh.
- Brücke, E. (1856), Grundzüge der Physiologie und Systematik der Sprachlaute für Linguisten und Taubstummenlehrer. Wien.
- Deshpande, M.M. (1993), Phonetics: Ancient Indian. In: Asher, R.E. & Simpson, J.M.Y. (eds.), The Encyclopedia of Language and Linguistics. Oxford u.a., 3053-3058.
- Dudley, H. & Tarnoczy, T.H. (1950), The speaking machine of Wolfgang von Kempelen. Journal of the Acoustical Society of America, 22, 151-166.
- Grieger, Wingolf (1989), Führer durch die Schausammlung Phonetisches Institut. Hamburg.
- Panconcelli-Calzia, G. (1940), Quellenatlas zur Geschichte der Phonetik. Hamburg.
- Panconcelli-Calzia, G. (1961), 3000 Jahre Stimmforschung. Die Wiederkehr des Gleichen. Marburg.
- Raumer, Rudolf von (1855), Über deutsche Rechtschreibung. Zeitschrift für die österreichischen Gymnasien 6, 1-37.

- Tillmann, H.G. (1993), Phonetics, early modern: especially instrumental and experimental work. In: Asher, R.E. & Simpson, J.M.Y. (eds.), The Encyclopedia of Language and Linguistics. Oxford u.a., 3082-3095.
- Trubetzkoy N. (1939), Grundzüge der Phonetologie. Prag.
- Zwirner, E. & Zwirner, K. (21966), Grundfragen der Phonetometrie. Basel/New York, "II. Bemerkungen zur Geschichte der Phonetik", 17-110.

Teil II: Allgemeine Phonetik - Die phonetischen Vor- gänge beim Sprechakt

Bevor wir uns im zweiten Teil des Buches mit der eigentlich vitalen Frage der Phonetik auseinandersetzen können, nämlich der nach dem Funktionieren der lautsprachlichen Kommunikation innerhalb einer Sprachgemeinschaft, müssen wir in diesem Teil vorab die biologischen Voraussetzung dieses Funktionierens klären. Hierzu sollen nacheinander die für die Sprachproduktion grundlegenden physikalischen Vorgänge innerhalb des Sprechers, sodann die akustischen Prozesse der Schallerzeugung, -modifikation und -übertragung und schließlich die Vorgänge der Reiztransformation und -weiterverarbeitung im Gehörsystem des wahrnehmenden Kommunikationspartners dargestellt werden.

Wir wollen im folgenden also die mit physikalischen Mitteln beschreibbaren Voraussetzungen klären, die es ermöglichen, daß sich ein Sprecher einem Hörer gegenüber mit lautlichen Mitteln verständlich macht. Vereinfachend wird dies in vielen Einführungen mit der folgenden Skizze dargestellt, wobei aber unsere grundlegende Unterscheidung aus dem Einführungskapitel, nämlich die zwischen *wahrnehmbaren phonetischen Ereignissen* und *meßbaren phonetischen Vorgängen* durch den zugrundegelegten informationstheoretischen Signalbegriff nicht zum Ausdruck kommt. Der Sprecher übermittelt dem Hörer über einen Kanal eine in einem gemeinsamen Kode ausgedrückte Information.

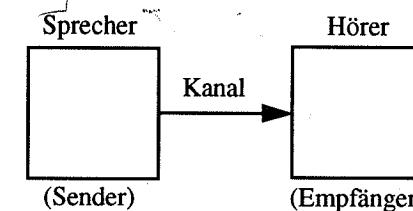


Abb. 1: Einfaches Schema der Kommunikationskette.

Wir gehen daher einen Schritt weiter und verstehen unter Signal (in unserem Sinne eingeschränkt) das, was wir (prinzipiell) beim Ablauf von Sprechakten mithilfe geeigneter Meßgeräte als für das Funktionieren dieser Sprechakte notwendige physikalische Vorgänge über die Zeit (d.h. als sog. Zeitsignal) messen können. Somit erhalten wir das weitaus komplexere Bild des '*signalphonetischen Bandes*' (vgl. Tillmann 1980).

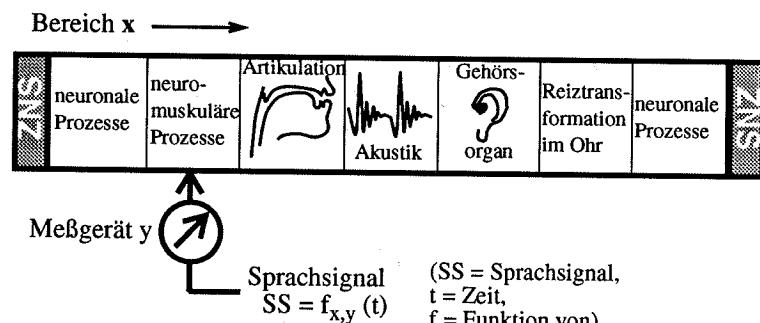


Abb. 2: Die Bereiche des 'signalphonetischen Bandes'.

Wir verwenden also den Begriff 'phonetisches Signal' nicht in dem Sinne von "das akustische Signal signalisiert dem Hörer eine bestimmte Sprecherabsicht" sondern im Sinne von "das akustische, mittels eines Mikrofons aufgenommene und am Oszilloskop als Schalldruckverlauf dargestellte Zeitsignal". Wir verstehen unter phonetischem Signal aber nicht nur das akustische Sprachsignal sondern alle meßbaren Vorgänge in dem (physikalisch nicht unterbrochenen) Bereich zwischen dem Zentralnervensystem des Sprechers und dem des Hörers, so z.B. auch 'die gemessene Veränderung der horizontalen und vertikalen Position einer auf dem hinteren Zungenrücken angeklebten Induktionsspule bei der Artikulation von velaren Konsonanten'.

Innerhalb des signalphonetischen Bandes stehen die zu messenden Signale untereinander von links nach rechts gelesen in einem physikalischen Kausalzusammenhang: die spezifische Art der Aktivität im motorischen Bereich des Zentralnervensystems - obwohl wir hierüber noch recht wenig wissen - führt zu ganz bestimmten neuroelektrischen

Aktivitäten bei bestimmten Muskeln bzw. Muskelgruppen, was seinerseits zu einer durch die resultierenden Muskelkontraktionen und Artikulatorbewegungen bewirkten Veränderung der geometrischen Form des Mund- und Rachenraumes führt, wobei sich diese Form wiederum in komplexer aber eindeutiger Weise im akustischen Sprachsignal abbildet, welches zum Hörer übertragen und von dessen Gehörssystem nach der Reiztransformation weiter signalmäßig verarbeitet wird.

Bei diesem kurzen Blick auf das grundsätzliche Geschehen innerhalb des signalphonetischen Bandes sei schon hier darauf hingewiesen, daß die in der Realität bei Sprechakten ablaufenden Prozesse weit vielfältiger sind und auf komplexe Art und Weise miteinander interagieren. Noch in diesem Kapitel werden wir z.B. sehen, daß der Sprachproduktionsprozeß keinen rein von der Großhirnrinde nach außen an die Artikulationsorgane gerichteten efferent-motorischen Prozeß darstellt. Neben innerhalb des Nervensystems bestehenden Servomechanismen in Form von Rückkoppelungsschleifen erfährt der Sprecher auch bewußt wahrnehmungsmäßig-reafferent die Resultate seiner sprechmotorischen Aktivität: Er registriert die Lage und Bewegung seiner Artikulationsorgane, spürt taktil¹ die Berührungen z.B. der Zunge mit dem Gaumen bzw. den Kontakt zwischen beiden Lippen und nicht zuletzt hört er auch seine Äußerung, wobei er all seine Sinne eben auch dazu einsetzt sich ggf. zu korrigieren.

Wie der Sprecher immer auch gleichzeitig natürlicherweise ein Hörer ist, so ist der Hörer auch immer ein (zumindest potentieller) Sprecher, der um die sprechmotorischen Vorgänge 'weiß'. So kann ihn z.B. Lippenlesen bei gestörter Akustik beim Verstehen hilfreich sein, so ist aber auch im Bereich der Sprachwahrnehmungsforschung noch keineswegs klar, inwieweit sich die auditorische Sprachsignalverarbeitung beim Menschen implizit auf motorische Komponenten der Sprachproduktion stützt.

Im folgenden sollen in jeweils eigenen Kapiteln die drei klassischen Bereiche der allgemeinen Phonetik zur Darstellung kommen - die artikulatorische, die akustische und die auditive (oder perzeptive) Phonetik - und zwar unter dem Aspekt der physikalischen Vorgänge eben bei der Sprachproduktion, der akustischen Vorgänge der Schallproduktion

¹ D.h. mit seinem Tastsinn.

und -übertragung sowie die der Vorgänge bei der Verarbeitung durch das Gehör. Die Unterkapitel beziehen sich dabei jeweils (1.) auf die allgemeinen Grundlagen, (2.) die einzelnen zu behandelnden Prozesse und (3.) die speziellen instrumentellen und experimentellen Untersuchungsmethoden (wobei das letztere Kapitel bei einführender bzw. kurSORischer Lektüre vom Nicht-Phonetiker jeweils auch überblättert werden kann).

1 Artikulatorische Phonetik

1.1 Grundlagen der Sprachproduktion

Im folgenden wollen wir die detailliertere Beschreibung der Vorgänge bei der Sprachproduktion nicht so sehr an unserer obigen Skizze des Informationsflusses innerhalb des signalphonetischen Bandes orientieren, sondern wählen die - auch dem heutigen Wissensstand noch angemessenere - klassische Betrachtung des artikulatorischen Oberflächenverhaltens des Sprechers als Ausgangspunkt, um erst nach der eingehenderen Behandlung der peripheren Artikulationsvorgänge auf die Modelle der Steuerung und Kontrolle derselben sowie auf deren neurophysiologische Grundlagen einzugehen.

Die Darstellung ist dabei stark funktional-physiologisch gehalten, wobei nur die in unserem Zusammenhang wichtigsten anatomischen Grundlagen (wie einzelne Muskeln und deren Verlauf, einzelne Knorpel- und Knochenstrukturen) behandelt werden sollen. Einschlägige weiterführende Literatur ist jeweils am Ende der einzelnen Unterkapitel aufgeführt.

Zu den Sprechbewegungen (im weiteren Sinn) zählen wir die Bewegungsvorgänge innerhalb der drei für die Sprachproduktion grundlegenden Funktionskreise

- Atmung (Kap. 1.2)
- Phonation (Kap. 1.3) und
- Artikulation (d.h. die Sprechbewegungen im engeren Sinne; Kap. 1.4).

Unter dem funktionalen Gesichtspunkt (d.h. in Hinblick auf das akustische Resultat) werden diese Funktionskreise auch als

- Initiator (Atmung)
- Generator (Phonation) und
- Modifikator (Artikulation) bezeichnet:

Die Atmung liefert den für die Rohschallgenerierung nötigen subglottalen Luftdruck, durch den die Stimmlippen im Kehlkopf in klang erzeugende Schwingungen versetzt werden, während die sich verändernde geometrische Form des Ansatzrohres (d.h. des Rachen-, Mund- und Nasenraums) sich (als akustisches Filter) klangmodifizierend auswirkt (vgl. Kap. 2.2).

Die mit diesen phonetischen Funktionskreisen verbundenen anatomischen Strukturen dienen primär anderen vitalen Funktionen: So dient die Atmung in erster Linie der Sauerstoffzufuhr für unseren Körper, werden Kiefer, Lippen, Zunge und auch Kehlkopf im Zusammenhang mit der Nahrungsaufnahme benötigt, nämlich für die Zerkleinerung und Einspeichelung der Nahrung sowie für den Schluckvorgang, bei dem zudem die Atemwege vor dem Eindringen fester oder flüssiger Nahrung geschützt werden müssen. Neben den primären Funktionen dieser anatomischen Strukturen konnten von diesen erst nach phylogenetischen Veränderungen (z.B. der Lage des Kehlkopfs relativ zum Mund- und Rachenraum, Ausdifferenzierung des Knorpelgerüsts und der Muskeln des Kehlkopfs) in der Entwicklung zum Menschen (sowie der ontogenetischen Entwicklung des jungen Menschen) und durch Modifikation der mit ihnen ausgeführten Bewegungen die uns beschäftigenden lautsprachlichen Funktionen übernommen werden. Im folgenden sollen uns jedoch ausschließlich die lautsprachlich relevanten Funktionen beschäftigen, wobei nur an bestimmten Stellen an diese primär andere funktionale Einbindung erinnert werden muß (z.B. bei der Unterscheidung zwischen Ruhe- und Sprechatmung oder der zwischen der Ruhelage der Zunge beim Atmen bzw. der neutralen Zungenlage beim Sprechen).

Alle lautsprachliche Kommunikation beruht auf der artikulatorischen Manipulation eines Luftstroms, die zu einem gehörsmäßig wahrnehmbaren - und differenzierbaren - akustischen Resultat in Form eines Klanges bzw. eines Geräusches führt.

In den heutigen europäischen Sprachen werden die für die Einzelsprachen relevanten lautlichen Differenzierungen normalerweise durch die Modifikation des ausgeatmeten (egressiven) Luftstroms im Kehlkopf und/oder im Ansatzrohr gebildet.

Die Erzeugung wie die Modifikation dieses Luftstroms geschieht ausnahmslos durch Bewegungen spezifischer Körperteile des Sprechers, wobei diese durch die gemeinsame Aktivität verschiedener Muskeln bzw. Muskelgruppen (für die Bildung eines Einzellautes etwa jeweils 35 verschiedene Muskeln) in vergleichbarer, unterstützender (synergistisch) oder entgegengesetzter Form (antagonistisch) zuwege gebracht werden.

Bei der folgenden, auch einzelne Muskeln etwas detaillierter betreffenden Beschreibung der artikulatorischen Vorgänge sollte im Auge behalten werden, daß die einzige mögliche Muskelaktivität die der Kontraktion ist, wobei die resultierende Form der Bewegung jeweils von den durch die jeweiligen Muskeln verbundenen Strukturen und den ggf. dazwischenliegenden Gelenken abhängig ist.¹

Die gestreiften, willkürlichen Muskeln bestehen aus einer Vielzahl einzelner kürzerer zylindrischer und die Gesamtlänge des Muskels durchziehender spindelförmiger Fasern mit einem Durchmesser zwischen 10 und 100 µm. Neben diesen sog. extrafusalen Fasern sind in speziellen Rezeptororganen, den sog. Muskelspindeln (vgl. u. S. 74, Abb. 33), im Inneren des Muskels kürzere intrafusale Fasern durch Bindegewebshüllen eingefäßt.

Mehrere Muskelfasern eines Muskels werden zu einem kurzzeitigen Zusammenziehen gebracht, sobald ein einzelnes vorgeschaltetes Motoneuron über die motorischen Endplatten in den Fasern dieser motorischen Einheit kurze elektrische Impulse, die sog. Aktionspotentiale auslöst, wobei diese elektrisch hervorgerufene Kontraktion mit einer Verzögerung von ca. 0.2 ms einsetzt. Die Anzahl der in einer motorischen Einheit gemeinsam innervierten Muskelfasern ist dabei von Muskel zu Muskel je nach dessen Funktion sehr unterschiedlich. So zeigen Muskeln, die feinabgestimmte Bewegungen zu vollziehen haben (wie z.B. die intrinsischen Zungenmuskeln; s.u.) ein niedrigeres Innervationsverhältnis von wohl um die 7 Fasern pro motorischer Einheit, während Muskeln, die nur eine grobe Kontrolle erfordern, ein Innervationsverhältnis von bis zu 1700 erreichen. Ebenso variiert auch die Verteilung der motorischen Einheiten innerhalb der Struktur eines einzelnen Muskels.

Zur Erreichung unterschiedlich starker Muskelkontraktion stehen zwei sich ergänzende physiologische Mechanismen zur Verfügung: Zum einen die erhöhte Rate der Aktionspotentiale innerhalb einer motorischen Einheit und die Anzahl der aktivierten Einheiten andererseits.

¹ Wobei aufgrund der Vielzahl der an einer Einzellautproduktion beteiligten Strukturen sich trotz dieser prinzipiellen Einfachheit des Funktionierens dennoch sehr komplexe Zusammenhänge zeigen können.

1.2 Atmung

Die Atmung vollzieht sich aufgrund der räumlichen Ausdehnung bzw. der Verengung des Brustraums (*thorax*). Das skelettöse Gerüst des Brustkorbs wird von zwölf paarigen, hinten gelenkig mit der Wirbelsäule (*vertebrae*) verbundenen Rippen gebildet, die vorne bis auf die beiden untersten jeweils durch einen knorpeligen Teil (die ersten sieben direkt, die drei folgenden durch einen gemeinsamen Knorpel) mit dem Brustbein (*sternum*) verbunden sind. An seiner Unterseite ist der Brustraum durch den konvexen, kuppelförmigen Zwerchfellmuskel (*diaphragma*) gegenüber der Bauchhöhle abgegrenzt. Dieser durch die Rippen und das Zwerchfell gebildete zylindrische Raum ist innen mit dem Rippenfell (pleura costalis/parietalis) überzogen, die sich in seinem Inneren befindlichen paarigen Lungen ihrerseits vom sog. Lungenfell (pleura pulmonaris/visceralis). Beide Pleurae sind durch einen Flüssigkeitsfilm miteinander verbunden (vgl. Abb. 3).

Die Atmung vollzieht sich aufgrund der mit der Ausdehnung bzw. der Verengung des Brustraumes verbundenen Veränderung des Lungenvolumens und damit des Luftdrucks innerhalb der Lunge.

Ein Überfluß an Kohlendioxyd im Blut und damit die Notwendigkeit erneuter Sauerstoffzufuhr wird im verlängerten Mark (*medulla oblongata*) des Zentralnervensystems registriert und führt über die Erregung des phrenischen Nervs (s.u.) und der Thorax-Nerven reflexartig zu einer Erweiterung des Brustkorbs, wobei sich im Inneren der sich mit-ausdehnenden Lunge ein Unterdruck entsteht. Infolge des passiv sich vollziehenden Luftdruckausgleichs zwischen dem atmosphärischen Umgebungsluftdruck und dem im Inneren der Lunge strömmt Luft durch den Kehlkopf und die aus 18 miteinander verbundenen hufeisenförmigen Knorpeln gebildete Luftröhre (*trachea*) über die sich zu den beiden Lungenflügeln verzweigenden Bronchien und die sich weiter verästelnden Bronchiolen in die das Hauptvolumen der Lunge ausmachenden, aus elastischem Gewebe gebildeten Lungenbläschen (*alveoli*).

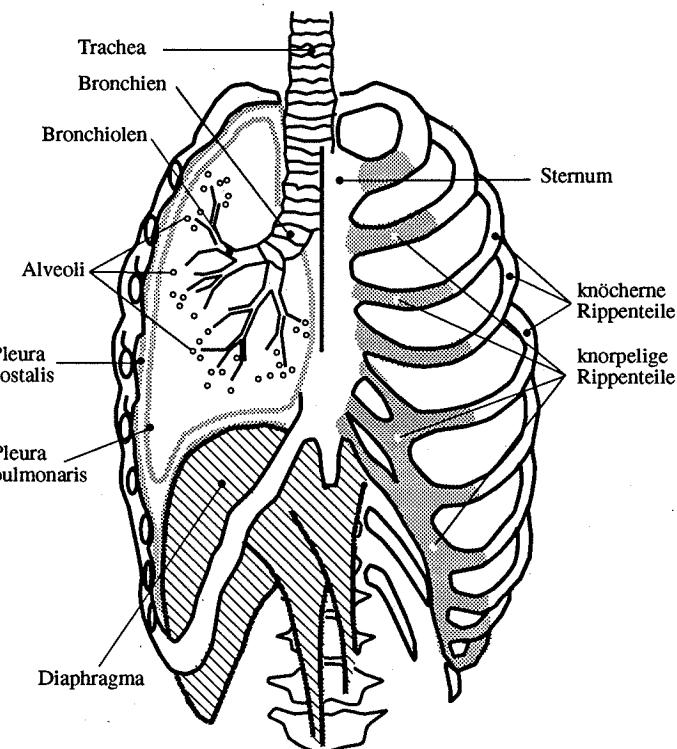


Abb. 3: Der anatomische Aufbau des Brustraums (linke Seite aufgeschnitten mit Zentralschnitt durch die Lunge).

Im Ruhezustand beträgt das Luftvolumen in der Lunge durchschnittlich 4 Liter. Bei der Ruheatmung erhöht sich ihr Inhalt beim Einatmen jeweils um ca. einen halben Liter, um dann wieder auf den Ruhewert abzufallen. Bei kräftigem Einatmen kann das Lungenvolumen bis auf 7 Liter erhöht werden, beim totalen Ausatmen hingegen die Lunge auf ein Restvolumen von 2 Liter zusammengepreßt werden. Diese letztere Volumendifferenz zwischen Maximal- und Restvolumen nennt man auch die *Vitalkapazität*, die bei verschiedenen Personen je nach physi-

scher Konstitution unterschiedlich ist, im Mittel aber 5 Liter beträgt (vgl. Abb. 4).

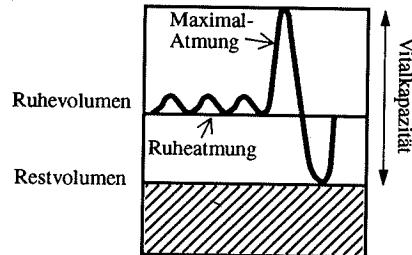


Abb. 4: Die Veränderung des Lungenvolumens bei Ruheatmung und Maximalatmung.

- Die an der Atmung beteiligten Muskeln sind für die Einatmung (d.h. Erweiterung des Brustkorbs, vgl. Abb. 5 u. 6) die Brustraummuskeln:
- Diaphragma (Vergrößerung des Brustraums gegenüber der Bauchhöhle)
 - Intercostales externi (Hauptrippenserker)
 - Intercostales interni (pars interchondralis) (unterstützend für die Rippenanhebung),
- die Halsmuskeln:
- Scalenus (unterstützend oberste beide Rippen anhebend bzw. fixierend)
 - Sternocleidomastoideus (Hebung des Brustbeins und Schlüsselbeins (bei forcierter Atmung)),
- die Schultermuskeln (bei forcierter Atmung):
- Pectoralis major (unterstützend Brustbein und Rippen hebend)
 - Pectoralis minor (zusammen mit P. major unterstützend die oberen Rippen anhebend)
 - Serratus anterior (Anhebung der oberen Rippen)
 - Subclavicus (unterstützende Anhebung der ersten Rippe)

sowie die Rückenmuskeln (bei forcierter Atmung):

- Serratus posterior superior (Anhebung der oberen Rippen im hinteren Teil)
- Latissimus dorsi (pars costalis) (Anhebung der unteren Rippen)
- Iliocostalis cervicis (Anhebung der oberen Rippen);

für die Ausatmung (d.h. Verengung des Brustraums, vgl. Abb. 7 u. 8) die Brustraummuskeln:

- Intercostales interni (Hauptrippenserker)
- Subcostales (unterstützend bei der Rippenabsenkung)
- Transversus thoracis (Absenkung der Rippen bei fixiertem Brustbein),

die Bauchmuskeln:

- Transversus abdominis (Kompression der Bauchhöhle)
- Obliquus internus/externus abdominis (Kompression der Bauchhöhle und Absenkung der Rippen)
- Rectus abdominis (Kompression der Bauchhöhle und Absenkung des Brustbeins)

sowie die Rückenmuskeln (bei forcierter Atmung):

- Latissimus dorsi (Kompression des unteren Brustraums)
- Iliocostalis (unterstützender hinterer Rippenserker)
- Serratus posterior inferior (unterstützend für Rippenabsenkung bzw. -fixation)
- Quadratus lumborum (Fixation der letzten Rippe)

Die für die Einatmung nötige Erweiterung des Brustkorbs erfolgt je nach Atemstärke durch die Kontraktion unterschiedlicher Muskelgruppen. Die für die Einatmung wichtigsten Muskeln stellen die Brustraummuskeln Diaphragma und die Intercostales externi sowie diese unterstützend die zwischen den knorpeligen Teilen der Rippen liegende Teile der Intercostales interni dar.

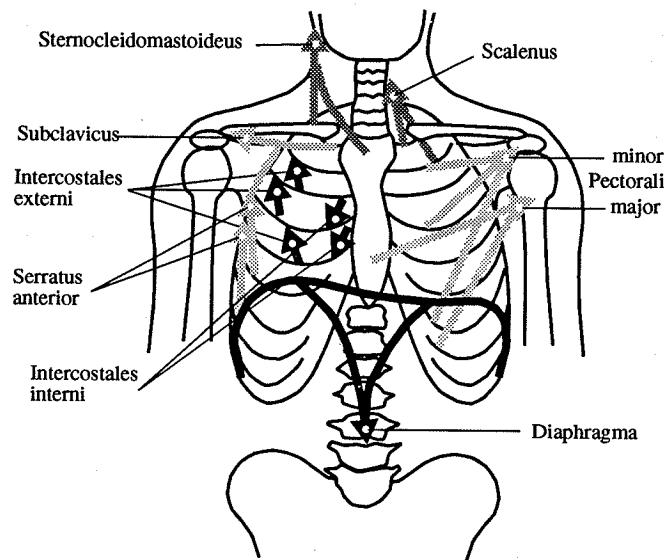


Abb. 5: Die an der Einatmung beteiligten Brustraum- (schwarz), Hals- (dunkelgrau) und Schultermuskeln (hellgrau).

Der dünne, aber extrem starke kuppelförmige Zwerchfellmuskel (*diaphragma*), der den Brustraum gegenüber der Bauchhöhle abschließt, setzt am Unterrand und den Innenkanten der siebten bis zwölften Rippe, dem unteren Ende des Brustbeins sowie der oberen drei Beckenwirbel an, wobei seine Fasern in verschiedenen Schichten median (mittig) aufwärts und vorwärts verlaufen und an der mehr bauchseitig (ventral) gelegenen, irregulär geformten Mittelsehne zusammentreffen. Die Kontraktion des Diaphragmas bewirkt hauptsächlich ein Herabziehen seiner Mittelsehne um ca. 1 bis 5 cm (bis zu 10 cm bei forciertener Einatmung) sowie eine Anhebung der unteren Rippen.

Die Fasern der äußeren Zwischenrippenmuskeln (*intercostales externi*) verbinden die jeweils gegenüberliegenden Kanten des knöchernen Teils benachbarter Rippen schräg nach unten, wobei sie vorwärts zum Brustbein (*sternum*) hin auslaufen. Bei ihrer Kontraktion erfolgt - bei durch den Halsmuskel *Scalenus* fixierter erster Rippe - eine Brust-

raumerweiterung durch die damit verbundene seitlich und vorwärts drehende Anhebung der Rippen.

Die Anhebung der vorderen Rippenteile kann unterstützt werden durch die Kontraktion der in Brustbein Nähe verstärkten, den knorpeligen Rippenteil betreffenden Teile der innerhalb der *Intercostales externi* senkrecht zu diesen verlaufenden Fasern der *Intercostales interni*.

Bei forciertener Einatmung können diese Muskeln zusätzlich unterstützt werden durch Schulter-, Hals- und Rückenmuskeln, deren Verlauf und Zugrichtung in den Abb. 5 u. 6 dargestellt ist.

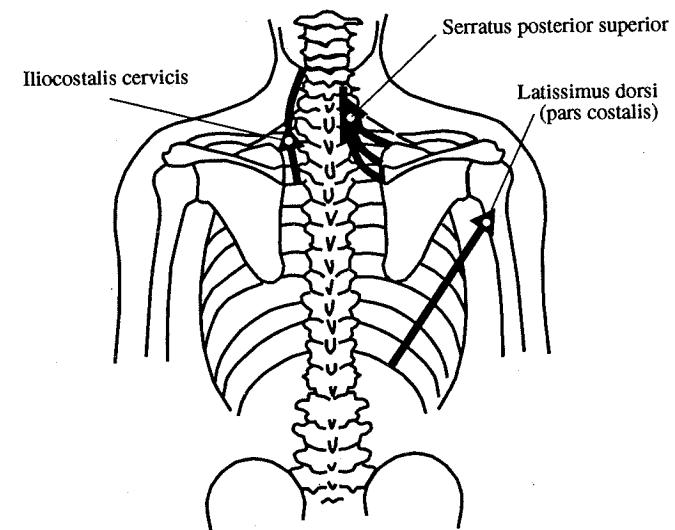


Abb. 6: Die an der Einatmung unterstützend beteiligten Rückenmuskeln.

Die Ausatmung erfolgt bei Ruheatmung vornehmlich passiv aufgrund von drei Rückstellkräften: Die Lunge stellt sich bei fehlender Kontraktion des Diaphragmas und dem entgegenwirkenden Druck des Bauchhöhleninhalts elastisch auf ihr Ruhevolumen zurück, ebenso entfallen bei nichtaktiven äußeren Zwischenrippenmuskeln die Verdrehungskräfte an den knorpeligen Rippenteilen und aufgrund der Schwerkraft

senken sich die beim Einatmen angehobenen Rippen wieder in ihre Ruhelage.

Normalerweise atmet der Mensch in Ruhe zwischen 12- und 20-Mal in der Minute, wobei in diesem Zyklus von im Durchschnitt dreieinhalb Sekunden die Phase der Einatmung etwa 40% (entsprechend anderthalb Sekunden) gegenüber der Ausatemphase von 60% (entsprechend zweieinhalb Sekunden) ausmacht.

Dieses Bild ändert sich erheblich, wenn wir das Atmen beim Sprechen oder - in anderer Art und Weise - beim Anhalten eines Tones betrachten. Nicht nur wird stärker eingeholt, diese Phase - bezogen auf den nächstfolgenden Atemzug - nimmt hier nurmehr ca. 10% des Gesamtzyklus ein, es wird auch wesentlich mehr Luft - unter aktiver Muskelbeteiligung - ausgeatmet.

Bei der Sprechatmung werden zur Aufrechterhaltung eines über einen längeren Zeitraum konstanten für die Phonation notwendigen subglottalen Drucks in der ersten Ausatemphase die Intercostales externi den natürlichen Rückstellkräften entgegenwirkend, d.h. die Ausatmung bremsend, aktiv, während in der zweiten Phase die Ausatmung durch eine Brustraumkompression unter aktiver Muskelkontrolle weitergeführt wird.

Als Ausatmungsmuskeln wirken dabei vor allem die Brustraummuskeln Intercostales interni, Subcostales und Transversus thoracis sowie die Bauchmuskeln Transversus abdominis, Obliquus internus und externus abdominis und Rectus abdominis (vgl. Abb. 7).

Die gegenüberliegenden Kanten benachbarter Rippen (in ihrem knöchernen Teil) von der unteren Rippe nach oben vorwärts verbindenden Fasern der Intercostales interni, die innerhalb in rechtem Winkel zu den Fasern der Intercostales externi liegen (s.o.), fungieren als Hauptausatmungsmuskeln, indem sie die Rippen nach unten ziehen. Dabei werden sie durch die im unteren Brustraum parallel zu ihnen verlaufenden und sich über mehrere Rippen erstreckenden Subcostales unterstützt. Zusätzliche Aktivität in den inneren Zwischenrippenmuskeln zeigt sich auch laut- bzw. betonungsabhängig, z.B. bei [h] und langen Vokalen sowie bei Hauptakzentpositionen. Die Rippenabsenkung wird ebenso durch die Kontraktion des vom Sternum fächerförmig nach seitlich oben zu den Rippen zwei bis sechs verlaufenden Transversus thoracis unterstützt.

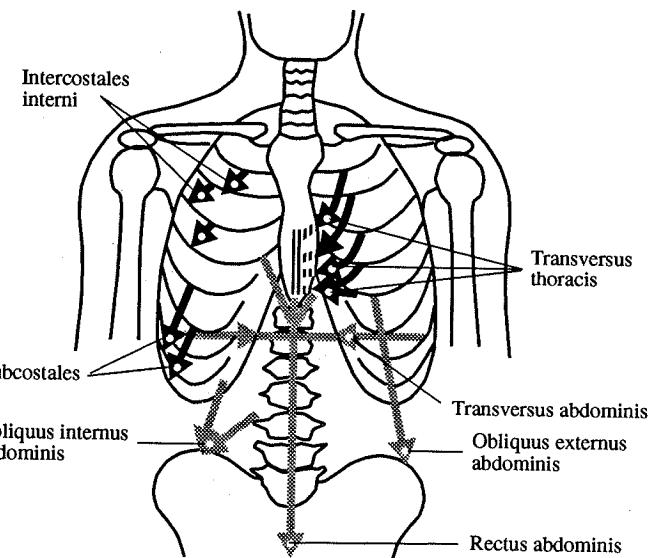


Abb. 7: Die an der Ausatmung beteiligten Brustraum- (schwarz) und Bauchmuskeln (grau).

Die in den späten Phasen der Ausatmung in Aktion tretenden Bauchmuskeln bewirken durch ihre Kontraktion eine Verengung der Bauchhöhle und führen durch den damit verbundenen Druck auf das Diaphragma zu einer zusätzlichen Verminderung des Brustraumvolumens. Dies geschieht z.B. bei der Aktivität des tief in der vorderen Bauchhöhle liegenden schmalen gürtelförmigen Transversus abdominis. Zusätzlich zu dieser Hauptfunktion werden bei Aktivität des Obliquus und des Rectus abdominis (deren Verlauf und Zugrichtung in Abb. 7 dargestellt sind) zusätzlich auch die Rippen weiter abgesenkt.

Bei forciertem Ausatmung werden die genannten Brustraum- und Bauchmuskeln durch die in Abb. 8 im gewohnten Schema dargestellten Rückenmuskulatur unterstützt, die zusätzlich eine generelle Verengung des Brustraums bzw. ebenfalls ein Absenken der Rippen bewirken.

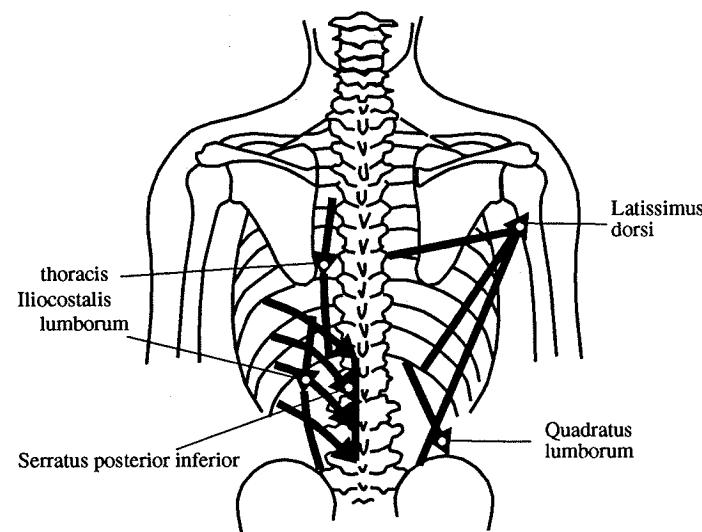


Abb. 8: Die bei forciertter Ausatmung unterstützend beteiligten Rückenmuskeln.

Der zeitliche Zusammenhang zwischen dem Luftvolumen, dem gemessenen subglottalen Druck und der mittels Elektromyographie (vgl. u.) gemessenen Aktivität ausgewählter Atemmuskeln wird in der Abb. 9 als Ergebnis eines Experiments bei einer nach einem tiefen Atemzug am Stück von 1 bis 32 zählenden amerikanischen Versuchsperson dargestellt. Während der gesamten Sprechdauer bleibt der für die Phonation nötige subglottale Druck² nahezu gleich. An der in der ersten Hälfte der Sprechphase weiter anhaltenden Aktivität der Intercostales externi zeigt sich, daß der bei rein passiver Ausatmung entstehende Druck zu hoch wäre, wohingegen in der zweiten Hälfte der Sprechphase nacheinander die zusätzliche Aktivität von Intercostales interni, Obliquus und Latissimus dorsi erforderlich werden.

² Wobei dieser als der durch die davorliegende Lufröhre ausgeübte Druck auf einen in die Speiseröhre (*oesophagus*) geschluckten kleinen Ballon gemessen wurde.

Wenngleich die Daten der Abbildung in einer nicht sehr natürlichen Sprechsituation erhoben wurden, so zeigt sich an ihnen doch schon, daß gewisse Vorstellungen, wie sie in der älteren Phonetik vertreten wurden, falsch sind, so z.B. die Vorstellung, daß jede gesprochene Silbe mit einer abgrenzbaren Aktivität der Ausatemmuskeln verbunden sei. Wir werden in einem eigenen Kapitel am Ende dieses Abschnitts zur lautlichen Sprachproduktion auf die komplexe Koordination der Bewegungsaktivitäten zwischen den Funktionskreisen Atmung, Phonation und Artikulation nochmals zurückkommen.

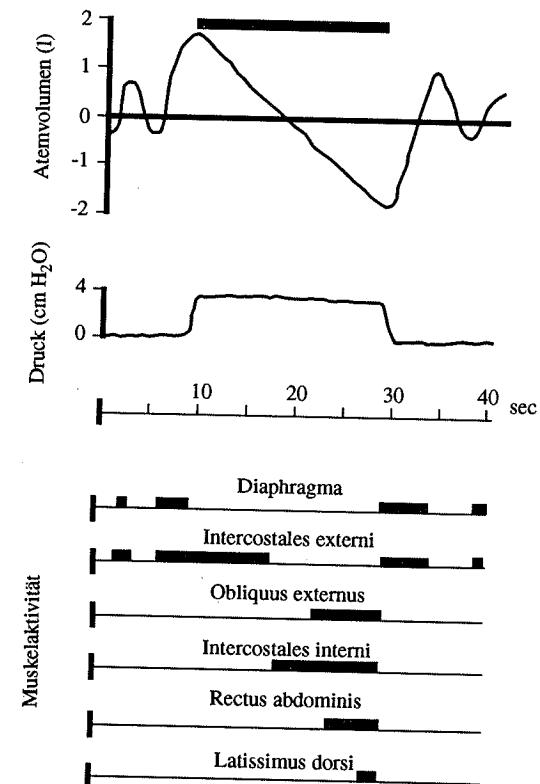


Abb. 9: Der zeitliche Zusammenhang zwischen geatmetem Luftvolumen (in Bezug zum mittleren Volumen oben), oesophagalem Druck (Mitte) und den Muskelaktivitäten (unten); der schwarze Balken im oberen Abschnitt markiert die Dauer des Sprechvorgangs.

Im folgenden Kapitel wollen wir uns nun den Vorgängen und den für diese verantwortlichen Mechanismen zuwenden, die den aus den Lungen ausgeatmeten Luftstrom in einem ersten Schritt modifizieren, nämlich den Vorgängen innerhalb des als Knorpelstruktur den oberen Abschluß der Luftröhre bildenden Kehlkopfs in seiner Funktion als Rohschallgenerator bei stimmhaften Lauten.

1.3 Phonation

1.3.1 Der Kehlkopf

Der Kehlkopf (*larynx*) bildet den oberen Abschluß der Luftröhre gegenüber dem Rachen- und Mundraum. Er stellt ein komplexes Ventil dar und hat sich in dieser Funktion phylogenetisch, in der Entwicklung der Arten, aus einem einfachen Schließmuskel entwickelt. Seine Ventilfunktion ist vielfältiger Art: Primär dient der Kehlkopf dem Verschließen der Luftröhre gegenüber dem Eindringen von flüssiger und fester Nahrung, die über die heruntergezogene Epiglottis seitlich rückwärts in die Speiseröhre geleitet wird, beim Husten hingegen bewirkt er im Zusammenspiel mit forciertter Ausatmung durch eine explosionsartige Bewegung, daß Schleim oder eingedrungene Fremdkörper aus den unteren Atmungswegen herausgeschleudert werden, seine Verschließfunktion dient aber auch dem Aufbau eines erhöhten Drucks innerhalb des Brustraums beim Heben schwerer Gegenstände, beim Erbrechen bzw. bei der Darmentleerung. Seine Funktion für die lautsprachliche Kommunikation schließlich besteht in der kontrollierten Stimmtonerzeugung (Phonation) durch die schwingenden Stimmlippen, wobei durch die Kehlkopfmuskulatur im Zusammenspiel mit dem Druck der ausgeatmeten Luft das Auftreten, die Geschwindigkeit, die Stärke und die Form dieser Schwingung und somit die Stimmhaftigkeit, die Stimmtonhöhe, die Lautstärke und die Stimmqualität kontrolliert werden können.

Der Kehlkopf (vgl. Abb. 10) besteht aus gelenkig miteinander verbundenen fünf Knorpelstrukturen, ca. einem halben Dutzend intrinsischer Muskeln, Bändergewebe und auskleidenden Schleimhäuten. Er ist durch extrinsische Muskeln oberhalb mit dem Zungenbein (*hyoid*) sowie unterhalb mit dem Brustbein (*sternum*) verbunden und somit in seiner vertikalen Lage veränderbar.

Die Basis bildet der mit seiner Breitseite nach hinten weisende siegelförmige Ring- oder Cricoid-Knorpel (*c. (= cartilago) cricoideus*), der auf den hufeisenförmigen nach hinten durch flexibles Gewebe der Speiseröhre (*oesophagus*) abgeschlossenen Trachea-Knorpel aufsitzt. Darüber liegt - mit seinen beidseitigen unteren Hornfortsätzen mit diesem gelenkig verbunden - der nach hinten offene Schild- oder Thyroid-Knorpel (*c. thyroideus*). Der Thyroid besteht aus zwei