

erscheinen, wenn der Gipfel so weit nach links verschoben ist, dass der im Gehörgang erzeugte maximale Unterdruck zur Darstellung des Gipfels nicht ausreicht. Bei Geräten, die eine Messung trotz Trommelfellperforation zulassen, weist ein völlig geradliniger Verlauf bei hoher Nachgiebigkeit auf eine Trommelfellperforation hin; hier sind bei schlaffem Trommelfell nur noch die Volumina von Gehörgang und Paukenhöhle wirksam.

- **Verkleinertes Tympanogramm:** Da die Gipfelhöhe ein Maß für die Beweglichkeit und Schallleitfähigkeit des Mittelohrs ist, kann eine Verkleinerung u. a. durch Otosklerose bedingt sein. Eine Verminderung der Nachgiebigkeit ist eher bei Bewegungsbehinderungen des Trommelfells (Vernarbungen) als bei Verfestigungen im weiteren Verlauf der Kette zu finden. Die Beurteilung ist nicht sicher möglich, da sich der Zahlenwert der Nachgiebigkeit schon zwischen normalen Ohren verschiedener Personen sehr unterscheiden kann. Hilfreich kann der Vergleich mit dem Tympanogramm eines normalen Gegenohrs oder der Bezug auf den Normalwertbereich sein, den einige Hersteller anzeigen.
- **Tympanogramm mit überhöhtem Maximum:** Auffällig große Gipfel, die sogar das Darstellungsformat überschreiten können, werden bei Unterbrechung der Kette oder auch bei narbig ausgedünntem Trommelfell gemessen. Im letzteren Fall können auch mehrgipfelige Kurven auftreten.

### Praxis

Es ist oft schwierig, den druckdichten Sitz des Ohrstöpsels zu erreichen. Für Gehörgänge mit ovalem Querschnitt stehen spezielle Dichtgummis zur Verfügung.

Der Patient sollte während der Messung den tiefen Messton deutlich hören; anderenfalls kann die Sondenöffnung bei schräger Lage durch die Gehörgangswand verschlossen oder durch Zerumen oder Wasser verstopft sein, wobei ein flaches Tympanogramm gemessen wird. Auffällig ist dabei das extrem kleine äquivalente Gehörgangsvolumen (häufig unter 50 µl), das von vielen Geräten schon vor dem Start der Messung auf dem Bildschirm angezeigt wird. Es besteht dann nur noch aus dem Volumen der Messsonde selbst und lässt sich leicht durch Zuhalten der Sondenspitze mit dem Finger für die verwendete Messsonde anzeigen.



Das Tympanogramm zeigt schnelle Überlagerungen beim Schlucken, atemsynchrone bei klaffender Tube oder pulssynchrone beim Vorliegen eines Glomustumors. „Laufende“ Ohren sollten aus hygienischen Gründen nicht untersucht werden.

Bei der Untersuchung von Kindern kann deren unruhiges Verhalten hinderlich sein, vor allem wenn der Ohrstöpsel Druckschmerzen verursacht. Die Messung sollte in einer ruhigen Phase zügig ablaufen. Häufig trägt eine Ablenkung, z. B. durch einen Zeichentrickfilm, zur verbesserten Toleranz des kleinen Patienten bei.

## 11.2 Tubenfunktionstest

Im gesunden Ohr öffnet sich die Tuba Eustachii (► Abb. 1.1) kurz beim Schlucken, um die Paukenhöhle zu belüften. Bei einer dauernd geschlossenen Tube absorbiert die Mittelohrschleimhaut langsam die Luft in der Paukenhöhle und verursacht den Unterdruck. Nach einigen Wochen des Unterdrucks oder bei eitriger Mittelohrentzündung entsteht dann ein Paukenerguss.

Mit Hilfe der im Impedanzgerät enthaltenen Druckpumpe kann die Tubenfunktion getestet werden. Dies gelingt leicht beim Vorliegen einer Trommelfellperforation. Bei dieser Untersuchung muss der Pumpendruck manuell einstellbar sein und in seiner Größe angezeigt werden.

- Bei der **passiven Tubensprengung** wird der Druck so weit erhöht, bis er bei der Tubenöffnung auf Null zusammenbricht (► Abb. 11.4a). Bei normaler Tubenfunktion ist dazu ein Druck von 200–300 daPa erforderlich. Bei gestörter Funktion kann der Druck weiter erhöht werden, ohne dass eine Öffnung der Tube eintritt.
- Für die **aktive Tubensprengung** wird im Gehörgang ein Unterdruck von 200 daPa eingestellt (► Abb. 11.4b). Bei normaler Tubenfunktion führt schon das einfache Schlucken zum Rückfall des Drucks auf Null. Reicht auch das Vorgehen nach *Toynbee* (Schlucken mit verschlossener Nase) und *Valsalva* (starkes Ausatmen, Mund und Nase geschlossen) dazu nicht aus, ist die Tubenfunktion gestört.

Der erfahrene Untersucher kann die Tubenfunktion auch bei intaktem Trommelfell überprüfen. Zunächst wird ein Tympanogramm aufgezeichnet,

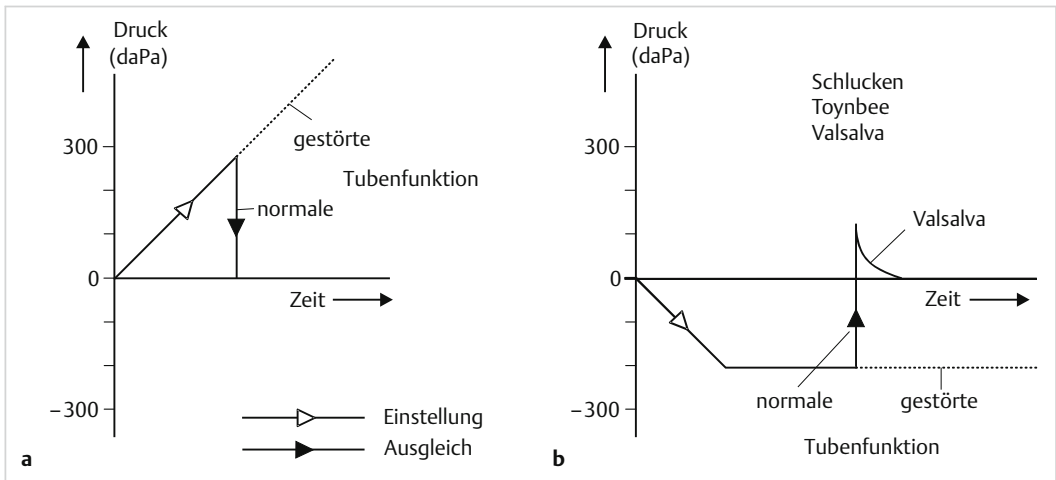


Abb. 11.4 Tubenfunktionsstest.

a Passive Tubensprengung.

b Aktive Tubensprengung.

das eine ausgeprägte Spitze zeigen sollte. Nach dem Valsalva-Versuch erhöht sich bei normaler Tubenfunktion der Druck in der Paukenhöhle. Ein neu geschriebenes Tympanogramm ist daher um ca. 100 daPa in positiver Druckrichtung verschoben (umgekehrt in negativer Richtung nach dem Toynbee-Manöver). Nach einem Schlucken normalisiert sich die Lage wieder. Haben diese Maßnahmen keinen Einfluss auf die Position des Tympanogramms, ist auf eine gestörte Tubenfunktion zu schließen.

## 11.3 Stapediusreflexprüfung

Der Stapediusreflex gehört zu den unwillentlich auslösbaren Reflexen und wird primär durch eine groß empfundene Lautstärke, und weniger durch einen hohen Schallpegel allein ausgelöst. Er führt zu einer Kontraktion des Stapediusmuskels, der am Steigbügelkopf ansetzt, bei seiner Kontraktion den Steigbügel zur Seite zieht und das Trommelfell mit der Gehörknöchelchenkette versteift. Die damit verbundene stärkere Schallreflexion während des Reflexes kann mit dem Tympanometer erfasst werden.

Durch den Reflex wird die Schallleitung im Frequenzbereich unter 1 kHz um 5–10 dB verringert, die Hörschwelle für Frequenzen zwischen 1 und 2 kHz sogar um ca. 5 dB verbessert, oberhalb von 2 kHz tritt kein Effekt auf. Der Stapediusreflex schützt nicht vor Lärmschwerhörigkeit, sondern

ermöglicht bei allen Säugetieren einschließlich uns Menschen eine Reduzierung der störenden tiefen Frequenzen zugunsten der informationsreicheren mittleren und hohen Frequenzen. Der Reflex kann auf einem gesunden Ohr bei Lautstärken ab 60 dB HL für weißes Rauschen und ab 70 dB HL für Sinustöne ausgelöst werden. Die Messmethodik wird in ► Abb. 11.2 (b) dargestellt.

► Abb. 11.5 zeigt den Reflexbogen für den ipsi- und kontralateralen Reflex. Sein Reflexbogen besteht aus dem aufsteigenden (afferenten) Schenkel mit den inneren Haarzellen als Sensoren, dem Hörnerven bis zum Kochleariskern und der Hörbahn bis zum oberen Olivenkomplex. Dort erfolgt eine Umschaltung auf den absteigenden (efferenten) Schenkel über den Fazialiskern und die beidseitigen Fazialisnerven zu dem Stapediusmuskel.

Erkrankungen der Komponenten des aufsteigenden Schenkels führen auf der betroffenen Seite zur Störung der Reflexauslösung. Erkrankungen des absteigenden Schenkels führen zu Problemen der Reflexregistrierung. Die zum Gegenohr führenden gekreuzten Bahnen bewirken, dass bei der Beschallung eines Ohres eine Kontraktion der Stapediusmuskeln beider Ohren erfolgt. Es können also der *ipsilaterale* (akustischer Reiz und Reflexmessung am selben Ohr über die Messsonde) und der *kontralaterale* Reflex (Reiz auf der Gegenseite über Kopfhörer) untersucht werden, was die topische Diagnostik ermöglichen kann (► Abb. 11.6).

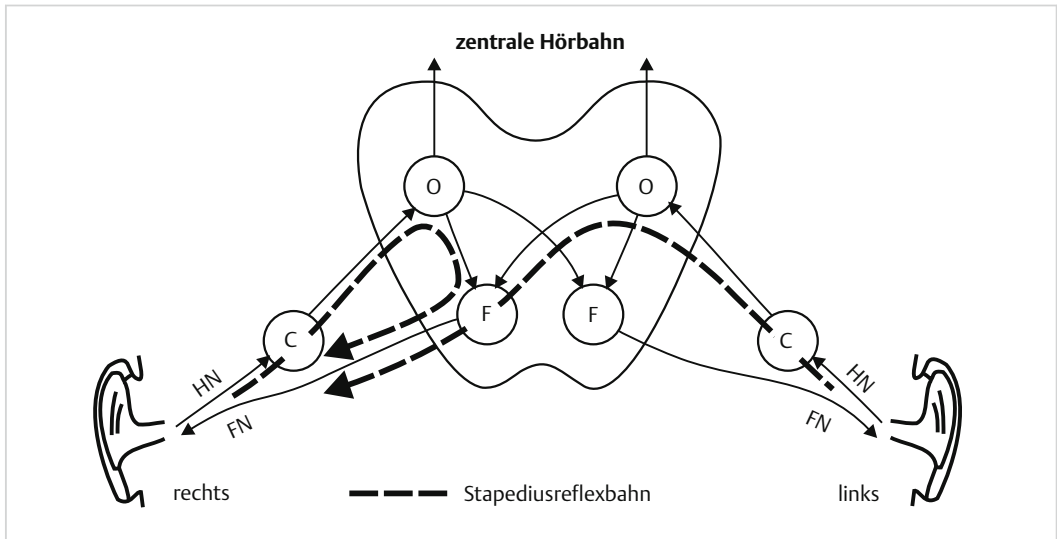


Abb. 11.5 Reflexbogen des Stapediusreflexes (Messohr: rechts). Aufsteigend: HN: Hörnerv, FN: Fazialisnerv, C: Cochlearkern, O: Olivenkern. Absteigend: F: Fazialiskern, FN: Fazialisnerv.

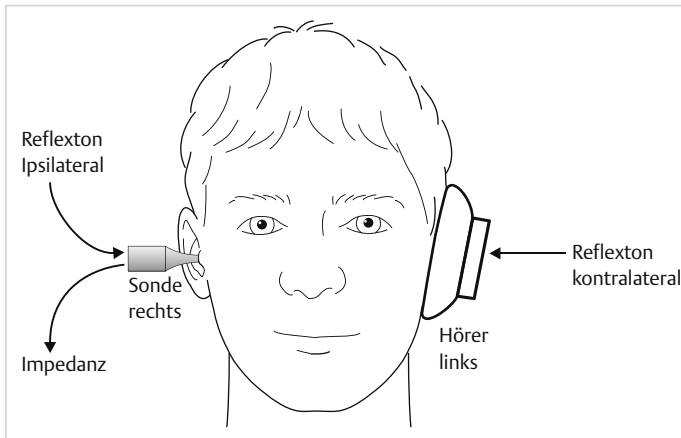


Abb. 11.6 Ipsi- und kontralateraler Stapediusreflex. Die Position der Sonde bestimmt die Messseite (hier rechts). Der ipsilaterale Reflex wird akustisch durch die Sonde, der kontralaterale über den Luftthörer auf dem Gegenohr ausgelöst.

Da die Innervation des M. stapedius durch eine hohe Abzweigung des N. facialis noch vor dem Erreichen der Gesichtsmuskulatur erfolgt, trägt die Messung des Stapediusreflexes auch zur Topodiagnostik bei, wenn es Unsicherheiten über den Ort oder Umfang der Schädigung des N. facialis gibt. Ein Reflexnachweis beweist dann eine weiter peripher liegende Ursache der Lähmung. Der Ausfall der Reflexregistrierung kann auch aufgrund einer Schädigung der Fazialiskerne im Hirnstamm auftreten.

### 11.3.1 Durchführung

Zur Registrierung des Stapediusreflexes wird in der Regel der Sondenton von 226 Hz (1 kHz im Alter bis 6 Monate) verwendet, der sich besonders zum Nachweis der Steifigkeitsveränderung durch den M. stapedius eignet. Da die Veränderung der Steifigkeit durch die Zugkraft des M. stapedius gemessen wird, muss das Tympanogramm eine deutliche Spitze der Nachgiebigkeit aufweisen. Nach der Aufnahme des Tympanogramms wird der Druck zur Reflexmessung auf die optimale Höhe eingestellt, bei der die Nachgiebigkeit ihren größten Wert zeigt.

Der den Reflex auslösende zusätzlich zum Mess- ton ausgesendete Schallreiz steht für die ipsi- und kontralaterale Messung meist als Ton mit den Frequenzen 500 Hz, 1, 2 und 4 kHz sowie weißes bzw. Schmalbandrauschen zur Verfügung. Begonnen wird mit der ipsilateralen Messung bei einem nicht zu lauten Schallpegel von 70 dB HL, der bis zum Eintreten des Reflexes um jeweils 5 dB gesteigert wird.

Der Patient sollte vor der Untersuchung auf das Auftreten lauter Töne hingewiesen werden. Tritt sofort nach dem Auslösen des Tones eine Schwankung der Nachgiebigkeitsanzeige ein (zur Sicherheit durch eine Wiederholung bestätigen), ist die Reflexschwelle erreicht (► Abb. 11.2). Danach wird die kontralaterale Messung durchgeführt. Meist genügt es, die Reflexschwelle für eine Frequenz, vorzugsweise für 2 kHz, zu bestimmen. Da die Reflexschwelle neben der Mittelohrsteifigkeit auch von der Höhe eines Innenohrverlustes ab 60 dB abhängt, ist eine ausführliche Diagnostik mit den

vier Frequenzen von Vorteil und kann zur Plausibilitätskontrolle eines Tonaudiogramms herangezogen werden.

Die Stapediusreflexmessung ist bei einem akuten Innenohrtrauma (Hörsturz, Menière-Attacke, beginnender Tinnitus) erst nach Ablauf einer Woche durchzuführen. Dabei sollte der Schallpegel 85 dB nicht überschreiten.

### 11.3.2 Auswertung

Die ipsi- und kontralateralen Reflexschwellen werden für die verwendeten Messfrequenzen in eine entsprechende Tabelle oder beim gefundenen Schwellenpegel in das Tonschwellenaudiogramm eingetragen. Normale Reflexschwellen findet man für Normalhörende mit Sinustönen bei 70–90 dB HL, bei weißem Rauschen bei 55–80 dB HL.

In ► Abb. 11.7 ist die Stapediusreflexmessung bei normalem Gehör dokumentiert. Die Messung wird bei den Frequenzen 1, 2 und 4 kHz durch-

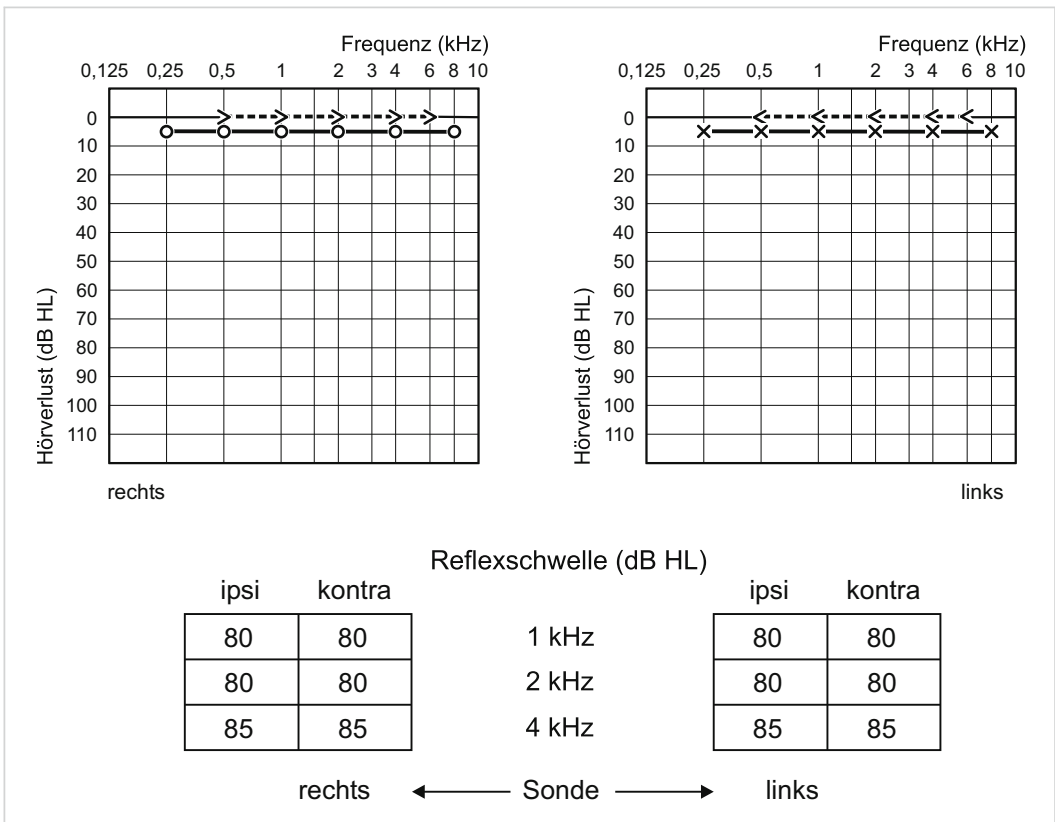


Abb. 11.7 Tonschwellenaudiogramm und Reflexschwellen bei normalem Gehör.

geführt. Bei einer Messfrequenz von 500 Hz tritt in diesem Beispiel bei ipsilateraler Registrierung für hohe Pegel eine akustisch bedingte Störung auf, die bei fehlendem Reflex einen solchen vortäuschen oder den Nachweis einen vorhandenen Reflexes verhindern kann. Bei 4 kHz ist die Reflexschwelle leicht erhöht.

### Stapediusreflex bei Schallleitungsstörung

Ab einer Schallleitungsstörung von 20 dB kann auf dem betroffenen Ohr wegen der eingeschränkten Mittelohrbeweglichkeit nicht mehr mit dem Nachweis (Registrierung) eines Stapediusreflexes gerechnet werden, selbst wenn er ipsilateral noch bei hohen Pegeln oder auch kontralateral auslösbar ist. Ist der Reflex noch messbar, lässt sich der Einfluss der Schallleitungsschwerhörigkeit auf die Reflexschwelle abschätzen, da der Hörverlust eine entsprechende Verringerung des gehörten Reflex-

tonpegels bewirkt und die Reflexschwelle erst nach einer Pegelerhöhung um den Betrag der Schallleitungsstörung messbar ist. Der hohe Schallleitungsverlust von 30–50 dB bei einem Paukenerguss lässt sich nur selten durch größte einstellbare Reizpegel kompensieren und verhindert in der Regel sowohl die Auslösung als auch die Registrierung eines Reflexes. In den folgenden Beispielen werden die ipsi- und kontralateralen Reflexschwellen in Fällen von Schallleitungsschwerhörigkeit dargestellt.

- **Stapediusreflex bei Kettenunterbrechung:** Für das linke, normale Ohr werden bei allen Messfrequenzen normale ipsilaterale Reflexschwellen gefunden (► Abb. 11.8). Die Auslösung des kontralateralen Reflexes ist links ausgefallen, da der Reflex ton auf der rechten Seite wegen der hohen Schallleitungsschwerhörigkeit zu leise ist. Für das rechte Ohr ist kein Reflex messbar, da eine Kontraktion des Stapediusmuskels wegen der Kettenunterbrechung am Trommelfell nicht registriert werden kann.

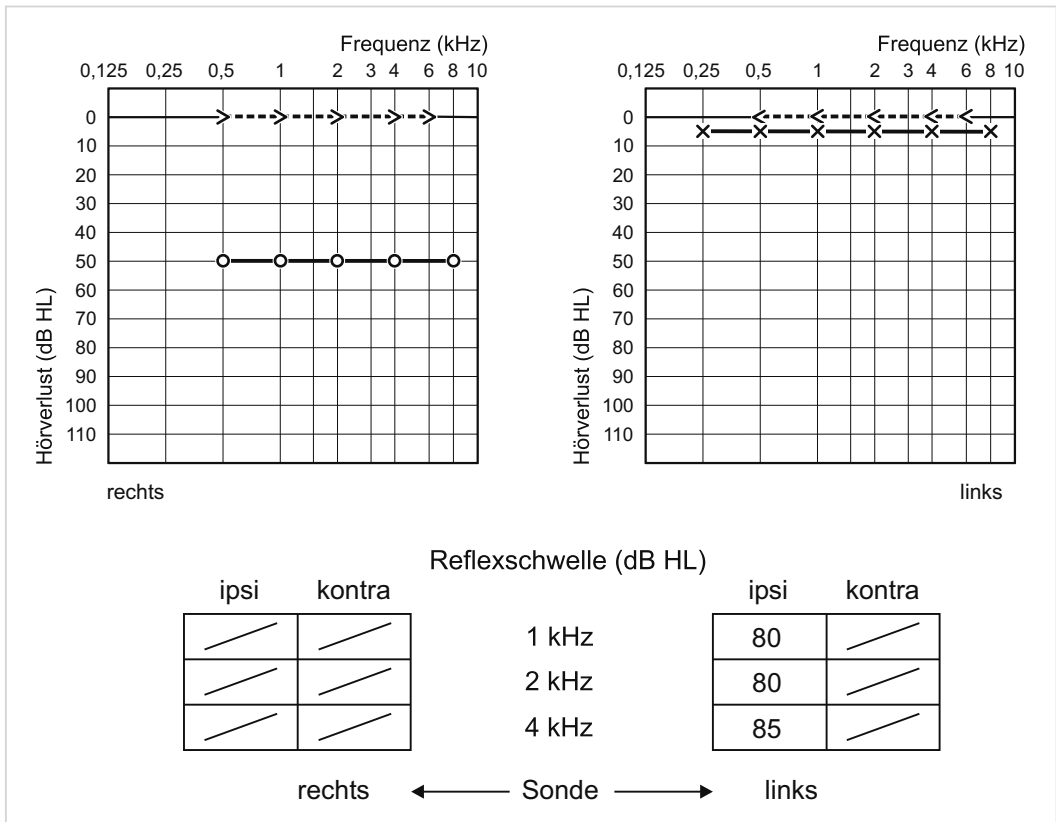


Abb. 11.8 Tonschwellenaudiogramm und Reflexschwellen bei Kettenunterbrechung rechts.

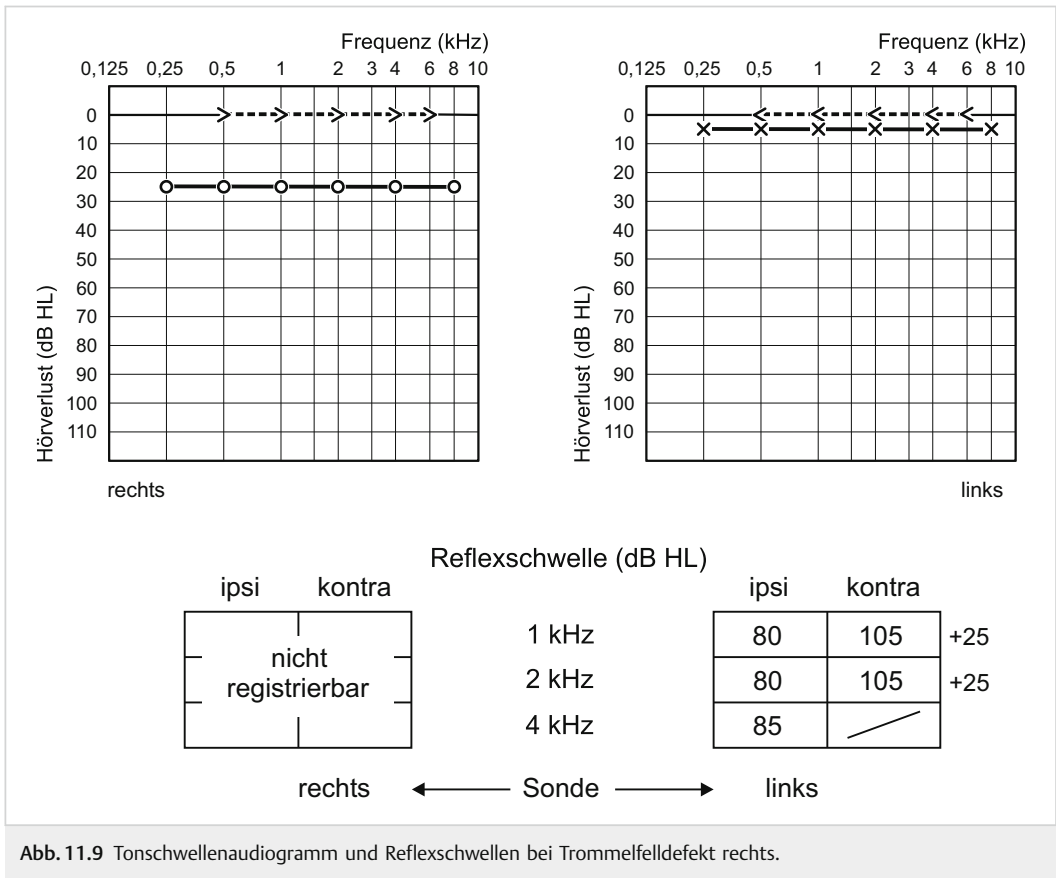


Abb. 11.9 Tonschwellenaudiogramm und Reflexschwellen bei Trommelfeldefekt rechts.

- Stapediusreflex bei Trommelfeldefekt:** Ipsilateral werden links normale Reflexschwellen gemessen (► Abb. 11.9). Die kontralateralen Werte sind um den Schalleitungshörverlust des rechten Ohres erhöht. Rechts sind keine Reflexe registrierbar, weil beim Trommelfeldefekt kein normales Tympanogramm vorliegt.
- Stapediusreflex bei Otosklerose:** Links finden sich normale ipsilaterale Reflexschwellen (► Abb. 11.10). Die kontralateralen Schwellenwerte sind frequenzabhängig um den Schalleitungshörverlust des rechten Ohres erhöht. Bei 1 kHz ist keine Reflexschwelle zu finden, da die meisten Geräte keine Pegel über 110 dB ausgeben. Rechts sind keine Reflexe registrierbar, da trotz der Aktivierung des Stapediusmuskels wegen der Otosklerose keine Bewegung der Kette und damit keine Änderung der Steife erfolgt.
- Stapediusreflex bei Gehörgangskollaps während der Hörschwellenmessung:** Hier besteht anscheinend der Widerspruch, dass für das rechte Ohr trotz des im Tonschwellenaudiogramm gefundenen hohen Schalleitungshörverlusts ipsilateral normale Reflexschwellen gemessen werden (► Abb. 11.11). Die Ursache ist der in manchen Fällen beim Aufsetzen eines Kopfhörers eintretende Gehörgangskollaps, der den Gehörgang verschließt. Bei der Verwendung der Impedanz-Messsonde tritt dieser Effekt nicht ein. Es ist zu beachten, dass bei der Bestimmung der kontralateralen Reflexschwellen mit Kopfhörer für das linke Ohr dieser Schalleitungsanteil jedoch wieder voll wirksam ist.