

die Schwelle zu messen. Beim Ohr dagegen stößt die Messung der Absolutschwelle abhängig von der Vorbelastung auf eine unerwartete Schwierigkeit: Schon innerhalb einiger Zehntel Sekunden, die vergehen, bis nach dem lauten Adaptationston der leisere Prüftön erklingt, ist bei manchen Versuchspersonen kein Unterschied der Absolutschwelle gegenüber dem nicht vorbehandelten Ohr zu messen, oder wenigstens nicht regelmäßig zu messen. Bei der Mehrzahl der Versuchspersonen fand G. VAN BEUNINGEN einen mehrphasigen Verlauf bei längeren Versuchen.

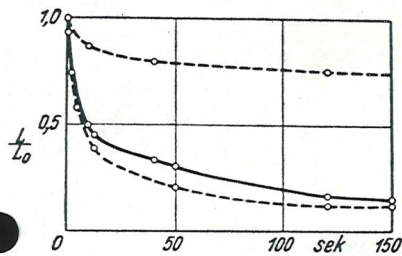


Abb. 107. Abnahme der Lautheit beim beid-  
ohrigen Vergleich und einseitiger Dauerbe-  
lastung infolge Adaptation bei verschiedenen  
Personen. [Aus G. v. BÉKÉSY (2).]

gegenüber der des Vergleichsöhres festzustellen. G. v. BÉKÉSY selbst nennt das, was er dabei gemessen hat, Ermüdung. Die Abgrenzung zwischen Ermüdung und Adaptation mag vielleicht schwierig sein, zumal auch beim Auge längere Blendung zur Schädigung, kürzere nur zur Helladaptation führt. Doch glaube ich, der Ausdruck Ermüdung sollte beschränkt werden auf Zustände, die nach längerer oder starker Beanspruchung sich erst im Laufe längerer Zeit, etwa nach einer durchschlafenen Nacht, wieder ausgleichen, und die mit einer Minderleistung des Organs verbunden sind. So fühle ich mich berechtigt, die Ermüdung

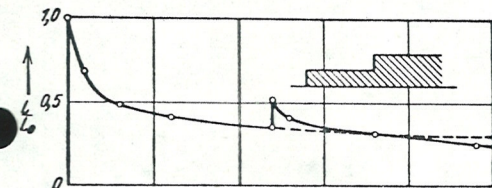


Abb. 108. Der zeitliche Ablauf der Adaptation bei einer  
(rechts oben schematisch dargestellten) Schalldruckver-  
doppelung. [Aus G. v. BÉKÉSY (2).]

gleichston derselben Frequenz angeboten, den die Versuchsperson auf gleiche subjektive Lautheit einzustellen hatte. Es zeigte sich, daß die Empfindlichkeitsveränderung bei verschiedenen Personen ganz außerordentlich verschieden stark war. Übereinstimmend dagegen sinkt die subjektive Lautheit eines Dauertones zunächst schnell, dann langsamer, und zwar über mehrere Minuten (Abb. 107). Nach dem Aufhören des Dauertones kommt die alte subjektive Lautheit nur allmählich wieder, wenn nun mit zwei kurzen Prüftönen die beiden Ohren verglichen werden.

Durch Verdoppelung oder Halbierung des Schalldrucks des Dauertones nach einiger Zeit und Verfolgung des Vergleichschalldrucks im anderen Ohr konnte G. v. BÉKÉSY (2) nachweisen, daß Lautheitsänderungen nach Adaptation in gesetzmäßiger Weise überschätzt werden. Zum Beispiel ist (Abb. 108) nach 2 min die Lautheit eines Dauertones gleichlaut mit einem Ton im anderen Ohr, der nur 34% dieses Schalldruckes hat. Wird nun aber nach 2 min Adaptation

Er unterscheidet eine konstante Phase, bei der die Readaptation auf die alte Hörschwelle etwa ebenso lange braucht, wie der Adaptationston von 70 Phon erklingen ist, von einer Sensibilisierungsphase, in der die Readaptation merklich schneller erfolgt. Bei längeren Versuchen folgt dann meist eine Ermüdungsphase mit unregelmäßigen Sprüngen der Schwelle. Der Vergleich der subjektiven Lautheit eines Tones im unbeanspruchten Ohr gegenüber der im vorbehandelten Ohr erlaubte es G. v. BÉKÉSY (2) Unterschiede in der Empfindlichkeit des vorbehandelten Ohres

festzustellen. G. v. BÉKÉSY selbst nennt das, was er dabei gemessen hat, Ermüdung. Die Abgrenzung zwischen Ermüdung und Adaptation mag vielleicht schwierig sein, zumal auch beim Auge längere Blendung zur Schädigung, kürzere nur zur Helladaptation führt. Doch glaube ich, der Ausdruck Ermüdung sollte beschränkt werden auf Zustände, die nach längerer oder starker Beanspruchung sich erst im Laufe längerer Zeit, etwa nach einer durchschlafenen Nacht, wieder ausgleichen, und die mit einer Minderleistung des Organs verbunden sind. So fühle ich mich berechtigt, die Ermüdung G. v. BÉKÉSYs (2) grobenteils für Adaptation anzusehen, zumal damit sogar eine Verbesserung der Leistung des Ohres in dem Bereich derjenigen Intensität eintritt, die längere Zeit auf das Ohr einwirkt. Zur Messung wurde einem Ohr ein Dauerton eine einstellbare Zeit lang angeboten, und sofort nach Aufhören dieses Tones dem anderen Ohr ein Vergleichston derselben Frequenz angeboten, den die Versuchsperson auf gleiche subjektive Lautheit einzustellen hatte. Es zeigte sich, daß die Empfindlichkeitsveränderung bei verschiedenen Personen ganz außerordentlich verschieden stark war. Übereinstimmend dagegen sinkt die subjektive Lautheit eines Dauertones zunächst schnell, dann langsamer, und zwar über mehrere Minuten (Abb. 107). Nach dem Aufhören des Dauertones kommt die alte subjektive Lautheit nur allmählich wieder, wenn nun mit zwei kurzen Prüftönen die beiden Ohren verglichen werden.

der Schalldruck des Adaptationstones verdoppelt, so ist für die zusätzliche Lautheit die Adaptation beträchtlich geringer, so daß dieser verdoppelte Ton die Lautheit von 52% des Schalldruckes im anderen Ohr hat. Dadurch steigt die scheinbare Lautheit im Augenblick der Verdoppelung von 34% des einfachen auf 52% des verdoppelten Tones an, also entsprechend einer Verstärkung des Schalldruckes auf das 3,1fache. Ganz entsprechend wird bei einer Schalldruckverminderung auf die Hälfte der geschwächte Ton im adaptierten Ohr viel leiser gehört, als wenn er in gleicher Dauerstärke die Adaptation herbeigeführt hätte, wie das Abb. 109 nach G. v. BÉKÉSY (2) darstellt. Aus diesen Tatsachen folgt, daß die Unterschiedsschwelle für Amplitudenänderung eines Tones mit steigender Adaptation immer kleiner wird. Dies konnte

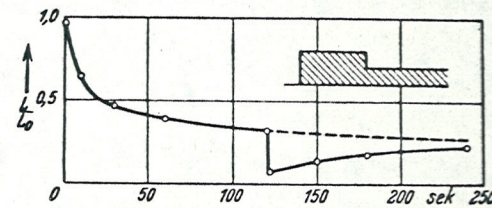


Abb. 109. Der zeitliche Ablauf der Adaptation bei einer  
Schallschwächung auf die Hälfte. [Aus G. v. BÉKÉSY (2).]

G. v. BÉKÉSY unmittelbar dadurch feststellen, daß er eine unterschwellige reine Amplitudenschwankung eines Tones, also eine reine Lautstärkenmodulation mit vier Schwebungen je Sekunde bei 800 Hz und 10 dyn/cm<sup>2</sup> einstellte, und die Zeit bis zum Überschwelligwerden maß. Im Mittel wurde so eine Abnahme der Amplitudenschwelle

- nach 50 sec auf 50%
- nach 100 sec auf 26%
- nach 150 sec auf 20%

des sofort überschwelligen Wertes gefunden. Gerade diese Tatsachen zwingen mich, in dieser Adaptation einen zweckmäßigen Anpassungsvorgang, und nicht eine Ermüdung der Sinneszellen zu sehen: Dauernder Lärm veranlaßt das Ohr, seine Schwelle zu erhöhen, und dafür die Unterschiedsschwelle für Schallstärkenänderung in der Umgebung der Intensität des Lärmes zu senken. Genau denselben Vorgang als Dauerzustand nennt die Klinik Rekrutment (FOWLER).

G. v. BÉKÉSY (2) hat den Nachweis für die Lokalisation der Adaptation im peripheren Sinnesorgan schon 1929 geführt. Die Adaptation beim Einwirken eines reinen Tones ist nämlich nicht auf diesen Ton beschränkt. Prüft man sofort nach der Adaptation im adaptierten und im Vergleichsöhr mit anderen Frequenzen, so kann man feststellen, daß die Lautheit im adaptierten Ohr weithin auch bei höheren und niedrigeren

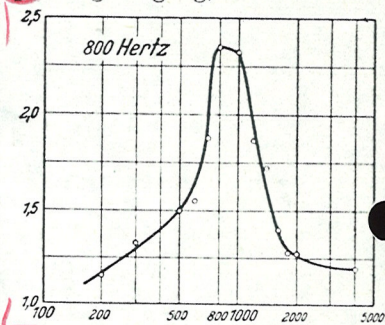


Abb. 110. Verteilung der Adaptation für einen beliebigen Ton durch einen gleichstarken Ton von 800 Hz. Die Ordinate gibt das Verhältnis des Schalldrucks im Prüfohr zu dem im Vergleichsöhr für gleiche Lautheit an. [Aus G. v. BÉKÉSY (2).]

Frequenzen vermindert ist gegenüber der im Vergleichsöhr. Abb. 110 gibt die nötige Verstärkung des Schalldruckes im adaptierten Ohr an, damit nach 2 min Adaptation mit 10 dyn/cm<sup>2</sup> im adaptierten Ohr der Prüftön ebenso laut erscheint wie der Vergleichston von 10 dyn/cm<sup>2</sup> im Vergleichsöhr. G. v. BÉKÉSY (2) schlo schon damals, wenn das Ohr hinterher für eine Tonhöhe „ermüdet“ ist, dann müssen die betreffenden „Nervenendigungen“ (wir wollen besser sagen die Sinneszellen) vorher auch erregt gewesen sein. Übrigens war diese Kurve der Anlaß für mich, die Dämpfung für die Trennmembran zwischen 0,3 und 0,5 anzunehmen, da nur dann die Form der Schwingungskurven der Basilmembran, z. B. Abb. 66 einen ähnlichen Verlauf hat wie hier die Verteilung der Adaptation über die Frequenzen. Zum Vergleich muß freilich darauf geachtet werden, daß die