

## Finland

Aatto Sonninen, Jyväskylä

Taken from Gutzmann-Festschrift, Berlin 1980,  
c.f. additional article on "Scandinavian Voice Research"  
by the same author from 1996  
under Finland, Special topics

Wenn das für den Menschen typische Charakteristikum, das Sprechvermögen, fehlt oder geschädigt worden ist, berührt es die Grundlagen des Menschseins. Darum ist es kein Wunder, daß sich ziemlich viele Spezialgebiete für die Sprach- und Stimmstörungen interessiert haben. Indem die Medizin während der Jahrtausende danach gestrebt hat, die die Heilung des Menschen berührenden Kenntnisse zu sammeln und zu systematisieren, hat sie sich zugleich bereits lange für die Sprach- und Stimmstörungen und für ihre Heilung interessiert. Vor allem ist es Hermann Gutzmann sen. als Verdienst anzurechnen, daß sich von diesen unzusammenhängenden Beobachtungen der Beginn für ein eignes medizinisches Spezialgebiet, die Phoniatrie, ableitete.

Phoniatrie ist ein multidisziplinäres klinisches Spezialgebiet, dessen Entwicklung in den verschiedenen Ländern von dem Nährboden abhing, den die Nachbarwissenschaften geboten haben, aber auch von der Fähigkeit der bestimmten Person, die Ganzheit der Phoniatrie zu sehen, und auch von dem Willen, deren Selbständigkeit zu fördern. In Finnland war der Nährboden in vielem Sinne günstig für die Entwicklung der Phoniatrie.

Am Anfang des 20. Jahrhunderts waren die Voraussetzungen für die Entwicklung der Phoniatrie noch nicht gegeben, denn der erste Arzt, der sich in Finnland der Phoniatrie widmete, blieb ohne jede Unterstützung und Verständnis. Es war eine Frau, Rauha Hammar, die unter Leitung von Hermann Gutzmann sen. in Berlin in den Jahren 1908-1911 studierte. Im Jahre 1910 schrieb sie in Berlin eine Dissertation „Über doppelseitige Posticuslähmung als Frühsymptom der Tabes dorsalis“. In dieser Inaugural-Dissertation nahm sie auf Grund der Literatur und eigener Beobachtungen Stellung zu dem Gesetz von Rosenbach-Semon. Im Jahr 1912 gründete Hammar in Finnland eine Privatpraxis und teilte mit, daß ihr Spezialgebiet „Stimmkrankheiten“ waren. Dazu hielt sie Vorlesungen in Stimmphysiologie für die Gesangstudenten, wobei sie die Wichtigkeit der medizinischen Basis bei der Pflege von Stimmstörungen betonte. Rauha Hammar schrieb 1913 ein Buch „Die Physiologie der oberen Luftwege für den Gesang“ und 1938 ein finnisches Buch „Laulufysiologien perusteet“ (Die Grundlagen der Singphysiologie), von dem 1964 eine neubearbeitete und ergänzte Auflage erschien. Hammar behandelte weder Sprachstörungen noch Hörverlust in ihren Publikationen.

Der Verein der Otolaryngologie wurde 1922 gegründet. Einer der Zwecke des Vereins ist die Förderung der Phoniatrie. Offiziell konnte die Phoniatrie als ein medizinisches Fachgebiet erst 1948 auf Anregung des finnischen Otolaryngologischen Vereins entstehen. Die Unterzeichner des Vorschlages waren die Ohrenärzte Lennart Sjöström, Urpo Siirala und Eino Vaheri. Lennart Sjöström verschaffte sich die Kompetenz der Phoniatrie während seiner Studienreisen im Ausland und eröffnete 1948 die erste Poliklinik für Phoniatrie in der Ohrenklinik von Turku (Prof. U. Siirala). Er siedelte 1952 zur neuen ORL-Klinik der Universität von Helsinki (Prof. Y. Meurman) über. Heutzutage haben wir im Lande 12 Fachärzte der Phoniatrie (1:400 000) und drei Audio-phoniatrische

Kinderabteilungen, die je 15 Plätze haben (gegründet in Helsinki 1961, in Jyväskylä 1964 und in Oulu 1973).

Dazu gibt es fast in jedem Zentralkrankenhaus eine Poliklinik für Phoniatrie und einige Plätze für phoniatische Fälle auch in vielen anderen Abteilungen. Es gibt fast in jedem Gesundheitszentrum schon eine Sprachtherapeutenstelle, und in dem Gesundheitszentrum von Helsinki gibt es auch die Stelle eines Phoniaters. "Summen foniatriit" (Finnischer Phoniaterverband e. V.) wurde 1969 gegründet. Im Jahre 1978 organisierte der Verein den Kongreß der Union der Europäischen Phoniater in Jyväskylä. Auch bei der skandinavischen Zusammenarbeit im Rahmen der Skandinavischen Arbeitsgemeinschaft für Logopädie und Phoniatrie sowie bei der Skandinavischen Zeitschrift für Logopädie und Phoniatrie haben finnische Phoniater aktiv teilgenommen, z. B. als Vorsitzender.

Keine von unseren medizinischen Fakultäten besitzt einen Lehrstuhl für Phoniatrie, und in der Ärzteausbildung ist der Unterricht der Phoniatrie äußerst gering. Statt dessen wird Phoniatrie in ziemlich hohem Maße im Zusammenhang sowohl mit der Sprachtherapeuten-(Logopäden) als auch Spezialpädagogenausbildung u. a. in Helsinki und Jyväskylä gelehrt.

Im Jahre 1971 schlugen Sonninen und Damsté vor, daß die internationalen Fachausdrücke dadurch deutlicher gemacht werden sollten, daß in wissenschaftlichen Diskussionen verschiedene Ausdrücke für Symptome und verschiedene Ausdrücke für ätiologische Faktoren gebraucht werden. Wenn man über die Symptome spricht, sollte man alle die Probleme, die die Artikulation betreffen, „-arthria“, die das Gehör betreffen, „-acusis“, die Stimme „-phonia“ und alle, die die Funktion der Sprache betreffen, „-phasia“ nennen. Alle Probleme der Sprache, in der mehr als eine von diesen Funktionen mitwirken, sollten „-lalia“ genannt werden.

#### Acusis

Nach der Definition der UEP ist Gehör ein Teilgebiet der Phoniatrie in dem Maße, als die Störung des Gehörs sich auf eines der Teilgebiete Stimme, Sprechen, Sprache auswirkt. Es ist natürlich schwer, eine Grenze zwischen der „phoniatischen Audiologie“ und der „otologischen Audiologie“ zu ziehen. Die Audiologie entstand in der Zeit des Wiederaufbaus nach dem zweiten Weltkrieg als Zusammenarbeit von Otologen und Spezialisten für Sprachstörungen auf dem Boden, den u. a. Otologie, Phoniatrie, Logopädie u. a. im Laufe der Jahrzehnte für die Diagnostik des Hörverlustes und für die Rehabilitation bereitet hatten. Eine feste Zusammenarbeit zwischen Audiologie und Phoniatrie ist weiterhin äußerst wichtig. In Finnland gibt es an den Ohrenabteilungen der Zentralkrankenhäuser audiologische Zentren, die von den Abteilungen der Phoniatrie getrennt sind, aber mit ihnen in fester Bindung arbeiten. Dort versucht man, die poliklinische Diagnostik und die Rehabilitation der Hörgeschädigten zu konzentrieren. Zum Team dieses Zentrums gehören u. a. ein Spezialsprachtherapeut (Audiopäde) und Phoniater. Es wird vorausgesetzt, daß der Leiter des Zentrums eine weitere Ausbildung (2 Jahre) in der Audiologie gehabt hat. Audiologie ist heutzutage eine Subspezialität sowohl der Phoniatrie als auch der Oto-Rhino-Laryngologie.

Die finnische Audiologie hat eine enge Beziehung zu anderen skandinavischen Ländern und nimmt aktiv teil an den Tagungen der Skandinavischen Gesellschaft für Audiologie.

Die erste die Sinnesphysiologie betreffende Dissertation wurde in Turku schon 1647 publiziert (J. Ketarmannus „De sensibus externus“). Andreas Lundius verteidigte öffentlich seine Dissertation „De sensibus hominis“ im Jahre 1690 und Olaus Junholm sein „De audiendu sensu“ 1696. Der letztgenannte betonte den Anteil des Gehörs in der Kommunikation. Von den späteren Arbeiten auf dem Gebiet der Audiophoniatrie, also Audiologie im Lichte der Hörstörungen als Kommunikationsstörungen, soll im folgenden kurz berichtet werden.

Statistiken über die Anzahl von Hörgeschädigten in Finnland liegen u. a. von U. Siirala 1935, 1939, 1941, L. Ojala 1952, H. Juselius 1962, J. Lumio et al. 1964, A. Sonninen et al. 1975, 1976 vor. Die Frequenz der Neugeborenen mit schweren Hörschädigungen liegt in der Größenordnung von 1 ‰. Leichtere, auf Grund von Ohrenentzündungen entstandene Hörschädigungen im Schulalter betragen ungefähr 2-3 % (Virtanen et al. 1978). Im Lichte dieser und internationaler Zahlen arbeitete T. Jauhiainen 1968 ein Modell aus, das die Anzahl der Personen mit Hörstörungen, weiter den Grad der Hörstörung und das Alter definiert. Wenn diese Statistiken für eine wichtige Position gehalten werden, so ist Jauhiainen grundlegend daran beteiligt gewesen, in Finnland audiologische Zentren zu schaffen. Wegen der früheren Entwicklung von Kinderberatungsstellen und der weit über 90 ‰ liegenden Besuchsfrequenzen von neugeborenen Kindern war eine Organisation aufgebaut, die sich gut für die Früherfassung von hörgeschädigten Kindern mit verschiedenen Screeningverfahren eignete. Als Richtlinien dienten die Bestimmung des Aupalpebralreflexes in den ersten Lebenswochen und -monaten, später im Alter von 7-8 Monaten eine Orientierungsreflexmessung mit einem Reiz von ungefähr 3-4 kHz und 40-50dB. Im Alter von 4 Jahren, sowie 3-4 mal im Schulalter, werden alle Kinder zusätzlich audiometrisch untersucht. Die Methode der BOEL ist in Finnland auch geprüft worden und kommt vielleicht auch in größerem Maße zur Anwendung.

Die ersten Untersuchungen über die finnische Sprachaudiometrie wurden 1949 (T. Leisti 1949, L. Sjöström 1949) veröffentlicht. T. Palva entwickelte 1952 die ersten Testwörter für eine finnische Sprachaudiometrie, die sich für die audiologische Routineuntersuchung anwenden ließ. In seiner verdienstvollen Untersuchung verglich er die Resultate der Tonaudiometrie und der Sprachaudiometrie bei Normalhörigen und bei verschiedenen schwerhörigen Gruppen. T. Jauhiainen verdeutlichte die Grundlagen der Verständlichkeit der Sprache in seinen Arbeiten 1974 und 1976.

Der vorläufig einzige in Finnland gebräuchliche standardisierte Test mit niedriger Redundanz, mit dem man zentrale Hörstörungen untersuchen kann, ist der von A. Palva (1965) entwickelte. Darin ist die einohrige Methode, die die filtrierte Sprache anwendet, mit dem Matzkerschen Binauraltest verbunden. Im Test werden zwei genau gewählte Tonbereiche (480-720 und 1800-2400 Hz) angewendet, von denen beide getrennt bei Normalhörigen eine Verständlichkeit von 15-20 % geben.

T. Jauhiainen et al. (1977) haben bei Erwachsenen (N =100) die soziale Kommunikationsbeeinträchtigung, die die Schwerhörigkeit verursacht, mit Hilfe von Fragebogen gemessen. Die Autoren haben damit einen sozialen Index gewonnen, der die Probleme der impressiven Kommunikationsstörungen im täglichen Leben beschreibt.

J. Juurmaa (1963) untersuchte die Fähigkeitsstruktur der Tauben (N = 94, Alter 12-17 Jahre). Das üblichste Handicap angeborener Taubheit ist die sprachliche Rückständigkeit (durchschnittlicher Wortschatz: 500). In seiner Untersuchung zeigte er eingehend die von der Rückständigkeit verursachten nachteiligen Wirkungen sowohl auf die emotionale als auch die persönliche Entwicklung der Tauben, und bedingungslos verteidigte er den Gebrauch der Zeichensprache neben der oralen Methode in der Rehabilitation der Tauben. Die Zeichensprache wurde in Finnland neben der Lautsprache schon lange in der Rehabilitation und im Unterricht akzeptiert.

Als erster richtete A. Argillander in unserem Lande 1760 seine Aufmerksamkeit auf die Wichtigkeit des Unterrichts der Tauben. Erst 1846 wurde die erste Schule für die Hörgeschädigten in Porvoo gegründet. Der Gründer war Oscar Malm, der die Gehörlosenschule in Schweden besucht hatte. Heute gibt es im Lande Internatschulen und Klassen, die mit der Normalschule integriert sind. Eine zuverlässige Diagnose und eine genügend früh begonnene Rehabilitation haben sich in der Praxis nur langsam in Finnland verwirklichen können. In dieser Arbeit sind die Organisationen der Hörgeschädigten als Initiatoren tätig gewesen. Die schwerhörige Hilja Kokko, später Dittmers, lernte in Berlin bereits 1918 die Tätigkeit der Organisation und die Rehabilitation der Hörgeschädigten kennen. In Finnland wurde die erste Organisation der Hörgeschädigten 1926 gegründet. Im Jahre 1935 eröffnete Y. Meurman, Professor der ORL, in Helsinki das erste audiologische Zentrum im Lande, für dessen Unterhalt und Entwicklung ab 1938 die Schwerhörigenorganisation "Kuulonhuoltoliitto" sorgt. 1957 wurde im Zusammenhang mit dieser Poliklinik ein Internat ähnliches Forschungsheim für schwerhörige Kinder im Vorschulalter und deren Eltern gegründet. Von dort aus begann die Anleitung der Eltern mit Hilfe des Briefkurses von John Tracy. Im Jahre 1947 wurde die erste Klasse für Schwerhörige im Zusammenhang mit einer normalen Schule in Helsinki gegründet. Zur gleichen Zeit begann der erste Sonderkindergarten für Hörgeschädigte in Helsinki mit seiner Arbeit.

### *Phonia*

Das Laryngoskop kam in Finnland zum ersten Mal in den klinischen Gebrauch 19 Jahre nach seiner Erfindung (1840 Liston). Es dauerte nur 20 Jahre nach der Veröffentlichung von Helmholtz (1862) „Die Lehre von den Tonempfindungen“, als der Physiologe Hällsten (1882) in einem seiner Artikel die phonetische Grundlage einer sprechenden Maschine, die der Amerikaner Faber in Finnland demonstriert hatte, erklärte. Der Unterricht in der der Phoniatrie naheliegenden Phonetik begann in Helsinki zuerst am Institut der Physiologie 1891, wo H. Pipping zum ersten Dozenten der Phonetik ernannt wurde. Seine Dissertation „Von den Klangfarben der gesungenen Vokale“ erschien ein Jahr zuvor; sie hatte seinerzeit eine bahnbrechende Bedeutung. Von den anderen Phonetikern müssen Jean Poirot (1903), der erste Professor der Phonetik F. Äimä (1921), der das erste finnische Lehrbuch der Phonetik schrieb, die Professoren G. J. Ramstedt (1936), L. Kettunen, A. Sovijärvi (1940) und K. Wiik genannt werden. Sovijärvi begann den Unterricht der Logopädie am phonetischen Institut der Universität Helsinki, die seit 1968 auch an der Universität von Jyväskylä unter Leitung des Verfassers dieses Artikels unterrichtet wird. Phonetische Institute gibt es zur Zeit auch in Turku, Oulu, Jyväskylä und Joensuu. Die Phonetik hat eine große Bedeutung für die Phoniatrie sowohl vom praktischen als auch vom

wissenschaftlichen Standpunkt aus. Heutzutage enthält die Ausbildung der Phoniatrie Übungen im phonetischen Institut.

In Finnland macht die pädiatrische Arbeitsgruppe von O. Wasz-Höckert seit 1960 eine Kinderschrei-Untersuchung. Sie haben den Spektographen als diagnostisches Hilfsmittel gebraucht und damit das erste Weinen, Schmerzweinen, Hungerweinen und die fröhliche Lautierung bei normalen Neugeborenen (N=1000) standardisiert und auch bei solchen, die in verschiedenen Krankheitsumständen geboren sind, wie praematur, chromosomale Abnormalitäten (Downs Syndrom, Cri-du-chat Syndrom), metabolische Krankheiten, Hypoglykämie, Hyperbilirubinämie, Hypothyreose, Gaumenspalten, Hirnschädigung, Asphyxie, Virus-Enzephalitis und Meningitis. Während 8 Jahren hat die Arbeitsgruppe die Wirkung des Kinderschreis auf die Mutter (N = 600) untersucht und stellt fest, daß ca. 10 % der Mütter „weak reactors“ zu sein scheinen. Das ist eine objektive Methode, die Mutter-Kind-Beziehung und die darin vorkommenden Kommunikationsstörungen zu untersuchen. Man ist dabei, mit dem Sprachlabor der technischen Hochschule Stockholms einen „cry analyzer“ für den Routinegebrauch zu entwickeln.

Sonninen et al. (1975) fanden Stimmlippenknötchen bei 8 % der Fälle (N=90) in einer Zufallsstichprobe von allen achtjährigen, 1960 in Jyväskylä geborenen Schülern. M. Jaroma et al. (1977) bemerkten Heiserkeit bei 6,4 % der 7-jährigen Kinder (N = 167). Jungen gab es im Test dreimal so viel wie Mädchen.

Von den die Singstimme betreffenden Untersuchungen sei die Vibratountersuchung von L. Sjöström (1974) genannt, in der er elektroakustisch zeigen konnte, daß im allgemeinen auf eine Sekunde ungefähr sechs Vibratoperioden entfallen. Schon 1954 nahm A. Sonninen an, daß die Stimmbänder eine grundlegende Bedeutung für die Entstehung der Stimmregister haben. In seinen lateralen Röntgenogrammen bemerkte er nämlich, daß die Stimmlippen nur im Brustregister länger werden, wenn die Tonhöhe steigt.

Die Grundlagen der Klassifizierung der Singstimmen erklärte L. Sjöström (1950) auf Grund der ausländischen Untersuchungen und seiner eigenen Wahrnehmungen. Der Phonetiker A. Sovijärvi (1965) entwickelte eine Methode, Stimmen zu klassifizieren, die verschieden lange Resonanzröhren benutzt. Sovijärvi (1977) hat weiter eine in Finnland viel gebrauchte Stimmübungsmethode entwickelt, bei der die obengenannten Resonanzröhren benutzt und die Aufmerksamkeit auch auf die kleinen Unsymmetrien gerichtet werden, die man an den Knorpeln des Larynx bemerkt hat. T. B. Riska (1977) und A. L. Aalto und K. Parviainen (1974) geben viele auf Erfahrung und Literatur beruhende Ratschläge, über die Übungspflege bei Stimmstörungen. In enger Zusammenarbeit mit der Laryngologie war Heikki Klemetti schon am Anfang des Jahrhunderts tätig und behandelte mit Erfolg funktionelle Stimmstörungs- und Stimmlippenknötchenfälle. Asymmetriefälle, die deutlich Stimmstörungen verursachen und worauf Stimmübungen keine Wirkung haben, können manchmal mit operativer Mediofixation geheilt werden, wie der von Sonninen et al. veröffentlichte Fall (1958) zeigt. Mit der Anwendung der Mediofixation als Behandlungsmethode bei halbseitigen Rekurrensparalysen begann in Finnland Y. Meurman 1942.

E. E. Vuori (1954) erklärte die topographischen Variationen des N. recurrens vom Standpunkt der Strumektomie aus. Theorien der Rekurrensparese haben in Finnland L. Hammar (1908), F. Leiri (1930) und O. H. Meurman (1951) behandelt. Meurman verglich den Larynxbefund mit den Stimmsymptomen im Rekurrensparesematerial (N = 104), infolge von Strumektomie. Wenn die Stimmlippe unbeweglich in paramedianer Stellung ist, kann die Stimmritze allmählich durch die Wirkung des M. cricothyreoideus kleiner werden. Dies dürfte die spontane Heilung der Stimme bei der einseitigen Rekurrensparese erklären. Um die Wirkung des M. cricothyreoideus zu bekräftigen, schnitt L. Sjöström (1952) einem Rekurrengelähmten den M. sternothyreoideus ab. Diese Behandlungsmethode hat keiner nach ihm probiert. Vor der Operation ist eine mindestens halbjährliche Übungsbehandlung notwendig. Die Grundlage für die Operation ist der Gedanke, daß der M. sternothyreoideus Antagonist dem M. cricothyreoideus gegenüber ist. Den Anteil des M. sternothyreoideus und anderer extralaryngealer Muskeln an der Tätigkeit der Stimmlippen behandelte A. Sonninen genauer in seinen Untersuchungen 1956, 1957, 1960, 1965 und 1968. Nach ihm hat der M. sternothyreoideus bei der Regelung der Länge der Stimmlippen eine dualistische Funktion, beruhend auf den Wirkungen anderer Muskeln und der Stellung des Kopfes. Ob zuweilen im Zusammenhang mit einer Strumektomie Stimmsymptome von den Schädigungen des M. sternothyreoideus entstehen oder nicht, hängt wahrscheinlich davon ab, ob der motorische Nerv des Muskels bei der Operation beschädigt wird oder nicht. Die Topographie des Nerven in Bezug auf diese Frage behandelte A. Sonninen in seiner Untersuchung 1955.

T. Palva et al. (1976) stellten fest, daß der Grund für eine halbseitige Anschwellung des Taschenbandes eine neue Krankheit "Glandular cystic hypertrophy" ist. Man muß oft vor der chirurgischen Behandlung, um die Diagnose zu sichern, eine Inzision der Mucosa des Taschenbandes machen, so daß man die Probeexzision vom Gebiet der Submucosa nehmen kann. M. Petri-Larmi (1978) berichtete über 7 Dysphonia-spastica-Fälle, deren Stimmsymptome sich nach der von Dedo empfohlenen Durchtrennung des Rekurrensnerven bemerkenswert besserten. Sonninen (1970) analysierte auf Grund der Literatur und der von ihm untersuchten Fälle Stimmsymptome des Downschen Syndroms und Hypothyreosefälle. Bei der ersterwähnten Gruppe war die Stimmhöhe in bezug auf das Alter nicht niedriger als normal. Bei der Hypothyreose ist die Stimmhöhe dagegen niedriger als normal und die Stimme ist deutlich heiser.

Timonen et al. (1962) analysierten hormonale Stimmstörungen bei Frauen (N = 56). Der größte Teil (33 Fälle) hatte Androgene bekommen, bei einem Teil wurde ein endogener Grund festgestellt, wie Dysfunktion oder Hypersekretion des ovariellen Stromas, Hypersekretion von Oestrogenen, Laryngopathia gravidarum, Menopause oder Ovarialtumor.

### *Arthria*

In seiner Herausgabe 1972 gibt S. Siirala einen Überblick über die Sprachstörungen, die mit den Anomalien des Mundes verbunden sind.

Die Häufigkeitswahrscheinlichkeit der Gaumenspalten in Finnland ist 0,9 %, der höchste Wert in der Literatur (Gylling et al. 1962).

Die Frequenz ist besonders groß in den östlichen Teilen des Landes (ad 1,6 %) und vermindert sich stufenweise gegen die Westküste (Saxen et al. 1974). Die Häufigkeit der Lippenspalten in Finnland ist statt dessen ungefähr gleich (0,8 %) anderen Populationen der weißen Rasse. Als eine Hypothese ist die Tatsache angesehen worden, daß die Breite des Kopfes im Verhältnis zur Länge des Kopfes bei den Finnen in Ostfinnland größer ist als bei den Finnen in Westfinnland. Es wirken natürlich auch andere Faktoren mit.

J. Kytä (1970) untersuchte mit dem Spektrographen die Wirkung des Verschließens von Nasengängen auf die akustische Struktur der Nasale. Das totale Verschließen einer Seite verursachte keine Veränderungen in der auditiven Perzeption von Nasalen. Die Verkleinerung oder das Verschwinden von Energie in höheren Frequenzbereichen kann im Spektrogramm jedoch stabilisiert werden. Wenn der eine Nasengang total und der andere partiell verschlossen war, blieb der Formant der epipharyngo-nasalen Höhle in der Höhe von 250 Hz unveränderlich. Wenn die Nase ganz verschlossen wurde, verstärkten sich die höheren Frequenzen und die auditive Perzeption bekam plosiven Charakter. Individuelle Veränderungen waren sehr groß bei der Bildung von Nasalen. Dies erklärt, warum man ab und zu einer kräftigen Septumdeviation und hypertrophischen Concha oder einem Polyp beinahe ohne eine Störung in der Artikulation begegnen kann. Das Füllen der Sinus maxillares mit Dianosil verursachte keine Veränderungen in der akustischen Struktur von Nasalen. Gleiche Resultate bekam Kytä (1976) in Fällen, in denen die Nasenhöhle weiter als normal war, wie z. B. bei atrophischer Rhinitis. Auf die Schwierigkeiten der auditiven Diagnose der näselnden Sprache deuteten Sonninen et al. (1976) in einem Hörversuch hin, in dem sich die Meinungen der Sprachtherapeuten und Phoniater genau zwischen rhinolalia aperta und clausa teilten. Man war auch nicht sicher, ob es sich um eine Artikulations- oder Stimmstörung handelte. Wenn man die Kategorien aperta/clausa unberücksichtigt ließ, und nur nach Näseln fragte, wurde festgestellt, daß die auditive Schätzung stark mit der gemessenen Nasalität korrelierte (Sonninen et al. 1977, 1978). Näseln beschreibt die Zahl, die angibt, wieviel Prozent die Gesamtdauer der nasalen Vibration von der Gesamtdauer der Stimmlippenvibration ist. Es zeigte sich, daß es keine denasale Sprache gibt, sondern auch bei echter „rhinolalia clausa“ die Nasalvibrationszeit größer ist als normal. Diese Untersuchung zeigt, daß die klassische Teilung des Näselns in aperta/mixta/clausa eine Revision fordert. Wahrscheinlich gibt es nur zwei Formen des Näselns, nämlich aperta und mixta.

### *Phasia und Lalia*

Gesamtüberblicke über Stimm- und Sprachstörungen schrieb zuerst L. Sjäström (1944) in Finnland. Die Untersuchungen über Aphasie der Erwachsenen traten stark im Zusammenhang mit dem letzten Kriege hervor. Der Bahnbrecher der neuro-psychologischen Untersuchung und Rehabilitation in Finnland war Niilo Mäki. Der Neurologe E. Hillbom analysierte 62 Fälle von Aphasien bei Schädel-Hirn-Traumen (N = 3552). Von den Aphasikern hatten 77,5 % den Schaden in der linken Hirnhälfte und 17,7 % in der rechten Hirnhälfte. Aphasiesymptome konnten auch dann auftreten, wenn der Schaden außerhalb der eigentlichen „Sprachgebiete“ lag. Der Forscher betont den Bedarf der Sprachrehabilitation und die davon erhaltenen guten Resultate. Die meisten der Aphasien in Friedenszeiten scheinen vaskuläre Ursachen zu haben. Aphasiematerial und neuropsychologische Rehabilitation haben in ihren späteren Herausgaben u. a.

Portin et al. (1977), Nuutila et al. (1975), Portin (1972), Relander (1971) und Äystö et al. (1975) behandelt.

Jauhiainen et al. (1977) untersuchten die Perzeption der Wörter und Laute bei drei Gruppen von Patienten, die eine Gehirnverletzung in der dominanten Hirnhälfte hatten. Die zwei ersten Gruppen hatten den Schaden schon 29-34 Jahre gehabt, bei der dritten Gruppe war er neu. Bei der ersten Gruppe war die Hörabnahme gleichmäßig fallend, bei der zweiten war sie in den hohen Tönen. Dazu hatte man eine Kontrollgruppe. Es wurde festgestellt, daß diejenigen, die die Gehirnverletzung erst kurze Zeit hatten, und diejenigen, die die Hörabnahme bei hohen Tönen hatten, 15-20 % schlechter diskriminieren konnten. Die Diskrimination der Sprachlautzüge „analyzed in terms of place of articulation and distinctive feature, was distorted especially in cases of recent cerebral infarcts, whereas general information transmission of phonemes was more impaired in patients with high-frequency hearing loss.“

Lese- und Schreibstörungen wurden in Finnland in letzter Zeit sowohl an finnischsprachigem als auch schwedischsprachigem Material untersucht. Louhivuoris (1966) Material umfaßte 50 Fälle, von denen 17 hereditäre Gründe hatten, während bei dem Rest von 33 Fällen bedeutend mehr als normal (65 %, versus normal 26 %) Überlappen bei der Händigkeit und Äugigkeit vorlag. Die pathologischen EEG-Befunde waren größer als normal (64,7 %). Arajärvi et al. (1965) analysierte das Material von 33 Kindern und stellte ungewöhnliche Entbindungen, Verzögerungen der sprachlichen Sprachstörungen und psychische Probleme fest. Von dem schwedischsprachigen Material (N =122) machten Frisk et al. (1968) eine entsprechende Analyse. Das EEG war pathologisch bei 47 %, von denen ein Teil Dysmaturität war. Linkshändigkeit war auch in dieser Gruppe nicht gewöhnlich. Sprachstörungen, Enureses, schlechte Motorik, Ungleichheiten in psychologischen Testresultaten und Störungen im Benehmen waren üblich in dieser Gruppe. Eine Hirnschädigung war wahrscheinlich bei 24 % der Jungen und bei 32 % der Mädchen. Heredität war der eigentliche Grund ungefähr bei 1/3 der Fälle, Heredität verbunden mit erworbenem Schaden oder Dysmaturität bei 1/3 der Fälle und bei dem Rest von 1/3 war die hauptsächliche Ursache Enzephalopathie. S. Siirala et al. (1977) stellten fest, daß die Lese- und Schreibstörungen mit einem einfachen Zeichentest gefunden werden können. Frequenzen der Lese- und Schreibstörungen bei Kindern im Schulalter haben Sonninen et al. (1976), Syvälahti (1969) und Arajärvi (1973) untersucht.

Monola et al. (1970) berichten über Erfahrungen in Stotterlagern (N - 10) und über die Resultate, die man bei der Behandlung von Schulkindern erhalten hat. Solche Lager wurden danach jährlich in verschiedenen Teilen Finnlands mit positiven Resultaten veranstaltet. Rantala et al. (1976) machten eine kontrastive Untersuchung über die Wirkung des Haloperidols auf die Stottersymptome beim erwachsenen Material (N=66). Haloperidol linderte die Symptome statistisch bedeutend. Ein Patient hatte extrapyramidale Symptome während der Behandlung. Die Forscher betonen die Vielseitigkeit in der Behandlung des Stotters (Psychotherapie und Sprachtherapie). Medikamente haben hier eine helfende Bedeutung.

Sonninen (1964) analysierte ein Material der in der sprachlichen Entwicklung Verzögerten, die man in der audio-phoniatrischen Abteilung behandelt hatte (N = 150). Zeichen von Gehirnverletzungen hatten über 90 % der Fälle, während bei Hörgeschädigten die entsprechende Prozentzahl ungefähr 75 war. Eine



verzögerte motorische Entwicklung war bei der Gruppe der Entwicklungsgehemmten etwas häufiger als bei der Gruppe der verzögerten sprachlichen Entwicklung. In der visuellen und auditiven Gestaltung gab es keine großen prozentualen Unterschiede, und Zeichen für sprachliche Unbegabtheit waren etwas mehr im Vergleich zu Schwachbegabten und Entwicklungsgehemmten bei solchen Kindern zu finden, die eine zentrale sprachliche Entwicklungsstörung hatten. S. Siirala (1968) machte später eine entsprechende Analyse über das Material derselben Klinik (N=335). Auf Grund der neurologischen Untersuchungen gab es bei Störungen der sprachlichen Entwicklung Zeichen von Gehirnverletzung in 60 %, in der Gruppe der Entwicklungsgehemmten in über 80 % und in der Gruppe der psychogenen Störungen nur ungefähr in 30 %. Die motorische Entwicklung war normal ungefähr bei 30 % in der Gruppe der Sprachgestörten, in der Gruppe der Entwicklungsgehemmten im allgemeinen gar nicht und in der Gruppe der psychisch Gestörten bei über 70 %. Zwischen den Prozentzahlen der auditiven und visuellen Gestaltung gab es keine großen Unterschiede, als die Gruppen der zentralen sprachlichen Entwicklungsgestörten und der Entwicklungsgehemmten miteinander verglichen wurden, während bei psychischen Störungen sowohl die auditive als auch die visuelle Gestaltung deutlich besser waren. Das Niveau der sprachlichen Entwicklung war am schlechtesten in der Gruppe der Entwicklungsgehemmten. Jauhiainen (1978) gibt einen Gesamtüberblick über die Störungen der sprachlichen Entwicklung. In dem von ihm analysierten Material (N = 60) wurden mehr syntaktische Schwierigkeiten bei den Patienten festgestellt, deren rezepptive Sprache gestört war, während es mehr phonologische Ausfälle bei expressiven Störungen gab. Artikulationsstörungen gab es besonders bei dyspraktischen Störungen.

P. Lyytinen (1978) untersuchte das Beherrschen und Lernen der morphologischen Gesetzmäßigkeiten des Finnischen bei 2-5jährigen (N=140). Die lerntheoretischen Begriffe, die die empirische Arbeit zuerst geleitet hatten, veränderten sich mit der Untersuchung in die kognitive Richtung auf die Weise, die in Bezug auf den Spracherwerb u. a. Slobin und Sinclair vertreten. Es zeigte sich, daß man auch mit ziemlich kurzfristigen Übungen die sprachlichen Fähigkeiten der 3-5jährigen verbessern kann. Die Veranschaulichung von Tätigkeiten ist dabei sehr bedeutsam für das Lernen des Kindes. Bei Übungen ist das Alter des Kindes und das kognitive Entwicklungsniveau genau zu berücksichtigen.

Sonninen et al. (1969) berichteten über die Resultate, die sie in der Längenuntersuchung und Behandlung eines schwer autistischen, mittelmäßig schwer hörgeschädigten und begabten Jungen erhalten hatten. Sonninen et al. (1977, 1978) analysierten non-verbale Kommunikation des von ihnen behandelten Autismusmaterials (N = 43). Autismus schien eher eine Reaktionsweise als eine selbständige Krankheit zu sein. Auch bei den schwersten Fällen war non-verbale Kommunikation nachweisbar und für die Entwicklung der Sprache prognostisch ein günstiges Zeichen.

In seinen Untersuchungen (1966, 1969, 1971) über Störungen der sprachlichen Entwicklung analysierte M. Siirala vom Standpunkt der Ontologie die Bedeutung unserer Grundanschauungen zur Bildung unserer medizinischen Erfahrungen und Kenntnis. Die Grundanschauungen bestimmen größtenteils, wie das zu untersuchende Phänomen in empirischer Untersuchung vorausgesetzt ist. „Variationsmöglichkeiten gibt es reichlich z. B. darin, in welche gegenseitigen

Beziehungen in jeder Untersuchungs- und Behandlungsrichtung sich die physikalischen, chemischen, biologischen, psychologischen, otologischen, soziologischen, phonetischen, semantischen, linguistischen und sonstigen philosophischen Standpunkte setzen. Die Bildung des Wahrnehmungsmaterials, das Auswählen der Faktoren, beruht darauf, welche Variation herrschend wird. Und die Deutung der so entstehenden Erlebniswelt führt zur Handlungsweise, die für jede Deutung typisch ist. So wird immer nur eine bestimmte, auf bestimmte Weise gewählte Art des Erfahrens und Handelns. Forschens und Pflagens verwirklicht". Von den Untersuchern verlangt dies „außer der Bereitschaft, eigene Standpunkte dauernd zu kontrollieren, auch Aufmerksamkeit in bezug auf die Grundanschauungen, Gedanken- und überhaupt Einstellungsgewohnheiten, an denen jeder auf seine Weise in der Gesellschaft beteiligt ist".

### *Professional state*

- . independent specialty of its own standing  
In Finland phoniatics is independent specialty since 1948 covering voice, speech, language and hearing (together with audiology)
- . number of university departments  
At each university hospital i.e. 5.
- . number of doctors working in the field  
15 active in Phoniatics

### *Education and training*

program and examination for specialization  
general part altogether one year training in the fields of pediatrics and/or (child)neurology and/or (child)psychiatry and/or allergology and/or theoretical work at a department of physiology or phonetics.  
specialization: six monthes audiology, six monthes ENT, three years phoniatics.

### *Associations*

Professional  
name:  
Finnish Phoniaticians:  
contact address:  
Marja Marttinen,  
Helsinki University Central Hospital,  
Phoniatic Department, Pob 220;  
FI-00029 HUUCH, Finland

### *Outstanding personalities*

Aatto Sonninen, University of Jyväskylä, c.f. personalities  
Professor of Phoniatics since 1989 Erkki Vilkmán, University of Oulu

### *Scandinavian Voice Research*

Open Symposium in Honor of Aatto Sonninen  
Helsinki, September 14 & 15, 1996

Reflections on European Voice Research

Aatto Sonninen

Department of Communication, University of Jyväskylä  
Jyväskylä, Finland

### *Roots of Modern Voice Research*

Man has sung through the ages. For example, the lyre carved in a Sumerian seal ring suggests that in Mesopotamia people used to sing accompanying themselves on a lyre as early as 5000 years ago. It is not known when an analytical interest on the human voice came up. Probably it has been a part of the Western culture from "hieroglyphics to silicon chips" (Vilkman 1990).

What time might the following statements, not in the original language, date from: "Beim Öffnen and Schliessen der Kehlritze wird der Wind zu Ton"? or "The breath is wind, the pressure derives from the abdomen; the glottis opens and closes and thereby the wind is transformed into breath or tone". The Indian poet Saunaka presented such ideas in his Rig-Veda poem about 2600 years ago. This information is from Panconcelli-Calzia's book "3000 Jahre Stimmforschung" from 1961. The book has a well-fitting subtitle: "Die Wiederkehr des Gleichen". As the Bible says: There is no new thing under the sun.

The newest new may not be new at all. A particular finding - maybe under a different name or written in a different language - may have been published far earlier in Europe than outside it, as pointed out by Jorge Perelló in his 1992 review of the book "Professional Voice" by Robert Sataloff. The article by Donald Cooper "Leopold Réthi and laryngeal muscle mechanics", published 1991 in journal of Voice, gives a further example. In the article, the observations of American researchers on the contraction forces in living humans' posterior cricoarytenoid muscle were supported by the findings of Réthi published a century earlier.

Already in the ancient times attempts were made to cure vocal problems. However, as there is the possibility of malfunction in all human activity, care may sometimes have an unhappy end. The Greek Antifone describes such a case 400 B.C.: A singer boy died from a drink that was supposed to improve his voice. The story suggests that already in antiquity vocal care should have been based on actual knowledge.

The Iraqi Ali Daoud reported in 1965 that the Graeco-Arabic medicine described the anatomy and physiology of the larynx essentially correctly as early as in the ninth century A.D. In the writings of the Arab physicians Rhazes, Haly Abass and Avicenna there are descriptions of vocal disturbances and instructions on how to cure them by e.g. breathing exercises at a time when people in Europe were still wondering "ob Stimme etwas Körperliches sei oder nicht" and "Wer sprach zuerst, Adam oder Eva?" (Panconcelli-Calzia 1961,127).

Aesthetic styles of vocal use and together with them voice research as well spread gradually from the Mediterranean countries to the rest of Europe. Gregorian chant was unisonous. However, as early as during the Gothic period the songs became polyphonic. In the renaissance period, the tones of a cappella songs flowed cool and soft, thoughtful and simple, clear in tone and bright. Such singing probably required little from the vocal folds.

This idyll was in time perplexed by the development of mechanics and science. New musical instruments were constructed. Orchestras enlarged and gave up their accompanying role. The French revolution broke out and the world was filled with brass music and singing masses of people. The time came for Wagner with his gigantic orchestra and overlong performances. The larynx had to face new challenges. The culture of our time has multiplied the challenges. The developments described above pose increasing demands on scientific voice research and therapy.

In my opinion, modern voice research started in 1741 with an experiment by the French physician, Antoine Ferrein, which showed that vocal folds are needed for voice production and that the glottis is the focus of the research on the singing voice. Ferrein made a remarkable finding: Loudness of voice increased as the size of the glottal chink was decreased and/or when subglottic pressure was increased.

The experiment of Ferrein inspired a series of experimental studies of phonation with excised larynges, animals and mechanical models. Eager experiments gave rise to many theories of voice production, which eventually crystallized into the aerodynamic-myoelectric theory of vocal fold vibration. Researchers taking this approach have sometimes been blamed for seeing a singer just as a pair of vocal folds walking on two feet. However, many of the methods introduced by Ferrein and his followers are still useful.

The first recorded attempt at laryngoscopy was made by M. Levret, a Frenchman, in 1743 (Bell Telephone Laboratories 1938), who invented a simple laryngeal mirror. His work seems largely to have been disregarded. About 100 years after Levret and Ferrein, the originally Spanish singer and singing pedagogue Manuel Garcia, "Kolumbus der Stimme", started to study voice production in living human subjects by using a laryngeal mirror. Garcia (1847) based his pedagogical practice on the results of current voice research.

Gradually, scientific voice research and literature grew noteworthy and versatile. National and international associations of speech and voice researchers were founded. For example, the International Association of Logopedics and Phoniatrics (IALP) was founded in 1924. Congresses in the field frequently took place in various parts of Europe (Pere116 1982).

### *Modern Approaches to Voice*

The year 1939 brought an abrupt and unfortunate interruption in the advancement of voice research. The greatest disaster in recent history, the Second World War, broke out. It demanded the lives of millions of people and stopped many good enterprises in the world, among them the development of scientific research on the human voice in Europe. The Dutch member of the executive committee of the IALP, van Dantzig, died in a gas chamber together

with millions of people. Many voice scientists like Emil Fröschels, Deso Weiss, and Friedrich Brodnitz fled to the United States taking with them European know-how. The war ended at last in 1945 - to the atomic bomb. Rebuilding started.

In my thoughts, the mushroom-shaped form created by a nuclear explosion became associated with the oak tree figuring in the Finnish national epic Kalevala (Bosley 1989, 2:81-88). Could this story reflect an archaic memory of a meteor that had in some ancient times fallen on the earth producing a huge cloud of dust that obscured the sun or did our ancestors have a premonition of the things to come, of the most horrible weapon of mass destruction the explosion of which can veil the sun?

It reached out its foliage;  
its top filled out heavenward,  
its foliage spread skyward,  
it stopped the clouds from scudding,  
and the vapours from drizzling,  
it blocked the sun from shining,  
the moon from gleaming.

Levitteli lehviänsä;  
Latva täytti taivahalle,  
Lehvät ilmoille levisi,  
Piätti pilvet juoksemasta,  
Hattarat hasertamasta,  
Päivän peitti paistamasta,  
Kuuhuen kumottamasta.

Nowadays, the word science may arouse fear, which may be due to e.g. the genetic manipulation of DNA and the development of more and more effective destructive weapons. It was science that made the nuclear bomb possible. Thus, it is understandable that some people have adopted a fearful and unresponsive attitude towards science in general. Does the scientific research of the human voice also arouse such fears?

The pioneer of modern voice research, Ferrein, was a Frenchman. The Spaniard Garcia also worked in France most of his lifetime. In 1950 France astonished the voice research community in a way that determined the direction of research for decades. If the new theory of phonation, the neurochronaxic theory, had proven to be true, the physicist and mathematician Raoul Husson (1950) would undoubtedly have deserved the epithet "Copernicus of voice research". The theory was truly revolutionary: it gave a new explanation of the control of fundamental frequency. Every single vibration of the vocal folds arises "coup pour coup" at the very moment determined by the central nervous system - regardless of the tension of the vocal folds and the subglottic pressure. The theory, which appealed to many researchers, was a scientific "declaration of war". The conflict lasted for about twenty years. I myself had to participate in the dispute.

When I started to specialize in phoniatrics, my respected teacher Lennart Sjöström suggested a fascinating object of study to me: try to find out whether the categorical statement of the Frenchman Jean Tarneaud (1937) "la corde vocale est parfaitement inextensible" holds true. With the aid of the roentgenologist Carl Sjöblom I obtained excellent radiographic pictures of the ossification centers of the larynx. I was able to measure the length of vocal folds from lateral radiograms. My first publication indisputably showed that the vocal folds lengthen as the voice fundamental frequency rises (Sonninen 1954).

I received a personal letter from Richard Luchsinger telling me that he regarded my work as an important piece of evidence against the theory of Husson. In my doctoral dissertation (Sonninen 1956) I also found out that the singing of high notes becomes more difficult if one bends the head backwards. This also contradicts the theory of Husson. Luchsinger asked my permission to have the dissertation translated in German and published in *Folia Phoniatica*. In 1958, an essential part of the work was published in *Folia phoniatica* (Sonninen 1958). A polemic correspondence with Husson ensued.

In the IALP congress in Barcelona in 1956, vivid conversations on the theory of Husson took place. The Dane Svend Smith presented in the corridors his Munyo, a simple rubber model of the vocal folds. The model was capable of producing surprisingly lively tones at different pitches resembling sounds in chest and falsetto registers, thus supporting the old aerodynamic-myoelectric theory of voice production. After the congress many studies both opposing and supporting the theory of Husson were published. Occasionally, the theory received support from uncritical followers. The discussion about the neurochronaxic theory gradually subsided - but not until the 1970's. In the Nordic Seminar on Singing Pedagogy at Hasselby castle in Stockholm in 1969 there were still some dedicated supporters of Husson's theory present. Later I have met some supporters also in Moscow.

An essential question in the theory was whether the anatomical structure of the vocal folds allows single muscle fibers to contract independent of each other, thus causing vocal fold vibrations. A direct contact of the muscle fibers to the vocal ligament was seen as a prerequisite for that. Many investigations on the microscopic structure of the vocal fold were conducted in order to solve the problem. The study of Goerttler (1951) appeared to some extent to give support to the theory of Husson, while later investigations like those of Wustrow (1952), van den Berg and Moll (1955), Mayet (1955), Sonesson (1960) and Zenker (1964) did not support it. Thus, the myoelectric theory of voice production survived as far as vocal fold structure was concerned. As a result, the theory was greatly developed.

From the point of view of the current double vibration theory of voice production advocated by Minoru Hirano (1975), the theory of Husson merely concerned the body of the vocal fold, the muscular layer of the vocal folds. Thus, the neurochronaxic theory disregarded the vocal fold cover, the membranous portion of the vocal fold, and its elasticity, which according to current knowledge greatly affects voice production and voice quality. However, Hirano was not the first researcher to pay attention to the vocal fold cover; to my knowledge, the first were Europeans, Smith (1958) in "Den subglottiske slimhindes betydning for stemmedannelsen" and Perelló (1962) in "La théorie muco-ondulatoire de la phonation".

Interpretations of neurophysiological experiments conducted by advocates of Husson's theory did not pass critical tests. Laget (1953) observed by stroboscopy that an electrically induced current in the exposed recurrent laryngeal nerve of a dog produced vibrations at the same rate in the vocal folds without the supporting air column. Other investigators made similar observations supporting Husson's theory. However, EMG-investigations of the human larynx by Faaborg-Andersen (1957) convincingly showed that the maximum discharge rate in single active motor units was only about 30 Hz, far below the vibration frequency of the vocal folds. Vibrations of higher rate observed in the tissue were not related to action potentials causing contractions of the muscle fibers. Instead, they can be interpreted as the so-called microphonic effect, which can be brought about e.g. by quickly vibrating a nasal polyp. Van den Berg (1958) summarized the numerous theoretical and experimental arguments against the theory of Husson.

Husson was born in 1901 and he died in the age of 66, probably disappointed by the unfavourable reception that his theory had met with. He started working on his doctoral dissertation already at the age of 21. The work lasted for 28 years under the distinguished guidance of the phonetician Rousselot, the phoniatician Tarneaud and the physiologist Lopicque. Husson had a wide knowledge of the scientific literature of his time. His work was by no means in vain. On the contrary, without his work our knowledge of vocal physiology would certainly be much more fragmentary. Hardly anyone but Husson has had such a stimulating effect on the research of vocal fold anatomy and the role of the central nervous system in phonation. In my opinion, the life work of Husson deserves the deference and commendation of succeeding generations.

The lesson that can be learned from the scientific "war" described above is on one hand the fact that the bold and unprejudiced framing of questions - possibly leading to erroneous conclusions - is not dangerous, something to be feared. On the contrary, it may help in opening quite new perspectives. On the other hand, however, a scientist must always aim at confirming in all respects the validity and reliability of his observations. The Finnish philosopher of science Ilkka Niiniluoto (1980) discusses the scientific method in the following manner: As a theory is to be approved, in the scientific method the reason for the approval must not be the authority of the presenter of the theory - the fact that a well-known scientist presents it - or that it is morally or politically expedient to believe that the theory is true. Neither is the reason for the approval a feeling of certainty in the researcher produced by his intuitive entering into the theory. The reason for the approval of a theory is and must be the fact that the argumentation included in the theory forces one to do so. The experiments and conclusions that the scientist makes an appeal to must be such that in principle everyone, who has received a proper education, can repeat and understand them. Science does not approve established prejudices and perpetual authorities. Current research results will not have a lasting position of authority in the future. Thus, scientific research is an everlasting process.

More than 40 years have passed without anyone seriously trying to use the method that I used for measuring the length of vocal folds. One reason for that may be the remark by Zenker and Zenker (1960:6) suggesting that the methods I used were unreliable. This claim is valid if we examine just a few subjects. However, the probability of reliably obtaining visible ossification centers is over 50% in adults. Taking this into account, the method of measurement in question is at least as reliable as the methods used nowadays. Together with Erkki

Vilkman and Pertti Hurme I have recently published reanalyzed and statistically elaborated results from my early measurements on the lengthening of vocal folds (Sonninen, Vilkman & Hurme 1992). In addition, a manuscript titled "Vocal Fold Strain in Singing: Roentgenographic and Acoustic Observations", written together with Pertti Hurme, has been submitted for publication. It is well known that with increasing vocal fold strain (and stiffness), pitch rises. We also discuss the possibility of pitch remaining the same within a subject, even though there is variation in strain. Such a finding can hardly be caused by errors in measurements, since the results differed statistically significantly and systematically across the subjects' gender, age, amount of vocal training and mode of singing.

The human voice can be examined in the context of the prerequisites of human communication. One of the prerequisites is the physical world. Tellus, our planet, developed from the cold residua of a star. The atmosphere that gradually developed may be unique in the universe. Of all the nine planets in our solar system there is water only on Tellus.

The ancient Greeks distinguished four elements in their natural philosophy: water, earth, air, and fire. The primary elements of life, water and air, are exceptional in the known universe. The atmosphere gives the globe a bluish colour and protects from the deadly rays of the sun while water smoothes out the temperature differences and carries nutritive substances to where they are needed. Life depends on clean air and water.

The communication systems of various organisms have also developed in the conditions of water and air. Life came into existence in water. The function of the nervous system adapted itself to the conditions of water. For a long time, the communication between organisms took place only via water. Although most of the organisms adapted to dry solid ground, the initial and final phase of auditory-vocal communication still takes place in water.

Our brain does not hear acoustic vibrations. A transducer, the inner ear, is needed. The inner ear is located in the cranium - in water. According to the laws of physics, a sound is damped to one thousandth (30 dB) when it is transferred from air into water. Thus, metaphorically speaking, out of one thousand units only one penetrates into water and 999 units are wasted. Even if one's head is under the water the sound coming from outside will always be transferred from air into water, thus becoming 30 dB weaker. Although we live on dry land our body is mainly water. Many organs float in water, e.g. the brain and the organ of Corti, central in the hearing process. Because of this, in the diseases of the middle ear and in bone conducted hearing the threshold of hearing is always at least 30 dB higher than in normal hearing. In order to improve the situation (to lower the threshold of hearing) the outer ear and the middle ear amplify the sound by about 26 dB. This compensates for the damping of the sound energy as sound is transferred from air into water. If an organism of dry land evolved into one permanently living in water, the middle ear would no longer be needed. Indeed, the auditory ossicles of the whales have become ossified and the auditory canal (meatus) is filled with cerumen. Hearing is a prerequisite for the normal development of phonatory abilities from the infancy.

Many studies show the importance of the elasticity of the vocal fold cover for good voice quality. Elasticity is related to the amount of water in the vocal folds.



Water is stored in polycacchrides and hyaluronic acid molecules in the interfibrillar spaces of the vocal fold tissue. They can absorb much water. Is it possible that vocal warm-up means increasing the elasticity of the vocal fold cover in this way? When the vocal fold cover becomes dry its stiffness increases. Dry and stiff vocal folds are not capable of small-amplitude vibration required in piano singing.

To sum up, we can say that the larynx and the ear form a functional unity: The vocal folds filled with water together with the vocal tract filled with air as the message sender and the air-filled outer and middle ears and the water-filled inner ear as the receiver transmit kinetic energy between air and water molecules. In the known universe there is at least one blue planet, where air and water enable this kind of an ingenious communication system.

From the point of voice production, the glottis has central role in this communication system. According to Dorland's medical dictionary, the glottis is the vocal apparatus of the larynx consisting of the true vocal folds and the opening between them (rima glottidis). The glottis is the central object of voice research.

As described above, sound is generated in a complex process involving air and water molecules in the glottis. Lungs and respiratory muscles supply the energy for voice production. One part of this "lung power" is used for the purpose of initiating the vibration of air molecules, i.e. voice. The power used to make the vocal folds vibrate, even though indispensable, is actually waste of energy and occasionally even detrimental - as shown by the growth of vocal nodules. Thus, the glottis transducer DC to AC in a complex manner. Voice is not generated by the vibrating vocal folds as suggested by the theory of Husson but through the cooperation of the vocal folds (water molecules) and the air molecules in the trachea and the vocal tract. The behavior of the water molecules inside the vocal folds is controlled by a complex muscular and connective tissue system. The behavior of the supra- and subglottal air molecules, in turn, is controlled by adjusting the length and diameter of the suprasubglottal cavities and to some extent the subglottal cavities as well as through the cul-de-sac phenomenon of the nasal cavity.

The latest studies have underscored the role of the vocal tract in voice production. I saw startling evidence of the importance of the vocal tract for vocal fold vibration while witnessing an experiment with an excised larynx conducted by Vilkman, Laine and Koljonen (1991). As an appropriate glass tube was sealed to a larynx prepartate which was producing a soft humming sound, vocal fold vibration improved remarkably resulting in a strong, wellsupported voice.

The modern research on the effects of the vocal tract on voice and speech production, carried out world-wide, is in my opinion largely based on the work of two European scientists, who need no further introduction. One is the Dutchman Janwillem van den Berg, the other is the Swede Gunnar Fant. Fant (1960) created the theoretical basis to the concepts source and filter in speech production. Van den Berg (1953) introduced two kinds of concepts: internal coupling between the vocal folds and external coupling from the vocal cavities to the glottis.

In the study of voice, the primary target is the origin of voice in the glottis. Starting from the limitations and possibilities set by the anatomy and physiology of the voice organ we can centrifugally widen our point of view to the neuromuscular control of the voice organ and further to the role of personality, age, gender and culture in vocal behavior. We should study the differences in phonatory behavior in speech, crying, laughing, shouting, commanding, singing. We should know how voice is optimally produced and how voices deviate from the optimum due to diseases or to acquired unfavourable habits. We should know the social significance of voice in different cultures. We should be able to define a voice disorder and find causes for various disorders. We should know their incidence in order to be able to target the preventive and curative measures and resources needed for them. We should find the most effective medical organization. We should know who to train as therapists etc.

All these topics and many more have been studied in the about 3000 publications by European scientists that I have investigated by means of bibliometric methods.

### *European publications on voice*

I have collected for this overview 2900 publications covering the period from 1940 to the middle of the year 1996. The following journals have been examined systematically: Acta Otolaryngologica, Folia phoniatica, Sprache-Stimme-Gehör and Journal of Voice. In addition, a number of journal articles, congress reports and reprints from my private library have been included. Needless to say, the bibliometric analysis is subjective and preliminary and does not cover the entire body of voice research literature in Europe. It is clear that there are many gaps in my material as I could not browse all journals possibly containing some publications on voice. In general, however, there has been a steady growth in the amount of publications during this time although between 1960 and 1980 the amount has for some reason or another stayed about the same.

The national distribution of the publications has been examined during two periods: between 1940 and 1971, and between 1972 and 1996. The leader in the total amount of publications is Germany and the very next is Sweden. Thereafter come Finland, France, Great Britain, Holland, Denmark, Czechoslovakia, Austria, Switzerland, Belgium and Italy. The amount of publications in all countries is larger in the later time interval, with the exception of France and Switzerland.

In order to find what European articles on voice have been referred to by other researchers, I examined in detail two journals, Journal of Voice (1987-) and Scandinavian Journal of Logopedics and Phoniatics (1991-). In my analysis, I neglected references given by the author to him/ herself and to other researchers from the same country. Researchers with more than 10 references have been included. This way I wanted to see how well known a researcher was among the researchers of other countries. Evidently, the rank order shown in the table should be taken with a grain of salt.

### **SWEDEN**

179 Sundberg J  
48 Kitzing P  
41 Gauffin J

36 Fant G  
31 Leandersson R  
31 Löfqvist A  
26 Hammarberg B  
25 Fritzell B  
18 Askenfelt A  
18 Gramming P  
15 Ternström S  
13 Haglund S  
13 Lindestad PA  
13 Sonesson B  
12 Södersten M  
11 von Euler C  
10 Martenson A

#### **DENMARK**

23 Faaborg-Andersen K  
18 Smith S  
14 Frokjaer-Jensen B  
11 Pedersen M

#### **FINLAND**

33 Sonninen A

#### **BELGIUM**

23 van Michel CL

#### **FRANCE**

26 Chevrie-Muller C  
15 Cornut G  
13 Douek E  
13 Bouchayer M  
10 Gremy F  
10 Fabré MP  
10 Vallancien

#### **GERMANY**

52 Seidner W  
35 Wendler J  
24 Timcke R  
18 Klingholz F  
16 Martin F  
15 Schultz-Coulon H  
14 Rauhut A  
13 Schönhärl E  
10 Jolk A  
10 Kleinsasser O

#### **GREAT BRITAIN**

57 Fourcin A  
35 Abberton E  
18 Wyke B  
13 Laver J

## **HOLLAND**

79 Schutte HK  
45 van den Berg Jw  
26 Damsté PH  
24 Miller  
13 Plomp R D  
13 Lecluse F  
12 Bloothoof G

## **SWITZERLAND**

37 Luchsinger R

### *Development of research methods*

Perceptual evaluation. In my material, starting from 1940, the earliest publication that I found on perceptual voice analysis was by the Dane Svend Smith from the year 1947: Analysis of vowel sounds by ear. Most publications (47%0) on perceptual voice evaluation come from Sweden. Both normal and pathological voices have been studied perceptually. Listening tests have been developed and norms have been formed for scales to be used in the evaluation. The results of listening evaluation have been compared with the results obtained by various analysis devices. However, instrumental methods can never substitute for the well-trained human ear in voice evaluation. Often the ear is the final arbiter in the interpretation of the results obtained with instruments. On the other hand, with acoustic analyzers we can observe phenomena that our ear ignores or that are difficult to detect by ear. Nowadays there is a growing tendency to combine perceptual evaluation and objective methods.

Self-organizing maps. The self-organizing map, a voice and sound analysis method developed by the Finn Teuvo Kohonen (1990), has a position between subjective and objective analysis: the computer follows on one hand the functional principles of the human brain, on the other hand those of objective acoustic analysis. The speciality of the method is that the computer "learns" to recognize various voice and sound qualities and shows them in a map so that the samples most widely differing from each other obtain positions widest apart from each other. In my material, the majority of publications using self-organizing maps, 13 in all, come from Finland, starting from 1982.

Acoustic analysis. The phonetic-acoustic analysis of voice has a long tradition in Europe. Hermann Gutzmann, the founder of Phoniatics, was a physician. His book "Physiologie den Stimme and Sprache" (1909) played a remarkable role in the development of phonetics and the acoustics of voice and speech. The discipline of phonetics in Finland has its origin at the Department Physiology and the Faculty of Medicine, too. The "debt" owed by phonetics and the acoustics of voice and speech to medicine has now been paid more than fully by the eminent contribution given to phoniatics and logopedics by scientists like Gunnar Fant with his co-workers and students. The earliest acoustic study of voice in the present material is "Elektroakustische Nachbildung individueller Vokalklange als Mittel fur Sprachuntersuchungen by the German Karl Wagner, dating from 1947. Sweden has the largest share of publications in acoustic voice research in Europe, 36%.

Voice range profile. The voice range profile, also known as phonetography, is an acoustic method for studying a person's maximal ability to vary pitch and loudness of phonation. The earliest research of this kind is by the Frenchmen Calvet & Malhiac 1952. At the present, voice range profile is a basic method in the examination of both normal and pathological voices. In the material, most studies on the subject (30%) have been published in Germany.

Long-time average spectrum. Long-term-average spectrum (LTAS) analysis gives information on the average distribution of sound energy along the frequency axis. Thus, it can reflect differences in voice quality. The earliest European publications in which LTAS was applied, are those by Jansson & Sundberg (1974) in Sweden on music acoustics and by Timo Leino (1975) in Finland on singing and speaking voice. Most of the publications in the material (43%) come from Sweden.

Inverse filtering. Inverse filtering is a method describing glottal airflow variation during phonation. As late as 1964, Van den Berg was rather skeptic about the usefulness of the method - based on his experiences during the years 1930-40. On the other hand, Fant promoted research in this area. Indeed, many studies with the inverse filtering method have been carried out in Sweden, 15 (starting in 1988). In Finland 14 inverse filtering studies have been carried out since 1990. I believe that inverse filtering - especially used in connection with other research methods - will be one of the most important voice research methods in the future.

Electroglottography. The electroglottograph (EGG) was introduced by the Frenchman M. P. Fabré in 1957. The greatest advantage of electroglottography is its noninvasiveness: nothing is inserted in the mouth of the subject. Instead, the vibratory behavior of the vocal folds is studied by placing a pair of thin electrodes on the neck, at the level of the vocal folds. Harmless electric current between the electrodes reflects the continuously varying contact of the vibrating vocal folds. Twin-channel electroglottography allows for the study of changes in the vertical position of the larynx as well. Various versions of the electroglottograph are available and the use of this method has increased. Most of the EGG publications in my material (18%) are published in Great Britain by Adrian Fourcin and his research group. The role of electroglottography in voice research has been compared to that of electrocardiography in medicine.

Photoelectric glottography. In photoglottography (PGG) a fototube is inserted in the mouth of the subject and a light source is placed against the neck beneath the glottis. A photocell inside the tube reacts to the varying amount of light producing an electric current. Changes in this current reflect variations in the glottal area. The first PGG publication in my material is by the Dane Borge Frokjaer-Jensen in 1958. Most of the publications (57%) come from Sweden. To sum up, glottal phenomena can be studied by registering glottal airflow using inverse filtering, variations in the glottal area with PGG and movements of the glottal tissue with EGG, even simultaneously.

Stroboscopy. Stroboscopy was invented in Europe: the first device of this kind was constructed by the Belgian physicist and physiologist Joseph Plateau (1833). By stroboscopy it is possible to see vocal fold vibration in slow motion. The stroboscope was adopted in the clinical examination of vocal fold vibration by M. Oertel in 1879. In my material there are 115 publications on stroboscopy; the

earliest publications come from Denmark in 1942 (Svend Smith) and from Switzerland in 1946 (Richard Luchsinger). Modern stroboscopy is used already all over the world in clinical routine, often together with video recordings. In clinical work the device is useful in differential diagnosis, in documentation and in follow-up.

Ultra high-speed photography. With stroboscopic illumination, motionpicture photography was accomplished by Chevroton and Vles in 1913 and in 1914 by Hegener and Panconcelli-Calzia. Ultra high speed (UHS) filming of the vocal folds, started in Bell Laboratories in 1938, is a far more exact method of studying vocal fold vibration than stroboscopy. In my material the first study is by Luchsinger (1954), who was able to film 4000 frames per second. In all there were 16 publications in my material, the majority of them from Germany.

Electromyography. The earliest studies using electromyography (EMG) in European voice research literature are from Great Britain in 1946 and Sweden in 1949; in the 1950's there are some publications from Poland, France and Denmark. Starting from 1960's the method began to be used also in Finland, Switzerland, Czechoslovakia and Germany. The largest number of publications (18) are from Sweden. EMG is an important instrument for the objective study of muscular function. Some of the studies have applied surface electrodes although needle electrodes can give more exact information on the activity of the muscles.

Voice therapy and pedagogy. There are many approaches and schools in vocal therapy and pedagogy. Phonosurgery interferes with the cause of the voice disorder. According to the material analyzed here, the first phonosurgical operation was carried out by Y. Meurman in Finland in the 1952. In recent years, a large number of publications in the field come from France (e.g. Bouchayer 1992). Other approaches include medication, physical therapy, and psychotherapy, among others. Voice exercises include relaxation, voice massage and laryngeal manipulation (Gu Lide, Haupt 1986, Hülse 1991, Eerola & Koskinen 1996), the use of mental images (Fernau-Horn 1954), health courses („Heilkur“, Gundermann 1993), and music therapy and dance. More elaborated approaches include the accent method (Smith & Thyme 1976, Fex, Fex, Shiromo and Hirano, 1994) and the chewing method of Fröschels (1982, see also Weiss & Beebe 1952). A speaker or singer can also get feedback from various, usually digital, devices.

Many studies concern the suitability of a certain method developed by others for a certain task - and what kind of results can be obtained with it. A clinician, however, sometimes takes a sceptical attitude towards the optimism derived from a single experiment testing the suitability of a certain method.

Publications on voice and speech pedagogy and therapy often illustrate the use and examine the effectiveness of certain methods, exercises and instruments. Nevertheless, they often lack credible and objectively verified or verifiable scientific knowledge of the real object and goal of training or therapy. Research and therapy do not meet. The voice researcher wants to construct a theory of voice production to understand what really happens in the glottis, while the voice therapist and pedagogue are more interested in the successful outcome of therapy and voice pedagogy.

One can present many positive arguments for voice science. Firstly, it helps us to better understand what really happens in voice production. It contributes to more effective singing training and therapy of voice disorders. Through research it is possible to improve the accuracy of the terms used so that people working on voice better can understand each other and thus avoid miscommunication. Etymologically, *dia* is 'through' in Greek and *gnosis* means 'knowledge'. The object of treatment and education should be known as precisely as possible. It is undoubtedly more effective to treat voice problems if the cause or the causes of the problem are known. It may then be possible to focus the treatment precisely on the problem. The task of science is to find out the core of the problem. It is seldom easy and it may also be impossible. However, steps in that direction would help research to become truly explanatory and therapy to become more effective.

About 17% of publications on voice therapy (in all 247) in my material used some objective criteria for measuring the results of the therapy; very few of these studies applied the double blind test method. Thus, the majority of the publications lack such criteria. During the last few years more and more activity has been directed to charting occupational risk factors and occupational health care. There are surveys of the situation of vocal care in various countries. Objective instruments to be used in ordinary environments outside laboratories have been developed for measuring the amount of daily voice use.

### *Conclusion*

During the last 50 years the focus of voice research seems to have changed from qualitative to quantitative aspects. Measuring and its accuracy have adopted a central position beside the effort towards understanding the main phenomenon, the production of voice. Are we really measuring what we think we are? Do our studies catch „shadow or substance“? What is the ontological nature of the object of our study? How permanent are our results? Instead of being „lone rangers“, the voice researchers of today more often belong to interdisciplinary teams. The nature of scientific reporting seems to have changed from merely stating the results of a study towards international written interaction between researchers. Both national and international organizations have been formed and meetings have been arranged for people working in the field, e.g. International Decade of Research in Singing (IDRS), Gesangswissenschaftliche Tagungen in Germany, Röstfrämjandet in Sweden, Voice Foundation in USA, British Voice Association, Pan-European Voice Conference (PEVOC), Collegium Medicorum Theatri, and many others.

An impeding factor in voice research and communication between people working on voice is the tangled and imprecise terminology. It is nowadays possible to go to a store and buy a can of a paint of a particular colour by giving a code number. Do we not have sufficient resources to develop an international code for the classification of normal and disordered voice both from the point of view of production, acoustics and perception in co-operation between different professions in the field? Perceptual evaluation, self-organizing maps, acoustic and physiological methods, voice synthesis etc. can help in the classification of voice. The creation of reference voices is a challenge for voice research.

Voice research needs to be both fundamental and applied. In Europe, the emphasis has largely been on applied voice research. However, fundamental research appears to receive increasing attention not only in the USA and in Japan but also in Europe. Several European countries are on a high international level: e.g. Sweden, the Netherlands and Germany, to mention a few. A prerequisite for the advancement of science is an active team work involving singing pedagogues, voice scientists, voice therapists and all those taking an interest in singing.

### *Epilogue*

Who then took a bough  
took eternal happiness  
and who then broke off the top  
broke off eternal magic;  
who cut off a leafy twig  
he cut off eternal love.

Kenpä siitä oksan otti,  
Se otti ikuisen onnen;  
Kenpä siitä latvan taittoi,  
Se taittoi ikuisen taian  
Kenpä lehvän leikkaeli,  
Se leikkoi ikuisen lemmen

### *Kalevala (Bosley 1989) 2:191-196*

As from the fells the brook so gently streameth,  
And yields new golden buds to frozen willows  
so too dost Thou, O My Song  
bring to blossom the hopes of man  
wherever longing dwells.

Kuin tunturilla puro hiljaa helää,  
ja luopi kultatähkät pajurukkaan,  
niin sinäkin, sä Laulu,  
saatat kukkaan sen ihmismielen,  
jossa kaiho elää.

So let me thank Thee for what Thou gavest:  
Thy beauty all my days with good cheer filleth,  
Thy voice grows clearer,  
when autumn is approaching,  
And the flowers softly wither.

Ja siksi kiitän sua , laulu hento:  
sä siunaat kaihonkukin elämäni,  
sä helkyt silloinkin,  
kun edessäni on syksy,  
jolloin uupuu verten lento.

*Yrjö Kilpinen: To Song (Op. 52, No. 3)*



## *Bibliography*

Bell Telephone Laboratories 1938. High-speed motion pictures of the human vocal cords. New York.

Bosley K, 1989. The Kalevala. An epic poem after oral tradition by Elias Lönnrot. Oxford: Oxford University Press.

Bouchayer M, Cornut G, 1992. Microsurgical treatment of benign vocal fold lesions: indications, technique, results. *Folia Phoniatr.* 44(3-4):155-184.

Calvet J, Malhiac K, 1952. Courbes vocales et mue de la voix. *J. Fr. Oto-Rhino-Laryngol.* 1(2):115-124.

Cooper D, 1991. Leopold Réthi and laryngeal muscle mechanics. *J. Voice* 5(4):354-359.

Daoud A, 1965. Voice and speech in the writings of three medical writers of the 10th century: Rhazes, Haly-Abass, and Avicenna. *De therapia vocis et loquela. Societatis Internationalis Logopaediae et Phoniatriae XIII Congressus Vindobonae* 2:237-9.

Eerola R, Koskinen L, 1996. Toiminnallisten äänihäiriöiden audiokineettinen diagnosointi ja voice massage. *Puheterapeutti* 1996/2:11-13.

Faaborg-Andersen K, 1957. Electromyographic investigation of intrinsic laryngeal muscles in humans: an investigation of subjects with normally movable vocal cords and patients with vocal cord paresis. *Acta physiol. Scand.* 41(Suppl. 140):1-149.

Fabré MP, 1957. Un procede électrique percutané d'inscription de la phonation: Glottographie de haute fréquence. *Premiers résultats. Acad. Natl. Med.* 29:669.

Fant G, 1960. *Acoustic Theory of Speech.* The Hague: Mouton.

Fernau-Horn H, 1954. Zur Übungsbehandlung funktioneller Stimmstörungen. *Folia phoniatr. (Basel)* 6(4):239-245.

Ferrein A, 1741. Quoted by Luchsinger R in Luchsinger R, Arnold GE, 1965. *Voice speech language.* Belmont: Wadsworth.

Fex B, Fex S, Shiromo O, Hirano M, 1994. Acoustic analysis of functional dysphonia: before and after voice therapy (Accent method). *J Voice* 8(2):163-167.

Frokjaer-Jensen B, 1958. Comparison between a Fabre glottograph and a photoelectric glottograph. *Annual Report, Institute of Phonetics, University of Copenhagen* 3:9-16.

Fröschels E, 1952. Chewing method as therapy. *Arch. Otolaryngol.* 56:427-34.

Garcia M, 1847. Mémoire sur la voix humaine (présenté à l'Acad. des sciences en 1840). Paris.

Goerttler K, 1951. Die Anordnung, Histologie und Histogenese der quergestreiften Muskulatur im Menschlichen Stimmband. Ztschr. Anat. 115:352-401.

Gu-Lide. Personal communication.

Gundermann H, 1993. Die Behandlung der gestörten Sprechstimme. Stuttgart: Fischer.

Gutzmann H, 1909. Physiologie der Stimme und Sprache. Vieweg.

Haupt Q, 1986. Stimmtherapie in Verbindung mit Entspannungsmethoden in manueller Vibration. Folia Phoniatr. (Basel) 38(5-6):305.

Hirano M, 1975. Phonosurgery: Basic and Clinical Investigations. The 76th Annual Convention of the Oto-Rhino-Laryngological Society of Japan, Nara.

Htilse M, 1991. Zervikale Dysphonie. Folia Phoniatr. (Basel) 43(4):181-196.

Husson R, 1950. Étude des phénomènes physiologiques et acoustiques fondamentaux de la voix chantée Éditions de La revue scientifique, Paris, A No 2334(3206):1-93.

Jansson E, Sundberg J, 1974. Long-time-average-spectra applied to analysis of music. Part I: Method and general applications. Acustica 34:15-19.

Kohonen T, 1990. The self-organizing map. Proceedings of the IEEE, 78(9):1464-1480.

Laget P, 1953. Reproduction expérimentale de la vibration des cordes vocales en l'absence de tout courant d'air, par stimulation électrique d'un récurrent du chien avec observation stroboscopique de la réponse laryngée. Revue de Laryngologie (G. Portmann, Bordeaux) Suppl. 74:132-142.

Leino T, 1975. Aänen kvaliteetin tutkimisesta reaaliaikaisen keskiarvospektrianalyysin avulla. Fonetikan paperit - Tampere 1974. Tampereen yliopiston puheopin laitoksen monisteita 1:93-114.

Luchsinger R, 1946. Beitrag zur stroboskopischen Registrierung der Stimmstärke. Practica oto-rhinolaryngologica 8:436-440.

Luchsinger R, 1954. Der zeitliche Ablauf der Stimmritzenveränderung bei Zeitlupenaufnahmen der Stimmlippenbewegung. Folia Phoniatr. (Basel) 6(1):14-19.

Mayet A, 1955. Bau und Funktion des M. vocalis und seine Beziehungen zu Lig. vocale und conus elasticus. Acta anat. 24:15-26.

- Meurman Y, 1952. Operative mediofixation of the vocal cord in complete unilateral paralysis. *Arch Otolaryngol* 1952:55:544-53.
- Niiniluoto I, 1980. *Johdatus tieteenfilosofiaan*. Keuruu: Otava.
- Oertel M, 1879. Quoted by Luchsinger in Luchsinger & Arnold 1965. *Voice speech language*, 49.
- Panconcelli-Calzia G, 1961. *3000 Jahre Stimmforschung: Die Wiederkehr des Gleichen*. Marburg: N.G. Elwert.
- Perel J, 1962. La théorie muco-ondulatoire de la phonation. *Ann. Oto-Laryngol. Chir. Cervicofac.* 79 (9):722-5.
- Perelló J, 1982. *The History of the International Association of Logopedics and Phoniatics IALP 1924-1982*. Barcelona: Augusta.
- Perelló J, 1992. Review of Sataloff RT, *Professional Voice*, New York: Raven, 1991. *Folia Phoniatr (Basel)* 44(6):313.
- Plateau J, 1833. Des illusions optiques sur lesquelles se fonde le petit appareil appelé récemment Phénakistiscope. *Ann. chim. phys.* 53:304.
- Smith S, 1942. Stemmlæbernes bevaegelser i stroboscopisk belysning. *Nordisk Medicin* 14:1706.
- Smith S, 1947. Analysis of vowel sounds by ear. *Arch. Neerl. Phonet. Exp.* 20:78-96.
- Smith S, 1958. Den subglottiske slimhindes betydning for stemmedannelsen. *Nordisk Medicin* 59:997.
- Smith S, Thyme K, 1980. *Die Akzentmethode*. Flensburg: Spezial-pädagogischer Verlag.
- Sonesson B, 1960. On the anatomy and vibratory pattern of the human vocal folds. *Acta Otolaryngol.(Stockholm) Suppl.* 156:1-80.
- Sonninen A, 1954. Is the length of vocal cords the same at all different levels of singing? *Acta OtoLaryng. Suppl.* 118:219-231.
- Sonninen A, 1956. The role of the external laryngeal muscles in length-adjustment of the vocal cords in singing. *Acta Otolaryngol. (Stockholm) Suppl.* 130.
- Sonninen A, 1958. Über die Beteiligung der äusseren Kehlkopfmuskeln an der Längeneinstellung der Stimmlippen beim Singen. *Folia phoniatic.* 10:5-19.
- Sonninen A, Vilkkman E, Hurme P, 1992. Roentgenological observation on vocal fold lengthchanges with special reference to register transition and open/covered voice. *Scand. J. Log. Phon.* 17:95-106.

Tarneaud J, 1937. Die Stimmlippen im Zustande der Phonation. Hals, Nasen- u. Ohrenarzt 5:50.

Van den Berg Jw, 1958. Myoelastic-aerodynamic theory of voice production. J. Speech Hear. Res. 1:277-244.

Van den Berg Jw, 1953. Physica van de stemvorming, met toepassingen. The Hague: Uitgeverij Excelsior.

van den Berg Jw, Moll J, 1955. Bau und Funktion des M. vocalis und seine Beziehungen zu Lig. vocale und conus elasticus. Acta anat. 24:15-.

Vilkman E, 1990. Foniatria papyruskääröiltä piisiruihin. Puhe- ja äänihäiriöiden tutkimuksen ja hoidon kehitysnäkymiä. Virkaanastujaisesitelma Oulun yliopistossa 26. 9.1990, Oulu.

Vilkman E, Laine UK, Koljonen J, 1991. Supraglottal acoustics and vowel intrinsic fundamental frequency: An experimental study. Speech Communication 10(4):325-334.

Wagner K, 1947. Elektroakustische Nachbildung individueller Vokalklänge als Mittel für Sprachuntersuchungen. Folia Phoniatr. (Basel) 1(2):16.

Weiss DA, Beebe HH, 1952. The chewing approach in speech and voice therapy. Basel: Karger.

Wustrow F, 1952. Bau und Funktion des menschl. M. vocalis. Zeitschrift Anatomie 116:506522.

Zenker W, Zenker A, 1960. Ober die Regelung der Stimmlippenspannung durch von aussen eingreifenden Mechanismen. Folia phoniatr. 12:1-36.

Zenker W, 1964. Vocal muscle fibers and their motor end-plates. In: Brewer DW, ed. Research potentials in voice physiology, 7-40. State University of New York.

### *Acknowledgements*

I wish to thank Lic.Phil. Pertti Hurme and PhD. Anne-Maria Laukkanen for valuable comments and help in writing and translating this article to English.

### *Research*

Institute: Phoniatic Department, University of Oulu and Helsinki University Central Hospital  
Persons: Erkki Vilkman  
Topics: Occupational voice disorders, Voice physiology

Institute: Cleft Palate Centre, Helsinki University Central Hospital.  
Persons: Marja-Leena Haapanen.  
Topics: Cleft palate speech

Institute: Phoniatic Department, Turku University Central Hospital  
Persons: Eeva Sala  
Topics: Occupational voice disorders