

Akustisch evozierte Hirnstammpotenziale beim Pferd mit Schwerhörigkeit oder Taubheit

Gerald Fritz Schusser¹, Wolfgang Scheidemann², Annemarie Blanke¹, Stephan Recknagel¹, Tina Dögl¹, Angela Röhrich³ und Michael Fuchs³

¹ Medizinische Tierklinik, Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Leipzig

² Tierärztliches Kompetenzzentrum Karthaus, Dülmen

³ Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, Sektion Phoniatrie und Audiologie, Medizinische Fakultät, Universität Leipzig

Zusammenfassung: Aufgrund des neurologischen Untersuchungsganges ist der Gehörsinn des Pferdes nur subjektiv beurteilbar. Die Methode der Geräuscherzeugung (Händeklatschen) unter Ausschluss des Gesichtssinnes verursacht das Ohrenspiel und das Hinwenden des Kopfes zur Geräuschquelle. Ziel der vorliegenden Studie ist es, die objektive Beurteilung des Gehörsinnes mit der Messung der akustisch evozierten Hirnstammpotenziale (AEP) bei Pferden mit Verhaltensstörungen, verzögerter Reaktion trotz lauten Rufens, Obstruktion der Pars ossea des externen Gehörkanales oder die Feststellung des Hirntodes als innovative Methodik in der Veterinärmedizin anzuwenden bzw. durchzuführen. Die Pferde sind im Untersuchungsstand oder auf einer ruhigen Stelle mit Detomidin ($20\mu\text{g}/\text{kg KM i.v.}$) sediert worden. Die Ableitungen der AEP sind über Nadelelektroden subkutan median an der Stirn zwischen den hinteren Augenwinkeln, links und rechts ventrokaudal des knöchernen Ohringanges am Proc. retrotypanicus und median zwischen Os occipitale und Proc. spinosus des 2. Halswirbels (Erdung) erfolgt. Mit Hilfe des AEP-Diagnostiksystem Corona sind die Potentiale aufgezeichnet und gespeichert worden. Die Schallintensität ist bei 60 und 80 dB über normaler Hörschwelle (nHL) mittels eines Klickreizes beim ipsilateralen Ohr erfolgt. Am kontralateralen Ohr ist eine Maskierung bei -35 dB bei normaler Hörschwelle erzeugt worden. Weitere Geräteeinstellungen sind wie folgt vorgenommen worden: benutzter Filter bei 150 bis 2500 Hz, Elektrodenimpedanz $< 5,0\text{ k}\Omega$, Analysenzeit bei 10 ms, Amplitudenskalerung bis maximal 700 nV und Aufzeichnung von 2000 Antwortpotenzialen. Die Latenzen der Wellen I, III und V sowie die Interpeaklatenzen I-III, III-V und I-V, berechnet durch die Analysensoftware Corona und erhoben von sechs Pferdepatienten, sind mit denen einer gesunden Kontrollgruppe verglichen worden. Die gesunden Warmblutpferde (12 Stuten, 2 Wallache, 2 Hengste, durchschnittliches Alter 15 Jahre, min 3, max 19 Jahre) sind vorher endoskopisch in den Luftsäcken und in den externen Gehörkanälen untersucht und mit normalen Tympano- und Stylohyoideum sowie mit Grad I (normal) beurteilt und das Trommelfell als intakt und transparent befundet worden. Die Latenzen in Millisekunden und Interpeaklatenzen der Kontrollgruppe, stimuliert mit 80 und 60 dB nHL und ipsilateral abgeleitet, sind: Welle I (links $1,49 \pm 0,05$; $1,79 \pm 0,13$; rechts $1,53 \pm 0,09$; $1,86 \pm 0,11$), III (links $2,81 \pm 0,16$; $3,27 \pm 0,18$; rechts $2,86 \pm 0,20$; $3,25 \pm 0,18$), V (links $4,60 \pm 0,21$; $5,05 \pm 0,27$; rechts $4,62 \pm 0,23$; $4,94 \pm 0,26$); I-III (links $1,32 \pm 0,15$; $1,48 \pm 0,24$; rechts $1,33 \pm 0,15$; $1,38 \pm 0,20$), III-V (links $1,79 \pm 0,14$; $1,78 \pm 0,19$; rechts $1,76 \pm 0,24$; $1,69 \pm 0,28$), I-V (links $3,11 \pm 0,20$; $3,26 \pm 0,28$; rechts $3,09 \pm 0,19$; $3,07 \pm 0,27$). Bei einer 20-jährigen Haflingerstute und einem 25-jährigen Warmblutwallach mit ständigem Drehen des Kopfes auf die linke Seite in Richtung der Schallquelle bzw. Hören erst nach sehr lautem Rufen sind bei den Messungen der AEP ipsilateral rechts eine Amplitudenreduktion der Wellen (60 und 80 dB nHL) und eine Interpeaklatenzabnahme von I-III und I-V gemessen worden. Dies spricht für eine Schwerhörigkeit und cochleäre Dysfunktion oder neuronales Problem am rechten Ohr. Die Latenzzunahme der Wellen I, III und V bei gleichbleibenden Interpeaklatenzen ipsilateral links und rechts beim Wallach spricht für eine Schwerhörigkeit beidseits. Bei einer eininhalbjährigen Warmblutstute mit verminderter Reaktion auf lautes Rufen hat die AEP-Ableitung ipsilateral links einen völligen Verlust der Wellen ergeben, was für eine linksseitige Taubheit spricht. Der fünfmonatige Warmbluthengst, ebenfalls mit verminderter Reaktion auf lautes Rufen, hat rechts verlängerte Latenzen der Wellen I, III und V, Amplitudenreduktion und mit 60 dB keine messbaren Wellen, was auf eine rechtsseitige, hochgradige Schwerhörigkeit hinweist. Eine fünfjährige Warmblutstute hat ein verändertes Verhalten in Verbindung mit Schreckhaftigkeit aufgrund der Umgebungsgeräusche gezeigt. Endoskopisch ist links eine zeruminale und zelluläre Ansammlung mit Grad II und rechts mit Grad III mit komplett zeruminal verstopfter Pars ossea des externen Gehörkanales festgestellt worden. Die reduzierten Amplituden aller Wellen ipsilateral rechts, stimuliert mit 80 dB nHL, und die fehlenden Wellen, stimuliert mit 60 dB, sprechen für eine Schwerhörigkeit (Schallleitungsblock) aufgrund der kompletten, rechtsseitigen Ohrkanalverstopfung. Die Euthanasie eines 19-jährigen Shetlandpony Wallaches mit infauster Prognose aufgrund der Befunde, festgestellt während der Kolikoperation, ist mit T61® unter allgemeiner Anästhesie vorgenommen worden. Die AEP sind während der allgemeinen Anästhesie und Euthanasie abgeleitet worden. Der Hirntod ist nach drei Minuten p.a. eingetreten, dabei ist beobachtet worden, dass die Wellen I, III und V konsekutiv verschwunden sind. Schlussfolgernd ist festzustellen, dass die Messung der AEP die objektive Untersuchung des Gehörsinnes des Pferdes ermöglicht und nach der Otoskopie erfolgt. Die AEP-Messung als innovative Methode kann die Diagnostik der Schwerhörigkeit beim Pferd unterstützen. Weitere Untersuchungen werden zeigen, bei welchen typischen Ursachen für Hörstörungen (z.B. Verhaltensstörungen, Kopfschiefhalten, Kopfschütteln, Temporohyoidosteoarthropathie, Othämatom, chronisch vorhandener Otitis exsudativa externa, Melanom, Sarkoid oder Plattenepithelkarzinom in Ohrmuschel oder im externen Gehörkanal, Luftsackempyem, nach Ohrmuschel- oder Gehörkanaloperationen, nach Otitis purulenta-Behandlung, nach überstandener Enzephalitis infolge West-Nile-Virus-, EHV-1- oder Sarcocystis neurona-Infektion) welche Befunde der AEP-Messungen erhoben werden können. Da das Hörvermögen eines Sportpferdes, Reitpferdes und Zuchtpferdes essentiell ist, sollte bei einer Kaufuntersuchung die Otoskopie und die objektive Beurteilung des Hörvermögens mittels AEP inkludiert werden!¹

Schlüsselwörter: Pferd, akustisch evozierte Hirnstammpotenziale, einseitiger Hörverlust, Schwerhörigkeit, Taubheit, Hirntod

Brainstem auditory evoked potentials in horses with hearing deficit or deafness

Objective: The evaluation during the neurologic examination of hearing in horses generates only subjective values because the horse is turning the head and moves the ears towards the noise. Therefore the brainstem auditory evoked response (BAER) technique is very useful for evaluating the hearing in horses objectively. The aim of this study is to measure the BAER in horses with altered behaviour or lack of responsiveness to loud sounds. This has been effected on older horses, also on a horse with ceruminous occluded external ear canals and on a horse with

colic surgery and bad prognosis during general anesthesia and euthanasia using T61®. Horses were sedated using detomidine (20 µg/kg bw i.v.) and placed in a stock or silent area. Needles were inserted subcutaneously on the median place of the vertex between the lateral canthus of the eyes, on the ventrocaudal area of the osseus part of the external ear canal on the top of Processus retrotympanicus on the left and right side, on the midline between the Os occipitale and Processus spinosus of the second cervical vertebra (ground). A click stimulus at 80 and 60 dB normal hearing level was applied ipsilateral and noise-masking sound at -35 dB normal hearing level was applied contralateral. An average of 2000 responses of BAER was recorded over a 10 milliseconds epoch operated by the AEP-diagnostic system Corona. The latencies of peaks I, III and V were measured and the interpeak latencies between the waves I-III, III-V and I-V were calculated and saved by the AEP-diagnostic system. These measurements of five horses with altered behaviour and of one horse during euthanasia were compared with a control group of normal Warmblood horses (12 mares, 2 geldings, 2 stallions; mean age of 15 years, min 3 and max 19 years). The external ear canals were examined endoscopically before and they had normal findings (grade I) and the tympanic membranes were intact and transparent. The tympanohyoid and stylohyoid in the guttural pouches were normal too. The latencies in ms and interpeak latencies of the control group stimulated with 80 and 60 dB nHL ipsilateral are: peak I (left 1.49 ± 0.05 , 1.79 ± 0.13 ; right 1.53 ± 0.09 , 1.86 ± 0.11), III (left 2.81 ± 0.16 , 3.27 ± 0.18 ; right 2.86 ± 0.20 ; 3.25 ± 0.18), V (left 4.60 ± 0.21 , 5.05 ± 0.27 ; right 4.62 ± 0.23 , 4.94 ± 0.26); I-III (left 1.32 ± 0.15 , 1.48 ± 0.24 ; right 1.33 ± 0.15 , 1.38 ± 0.20), III-V (left 1.79 ± 0.14 , 1.78 ± 0.19 ; right 1.76 ± 0.24 , 1.69 ± 0.28), I-V (left 3.11 ± 0.20 , 3.26 ± 0.28 ; right 3.09 ± 0.19 , 3.07 ± 0.27). A 20 years old Haflinger mare turned her head only to the left side when the owner called her. The peak amplitudes (I, III, V) and interpeak latencies (I-III, I-V) were reduced ipsilateral of the right ear. These are signs of a conductive hearing deficit and cochlear dysfunction or neural problem. The 25 years old Warmblood gelding which turned his head only towards very loud noises had reduced peak amplitudes and increased latencies (I, III, V) ipsilateral left and right. These are signs of conductive hearing deficit on both sides. No BAER (80 and 60 dB nHL) were detected ipsilateral on the left side on a 1.5 years old Warmblood mare which reacted only to very loud noises. These diagnostic findings explain deafness on the left ear. A five months old Warmblood stallion which responded only to very loud noises too, had prolonged latencies (I, III, V; 80 dB nHL) and unchanged interpeak latencies ipsilateral on the right ear. No peaks were detected stimulated by 60 dB. These are findings of a severe hearing deficit and cochlear dysfunction on the right ear. A five years old Warmblood mare had an altered behaviour with startling due to environmental noises. A complete obstructed osseous part of the right ear and a partial obstructed osseous part of the left external ear canal were seen endoscopically. Decreased peak amplitudes stimulated by 80 dB nHL and no peaks stimulated by 60 dB ipsilateral on the right side in comparison to the normal horse are findings with severe conductive hearing deficit on the right ear based on the complete obstruction. The applied drug T61® used for euthanasia (30 ml/250 kg bw i.v.) under general anesthesia of a 19 years old Shetland pony gelding which had colic surgery and a very bad prognosis induced a complete loss of BAER which was a diagnostic finding of brain death within three minutes. In conclusion the testing of BAER in horses is an objective measurement of hearing and evaluates the physiology of the auditory pathway. The endoscopy of the external ear canal has to be done generally before BAER measurements! BEAR testing is indicated in horses with altered behaviour, head tilt, head shaking, temporohyoid osteoarthropathy, guttural pouch empyema, othematoma, melanoma, sarcoid or squamous cell carcinoma in the pinna or external ear canal, after surgery on the pinna or in the external ear canal, after treatment of Otitis purulenta externa or after surviving an encephalitis (West-Nile-Virus-, EHV-1-, Sarcocystis neurona-Infection). The BAER testing ought to be included into the pre-purchase exam plan/requirements!

Keywords: brainstem, auditory, evoked, response, presbycusis, hearing deficit, hearing loss, brain death

Zitation: Schusser G. F., Scheidemann W., Blanke A., Recknagel S., Dögl T., Röhrich A., Fuchs M. (2020) Akustisch evozierte Hirnstammpotenziale beim Pferd mit Schwerhörigkeit oder Taubheit. *Pferdeheilkunde* 36, 389–399; DOI 10.21836/PEM20200501

Korrespondenz: Prof. Dr. Dipl. ECEIM Gerald Fritz Schusser, Universität Leipzig, Medizinische Tierklinik, An den Tierkliniken 11, 04103 Leipzig; schusser@vetmed.uni-leipzig.de

Eingereicht: 4. Mai 2020 | **Akzeptiert:** 6 Juli 2020

Einleitung

Die subjektive Beurteilung des Hörens beim Pferd wird laut klinischer Propädeutik mittels Händeklatschens hinter dem Pferd, wobei dieses keinen Sichtkontakt hat, vorgenommen. Dabei dreht das zu untersuchende Pferd die Ohren und den Kopf in Richtung der Schallquelle (*Jaksch und Glawitschnig* 1990, *Tipold* 2018). Ein Nachweis einer einseitigen Taubheit (Anakusis) oder Schwerhörigkeit (Hypakusis) oder beidseitigen Fehlhörigkeit (Dysakusis) ist so nicht möglich. Objektive Untersuchungsmethoden wie otoakustische Emissionen und akustisch evozierte Hirnstammpotenziale können einseitige oder beidseitige Schwerhörigkeit oder Taubheit diagnostizieren. Eine Schalleitungsschwerhörigkeit (konduktive Schwerhörigkeit), hervorgerufen durch Staub-, Zelldebris- und Zerumenansammlung im externen Gehörkanal oder pathologische Veränderungen im Mittelohr, können die Messung der otoakustischen Emissionen signifikant erschweren oder un-

durchführbar machen, so dass diese Untersuchungsmethode gerade beim stehend sedierten Pferd nicht korrekt anwendbar ist (eigene Untersuchungen, nicht veröffentlicht) (*McBrearty* 2011, *Kreitmeyer et al.* 2019). Schallempfindungsschwerhörigkeiten (syn. sensorineural, entweder Innenohrschwerhörigkeit, Taubheit oder nervale Schwerhörigkeit/Taubheit) werden dagegen durch akustisch evozierte Hirnstammpotenziale (AEP) diagnostiziert (*Mayhew und Washbourne* 1992, 1997). Die Ableitung dieser Potenziale (Spannungsänderungen im Nervengewebe) in unmittelbarer Nähe der anatomischen Generatorstrukturen und die Aufzeichnung der AEP mit den charakteristischen Wellen I, II, III, IV und V ist die Grundlage für die Diagnose der Lokalisation der Hörstörung in der Hörbahn (Abb. 1). Die kombinierte Schwerhörigkeit wird vorwiegend durch eine Otitis externa cartilaginea et/aut ossea purulenta hervorgerufen (*Blanke et al.* 2014). Die sensorineurale Schwerhörigkeit/Taubheit wird durch Temporohyoidosteoarthropathie, kongenitale Taubheit beim Ameri-

can Paint Horse, multifokale Läsionen im Gehirn inklusive Hirnstamm oder Sepsis verursacht (Magdesian et al. 2009, Aleman et al. 2008, 2014, de Lima et al. 2015). Eine beidseitige Otitis externa purulenta und Kopfschiefhaltung könnte ebenso zu einer kombinierten Schwerhörigkeit (sensorineurale und konduktive Schwerhörigkeit) führen (Blanke et al. 2014). Die sensorineurale Schwerhörigkeit/Taubheit, die beim Menschen meist einseitig und plötzlich auftritt, wird verursacht durch eine diabetische Neuropathie, ein Neurinom des N. cochlearis, ischämische, traumatische oder neoplastische Hirnstammläsionen oder durch Hirnstammdysfunktionen infolge multipler Sklerose (Kofler 2013). Darüber hinaus sind in der Humanmedizin bilaterale, symmetrische Schallempfindungsschwerhörigkeiten durch Lärm ab 85 dB (A), Alterungsprozesse (Presbyakusis) sowie durch angeborene oder genetisch determinierte und progrediente Formen auch schon im jungen Lebensalter möglich (Stuermer et al. 2017). Da das Pferd ein Fluchttier ist, ist die Hörfähigkeit für das Pferd essenti-

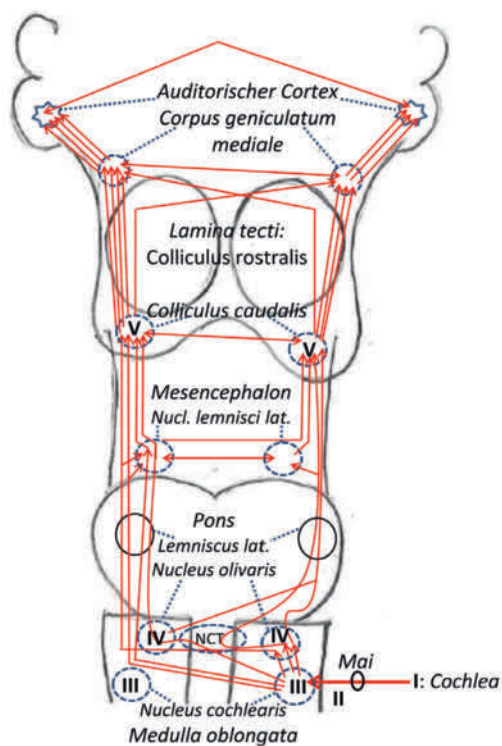


Abb. 1 Die aufsteigenden Haupthörbahnen im Hirnstamm, die vorwiegend kontralateral verlaufen, sind dargestellt, jedoch sind die untergeordneten und inhibitorischen Hörbahnen nicht enthalten. Die Generatorstrukturen der akustisch evozierten Hirnstammpotentiale sind: Cochlea mit Welle I, Nervus cochlearis beim Austritt aus dem Meatus acusticus internus (Mai) und außerhalb der Medulla oblongata mit Welle II, Nucleus cochlearis ipsilateral und Stimulation der aufsteigenden Fasern zum Nucleus olivaris mit Welle III, Nucleus olivaris kontralateral oder bilateral und Nuclei lemnisci laterales (mit Kreis gekennzeichnet) kontralateral oder bilateral mit Welle IV, Colliculus caudalis kontralateral oder bilateral mit Welle V. NCT = Nucleus corporis trapezoidi. | *The main ascending auditory pathways of the brainstem which is primarily contralateral. The minor and inhibitory pathways are not shown. Anatomical locations of brainstem auditory evoked responses are cochlea with wave I, N. cochlearis between Meatus acusticus internus and Medulla oblongata with wave II, Nucleus cochlearis ipsilateral and stimulation of ascending nerve fibers to Nucleus olivaris with wave III, Nucleus olivaris contralateral or bilateral and Nuclei lemnisci laterales contralateral or bilateral with wave IV, Colliculus caudalis contralateral or bilateral with wave V.*

ell. Die Symptome einer ein- oder beidseitigen Schwerhörigkeit äußert sich bei Pferden in einer Verhaltensänderung, wie plötzliche Schreckhaftigkeit, Kopfscheue oder mit dem Kopf hin und her schwenken („Weben“) (Blanke et al. 2014). Ein definiertes, klinisches Symptom der ein- oder beidseitigen Schwerhörigkeit oder Taubheit ist zurzeit nicht bekannt. Ziel dieser Untersuchung ist es, Pferde mit Schwerhörigkeit mit Hilfe der akustisch evozierten Hirnstammpotentiale zu diagnostizieren.

Material und Methoden

Als Vergleichspferde (n = 16, Kontrollgruppe) sind jene ausgewählt worden, die weder Verhaltensstörungen noch Veränderungen am Tympanohyoideum und Stylohyoideum im Luftsack (beidseits endoskopische Beurteilung) aufgewiesen haben. Die Kopf-Hals-Haltung im Stande der Ruhe und während der Bewegung ist normal gewesen. Die Otoskopie ist mit einem flexiblen Endoskop mit einem Durchmesser von 7 mm durchgeführt worden, wobei die Pferde in einem Untersuchungsstand unter Sedierung endoskopiert worden sind (Sommerauer et al. 2013). Alle Pferde sind während des Sedierungszeitraumes einer indizierten Gastroduodenoskopie unterzogen worden. Die bilaterale, endoskopische Beurteilung der Pars cartilaginea und Pars ossea des externen Gehörkanals hat Grad I (normal) nach Sommerauer et al. (2013) ergeben und das Trommelfell ist intakt und transparent, gemäß Beurteilungskriterien nach Blanke et al. (2014), befundet worden. Die Schleimhaut der Luftsäcke ist als normal beurteilt worden. Die Warmblutpferde (12 Stuten, zwei Wallache, zwei Hengste) der Kontrollgruppe haben ein durchschnittliches Alter von 15 Jahren (min 3, max 19 Jahre) aufgewiesen.

Als Pferdepatienten sind fünf Pferde ausgewählt worden, die vorberichtlich in der Box während der Fütterung öfters schreckhaft aufgefallen sind, auf der Weide auffallend nur immer dieselbe Kopfseite dem rufenden Besitzer zugewandt oder auf der Weide nur durch überlautes Rufen reagiert haben und zum Rufenden getraut sind.

Akustisch evozierte Hirnstammpotentialuntersuchung: Die Pferde sind in einem Untersuchungsstand oder an einem ruhigen Ort sediert worden (Detomidin 20 µg/kg KM i.v.; Cepesdan®, CP-Pharma, Burgdorf, Deutschland). Nadelelektroden (inomed Medizintechnik, 79312 Emmendingen, Deutschland, www.inomed.com) sind subkutan platziert worden, und zwar in der medianen Stirnregion zwischen den kaudalen Augenwinkeln, links und rechts ventrokaudal der Pars ossea des externen Gehörkanals im Bereich des Processus retrotympanicus und median im Bereich zwischen Os occipitale und Processus spinosus des zweiten Halswirbels (Erdung) (Abb. 2). Unter Annahme einer normalen Hörverarbeitungsleistung des zu untersuchenden Pferdes ist für die Stimulation ein Klickreiz (Länge 150 µs) mit der Polarität Sog bei einem Startpegel von 80 und 60 dB über normaler Hörschwelle (nHL) gewählt worden. Die Übertragung auf das ipsilaterale Ohr ist jeweils seitenbezogen mit der Kapsel eines zirkumauralen Kopfhörers vom Typ DT 48 (Fa. Pilot Blankenfelde medizinisch elektronische Geräte, Wilhelm-Grunwald-Straße 48, 15827 Blankenfelde, www.pilot-Blankenfelde.de) durch die direkte Platzierung am Gehörkanaleingang der Hörmuschel erfolgt (Abb. 3). Das jeweilige kontralaterale Ohr ist ebenfalls mit einer

zweiten Kapsel eines zirkumauralen Kopfhörers vom Typ DT 48 am Gehöreingang der Ohrmuschel versehen worden und der hat simultan ein weißes Rauschen bei einer gleitenden Differenz von -35 dB nHL, bezogen auf den Pegel der ipsilateralen Klickstimulation, maskiert.

Weitere eingestellte Parameter am angewendeten AEP-System Corona: Filtersetting bei 150–2500 Hz, Analysezeit 10 ms, Elektrodenimpedanz $< 5,0$ k Ω m, Amplitudenskalierung maximal 700 nV, Anzahl der aufgezeichneten Messungen 2000 mit Durchschnittsbildung. Die Ableitung bzw. Aufzeichnung der AEP ist zwischen der Stirnelektrode (Referenzelektrode) und der Aktivelektrode über den Proc. retrotypanicus jeweils links bzw. rechts erfolgt. Die Latenzen (ms) sind im Amplitudenmaximum (Peaks) der Wellen I, III und V festgelegt worden. Die Analysesoftware hat automatisch die Interpeaklatenzen von I-III, III-V und I-V errechnet, wobei eine Nachkontrolle durch den Untersucher stets erfolgt ist.

Die Latenzen und Interpeaklatenzen des linken und rechten Ohres der Kontrollpferde, hervorgerufen mit 80 und 60 dB nHL, sind als arithmetische Mittelwerte mit Standardabweichung ($\bar{x} \pm sd$) aufgelistet. Die ipsilateralen Latenzen und Interpeaklatenzen, hervorgerufen mit 80 bzw. 60 dB nHL, sind zwischen linkem und rechtem Ohr mit Hilfe des zweiseitigen T-Testes verglichen und eine Signifikanz von $P \leq 0,05$ ist gestellt worden.

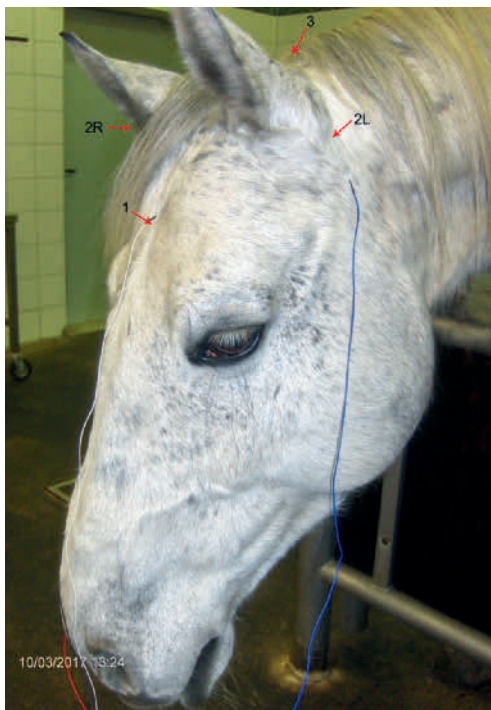


Abb. 2 Lokalisation der subkutanen Nadelelektroden zur Ableitung der akustisch evozierten Hirnstammpotenziale: mediane Stirnregion zwischen den hinteren Augenwinkeln (1), links (2L) und rechts (2R) ventrocaudal des Einganges der Pars ossea des externen Gehörkanales im Bereich des Processus retrotypanicus und median im Bereich zwischen Os occipitale und Processus spinosus des zweiten Halswirbels (3). | *Subcutaneous electrode placements for derivations of brainstem auditory evoked responses (BAER): median vertex between the caudal canthus (1), left (2L) and right (2R) ventrocaudal of the entrance of the Pars ossea of the external ear canal on the top of Processus retrotypanicus and median between Os occipitale and Processus spinosus of the second cervical vertebra (3).*

Die 80 dB-stimulierten sind mit denen der 60 dB-stimulierten ipsilateralen Latenzen und Interpeaklatenzen mittels gepaarten T-Testes verglichen worden. Die ipsilateralen Latenzen und Interpeaklatenzen zwischen den Werten der jeweiligen Pferdepatienten und den Werten der Kontrollgruppe, den Werten von Mayhew (1992; 1997) und von Aleman (2014) (Tab. 1) sind mit dem Mann-Whitney-Test bei einem Signifikanzniveau von $p \leq 0,05$ verglichen worden. Die Diagnose Schwerhörigkeit ist aufgrund der verlängerten Latenzen und/oder Amplitudenreduktion (kleinere Peaks) im Vergleich zu den Mittelwerten $\pm SD$ der Kontrollgruppe und im Vergleich zu der Ableitung der gemessenen AEP eines normalhörenden Kontrollpferdes gestellt worden. Die Diagnose Taubheit ist durch einen fehlenden, typischen, morphologischen Verlauf der Hirnstammpotentiale (keine nachweisbare Amplituden) charakterisiert.

Ergebnisse

Die Latenzen und Interpeaklatenzen der Kontrollpferde sind in Tabelle 1 aufgelistet. Die Mittelwerte der Latenzen und Interpeaklatenzen zwischen linken und rechten AEP-Messungen, stimuliert mit 80 dB, unterscheiden sich nicht signifikant ($P \geq 0,05$). Auch zwischen linken und rechten AEP-Messungen, stimuliert mit 60 dB, gibt es keinen signifikanten Unter-

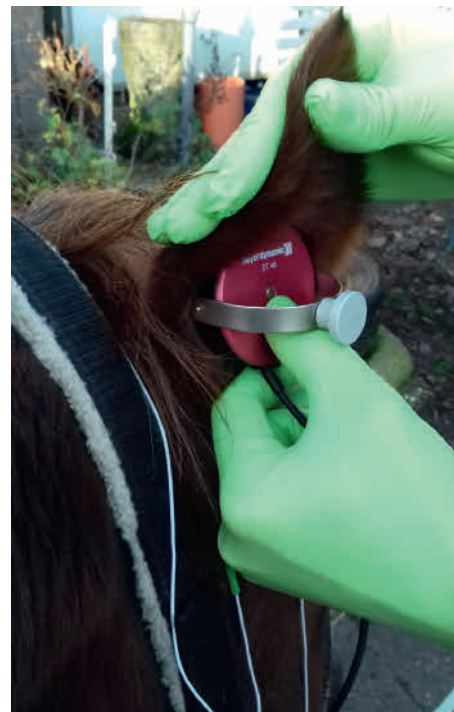


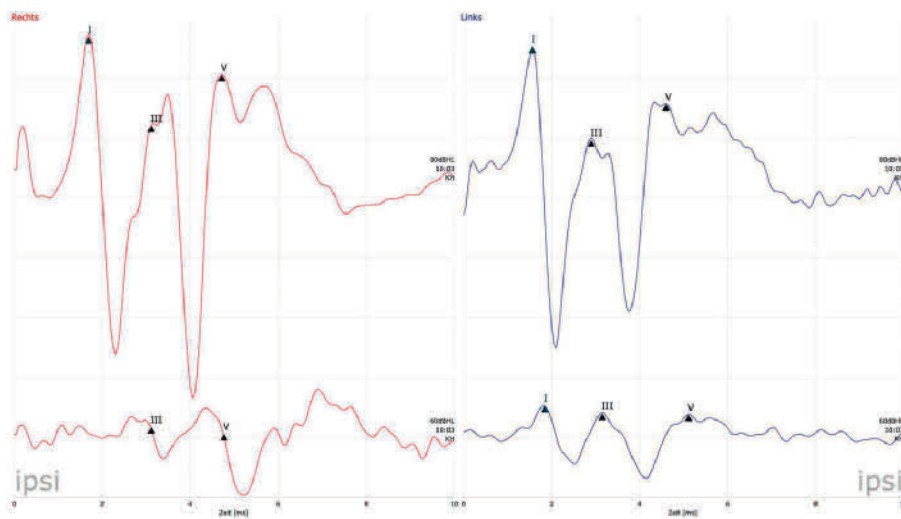
Abb. 3 Der zirkumaurale Kopfhörer vom Typ DT 48 ist direkt am Eingang der Pars cartilaginea positioniert worden. Dieser hat ipsilateral einen Klickreizstimulus mit der Polarität Sog einen Startpegel von 80 und 60 dB über normaler Hörschwelle (nHL) abgegeben. Das kontralaterale Ohr ist mit einer zweiten Kapsel eines zirkumauralen Kopfhörers in ähnlicher Positionierung versehen worden und dieser hat simultan ein weißes Rauschen bei einer gleitenden Differenz von -35 dB, bezogen auf den Pegel der ipsilateralen Klickstimulation, maskiert. | *The earphone (type DT 48) was positioned at the entrance of the Pars cartilaginea of the external ear canal. The click stimulus of this earphone was applied ipsilateral at 80 and 60 dB normal hearing level (nHL) and a simultaneous masking sound was used on the contralateral ear with an offset of -35 dB nHL.*

schied. Der 60dB-Mittelwert (Millisekunden) der Latenzen der ipsilateralen Seiten ist hoch signifikant länger ($P \leq 0,05$) als der 80dB-Mittelwert der AEP-Messungen. Zwischen den ipsilateralen Interpeaklatenzen dagegen gibt es keinen signifikanten Unterschied ($P \geq 0,05$).

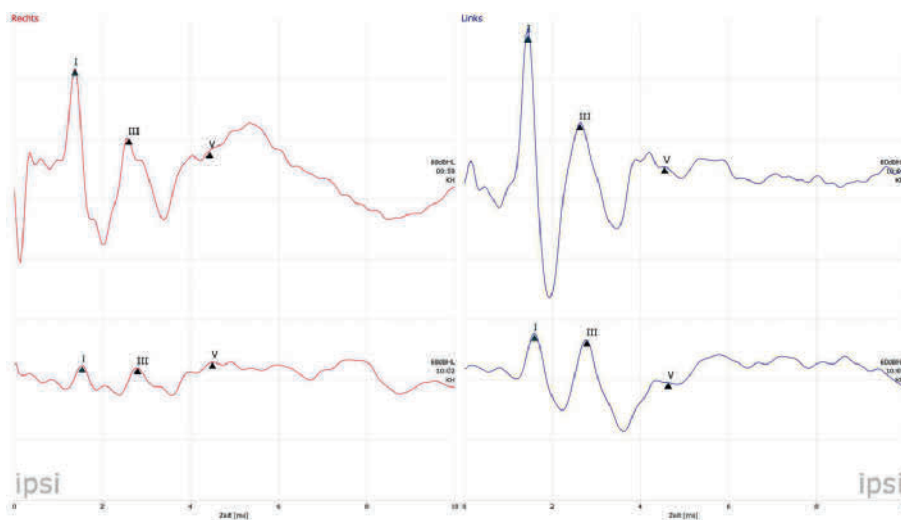
Als Beispiel für die Kontrollgruppe sind die Ableitungen der AEP einer 18-jährigen Warmblutstute herangezogen worden. Diese Stute hat weder endoskopisch beidseits im externen Ohrkanal (Grad I, nach Sommerauer et al. 2013; Trommelfell intakt und transparent, nach Blanke et al. 2014) noch bei den AEP pathologische Veränderungen aufgewiesen (Tab. 1). Auch die Formen der Amplituden I, III und V sind zwischen rechten und linken ipsilateralen Ableitungen sehr vergleichbar (Abb. 4).

Casus 1: Haflingerstute, 20 Jahre

Die Haflingerstute ist dem Eigentümer aufgefallen, weil sie sich auf der Weide und in der Box immer mit der linken Kopfseite (linkes Ohr) zum Rufenden wendet. Die neurologische



and transparent. Stimulus at 80 and 60dBnHL, 10 ms epoch, amplitude scaling 200 nV.



amplitudes (I, III, V) stimulated with 80 and 60dBnHL were reduced ipsilateral of the right ear in comparison to the normal horse (Fig. 4). The interpeak latencies (I-III, I-V) were also reduced in comparison to the control group. These are signs of a conductive hearing deficit and a possible cochlear dysfunction or neural problem of the right ear. 10ms epoch, amplitude scaling 400 nV.

und die äußere Ohrkanaluntersuchung haben keine Besonderheiten ergeben. Die Ohrendoskopie ist aus Kostengründen seitens des Eigentümers nicht durchgeführt worden. Die Wellen der rechten AEP-Ableitungen, stimuliert mit 60 und 80dB nHL, sind im Vergleich zur linken kleiner (Amplitudenreduktion), was für eine Schwerhörigkeit spricht. Die Interpeaklatenzzeiten (ipsilateral rechts) I-III und I-V sind kürzer als die der Kontrollgruppe und ebenfalls signifikant kürzer als die Werte, eruiert von Mayhew und Washbourne 1992 (Tab. 1). Dies spräche für das Vorliegen einer kochleären Dysfunktion oder eines neuronalen Problems am rechten Ohr (Abb.5).

Casus 2: Warmblutwallach, 25 Jahre

Der Warmblutwallach hat nur den Kopf gehoben oder zur Geräuschquelle gewendet, wenn sehr laut gerufen oder ein sehr lautes Geräusch verursacht worden ist. Die neurologischen und äußeren Ohrkanaluntersuchungen haben normale Befunde ergeben und beim sehr lauten Händeklatschen, unmittelbar rechts oder links hinter dem Pferd stehend, hat der

Abb. 4 Physiologisch ipsilaterale, akustisch evozierte Hirnstammpotenziale mit den Wellen I, III und V, Latenzen und Interpeaklatenzen einer 18-jährigen Warmblutstute mit normalem Verhalten, beidseits normalen, endoskopischen Befunden der externen Gehörkanäle (Grad I, Trommelfell intakt und transparent) und mit physiologischer Hörfähigkeit. Stimulationsintensität 80 und 60dB über normaler Hörschwelle (nHL = normal Hearing Level), Analysenzeit 10 ms (Millisekunden), Amplitudenskalierung 200 nV. | Normal BAER of a healthy 18 years old Warmblood mare which had normal amplitudes and latencies of waves I, III and V as well as normal interpeak latencies. The endoscopic findings of the cartilaginous and osseous part of the external ear canals were normal (grade I) and the tympanic membranes were intact

Abb. 5 Ipsilaterale Ableitungsformen der akustisch evozierten Hirnstammpotenziale einer 20-jährigen Haflingerstute mit steter Zuwendung des Kopfes mit dem linken Ohr zum Rufenden. Die ipsilateralen Ableitungen des rechten Ohres haben eine Amplitudenreduktion, stimuliert mit 80 und 60dB über normaler Hörschwelle im Vergleich zu denen am linken Ohr und zum Kontrollpferd (Abb. 4) ergeben. Eine Abnahme der Interpeaklatenzen I-III und I-V besteht ebenfalls. Diese Befunde sprechen für eine Schwerhörigkeit bzw. für eine mögliche kochleäre Dysfunktion oder für ein neuronales Problem am rechten Ohr. Analysenzeit 10 ms (Millisekunden), Amplitudenskalierung 400 nV. | BAER had been derived from a 20 years old Haflinger mare which turned her head only to the left side when the owner called her. The peak

Wallach die Ohren und den Kopf in Richtung der Schallquelle bewegt. Eine endoskopische, externe Ohrkanaluntersuchung ist aus Kostengründen seitens des Eigentümers nicht erfolgt. Die AEP-Ableitungen haben eine signifikante Latenzzunahme

der amplitudenreduzierten Wellen I, III und V ipsilateral links und rechts sowie eine Beibehaltung der Interpeaklatenzen von I-III und I-V im Vergleich zur Kontrollgruppe ergeben und im Vergleich zu den Werten von Mayhew (1992) (Tab. 1). Diese

Tab. 1 Akustisch evozierte Hirnstammpotenziale (AEP) bei Warmblutpferden mit physiologischem Hörvermögen (Kontrollgruppe) und Pferden mit Schwerhörigkeit oder Taubheit. AEP eines Shetlandpony Wallaches während der allgemeinen Anästhesie und während der Euthanasie mit T61® (30 ml/250 kg KM, i.v.), wobei der Hirntod mit fehlenden Wellen der AEP nach drei Minuten eingetreten ist. nm = nicht messbar. | *Brainstem auditory evoked responses (BAER) of Warmblood horses with normal hearing and diseased horses with hearing deficit or deafness. BAER of a Shetland pony gelding during general anesthesia and euthanasia induced by 61® (30 ml/250 kg bw, i.v.) and BAER disappeared within three minutes which is a finding of brain death. nm = not measurable.*

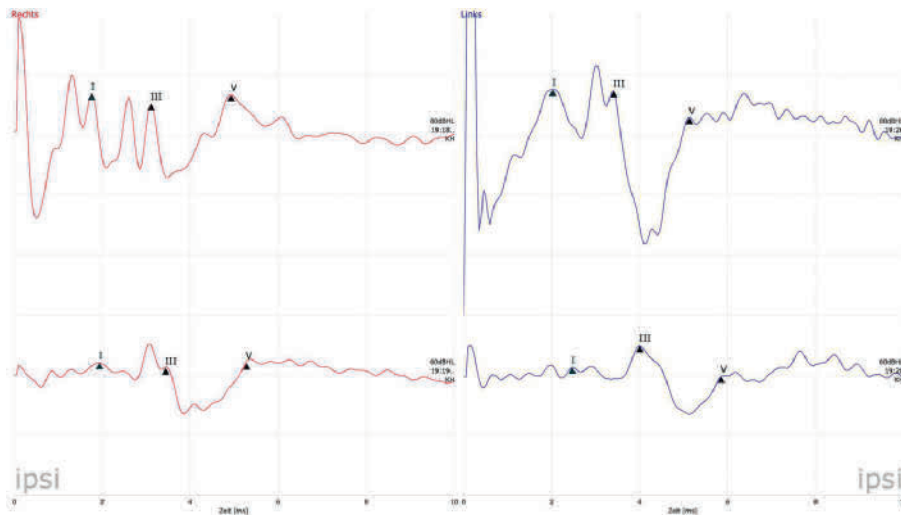
Kontrollgruppen und Pferde mit Hörminderung	Ableitungen der akustisch evozierten Hirnstammpotenziale mit Befunden	Latenzen der Wellen (Peaks) I, III und V sowie Interpeaklatenzen in Millisekunden					
		I	III	V	I-III	III-V	I-V
normale Vollblutpferde ¹ n = 19	Ipsilateral 80 dB	1,74 ± 0,07	3,28 ± 0,11	5,00 ± 0,18	1,54 ± 0,07	1,71 ± 0,18	3,25 ± 0,18
	Ipsilateral 60 dB	1,98 ± 0,13	3,37 ± 0,13	5,18 ± 0,10	1,40 ± 0,16	1,18 ± 0,14	3,20 ± 0,11
normale Ponies ² n = 17	Ipsilateral 80 dB	1,63 ± 0,07	2,98 ± 0,14	4,60 ± 0,21	1,35 ± 0,14	1,61 ± 0,21	2,97 ± 0,24
	Ipsilateral 60 dB	1,84 ± 0,12	3,16 ± 0,16	4,80 ± 0,20	1,31 ± 0,17	1,64 ± 0,17	2,95 ± 0,17
normale Fohlen ³ , n = 5	90 dB	1,36 ± 0,05	2,31 ± 0,36	4,41 ± 0,09	0,95 ± 0,26	2,10 ± 0,25	3,06 ± 0,07
Kontrollgruppe Warmblutpferde n = 16	ipsilateral links, 80 dB	1,49 ± 0,05	2,81 ± 0,16	4,60 ± 0,21	1,32 ± 0,15	1,79 ± 0,14	3,11 ± 0,20
	ipsilateral links, 60 dB	1,79 ± 0,13	3,27 ± 0,18	5,05 ± 0,27	1,48 ± 0,24	1,78 ± 0,19	3,26 ± 0,28
	ipsilateral rechts, 80 dB	1,53 ± 0,09	2,86 ± 0,20	4,62 ± 0,23	1,33 ± 0,15	1,76 ± 0,24	3,09 ± 0,19
	ipsilateral rechts, 60 dB	1,86 ± 0,11	3,25 ± 0,18	4,94 ± 0,26	1,38 ± 0,20	1,69 ± 0,28	3,07 ± 0,27
20-jährige Haflingerstute mit rechtsseitiger Schwerhörigkeit	ipsilateral links, 80 dB	1,44	2,62	4,55	1,18	1,93	3,11
	ipsilateral links, 60 dB	1,60	2,79	4,63	1,19	1,84	3,03
	ipsilateral rechts, 80 dB	1,38	2,60	4,43	1,22	1,83	3,05
	ipsilateral rechts, 60 dB (Amplitudenreduktion, Interpeaklatenzabnahme I-III und I-V bei 80 und 60 dB rechts)	1,54	2,80	4,50	1,26	1,70	2,96
25-jähriger Warmblut- wallach mit beidseitiger Schwerhörigkeit	ipsilateral links, 80 dB	2,03	3,41	5,13	1,38	1,72	3,10
	ipsilateral links, 60 dB	2,46	4,00	5,85	1,54	1,85	3,39
	ipsilateral rechts, 80 dB	1,76	3,11	4,93	1,35	1,82	3,17
	ipsilateral rechts, 60 dB (Latenzzunahme I, III, V bei allen vier Ableitungen)	1,94	3,45	5,28	1,51	1,83	3,34
1 ½-jährige Warmblut- stute mit linksseitiger Taubheit	ipsilateral links, 80 dB	nm	nm	nm	-	-	-
	ipsilateral links, 60 dB	nm	nm	nm	-	-	-
	ipsilateral rechts, 80 dB	1,46	3,33	4,75	1,87	1,42	3,29
	ipsilateral rechts, 60 dB	nm	nm	nm	-	-	-
5-monatiger Warm- bluthengst mit rechtsseiti- ger Schwerhörigkeit	ipsilateral links, 80 dB	1,58	2,98	4,83	1,40	1,85	3,25
	ipsilateral links, 60 dB	2,37	3,97	5,74	1,60	1,77	3,37
	ipsilateral rechts, 80 dB	1,63	2,91	4,91	1,28	2,00	3,28
	ipsilateral rechts, 60 dB (Latenzzunahme I, III, V bei allen drei messbaren Ableitungen)	nm	nm	nm	-	-	-
5-jährige Warmblut- stute mit rechtsseitiger Schwerhörigkeit (Schall- leitungsblock) aufgrund der komplett verstopften Pars ossea dexter des externen Gehörkanales	ipsilateral links, 80 dB	1,47	2,65	4,47	1,18	1,82	3,00
	ipsilateral links, 60 dB	1,71	2,82	4,62	1,11	1,80	2,91
	ipsilateral rechts, 80 dB	1,53	3,00	4,65	1,47	1,65	3,12
	ipsilateral rechts, 60 dB	nm	nm	nm	-	-	-
19-jähriger Shetlandpony- Wallach mit Kolik-OP, Prognose infaust, Eutha- nasia: fehlende AEP sind charakteristisch für den Hirntod	ipsilateral links, 80 dB	1,92	3,39	5,11	1,47	1,72	3,19
	ipsilateral rechts, 80 dB	1,45	2,68	4,42	1,24	1,73	2,97
	ipsilateral links, 80 dB	nm	nm	nm	-	-	-
	ipsilateral rechts, 80 dB (allg. Anästh. + T61®)	nm	nm	nm	-	-	-
	beidseits nach 3 Minuten keine Wellen mehr feststellbar						

¹ Mayhew I. G. and Washbourne J. R. 1992/ ² Mayhew I. G. and Washbourne J. R. 1997/ ³ Aleman et al. 2014

Befunde sprechen für eine beidseitige Schwerhörigkeit, wobei diese beim rechten Ohr noch höhergradiger ist, weil die Amplituden rechts kleiner als links sind (Abb. 6).

Casus 3: Warmblutstute, 1 ½ Jahre

Die Warmblutstute ist aufgefallen, weil sie erst beim sehr lauten Ansprechen reagiert. Die neurologische und äußere Ohrkanaluntersuchung hat normale Befunde ergeben. Erst beim sehr lauten Händeklatschen oder Rufen hat die Stute den Kopf zur Schallquelle gedreht sowie die Ohren sind ebenfalls physiologisch bewegt worden. Die Form der Ableitung der AEP ist ipsilateral rechts normal, wobei die Latenz der Welle III und auch die Interpeaklatenz I-III, gemessen bei 80 dB nHL, im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant verlängert sind (Tab. 1). Die Wellen I, III und V rechts ipsilateral, gemessen bei 60 dB, sind nicht feststellbar. Die Wellen I, III und V der abgeleiteten AEP, stimuliert bei 80 und 60 dB nHL, ipsilateral links sind nicht messbar (Abb. 7). Diese Befunde weisen auf eine völlige linksseitige Taubheit (Anakusis) und rechtsseitige Schwerhörigkeit hin. Endoskopische Untersuchungen der externen Gehörkanäle und eine MRT-Untersuchung des Kopfes sind aus Kostengründen nicht weiter verfolgt worden!



hearing deficit on both sides. But the hearing deficit is more severe on the right side than on the left side based on the smaller amplitudes. Stimulation 80 and 60 dB nHL, 10 ms epoch, amplitude scaling 200 nV.

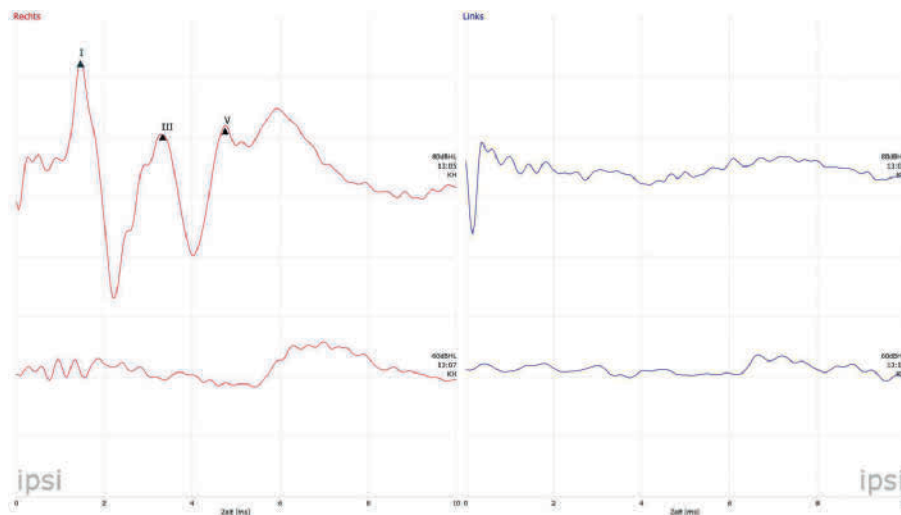


Abb. 6 Die ipsilateralen akustisch evozierten Hirnstammpotentiale des 25-jährigen Warmblutwallaches, der nur bei sehr lautem Geräusch den Kopf hebt, haben links und rechts eine Latenzzunahme der amplitudenreduzierten Wellen I, III und V und unveränderte Interpeaklatenzen ergeben, was für eine beidseitige Schwerhörigkeit spricht. Jedoch ist diese rechts höhergradiger als links, weil die Amplituden rechts kleiner als links sind. Stimulation 80 und 60 dB nHL, Analysenzeit 10 ms (Millisekunden), Amplitudenskalisierung 200 nV. | BAER of a 25 years old Warmblood gelding which turned his head only towards very loud noises had reduced wave amplitudes and increased latencies (I, III, V) ipsilateral left and right. The interpeak latencies I-III and I-V were normal. These were signs of conductive

Abb. 7 Ipsilaterale linksseitige Ableitungen der akustisch evozierten Hirnstammpotentiale einer 1 ½-jährigen Warmblutstute, die nur bei sehr lautem Ansprechen den Kopf in Richtung Rufenden wendet, weisen keine feststellbaren Wellen, stimuliert mit 80 und 60 dB nHL, auf. Auch die Wellen I, III und V ipsilateral rechts, stimuliert mit 60 dB, sind nicht eruiert. Diese Befunde sprechen für eine völlige linksseitige Taubheit (Anakusis). Analysenzeit 10 ms (Millisekunden), Amplitudenskalisierung 400 nV. | No BAER stimulated by 80 and 60 dB nHL were detected ipsilateral on the left side on a 1.5 years old Warmblood mare which reacted only to very loud noises. No waves I, III and V stimulated with 60 dB nHL were detected ipsilateral on the right side too. These diagnostic findings explain deafness on the left ear. 10 ms epoch, amplitude scaling 400 nV.

Casus 4: Warmbluthengst, 5 Monate

Bei diesem Warmbluthengst mit denselben vorbereichtlichen, neurologischen, äußeren Gehörkanaluntersuchungen und fehlenden weiterführenden Untersuchungen wie bei der 1 ½-jährigen Warmblutstute sind die Latenzen der Welle I, III und V (80 und 60 dB nHL) der ipsilateralen linken AEP im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant verlängert (Tab. 1). Die Interpeaklatenzen sind unverändert. Die Amplituden der Wellen I, III und V, ipsilateral rechts, gemessen mit 80 dB, sind reduziert. Die Latenzen sind im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant verlängert (Latenz III nicht signifikant). Die Wellen, stimuliert mit 60 dB, sind ipsilateral rechts nicht eruiert (Abb. 8). Somit sprechen die Befunde des 5 Monate alten Warmbluthengstes für eine rechtsseitige Schwerhörigkeit (Hypakusis), wobei auch eine cochleäre Dysfunktion mit Rekrutment inkludiert werden könnte.

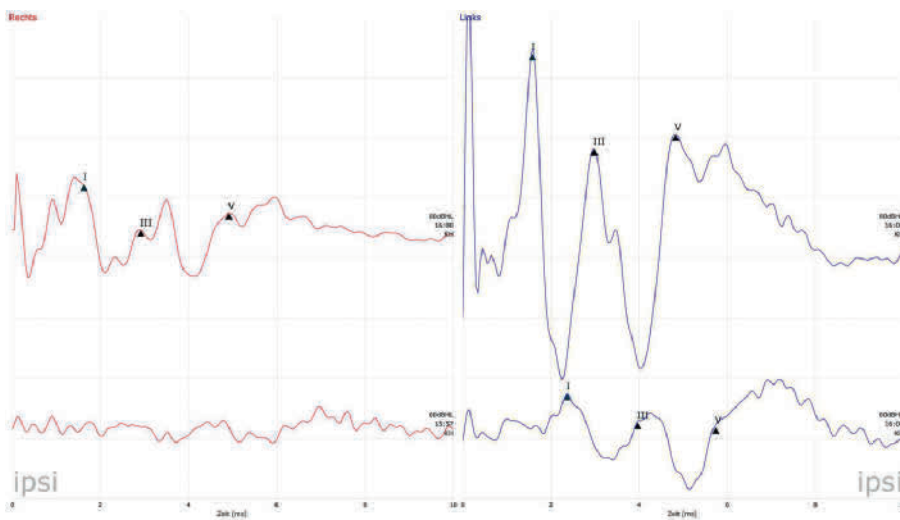
Casus 5: Warmblutstute, 5 Jahre

Die Warmblutstute mit Schreckhaftigkeit hat einen teilweise zeruminal verstopften linken (Grad II) und komplett verstopften rechten externen Gehörkanal (Pars ossea) aufgewiesen,

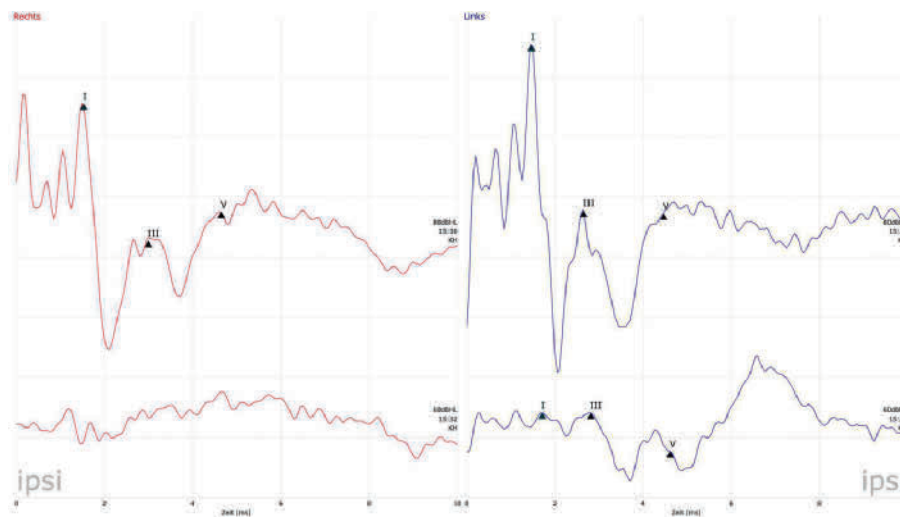
wobei Grad III der Verschmutzung mit Zerumen und Zelldebris sowohl der Pars cartilaginea als auch der Pars ossea endoskopisch befundet worden ist. Das Trommelfell konnte beidseits nicht gesehen und beurteilt werden (Sommerauer et al. 2013, Blanke et al. 2014). Die Amplitudenreduktion der AEP aller Wellen ist auf beiden Seiten im Vergleich zum Kontrollpferd (Abb. 4) sichtbar, wobei auf der komplett verstopften, rechten Seite die Amplituden noch wesentlich kleiner sind. Die Wellen ipsilateral rechts, stimuliert mit 60 dB, sind nicht mehr korrekt nachweisbar (Abb. 9). Die Latenzen und Interpeaklatenzen ipsilateral links und rechts, stimuliert mit 80 dB nHL, sind unverändert im Vergleich zur Kontrollgruppe (Tab. 1). Die kleineren Amplituden ipsilateral rechts und die fehlenden Wellen, gemessen mit 60 dB, weisen auf eine Schwerhörigkeit (Hypakusis) hin. Dieser Schalleitungsblock ist aufgrund der kompletten Obstruktion der Pars ossea dexter des externen Gehörkanales entstanden (Abb. 9).

Casus 6: Shetlandpony Wallach, 19 Jahre

Der Shetlandpony Wallach ist wegen einer zwei Tage dauernden Kolik und Tympanie operiert und dabei ist eine hochgradige Obstipation in der linken dorsalen Kolonlängslage mit hochgradiger prästenotischer Flüssigkeitsansammlung und hochgradiger Tympanie im großen Kolon und Blinddarm bei der intrabdominalen Exploration als Ursache der Kolik diagnostiziert worden. Aufgrund der sehr schlechten Prognose hat die Eigentümerin der Euthanasie noch während der allgemeinen Anästhesie (Isofloran) zugestimmt. Die Ableitungen der AEP haben während der allgemeinen Anästhesie beidseits kleinere Amplituden der Wellen I, III und V und links ipsilateral eine signifikante Latenzzunahme aller Wellen (Schwerhörigkeit) bei gleichbleibenden Interpeaklatenzen im Vergleich zu den Pferden der Kontrollgruppe ergeben (Tab. 1). Jedoch nach Applikation des Euthanasiemittels T61® (30 ml/250 kg



side and unchanged interpeak latencies. The amplitudes of wave I, III and V ipsilateral on the right side were reduced. No peaks stimulated by 60 dB were detected on the right side. These are findings of a severe hearing deficit and a possible cochlear dysfunction on the right ear. 10 ms epoch, amplitude scaling 200 nV.



chen. Analysenzeit 10 ms (Millisekunden), Amplitudenskalierung 200 nV. | A five years old Warmblood mare had an altered behaviour with startling due to environmental noises. A complete obstructed osseous part of the right ear and a partial obstructed osseous part of the left external ear canal were seen endoscopically. Decreased peak amplitudes stimulated by 80 dB nHL and no peaks stimulated by 60 dB ipsilateral on the right side in comparison to the normal horse (Fig. 4) are findings with conductive hearing deficit on the right ear based on the complete obstruction. 10 ms epoch, amplitude scaling 200 nV.

Abb. 8 Die akustisch evozierten Hirnstammpotenziale des fünf Monate alten Warmbluthengstes mit Reaktion des Kopfes nur bei sehr lautem Geräusch, stimuliert mit 80 dB nHL, zeigen ipsilateral links und rechts verlängerte Latenzen der Wellen I, III und V und ipsilateral rechts eine Amplitudenreduktion der Wellen I, III und V. Die Interpeaklatenzen sind beidseits unverändert. Die Wellen ipsilateral rechts, stimuliert mit 60 dB, sind nicht erfassbar. Diese Befunde sprechen für eine rechtsseitige Schwerhörigkeit (Hypakusis) und eine mögliche cochleäre Dysfunktion. Analysenzeit 10 ms (Millisekunden), Amplitudenskalierung 200 nV. | A five months old Warmblood stallion which responded only to very loud noises too, had prolonged latencies (I, III, V; 80 dB nHL) ipsilateral on the left and right

Abb. 9 Die akustisch evozierten Hirnstammpotenziale einer fünfjährigen Warmblutstute mit Schreckhaftigkeit und mit teilweise verstopftem, linken und komplett verstopftem, rechten, externen Gehörkanal (Pars ossea) und das Trommelfell konnte auf beiden Seiten nicht beurteilt werden. Die Latenzen und Interpeaklatenzen (80 dB nHL) ipsilateral links und rechts sind unverändert im Vergleich zur Kontrollgruppe. Die Amplituden der AEP der Wellen I, III und V sind ipsilateral links kleiner und rechts, stimuliert mit 80 dB, noch wesentlich kleiner als die des Kontrollpferdes in Abb. 4. Die Wellen, stimuliert mit 60 dB, sind ipsilateral rechts nicht erfassbar. Das sind Befunde, die für eine rechtsseitige Schwerhörigkeit (Hypakusis, Schalleitungsblock) aufgrund der kompletten Obstruktion der Pars ossea dexter des externen Gehörkanales sprechen.

KM, i.v.) ist nach drei Minuten kein AEP ipsilateral links und rechts mehr ableitbar gewesen (Abb. 10). Das ist ein untrüglicher Befund des Hirntodes.

Diskussion

Die subjektive Hörprüfung beim Pferd geschieht im Rahmen des neurologischen Untersuchungsganges (Tipold 2018). Das im Vorbericht oder bei der Untersuchung festgestellte verzögerte Hinwenden des Kopfes zur sehr lauten Geräuschquelle, plötzliches Scheuen, Schreckhaftigkeit, Kopfschiefhaltung, Kopf- oder Ohrscheuern oder Otitis externa purulenta sind Hinweise bzw. klinische Befunde für eine auftretende Hörminderung. Auch die Überprüfung des achten Hirnnerves N. vestibulocochlearis durch das Händeklatschen rechts oder links hinten unter Ausschluss des Gesehenwerdens und nachfolgender Zuwendung der Ohren und des Kopfes zur Geräuschquelle ist nur eine qualitative Hörprüfung und objektiviert und quantifiziert weder eine beidseitige noch eine einseitige Schallleitungs- oder Schallempfindungsschwerhörigkeit (konduktiv oder sensorineural) (Taubheit) (Tipold 2018). Vor einer objektiven Hörprüfung ist der externe Gehörkanal endoskopisch bis zum Trommelfell zu untersuchen (Sommerauer et al. 2013, Blanke et al. 2014). Da der Eingang der Pars ossea des Meatus acusticus externus durch eine Adspektion des sichtbaren, äußeren, kartilaginösen, externen Gehörkanales nicht sichtbar ist, ist die endoskopische Untersuchung des externen Gehörkanales sorgfältig durchzuführen, so dass auch eine klinische Beurteilung des Trommelfelles möglich ist (Blanke et al. 2014).

Akustische Klickimpulse, die über den externen Gehörkanal, das Mittelohr bis zum Organum spirale (Corti'sches Organ) der Cochlea im Innenohr geleitet werden, stimulieren die Haarzellen des Organum spirale, so dass dann das Aktionspotenzial für die afferenten Hörbahnen ausgelöst wird und nun akustisch evozierte Hirnstammpotenziale abgeleitet werden können (Abb. 1). Der zirkumaurale Kopfhörer vom

Typ DT 48, wie in Abb. 3 dargestellt, leitet die akustischen Klickimpulse auf das Ohr weiter. Dieser hat gegenüber den in den kartilaginösen Teil des externen Gehörkanales eingeführten Kopfhörer („inserted earphone“) den Vorteil, dass dieser den Klickimpuls/Schall durch den kartilaginösen und knöchernen Teil des externen Gehörkanales in normaler anatomischen Position sendet (physiologischer Weg des Schalles) und der Schallausgang des zirkumauralen Kopfhörers nicht verschmutzt werden kann. Ein Nachteil des eingeführten „Earphones“ besteht, dass das „Earphone“ beim Einführen in den kartilaginösen Teil des externen Gehörkanales mit klebrigem Zerumen, Zelldebris und Staub stark verschmutzt werden kann und so einen reduzierten (<80 dB, <60 dB nHL) oder keinen Schallpegel abgibt (Mayhew und Washbourne 1992, 1997). Der Startpegel von 80 dB ist für die Pferde am besten tolerabel und die Latenzen, Interpeaklatenzen und Höhe-Breiten-Verhältnisse der Kurven zwischen 80 und 100 dB unterscheiden sich am geringsten. Die größeren Differenzen dieser Parameter treten bei Verwendung zwischen 50 bis 70 dB auf. Um die Hörschwelle auch bei älteren Pferden (>17 Jahre) zu erfassen, sind die Ableitungen der AEP auch mittels 60 dB gemessen worden (Mayhew und Washbourne 1992, Wilson et al. 2011).

Die audiometrische Prüfung beim Menschen umfasst die Knochen- und Luftleitung. Diese erfordert auch eine verbale oder motorische Antwort, um das Hörvermögen einzustufen. Diese besondere audiometrische Prüfung ist zur Zeit beim Pferd nicht möglich, so dass nur die Luftleitung mit Hilfe der AEP überprüft wird. Daher wird die AEP angewendet, um objektive Daten der Hörstörung oder Normalhörigkeit zu befinden. Die Schwerhörigkeit als allgemeiner Begriff der Hörstörung ist bei den oben angeführten Pferdepatienten als Befund/Diagnose gewählt worden. Werden diese Befunde der Pferdepatienten mit denen bei den Menschen mit Hörstörungen verglichen, so ähneln diese der Schallleitungsschwerhörigkeit mit dem zusätzlichen Befund der kochleären Dysfunktion. Die fehlenden Wellen der linken Seite, abgeleitet ipsilateral bei 80 und 60 dB von der

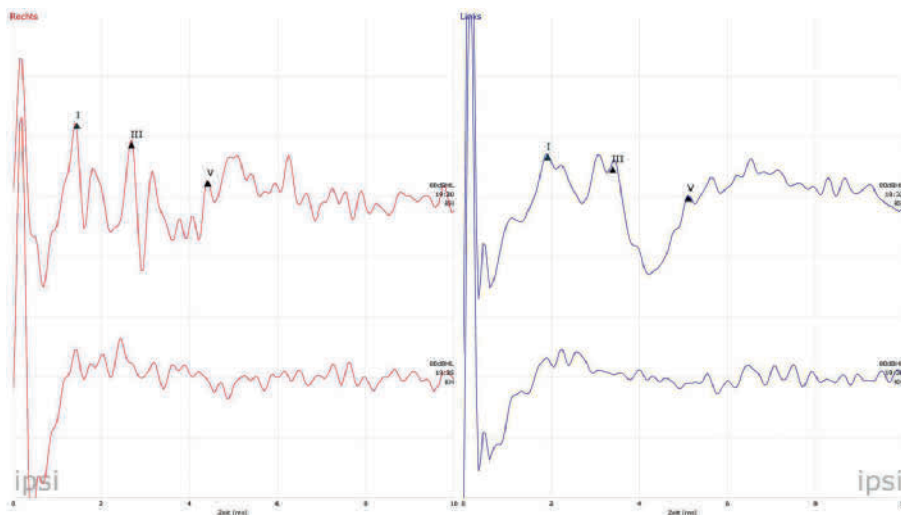


Abb. 10 Die akustisch evozierten Hirnstammpotentiale, aufgenommen beidseits ipsilateral mit 80 dB nHL, eines 19 Jahre alten Shetlandpony Wallaches, abgeleitet während der allgemeinen Anästhesie aufgrund einer Kolikoperation, haben reduzierte Amplituden (oben, 80 dB nHL) ergeben. Die verlängerten Latenzen der Wellen I, III und V und unveränderten Interpeaklatenzen ipsilateral links im Vergleich zur Kontrollgruppe weisen auf eine Schwerhörigkeit hin. Drei Minuten nach Applikation des Euthanasiemittels T61® (30 ml/250 kg KM, i.v.) während der allgemeinen Anästhesie sind beidseits ipsilateral (unten, 80 dB) keine korrekten Wellen I, III und V erkennbar. Das ist ein Befund des Hirntodes. Analysenzeit 10 ms (Millisekunden), Amplitudenskalierung 200 nV. | *The BAER during general anesthesia of a 19 years old Shetland pony gelding with colic surgery and bad prognosis had reduced wave amplitudes on both sides stimulated by 80 dB nHL (time of derivation 19:30 hrs, 19:32 hrs; see above). The prolonged latencies of waves I, III and V ipsilateral on the left side and unchanged interpeak latencies in comparison to the control group were findings of hearing deficit. The applied drug T61® used for euthanasia (30 ml/250 kg bw i.v.) under general anesthesia induced a complete loss of BAER which was a diagnostic finding of brain death within three minutes. 10 ms epoch, amplitude scaling 200 nV.*

1½-jährigen Warmblutstute, weisen auf eine Schallempfindungsschwerhörigkeit hin. Diese wird beim Menschen durch einen Defekt im Corti'schen Organ verursacht. Auch beim fünf Monate alten Warmbluthengst ist der AEP-Befund vergleichbar mit der Schalleitungsschwerhörigkeit inklusive cochleärer Dysfunktion mit Rekrutment des Menschen.

Die Zuordnung der Amplituden (Wellen, Peaks, Potenziale) wird aufgrund spezifischer Generatorstrukturen (anatomischer Strukturen) vorgenommen. Das Potenzial der Welle I wird den inneren Haarzellen des Corti'schen Organs, der Welle II dem N. cochlearis außerhalb des Meatus acusticus internus und vor Eintritt in die Medulla oblongata, der Welle III den Nuclei cochleares, der Welle IV den Nuclei olivae und Nuclei lemnisci laterales sowie der Welle V dem Colliculus caudalis im Mittelhirn zugeordnet (Abb. 1) (Salamon und Gille 2005, Kofler 2013, Verhulst et al. 2016).

Die Latenzen der Warmblutpferde der Kontrollgruppe sind kürzer als die von Mayhew und Washbourne (1992, 1997) publizierten Werte der Vollblutpferde. Die Ursache kann im angewendeten zirkumauralen Kopfhörer sein, weil der Schall ohne Reduzierung der dB aus den unverschmutzten, zirkumauralen Kopfhörer über den externen Gehörkanal in das Corti'sche Organ gelangen kann, so dass die Latenz der Welle I kürzer ist. Da alle Pferde mit Detomidin sediert worden sind und aufgrund des $\alpha 2$ -Agonisten die Pferde Schweißausbruch bekommen, steigt auch die innere Körpertemperatur. Diese Körpertemperaturerhöhung könnte die Latenzen der Wellen I, III und V verkürzen, weil das neuronale Leistungsvermögen beschleunigt wird (Maslin et al. 2015).

Die reduzierten Amplituden ipsilateral rechts im Vergleich zu den AEP eines Warmblutpferdes der Kontrollgruppe (Abb. 4) und die Abnahme der Interpeaklatenzen (I-III, I-V) (Tab. 1) im Vergleich zur Kontrollgruppe könnte bei der 20 Jahre alten Haflingerstute für eine Schwerhörigkeit rechts sprechen und deswegen das Hinwenden zum Rufenden stets mit dem linken Ohr. Die wesentliche Amplitudenreduktion ipsilateral rechts, stimuliert mit 60 dB, weist auf einen höheren Schwellenwert als 60 dB über normalem Hörvermögen hin und kommt bei älteren Pferden vor (Abb. 5). Auch die Interpeaklatenzabnahme und die cochleäre Dysfunktion sind Befunde der Schwerhörigkeit eines alten Pferdes (Wilson et al. 2011, Lecoq et al. 2015).

Beim 25 Jahre alten Warmblutwallach, dargestellt in Abb. 6, ist beidseits eine Latenzzunahme aller Wellen festgestellt worden, so dass diese Befunde einer beidseitigen Schwerhörigkeit entsprechen. Diese Leitungsstörung weist auf eine höhergradige Hörminderung hin und hat das sehr laute Rufen erfordert, um eine Reaktion des Pferdes zu bewirken (Ingham et al. 1998, Lavoie et al. 2008, Kofler 2013). Da keine endoskopische Untersuchung des externen Gehörkanales erfolgt ist, könnte auch eine höhergradige Verschmutzung durch Zerumen, Zelldebris und/oder Staub im externen Gehörkanal vorliegen und deswegen könnte eine Schwerhörigkeit aufgrund der Latenzzunahme aller Wellen verursacht worden sein (Kofler 2013).

Eine komplette Obstruktion der Pars ossea des externen Gehörkanales (fünfjährige Stute, Abb. 9) verursacht einen Schalleitungsblock, der durch reduzierte Amplituden, stimuliert mit

80 dBnHL, und völliges Verschwinden der Amplituden während der Stimulation mit 60 dB charakterisiert werden kann. Diese komplette Obstruktion entsteht infolge Zerumen, Staubes und/oder Zelldebris. Auch eine akute oder chronische Entzündung des externen Gehörkanales kann einen kompletten Verschluss der Pars ossea hervorrufen (Sommerauer et al. 2013, Blanke et al. 2014, Aleman et al. 2014).

Die fehlenden Wellen der AEP-Ableitung ipsilateral links bei der 1½-jährigen Warmblutstute (Abb. 7) sind ähnlich wie bei American Paint Horses und scheckenfarbigen Warmblutpferden mit genetisch bedingter nervaler (sensorineuraler) Schwerhörigkeit (Taubheit/Anakusie) (Magdesian et al. 2009). Das einseitige Fehlen der Wellen der AEP-Ableitungen kommt infolge einer Temporohyoidosteoarthropathie, Otitis media et interna, multifokalen Gehirnkrankheit, Atresie des externen Gehörkanales, retrograden Degeneration des N. cochlearis oder einer vaskulärer Minderdurchblutung der Cochlea vor (Kofler 2013, Aleman et al 2014, Stuermer et al. 2017, Corbin et al. 2020).

Die Indikation zur Euthanasie hat beim 19 Jahre alten Shetlandpony Wallach bestanden, weil unter allgemeiner Anästhesie nach intraabdominaler Exploration die Befunde eine äußerst schlechte Prognose ergeben haben. Die beidseits vorhandenen Wellen I, III und V der AEP, stimuliert mit 80 dB nHL, während der allgemeinen Anästhesie sind nach der intravenösen Applikation des T61® (30 ml T61® i.v. für 250 kg Körpermasse) innerhalb von drei Minuten extrem verflacht und ein Verlust der spezifischen Wellen ist entstanden. Dieser Verlust der Wellen bedeutet einen völligen Funktionsverlust des Hirnstammes und charakterisiert somit den Hirntod (Abb. 10) (de Sousa 2007, Kofler 2013).

Zur Methodenkritik gehört, dass nicht bei allen Pferden eine vorherige Endoskopie des externen Gehörkanales gemacht worden ist. Denn der Befund der Endoskopie mit dem normalen, sichtbaren Trommelfell schließt eine Schalleitungsstörung im externen Gehörkanal weitgehend aus.

Schlussfolgerung

Die Untersuchung der AEP hat nach einer neurologischen Untersuchung und nach der Endoskopie der äußeren Gehörkanäle zu erfolgen. Erstmals in Deutschland (Europa) wird eine differenzierte Diagnostik der Hörminderung, Schwerhörigkeit oder Taubheit beim Pferd durchgeführt. Die Messung der AEP beim Pferd gestattet eine objektive Beurteilung des Hörvermögens, so dass bei Pferden mit Verhaltensänderungen wie plötzliches Scheuen, fehlende Reaktion auf Rufe oder lauten Schallquellen oder mit größeren Trainingsproblemen das Hörvermögen überprüft werden kann. Weitere Indikationen der Messung der AEP sind: Pferde mit Verhaltensstörungen, Kopfschiefhalten, Kopfschütteln, Temporohyoidosteoarthropathie, hochgradigem Luftsackempyem, Luftsackmykose, Othämatom, chronisch vorhandener Otitis externa exsudativa, Melanom, Sarkoid oder Plattenepithelkarzinom in der Ohrmuschel oder im externen Gehörkanal, nach Ohrmuschel- oder Gehörkanaloperationen und nach Otitis purulenta-Behandlung sowie nach überstandener Enzephalitis (West-Nile-Virus-, EHV-1-, Sarcocystis neurona-Infektion). Da das Hörvermögen eines Sportpferdes, Reitpferdes und Zucht-

pferdes essentiell ist, sollte bei einer Kaufuntersuchung die objektive Beurteilung des Hörvermögens mittels Otoskopie und AEP inkludiert werden!"

Widmung

Gewidmet zum 65. Geburtstag von Herrn Dr. Albrecht Uhlig für die sehr kollegiale Zusammenarbeit in der Medizinischen Tierklinik!

Erklärung zum Interessenskonflikt

Die Autoren erklären, dass weder zu den Firmen der Medizingeräte noch zu Medikamentenherstellern ein Interessenkonflikt besteht.

Danksagung

Für die stete und kollegiale Korrektur des englischen Textes wird ein herzlicher Dank an Frau Heideleinde King ausgesprochen!

Literatur

- Aleman M., Puchalski S. M., Williams D. C., Kass P. H., Holliday T. A. (2008) Brainstem Auditory-Evoked Responses in Horses with Temporohyoid Osteoarthropathy. *J. Vet. Intern. Med.* 22, 1196–1202; DOI 10.1111/j.1939-1676.2008.0158.x
- Aleman M., Holliday T. A., Nieto J. E., Williams D. C. (2014) Brainstem Auditory Evoked Responses in an Equine Patient Population: Part I – Adult Horses. *J. Vet. Intern. Med.* 28, 1310–1317; DOI 10.1111/jvim.12379
- Aleman M., Madigan J. E., Williams D. C., Holiday T. A. (2014) Brainstem auditory evoked responses in an equine patient population. Part II: Foals. *J. Vet. Intern. Med.* 28, 1318–1324; DOI 10.1111/jvim.12377
- Blanke A., Fischer M. L., Fuchs M., Schusser G. F. (2014) Endoskopische Beurteilung des externen Gehörkanals bei ohrgesunden Pferden und bei Pferden mit Kopfschütteln oder Vestibularsyndrom. *Berl. Münch. Tierärztl. Wschr.* 127, 99–107; DOI 10.2376/0005-9366-127-99
- Corbin L. J., Pope J., Sanson J., Antczak D., Miller D., Sadeghi R., Brooks S. A. (2020) An independent locus upstream of ASIP controls variation in the shade of the bay coat colour in horses. *Genes* eingereicht.
- de Lima J. P., Velasco I. T., Barbeiro D. F., Schochat E. (2015) Auditory brainstem response in gerbils submitted to ischemia and sepsis. *CoDAS* 27, 155–159; DOI 10.1590/2317-1782/20152014113
- de Sousa L. C. A., Colli B. O., Piza M. R. T., da Costa S. S., Ferez M., Lavrador M. A. S. (2007) Auditory brainstem response: prognostic value in patients with a score of 3 on the Glasgow Coma Scale. *Otol. Neurotol.* 28, 426–428; DOI 10.1097/MAO.0b013e3180326170
- Ingham N. J., Thornton S. K., Comis S. D., Withington D. J. (1998) The auditory brainstem response of aged guinea pigs. *Acta Otolaryngol.* 118, 673–680; DOI 10.1080/00016489850183160
- Jaksch W., Glawischnig E. (1990) Klinische Propädeutik der inneren Krankheiten und Hautkrankheiten der Haus- und Heimtiere. Hrsg. E. Glawischnig, Paul Parey, Berlin, 3. Auflage, 57–59, 228–250
- Kofler M. (2013) Evozierte Potentiale. In: *Neurologie compact*. Hrsg. A. Hufschmidt, C. H. Lücking, S. Rauer, Verlag Georg Thieme, Stuttgart, 6. Auflage, 688–698
- Kreitmayer C., Marcrum S. C., Picou E. M., Steffens T., Kummer P. (2019) Subclinical conductive hearing loss significantly reduces optoacoustic emission amplitude: Implications for test performance. *Int. J. Pediat. Otorhinolaryngol.* 123, 195–201; DOI 10.1016/j.ijporl.2019.05.025
- Lavoie B. A., Mehta R., Thornton A. R. D. (2008) Linear and non-linear changes in the auditory brainstem response of aging humans. *Clin. Neurophysiol.* 119, 772–785; DOI 10.1016/j.clinph.2007.12.004
- Lecoq L., Gains M., Blond L., Parent J. (2015) Brainstem auditory evoked responses in foals: reference values, effect of age, rate of acoustic stimulation, and neurologic deficits. *J. Vet. Intern. Med.* 29, 362–367; DOI 10.1111/jvim.12499
- Magdesian K. G., Williams D. C., Aleman M., LeCouteur R. A., Madigan J. E. (2009) Evaluation of deafness in American Paint Horses by phenotype, brainstem auditory-evoked responses, and endothelin receptor B genotype. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 235, 1204–1211; DOI 10.2460/javma.235.10.1204
- Maslin M. R. D., Lloyd S. K., Rutherford S., Freeman S., King A., Moore D. R., MUNRO K. J. (2015) Rapid increase in neural conduction time in the adult human auditory brainstem following sudden unilateral deafness. *J. Assoc. Res. Otolaryngol.* 16, 631–640; DOI 10.1007/s10162-015-0526-8
- Mayhew I. G., Washbourne J. R. (1992) Short latency auditory evoked potentials recorded from non anaesthetized Thoroughbred horses. *Vet. J.* 148, 315–327; DOI 10.1016/0007-1935(92)90084-E
- Mayhew I. G., Washbourne J. R. (1997) Brainstem auditory evoked potentials in horses and ponies. *Vet. J.* 153, 107–113
- McBrearty A., Auckburally A., Pollock P. J., Penderis J. (2011) Evoked otoacoustic emissions: An alternative test of auditory function in horses. *Equine Vet. J.* 1–6; DOI 10.1111/j.2042-3306.2011.00542.x
- Salomon F. V., Gille U. (2005) Nervensystem, Ohr. In: *Anatomie für die Tiermedizin*. Hrsg. Franz-Viktor Salomon, Hans Geyer, Uwe Gille. Enke Verlag Stuttgart. 499–512, 612–620
- Sommerauer S., Snyder A., Breuer J., Schusser G. F. (2013) A technique for examining the external ear canal in standing sedated horses. *J. Equine Vet. Sci.* 33, 1124–1130; DOI 10.1016/j.jevs.2013.04.015
- Stuerner K. J., Foerst A., Sandmann P., Fuerstenberg D., Lang-Roth R., Walger M. (2017) Maturation of auditory brainstem responses in young children with congenital monaural atresia. *Int. J. Pediat. Otorhinolaryngol.* 95, 39–44; DOI 10.1016/j.ijporl.2017.01.029
- Tipold A. (2018) Neurologischer Untersuchungsgang. In: *Klinische Propädeutik der haus- und Heimtiere*. Hrsg. W. Baumgartner, Thomas Wittek, Enke Verlag, Stuttgart, 9. Auflage, 231–254
- Verhulst S., Jagadeesh A., Mauermann M., Ernst F. (2016) Individual differences in auditory brainstem response wave characteristics: relations to different aspects of peripheral hearing loss. *Trends Hearing* 20, 1–20; DOI 10.1177/2331216516672186
- Wilson W. J., Mills P. C., Dzulkarnaina A. A. (2011) Use of BAER to identify loss of auditory function in older horses. *Aust. Vet. J.* 89, 73–76; DOI 10.1111/j.1751-0813.2010.00682.x