Aus der Poliklinik für Ohren-, Nasen- und Kehlkopfkrankheiten
in Göttingen. (Direktor: Prof. W. Lange.)

Die Prüfung des Hörnervenapparates mit der c⁵-Stimmgabel.¹

Von Prof. W. Uffenorde.

M. H.! Die physiologische Forschung über die obere Tongrenze, die im Laufe der Zeit vielfach einander widersprechende Ergebnisse gezeitigt hat und mit den verschiedensten einander ablösenden Methoden geprüft ist, hat immer mehr zu der Erkenntnis geführt, daß es überhaupt keine allgemein feststehende Grenze gibt, sondern daß sie auch bei ganz Normalhörenden beträchtlich schwankt, und zwar nicht nur von Fall zu Fall, sondern auch bei demselben Individuum (Wilberg, Gildemeister).

Einmal spricht das Lebensalter mit. Die obere Tongrenze soll nach Gildemeister noch im Kindesalter ihr Optimum aufweisen. Bis zum Schluß der Pubertät sinkt sie schon um 1000 Schwingungen, und nur vereinzelt findet man die an sich höchsten Grenzen um das 20. Lebensjahr. Gegen Ende des 5. Jahrzehnts beträgt sie etwa nur noch 65% der Optimumzahl.

Ferner spielen die geistige Verfassung des Geprüften, ob ausgeruht oder ermüdet, die Intelligenz, der Grad der Aufmerksamkeit, der gute Wille des Geprüften u. dgl. m. eine wesentliche Rolle. Auch die Intensität der erregten Töne ist von Einfluß. Die steigende Amplitude rückt die obere Tongrenze hinauf. Schon ein geringfügiger, kaum nachweisbarer Tubenkatarrh kann die obere Tongrenze wesentlich beeinträchtigen.

Wie steht es nun für die ohrenärztliche Praxis mit der Feststellung der oberen Tongrenze?

Die Galtonpfeife, und zwar sowohl die von Burkhardt Meriau in die Praxis eingeführte, wie die von Edelmann verbesserte, welche in beiderlei Form als sehr handliches Instrument sich weiter Verbreitung erfreute, mußte mit dem Fortschreiten der physiologisch-physikalischen Erkenntnis vielen Zweifeln begegnen und ist dann namentlich durch die Untersuchungen von Hedinger, Schulze und Hegener vollends als unzuverlässig erkannt.

An ihre Stelle trat zunächst zur Feststellung der oberen Tongrenze das Schulzesche und dann das Struyckensche Monochord.

Wie weit erfüllt nun in klinischer Hinsicht diese Methode, die ich ja in diesem Kreise nicht näher zu beschreiben brauche, die daran geknüpften Hoffnungen? Um hierüber ein Urteil zu gewinnen, habe ich einmal von einer Doktorandin²⁾ an 175 Normalhörenden vergleichende Prüfungen mit verschiedenen Methoden anstellen lassen, und zwar wurden diese Fälle, die sich aus allen Ständen, verschiedenen Lebensaltern von 12–60 Jahren, aus poliklinischen und Privatkranken, auch einer Reihe von Kollegen zusammensetzten, mit dem Struyckenschen Monochord, mit der c⁵-Stimmgabel (4096 Schwingungen) und der c⁴-Stimmgabel (2048) in Luftleitung und der c-Stimmgabel (128) in Knochenleitung geprüft. Für den Nachweis des normalen Gehörs wurde das Verstehen der akustisch in Zisch- (z. B. 2, 7) und dumpfe Laute (z. B. 8, 9, 100) zu unterscheidenden Zahlen von 1–100 in Flüsterversprache in einer Entfernung von 7 m bei durch Schüttelbewegung ausgeschaltetem anderen Ohre, das Erhalten des Knochenleitungs für Uhr und ein Gehör von 50 cm Abstand vom Ohre für die Normaluhr gefordert.

Die Prüfung mit der Taschenuhr (Normaluhr), die bei Augenschluß und festem Abschluß des anderen Ohres unter Annäherung der Uhr mit der Rückseite von außen, seitlich her vorzunehmen ist,

¹⁾ Vortrag, gehalten vor der Vereinigung Niedersächsischer Ohren-, Nasen- und Halsärzte am 2. VII. 1921 in Hannover. — ²⁾ Martha Fricke, Vergleichende Hörprüfungen bei Normalhörenden mit besonderer Berücksichtigung des Struyckenschen Monochords und der c⁵-Stimmgabel. Inaug. Diss. Göttingen 1921.

gibt ein verlässliches Ergebnis, sobald sie so wiederholt in gleicher Entfernung vom Ohr gehört wird. Sie ist namentlich bei geringer Schwerhörigkeit wertvoll, weil wir im allgemeinen zur Prüfung mit Flüstersprache nicht die nötigen Räume zur Verfügung haben, um in der zum Nachweis geringer Grade von Schwerhörigkeit erforderlichen Entfernung prüfen zu können.

Alle Prüfungen wurden nach genauer Belehrung des zu Untersuchenden mehrmals durchgeführt und aus den Ergebnissen das Mittel gezogen.

In einer 2. Dissertation¹⁾ habe ich ein von mir eingehend untersuchtes Material von Nervenschwerhörigkeit, soweit es einwandfrei erschien, insbesondere psychogene Mitwirkungen unwahrscheinlich waren, zusammenstellen lassen. Es bestand aus Explosionschwerhörigkeit, aus Labyrinthschädigung mittelbarer und unmittelbarer Art bei Verletzung der Schädelwölbung und bei Schädelgrundbrüchen. Neben Friedensverletzungen kam namentlich eine große Zahl von Kriegsverletzungen zur Verwendung, die ich in den ersten 1½ Kriegsjahren in Göttingen behandelte und an denen ich, vielfach wiederholt, Gehörprüfungen angestellt habe.

Zunächst die Ergebnisse bei der ersten Untersuchungsreihe von Normalhörenden.

Die mit dem sinnreich und auch verhältnismäßig handlich gebauten Struyckenschen Monochord erzielten Ergebnisse müssen im großen und ganzen als ziemlich eindeutig erscheinen. Angesichts der Schwierigkeit, über die obere Tongrenze überhaupt Aufschluß zu erhalten, erwies sich auch hier das Instrument als leidlich zweckentsprechend.

Doch sind, ganz abgesehen von den schon physiologisch bedingten Schwankungen, die natürlich alle Untersuchungsmethoden betreffen werden, auch die Nachteile des Instrumentes nicht zu verkennen.

Sie sind sowohl für den Untersucher wie für den Untersuchten vorhanden.

Einmal ist es schon nicht ganz leicht, mit dem Monochord überhaupt einen Ton zu erzeugen; das gilt namentlich für die oberste Grenze, die Schwellenwerte. Es erfordert viel Übung, vor allem auch, um den Ton gleichmäßig zu erzeugen. Die Art des Reibens, das geeignete Material dafür, die richtige Feuchtigkeit desselben, alles wird die Ergebnisse sehr beeinflussen.

Andererseits besteht für den Untersuchten die Hauptschwierigkeit darin — und das betrifft wiederum die Schwellenwerte in erster Linie — zu entscheiden, ob es sich um einen Ton oder um ein Geräusch handelt. Diese Schwierigkeit wird man ja bei Versuchen an sich selbst leicht begreifen.

Unsere Ergebnisse bei der Prüfung mit dem Monochord schwanken zwischen 14 und 19000 Schwingungen für Luftleitung. Mehr als 19000 hat für Luftleitung niemand gehört. Die Werte bei der Prüfung der Knochenleitung sind durchweg größer als bei der Luftleitung, im Gegensatz zu denen von Struycken, der bisweilen die Werte für Luftleitung sogar größer fand als die für Knochenleitung. Sie erstreckt sich bei unseren Ergebnissen für Knochenleitung von 14 bis 20000 Schwingungen. Vergleichen wir damit die Resultate anderer Autoren, so sehen wir bei Kalähne ein Schwanken zwischen 16 bis 18000 für Luftleitung und 17 bis 21000 bei Knochenleitung. Struycken will mit seinem Instrument sogar ein Gehör bis 26000 Schwingungen nachgewiesen haben. Seine Angaben schwanken noch weit beträchtlicher als die von Kalähne und uns, und zwar für Luftleitung von 15 bis 22000, für Knochenleitung von 17 bis 26000 Schwingungen.

Ueber die erheblichen Unterschiede der einzelnen Untersucher brauche ich kaum etwas hinzuzusetzen. Daß sie sich in der ohrenärztlichen Praxis, deren Interesse hier in erster Linie Erörterung finden soll, noch erheblich vergrößern werden, wird nicht zu vermeiden sein, weil für solche sorgfältigen Untersuchungen kaum immer die nötige Zeit zur Verfügung steht. Da die Amplitude der Schwingungen eine wesentliche Rolle bei der Bestimmung der oberen Tongrenze spielt, ist damit zu rechnen, daß bei der Erregung der Monochordsaite schon durch den Unterschied der Fingerkraft bei den einzelnen Untersuchern die Unterschiede bedingt sein können. Es wird kein Zufall sein, wenn unsere Untersuchungsreihen, die von einer Dame stammen, verhältnismäßig niedrige Werte aufweisen. Das läßt sich auch mit der Annahme von Struycken in Einklang bringen, wonach die Unterschiede bei Luft- und Knochenleitung um so geringer sind, je kräftiger das Monochord erregt wird. Aber gerade von diesem Gesichtspunkt aus sind wiederum die so stark schwankenden Zahlen von Struycken beachtenswert.

Betrachten wir dann weiter die Ergebnisse mit der Stimmgabel c⁵ (4096 Schwingungen). Sie entspricht dem höchsten Klavierton, ja, jedenfalls für die meisten Instrumente, auch etwa dem höchsten Ton in der Musik überhaupt. Der c⁵-Ton liegt um ein wenig oberhalb des Sprachgebietes, welches ja 8 Oktaven umfaßt und etwa bis 4000 Schwingungen reicht.

Die c⁵-Stimmgabel gilt als letzte in der aufsteigenden Tonreihe, die zur Bestimmung der Hördauer (v. Conta) für die quantitativen Prüfungen der Hörschärfe in Betracht kommen. Die Herstellung von geeigneten Stimmgabeln mit höheren Tönen und genügender Tondauer soll der Technik bislang nicht gelungen sein.

Wenn Bezold selbst der von ihm benutzten c⁵-Stimmgabel nur 8" Hörzeit einräumt, so trifft das für unsere Gabel nicht zu. Entweder handelt es sich dabei um ein unzweckmäßiges Modell, oder Bezold — und mit ihm die anderen — hat seine c⁵-Gabel sehr schwach erregt. Unsere c⁵-Gabel weist mit 30" eine genügend lange Tondauer auf. Damit werden auch die der Stimmgabel vorgeworfenen Messungsfehler wesentlich verringert.

Die Ergebnisse der c⁵-Prüfung sind ziemlich eindeutig. Sie schwanken zwar auch, und zwar zwischen 25" und 35" Hördauer, aber doch nur so, daß sie bei 175 Prüfungen nur 6 weniger als 28" hörten und 42 weniger als 30". Bei weitem die meisten hörten sie zwischen 29" und 31". In der Praxis muß man aber wohl die untere normale Grenze bei 25" annehmen. Genauere vergleichende Prüfungen habe ich für die c⁵-Stimmgabel in der Literatur nicht finden können, wie sie auch überhaupt nur selten zu den Hörprüfungen benutzt zu sein scheint. Die Schwankungen sind bei der c⁵-Stimmgabel absolut und relativ wesentlich geringer als z. B. bei der c- (128) und g-Stimmgabel (96) und auch bei der c⁴-Stimmgabel (2048), die häufig ja zur Beurteilung der Hörnervenleitung herangezogen ist.

Die an der unbelasteten Gabel mitschwingenden Obertöne können hier kaum in Betracht kommen, jedenfalls für unseren Zweck nicht störend wirken.

Um die Stimmgabel möglichst gleichmäßig und auch zu einer zweckentsprechenden Amplitude zu erregen, benutzen wir einen Holzspatel, wie er den Abstrichröhrchen der Untersuchungsämter beigefügt wird. Läßt man diesen fast nur seiner Schwere nach auf ein Zinkenende fallen, so schnell er etwas zurück und verursacht eine Erregung der Stimmgabel, die normalerweise einer Hördauer von 30" entspricht.

Auf die Erfordernisse bei derartigen Prüfungen, die ja für alle Stimmgabeln Geltung haben, wie richtige Haltung der Zinken zu der Gehörgangsöffnung zur Vermeidung der Interferenz, genügende Annäherung der Gabel an das Ohr, Ab- und Zugehen mit der Gabel u. a. m., brauche ich hier im einzelnen nicht näher einzugehen.

Auf besondere Hilfsmittel zur gleichmäßigen Erregung der Stimmgabeln wird man im übrigen in der Praxis verzichten und auch ohne Nachteil die den Stimmgabeluntersuchungen ganz allgemein anhaftenden Fehlerquellen (Struycken, Quix, Waetzmann u. a.) in Kauf nehmen können.

Bei den Prüfungen muß man dem ungleichmäßigen Abklingen der Stimmgabel dadurch Rechnung tragen, daß man den Kranken besonders darauf aufmerksam macht, wie sie nach einiger Zeit nur noch leise, aber mit schwachem Ton noch weiter klingt.

Die Schwingungsamplitude der Stimmgabeln verkleinert sich gleich nach dem Anschlag ziemlich rasch, und zwar schon nach einem Zehntel der ganzen hörbaren Schwingungsdauer bis auf 42% der Anfangsamplitude. Später vollzieht sich diese Verkleinerung immer langsamer bis zum völligen Verklängen der Gabel.

Erst das leiseste Verklängen des Tones soll vom Untersuchten angegeben werden. Im übrigen wird der klare, von Geräuschen freie Ton, der weit von der Schwelle der oberen und unteren Tongrenze liegt, leicht und eindeutig gehört und auch die Tondauer gut angegeben.

Wie sind nun die Ergebnisse bei der Zusammenstellung und Nachprüfung der Fälle mit Nervenschwerhörigkeit?

Im großen und ganzen zeigen dabei die mit dem Monochord erzielten, wie zu erwarten, eine erhebliche Herabsetzung der oberen Tongrenze. Die Zahlen von Luft- und Knochenleitung weisen einen großen Unterschied auf, viel größer, als er bei normalen Fällen beobachtet wird. Dadurch werden die Resultate von Wolff bei gleichen Veränderungen bestätigt.

In einer Reihe von Fällen sehen wir aber auch ein erhebliches Schwanken der Ergebnisse von Untersuchung zu Untersuchung bei demselben Fall, ohne daß eine Erklärung durch den Verlauf, etwa durch anatomische Veränderungen und dergleichen, Wahrscheinlichkeit für sich hätte.

Die übrigen Untersuchungsergebnisse blieben dabei konstant oder veränderten sich alle. Andererseits sahen wir auch bei einzelnen Fällen mit Traumen eine unverhältnismäßig hohe Tongrenze. In 7 Fällen, bei denen es sich 3mal um Verletzungen der Schädelwölbung und 4mal um Explosionsschwerhörigkeit handelte, war die Hörstörung nur gering. Die Flüstersprache wurde etwa 5 m weit verstanden. Nur die Hördauer für die Stimmgabeln, besonders c⁴ und c⁵, war verkürzt. Hier wäre also die Nervenschwerhörigkeit durch das Ergebnis mit der Monochordprüfung gar nicht nachweisbar gewesen.

Als beachtenswert erscheint mir noch der Umstand, daß wir mit dem Monochord in seinem mittleren und unteren Bereich leicht recht intensive Töne hervorrufen können, die die Amplitude der Schwellenwerte des Normalen ganz erheblich übersteigen. Namentlich wird dieser Umstand bei der Prüfung der Knochenleitung ins Gewicht fallen, wo beide Ohren ziemlich gleichmäßig erregt werden.

Die Prüfungen der c⁵-Stimmgabel zeigen demgegenüber bei allen Fällen von Nervenschwerhörigkeit eine Verminderung der Hördauer und gewöhnlich auch im Vergleich zu den übrigen Stimmgabelergebnissen verhältnismäßig die größte Herabsetzung. Für die Explosionsschwerhörigkeit traf es stets zu; ebenso für alle Formen von Professionsschwerhörigkeit. Bei den übrigen Traumen wurden nur ganz vereinzelt Ausnahmen von diesem Verhalten gefunden.

¹⁾ Pollmann. Bietet die quantitative Prüfung mit der c⁵-Stimmgabel in Luftleitung bei Nervenschwerhörigkeit einen verlässlichen Maßstab für die Beurteilung der Hörnervenleistung? Inaug. Diss. Göttingen 1921.

Sie darf mit anderen Worten als ein recht empfindlicher Maßstab für die Beurteilung des Hörnervenapparates gelten. Diese Ergebnisse stimmen durchaus mit denen von Friedrich und Jaehne überein, die beide bei ihren Prüfungen von Artilleristen, selbst bei geringsten Schädigungen durch Schalleinwirkung, die Hördauer für c^5 herabgesetzt fanden.

Die Angabe, daß die obere Tongrenze in einer größeren Reihe von solchen Fällen mit leichter Schädigung, und zwar bei 19 von 61, nicht herabgesetzt gewesen sei, kann allerdings für sich betrachtet nicht als einwandfrei gelten, da die Prüfung derselben noch mit der Galtonpfeife vorgenommen ist. Aber im Vergleich zu den übrigen Befunden sind sie doch sehr interessant.

Auch in diesem Zusammenhange ist nochmals auf die vorhin erwähnten 7 Fälle mit erhaltener, normaler oberer Tongrenze, aber erheblich herabgesetzter Hördauer für c^5 und ziemlich guter Hörfähigkeit für Flüstersprache zu verweisen. Vornehmlich durch die Herabsetzung der c^5 -Hördauer wurde auch in diesen Fällen die Nervenschädigung deutlich.

Leider fehlt in den Mitteilungen von Friedrich und Jaehne die zahlenmäßige Angabe der Ergebnisse, wie ja auch die normale Hördauer von c^5 nicht vermerkt ist. Darunter leidet die Uebersicht und die Vergleichsmöglichkeit sehr.

An sich kann es natürlich nicht so auffallend erscheinen, wenn die Hördauer für c^5 bei erhaltener oberer Tongrenze herabgesetzt ist, da es sich bei der einen Prüfungsart um eine quantitative, bei der andern aber um eine qualitative handelt.

Man könnte auch daran denken, so weit man überhaupt die histologisch nachgewiesenen tierexperimentellen, bei den einzelnen Tierarten sehr schwankenden Schallschädigungen von Wittmaack u. a. zum Vergleiche heranziehen darf, daß eine selektiv umschriebene Hörschädigung zustande gekommen sei und so nur ein umschriebener Ausfall in dem Gesamttonbereich nachweisbar würde. Diese theoretischen Ueberlegungen dürften für unsere Fälle mit heftigen Schalleinwirkungen nicht zutreffen können. So fand z. B. Siebenmann schon bei den Versuchen mit der Sirene (f3—f4) schwere Veränderungen in der ganzen Schnecke. Die Intensität der Erregung ist eben hier in erster Linie verantwortlich zu machen. Auch Marx hat bei seinen Tieren völlige Taubheit wahrscheinlich gemacht und ja deshalb auch die Verwertbarkeit seiner, unseren Fällen gegenüber viel eindeutigeren Degenerationsversuche für die Beurteilung der Helmholtzschen Theorie abgelehnt. Für solche mehr als unphysiologische Einwirkungen kann das nur als berechtigt angesehen werden. Wenn wir z. B. über ein offenstehendes Klavier mit abgelobenen Dämpfern ein Gewehr abschießen, so kommt es auch zum Mitklingen, wenn nicht zu Schädigungen aller Saiten (erzwungene Schwingung), im Gegensatz zu der, man könnte sagen, physiologischen Erregung z. B. mit einer Geige, wo dann nur die entsprechenden Töne des Klaviers mitschwingen (Eigenschwingung).

Durch den Nachweis der Zu- und Abnahme der Hördauer für c^5 konnten wir wiederholt die Verbesserung oder Verschlechterung des Leidens feststellen und prozentual verfolgen. Dabei — das muß als besonders wertvoll erscheinen — besserte oder verschlechterte sich auch entsprechend das Hörergebnis für die anderen Untersuchungsarten, namentlich für die Sprache. Die Zahlen 72 und 77 in Flüstersprache entsprechen ja fast der 5. gestrichenen Oktave. Demgegenüber bietet uns die Prüfung der Hördauer von c^4 , die Ostmann und besonders Lucae für sehr wertvoll hielten, bei weitem nicht so verlässlichen Anhalt.

Die Hörnervenschädigung findet in der verminderten Hördauer von c^5 im allgemeinen einen viel beredteren Ausdruck als bei c^4 . Vielleicht würde, falls die Technik es zuließe, die Benutzung von c^6 , als fast der Mitte der Gesamttonstrecke entsprechend, in dieser Hinsicht noch günstiger sein.

Schlußfolgerungen. Es muß namentlich für diagnostisch schwierige Fälle und vor allem für Begutachtungen, z. B. von Unfallkranken, wünschenswert erscheinen, auch die obere Tongrenze zu bestimmen. Dafür wird bis auf weiteres das Struyckensche Monochord als das zweckentsprechende Instrument in Betracht kommen.

Ob die neuerdings angegebenen, viel versprechenden Apparate, die auf elektrischem Wege konstante und gleichmäßige Töne erzeugen, z. B. das Otoaudion von Griebmann-Schwartzkopf, das Monochord für die Praxis ablösen können, muß erst die Zukunft lehren. Zur Zeit steht vor allem der hohe Preis noch hindernd im Wege.

Für die allgemeine ohrenärztliche Praxis ist zur Zeit andererseits nicht zu verkennen, daß infolge der durch die physiologischen Schwankungen bedingten Unsicherheit der Feststellung der oberen Tongrenze in rein qualitativer Weise überhaupt und angesichts der immerhin zeitraubenden Untersuchungsart und der Nachteile des Monochords, die ja wohl auch die recht bescheidene Verbreitung desselben bedingten, eine andere einfache Methode zur Beurteilung des Hörnervenapparates wünschenswert erscheinen muß. Seitdem die Galtonpfeife ihren alten Ruhm eingebüßt hat, dürfte im allgemeinen in der ohrenärztlichen Praxis die Diagnose der Nervenschwerhörigkeit nur auf ganz grobe und unzulängliche Prüfungsunterlagen hin gestellt werden. Oft genug wird noch lediglich auf die Ergebnisse bei der verschieden starken Erregung der c^4 - oder fis^4 -Stimmgabel hin die Differentialdiagnose gestellt. Ja, je nachdem die nur mit der Hand angestrichenen oder mit dem Fingernagel angeknipste oder mit einem festen Gegenstand angeschlagene Stimmgabel gehört wird, bewertet man sogar nicht selten quantitativ die Nervenstörung. Daß

solche Prüfungsmethoden auch nur eine ungefähre Genauigkeit nicht beanspruchen können, braucht kaum hervorgehoben zu werden.

Als einen wertvollen Ersatz für die Feststellung der oberen Tongrenze glaube ich Ihnen zur Diagnose der Nervenschwerhörigkeit die quantitative Prüfung durch Luftleitung mit der c^5 -Stimmgabel, die ich seit etwa 10 Jahren, ohne wesentliche Unstimmigkeiten bemerkt zu haben, benutze, namentlich auch auf Grund der hier zugrunde gelegten Untersuchungsreihe dringend empfehlen zu dürfen. Sie hat einmal den Vorzug, in der einfachsten und handlichsten Weise ohne Zeitverlust ausgeführt werden zu können, zum anderen bietet sie vor allem klinisch eine hohe Verlässlichkeit. Haben Sie eine normale Hördauer für c^5 , so dürfen Sie damit rechnen, daß der Hörnervenapparat frei von Veränderungen ist. Sie können sowohl in dem gefundenen Wert den Grad der Hörstörung sich widerspiegeln sehen, wie auch in der Veränderung der Hördauer in positiver und negativer Richtung eine Besserung oder Verschlechterung der Erkrankung des Nervenapparates erkennen.

Ebenso wie schon eine leichte Tuben- oder Mittelohrentzündung die obere Tongrenze qualitativ beeinträchtigen, also herabrücken kann, wird auch das quantitative Ergebnis der c^5 -Prüfung dabei verändert und die Hördauer vermindert werden können. Die Störung wird meist vorübergehend, nicht selten aber auch dauernd sein und ist namentlich bei akuten Prozessen noch schwer zu beurteilen.

Diese einfache, keine besondere Aufwendung erfordernde Prüfungsart für die Hörnervenleistung erscheint mir auch durchaus geeignet, im otiatrischen Unterricht gebracht und so zum Allgemeingut der Aerzte gemacht zu werden.