

**Aus der Klinik für Diagnostische und Interventionelle Neuroradiologie  
des Klinikums Fulda**

**Leiter: Professor Dr. med. Erich Hofmann**

**Untersuchung der Prävalenz und der klinischen Bedeutung von Bogengangsdehiszenzen  
in Computertomographie und Magnetresonanztomographie**

**Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde der  
Medizinischen Fakultät  
der  
Julius-Maximilians-Universität Würzburg**

**vorgelegt von  
Alexander Henze  
aus Fulda**

**Würzburg, Mai 2009**

**Referent bzw. Referentin** : Prof. Dr. E. Hofmann

**Koreferent bzw. Korreferentin** : Prof. Dr. R. Hagen

**Dekan:** Prof. Dr. M. Frosch

**Tag der mündlichen Prüfung** : 6.11.09

**Der Promovend ist Arzt**

## Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
1.1	Normale Anatomie des Labyrinths	1
1.1.1	Das knöcherner Labyrinth	1
1.1.2	Das häutige (membranöse) Labyrinth	2
1.2	Funktion des Gleichgewichtsorgans	2
1.2.1	Bogengangsapparat	3
1.3	Bildgebung des Innenohrs	3
1.3.1	Stellenwert der Bildgebung bei der Diagnostik von Erkrankungen des Innenohrs	4
1.4	Labyrinthfisteln	4
1.4.1	Äußere Labyrinthfisteln	4
1.4.2	Innere Labyrinthfisteln	4
1.5	Akustikusneurinom	6
1.6	Prävalenz von Bogengangsdehiszenzen	6
1.7	Klinische Bedeutung von Bogengangsdehiszenzen	7
<b>2.</b>	<b>MATERIAL UND METHODE</b>	<b>8</b>
2.1	Einführung in die Themenstellung	8
2.1.1	Evaluierung der Bogengangsdehiszenzen	8
2.1.2	Untersuchung der Prävalenz	9
2.1.3	Klinische Bedeutung	9
2.2	Computertomographie des Felsenbeins	10
2.3	Hochauflösende Magnetresonanztomographie	10
2.4	Matched – pair Analyse	11
2.5	Fallbeispiele	12
<b>3.</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>19</b>
3.1	Prävalenz von Bogengangsdehiszenzen in einem ausgewählten Kollektiv (Patienten mit Akustikusneurinom)	19
3.2	Prävalenz von Bogengangsdehiszenzen in einem nicht standardisierten Kollektiv	22
3.2.1	Korrelation der Schnittbildgebung (CT und MRT) mit den klinischen Befunden	26
3.3	Korrelation der Befunde von MRT und CT im Bezug auf das Vorliegen von Bogengangsdehiszenzen (Bildgebung bei Patienten mit Akustikusneurinom und ohne Akustikusneurinom)	28
<b>4.</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>30</b>

4.1	Prävalenz	30
4.2	Klinische Bedeutung	33
4.3	Korrelation der Befunde von MRT und CT im Bezug auf das Vorliegen von Bogengangsdehiszenzen (Bildgebung bei Patienten mit Akustikusneurinom und ohne Akustikusneurinom)	35
<b>5.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>38</b>
<b>6.</b>	<b>LITERATURANGABEN</b>	<b>40</b>
<b>7.</b>	<b>DANKSAGUNG</b>	
<b>8.</b>	<b>LEBENS LAUF</b>	

# 1. EINLEITUNG

## 1.1 Normale Anatomie des Innenohres

Das Innenohr oder Labyrinth ist ein in der Pars petrosa des Os temporale gelegenes Hohlraumsystem und stammt vom ektodermalen Ohrbläschen ab. Es übernimmt eine Doppelaufgabe und lässt sich in den Labyrinthus cochlearis, welcher als Hörorgan dient, und in den Labyrinthus vestibularis, welcher das Gleichgewichtsorgan ist, aufteilen. Die membranösen Anteile bilden ein in sich geschlossenes System und werden vom knöchernen Labyrinth umgeben. Die membranösen Anteile enthalten Endolymphe und sind umgeben von Perilymphe, die sich wiederum im knöchernen Labyrinth befindet (Benninghoff A, S. 765, 1994; Boeninghaus HG und Lenarz T, 2005; Lippert H, 2000; Trepel M, 1999; Urman SM et al., 1990).

### 1.1.1 Das knöcherne Labyrinth

Das knöcherne Labyrinth stellt eine Kapsel dar, in der sich das häutige Labyrinth befindet. Das knöcherne Labyrinth besteht aus drei Teilen: dem Vorhof (Vestibulum), den drei Bogengängen (Canales semicirculares) und der Schnecke (Cochlea). Das Vestibulum steht auf der einen Seite mit der Schnecke und auf der anderen Seite mit den drei Bogengängen in Verbindung. In ihm liegen der häutige Sacculus und Utriculus im Perilymphraum. Vom Vestibulum aus verläuft der Aquaeductus vestibuli zur Hinterfläche der Schläfenbeinpyramide. Das ovale Fenster (Fenestra vestibuli), in der die Stapesfußplatte verankert ist, bildet eine Verbindung zwischen Mittelohr und Vestibulum.

Man unterscheidet drei Bogengänge voneinander: den vorderen Bogengang (Canalis semicircularis anterior), den hinteren Bogengang (Canalis semicircularis posterior) und den seitlichen Bogengang (Canalis semicircularis lateralis). Sie stehen senkrecht zueinander und liegen etwa in den drei Ebenen des Raumes. Vor der Einmündung in den Vorhof weist jeweils ein Schenkel eines Bogenganges eine Aufweitung (Ampulla) auf. Der vordere Bogengang (Canalis semicircularis anterior) liegt etwa senkrecht zur Pyramidenlängsachse. An der Pyramidenoberfläche bildet seine Konvexität auf dem Boden der mittleren Schädelgrube die Eminentia arcuata. Der hintere Bogengang (Canalis semicircularis posterior) verläuft parallel zur Pyramidenlängsachse und reicht nahe an die Pyramidenhinterwand heran. Der seitliche

Bogengang (Canalis semicircularis lateralis) verläuft horizontal und bildet in der Paukenhöhle die Prominentia canalis semicircularis lateralis. Die Schenkel des vorderen und hinteren Bogenganges, welche keine Ampulla aufweisen (Crus simplex), vereinigen sich vor ihrer Einmündung ins Vestibulum zu einem gemeinsamen Schenkel (Crus commune). Der Ductus cochlearis ist ein vom Vestibulum ausgehender knöcherner Kanal, der sich in 2,5 Windungen um den knöchernen Modiolus cochleae windet und einem Schneckenhaus ähnelt. Die Cochlea befindet sich medio-frontal zum Bogengangsystem und steht mit ihrer Längsachse senkrecht auf dem inneren Gehörgang (Meatus acusticus internus). Auch dieser gehört zum knöchernen Labyrinth. Er hat einen Durchmesser von 5 mm und ist etwa 10 mm lang. In ihm verlaufen Nerven und Gefäße (Nervus (N.) facialis mit dem N. intermedius, N. vestibulocochlearis mit dem Ganglion vestibulare, Arteria (A.) und Vena (V.) labyrinthi).

### 1.1.2 Das häutige (membranöse) Labyrinth

Die membranösen Anteile enthalten Endolymphe und sind von Perilymphe umgeben. Der perilymphatische Raum liegt eingebettet im knöchernen Labyrinth. In der Endolymphe befinden sich die Sinnesorgane des Gehörs und des Gleichgewichts. Innerhalb des knöchernen Vestibulums liegen die häutigen Labyrinthanteile, Utriculus und Sacculus, die miteinander über den Ductus utriculosaccularis in Verbindung stehen. Sie enthalten ein spezifisches Sinnesepithel zur Lagewahrnehmung (Macula utriculi und Macula sacculi). Der Sacculus steht über den Ductus reuniens mit der häutigen Schnecke (Ductus cochlearis) in Verbindung. Diese enthält das Cortische Organ, den akustischen Rezeptor. Vom Utriculus gehen die drei häutigen Bogengänge aus. Sie verlaufen innerhalb der vorgegebenen knöchernen Bogengänge und sind an ihnen mit Bindegewebsfasern befestigt. Spezifisches Sinnesepithel für die Wahrnehmung der Drehbeschleunigung des Körpers befindet sich in den häutigen Ampullae (Cristae ampullares).

## 1.2 Funktion des Gleichgewichtsorgans

Zusammen mit den Augen, der Oberflächen- und Tiefensensibilität dient der Vorhofbogengangsapparat der Erhaltung des Gleichgewichts und ermöglicht die Orientierung im Raum. Die Sinneszellen (Haarzellen) sind umgeben von Stützzellen und liegen in den

Maculae staticae (Macula sacculi und Macula utriculi) und auf den Cristae ampullares. Die Sinneszellen der Maculae staticae sind eingebettet in eine gallertartige Otolithenmembran, auf deren Oberfläche sich kleine Kalziumkarbonatkristalle befinden (Otolithen). Die Macula utriculi steht waagrecht und die Macula sacculi senkrecht. Beide reagieren auf lineare Beschleunigung, indem die Sinneszellen der Maculae durch Verlagerung der Otolithen abgelenkt werden und damit ihren spezifischen Reiz erfahren.

### 1.2.1 Bogengangsapparat

Die häutigen Bogengänge sind unter Einbeziehung des Utriculus als ein kreisförmiges Gebilde anzusehen. In den Ampullae der Bogengänge befindet sich die Crista ampullaris – das eigentliche Sinnesorgan. Ihr sitzt die gallertartige Cupula auf, welche die Bogengänge endolymphdicht verschließt. Sie reagiert auf Bewegungen der Endolymph, die sich in diesem ringförmigen System befindet. Die Trägheitsströmung der Endolymph führt zu einer Verschiebung der Cupula. Die dadurch erfolgende tangentielle Ablenkung der Sinneshaare stellt den adäquaten Reiz für die Sinneszellen dar. Diese Reaktion wird durch Drehbeschleunigungen des Kopfes, aber auch durch thermische und mechanische Reize ausgelöst.

### 1.3 Bildgebung des Innenohrs

Methodische und technische Entwicklungen in der Computertomographie (CT) und Magnetresonanztomographie (MRT) des Felsenbeins und Hirnstamms haben in den letzten Jahren zu neuen diagnostischen Möglichkeiten geführt (Casselmann JW et al., 1993; Jäger LJ et al., 1994; Branstetter BF 4th et al., 2006). Die Anwendung von schnellen und hochauflösenden Sequenzen in der MRT ermöglicht die zunehmend differenzierte Beurteilung dieser Region. Die MRT - Darstellung des Os temporale in der klinischen Diagnostik umfasst die peri- und endolymphhaltigen Räume des Labyrinths und die nervalen Strukturen des VII. und VIII. Hirnnerven im Felsenbein.

### 1.3.1 Stellenwert der Bildgebung bei der Diagnostik von Erkrankungen des Innenohrs

Die Audiometrie, akustisch evozierte Potentiale, Elektronystagmographie und kalorische Prüfungen haben als klinische Untersuchungstechniken einen hohen Stellenwert in der Innenohrdiagnostik. Allerdings erlauben oft nur die bildgebenden Verfahren eine definitive morphologisch begründete Diagnose.

Die MRT und die CT ergänzen sich in der Diagnostik des Labyrinths. Raumfordernde Prozesse im Kleinhirnbrückenwinkel sind eher eine Domäne der MRT, ossäre Läsionen sind besser in der CT zu beurteilen.

## 1.4 Labyrinthfistel

Durch eine Labyrinthfistel entsteht neben dem runden und dem ovalen Fenster ein drittes mobiles Fenster. Man unterscheidet eine äußere von einer inneren Labyrinthfistel.

### 1.4.1 Äußere Labyrinthfistel

Bei den äußeren Labyrinthfisteln besteht ein membranöser oder knöcherner Defekt in der lateralen Wand des Labyrinths zum Mittelohr hin. Die daraus resultierende pathologische Druckübertragung auf die häutigen Bogengänge führt zur inadäquaten Reizung der Ampullae, der Otolithenorgane oder der Cochlea. Patienten mit äußeren Labyrinthfisteln präsentieren durch Druckänderung (Pressen, Husten, Niesen) auslösbare Schwindelattacken, die mit Hörstörungen einhergehen können (Brandt T, 1999). Diese Symptomatik wird z.B. durch ein Cholesteatom, welches zu einer Arrosion des horizontalen Bogenganges führt, verursacht.

### 1.4.2 Innere Labyrinthfistel

Bereits zu Beginn des letzten Jahrhunderts wurde von Tullio das nach ihm benannte Phänomen beschrieben, bei dem Schwindel, aber auch andere vestibuläre Antworten, die mit Augen- oder Kopfbewegungen einhergehen, durch Töne einer bestimmten Frequenz ausgelöst wurden (Tulliophänomen). Später wurde dies bei Tauben (aves) mit einer unphysiologische

Öffnung eines der Bogengänge in Verbindung gebracht (Eunen AJH et al., 1943). Dabei geht man davon aus, dass das Tulliophänomen entweder von den Maculae staticae oder den Cristae ampullares ausgeht.

Das Tulliophänomen wurde mit dem Morbus Menière (Kacker S and Hinchcliff R, 1970), mit kongenitalen Anomalien des Innenohrs (Kwee HL, 1972), mit einer infektiösen Genese (Pykko I et al., 1992), mit einem Trauma (Deecke L et al., 1981) und mit einer Perilymphfistel (Tullio P, 1929; Minor LB et al., 1998; Minor LB, 2000; u.a.) in Zusammenhang gebracht. Weiterhin wird das Tulliophänomen häufig genannt in Verbindung mit durch Druckänderung ausgelöstem Schwindel, der entweder durch Druckänderung im äußeren Gehörgang (Henneberg - Zeichen) oder durch das Valsalva-Manöver hervorgerufen wird. Minor et al. beschrieben 1998 und 2000 insgesamt 17 Fälle von Schwindel und oszillierenden Augenbewegungen, die bei den Patienten durch Druckänderung im Mittelohr oder durch intrakranielle Druckänderung provoziert werden konnten. Bei diesen Patienten konnte mittels hochauflösender CT des Felsenbeins ein knöcherner Defekt des vorderen Bogenganges nachgewiesen werden („innere Fistel des vorderen Bogenganges“ bzw. Dehiszenz des Bogenganges). Die in klinischen Tests untersuchten Augenbewegungen entsprachen denen, die man bei einem betroffenen vorderen Bogengang erwartet hätte. Bei der Mehrzahl der Patienten traten die Beschwerden erstmals nach Schädel-Hirn- oder Barotraumen auf, was die Vermutung nahe legt, dass bei diesen Patienten eine sehr dünne Abdeckung des Bogenganges vorlag, welche dann durch ein Trauma frakturiert ist (Strupp M et al., 2000). Bei 5 der Patienten sistierten die Beschwerden, nachdem der anteriore Bogengang operativ obliteriert worden war.

Pathologisch-anatomisch entspricht die Bogengangsdehiszenz einem knöchernen Defekt der Bogengangswindungen zum Epiduralraum hin, über den es zu einer nicht-physiologischen Druckübertragung auf den Perilymphraum kommt. Dies hat eine ampullofugale bzw. ampullopetale Auslenkung der Cupula zur Folge und erzeugt dadurch Schwindel.

Diese Dehiszenz stellt ein sogenanntes „drittes Fenster“ dar, welches nicht nur mit vestibulärer Symptomatik, sondern auch mit einer Beeinträchtigung des Hörvermögens einhergehen kann (Songer JM und Rosowski 2007). Bei der Beeinträchtigung des Hörvermögens wird insbesondere eine Schalleitungsstörung mit der Dehiszenz eines Bogenganges in Verbindung gebracht (Minor L et al., 2003; Rosowski JJ et al., 2004; Songer JE et al., 2008). Ein Abdecken der Bogengangsdehiszenz kann zu einer Normalisierung der Schalleitungsschwerhörigkeit führen (Limb CJ et al., 2006).

## 1.5 Akustikusneurinom

Das „Akustikusneurinom“ ist streng genommen ein Schwannom des N. vestibularis. Es stellt die größte Gruppe der Kleinhirnbrückenwinkeltumoren dar (70 – 85 %) (Hufschmidt A und Lücking CH, 1999) und kann auch bilateral (5 %) auftreten. Bilateral auftretende Tumoren stehen im Zusammenhang mit der Neurofibromatose Typ II. Patienten mit Akustikusneurinom klagen meist über schrittweise zunehmenden Hörverlust (selten auch über einen Hörsturz, Tinnitus und / oder Schwindel). Bei größeren Tumoren kann es auch zu Hypo- oder Hyperästhesie im Versorgungsgebiet des Trigemini, sowie zu Ausfallerscheinungen der kaudalen Hirnnerven, Ataxie, Fazialisparesen und sogar zum Verschlusshydrozephalus kommen. In der Bildgebung ist die MRT die Methode der Wahl sowohl zur Erstdiagnose des Akustikusneurinoms als auch zur Nachsorge. Der Tumor stellt sich typischerweise als scharf abgrenzbare, fleckig hypo- bis isointense Raumforderung dar. Zum Teil kommen intratumorale Zysten und eine Aufweitung des Porus acusticus internus vor. Akustikusneurinome nehmen meist inhomogen Kontrastmittel auf. In der T2 Gewichtung stellen sie sich oft heterogen hyperintens dar. Eine Felsenbein - CT wird routinemäßig vor einer Operation zur Darstellung der knöchernen Anatomie angefertigt. Das Akustikusneurinom stellt sich meist als ein isodenser, nach Kontrastmittelgabe kräftig anreichernder, scharf abgrenzbarer homogener Tumor dar. In der Knochenfenstertechnik findet man nicht selten eine Aufweitung des inneren Gehörgangs. Zur weiteren Diagnostik können die akustisch evozierten Potentiale, die Tonaudiometrie sowie eine Vestibularisprüfung durchgeführt werden. Zur Therapie stehen je nach Größe und Lage des Akustikusneurinoms verschiedene Operationstechniken sowie die Strahlentherapie zur Verfügung.

## 1.6 Prävalenz von Bogengangsdehiszenzen

Zur Prävalenz von Bogengangsdehiszenzen gibt es sehr unterschiedliche Angaben in der Literatur. Krombach G et al. (2004) beschrieben Dehiszenzen bei 27 von 185 Patienten, die willkürlich aus der Datenbank ausgewählt wurden. Carey JP et al. (2000) führten an 1000 Felsenbeinen mikroskopische Untersuchungen durch und stellten in 0,5 % der Felsenbeine (0,7 % der Individuen) eine komplette Dehiszenz fest; in 1,4 % der Objekte (1,3 % der Individuen) war der Knochen, der den Bogengang von der mittleren Schädelgrube trennte,

dünnere als 0,1 mm. Belden CJ et al. (2003) beschrieben bei 36 von 50 Patienten mit durch Geräusche oder Druckänderung auslösbarem Schwindel eine in der CT dokumentierbare Dehiszenz des vorderen Bogenganges. 6 der Patienten hatten einen beidseitigen Befund. Des Weiteren untersuchte er die Felsenbeine von 50 Kontrollpatienten in 1 mm Schichtung und von 57 in 0,5 mm Schichtung. In der 1 mm Schichtung wurde bei 18 der 100 Ohren eine Dehiszenz vermutet, wogegen man bei der 0,5 mm Schichtung keine Dehiszenz fand.

In der vorliegenden Studie wurden Patienten mit Akustikusneurinom als standardisierte Population herangezogen, um an dieser Gruppe die Prävalenz von Bogengangsdehiszenzen zu erkunden. Dieses Patientenkollektiv wurde gewählt, weil hier keinerlei Zusammenhang zwischen der Erkrankung und dem Auftreten von Bogengangsdehiszenzen bekannt ist. Die Prävalenz von Bogengangsdehiszenzen bei Patienten mit Akustikusneurinom entspricht somit der in der Normalbevölkerung. Bei diesem Kollektiv wird in Fulda routinemäßig vor der Operation sowohl eine hochauflösende Dünnschicht - CT des Felsenbeins als auch eine MRT durchgeführt.

## 1.7 Klinische Bedeutung von Bogengangsdehiszenzen

Minor et al. identifizierten ein Syndrom, welches durch eine Bogengangsdehiszenz verursacht wird. Schwindel, oszillierende Augenbewegungen und Gleichgewichtsstörungen können durch Geräusche oder intrakranielle Druckänderungen hervorgerufen werden. Auch werden Schallleitungsstörungen mit dieser Fehlbildung in Verbindung gebracht (Minor et al. 2003, Songer EJ et al., 2007).

Um die klinische Bedeutung von Bogengangsdehiszenzen zu untersuchen, wurden Krankenakten von Patienten ohne AKN mit computertomographisch und / oder kernspintomographisch festgestellten Dehiszenzen herangezogen.

Es wurde nach Symptomen gesucht, die in Zusammenhang mit einer Bogengangsdehiszenz stehen könnten, wie z.B. Schwindel, Innenohrschwerhörigkeit, Schallleitungsstörung oder Tinnitus. Diesen Fällen wurden Patienten gleichen Geschlechts und etwa gleichen Alters ohne Dehiszenzen in matched – pair Technik (s.u.) gegenübergestellt. Von den Patienten ohne Dehiszenz wurden ebenfalls die Krankenakten angefordert. Es wurde verglichen, ob bestimmte Symptome bei diesen Fällen häufiger auftreten als im zugeordneten Vergleichskollektiv.

## 2. MATERIAL UND METHODE

### 2.1 Einführung in die Themenstellung

In der vorliegenden Studie wurden zwei Patientenkollektive untersucht, um

1. die Prävalenz und
2. die klinische Bedeutung von Bogengangsdehiszenzen zu erfassen.
3. Des weiteren wurde bei Patienten, bei denen sowohl eine MR als auch eine CT des Felsenbeins zur Verfügung standen, die Vergleichbarkeit dieser beiden Bildgebungsmodalitäten bei der Beurteilung von Bogengangsdehiszenzen geprüft.

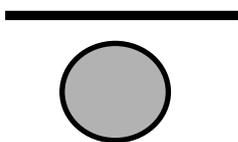
#### 2.1.1 Evaluierung der Bogengangsdehiszenzen

Die Beziehung der Bogengänge zum Liquorraum wurde in drei Grade eingeteilt:

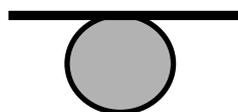
**Grad 0:** Der Bogengang liegt vollständig im Felsenbein und ist durch eine Knochenlamelle vom Liquor getrennt.

**Grad 1:** Der Bogengang grenzt an die Oberfläche des Felsenbeins. Es ist keine klare Abgrenzung zum Liquor erkennbar.

**Grad 2:** Der Bogengang liegt mit einem Teil seines Durchmessers über der knöchernen Oberfläche des Felsenbeins. Es ist keine Abgrenzung zum Liquor erkennbar.



**Dehiszenz Grad 0**



**Dehiszenz Grad 1**



**Dehiszenz Grad 2**

### 2.1.2 Untersuchung der Prävalenz

Es wurden alle Patienten in die Studie aufgenommen, bei denen im Zeitraum vom 08.02.2000 bis zum 05.07.2005 im Klinikum Fulda ein Akustikusneurinom festgestellt worden ist und von denen mindestens eine T2 gewichtete MRT - Aufnahme des Felsenbeins oder eine CT des Felsenbeins in 1 mm - Schichtung durchgeführt wurde.

Dieses Kollektiv wurde gewählt, weil zwischen dem Auftreten eines Akustikusneurinoms und dem Vorliegen einer Bogengangsdehiszenz kein Zusammenhang bekannt ist, das Akustikusneurinom aber in enger topographischer Beziehung zum Felsenbein steht und bei Patienten mit Akustikusneurinom häufig sowohl eine MRT als auch eine CT des Felsenbeins angefertigt wird. Die Auswertung erfolgte unter der Annahme, dass die Prävalenz der Bogengangsdehiszenzen bei Patienten mit Akustikusneurinom der der Normalbevölkerung entspricht.

### 2.1.3 Klinische Bedeutung

Es wurden alle T2 gewichteten MRTs sowie alle CTs in 0,5 – 1 mm - Schichtung des Felsenbeins, die von der Klinik für Hals - Nasen - Ohren -Krankheiten des Klinikums Fulda von März 2003 bis Oktober 2005 angefordert wurden, auf Bogengangsdehiszenzen untersucht.

Die Indikation zur CT umfasste den Frakturnachweis, Nachweis von Fehlbildungen, Schwindel, Tinnitus, Hörminderung usw..

Von den Patienten mit Grad 2 Dehiszenzen wurde die Krankenakte aus dem Archiv angefordert. Es wurde nach Symptomen gesucht, die in Zusammenhang mit der Bogengangsdehiszenz stehen könnten, wie z.B. Schwindel, Innenohrschwerhörigkeit, Schallleitungsstörung oder Tinnitus. Diesen Fällen wurden Patienten gleichen Geschlechts und etwa gleichen Alters mit Grad 0 Dehiszenzen in matched – pair Technik (s.u.) gegenübergestellt. Von den Patienten mit Grad 0 Dehiszenz wurden ebenfalls die Krankenakten angefordert. Es wurde verglichen, ob bestimmte Symptome bei diesen Fällen häufiger auftreten als im zugeordneten Vergleichskollektiv. Hiermit sollte geprüft werden, ob sich die in der Bildgebung festgestellten Grad 2 Dehiszenzen in einer bestimmten Weise klinisch manifestieren.

Patienten mit Grad 1 Dehiszenz befinden sich in einem Graubereich. In diesen Fällen grenzt der Bogengang an die Oberfläche des Felsenbeins, es kann aber noch eine dünne Begrenzung zum Liquorraum vorliegen. Bei einem Teil dieser Patienten wird also eine Verbindung zum Liquorraum bestehen, bei einem anderen Teil nicht. Zur Beurteilung der klinischen Bedeutung von Bogengangsdehiszenzen wurden daher nur Patienten mit Grad 2 Dehiszenz berücksichtigt, da man hier eher von einer Verbindung zum Liquorraum ausgehen kann.

## 2.2 Computertomographie des Felsenbeins

Die Aufnahmen wurden an einem Computertomographen von Typ GE (General Electric, Milwaukee, Wisconsin, USA) Light – Speed Ultra (16 Zeiler) oder Light – Speed (4 Zeiler) durchgeführt. Für den 4 Zeiler wird für das Felsenbein ein Spiralmodus mit 2 x 0,625 mm Kollimation, 1,25 mm Tischvorschub, Pitchfaktor 1, 120 kV Röhrenspannung und 85 mA Röhrenstrom gewählt. Für den 16 Zeiler wird für das Felsenbein ein Spiralmodus mit 16 x 0,625mm Kollimation, 5,62mm Tischvorschub, Pitchfaktor 0,562, 120 kV Röhrenspannung und 100 mA Röhrenspannung gewählt. Diese Untersuchungsprotokolle erlauben die Untersuchung des Felsenbeins in sehr hoher Ortsauflösung. Die CT des Felsenbeins erfolgt in axialer Schichtung. Die Dokumentation der in 4 Ebenen reformatierten Bilder (axial, sagittal, coronal und para-axial) erfolgte in einem PACS System der Firma AGFA mit einer Schichtdicke von 1 mm und einem 1 mm Bildintervall.

## 2.3 Hochauflösende Magnetresonanztomographie

In der Darstellung von entzündlichen und tumorösen Weichteilprozessen ist die MRT der CT überlegen. Dies gilt insbesondere für das Felsenbein. Im Felsenbein liegen vielfältige anatomische Strukturen auf engstem Raum und stellen somit an die Bildgebung hohe Anforderungen.

MRT - Untersuchungen des Felsenbeins und Kleinhirnbrückenwinkels werden in einer zirkulärpolarisierten Kopfspule durchgeführt. Das Untersuchungsprotokoll für das Felsenbein enthält eine stark T2 gewichtete turbo Spin-Echo-Sequenz (TR / TE 4000 / 250 ms, Echozug 60, Matrix 256 x 256, FOV 140 mm<sup>2</sup>, Half scan factor 0,695). Diese T2 gewichteten

Sequenzen wurden verwendet, um ein Felsenbein auf das Vorliegen einer Bogengangsdehiszenz hin zu untersuchen.

Hirnnerven lassen sich auf den T2 gewichteten Bildern kontrastreich abgrenzen. Liquor, Endo- und Perilymphe sind auf T2 gewichteten Bildern signalintensiv. Das Labyrinth, der innere Gehörgang und der Kleinhirnbrückenwinkel stellen sich also auf den T2 gewichteten Bildern hyperintens dar. Die flüssigkeitsgefüllten Kompartimente des Labyrinths sind auf den T1 gewichteten Bildern signalarm. Dieses Signalverhalten zeigen auch der Ductus und Saccus endolyphaticus.

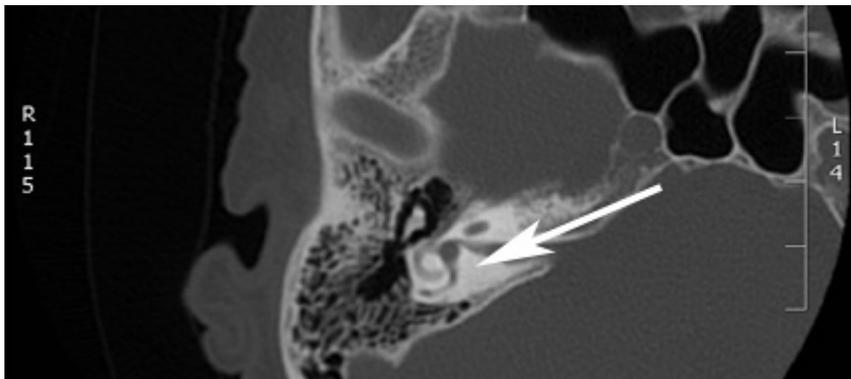
#### 2.4 Matched - pair Analyse

Die matched - pair Analyse ist ein statistisches Verfahren, bei dem jedem Patienten eine Kontrollperson zugeordnet wird, die in möglichst vielen Einflussfaktoren (wie Alter, Geschlecht) mit dem Patienten übereinstimmt.

## 2.5 Fallbeispiele

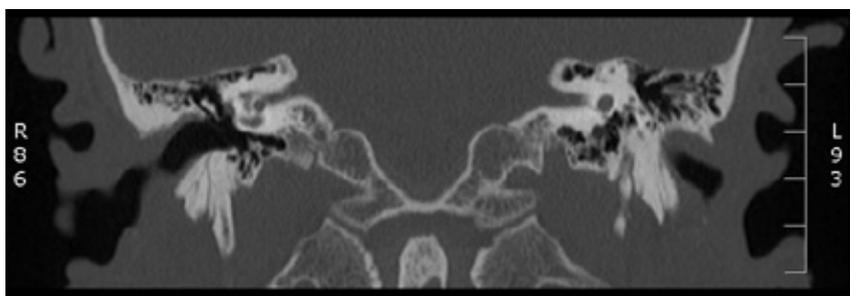
Im Folgenden wird die in der Arbeit verwendete Graduierung der Dehiszenzen der Bogengänge anhand von axialen und coronalen CTs sowie von axialen MRTs vorgestellt. Die Dehiszenzen wurden in drei Schweregrade eingeteilt (s. 2.1.1).

**Grad 0:** Der Bogengang liegt eindeutig im Felsenbein und ist durch eine Knochenlamelle vom Liquorraum getrennt.



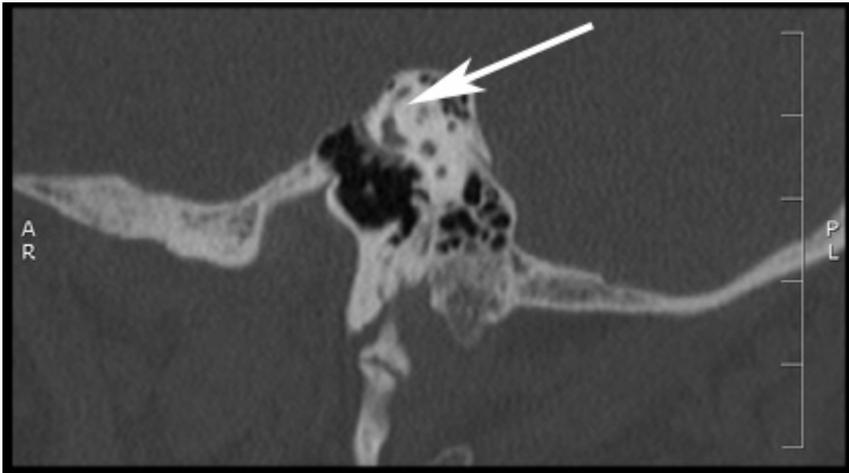
**Abbildung 1**

*Grad 0 Dehiszenz des hinteren Bogenganges. Zwischen dem hinteren Bogengang und der inneren Kortikalis des Os temporale liegt in diesem Fall noch pneumatisierter Knochen (axiale Reformatierung in 1 mm Schichtdicke).*



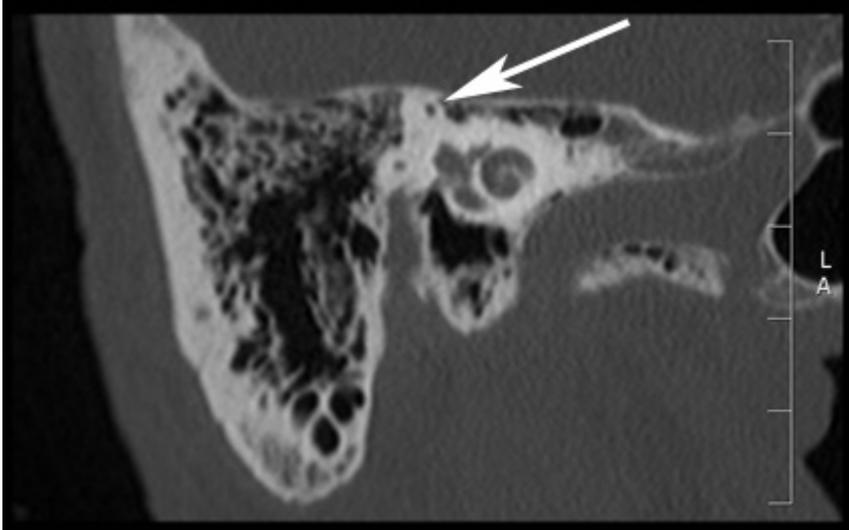
**Abbildung 2**

*Grad 0 Dehiszenz der vorderen Bogengänge. Das Dach des linken vorderen Bogenganges ist deutlich erkennbar (coronale Reformatierung in 1 mm Schichtdicke).*



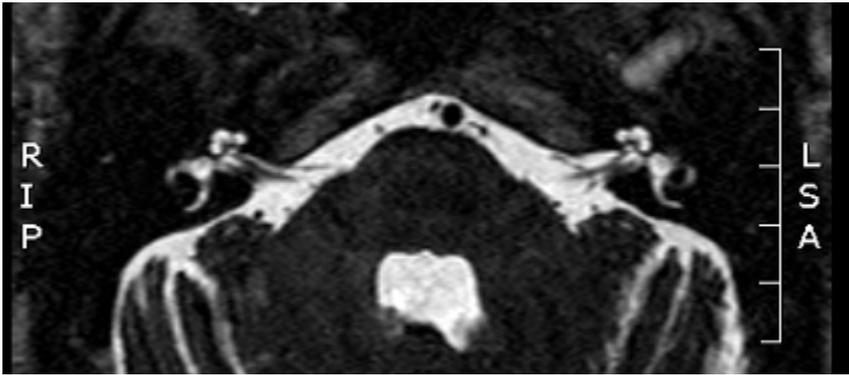
**Abbildung 3**

*Grad 0 Dehiszenz des vorderen Bogenganges. Der Verlauf des vorderen Bogenganges ist in dieser sagittalen Reformatierung deutlich zu erkennen.*



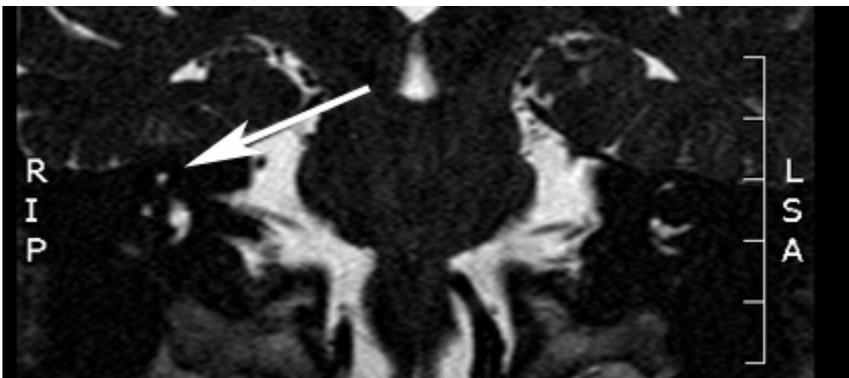
**Abbildung 4**

*Grad 0 Dehiszenz des vorderen Bogenganges. Das Dach des linken vorderen Bogenganges ist deutlich erkennbar (para - axiale Reformatierung parallel zur Felsenbeinlängsachse).*



**Abbildung 5**

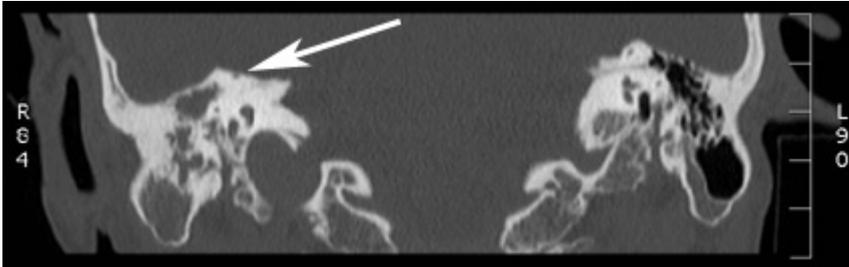
*T2 gewichtete MRT (axial): Grad 0 Dehiszenz des hinteren Bogenganges.*



**Abbildung 6**

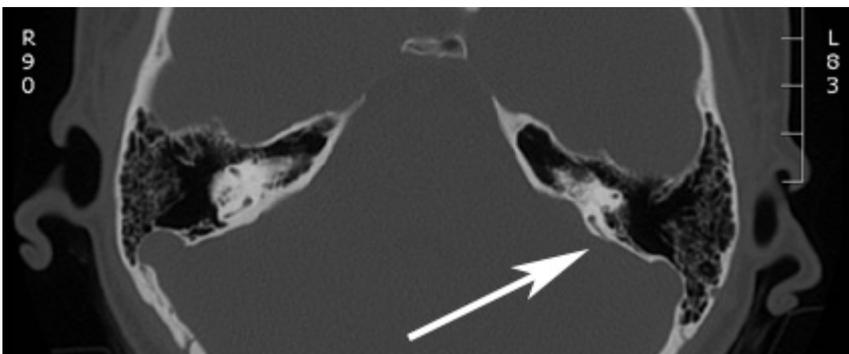
*T2 gewichtete MRT (coronal): Grad 0 Dehiszenz des vorderen Bogenganges.*

**Grad 1:** Der Bogengang grenzt an die Oberfläche des Felsenbeins. Es ist keine klare Abgrenzung zum Liquorraum erkennbar.



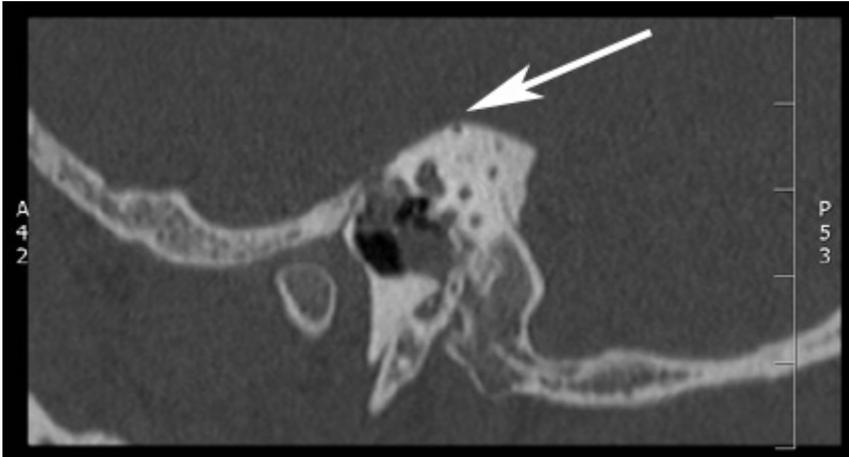
**Abbildung 7**

*Grad 1 Dehiszenz des vorderen Bogenganges. Das Dach des rechten vorderen Bogenganges ist nicht eindeutig abgrenzbar (coronale Reformatierung in 1 mm Schichtung).*



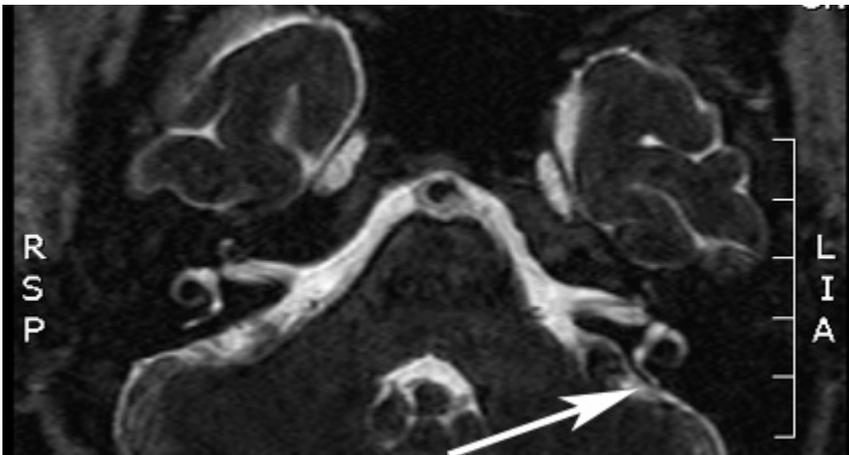
**Abbildung 8**

*Grad 1 Dehiszenz des hinteren Bogenganges. Der linke hintere Bogengängen ist nicht eindeutig von einer kortikalen Knochenschicht überzogen (axiale Reformatierung in 1 mm Schichtung).*



**Abbildung 9**

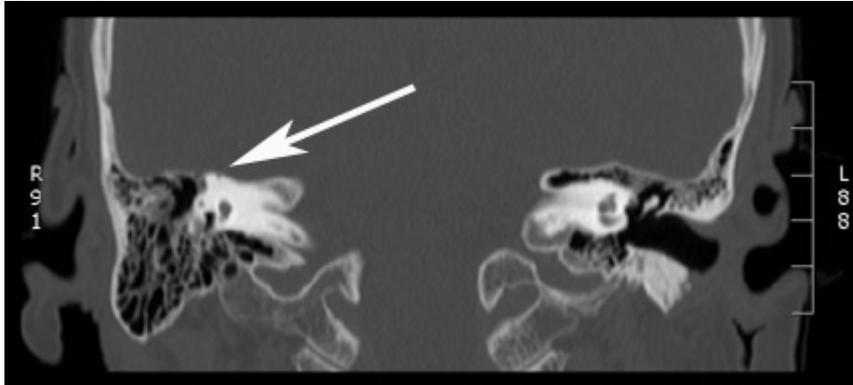
*Grad 1 Dehiszenz des vorderen Bogenganges (axiale Reformatierung in 1 mm Schichtung).  
(Nebenbefundlich Verschattung des Mittelohrs).*



**Abbildung 10**

*T2 gewichtete MRT (axial): Grad 1 Dehiszenz des hinteren Bogenganges.*

**Grad 2:** Der Bogengang liegt mit einem Teil seines Durchmessers über der knöchernen Oberfläche des Felsenbeins.



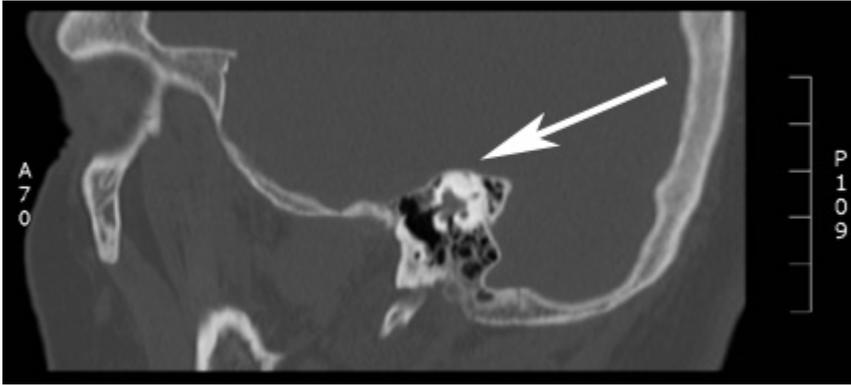
**Abbildung 11**

*Grad 2 Dehiszenz des vorderen Bogenganges. Das Dach des rechten vorderen Bogenganges ist nicht abgrenzbar. Ein Teil der irdachten Zirkumferenz des Bogenganges scheint über dem Felsenbein zu liegen. (Coronale Reformatierung in 1 mm Schichtung.)*



**Abbildung 12**

*Grad 2 Dehiszenz des vorderen Bogenganges. Das Dach des rechten vorderen Bogenganges ist nicht abgrenzbar. Ein Teil der irdachten Zirkumferenz des Bogenganges scheint über dem Felsenbein zu liegen (para - axiale Reformatierung parallel zur Felsenbeinlängsachse).*



**Abbildung 13**

*Grad 2 Dehiszenz des vorderen Bogenganges. Das Dach des rechten vorderen Bogenganges ist nicht abgrenzbar. Ein Teil der erdachten Zirkumferenz des Bogenganges scheint über dem Felsenbein zu liegen (sagittale Reformatierung).*



**Abbildung 14**

*T2 gewichtete MRT (coronal): Grad 2 Dehiszenz des vorderen Bogenganges.*



**Abbildung 15**

*T2 gewichtete MRT (coronal): Grad 2 Dehiszenz des vorderen Bogenganges.*

### 3. ERGEBNISSE

#### 3.1 Prävalenz von Bogengangsdehiszenzen in einem ausgewählten Kollektiv (Patienten mit Akustikusneurinom)

Aus dem Archiv des Klinikums Fulda wurden alle Patienten, bei denen im Zeitraum vom 08.02.2000 bis zum 05.07.2005 ein Akustikusneurinom festgestellt worden ist und von denen mindestens eine T2 gewichtete MRT - Aufnahme des Felsenbeins und / oder eine CT des Felsenbeins in zwei Ebenen in 1 mm - Schichtung durchgeführt wurde, auf Bogengangsdehiszenzen untersucht (s. 1.6 und 2.1.1). Insgesamt wurden CTs oder MRTs von 97 Patienten im Alter von 4 bis 77 Jahren ausgewertet; 45 von ihnen waren männlich, 52 weiblich. Das mittlere Lebensalter lag bei 55,6 Jahren. Bei einigen der Patienten konnte aufgrund von Fehlbildungen oder vorangegangener Operationen nur eines der beiden Felsenbeine beurteilt werden (s. Tabelle 1).

Bildgebung	Patienten	Nicht beurteilbare Felsenbeine	Beurteilbare Felsenbeine
CT	19	4	34
MRT	27	12	42
MRT und CT	51	0	102
Gesamt	97	16	178

#### **Tabelle 1**

*Anzahl beurteilbarer Felsenbeine der ausgewerteten CT - und MRT - Aufnahmen von Patienten mit Akustikusneurinom.*

Bei zwei Patienten bzw. zwei Felsenbeinen wurde eine Grad 2 Dehiszenz festgestellt.

Fallnummer	Bildgebung	Vorderer Bogengang		Hinterer Bogengang		Geschlecht	Alter **
		Rechts	Links	rechts	links		
A1	CT	2	*	0	*	w	76
A2	MRT	2	0	0	0	w	68

(\* Felsenbein nicht beurteilbar; \*\* Alter bei erster Bildgebung)

#### **Tabelle 2**

*Patienten mit Grad 2 Dehiszenz in der CT oder MRT mit Akustikusneurinom.*

Bei 11 Patienten, bzw. 13 Felsenbeinen wurden Grad 1 Dehiszenzen festgestellt.

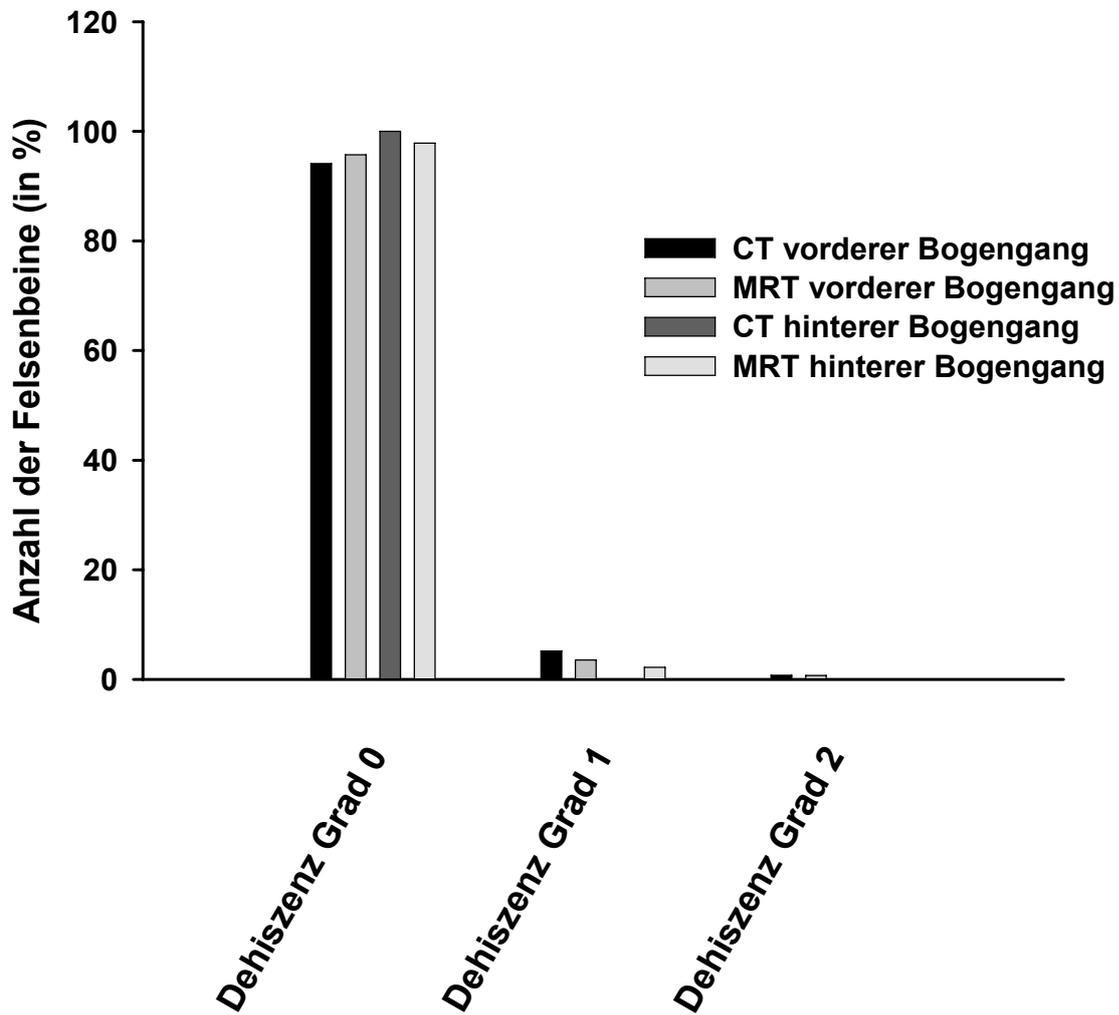
Fallnummer	Bildgebung	Vorderer Bogengang		Hinterer Bogengang		Geschlecht	Alter **
		rechts	Links	rechts	links		
A3	CT	1	0	0	0	m	54
	MRT	1	0	0	0		
A4	CT	1	0	0	0	w	44
	MRT	1	0	0	0		
A5	CT	0	1	0	0	w	66
	MRT	0	0	*	*		
A6	MRT	0	0	0	1	m	42
A7	MRT	1	0	0	1	m	42
A8	MRT	*	1	*	0	w	66
A9	MRT	1	1	1	1	m	44
A10	CT	0	1	0	0	w	71
A11	CT	1	0	0	0	w	75
A12	CT	0	1	0	0	w	59
A13	CT	0	1	0	0	m	36

(\* Felsenbein nicht beurteilbar; \*\* Alter bei erster Bildgebung)

### **Tabelle 3**

*Patienten mit Grad 1 Dehiszenz in der CT und / oder MRT bei Patienten mit Akustikusneurinom.*

In unserer Studie beträgt die Prävalenz von Grad 2 Bogengangsdehiszenzen also 2,1 % bezogen auf die Anzahl untersuchter Patienten bzw. 1,1 % bezogen auf die Anzahl beurteilbarer Felsenbeine. Für Grad 1 Dehiszenzen ergibt sich entsprechend eine Prävalenz von 11,3 bzw. 7,3 %. Für die CT und MRT getrennt findet sich eine Prävalenz von Grad 2 Bogengangsdehiszenzen von 1,4 und 1,3 % bezogen auf die Anzahl untersuchter Patienten bzw. 0,7 % für beide Bildgebungsmodalitäten bezogen auf die Anzahl beurteilbarer Felsenbeine. Für Grad 1 Dehiszenzen beträgt die Prävalenz – für CT und MRT getrennt betrachtet – entsprechend 10 und 7,7 % bezogen auf die Anzahl untersuchter Patienten bzw. 5,1 und 5,6 % bezogen auf die Anzahl beurteilbarer Felsenbeine.



**Abbildung 16**

*Prävalenz der Bogengangsdehiszenzen bezogen auf die Anzahl beurteilbarer Felsenbeine bei Patienten mit Akustikusneurinom.*

Insgesamt wurden bei 13 Patienten mit Akustikusneurinom in der CT oder der MRT Bogengangsdehiszenzen (Grad 1 und Grad 2) festgestellt, wobei 13-mal der vordere (67%) und 4-mal der hintere Bogengang (33%) betroffen war.

### 3.2 Prävalenz von Bogengangsdehiszenzen in einem nicht standardisierten Kollektiv

Es wurden die Aufnahmen von 400 Personen ohne Akustikusneurinom ausgewertet, die zwischen März 2003 und Oktober 2005 eine T2 gewichtete Felsenbein - MRT und / oder eine CT der Schädelbasis in zwei Ebenen in 0,5 – 1 mm - Schichtung erhalten haben. Der jüngste Patient war 4, der älteste 91 Jahre alt. Das mittlere Lebensalter betrug 45,3 Jahre. Es wurden 232 männliche und 168 weibliche Patienten mit in die Studie einbezogen. Bei einigen der Patienten konnte aufgrund von Fehlbildungen oder vorangegangener Operationen nur eines der beiden Felsenbeine beurteilt werden (s. Tabelle 4).

Bildgebung	Patienten	Nicht beurteilbare Felsenbeine	Beurteilbare Felsenbeine
CT	260	3	517
MRT	117	9	225
MRT und CT	23	0	46
Gesamt	400	12	788

#### **Tabelle 4**

*Anzahl beurteilbarer Felsenbeine der ausgewerteten CT - und MRT - Aufnahmen.*

Bei 20 dieser Patienten wurde entweder im MRT und / oder im CT eine Dehiszenz gefunden, die dem Grad 2 zugeteilt wurde. Bei einigen dieser Patienten waren mehrere Bogengänge z.T. in unterschiedlichen Schweregraden betroffen. So wiesen Fallnummer 2, 8 und 15 eine Grad 2 Dehiszenz der vorderen Bogengänge beidseits und Fallnummer 11 eine Grad 2 Dehiszenz des vorderen und des hinteren Bogenganges links auf. Somit traten bei 20 % der Patienten mit einer Grad 2 Dehiszenz eines Bogenganges eine weitere Grad 2 Dehiszenz auf. Bei 55 % der Patienten mit einer Grad 2 Dehiszenz wurde mindestens ein weiterer Bogengang einer Grad 1 Dehiszenz oder höher zugeschrieben.

Bei 7 Patienten konnten neben der Grad 2 Dehiszenz eine (bzw. in 2 Fällen mehrere) Grad 1 Dehiszenzen festgestellt werden, so bei den Fallnummern 5, 7, 10 - 12, 14 und 19. Auffallend war weiterhin ein überwiegendes Auftreten der Grad 2 Dehiszenzen im vorderen Bogengang – lediglich in 5 Fällen war der hintere Bogengang von einer Grad 2 Dehiszenz betroffen (Fallnummern 9,11 und 17 - 19). Bei Fallnummer 11 zeigten sowohl der hintere als auch der vordere Bogengang links eine Grad 2 Dehiszenz (s.Tabelle 5).

Fallnummer	Bildgebung	Vorderer Bogengang		Hinterer Bogengang		Geschlecht	Alter **
		rechts	Links	rechts	Links		
1	CT	0	2	0	0	m	72
2	CT	2	2	0	0	w	67
3	CT	0	2	0	0	w	55
4	CT	0	2	0	0	m	61
5	CT	2	1	0	1	w	63
6	CT	0	2	0	0	m	64
7	CT	1	2	0	0	m	43
8	CT	2	2	0	0	w	65
9	CT	0	0	2	0	m	9
10	CT	1	2	0	0	w	80
11	CT	1	2	0	2	m	33
12	CT	2	1	0	0	w	58
13	CT	*	2	*	0	m	19
14	CT	1	2	0	0	w	64
15	CT	2	2	0	0	m	74
16	CT	0	2	0	0	m	66
17	MRT	0	0	2	0	m	62
18	MRT	0	*	2	*	m	56
19	MRT	1	0	2	1	m	72
	CT	1	0	2	0		
20	MRT	2	0	0	0	w	56
	CT	2	0	0	0		

(\* Felsenbein nicht beurteilbar; \*\* Alter bei erster Bildgebung)

### **Tabelle 5**

*Patienten mit Grad 2 Dehiszenz (und z.T. zusätzlich Grad 1 Dehiszenz) in der CT und / oder MRT ohne Akustikusneurinom.*

Bei 12 Patienten wurde entweder in der MRT und / oder in der CT ausschließlich Dehiszenzen gefunden, die dem Grad 1 zugeteilt wurde. Bei 7 der Patienten waren mehrere Bogengänge betroffen (Fallnummern 21, 25 und 27 - 31). Ähnlich wie die Grad 2 Dehiszenzen wurden auch die Grad 1 Dehiszenzen vornehmlich im vorderen Bogengang beobachtet. Lediglich in 2 Fällen (Fallnummern 29 und 31) war ausschließlich der hintere Bogengang betroffen, und in 2 weiteren Fällen (Fallnummern 25 und 30) lagen Grad 1 Dehiszenzen in einem hinteren und einem vorderen Bogengang vor.

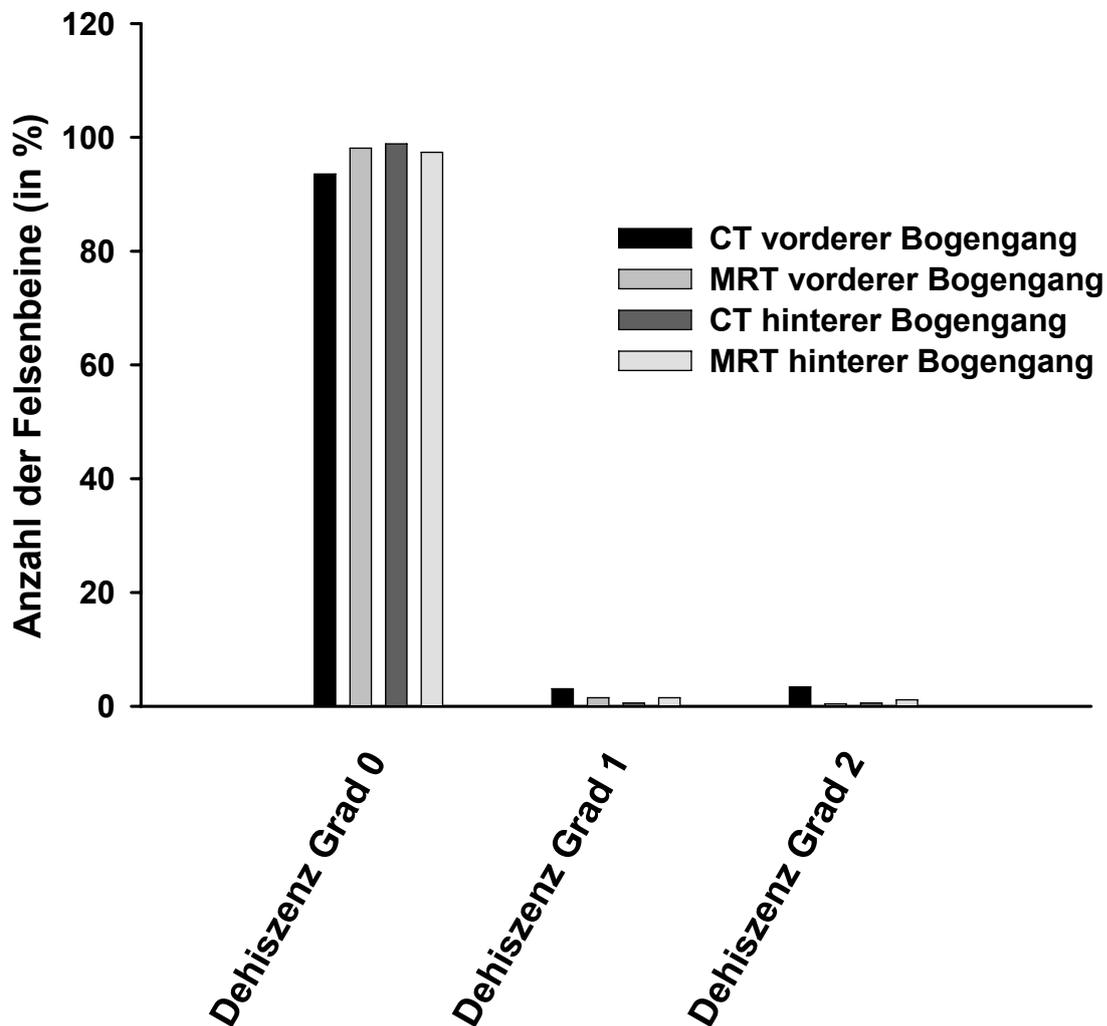
Insgesamt wurden bei 32 von 400 Patienten in der CT oder der MRT Bogengansdehiszenzen festgestellt (Grad 1 und Grad 2). Dabei waren 39-mal der vordere (75%) und 13-mal der hintere Bogengang (25%) betroffen.

Fallnummer	Bildgebung	Vorderer Bogengang		Hinterer Bogengang		Geschlecht	Alter
		rechts	links	rechts	links		
21	CT	1	1	0	0	m	17
22	CT	1	0	0	0	w	39
23	CT	1	0	0	0	m	28
24	CT	1	0	0	0	m	32
25	CT	1	0	1	0	m	81
26	CT	0	1	0	0	m	14
27	CT	1	1	0	0	w	76
28	MRT	1	1	0	0	m	62
29	CT	0	0	0	0	w	17
	MRT	0	0	1	1		
30	CT	1	0	0	0	w	72
	MRT	1	0	0	1		
31	CT	0	0	1	1	m	74
	MRT	0	0	1	0		
32	CT	1	0	0	0	m	44
	MRT	1	0	0	0		

**Tabelle 6**

*Patienten ohne Akustikusneurinom mit ausschließlich Grad 1 Dehiszenz in der CT und / oder MRT.*

In unserer Studie beträgt die Prävalenz von Grad 2 Bogengangsdehiszenzen in einem nicht standardisierten Kollektiv also 5 % bezogen auf die Anzahl untersuchter Patienten bzw. 2,9 % bezogen auf die Anzahl beurteilbarer Felsenbeine. Für Grad 1 Dehiszenzen ergibt sich entsprechend eine Prävalenz von 4,8 bzw. 3,3 %. Für die CT und MRT getrennt findet sich eine Prävalenz von Grad 2 Bogengangsdehiszenzen von 6,4 und 2,9 % bezogen auf die Anzahl untersuchter Patienten bzw. 3,7 und 1,5 % bezogen auf die Anzahl beurteilbarer Felsenbeine. Für Grad 1 Dehiszenzen beträgt die Prävalenz – für CT und MRT getrennt betrachtet – entsprechend 6,4 und 4,3 % bezogen auf die Anzahl untersuchter Patienten bzw. 3,4 und 3,7 % bezogen auf die Anzahl beurteilbarer Felsenbeine.



**Abbildung 24**

*Prävalenz der Bogengangsdehiszenzen bezogen auf die Anzahl beurteilbarer Felsenbeine bei Patienten ohne Akustikusneurinom.*

Die Vierfeldertafel zeigte keinen signifikanten Unterschied im Bezug auf die Prävalenz von Grad 2 Bogengangsdehiszenzen zwischen der Patientengruppe mit AKN und ohne AKN (p=0,21).

### 3.2.1 Korrelation der Schnittbildgebung (CT und MRT) mit den klinischen Befunden.

Den Patienten ohne Akustikusneurinom mit einer Grad 2 Dehiszenz mindestens eines Bogenganges (Fälle) wurden Patienten in matched - pair Technik zugeordnet, bei denen durch eine Schnittbildgebung dokumentiert war, dass keine Dehiszenz eines Bogenganges vorliegt.

Die Krankenakten waren von 19 der 20 Patienten mit Grad 2 Dehiszenz sowie von allen Patienten der Vergleichsgruppe verfügbar. Von den 20 Fällen waren 2 Felsenbeine nicht beurteilbar (Fallnummer 13 rechts und Fallnummer 18 links (s. Tabelle 5)). Insgesamt wiesen 23 Felsenbeine Grad 2 Dehiszenzen auf. Dementsprechend zeigten 55 Felsenbeine keine Dehiszenz (40 Felsenbeine der matched - pairs und 15 unauffällige Felsenbeine der Patienten, bei denen auf der Gegenseite eine Grad 2 Dehiszenz festgestellt worden ist).

Eine differenzierte Beurteilung des Hörvermögens der Patienten war aufgrund fehlender Tonschwellenaudiogramme nur eingeschränkt möglich. So waren die Audiogramme von 9 Patienten mit Grad 2 Dehiszenz (Fallnummern 2, 4, 6, 8 - 10, 14, 19 und 20) sowie von 11 matched - pairs (matched - pair 1, 7, 9 - 13, 16, 17, 19 und 20) verfügbar. Bei den 9 Patienten mit Grad 2 Dehiszenz, bei denen eine Tonschwellenaudiometrie vorlag (Fallnummern 2 und 8 vorderer Bogengang rechts + links, Fallnummern 4, 6, 10 und 14 vorderer Bogengang links, Fallnummern 9 und 19 hinterer Bogengang rechts und Fallnummer 20 vorderer Bogengang rechts), wurde in einem der 9 Fälle ein normales Innenohrhörvermögen beidseits beobachtet (Fallnummer 9), d.h. bezogen auf 11 Felsenbeine mit Grad 2 Dehiszenz lag in 90,9 % der Fälle (10 von 11 Felsenbeine) ein Innenohrabfall vor. Bei den matched - pairs zeigte sich bei 1 von 11 Patienten ein normales Innenohrhörvermögen beidseits (matched - pair 9) sowie bei 2 weiteren Personen eine Normakusis auf einer Seite bei einem Innenohrabfall auf der Gegenseite (matched - pairs 13 und 20), d.h. bezogen auf 29 Felsenbeine ohne Dehiszenz (7 Felsenbeine ohne Dehiszenz der Fälle + 22 Felsenbeine der matched - pairs) wurde bei 82,8 % (6 von 7 und 18 von 22 Felsenbeine) ein Innenohrabfall beobachtet.

Bei 7 von 9 Patienten mit Bogengangsdehiszenzen, bei denen ein Tonschwellenaudiogramm vorlag, wurde eine Schallleitungskomponente der Schwerhörigkeit festgestellt (77,8 %). Bezogen auf die Felsenbeine lag eine Schallleitungskomponente bei 8 von 10 Felsenbeinen mit Bogengangsdehiszenz vor (80 %). Bei den matched - pairs wurde bei 6 von 11 Patienten eine Schallleitungsstörung festgestellt. Bezogen auf 29 Felsenbeine

ohne Dehiszenz (7 Felsenbeine ohne Dehiszenz der Fälle und 22 Felsenbeine der matched - pairs) lag bei lediglich 9 von 29 Felsenbeinen eine Schalleitungskomponente vor (31 %).

3 der Patienten mit Grad 2 Dehiszenz, d.h. 15 %, zeigten eine Schwindelsymptomatik, und zwar Fallnummer 2 (Grad 2 Dehiszenz: vordere Bogengänge beidseits), Fallnummer 6 (Grad 2 Dehiszenz: vorderer Bogengang links) und Fallnummer 8 (Grad 2 Dehiszenz: vordere Bogengänge beidseits). Dies war bei keinem der Patienten der Vergleichsgruppe festgestellt worden.

Im Hinblick auf das Vorhandensein von Ohrgeräuschen lag ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen den Patienten mit Grad 2 Dehiszenz und ihren matched - pairs vor. So gab Fallnummer 6 (Grad 2 Dehiszenz: vorderer Bogengang links) einen Tinnitus beidseits und Fallnummer 20 (Grad 2 Dehiszenz: vorderer Bogengang rechts) ein pulssynchrones Ohrgeräusch rechts an. Aus der Vergleichsgruppe klagten ebenfalls 2 Personen über ein Ohrgeräusch, und zwar matched - pair 12 über ein Rauschen und Pfeifen beidseits und matched pair 20 über einen Tinnitus links. Ein Vergleich der Felsenbeine ergibt ein Ohrgeräusch bei 2 von 23 Felsenbeinen mit Grad 2 Dehiszenz (8,7 %) gegenüber 4 von 55 Felsenbeinen ohne Dehiszenz (7,3 %).

Bei 2 der Patienten mit Grad 2 Dehiszenz (10 %) lag eine angeborene Fehlbildung des Ohres vor: bei Fallnummer 7 (Grad 2 Dehiszenz: vorderer Bogengang links) handelte es sich um ein Treacher - Collins - Franceschetti - Syndrom mit Ohrmuschelaplasie links und Gehörgangsatresie links und bei Fallnummer 9 (Grad 2 Dehiszenz: hinterer Bogengang rechts) um eine beidseitige Mikrotie III. Grades. Bei Fallnummer 11 (Grad 2 Dehiszenz: vorderer Bogengang links + hinterer Bogengang links + Grad 1 Dehiszenz: vorderer Bogengang rechts) war weiterhin eine mentale Retardierung auffällig. Dahingegen konnte bei keiner Person der Vergleichsgruppe eine Missbildung bzw. eine andere Behinderung festgestellt werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass vor allen Dingen bei 4 der 20 Fälle differentialdiagnostisch die Grad 2 Dehiszenz als ursächlich für die klinische Symptomatik in Betracht gezogen werden sollte. So zeigte Fallnummer 2 (Grad 2 Dehiszenz: vorderer Bogengang rechts + links) eine Schwindelsymptomatik sowie einen Innenohrabfall beidseits mit einer Schalleitungskomponente links. Da zusätzlich auf beiden Seiten ein Cholesteatom vorlag, welches ebenfalls die genannten Symptome hervorrufen kann, lässt sich ihre Ätiologie allerdings nicht mehr eindeutig klären. An ein Tullioophänomen (s. 1.4.2) muss differentialdiagnostisch weiterhin bei der Fallnummer 6 linksseitig und bei der Fallnummer 8

beidseits gedacht werden. So wurde bei Fallnummer 6 (Grad 2 Dehiszenz: vorderer Bogengang links) neben Schwindel ein Tinnitus und ein Innenohrabfall beidseits mit einer Schalleitungskomponente links beobachtet. Fallnummer 8 (Grad 2 Dehiszenz: vorderer Bogengang rechts + links) war durch Schwindel, einem Innenohrabfall beidseits, einer Schalleitungskomponente beidseits sowie einem Cholesteatom rechts symptomatisch geworden, d.h. neben dem rechtseitigen könnte vor allen Dingen der linksseitige Innenohrabfall mit Schalleitungsstörung, der nicht durch ein Cholesteatom zu erklären ist, durch die Bogengangsdehiszenz hervorgerufen worden sein. Fallnummer 20 (Grad 2 Dehiszenz: vorderer Bogengang rechts) gab ein Ohrgeräusch rechts an und zeigte einen Innenohrabfall beidseits, so dass die rechtsseitige Symptomatik durch die Bogengangsdehiszenz verursacht worden sein könnte.

Bei 80 % der Felsenbeine mit Bogengangsdehiszenz, von denen eine Tonschwellenaudiometrie vorlag, wurde eine Schalleitungsstörung festgestellt. Dagegen wurde bei nur 31 % der Felsenbeine ohne Bogengangsdehiszenz eine solche Schalleitungskomponente beschrieben.

### 3.3 Korrelation der Befunde von MRT und CT im Bezug auf das Vorliegen von Bogengangsdehiszenzen (Bildgebung bei Patienten mit Akustikusneurinom und ohne Akustikusneurinom)

An 51 der Patienten mit Akustikusneurinom sowie an 23 Patienten ohne Akustikusneurinom wurde sowohl eine MRT der Schädelbasis als auch eine CT durchgeführt wurde. Lediglich eine MRT aus dieser Reihe ist auf einer Seite nicht beurteilbar, da es nach einem operativem Eingriff entstanden ist. Somit liegen die Daten von 147 Felsenbeinen zur vergleichenden Beurteilbarkeit vor.

Bei 9 dieser Patienten lag mindestens eine Grad 1 Dehiszenz eines Bogenganges vor. Bei 4 Patienten waren mehrere Bogengänge betroffen.

Bei 5 Patienten liegt ein diskrepanter Befund zwischen MRT und CT vor. Bei diesen diskrepanten Befunden wurden in einer der beiden Bildgebungsmodalitäten eine Grad 1 Dehiszenz festgestellt, wohingegen mit der anderen Schnittbildgebungsmodalität keine Dehiszenz nachgewiesen werden konnte. Bei den Patienten A5 (mit Akustikusneurinom) und 31 (ohne Akustikusneurinom) wurden in jeweils einem Bogengang computertomographisch

Dehiszenzen mit dem Grad 1 festgestellt. Dagegen waren bei diesen beiden Fällen in der MRT eine eindeutige Begrenzung zum Liquorraum nachweisbar.

Umgekehrt konnte bei den Patienten 19, 29 und 30 magnetresonanztomographisch in einigen Bogengängen keine sichere Abgrenzung zum Liquorraum festgestellt werden, so dass sie als Grad 1 Dehiszenz bewertet wurde. In der CT konnte hingegen noch eine dünne Knochenlamelle über diesen Bogengängen nachgewiesen werden.

Fallnummer	Bildgebung	Vorderer Bogengang		Hinterer Bogengang		Geschlecht	Alter
		Rechts	links	rechts	links		
A3	CT	1	0	0	0	m	54
	MRT	1	0	0	0		
A4	CT	1	0	0	0	w	44
	MRT	1	0	0	0		
A5	CT	0	<b>1</b>	0	0	w	66
	MRT	0	<b>0</b>	*	*		
19	CT	1	0	2	<b>0</b>	m	72
	MRT	1	0	2	<b>1</b>		
20	CT	2	0	0	0	w	56
	MRT	2	0	0	0		
29	CT	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	w	17
	MRT	0	0	<b>1</b>	<b>1</b>		
30	CT	1	0	0	<b>0</b>	w	72
	MRT	1	0	0	<b>1</b>		
31	CT	0	0	1	<b>1</b>	m	74
	MRT	0	0	1	<b>0</b>		
32	CT	1	0	0	0	m	44
	MRT	1	0	0	0		

**Tabelle 7**

*Patienten mit diskrepanten Befunden in MRT und CT.*

## 4. DISKUSSION

In der vorliegenden Studie wurden zum einen die Prävalenz und zum anderen die klinische Bedeutung von Bogengangsdehiszenzen untersucht. Des Weiteren wurden die beiden Bildgebungsmodalitäten MRT und CT in ihrer Aussage im Hinblick auf das Vorliegen einer Bogengangsdehiszenz gegenübergestellt. Die Prävalenz von Grad 2 Bogengangsdehiszenzen in einem ausgewählten Kollektiv (Patienten mit Akustikusneurinom) betrug 2,1 % bezogen auf die Anzahl untersuchter Patienten bzw. 1,1 % bezogen auf die Anzahl beurteilbarer Felsenbeine. Für Grad 1 Dehiszenzen ergab sich entsprechend eine Prävalenz von 11,3 bzw. 7,3 %. Eine mögliche klinische Korrelation konnte bzgl. des Auftretens von Bogengangsdehiszenzen und Schwindel, von Schalleitungsstörungen sowie von Fehlbildungen des Ohres festgestellt werden. Bei 80 % der Patienten mit Bogengangsdehiszenz wurde eine Schalleitungsstörung auf der betroffenen Seite festgestellt. Kein Unterschied wurde in Hinblick auf das Auftreten eines Innenohrabfalles oder eines Ohrgeräusches zwischen den Patienten mit Grad 2 Bogengangsdehiszenz und ihren matched - pairs gefunden. Retrospektiv lässt sich aber sagen, dass vor allen Dingen bei 4 der 20 Fälle differentialdiagnostisch die Grad 2 Dehiszenz als ursächlich für die klinische Symptomatik in Betracht zu ziehen ist.

In der Korrelation der Graduierung der Bogengangsdehiszenzen in der MRT und der CT wurde kein systematischer Unterschied gefunden. Wir sehen daher beide Bildgebungsmodalitäten als gleichwertig in der Diagnosefindung von Bogengangsdehiszenzen an.

Das Vorliegen einer Bogengangsdehiszenz wurde bei keinem einzigen Patienten im radiologischen Befund erwähnt.

### 4.1 Prävalenz

Zur Prävalenz von Bogengangsdehiszenzen gibt es sehr unterschiedliche Angaben in der Literatur. Krombach G et al. (2004) beschrieben Dehiszenzen des vorderen Bogenganges bei 27 von 185 Patienten, die willkürlich aus der Datenbank ausgewählt wurden. Carey JP et al. (2000) vermuten ein gestörtes postnatales Knochenwachstum in der mittleren Schädelgrube als Ursache für eine Bogengangsdehiszenz, da bei Kleinkindern eine nur sehr dünne Knochenlamelle den vorderen Bogengang vom Liquorraum trennt und sich diese

Knochenlamelle langsam bis zum Alter von 3 Jahre verdickt. Carey JP et al. (2000) führten an 1000 Felsenbeinen mikroskopische Untersuchungen durch und stellten in 0,5 % der Felsenbeine (0,7 % der Individuen) eine komplette Dehiszenz des vorderen Bogenganges fest; in 1,4 % der Objekte (1,3 % der Individuen) war der Knochen, der den Bogengang von der mittleren Schädelgrube trennte, dünner als 0,1 mm. Bogengangsdehiszenzen traten häufig beidseits auf. In unserer Studie beträgt die Prävalenz von Grad 2 Bogengangsdehiszenzen in einem standardisierten Kollektiv (Patienten mit Akustikusneurinom) 2,1 % bezogen auf die Anzahl der untersuchten Patienten bzw. 1,1 % bezogen auf die Anzahl beurteilbarer Felsenbeine. Diese Prävalenz liegt deutlich über den von Carey JP et al. (2000) veröffentlichten Ergebnissen. Allerdings räumte Carey ein, dass die Prävalenz von Bogengangsdehiszenzen über den veröffentlichten Ergebnissen liegen könnte, da in seine Studie nur absolut intakte Felsenbeine aufgenommen wurden. Im Rahmen der anatomischen Präparation kann es aber zu Beschädigungen der Knochenlamelle über dem Bogengang kommen – insbesondere wenn diese Lamelle sehr dünn ist.

Belden CJ et al. (2003) beschrieben bei 36 von 50 Patienten mit durch Geräusche oder Druckänderung auslösbarem Schwindel eine in der CT dokumentierbare Dehiszenz des vorderen Bogenganges. 6 der Patienten hatten einen beidseitigen Befund. Des weiteren untersuchte er die Felsenbeine von 50 Kontrollpatienten in 1 mm Schichtung und von 57 in 0,5 mm Schichtung. In der 1 mm Schichtung wurde bei 18 der 100 Ohren eine Dehiszenz vermutet, wogegen man bei der 0,5 mm Schichtung keine Dehiszenz fand. Es ist unwahrscheinlich, dass auch in der vorliegenden Arbeit eine dünnere Schichtung zu einer Veränderung der Prävalenz der Bogengangsdehiszenzen geführt hätte, da wir nur solche Befunde als Bogengangsdehiszenz Grad 2 werteten, bei denen die Zirkumferenz des orthograd geschnittenen Bogenganges teilweise über der knöchernen Oberfläche des Felsenbeins zu liegen kommt (s. 2.1.1).

Cloutier JF et al. (2008) fanden bei 4 % der Patienten, bei denen im Laufe eines Jahres eine CT des Felsenbeins in 0,55 mm Kollimation durchgeführt wurde, eine mögliche Bogengangsdehiszenz. In dieser Studie waren die Patienten willkürlich ausgewählt, was zu einem systematischem Fehler führen kann, da z.B. Patienten mit Schwindelsymptomatik oder gar einem Tullioophänomen deutlich eher eine Schnittbildgebung des Felsenbeins bekommen werden als ein Patient ohne vestibulo - cochleare Sympomatik. Die Prävalenz von Bogengangsdehiszenzen wird in dieser Studie also höher angegeben als sie tatsächlich in der Bevölkerung auftritt.

Eine weitere Ursache für die unterschiedlichen Angaben in der Literatur zur Prävalenz von Bogengangsdehiszenzen in der Schnittbildgebung könnte die Verwendung verschiedener Schichtungen in der CT sein. Des Weiteren spielen sicherlich Unterschiede in der Aufnahme - und Bildqualität wie auch der Beurteilung der Knochendicke über den Bogengängen eine Rolle.

In dieser Arbeit wurde bei den Patienten, bei denen sowohl eine CT des Felsenbeins als auch einer MRT dieser Region vorlag, nur in wenigen Fällen eine leichte Diskrepanz der Befunde festgestellt. Wir erachten daher die CT und die MRT in ihrer diagnostischen Aussagekraft im Bezug auf das Vorliegen einer Bogengangsdehiszenz als gleichwertig. Zu diesem Schluss sind auch Krombach GA et al. (2004 und 2006) gekommen. Daher wurden in unserer Studie zur Berechnung der Prävalenzen von Bogengangsdehiszenzen die Befunde der CT und der MRT herangezogen.

In der vorliegenden Studie wurden Patienten mit Akustikusneurinom als standardisierte Population ausgewählt, um an dieser Gruppe die Prävalenz von Bogengangsdehiszenzen zu erkunden. Dieses Patientenkollektiv wurde gewählt, weil hier keinerlei Zusammenhang zwischen der Erkrankung und dem Auftreten von Bogengangsdehiszenzen bekannt ist und bei diesem Kollektiv in Fulda vor der Operation häufig sowohl eine hochauflösende Dünnschicht - CT des Felsenbeins als auch eine MRT dieser Region durchgeführt wird.

Bei einigen Patienten – insbesondere bei solchen mit Akustikusneurinom – ist aufgrund von Operationsfolgen nur ein Felsenbein beurteilbar. Dies erschwert die Dokumentation und kann außerdem zu Verzerrungen führen, da die Dicke der Knochenlamelle auf beiden Seiten sehr ähnlich ist – ein Phänomen, welches durch ein gestörtes postnatales Knochenwachstum bedingt sein könnte (Carey JP et al., 2000).

Man könnte also bei einem Patienten, der ein nicht beurteilbares Felsenbein hat, bei dem aber das beurteilbare Felsenbein eine Dehiszenz aufweist, vermuten, dass gegebenenfalls zwei Dehiszenzen vorgelegen haben, jetzt aber nur eine gezählt wird. Die Prävalenz von Bogengangsdehiszenzen könnte also höher liegen als die von uns errechnete.

Wenn auch in der Literatur kein Zusammenhang zwischen Akustikusneurinom und Bogengangsdehiszenzen zu finden ist, so ist nicht auszuschließen, dass ein solcher bestehen könnte. Von daher ist es möglich, dass durch unsere spezielle Selektion von Patienten ein systematischer Fehler (Bias) begangen wurde.

Weiterhin wäre zu diskutieren, ob eine Erhöhung der Fallzahl die Aussagekraft unserer Untersuchung verstärken könnte.

In unserer Studie liegt die Prävalenz von Bogengangsdehiszenzen in einem nicht standardisierten Kollektiv (5 % der Patienten) im Vergleich zum Normkollektiv (mit AKN) etwas höher. Hier könnte man vermuten, dass bei einem Teil der Patienten die Bogengangsdehiszenz symptomatisch geworden ist und daher eine Schnittbildgebung des Felsenbeins durchgeführt wurde. Insgesamt zeigt die Vier-Felder-Tafel jedoch keinen signifikanten Unterschied im Bezug auf die Prävalenz von Grad 2 Bogengangsdehiszenzen zwischen dem Normkollektiv und dem nicht standardisierten Kollektiv.

## 4.2 Klinische Bedeutung

Minor et al. identifizierten ein Syndrom, welches durch eine Bogengangsdehiszenz verursacht wird. Schwindel, oszillierende Augenbewegungen und Gleichgewichtsstörungen können durch Geräusche oder intrakranielle Druckänderungen hervorgerufen werden. Auch werden Schallleitungsstörungen mit dieser Fehlbildung in Verbindung gebracht (Minor et al. 2003, Songer EJ et al., 2007). Mittels CT konnten die Bogengangsdehiszenzen nachgewiesen werden. Sie wurden durch chirurgische Exploration bestätigt. Durch ein Abdecken der Bogengangsdehiszenz wird eine Verbesserung der Symptomatik beschrieben (Crane BT et al., 2008). Die durch die klinischen Tests ausgelösten Augenbewegungen waren die, die man bei einer Exzitation bzw. Inhibition des vorderen Bogenganges erwarten würde.

Um die klinische Bedeutung von Bogengangsdehiszenzen zu untersuchen, wurden Patientenakten von Patienten mit einer Grad 2 Dehiszenz retrospektiv daraufhin untersucht, ob bei diesen Patienten in irgendeiner Hinsicht eine vergleichbare Symptomatik wie zum Beispiel Schwindel, Schallleitungsstörungen oder Tinnitus auftritt.

Da die Indikation zur Schnittbildgebung des Felsenbeins bei einer Vielzahl von unterschiedlichen Erkrankungen gegeben ist, wurden die Patienten nicht in gleichem Umfang und in gleicher Weise klinisch untersucht. So wurde nicht bei allen Patienten mit einer Pathologie im Bereich des Felsenbeins ein Tonaudiogramm durchgeführt. Auch wurde die klinische Untersuchungen nicht immer von demselben Untersucher durchgeführt und in gleicher Weise dokumentiert.

Umso wichtiger ist eine genaue Prüfung der in die Studie eingeschlossenen Fälle daraufhin, ob bzgl. des zu untersuchenden Merkmales eine einheitliche und damit vergleichbare Ausgangslage anzunehmen ist. So stellte sich für uns zunächst die Frage, ob die Lokalisation der Dehiszenz (vorderer / hinterer Bogengang) eine Rolle bzgl. der Bewertung

auftretender Symptome spielen könnte. Auffallend war ein überwiegendes Auftreten der Grad 2 Dehiszenzen im vorderen Bogengang – lediglich in 4 Fällen war ausschließlich der hintere Bogengang von einer Grad 2 Dehiszenz betroffen (s. 3.2). Brantberg et al. (2006) fanden, dass Patienten mit Bogengangsdehiszenzen unabhängig von der Lokalisation vergleichbare Veränderungen des Hör - und Gleichgewichtsapparates zeigten. Der einzige Unterschied ergab sich in der vertikalen Komponente des geräusch- und druckinduzierten Nystagmus (die in die entgegengesetzte Richtung schlägt). Wir entschlossen uns von daher, die Patienten mit Grad 2 Dehiszenzen des hinteren Bogenganges gleichwertig in die Untersuchungen einzuschließen.

Ein weiteres entscheidendes Handikap retrospektiver Auswertungen sind die Unvollständigkeit der Daten und - wie oben erwähnt - die unterschiedlichen Untersuchungs-, Mess- und Dokumentationsmethoden, mit denen sie gewonnen werden. Mit diesem Problem waren wir in unserer Studie vor allem bzgl. der Auswertung der Tonaudiogramme konfrontiert. Diese waren zum einen nicht von allen Patienten verfügbar und zum anderen nicht einheitlich aufgezeichnet und interpretiert / interpretierbar.

So sind beim Vorliegen einer Innenohrschwerhörigkeit abgesehen von der Bogengangsdehiszenz weitere z.T. wesentlich häufigere Ursachen in Betracht zu ziehen. Vor allem bei beidseitigem Innenohrabfall und höherem Lebensalter ist eine Presbyakusis als wesentlich wahrscheinlicher anzunehmen. Liegt ein Cholesteatom auf der Seite der Dehiszenz vor, kommt auch dieses für den Innenohrabfall ursächlich in Betracht, so bei Fallnummer 2 beidseits, bei den Fallnummern 4 und 14 links und bei Fallnummer 8 rechts.

Auf eine ähnliche Problematik trafen wir bei der Interpretation der Angaben zu Schwindel und Ohrgeräuschen. Zum einen ist sicherlich nicht bei allen Patienten in gleicher Form nach diesen Symptomen gefahndet worden, zum anderen sind auch hier eine Vielzahl anderer Ursachen in Erwägung zu ziehen. Vor allen Dingen für eine Schwindelsymptomatik ist es sehr häufig schwierig, die Ätiologie mit Sicherheit festzustellen. So kommt bei den Fallnummern 2 und 8 u.a. das Cholesteatom ursächlich in Frage und bei Fallnummer 6 könnte es sich auch um eine infektiöse Genese handeln.

Wie in der obigen Ausführung deutlich wird, war es zur verlässlichen Interpretation unserer Ergebnisse wichtig, dem Auftreten von Cholesteatomen Beachtung zu schenken. So können die für eine Dehiszenz des vorderen oder hinteren Bogenganges typischen Symptome auch durch ein Cholesteatom hervorgerufen werden. Dies lässt sich dadurch erklären, dass diese sogenannte Perlgeschwulst den im Antrum mastoideum gelegenen Knochenwulst des lateralen Bogenganges arrodiert und so zu einer äußeren Labyrinthfistel führen kann (s.

1.4.1). Z.T. ist bei unseren Fällen die Ätiologie der Symptome von daher nicht mehr eindeutig zu klären.

Uns fiel weiterhin auf, dass bei 2 der Personen mit Grad 2 Dehiszenz eine angeborene Fehlbildung des Ohres vorlag. Bei einer weiteren Person wurde eine mentale Retardierung festgestellt. In der Literatur konnten wir keine Arbeiten finden, die einen Zusammenhang zwischen Bogengangsdehiszenzen und Malformationen oder anderen Behinderungen beschreiben. Um hierzu aussagekräftige Daten zu erheben, müsste man sicherlich ein wesentlich größeres Patientenkollektiv untersuchen. Allerdings könnte man sich durchaus vorstellen, dass Fehlbildungen des Hör- und Gleichgewichtsapparates, die zu einer Veränderung der anatomischen Verhältnisse führen, eine Prädisposition für das Auftreten von Bogengangsdehiszenzen darstellen.

Bei 80 % der Felsenbeine mit Bogengangsdehiszenz, von denen eine Tonschwellenaudiometrie vorlag, wurde eine Schallleitungsstörung festgestellt. Dagegen wurde bei nur 31 % der Felsenbeine ohne Bogengangsdehiszenz eine solche Schallleitungsstörung beschrieben. Dieser deutliche Unterschied lässt einen möglichen Zusammenhang vermuten. Da die Diagnose Bogengangsdehiszenz nicht nur auf der Basis einer Schnittbildgebung, sondern auch klinisch festgestellt werden sollte, ist dieser Zusammenhang besonders wichtig. Die Schallleitungsstörung hat hierbei - bezogen auf die hochauflösende CT des Felsenbeins - eine hohe Sensitivität (83 %) und Spezifität (95 %) (Crane BT et al., 2008). Eine Bogengangsdehiszenz stellt ein sogenanntes „drittes Fenster“ dar, welches nicht nur mit vestibulärer Symptomatik, sondern auch mit einer Beeinträchtigung des Hörvermögens einhergehen kann (Songer JM und Rosowski 2007). Bei der Beeinträchtigung des Hörvermögens wird insbesondere eine Schallleitungsstörung mit der Dehiszenz eines Bogenganges in Verbindung gebracht (Minor L et al., 2003; Rosowski JJ et al., 2004; Songer JE et al., 2008). Ein Abdecken der Bogengangsdehiszenz kann zu einer Normalisierung der Schallleitungsschwerhörigkeit führen (Limb CJ et al., 2006).

4.3 Korrelation der Befunde von MRT und CT im Bezug auf das Vorliegen von Bogengangsdehiszenzen (Bildgebung bei Patienten mit Akustikusneurinom und ohne Akustikusneurinom)

An 51 der Patienten mit Akustikusneurinom sowie an 23 Patienten ohne Akustikusneurinom wurde sowohl eine MRT der Schädelbasis als auch eine CT durchgeführt

wurde. Lediglich eine MRT aus dieser Reihe ist auf einer Seite nicht beurteilbar, da es nach einem operativem Eingriff entstanden ist. Somit liegen die Daten von 147 Felsenbeinen zur vergleichenden Beurteilbarkeit vor.

Bei 9 dieser Patienten lag mindestens eine Grad 1 Dehiszenz eines Bogenganges vor. Bei 4 Patienten waren mehrere Bogengänge betroffen.

Bei 5 Patienten liegt ein diskrepanter Befund zwischen MRT und CT vor. Bei diesen diskrepanten Befunden wurden in einer der beiden Bildgebungsmodalitäten eine Grad 1 Dehiszenz festgestellt, wogegen mit der anderen Schnittbildgebungsmodalität keine Dehiszenz nachgewiesen werden konnte. Bei den 2 Patienten wurden in jeweils einem Bogengang computertomographisch eine Dehiszenz mit dem Grad 1 festgestellt. Dagegen waren bei diesen beiden Fällen in der MRT eine eindeutige Begrenzung zum Liquorraum nachweisbar.

Umgekehrt konnten bei 3 Patienten magnetresonanztomographisch in einigen Bogengängen keine sichere Abgrenzung zum Liquorraum festgestellt werden, so dass sie als Grad 1 Dehiszenz bewertet wurde. In der CT konnte hingegen noch eine dünne Knochenlamelle über diesen Bogengängen nachgewiesen werden.

Dieses Ergebnis unterstreicht die Gleichwertigkeit der beiden Untersuchungsmodalitäten in der Beurteilung von Bogengangsdehiszenzen (Krombach GA et al., 2005 und 2004).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass unsere Auswertungen orientierende Resultate geliefert haben: so ist es unserer Ansicht nach für den Radiologen und den Hals - Nasen - Ohren Arzt wichtig, die Bogengangsdehiszenz als Differentialdiagnose nicht nur bei Patienten mit Schwindel, Nystagmus, durch Geräusche oder Druckveränderungen im Mittelohr bzw. intrakraniell induzierten Gleichgewichtsstörungen in Betracht zu ziehen, sondern auch bei Patienten mit Schalleitungsstörungen und normalem Mittelohr. Eine Dehiszenz stellt ein sogenanntes „drittes Fenster“ dar, welche nicht nur mit vestibulärer Symptomatik, sondern auch mit einer Beeinträchtigung des Hörvermögens einhergehen kann (Songer JM und Rosowski 2007). Bei der Beeinträchtigung des Hörvermögens wird insbesondere eine Schalleitungsstörung mit der Dehiszenz eines Bogenganges in Verbindung gebracht (Minor L et al., 2003; Rosowski JJ et al., 2004; Songer JE et al., 2008). Ein Abdecken der Bogengangsdehiszenz kann zu einer Normalisierung der Schalleitungsschwerhörigkeit führen (Limb CJ et al., 2006).

In der vorliegenden retrospektiven Studie wurde in keinem einzigen Fall das Vorliegen einer Bogengangsdehiszenz im radiologischen Befund erwähnt. Dies könnte aber für evtl. Therapieentscheidungen von Wichtigkeit sein. Der Kliniker sollte bei entsprechender Symptomatik eine eingehendere Diagnostik vornehmen, so z.B. eine Nystagmusprüfung, die nicht nur auf das Vorliegen, sondern auch auf die Lokalisation einer Dehiszenz Hinweise liefern kann.

Abschließend sollte darauf hingewiesen werden, dass genau hierin die Stärke retrospektiver Auswertungen liegt, nämlich in der Überprüfung und Verbesserung der Qualität des ärztlichen Handelns und im Generieren von präzisen Hypothesen.

## 5. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Studie wurden zwei Patientenkollektive untersucht, um zum einen die Prävalenz und zum anderen die klinische Bedeutung von Bogengangsdehiszenzen zu erfassen. Des Weiteren wurde bei Patienten, bei denen sowohl eine MRT als auch eine CT des Felsenbeins zur Verfügung standen, die Vergleichbarkeit dieser beiden Bildgebungsmodalitäten bei der Beurteilung von Bogengangsdehiszenzen geprüft.

Zur Berechnung der Prävalenz von Bogengangsdehiszenzen wurde ein Kollektiv gewählt, bei dem eine Schnittbildgebung des Felsenbeins vorliegt und von dem kein Zusammenhang mit dem Auftreten von Bogengangsdehiszenzen vermutet werden kann (Patienten mit Akustikusneurinom aus dem Archiv des Klinikums Fulda). Bei 2,1 % der Patienten bzw. 1,1 % der beurteilbaren Felsenbeinen wurde eine Grad 2, d.h. sichere Dehiszenz, bei 11,3 % der Patienten bzw. 7,3 % der Felsenbeine eine Grad 1, d.h. mögliche Dehiszenz festgestellt.

Zur Ermittlung der klinischen Relevanz von Bogengangsdehiszenzen wurden 400 CTs und MRTs der Schädelbasis auf das Auftreten von Dehiszenzen hin untersucht. Von den Patienten mit Grad 2 Dehiszenzen wurde die Krankenakte aus dem Archiv angefordert und nach Symptomen gesucht, die in Zusammenhang mit der Bogengangsdehiszenz stehen könnten. Als Kontrolle wurden den 20 Fällen jeweils ein Patient gleichen Geschlechts und etwa gleichen Alters in matched - pair Technik zugeordnet. In 90,9 % der Fälle und bei 82,8% der Patienten aus dem Kontrollkollektiv (jeweils bezogen auf die einzelnen Felsenbeine) trat eine Innenohrschwerhörigkeit auf, bei 8,7 % der Fälle und 7,3 % der Kontrollen trat ein Ohrgeräusch auf. Bei 15 % der Patienten mit Grad 2 Dehiszenz wurde eine Schwindelsymptomatik, bei 10 % eine angeborene Fehlbildung des Ohres festgestellt; beides war bei keiner der Personen in der Vergleichsgruppe der Fall. Vor allen Dingen bei 4 der 20 Fälle sollte auf Grund der Symptomkonstellation differentialdiagnostisch die Grad 2 Dehiszenz als ursächlich für die klinische Symptomatik in Betracht gezogen werden. Bei 80% der Felsenbeine mit Bogengangsdehiszenz, von denen eine Tonschwellenaudiometrie vorlag, wurde eine Schallleitungsstörung festgestellt. Dagegen wurde bei nur 31 % der Felsenbeine ohne Bogengangsdehiszenz eine solche Schallleitungskomponente beschrieben.

In der Korrelation der Graduierung der Bogengangsdehiszenzen in der MRT und der CT wurde kein systematischer Unterschied gefunden. Wir sehen daher beide

Bildgebungsmodalitäten als gleichwertig in der Diagnosefindung von Bogengangsdehiszenzen an.

Unsere Studie könnte insofern zur Qualitätsverbesserung des ärztlichen Handelns beitragen, als dass sie den Hinweis liefert, dass vor allem beim Vorliegen einer Fistelsymptomatik bzw. eines Tullioophänomens eine Bogengangsdehiszenz als Differentialdiagnose in Betracht zu ziehen und auch als solche im Befund festzuhalten ist. Dies könnte den weiteren Therapieverlauf entscheidend beeinflussen.

## 6. LITERATURANGABEN

Belden CJ, Weg N, Minor LB, Zinreich SJ (2003) CT evaluation of bone dehiscence of the superior semicircular canal as a cause of sound- and/or pressure-induced vertigo. *Radiology* 226:337-47

Benninghoff A (1994) *Anatomie*, 15. Auflage, Urban & Schwarzenberger

Brandt T (1999) *Vertigo; its multisensory syndromes*. 2. Aufl., Springer, London

Brantberg K, Bagger-Sjoberg D, Mathiesen T, Witt H, Pansell T (2006) Posterior canal dehiscence syndrome caused by an apex cholesteatoma. *Otol Neurotol* 27:531-4

Boenninghaus HG, Lenarz T (2005) *Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde*, 12. Auflage, Springer Verlag

Carey JP, Minor LB, Nager GT (2000) Dehiscence or thinning of bone overlying the Superior semicircular Canal in a temporal bone survey. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 126:137-47

Casselmann JW, Kuhweide R, Deimling M, Ampe W, Dahanee I, Meeus L (1993) Constructive interference in steady state-3DFT MR imaging of the inner ear and cerebello-pontine angle. *Am J Neuroradiologie* 14: 47-57

Deecke L, Mergner T, Plester D (1981) Tullio phenomenon with torsion of the eyes and subjective tilt of the visual surround. *Ann N Y Acad Sci* 374:650-5

Eunen AJH, Huizinga HC, Huizinga E (1943) Die Tulliosche Reaktion in Zusammenhang mit der Funktion des Mittelohres. *Acta Otolaryngol* 31:265-339

Hufschmidt A, Lücking CH (1999) *Neurologie compact, Leitlinien für Klinik und Praxis*, 2. Auflage, Thieme

Jäger LJ, Müller-Lisse U, Reiser M, Grever G (1994) Hochauflösende Kernspintomographie am Felsenbein. *Laryngo-Rhino-Otol.* 73:385-9

Kacker S, Hinchcliff R (1970) Unusual Tullio Phenomenon. J Laryngol Otol 84:155-66

Krombach G, Grunwald I, Dorenbeck U, Mueller M, Reith W (2004) MRT des Felsenbeins zur Darstellung der Dehiszens des oberen oder hinteren Bogengangs: Vergleich CT. Fortschr Röntgenstr 176:41-401

Kwee HL (1972) A case of Tullio phenomenon and congenital middle-ear abnormalities. Otorhinolaryngol Head Neck Surg 34:142-52

Lippert H (2000) Lehrbuch Anatomie, 5. Auflage, Urban und Fischer Verlag

Minor LB (2000) Superior Canal Dehiscence Syndrome. The American Journal of Otology 21:9-19

Minor LB, Solomon D, Zinreich JS, Zee DS (1998) Sound- and / or pressure - induced vertigo due to the superior semicircular canal. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 124:249-259

Pykko I, Ishizaki H, Aalto H (1992) Relevance of the Tullio phenomenon in assessing perolymphatic leak in vertiginous patients. Am J Otol 13:339-42

Strupp M, Eggert T, Straube A, Jäger L, Querner V, Brandt T (2000) „Innere Perilymphfistel“ des anterioren Bogenganges. Nervenarzt 71:138-42

Trepel M (1999) Neuroanatomie Struktur und Funktion, 2. Auflage, Urban und Fischer Verlag

Tullio P (1929) Das Ohr in der Entstehung der Sprache und Schrift. Berlin, Urban & Schwarzenberger

Urmann SM, Talbot JM (1990) Otic Capsula Dysplasia: Clinical and CT Findings. Radiographics 10:823-838

## **7. DANKSAGUNG**

Mein Dank gilt zunächst Herrn Prof. Hofmann für die freundliche Überlassung des Themas und seine Unterstützung. Weiterhin möchte ich Prof. Draf, Prof. Schwager und Dr. Kollert für das Bereitstellen ihrer Datensammlung von Patienten mit Akustikusneurinom am Klinikum Fulda danken.

Meiner Frau danke ich für ihre konstruktive Kritik und ihre Geduld.

## 8. LEBENS LAUF

Name: Alexander Henze (geb. Sohn)  
Wohnort: Orionstrasse 18  
36041 Fulda-Haimbach  
Geburtstag: 25.03.1978  
Familienstand: verheiratet  
Nationalität: deutsch

### Schulbildung:

1984 – 1988 Grundschole Weißenborn  
1988 – 1994 Friedrich – Wilhelm – Schule Eschwege  
(Gymnasium)  
1994 – 1995 Oberstufengymnasium Eschwege  
1995 – 1996 Brooklands College Weybridge (England)  
A - Level Englische Literatur, Soziologie, Deutsch  
1996 – 1998 Oberstufengymnasium Eschwege, Abitur

### Berufsausbildung:

Oktober 1999 Beginn des Studiums der Humanmedizin an der Philipps-  
Universität Marburg  
September 2001 Absolvierung der ärztlichen Vorprüfung  
August 2002 Absolvierung des ersten Abschnitts der ärztlichen Prüfung  
Sept. 2003 – August 2004 Teilnahme am Erasmusaustausch mit der Universität Pierre et  
Marie Curie in Paris  
März 2005 Absolvierung des zweiten Abschnitts der ärztlichen Prüfung  
April 2005 – März 2006 Absolvierung des Praktischen Jahres im Klinikum Fulda bzw.  
im Centre Hospitalier Universitaire in Pointe-à-Pitre,  
Guadeloupe  
Mai 2006 Absolvierung des dritten Abschnitts der ärztlichen Prüfung

### Berufserfahrung :

Juli 1998 – Juli 1999 Zivildienst in einer Kindertagesstätte für unter- und  
mangelernährte Kinder in Santarem, Brasilien  
Juli - September 1999 Krankenpflegepraktikum in Santarem, Brasilien  
Februar 2002 Praktikum in der Anästhesie im Kreiskrankenhaus Eschwege  
Juli/August 2002 Praktikum in einer Praxis für Allgemeinmedizin in Wanfried –  
Deutschland  
Oktober 2003 – Jan. 2004 Praktikum in der pädiatrischen Nephrologie, Hôpital Trousseau,  
Paris  
Januar - April 2004 Praktikum in der Neurologie, Hôpital de la Pitié-Salpêtrière,  
Paris

April – August 2005	1. Terial des Praktischen Jahres in der Radiologie im Klinikum Fulda
August – November 2005	2. Terial des Praktischen Jahres in der Chirurgie im Klinikum Fulda
Nov. 2005 – März 2006	3. Terial des Praktischen Jahres in der Inneren Medizin im Centre Hospitalier Universitaire in Pointe-à-Pitre, Guadeloupe
Juli 2006 – Juli 2007	Assistenzarztstelle in der Abteilung für Nuklearmedizin im Universitätsspital Bern
Sep. 2007 – April 2008	Assistenzarztstelle in der Abteilung für Diagnostische und Therapeutische Nuklearmedizin im Klinikum Fulda
Seit Mai 2008	Assistenzarztstelle in der Abteilung für Diagnostische und Interventionelle Radiologie im Klinikum Fulda

Stipendien und Preise:

Juni 1998	Wolfgang-C.-Wenten Stiftung
Juli 2003	Stipendium der Medizinerstiftung der Universität Marburg
September 2003	Erasmusstipendium