

Aus der Universitätsklinik und Poliklinik für Diagnostische Radiologie  
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
( Direktor: Prof. Dr. med. R.- P. Spielmann)



## **Hochauflösendes Felsenbein-CT nach Stapesplastiken**

Dissertation

Zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor der Medizin (Dr. med.)

vorgelegt

der Medizinischen Fakultät

der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

von Susan Böhme, geb. Schiele  
geboren am 13.08.1971 in Leinefelde

Gutachter: PD Dr. M. Bloching  
Prof. Dr. R.-P. Spielmann  
Prof. Dr. R. Klöppel (Leipzig)

verteidigt am 30.09.2003

**urn:nbn:de:gbv:3-000006592**

[<http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=nbn%3Ade%3Agbv%3A3-000006592>]

## **Referat und bibliographische Beschreibung**

Das Ziel der vorliegenden Arbeit bestand in der Überprüfung des diagnostischen Stellenwertes der Computertomographie des Felsenbeines für die Indikation zu einer Revisionsoperation nach Stapeschirurgie. Grundlage war der Vergleich von CT-Befunden mit dem operativen Ergebnis. 37 Patienten, die sich in einem Zeitraum von 1995 bis 2000 einer Otoskleroseoperation unterzogen, erhielten ein hochauflösendes Felsenbein-CT in koronarer und axialer Schichtung. Die im hochauflösenden Felsenbein-CT erhobenen Befunde wurden mit den klinischen Ergebnissen wie postoperatives Hörergebnis, Schwindel mit oder ohne Spontannystagmus sowie Tinnitus verglichen.

Mit dieser Arbeit soll bewiesen werden, dass mit Hilfe der HR-CT des Felsenbeins nicht nur in der Spätphase sichere diagnostische Aussagen getroffen werden können, sondern auch in der frühen postoperativen Phase.

Es erfolgte ein genaues Studium der neusten Erkenntnisse des Krankheitsbildes der Otosklerose hinsichtlich der Diagnostik und Therapie. Von besonderem Interesse waren hierbei die Gehörknöchelchenchirurgie sowie deren postoperative Komplikationen.

Patienten, die besonders in der frühen postoperativ Phase Beschwerden aufwiesen, aber auch Patienten, bei denen keine postoperative klinische Symptomatik nachweisbar war, erhielten ein hochauflösendes Felsenbein-CT.

Wurde eine Revisionsoperation durchgeführt, so wurde die im HR-CT gestellte Diagnose mit dem Befund der Revisionsoperation verglichen.

Es erfolgte zum Abschluss der Arbeit die Diskussion der Untersuchungsergebnisse und deren Bedeutung in Hinblick auf die weitere Therapie.

Susan, Schiele: Hochauflösendes Felsenbein-CT nach Stapesplastiken  
Halle, Univ., Med. Fak., Diss., 67 Seiten, 2002

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1. Einleitung und Aufgabenstellung</b>	6
<b>2. Otosklerose</b>	
2.1. Geschichte der Otosklerose und der Stapeschirurgie	8
2.2. Klinik der Otosklerose	9
2.3. Stapeschirurgie	12
2.3.1. Risiken und Komplikationen der Stapeschirurgie	14
2.4. Anatomische Vorbemerkung	18
2.5. Bildgebende Diagnostik	20
2.5.1. Konventionelle Diagnostik	20
2.5.2. Hochauflösende Felsenbein-Computertomographie	20
2.5.3. Magnetresonanztomographie	24
<b>3. Patientengut und Methoden</b>	
3.1. Patientengut	26
3.1.1. Präoperative klinische Befunde	26
3.1.2. Therapeutische Maßnahmen	28
3.1.3. Postoperative klinische Befunde	28
3.1.4. Revisionsoperationen	31
3.2. Methode	31
3.2.1. Allgemeine CT-Parameter	31
3.2.2. Spezielle Untersuchungstechniken und -durchführung	32
3.2.3. Auswertungskriterien	34
<b>4. Ergebnisse</b>	
4.1. Untersuchungstechnische Gesichtspunkte	35
4.2. CT-Normalbefund	36
4.3. Pathologische Befunde im Felsenbein-CT	38
4.4. Vergleich der pathologischen CT-Befunde mit den Ergebnissen der Revisionsoperation	45

<b>5.</b>	<b>Auswertung und Diskussion</b>	
5.1.	Diskussion zur Untersuchungstechnik	47
5.2.	Diskussion zum Stellenwert der HR-CT-Untersuchung des Felsenbeins nach erfolgter Stapedotomie	50
<b>6.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	58
<b>7.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	60
<b>8.</b>	<b>Thesen</b>	66

## Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
bds.	beidseitig
CT	Computertomographie
dB	Dezibel
Fa.	Firma
HR	high resolution, hochauflösend
MRT	Magnetresonanztomographie
SE-SH	Schallempfindungsschwerhörigkeit
SL-SH	Schalleitungsschwerhörigkeit
sog.	sogenannte
Tab.	Tabelle

## 1. Einleitung und Aufgabenstellung

Stapeschirurgische Eingriffe mit dem Ziel der Wiederherstellung der Schalleitung werden seit über 40 Jahren mit großem Erfolg durchgeführt. 1956 publizierte John Shea die Operationstechnik der Stapesplastik einer Kombination von Stapesextraktion und Implantation eines Nylonstapes (Shea 1956).

Nach einmaliger Stapesoperation kommt es in 95 % der Fälle zu einer Hörverbesserung (Shea Jr. 1998, Grünwald 1998, Paul 1998, Peter 1995, Plath 1992).

Durch eine Stapedotomie bzw. Stapedektomie kann es zu Störungen der Innenohrfunktion, des vestibulären Systems sowie der Mittelohrfunktion in Form von Früh- oder Spätkomplikationen kommen, die eine Revisionsoperation erforderlich machen können (Woldag 1995, Kösling 1995, Oberascher 1987). Der Hörerfolg nach Revisionsoperationen ist eingeschränkt und liegt bei 71 % (Shea Jr. 1998). Das Ertaubungsrisiko nach Stapesrevisionen wird in der Literatur mit bis zu 14 % und eine Verschlechterung der Schallempfindungsschwerhörigkeit mit bis zu 20% angegeben.

Anhand der Klinik sowie der Erhebung objektiver Befunde wie otoskopischer Befund, Audiogramm sowie spezielle vestibuläre und audiologische Tests ist eine eindeutige Ursache für postoperative Komplikationen oft nicht zu finden. Die hochauflösende Felsenbein-CT ermöglicht eine ausgezeichnete Darstellung der anatomischen Strukturen des Mittel- und des Innenohres.

Der hohe Stellenwert des HR-CT des Felsenbeins nach Stapeschirurgie als bildgebende Methode der ersten Wahl bei Patienten mit persistierendem Schwindel konnte von Kösling und Mitarbeiter bereits 1995 bewiesen werden (Kösling et al 1995).

Das Ziel der Arbeit bestand zum einem in der Erfassung eines regulären postoperativen Zustandes bei asymptomatischen Patienten. Des weiteren sollte die Frage geklärt werden, ob eine CT-Untersuchung in der frühen postoperativen Phase sinnvoll ist oder nicht.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Analyse von 37 Computertomogrammen von 37 Patienten, bei denen entweder postoperative Beschwerden wie Schwindel, Schallempfindungsschwerhörigkeit oder Tinnitus auftraten oder aber bei denen keine postoperativen Komplikationen nachweisbar waren. Die im hochauflösenden Felsenbein-CT erhobenen Befunde wurden mit den klinischen Ergebnissen wie postoperatives Hörergebnis, Schwindel sowie Tinnitus verglichen.

Im Falle einer Revisionsoperation wurden der intraoperative Befunden mit der CT-Diagnose verglichen.

## **2. Otosklerose**

### **2.1. Geschichte der Otosklerose und der Stapeschirurgie**

Valsalva berichtete 1740 über Knochenveränderungen an der Steigbügelfußplatte sowie am ovalen Fenster und gilt somit als Erstbeschreiber der Stapesankylose (Schrader 1998). In der Zeit von 1841 bis 1855 beschrieb Toynbee 35 Fälle von Stapesankylose als Ursache einer Schwerhörigkeit (Toynbee 1857). Politzer erkannte 1893 als Erster die Otosklerose als eigenständiges Krankheitsbild und definierte es anhand pathologisch-anatomischer Befunde (Poltzer 1894). Er lehnte die von Kessel 1876 vorgeschlagene chirurgische Behandlung ab (Kessel 1897).

Erst 1956 publizierte John Shea die Operationstechnik der Stapesplastik, einer Kombination von Stapesextraktion und Implantation einer Stapesprothese (Shea 1956). Plester entwickelte die Technik der Teilstapedektomie, bei der das hintere Fußplattendrittel entfernt wird (Plester 1970). Jean Marquet bohrte ein kleines Loch in die Fußplatte, in die der Prothesenstempel exakt passte (Marquet 1965).

Als Stapesersatz benutzte Shea ursprünglich einen Nylonstapes, dann Polyäthylenröhrchen, später einen Teflonpiston. Schuhknecht entwickelte die Draht-Bindegewebsprothese (Schrader 1998). Da es bei der Teflonprothese zur Fistelbildung und bei der Schuhknechtprothese zu vermehrten Verwachsungen kam, wurde die Guilford-Prothese, einer Kombination aus beiden, entwickelt. Diese Platinband-Teflonprothese sowie die Gold-Platinband-Prothese gilt heute vielerorts als Standard (Wengen 2000).



## 2.2. Klinik der Otosklerose

Die Otosklerose tritt bei ca. 8,3 % der Menschen der weißen Bevölkerung und bei 1% der schwarzen Bevölkerung auf (Seifer 1970). Sie manifestiert sich zwischen dem 20. und 50. Lebensjahr. Frauen erkranken klinisch 1,6 mal häufiger als Männer (Friedmann 1993).

Die Otosklerose kommt in 70% beidseitig vor und tritt in 40% familiär auf (Morrison 1967).

Beales beschrieb 1987 eine klinische Inzidenz der Otosklerose von 2% aller

Schwerhörigkeiten zwischen dem 20. und 59. Lebensjahr. Guild fand 1944 unter allen erreichbaren routinemäßig untersuchten Felsenbeinen bei Männern bei jedem 15. und bei Frauen bei jedem 8. Felsenbein otosklerotische Herde.

Es wird angenommen, dass diese Erkrankung autosomal dominant vererbt wird.

Topographisch gesehen können otosklerotische Umbauherde an jeder Stelle des knöchernen Labyrinths einschließlich des Bereiches des inneren Gehörganges, der Karotisschale oder der Bogengänge vorkommen. Es gibt allerdings den sog. „otosklerotische Winkel“. Das ist die Region zwischen dem vorderen Anteil der Steigbügel Fußplatte, dem Processus cochleariformis und der angrenzenden Vorwölbung des Promotoriums. Es kann die gesamte Steigbügel Fußplatte einschließlich der Crura betroffen sein. Der Otoskleroseherd kann auch ringförmig um das ovale Fenster herumwachsen oder ausschließlich den vorderen (79%) oder den hinteren (30%) Anteil der Fußplatte befallen, ihr Zentrum jedoch frei lassen (Arnold 1996).

Eine Häufigkeitsverteilung ist in Tab. 2.1. dargestellt.

**Tab. 2.1:** Prädispositionsstellen für Otoskleroseherde und ihre prozentuale Häufigkeit

Lokalisation	Häufigkeit
Ovales Fenster und Umgebung	90%
Rundes Fenster und Umgebung	40%
Cochlea	35%
Innerer Gehörgang	30%
Vestibulum und Bogengang	15%

Bestimmte Bereiche des knöchernen Labyrinths, nämlich die Fissula ante fenestram und die knorpeligen Reste der enchondralen Knochenanlage nahe des ovalen Fensters stellen möglicherweise einen „Locus minoris resistentiae“ dar. In diesen Bereichen kommen vor allem hochvaskularisierte otosklerotische Herde vor (Ogilvie 1953, 1962).

Bei der Otosklerose handelt es sich um einen stadienhaft ablaufenden Prozeß, wobei Herde unterschiedlicher Aktivität in einem Felsenbein nachweisbar sind. Ob es sich um eine Spongiose handelt oder aber um zwei verschiedene und unabhängig voneinander ablaufende Krankheitsprozesse, ist derzeit noch nicht geklärt. In Tabelle 2.2. sind die Phasen in ihrer Reihenfolge mit dem dazugehörigen histologischen Merkmal dargestellt (Helms 1994).

**Tab. 2.2. :** Histologische Merkmale und Stadien der Otosklerose (Helms 1994)

Stadium	Histologisches Merkmal
1 „Blaue Mäntel“	Im HE-gefärbten Felsenbeinpräparat sind blassblaue, perivaskulär gelegene Areale zu sehen, die fibrillenarmen Geflechtknochen als Ersatz nach osteoklastärem Knochenabbau entsprechen.
2. Aktive Phase (Umbau)	Der ursprüngliche Geflechtknochen der Labyrinthkapsel wird durch unreifen Geflechtknochen mit ungeordnet verlaufenden Kollagenfasern ersetzt. In den erweiterten Markräumen sind dilatierte Gefäße sichtbar, welche makroskopisch rötlich erscheinen und durch das geschlossene Trommelfell schimmern (Schwarzer Zeichen). Es kommt zur Spongiosierung.
3. „Intermediärphase“	Der unreife spongiöse Geflechtknochen wird osteoklastär abgebaut (Lakunen) und durch unregelmäßigen Lamellenknochen ersetzt.
4. „Endphase“	Es kommt zur Abnahme an Osteoklasten und Osteoblasten. Am Ende resultiert ein kompakter Knochen, der sich makroskopisch weißlich vom gelblichen Labyrinthknochen abhebt.

Viele Ursachen für den otospongiotischen Umbau wurden diskutiert. So kommen Vererbung, metabolische Erkrankungen, ein lokalisierter M. Paget oder eine lokalisierte Osteogenesis imperfecta, die lokale Tendenz zur hämangiomartigen Neubildung, eine Infektion oder mechanischer Stress in Frage (Friedmann 1993).

Häufig tritt eine progrediente Hörverschlechterung während der Schwangerschaft auf, was wahrscheinlich auf hohe Östrogen- und Progesteronspiegel zurückzuführen ist (Liesgang 1994, Slootweg 1992). Es besteht keine signifikante Otoskleroseinzidenzveränderung bei Einnahme oraler Kontrazeptiva (Podoshin 1978).

Des Weiteren wird eine Infektion mit Masern-, Mumps- oder Rötelviren diskutiert (Mc Kenna 1994). Für eine maserninduzierte Ursache der Otosklerose spricht, dass sich in der Perilymphe betroffener Patienten Antikörper gegen Masernviren nachweisen lassen (Arnold 1999).

Die Vorstellung, dass die Otosklerose das Ergebnis einer Autoimmunreaktion ist, wird durch tierexperimentelle Ergebnisse gestützt (Yoo 1987).

Das Hauptsymptom der Otosklerose ist der progrediente Hörverlust. Häufig handelt es sich um eine Schalleitungsschwerhörigkeit, die innerhalb einiger Monate bis Jahre zu maximalem Hörverlust fortschreitet. Der schalleitungsbedingte Hörverlust ist jedoch selten größer als 50 dB (Cawthorne 1955, Schuknecht 1974).

Je nach der Art des Hörverlustes werden 3 Formen der Otosklerose klinisch unterschieden.

1. klassischer Mittelohrtyp mit einer reinen Schalleitungsschwerhörigkeit
2. reiner Innenohrtyp (Kapselotosklerose) mit einer Schallempfindungsschwerhörigkeit
3. Mischtyp mit einer kombinierten Schalleitungs- und Schallempfindungsschwerhörigkeit

Die Anamnese bildet den Anfang der Diagnostik, die neben dem Grad der Hörminderung, Aufschluß über Tinnitus, Vertigo, Paracusis Willisii und familiäre Belastung geben soll. Ein Tinnitus wird von 75% der Patienten angegeben. Vestibuläre Symptome treten bei Otosklerosepatienten häufiger als in der Normalbevölkerung auf (Cody 1978).

An klinischen Untersuchungen stehen der Stimmgabelversuch, das Reintonaudiogramm sowie die Stapediusreflexmessung zur Verfügung.

Die Schalleitungsschwerhörigkeit ist in den tieferen Frequenzen stärker ausgeprägt. Bei einer kombinierten Schwerhörigkeit tritt häufig die sogenannte Carhart-Senke auf. Hierbei handelt es sich um einen Innenohrabfall von 5 bis 15 dB zwischen 500 und 4000 kHz (Carhart 1962). Der Stapediusreflex ist durch die Stapesfixation oft nicht auslösbar (Causse 1983; Forquer 1981, 1987).

### 2.3. Stapeschirurgie

Die entscheidende therapeutische Maßnahme besteht in einer Stapedektomie bzw. Stapedotomie mit Einbringen einer Prothese zur Schallübertragung vom Mittelohr auf das Innenohr. Dabei unterscheidet man die Stapedektomie von der Stapedotomie. Bei der Stapedektomie wird die gesamte Steigbügel Fußplatte entfernt. Bei der Stapedotomie legt man eine kleine Perforation im hinteren Fußplattenteil des Stapes zur Aufnahme der Prothese an oder entfernt das hintere Fußplattendrittel (Theissing 1996).

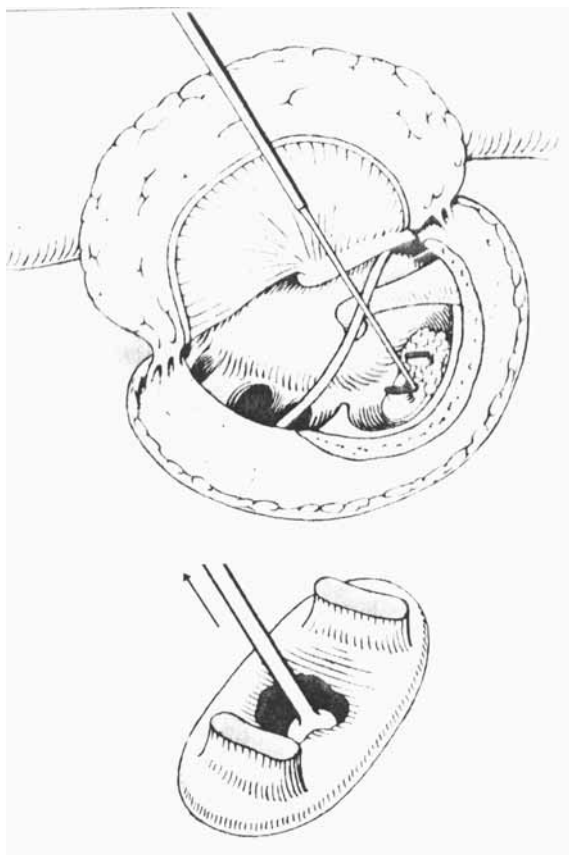
Die Stapedotomie nach Fisch ist heute die Methode Wahl. Dadurch soll das Auftreten von Komplikationen wie Schallempfindungsschwerhörigkeiten oder gar Ertaubungen gesenkt werden (Jovanvic 1998).

Ab einer Schalleitungsschwerhörigkeit mit einem Hörverlust von 35 dB wird die OP-Indikation gestellt. Sind beide Ohren von der Otosklerose betroffen, wird zunächst das Ohr mit der größeren Schalleitungsreserve operiert. Des Weiteren gilt die Ringbandsklerose oder eine tympanosklerosebedingte Schalleitungsstörung im ovalen Fenster als Operationsindikation (Theissing 1996).

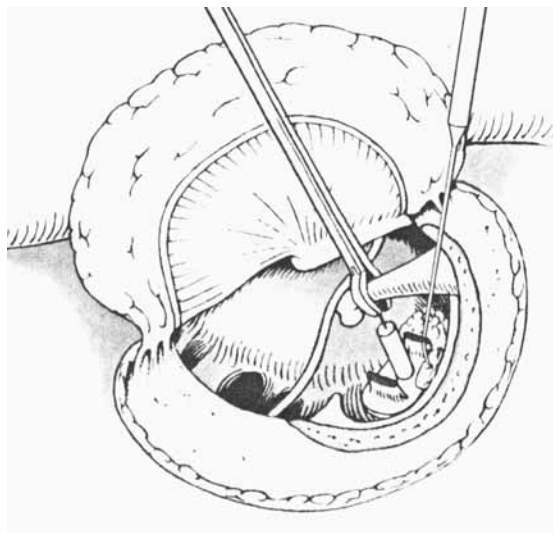
Ist die Schalleitungsschwerhörigkeit zu gering oder die Schallempfindungsschwerhörigkeit zu groß, wird die Operation nicht durchgeführt. Ist das betroffene Ohr das letzte hörende Ohr, so besteht eine relative Kontraindikation (Theissing 1996).

Die Operation wird in der Mehrzahl der Fälle in Lokalanästhesie durchgeführt, um die gewünschte Hörverbesserung gleich intraoperativ testen zu können.

Der Zugang zum Mittelohr erfolgt von enaural. Dabei mobilisiert man einen tympanomeatalen Lappen von der hinteren Gehörgangswand. Nach Eröffnung des Mittelohres und Feststellung der Fixation des Stapes werden die Stapediussehne und das Amboss-Steigbügelgelenkes durchtrennt. Dann folgt die Entfernung der beiden Steigbügelschenkel. Danach wird eine Perforation im hinteren Fußplattendrittel angelegt (Abb.2.1.). Die Prothese wird mit einer kleinen Öse am Ambossschenkel befestigt. Das Ende des Pistons wird intraoperativ in die Perforation der Stapesfußplatte eingebracht (Abb.2.2.). Die Perforation wird mit Bindegewebe abgedichtet (Theissing 1996).



**Abb. 2.1. :** Anlage und Erweiterung der Perforation an der Stapesfußplatte



**Abb. 2.2. :** Einsetzen des Pistons in die Fußplattenperforation

Abb. 2.1. und Abb. 2.2. aus Operationslehre HNO

In der Otosklerosechirurgie werden die unterschiedlichsten Materialien für den Ersatz des Stapes angewandt, so z.B. der Goldpiston (z.B. Fa. Kurz), Platinbandteflon (z.B. Fa. Richards), Teflonpiston nach Shea (Wullenstein 1968) und die Teflonstahldrahtprothese nach Guilford (Schobel 1989, 1990). Die Platinband-Teflonprothesen haben sich beim Ersatz des Stapes durchgesetzt. Bei dieser von Fisch entwickelten Prothese wird der Piston mit einer bandförmigen Platinschleife am langen Ambossschenkel befestigt. Das breitflächig anliegende Band soll einem Durchscheuern bzw. einer Arrosion des langen Ambossschenkels vorbeugen (Geyer 1999). Außerdem kommt noch der aus Gold gehämmerte Piston, der wie die Platinband-Teflon-Prothesen mit einem abgeflachten Band am langen Ambossschenkel befestigt wird, zum Einsatz. Eine neuartige Titan-Gold-Prothese wurde im Jahr 2000 im Kantonsspital Basel getestet und eingesetzt (Wengen 2000).

Prothesen mit einer Länge von 4,5 mm und einem Durchmesser von 0,4-0,6 mm werden erfahrungsgemäß allen anatomischen Strukturen gerecht. Für eine Promotialfensterung sind kürzere Prothesen vorteilhaft (Geyer 1999). Eine problemlose Kürzung der zu langen Prothesen (Gold oder Teflon) ist möglich.

### 2.3.1. Risiken und Komplikationen der Stapeschirurgie

Nach erfolgter Stapeschirurgie können Früh- und Spät komplikationen am Innenohr in Form einer Schallempfindungsschwerhörigkeit, einer Gleichgewichtsstörung und am Mittelohr als persistierende oder wiederauftretende Schalleitungsschwerhörigkeit imponieren (Oberascher 1987). Dabei müssen reversible bzw. passagere Funktionseinbußen, die allerdings in ernstere Komplikationen übergehen können, von irreversiblen Schäden unterschieden werden. Tabelle 2.3. gibt einen Überblick über postoperative Früh- und Spätschäden.

Zu den Komplikationen nach Stapeschirurgie zählen:

- keine Verbesserung der Schalleitungsschwerhörigkeit
- Innenohrschädigungen bis zur Ertaubung
- Schwindel
- Tinnitus
- Facialisparesen

**Tab. 2.3:** Ursachen für Früh- und Spätschädigungen nach Stapesoperationen

Anatomische Struktur	Sofort- bzw. Frühschädigung	Spätschäden
Mittelohr (Schalleitungs- schwerhörigkeit)	1. Verletzung 2. akute Otitis 3. allergische Sofortreaktion 4. Granulationen 5. Prothesenfehlage	1. Ambossnekrosen 2. Prothesenfixation 3. Fibrosen und Ver- narbungen im Bereich des ovalen Fensters 4. neue Otoskleroseherde
Innenohr (Schwindel, Verschlechterung der Schallempfindungs- schwerhörigkeit, Tinnitus)	1. Verletzung 2. seröse Labyrinthitis 3. Granulationen 4. Perilymphfistel	1. Perilymphfistel 2. Granulombildung 3. fibröse Labyrinthitis 4. endolymphatischer Hydrops
N. facialis (Parese) Chorda tympani (Geschmacksstörung)	1. Verletzung 2. seröse Entzündung 3. Granulationen	1. Fibrosen und Vernarbungen

Durch die Eröffnung des Innenohres während der Operation kann es zur Schädigung des Innenohrsystems kommen. Ein hörsturztartiges Geschehen ist bis zu einem Jahr nach der Operation denkbar.

Die Gefahr der Ertaubung nach Stapesoperationen wird besonders nach Revisionsoperationen als sehr hoch eingestuft. Ein Literaturvergleich zeigt, dass eine Verschlechterung der Schallempfindungsschwerhörigkeit in 0,4-20% der Fälle und eine Ertaubung in 0-14% der Fälle nach erfolgter Stapesoperation auftreten kann (Schuhknecht 1970, Sheehy 1981, Mc Gee 1993, Han 1997, Hammerschlag 1998, Grünwald 1998).

Durch eine Schädigung des Innenohrsystems kann neben einer Verschlechterung der Innenohrfunktion ein präoperativ nicht vorhandener Tinnitus auftreten.

Häufig klagen die Patienten in den ersten Tagen post operationem über Schwindel. Dieser ist auf eine operationsbedingte Reizung des Gleichgewichtssystems zurückzuführen und bildet sich meistens ohne weitere therapeutische Maßnahmen spontan zurück.

In 5%-7% der Fälle muss mit einem persistierenden bzw. wiederkehrenden Schwindel gerechnet werden (Oberascher 1992, Woldag 1995).

Des Weiteren kann es durch Verletzung des N. facialis oder durch eine Prothesenfehlage zu Facialispareesen kommen. Auf Grund einer Dehnung oder Schädigung der Chorda tympani klagen die Patienten in der frühen postoperativen Phase über Geschmacksstörungen.

Die Ursachen für Komplikationen nach erfolgter Stapeschirurgie sind vielfältig.

Dazu zählen:

- Prothesenfehlagen
- zu kurze Prothesen
- Ambossarrosionen
- Fibröse Adhäsionen und Granulationen
- Knochenneubildungen (ovale Nische)
- Hammerkopffixationen
- ungenaue Fußplattenentfernung
- Perilymphfisteln

Die Prothesenfehlage ist die häufigste Ursache für eine postoperative Hörverschlechterung oder eine weiter persistierende Schwerhörigkeit (Shea 1998, Derlacki 1985, Hammerschlag 1998). Des Weiteren können mit einer Wahrscheinlichkeit von 5-30% Incus-Erosionen, in 3-19,3% fibröse Adhäsionen, in 2-12% Perilymphfisteln und in 6,2-19,4% der Fälle ungenaue Fußplattenpräparation auftreten (Plath 1992, Cremers 1991, Woldag 1995, Kösling 1995).

Die Prothese kann zu tief ins ovale Fenster hineinragen, es kann eine Dislokation bzw. Subluxation in den Mittelohrraum vorliegen oder sie ist zu kurz und kommt vor dem ovalen Fenster zu liegen (Williams 2000, Stone 2000, Woldag 1995, Kösling 1995). Bei 50-60 % der Patienten mit einer postoperativen Hörverschlechterung ist die Prothesensubluxation die Ursache (Han 1997). Meist kommt die Prothese dabei unterhalb oder oberhalb des ovalen Fensters zu liegen (Schwartz 1986, Wiet 1993, Langman 1993).

Zu einer Prothesenfixation kann es Monate bis Jahre nach erfolgter Stapedotomie durch eine obliterative Otosklerose oder Narbengewebe im Bereich des ovalen Fensters kommen. Eine erneute progrediente Hörverschlechterung in der späten postoperativen Phase kann auf eine solche Fixation der Gehörknöchelchenkette hinweisen (Kösling 1995, Williams 2000).

Eine Osteonekrose des langen Ambossschenkels sowie eine Luxation bzw. Sprengung im Bereich des Hammer-Amboss-Gelenkes führt zu einer postoperativen Hörverschlechterung (Schwartz 1989, Kösling 1995). Die Ambossnekrose wird in der Literatur als eine häufige postoperative Spätkomplikation nach erfolgter Stapeschirurgie beschrieben (Derlacki 1985, Hammerschlag 1998).

Perilymphfisteln können als frühe oder späte Komplikation nach erfolgter Stapesoperation auftreten, was sich klinisch in einer Störung der Innenohrfunktion oder des vestibulären Systems äußert (Kösling 1995, Isaacson 1995, Bordure 1990). Schwindel und eine Verschlechterung der Innenohrfunktion sowie ein neu auftretender Tinnitus sind postoperative Symptome, die auf eine Perilymphfistel hinweisen. Eine progrediente nicht auf konservative Therapie ansprechende vestibuläre Symptomatik ist neben dem Prothesenprolaps in der Mehrzahl der Fälle auf eine Perilymphfistel zurückzuführen.



Fibrosen und Vernarbungen im Bereich des ovalen Fensters sind späte Komplikationen, die Wochen nach einer Stapesoperation eine Schwindelsymptomatik auslösen können.

Die seröse Labyrinthitis zählt zu den Frühkomplikationen und äußert sich in einem leichten Hörverlust und einer milden Schwindelsymptomatik, welche gut auf eine konservative Therapie anspricht.

Eine weitere Ursache für persistierende Schwindelsymptomatik kann postoperativ entstandenes Narbengewebe sein, welches in das Vestibulum eindringt (Williams 2000). Das Auftreten von Fibrosen und Granulationen im Bereich des ovalen Fensters ist ungefähr 4-6 Wochen nach erfolgter Stapesoperation zu beobachten (Wiet 1993). Granulationen sind auch häufig in der frühen postoperativen Phase nachweisbar. Das unspezifische Bindegewebe füllt einen großen Teil des Mittelohrraumes aus. Als Ursache wird eine immunologische Reaktion auf chirurgisches Material oder das intraoperative Trauma am Mucoperiost diskutiert (Schwartz 1986). Die sogenannte Fenster-Fibrose kann nach erfolgter Stapedotomie in 2-37% der Fälle auftreten (Wiet 1993).

Die angewandte Operationsmethode und -technik spielt für den gewünschten Operationserfolg ebenfalls eine entscheidende Rolle.

Die Stapedotomie ist für das Innenohr weniger traumatisierend. Es treten seltener postoperative Innenohrschädigungen im Hochtonbereich auf (Smyth 1978, Fisch 1979, Marquet 1983 u.1985, Causse 1985, McGee 1981, Oberascher 1992, Somers 1994, Plath 1992, Peterson 1997).

Das mechanische Trauma auf das Innenohr wird durch den Einsatz des Lasers signifikant reduziert (Lesinski 1993, Haberkamp et al. 1994, Jovanovic 1997).

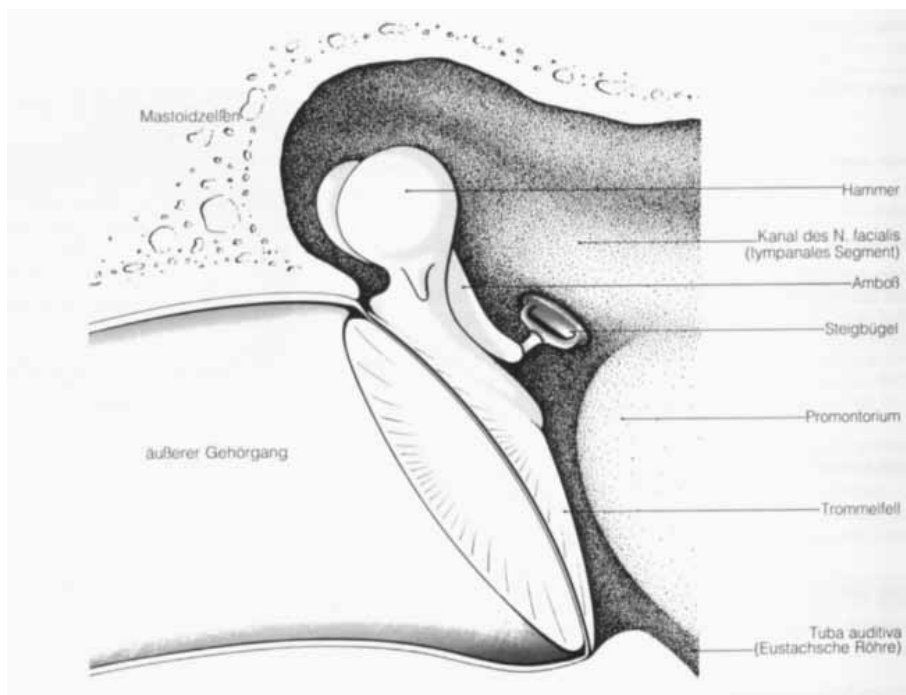
Ein weiterer Aspekt, um eine erfolgreiche Stapedotomie durchzuführen, ist die Erfahrung des Chirurgen. Studien belegen, dass Unerfahrenheit gerade in der Stapeschirurgie zu deutlich schlechteren postoperativen Ergebnissen führt (Shah 1981, Shapira 1985, Smith 1986, Moriarty 1990).

## 2.4. Anatomische Vorbemerkung

Die Paukenhöhle gliedert sich in drei Etagen, dem Epitympanon, (oberhalb des Trommelfells), dem Mesotympanon (hinter dem Trommelfell) und dem Hypotympanon (unterhalb des Trommelfells). Über das Antrum mastoideum steht die Paukenhöhle mit der Pneumatisation des Warzenfortsatzes in Verbindung.

Die vordere Wand der Paukenhöhle bildet die Paries caroticus, in welcher sich der Kanal der A. carotis interna befindet. Die hintere Wand ist die Paries mastoideum mit dem Processus mastoideum. Nach unten grenzt die Paukenhöhle an die Fossa jugularis mit dem Bulbus v. jugularis und nach medial an das Labyrinth. Das Tegmen tympani trennt die Paukenhöhle von der mittleren Schädelgrube und bildet die obere Wand. Das Trommelfell (Paries membranaceus) bildet die laterale Wand.(Berghaus 1996).

In der Paukenhöhle befinden sich die Gerhörknöchelchen (Ossicula), die die gelenkig verbundene Gehörknöchelchenkette bilden. Die Ossikelkette ist aus dem Maleus (Hammer), Incus (Amboss) und Stapes (Steigbügel) aufgebaut. Die Gehörknöchelchen sind miteinander durch straffe Gelenke verbunden und durch Muskeln (M. tensor tympani, M. stapedius) und Bänder in der Paukenhöhle befestigt (Meschan 1991, Naumann 1994). Das ovale und das runde Fenster liegen zwischen Mittel- und Innenohr. Die Stapesfußplatte sitzt im ovalen Fenster. Dahinter befindet sich das Vestibulum des Innenohres. Das runde Fenster begrenzt die Scala tympani der Hörschnecke durch eine Membran (Berghaus 1996).



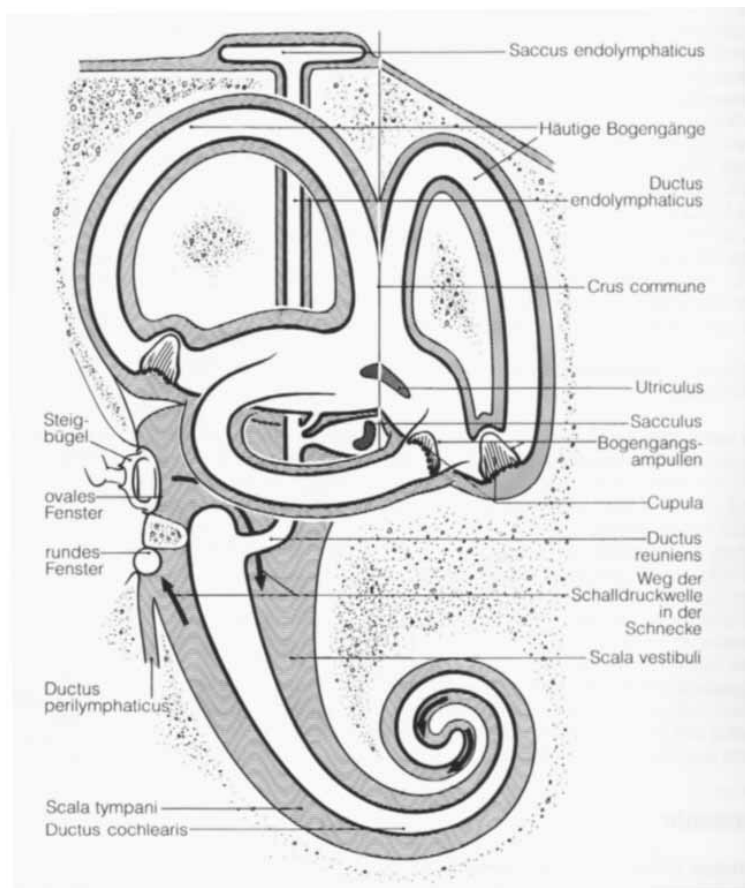
**Abb. 2.3. :** Einblick in die Paukenhöhle von ventral (aus Berghaus HNO 1996)

Das Hörorgan befindet sich im Felsenbein und wird in das äußere Ohr, das Mittelohr und das Innenohr untergliedert. Zum äußeren Ohr zählen die Ohrmuschel und der äußere Gehörgang bis zum Trommelfell. Die Ohrmuschel fängt die Schallwellen auf und leitet diese durch den äußeren Gehörgang zum Trommelfell (Berghaus 1996).

Das Mittelohr besteht aus dem Trommelfell (Membrana tympani), der Paukenhöhle (Cavum tympani) und dem Antrum mastoideum (Abb. 2.3.).

Das Innenohr besteht aus dem Hörorgan (Cochlea) und dem Gleichgewichtsorgan (Abb. 2.4.). Das häutige Labyrinth, welches in das knöcherne eingebaut ist, besteht aus den drei Bogengängen (Ductus semicirculares), dem Vorhof (Vestibulum) mit Sacculus und Utriculus sowie der Schnecke (Cochlea) mit dem Ductus cochlearis. Es ist mit Endolymphe gefüllt und wird von Perilymphe umspült. Über den Ductus endolymphaticus endet der Endolymphschlauch im Saccus endolymphaticus. Durch den Ductus perilymphaticus stehen Perilymphe und Subachnoidalraum in Verbindung (Berghaus 1996).

Die Sinneszellen für das Hörorgan befinden sich in der Cochlea im Corti-Organ. Im Bogengangssystem, dem Utriculus und dem Sakkulus sind die Sinnesepithelien für den Gleichgewichtssinn enthalten (Meschan 1991, Naumann 1994).



**Abb. 2.4. :** Einblick in das Innenohr  
(aus Berghaus HNO 1996)

## **2.5. Bildgebende Diagnostik**

### **2.5.1. Konventionelle Diagnostik**

Die Darstellung der Felsenbeinregion hat eine große Tradition. Die Wiener Radiologen konnten mit Hilfe der Aufnahme nach *Schüller*, *Mayer* und *Stenvers* Teile des Felsenbeins darstellen (Mayer 1959). Die Hinterhauptsaufnahme ermöglichte eine beidseitige nicht verkürzte Abbildung des inneren Gehörganges, was bei der Suche nach intrakanalikulären Prozessen wichtig war (Grashey 1964). Die Tomographie war eine weitere Möglichkeit der Darstellung der Pyramidenregion, durch welche mit dünnen Schichten und speziellen Verwischtechniken entsprechende Ergebnisse erbracht werden konnten (Dulac 1973, Frey 1981, Grashey 1964).

Die seitliche Projektion des Mastoids nach Schüller hat heute als einzige Röntgenuntersuchung bei der Diagnostik der chronischen Otitis und der Mastoiditis noch Bedeutung (Meschan 1991, Naumann 1994).

Eine revolutionäre Veränderung und detailgetreue Abbildung der Strukturen im Felsenbein gelang mit der Einführung der Computertomographie (Augustin 1979, Brunner 1986, Imhof 1984).

### **2.5.2. Hochauflösende Felsenbein-Computertomographie**

Die hochauflösende Computertomographie (HR-CT) zur Darstellung der anatomischen Strukturen des Mittelohres und des knöchernen Labyrinthes ist in der Dünnschichttechnik und der Darstellung im Knochenfenster, in axialer und koronarer Ebene durchgeführt, die Methode der ersten Wahl (Astinet 1990, Isaacson 1995, Koayashi 1993, Köster 1990, Meschan 1991, Shea 1998, Czerny 1997). Mit der HR-CT wird der Hochkontrastbereich der Felsenbeinstrukturen (Knochen/Luft) in sehr hoher Ortsauflösung erfasst (Czerny 1997). Erkrankungen des äußeren Gehörganges sowie des Mittelohres wie angeborene Missbildungen, Tumore, Cholesteatome, traumatologische Schädigungen des Mittel- und Innenohres können mit Hilfe der HR-CT gut dargestellt werden (Köster 1988, Czerny 1997). Die konventionelle Röntgendiagnostik konnte mittlerweile fast vollständig durch den Einsatz der HR-CT abgelöst werden. Die konventionelle Tomographie ist auf Grund der hohen Strahlenexposition und der diagnostischen Unterlegenheit gegenüber der CT heute obsolent.

Die Computertomographie des Felsenbeines verlangt auf Grund hoher Dichteunterschiede, der geringen Größe und der komplizierten Morphologie der anatomischen Strukturen bestimmte technische Voraussetzungen.

Dazu zählen (Köster 1988, Kösling 1995):

- minimalen Schichtdicke von  $\leq 1\text{mm}$
- großer Zoomfaktor
- Hochauflösungsalgorithmus
- Verwendung einer genügend großen Matrix (512 x 512)
- weites Knochenfenster
- Untersuchung in zwei Ebenen oder
- Erzeugung einer Sekundärrekonstruktion mit modernen CT-Geräten (Mehrzeilen-CT)

Die Grundlage der hochauflösenden Felsenbein-CT ist die axiale Projektionsebene. Sie ist für den Patienten am wenigsten belastend und ermöglicht dem Untersucher den direkten Seitenvergleich aller relevanten Felsenbeinstrukturen.

Die koronare Bildebene ist die am zweithäufigsten angewandte Projektionsebene und stellt eine ideale Ergänzung zur axialen Scanserie dar. Damit ist die Beurteilung des Felsenbeins in zwei nahezu senkrecht ( $105^\circ$ ) zueinander stehenden Ebenen möglich (Reschke 1997, Schneider 1995, Torizuka 1992, Meschan 1991, Odrezin 1990, Haas 1988, Köster 1988, Oberascher 1987, Schwartz 1986).

Weitere Scanebenen werden heute nicht mehr angewandt.

Folgende Indikationen für die HR-CT-Untersuchung sind heute relevant:

(Reschke 1997, Kösling 1995, Oberascher 1992, Astinet 1990, Grevers 1989, Köster 1988, Harnsberger 1987)

- Mißbildungen
- traumatische Läsionen, insbesondere Frakturen
- Raumforderungen im Bereich des äußeren Gehörganges und des Mittelohres
- Osteodystrophien einschließlich der Otoklerose (relative Indikation)
- postoperativ nach Mittelohroperationen
- Komplikationen einer akuten oder chronischen Otitis media
- Cochleaimplantationsdiagnostik

Seit 1979 gelingt die Darstellung der Strukturen des Mittelohres mit Hilfe der Computertomographie (Hanafee 1979). In vielen Studien konnte bewiesen werden, dass mit Hilfe der hochauflösenden Felsenbein-CT otospongiotische und eingeschränkt auch otosklerotische Herde sowie Stapesprothesen dargestellt werden können (Mafee 1985, Wilbrand 1988, Schwartz 1986, Kösling 1995, Reschke 1997, Czerny 1997). Gegenwärtig stellt die HR-CT des Felsenbeins den „Goldenen Standard“ dar, wenn eine Bildgebung bei Otosklerose klinisch gewünscht wird (Yang 1997). 90% der fensternahen Otosklerose-Fälle können mit dieser Methode dargestellt werden (Mafee 1993). Die Diagnose der Otosklerose sollte in den meisten Fällen klinisch gestellt werden und die HR-CT vorwiegend differentialdiagnostischen schwierigen Fragestellungen vorbehalten sein (Köster 1988, Köster 1990, Barr 1993).

Das Stadium der Otospongiose ist computertomographisch durch das Auftreten von hypodensen Herden, in Form eines „Doppelrings“ bzw. eines „Hof“-Effektes darstellbar (Valvassori 1993). Diese Veränderungen weisen auf demineralisierte Herde bei der aktiven Otosklerose hin. 70-90% der hypodensen Herde manifestieren sich im Areal der Fissula ante fenestram (Havrilak 1991, Yang 1997), können aber auch in 50% am runden Fenster auftreten (Köster 1988).

Sklerotische Läsionen der Schneckenkapsel können mit Hilfe der Computertomographie nicht dargestellt werden (Mafee 1993, Schwartz 1985).

Mit der Thematik der Darstellbarkeit von Mittelohrprothesen befassten sich mehrere Autoren. Bereits Chakeres versuchte 1985 Mittelohrprothesen mit Hilfe der HR-CT darzustellen (Chakeres 1985). Es folgten weitere Studien von Schwartz, Oberascher, Torizuka Mukherji und Fuse. Oberascher veröffentlichte 1987 eine ausführliche Studie über die Darstellung verschiedener Stapesprothesen mit Hilfe der hochauflösenden Computertomographie. Er unterschied zwischen Metallprothesen, kombinierten Metall-/Kunststoffprothesen und Kunststoffprothesen. Allen diesen Autoren gelang die Darstellung von Stapes, Stapedoinkuidalgelenk und Mittelohrprothesen nur unbefriedigend. Sie machten den Partialvolumeneffekt dafür verantwortlich (Schwartz 1986, 1987, Chakeres 1985, Torizuka 1992, Mukherji 1994, Oberascher 1987, Fuse 1992).

In den 90-iger Jahren beschäftigte sich eine Untersuchungsgruppe der Radiologischen Klinik und der HNO-Klinik der Universität Leipzig mit der gleichen Symptomatik. Dabei konnten Kunststoff- und Keramikprothesen mit hohem Kontrast und ausreichender Zeichnungsschärfe dargestellt werden. Die Prothesenlage im Mittelohr und die Verankerung zu den jeweiligen

Bezugspunkten konnte sicher beurteilt werden. Bei den Goldprothesen wurden Hochkontrastartefakte um die Prothese beobachtet. Diese Artefakte hatten keine Auswirkung auf die diagnostische Aussagekraft (Reschke 1997).

Auch Stone konnte alle derzeit zum Einsatz gebrachten Stapesprothesen einschließlich transplanterter Prothesen aus körpereigenen bzw. körperfremden Material unproblematisch im HR-CT darstellen. Als problematisch beschrieb er die Darstellung von Prothesen einer partialen Stapedektomie, bei welcher der hintere Stapesschenkel und das Incudostapedialgelenk stehen gelassen wird. (Stone 2000).

Computertomographisch können folgende pathologische Befunde nach erfolgter Stapedotomie erhoben werden (Williams 2000, Stone 2000, Han 1997, Woldag 1995, Kösling 1995, Wiet 1993, Langman 1993):

1. Prothesenfehllagen
2. Prothesenbruch
3. Prothesenfixation
4. Perilymphfistel (indirekt)
5. Fibrosen und Vernarbungen im Bereich des ovalen Fensters
6. neue Otokleroseherde
7. Incusnekrosen

Prothesenfehllagen sowie Perilymphfisteln sind nach erfolgter Stapedotomie pathologische Befunde, die am häufigsten im HR-CT des Felsenbeins zu finden sind (Shea 1998, Derlacki 1985, Hammerschlag 1998).

Es gibt folgende Möglichkeiten der Prothesenfehllage (Williams 2000, Stone 2000, Woldag 1995):

1. eine zu tief in das ovale Fenster hineinragende Prothese
2. eine Dislokation bzw. Subluxation der Prothese in den Mittelohrraum
3. eine zu kurze bzw. vor dem ovalen Fenster liegende Prothese

Der Nachweis einer Perilymphfistel im HR-CT ist äußerst schwierig und gelingt derzeit nur indirekt. Eine sich ins Vestibulum vorwölbende Luftblase am Prothesenende gilt als sicheres indirektes Zeichen für das Vorliegen einer Perilymphfistel (Kösling 1995, Woldag 1995, Isaacson 1995, Parnes 1998). Des weiteren können abnorme Flüssigkeitsansammlungen außerhalb des ovalen Fensters sowie im Mittelohr und Mastoid als Hinweis auf eine Perilymphfistel dienen und die Diagnose somit festigen (Bergeron 1991).

Ein direkter Nachweis einer Perilymphfistel ist bisher nur nach intrathekalen Gadoliniuminjektionen bei experimenteller Schaffung einer Rundfensterläsion gelungen (Morris 1993). Als indirektes Zeichen einer Perilymphfistel vermuteten Mark und Fitzgard ein Cochleaenhancement im kontrastmittelgestützten MRT.

Die Darstellung von Granulationen oder Bindegewebe im Vestibulum gelingt oft nicht, da sich die Labyrinthflüssigkeit und das Narbengewebe im CT mit der gleichen Dichte darstellen (Williams 2000). Im Mittelohrraum stellt sich unspezifisches Bindegewebe gut dar, so dass bei einem Nachweis von bindegewebsähnlichen Massen im Mittelohrraum immer an eine postoperative Narbenbildung gedacht werden muss (Stone 2000).

Zu den postoperativen Komplikationen, die nicht im HR-CT nachweisbar sind zählen, alle Veränderungen, die sich am membranösen Labyrinth abspielen mit Ausnahme von Verknocherungen.

### **2.5.3. Magnetresonanztomographie**

Die Magnetresonanztomographie ist ein weiteres bildgebendes Verfahren, welches die Aussagekraft in der Organdiagnostik erweitert durch einen dem CT überlegenen Weichteilkontrast. Dies betrifft insbesondere das zentrale Nervensystem und die hintere Schädelgrube.

Knöchernen Strukturen und lufthaltige Räume stellen sich im MRT infolge der Protonenarmut als homogene schwarze Strukturen dar (Jäger 1994).

Zur Abklärung von pathologischen Prozessen des äußeren Ohres und des Mittelohres ist die HR-CT des Felsenbeines dem MRT eindeutig überlegen. Im HR-CT können die knöchernen Begrenzungen der Nervenkanäle bzw. der Endo- oder Perilymphräume sowie der innere Gehörgang dargestellt werden, nicht jedoch die darin liegenden anatomischen Strukturen.



Zur Beurteilung des N. facialis und des N. vestibulo-cochlearis sowie von Feinstrukturen in Cochlea, Vestibulum und Bogengängen ist das HR-CT weniger geeignet ( Jäger 1994). Mit Hilfe der MRT können pathologische Weichteilprozesse wie z.B. tumoröse oder entzündliche Prozesse, vaskularisierte Raumforderungen und Labyrinthfibrosen im Gegensatz zum HR-CT besser unterschieden werden (Köster 1988, Jäger 1994).

Obwohl die HR-CT derzeit noch die Methode der ersten Wahl ist, kann die MRT durch ihren wesentlich höheren Weichteilkontrast, durch die Möglichkeit der Wahl verschiedener Sequenzen und der Kontrastmittelgabe im Falle von Weichteilprozessen wichtige Zusatzinformationen zur HR-CT liefern und möglicherweise zur genaueren Diagnosestellung beitragen. Mit Hilfe der MRT kann die Suche nach den Ursachen für postoperativen Schwindel sowie Schallempfindungsschwerhörigkeit nach erfolgter Stapeschirurgie in bezug auf entzündliche und granulomatöse Prozesse ausgeweitet werden. So konnte Rangheard mit Hilfe der MRT intravestibuläre Granulome, intralabyrinthäre Blutungen sowie eine bakterielle Labyrinthitis darstellen (Rangheard 2001).

Die MRT ist somit als Zusatzuntersuchung nach der Durchführung einer Felsenbein-CT, bei welcher unklare Befunde oder Komplikationen wie z. B. Granulationen, intravestibuläre Granulome oder eine Labyrinthitis nach erfolgter Stapeschirurgie vorliegen, einzusetzen (Czerny 1997, Rangheard 2001). Die MRT–Untersuchung spielt mit ihrer hochauflösenden T2-Wichtung außerdem eine wichtige Rolle beim Nachweis von kleinsten Flüssigkeitsmengen in der Nische des ovalen Fensters und kann somit den Verdacht auf das Vorliegen einer Perilymphfistel erhärten (Veillon 2001).

### **3. Patientengut und Methoden**

#### **3.1. Patientengut**

In der hier vorliegenden Arbeit wurden insgesamt 37 postoperative hochauflösende Felsenbein-CT-Untersuchungen nach erfolgter Implantation einer Platinband-Teflon-Prothese angefertigt. Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich von Januar 1995 bis Dezember 2000. 27 Patienten wurden aufgrund von Beschwerden nach prothetischem Stapesersatz in die Klinik und Poliklinik für Diagnostische Radiologie der Universität Halle überwiesen. 10 CT`s wurden angefertigt, ohne das eine klinische Beschwerdesymptomatik vorlag. Das Alter der untersuchten Patienten lag zum Zeitpunkt der Erstvorstellung in der HNO-Klinik zwischen 21 und 59 Jahren. Es stellten sich 19 weibliche und 18 männliche Patienten vor.

An der Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde der Universität Halle erhielten in diesem Zeitraum insgesamt 78 Patienten, die an Otosklerose erkrankt waren, eine Stapesprothese.

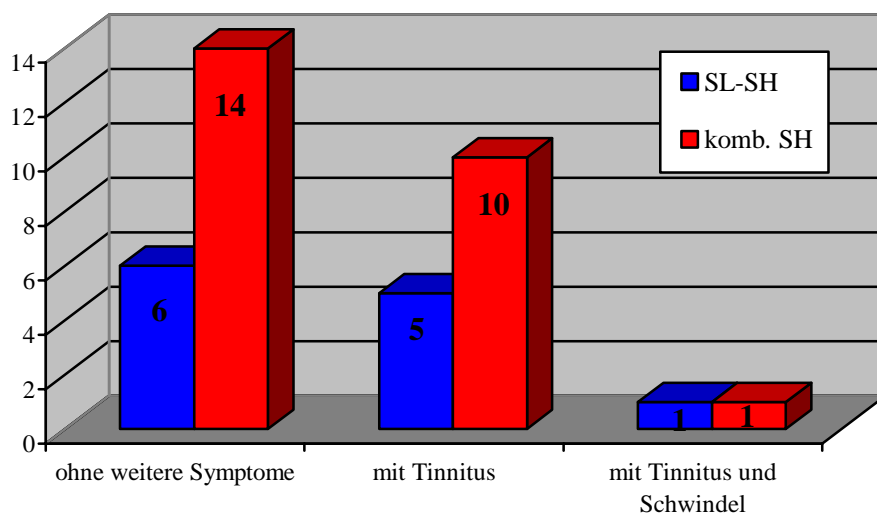
##### **3.1.1. Präoperative klinische Befunde**

Präoperativ erhielten die Patienten einen kompletten HNO-Status. Um die Art der Schwerhörigkeit festzustellen wurden ein Tonschwellenaudiogramm und ein Sprachaudiogramm angefertigt. Die präoperative Mittel- und Innenohrfunktion konnte anhand der durchschnittlichen Schalleitungs- und Schallempfindungsschwelle in dB HV für die Frequenzen 0,5, 1, 2, 3 und 4 kHz ermittelt werden. Des weiteren wurde eine Stapediusreflexmessung durchgeführt. Um eine vestibuläre Störung auszuschließen, erhielten alle Patienten auch ohne subjektive Schwindelsymptomatik ein Vestibulogramm. Zur Beurteilung der Pneumatisation der Felsenbeine wurde eine präoperative beidseitige Röntgenaufnahme nach „Schüller“ veranlasst.

Bei der Vorstellung in der Hals-Nasen-Ohrenklinik klagten die Patienten in der Mehrzahl der Fälle über eine ein- bzw. beidseitige Schwerhörigkeit, über Tinnitus sowie gelegentlich über eine persistierende Schwindelsymptomatik.

6 von 37 Patienten wiesen eine reine Schalleitungsschwerhörigkeit auf, 5 von 37 hatten eine Schalleitungsschwerhörigkeit mit Tinnitus und bei einem von 37 Patienten bestand eine Schalleitungsschwerhörigkeit mit Tinnitus und Schwindel. Am häufigsten war eine kombinierte Schwerhörigkeit mit oder ohne Tinnitus vorhanden. 14 von 37 Patienten zeigten hier eine kombinierte Schwerhörigkeit ohne Tinnitus, 10 von 37 Patienten eine kombinierte Schwerhörigkeit mit Tinnitus und bei einem Patienten bestand zusätzlich zur kombinierten Schwerhörigkeit mit Tinnitus noch eine Schwindelsymptomatik.

In Abb. 3.1. sind die präoperativ erhobenen Befunde graphisch dargestellt.



**Abb. 3.1.** : Darstellung der präoperativen klinischen Befunde

### **3.1.2. Therapeutische Maßnahmen**

Postoperativ erhielten die Patienten 3 Tage Bettruhe, um eine vestibuläre Reizung und eine Dislokation der Prothese zu vermeiden.

Bei der täglichen Visite gaben die Patienten Auskunft über ihr subjektives Hörvermögen, Tinnitus und einen eventuell neu aufgetretenen Schwindel.

Täglich wurden Hörkontrollen mit Hilfe des Stimmgabelversuches nach Weber durchgeführt. Mit Hilfe einer Untersuchung mit der Frenzelbrille konnte durch den Nachweis eines Spontannystagmus eine vestibuläre Symptomatik objektiviert werden.

Zur Kontrolle der postoperativen Innenohrfunktion wurde ein postoperatives Audiogramm am ersten und siebten postoperativen Tag sowie 6 Wochen nach der Operation angefertigt.

Bei einer postoperativen Innenohrschwerhörigkeit, postoperativem Schwindel und Tinnitus erhielten die Patienten eine rheologische Infusionstherapie mit Pentoxifillin und Vitamin B-Komplex und je nach Schwere der Funktionsstörung Prednisolon nach dem Stennert-Schema.

Kam es zu keiner Verbesserung der pathologischen postoperativen Klinik durch die konservativen Therapiemaßnahmen, wurde eine CT-Untersuchung veranlasst und je nach Befund eine Revisionsoperation durchgeführt.

### **3.1.3. Postoperative klinische Befunde**

Die postoperative klinische Untersuchung erfolgte unter folgenden Gesichtspunkten eine und sechs Wochen postoperativ:

1. Verbesserung der SL-SH um mindestens 10 dB
2. Verschlechterung der SL-SH,
3. Verschlechterung der SE-SH
4. postoperativ neu aufgetretener Schwindel
5. postoperativ neu aufgetretener Tinnitus

10 der 37 untersuchten Patienten wiesen keine pathologische postoperative Klinik auf. Diese Patientengruppe diente als Kontrollgruppe.

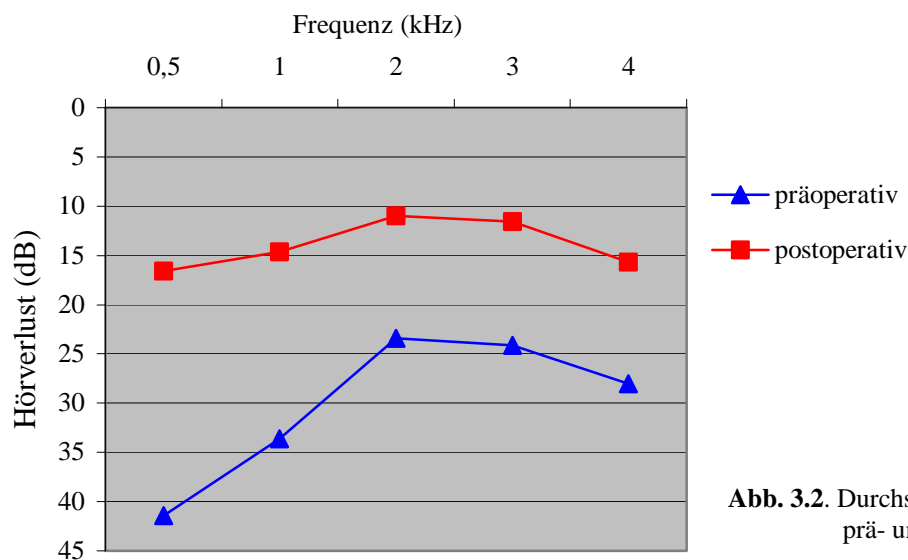
Bei 27 Patienten waren postoperativ pathologische Befunde nachweisbar. In der Mehrzahl der Fälle handelte es sich um eine Schwindelsymptomatik, welche allein oder in Kombination mit

einer SE-SH bzw. Tinnitus auftrat. Die Tabelle 3.1. zeigt einen Überblick über die postoperativen Beschwerden unserer Patientengruppe.

**Tab. 3.1. :** Patientenhäufigkeit von postoperativen Beschwerden, die zur CT-Diagnostik führten

Postoperative Komplikationen	Anzahl der Patienten	
	1 Woche postoperativ	6 Wochen postoperativ
Rest-SL-SH	2	2
SL-SH mit Schwindel	1	1
SL-SH mit Schwindel und Tinnitus	1	1
SL-SH mit Schwindel, Tinnitus und SE-SH	1	1
Schwindel	7	5
Tinnitus	2	2
SE-SH	7	2
SE-SH mit Schwindel	4	3
SE-SH mit Schwindel und Tinnitus	2	1

Bei 32 der 37 Patienten konnte in einem Zeitraum bis 6 Wochen nach der Operation eine Verbesserung der Schallleitungsschwerhörigkeit um mindestens 10 dB nachgewiesen werden. Bei 5 der 35 Patienten blieb die erwünschte Hörverbesserung nach Stapedotomie aus. In Abb. 3.2. ist die durchschnittliche Luftleitungsschwelle 6 Wochen postoperativ im Vergleich zum präoperativen Befund dargestellt.



**Abb. 3.2.** Durchschnittliche Luftleitungsschwelle prä- und 6 Wochen postoperativ

Eine Verschlechterung der postoperativen Innenohrfunktion trat bei 14 der 37 Patienten auf.

Bei 7 dieser 14 Patienten erholte sich die Innenohrfunktion innerhalb der ersten 6 postoperativen Wochen spontan.

Bei der Auswertung der Audiogramme ergab sich eine leichte Verschlechterung der Innenohrfunktion nach erfolgter Stapedotomie am ersten postoperativen Tag, welche aber 6 Wochen nach erfolgter Stapedotomie regressiert war.

Eine Ertaubung trat bei 2 der 37 untersuchten Patienten auf.

16 der operierten Patienten klagten postoperativ über Schwindel, wobei bei 10 dieser Patienten ein Spontannystagmus nachweisbar war. 7 der 16 Patienten wiesen eine alleinige Schwindelsymptomatik auf. Bei 4 Patienten kam zur Schwindelsymptomatik noch eine Störung der Innenohrfunktion und 2 Patienten klagten zusätzlich noch über Tinnitus. In 3 der 16 Fällen blieb eine Verbesserung der SL-SH aus.

6 der 35 Patienten klagten über einen postoperativen Tinnitus. Bei 4 der Patienten war dieser schon präoperativ angegeben.

### **3.1.4. Revisionsoperationen**

7 der 37 Patienten erhielten eine Revisionsoperation nach erfolgter Stapesoperation.

Indikationen für einen Revisionseingriff waren:

1. eine progrediente Schwindelsymptomatik
2. eine auf die konservative Therapie nicht ansprechende SE-SH
3. eine ausbleibende Verbesserung der SL-SH

In allen Fällen des Revisionseingriffes erfolgte die Einsicht in die OP-Berichte. Von besonderem Interesse waren dabei die durch den Operateur vorgefundene Prothesenposition und –verankerung, das Vorhandensein von Erosionen an knöchernen Strukturen, die Bildung von Narbensträngen und Granulationsgewebe sowie die Bildung neuer Otoskleroseherde. Der intraoperative Nachweis eines Flüssigkeitsaustrittes in Form von Perilymphe am Prothesenfuß des ovalen Fensters galt dabei als ein besonders wichtiges Kriterium. Dies ist der direkte Beweis einer Perilymphfistel und wurde in unsere Auswertung mit einbezogen.

Außerdem war die Beweglichkeit und die Spannung der Gehörknöchelchenkette von Interesse. Mit Hilfe des Operationsbefundes konnten die vor dem Eingriff im HR-CT gestellte Diagnose mit dem Befund der Revisionsoperation verglichen und auf ihre Richtigkeit und Vollständigkeit überprüft werden.

## **3.2. Methode**

### **3.2.1. Allgemeine CT-Parameter**

Bei dem CT-Gerät handelte es sich bei allen angefertigten Felsenbein-CT's um den Somatom Plus S der Firma Siemens aus Erlangen mit einer Darstellungsmatrix von 1024x1024 Bildpunkten und einer Rekonstruktionsmatrix von 512x512 Bildpunkten. Die kleinstmögliche Volumenauflösung umfasst nach Herstellerangaben 0,12 mm bei einer Schichtdicke von 1mm und einer Umlaufzeit von 2 s. Der Grenzwert der Ortsauflösung beträgt 14 Linienpaare pro cm für 2 s – Scans. Damit beträgt die mit Hochauflösungsalgorithmen zu erreichende Detailerkennbarkeit 0,35 mm Objektgröße bzw. –abstand. Die CT-Skala dieses Gerätes reicht von –1024 bis +4000 Hounsfield-Einheiten (HE) in einem Messfeld von 50 cm Durchmesser. Die Fensterbreite und die –mittellage sind variierbar.

Für alle Aufnahmen wurde der Systemaufnahmemodus Innenohr gewählt. Es kamen dabei eine Röhrenspannung von 120 kV, eine Stromstärke von 85 mA und eine Umlaufzeit von 2 s zur Anwendung (Tab. 3.2.).

### **3.2.2. Spezielle Untersuchungstechniken und -durchführung**

In unserer Studie erhielten alle 37 Patienten eine Platinband/Fluoroplastik-Prothese nach Richards der Firma Smith & Nephew. Diese zählt zu den Metall-/Kunststoffprothesen. Platin ist ein nicht rostendes, sehr geschmeidiges und körperverträgliches Material. Diese Implantate können leicht eingepasst werden und behalten ihre Form.

Die Untersuchungsreihe erfolgte nach einem standardisierten Schema in Anlehnung der Untersuchungsergebnisse der Radiologischen Klinik der Universität Leipzig aus dem Jahr 1997 (Reschke 1997). Die von uns angewandten Untersuchungsparameter sind in der Tab. 3.2. zusammengefasst.

In dieser Studie werteten wir insgesamt 37 Felsenbein-CT's von Patienten, die eine Stapesoperation erhielten, aus. Die CT-Untersungen wurden bis auf eine Ausnahme in der frühen postoperativen Phase durchgeführt, d.h. bis maximal 3 Wochen nach erfolgter Stapedotomie.

Alle untersuchten Patienten erhielten ein Felsenbein-CT in axialer und koronarer Schichtung mit Einzelschichten von 1mm Schichtbreite. Begonnen wurde mit der axialen Schicht der betroffenen Seite. In dieser Schichtebene wurden alle Strukturen zwischen Felsenbeindach und Felsenbeinboden erfasst. Die Gantryneigung betrug  $10^{\circ}$ - $25^{\circ}$  von der orbitomeatalen Linie mit einer kranialen Kippung.

Nach Anfertigung der axialen Ebene wurden dann die Aufnahmen in der koronaren Schnittebene durchgeführt. Die Untersuchung in der koronaren Ebene erfolgte in Rückenlage des Patienten mit maximaler Reklination des Kopfes. Es wurden mit Hilfe dieser Scanebene alle Strukturen zwischen der Vorder- und Hinterwand des Tympanons dargestellt.



**Tab. 3.2:** Scanparameter beim HR-CT des Felsenbeins ( Somatom Plus S)

Schichtdicke	1 mm
Tischvorschub	1 mm
Expositionszeit	2 s
Zoom	3-7
Gantryneigung	10-25 °
Fensterbreite	ca. 4000 HE
Fenstermittellage	ca. 1000 HE
Stromstärke	85 mAs
Röhrenspannung	120 kV
Projektionen	axial/koronar
Untersuchungsumfang	
Axial	Paukenhöhlendach bis Paukenhöhlenboden
Koronar	Paukenhöhlenvorderwand bis Paukenhöhlenhinterwand

Die Untersuchung erfolgte im Hochauflösungs- oder Ultrahochauflösungsmodus. Durch diesen Modus konnten die Gehörknöchelchen, die Stapesprothese sowie die Strukturen der ovalen Nische besonders gut dargestellt werden. Es wurden in jeder Ebene ca. 17-20 Schichten angefertigt. Zur Vergrößerung wurden Zoomwerte zwischen 3 und 7 angewandt, um eine hohe Ortsauflösung der zarten Knochenstrukturen zu erreichen. Die Dokumentation erfolgte an einem weitem Knochenfenster mit einer Fensterbreite von 4000 HE und einer Fenstermittellage von 1000 HE. Eine intravenöse Kontrastmittelgabe war nicht nötig.

Bei einer Patientin konnte die Darstellung der Felsenbeinstrukturen in der koronaren Schichtebene auf Grund einer starken Schwindelsymptomatik nicht erfolgen. In diesem Fall musste eine koronare Sekundärrekonstruktion angefertigt werden.

Um die Strahlenbelastung für die Linse so gering wie möglich zu halten, wurde auf eine exakte Lagerung des Patienten auf dem Untersuchungstisch geachtet. Bei gleicher Höhenlokalisation beider Felsenbeine kann die Scanzahl so gering wie möglich gehalten

werden. Außerdem wurden alle Patienten angehalten, bei der axialen Projektion zum Schutz der Augenlinse, den Blick nach oben zu richten.

### **3.2.3. Auswertungskriterien**

Die Auswertung der angefertigten CT-Bilder erfolgte nach einem einheitlichen Schema. Die Betrachtung erfolgte visuell.

Zuerst erfolgte die Analyse des gesamten Mittel- und Innenohres. In den pneumatisierten Räumen des Mittelohres wurde nach Verschattungen durch solide Gewebe oder nach Flüssigkeitsansammlungen gesucht. Des Weiteren wurde nach Erosionen der Labyrinthkapsel, der Paukenhöhlenwände und des Gehörganges gefahndet.

Erst im zweiten Schritt galt das Interesse der Gehörknöchelchenkette mit der neu eingebrachten Stapesprothese sowie dem Vestibulum.

Dabei wurden wie folgt vorgegangen:

1. Beurteilung der Lage des Pistons der Stapesprothese zum ovalen Fenster
2. Beurteilung der Tiefe des Eintauchens der Prothese in das ovale Fenster bzw. Vestibulum
3. Überprüfung der Verankerung des Platinbandes am langem Ambossschenkel
4. Beurteilung der Beschaffenheit des Hammer-Amboss-Gelenkes einschließlich Hammer und Amboss
5. Überprüfung der Prothese hinsichtlich eines Prothesenbruches
6. Suche nach Weichteilgewebe im Bereich des ovalen Fensters, der Umgebung der Ossikel und der Prothese
7. Suche nach Flüssigkeitsansammlungen im Bereich des Tympanons, besonders im Bereich des ovalen Fensters
8. Suche nach Luftansammlungen im Vestibulum

Die im CT erhobenen Befunde wurden mit der klinischen Symptomatik verglichen. Daraus ergab sich eine Verdachtsdiagnose und es konnte die Indikation zu einer eventuellen Revisionsoperation gestellt werden.

## 4. Ergebnisse

### 4.1. Untersuchungstechnische Gesichtspunkte

Alle im Ergebnis unserer Untersuchungsreihe dargestellten Bilder zeichneten sich durch eine sehr gute Bildschärfe und einen optimalen Bildausschnitt aus. Die Gehörknöchelchen konnten, trotz ihrer sehr kleinen Größe, sehr gut identifiziert werden. Die Darstellung der Platinband-Teflon-Prothese war in der axialen und koronaren Schichtebene möglich. Eine genaue Bestimmung der gesamten Länge der Prothese konnte aufgrund der zu geringen Größe der Prothese und des nicht sichtbaren Teflon-Pistons nicht erfolgen. Das ovale Fenster war in beiden Untersuchungsebenen - axial und koronar - sehr gut darstellbar.

Bei einigen Untersuchungen konnte die optimale Kippung in der axialen Ebene nicht immer erzielt werden. Die Schnittebene verlief bei einigen Untersuchungen parallel zur Schädelbasis und nicht parallel zur Infraorbitomeatallinie, so dass die Auswertung der so angefertigten Aufnahmen erschwert wurde.

Einen Überblick über die Darstellbarkeit der anatomischen Strukturen des Tympanons sowie der Stapesprothese gibt die Tab. 4.1.

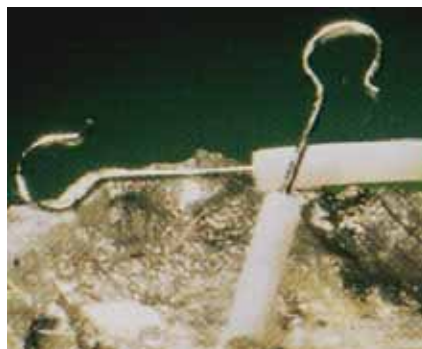
**Tab. 4.1. :** Darstellbarkeit der einzelnen anatomischen Strukturen des Mittelohres im Felsenbein-CT

Anatomische Struktur	Axial	Koronar
Trommelfell	angedeutet	angedeutet
Platinband-Teflon-Prothese	sehr gut darstellbar	gut darstellbar
Amboss: Körper	sehr gut darstellbar	sehr gut darstellbar
Langer Fortsatz	darstellbar	sehr gut darstellbar
Ovales Fenster	sehr gut darstellbar	sehr gut darstellbar
Weichteilgewebe	gut darstellbar	gut darstellbar
Flüssigkeit	gut darstellbar	gut darstellbar
Luftinschlüsse im Vestibulum	sehr gut darstellbar	sehr gut darstellbar

## 4.2 CT-Normalbefund

Insgesamt beurteilten wir 37 Stapesprothesen. In 20 Felsenbein-CT's konnten keine pathologischen Befunde gefunden werden. Bei all diesen 20 Patienten lag die Prothese regelrecht. Es konnten des weiteren keine Lufteinschlüsse oder Prothesenbrüche nachgewiesen werden.

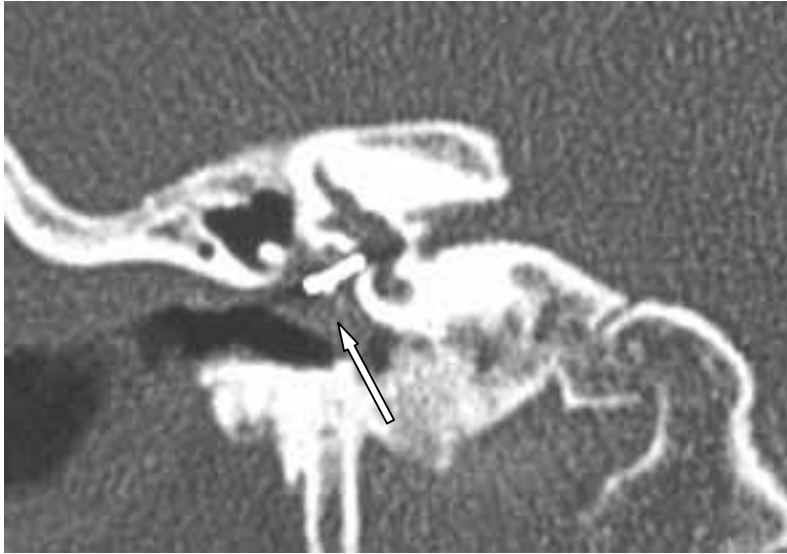
Die Abb. 4.1. zeigt die in unseren Untersuchungen bei allen 37 Patienten eingesetzte Platinband-Fluoroplastik-Prothese der Firma Smith & Nephew.



**Abb. 4.1. :**  
Kolbenprothese nach Richards  
Platin/Fluoroplastik der Firma  
Smith & Nephew

Da die Untersuchungen bis auf eine Ausnahme im frühen postoperativen Intervall durchgeführt wurden, waren im Felsenbein-CT typische postoperative Veränderungen nachweisbar, denen keine pathologische Bedeutung zugeordnet werden kann.

In allen CT-Bilder konnten Verschattungen im Bereich des äußeren Gehörganges, in der Paukenhöhle und im Mastoid dargestellt werden. Die Verschattungen des äußeren Gehörganges entstehen in den ersten beiden postoperativen Wochen durch eine äußere Gehörgangstamponade. Die Verschattungen im Bereich der Paukenhöhle waren unterschiedlich stark ausgeprägt. Es konnte partielle Verschattungen, Verschattungen um die Prothese, aber auch Verschattungen der gesamten Paukenhöhle nachgewiesen werden. Flüssigkeitsspiegel im Mastoid und Verschattungen des Mastoids waren hingegen seltener anzutreffen. Die Abb. 4.2.und 4.3. zeigen typische postoperative Veränderungen.



**Abb.4.2.:** Koronare Scanebene:  
regelrechter Prothesensitz,  
Verschattungen um  
die Prothese (Pfeil)



**Abb. 4.3.:** Axiale Ebene: regelrechter  
Prothesensitz, Verschattungen um die  
Prothese und  
im äußeren Gehörgang (Pfeil)

10 Patienten, bei denen keine pathologischen Veränderungen im CT nachweisbar waren, zeigten auch keine pathologische Klinik. 10 Patienten mit einem CT-Normalbefund wiesen eine postoperativ pathologische Symptomatik 1 Woche postoperativ auf. Bei 4 der 10 Patienten waren die Beschwerden 6 Wochen postoperativ noch nachweisbar. In Tab. 4.2. sind die Patienten, die eine postoperative Beschwerdesymptomatik aufwiesen bei einem CT-Normalbefund, aufgelistet.

**Tab. 4.2.:** Patientenhäufigkeit postoperativer Beschwerden bei einem Normalbefund des Felsenbein-CT`s

Postoperative Komplikation	Anzahl der Patienten	
	1 Woche postoperativ	6 Wochen postoperativ
SE-SH	3	0
Tinnitus	2	2
SE-SH und Schwindel	1	1
Schwindel	4	1

### 4.3. Pathologische Befunde im Felsenbein-CT

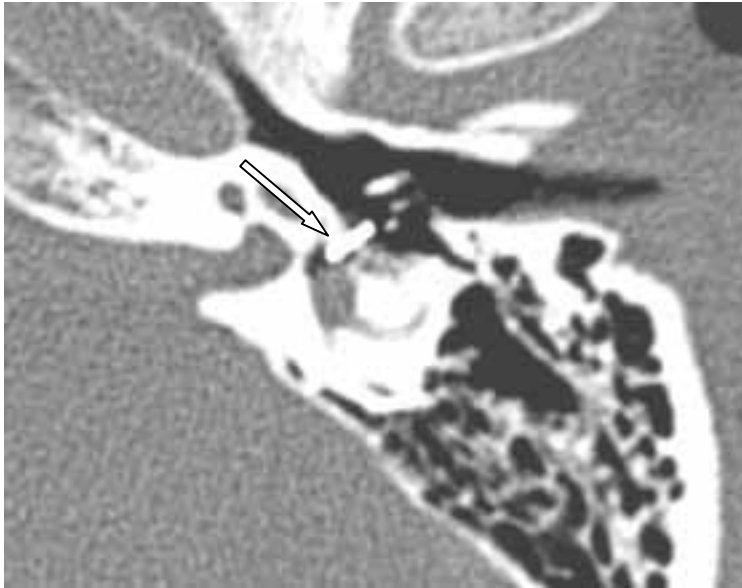
In 17 der 37 CT-Befunde waren pathologische Befunde zu erkennen.

Am häufigsten wurde eine Prothesenfehlage diagnostiziert. Diese trat als alleiniger Befund oder in Kombination mit einem weiteren Befund bei insgesamt 11 Patienten auf. Bei 3 Patienten lag die Prothese zu tief im ovalen Fenster, bei 1 Patienten war die Prothese disloziert, bei 2 Patienten stellten sich eine zu tiefe Lage der Prothese und Lufteinschlüsse im Labyrinth dar, bei 4 Patienten war die Prothese zu weit vom ovalen Fenster entfernt und bei einem Patienten war die Prothese zu weit weg vom ovalen Fenster und es zeigten sich noch Lufteinschlüsse.

In der Abb. 4.4. und Abb. 4.5. sind eine zu tiefe Prothesenlage mit einer Luftblase am Prothesenende in der axialen und koronaren Scanebene dargestellt.



**Abb. 4.4. :** Die Prothese liegt zu tief im Vestibulum (Koronare Ebene)



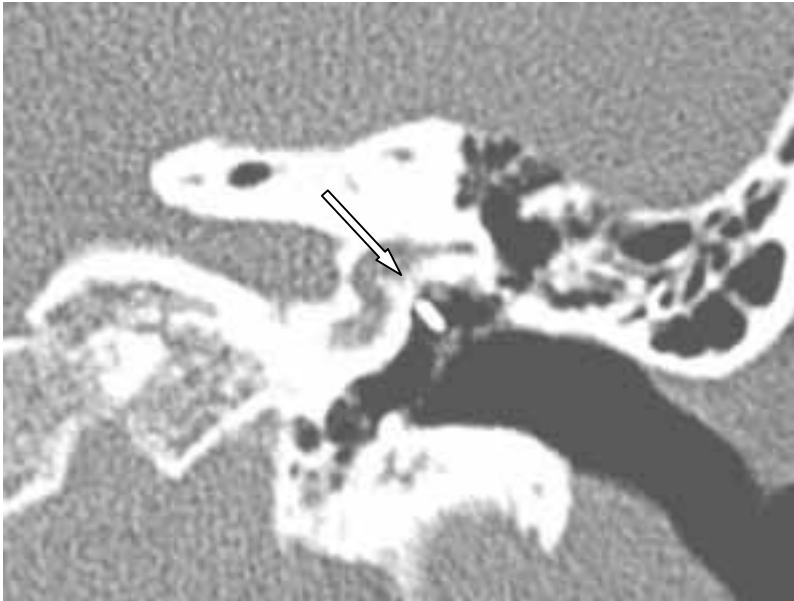
**Abb. 4.5.:** Zu tiefe Prothesenlage (Pfeil) mit Luftblase am Prothesenende (axiale Ebene)

Die Abb. 4.6. zeigt eine Luftblase am medialen Prothesenende in der koronaren Scanebene.

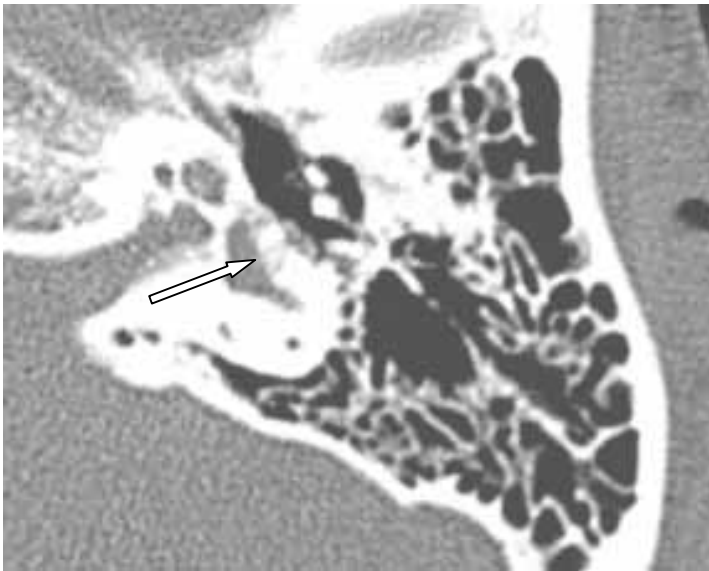


**Abb. 4.6.:** regelrechte Prothesenlage mit Luftblase am Prothesenende (Pfeil) in der koronare Ebene

Die Prothesendislokation ist der einzige Fall (Abb. 4.7. – 4.9.), bei welcher die CT-Untersuchung nicht in der frühen postoperativen Phase durchgeführt wurde, sondern 1 Jahr postoperativ. Auf Grund der so ausgeprägten Otospongiose kam es in diesem Fall zu einem kompletten Verschluss des ovalen Fensters. Die Prothese wurde aus ihrer ursprünglichen Lage verdrängt und hat keinen Kontakt zum ovalen Fenster. Dieser Fall aus der späten postoperativen Phase ist auf Grund der so starken Ausprägung der Otospongiose und der daraus resultierenden Dislokation der Prothese in die Arbeit mit aufgenommen wurden.



**Abb. 4.7.:** Fenestrale Otospongiose mit kompletten Verschluss des ovalen Fensters



**Abb. 4.8.:** Fenestrale Otospongiose (Selber Patient wie in Abb. 4.7.)



**Abb. 4.9.:** Die Prothese hat keinen Kontakt zum ovalen Fenster (Selber Patient wie in Abb. 4.7. und 4.8.)



Bei 6 Patienten war eine regelrechte Lage der Prothese nachweisbar. Es zeigten sich aber bei 5 dieser Patienten Lufteinschlüsse im Labyrinth und bei einer Patientin konnten Knochenfragmente im Labyrinth nachgewiesen werden. Bei einem dieser 5 Patienten waren zusätzlich noch Flüssigkeitsspiegel erkennbar.

Die Tab. 4.3. gibt einen Überblick über Häufigkeit der von uns gefundenen Befunde in allen 37 Felsenbein-CT's.

**Tab. 4.3.:** CT-Befunde aller 37 Patienten

<b>CT-Befund</b>	<b>Häufigkeit</b>
Regelrechte Lage der Prothese	n = 20
Prothese zu tief im ovalen Fenster	n = 3
Prothese zu tief im ovalen Fenster und Lufteinschlüsse	n = 2
Prothese zu weit weg vom ovalen Fenster	n= 4
Prothese zu weit weg vom ovalen Fenster und Lufteinschlüsse	n = 1
Dislokation	n = 1
Lufteinschlüsse im Labyrinth	n = 4
Lufteinschlüsse im Labyrinth und Flüssigkeitsspiegel	n = 1
Knochenfragmente	n = 1

In der Mehrzahl der Fälle war eine progrediente Schwindelsymptomatik, die allein oder in Kombination mit einer SE-SH auftrat, der Grund für die Durchführung der CT-Untersuchung. Bei 2 der 17 pathologischen Felsenbein-CT's konnte keine pathologische Klinik nachgewiesen werden. Bei 7 Patienten waren zusätzliche otospongiotische Plaques bzw. Herde nachweisbar (Abb. 4.10.).

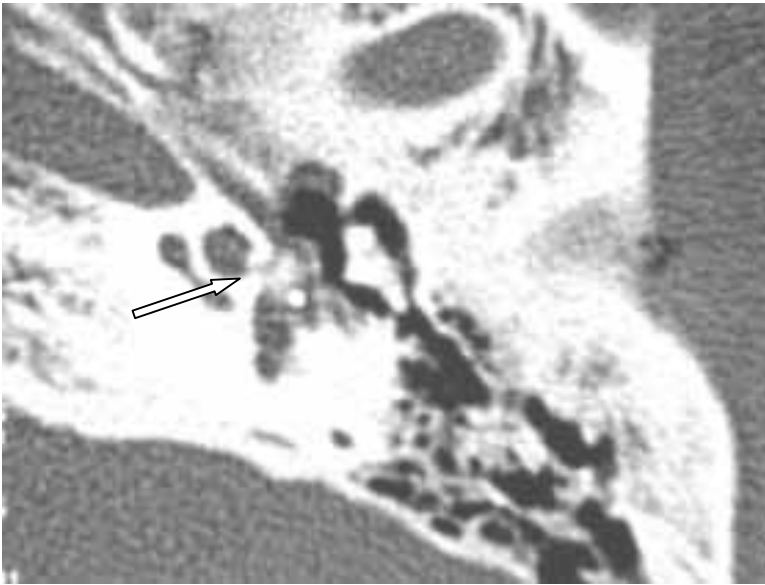


Abb.: 4.10.: Otospongiotischer Block

Die Tab. 4.4. zeigt eine Übersicht aller 17 pathologischen CT-Befunde mit der dazugehörigen klinischen Symptomatik.

Tab. 4.4: Pathologische CT-Befunde und dazugehörige Klinik

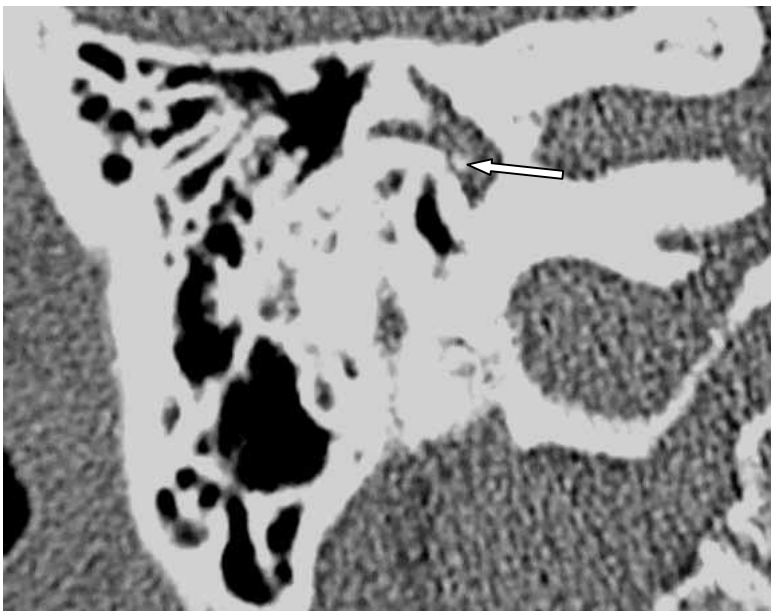
Nr.	Klinische Symptomatik	CT-Befund
1	Geringe Verbesserung der SL-SH	Prothese zu weit weg Keine Lufteinschlüsse
2	Keine Beschwerden	Regelrechte Prothesenlage Luftblase am Ende der Prothese
3	Keine Beschwerden	Regelrechte Prothesenlage Luftblase am Ende der Prothese
4	Verschlechterung der SL-SH, Schwindel, Tinnitus	Regelrechte Prothesenlage Lufteinschlüsse
5	Schwindel	Prothese zu tief und Keine Lufteinschlüsse
6	Verschlechterung der SE-SH Schwindel	Prothese zu tief Lufteinschlüsse im Labyrinth

<b>Nr.</b>	<b>Klinische Symptomatik</b>	<b>CT-Befund</b>
7	Verschlechterung der SL-SH Verschlechterung der SE-SH Schwindel	Prothese zu tief und Lufteinschlüsse im Labyrinth
8	Verschlechterung der SE-SH 1 Jahr postoperativ	Dislokation der Prothese Keine Lufteinschlüsse
9	Geringe Verbesserung der SL-SH	Prothese zu weit weg Lufteinschlüsse im Labyrinth
10	Verschlechterung der SE-SH Schwindel	Regelrechte Prothesenlage Lufteinschlüsse, Knochenfragment
11	Verschlechterung der SE-SH	Prothese zu weit weg Keine Lufteinschlüsse
12	Verschlechterung der SE-SH Schwindel Tinnitus	Regelrechte Prothesenlage Lufteinschlüsse, Flüssigkeitsspiegel
13	Verschlechterung der SE-SH Schwindel	Prothese zu tief Lufteinschlüsse im Labyrinth
14	Verschlechterung der SL-SH Schwindel	Prothese zu tief Keine Lufteinschlüsse
15	Verschlechterung der SE-SH Schwindel Tinnitus	Regelrechte Prothesenlage Luftblase am Ende der Prothese
16	Geringe Verbesserung der SL-SH Verschlechterung der SE-SH	Prothese zu weit weg Keine Lufteinschlüsse
17	Geringe Verbesserung der SL-SH Verschlechterung der SE-SH	Prothese zu weit weg Keine Lufteinschlüsse

Bei einer Patientin konnten postoperativ Knochenfragmente im Vestibulum nachgewiesen werden. In Abb. 4.12. und 4.13. sind diese Knochenfragmente in der axialen und koronaren Scanebene dargestellt.



**Abb. 4.11.:** Knochenfragment im Vestibulum (axiale Ebene)



**Abb. 4.12.:** Knochenfragment im Vestibulum (koronare Ebene)

#### **4.4. Vergleich der pathologischen CT-Befunde mit den Ergebnissen der Revisionsoperation**

In 7 Fällen erfolgte eine operative Revision. Im CT-Bild konnte bei 4 Patienten eine zu tiefe Lage diagnostiziert werden. Klinisch äußerte sich dieser Befund mit einer deutlichen Schwindelsymptomatik bei allen 4 Patienten sowie zusätzlich mit einer Verschlechterung der SE-SH bei 2 der Patienten. In allen 4 Fällen wurde intraoperativ eine Prothesenkürzung vorgenommen. In zwei dieser 4 Fällen wurden noch zusätzlich Granulationen abgetragen. 3 der 4 Patienten wiesen nach der Operation eine deutliche Verbesserung der Schwindelsymptomatik auf.

Bei zwei Patienten zeigten sich im CT-Bild Lufteinschlüsse im Labyrinth sowie Flüssigkeitsspiegel bei einer dieser 2 Patienten. Klinisch klagten beide Patienten über Schwindel. Des Weiteren kam es zu einer Verschlechterung der SE-SH. Intraoperativ konnte in beiden Fällen eine Perilymphfistel nachgewiesen werden, welche abgedeckt wurde. Postoperativ kam es bei einer dieser beiden Patienten zu einer deutlichen Besserung der Schwindelsymptomatik.

In einem Fall lag die Prothese regelrecht und es konnten Lufteinschlüsse nachgewiesen werden. Außerdem kamen im Vestibulum kleine Fragmente zur Darstellung. Die Patientin klagte über eine ausgeprägte Schwindelsymptomatik und eine Verschlechterung der SE-SH. Intraoperativ wurden Granulationen entfernt. Postoperativ war der Schwindel unverändert.

Die Tab. 4.5. zeigt eine Gegenüberstellung der präoperativen CT-Diagnose und des bei der Revisionsoperation vorgefundenen Befundes in der Paukenhöhle bzw. am ovalen Fenster sowie der klinischen Symptomatik vor der Revisionsoperation.

In einem Fall wurde die Revisionsoperation, trotz progredienter Schwindelsymptomatik und einer im CT diagnostizierten Dislokation der Prothese, abgelehnt.

Bei einem weiteren Fall wurde auf Grund der 3. Revision und einem erneut enttäuschenden postoperativen Ergebnis auf eine weitere Operation verzichtet.

**Tab. 4.5. :** Gegenüberstellung von CT-Diagnose und Diagnose der Revisionsoperation sowie der Klinik vor der Revisionsoperation

<b>Nr.:</b>	<b>Klinik vor der Revisions-OP</b>	<b>CT-Diagnose</b>	<b>Diagnose der Revisions-OP</b>	<b>Klinik nach Revisions-OP</b>
1	Verschlechterung der SE-SH, Schwindel	Prothese zu tief Lufteinschlüsse	Granulationen in Paukenhöhle und Vestibulum Prothesenkürzung	Verbesserung der SE-SH und des Schwindels
2	Schwindel	Prothese zu tief	Prothesenkürzung	Verbesserung des Schwindels
3	Verschlechterung der SE-SH, Schwindel	Lufteinschlüsse, Flüssigkeitsspiegel im Vestibulum	Nachweis einer Perilymphfistel	Verbesserung des Schwindels und der SE-SH
4	Schwindel, Verschlechterung der SL-SH, Tinnitus	Lufteinschlüsse im Vestibulum	Nachweis einer Perilymphfistel	Schwindel, SL-SH, Tinnitus unverändert
5	Schwindel	Knochenfragmente im Vestibulum	Granulationen in Paukenhöhle	Schwindel-symptomatik unverändert
6	Schwindel und Verschlechterung der SE-SH	Prothese zu tief	Prothesenkürzung	Verbesserung des Schwindels und der SE-SH
7	Schwindel und Verschlechterung der SE-SH	Prothese zu tief	Prothesenkürzung Granulationen in Paukenhöhle	geringe Verbesserung der Schwindel-symptomatik und der SE-SH

## 5. Diskussion

### 5.1. Diskussion zur Untersuchungstechnik

Mit Hilfe der HR-CT können Gehörknöchelchenrekonstruktionen oder Prothesen am postoperativen Mittelohr exzellent erfasst werden. Auf Grund der sehr geringen Größe der abzubildenden Strukturen, die teilweise nur wenige Millimeter groß sind, ist die Durchführung der Untersuchung in der Dünnschichttechnik notwendig. So ist eine ausreichende detailgetreue Abbildung dieser Strukturen möglich. Da die Augenlinse in der Nähe der zu untersuchenden Strukturen liegt, ist es wichtig, diese durch eine entsprechende Gantrykippung zu schützen (Czerny 1997, Torizuka 1992, Köster 1988, Oberascher 1988, Schwartz 1986).

Schon 1979 beschäftigte sich Hanafee mit der Darstellung des Felsenbeins mit Hilfe der hochauflösenden Computertomographie. Es gelang ihm, pathologische Prozesse im Mittelohr darzustellen (Hanafee 1979).

Schwartz konnte 1986 erstmalig Stapesprothesen in der HR-CT darstellen. Er stellte zusammenfassend fest, dass die HR-CT einen signifikanten Wert bei der Darstellung postoperativer Komplikationen in der Stapeschirurgie bei Einsatz der richtigen Technik erlangen wird. Voraussetzung dafür war seiner Meinung nach die Anwendung dünner Schichten.

Mit der Verbesserung der Gerätetechnik wurde Anfang der 90er Jahre die 1-mm-Schichtdicke in Einzelschichttechnik als Voraussetzung für eine detailgenaue Abbildung gesehen.

Kleinste anatomische Strukturen wie Stapes und N. facialis konnten von Astinet 1990 dargestellt werden. Dabei erzielte er durch die Anfertigung möglichst dünner, lückenloser Schichten (1mm) eine optimale Bildqualität. Er wies darauf hin, dass es bei der Anwendung von 2 mm-Schichten zu Einschränkungen in der Detailerkennbarkeit kommt (Astinet 1990). Durch einen erhöhten Partialvolumeneffekt ist seiner Meinung nach eine Überlagerung von N. facialis und Steigbügel in der ovalen Fensternische möglich (Astinet 1990).

Viele Arbeiten beschäftigten sich mit der Dünnschichttechnik. So bewiesen Barr, Haas, Torizuka, D`Archambeau sowie Schneider-Möbius die Notwendigkeit der Anwendung der Dünnschichttechnik für eine detailgenaue Abbildung der anatomischen Strukturen des Felsenbeins (Haas 1988, D`Archambeau 1990, Torizuka 1992, Barr 1993, Schneider-Möbius 1996).

Nach diesen Erkenntnissen der Literatur und einer aktuelleren Arbeit der Radiologischen Klinik der Universität Leipzig (Reschke 2000) wurden die von uns angefertigten Felsenbein-CT-Untersuchungen mit einer Schichtdicke und einem Tischvorschub von 1mm durchgeführt. Dadurch gelang eine gute Darstellung der sehr kleinen, nur wenige Millimeter großen Stapesprothesen.

Köster wies darauf hin, dass die Linsenbelastung bei der Computertomographie insbesondere in der axialen Projektion von der Gantryneigung abhängig ist. Es ist möglich, die Augenlinse aus dem direktem Strahlengang heraus zu halten, so dass nur noch Streustrahlung wirkt. Die Belastung der Linse betrug nach seinen Messungen 1-20 mGy. Die niedrigen Werte entsprechen der Streustrahlung – bei den höheren Werten muss davon ausgegangen werden, dass die Linse im direkten Strahlengang lag.

Die koronare Ebene sah Köster aus Strahlenschutzgründen als geeignete Projektion, da die Belastung für die Linse nur bei 1 mGy lag (Köster 1988). Auch eine Erniedrigung der mAs führt zu einer deutlichen Reduktion der Linsenbelastung (Köster 1988, Torizuka 1992). So führten viele Autoren Untersuchungen unter Beachtung der Dosisreduktion der Augenlinse durch. In der Arbeit von Reschke wurde eine mAs-Zahl von 170 mAs angewendet. Da dieser Wert extrem Geräte abhängig ist, war dies nach Meinung der Untersucher die niedrigste anzusetzende mAs-Zahl am Somatom Plus S. Bei einer weiteren Reduktion kommt es zu einem verstärkten Bildrauschen und damit zu einer eingeschränkten diagnostischen Aussagekraft der Untersuchung. Mit diesen technischen Parametern und einer Schichtung parallel zur Infraorbitomeatalebene wurde eine Linsenexposition von 0,64 mGy für 12 axiale Scans erreicht (Schneider-Möbius 1996, Reschke 1997). Selbst bei vielen Wiederholungsuntersuchungen wird die minimale kataraktogene Grenzdosis von 2000 mSv nicht erreicht (Schneider-Möbius 1996).

Wir führten alle Untersuchungen nach den neusten Erkenntnissen der Literatur durch und versuchten die technischen Parameter unserer Untersuchungen den Ergebnissen der Radiologischen Klinik der Universität Leipzig anzupassen.

Für die Darstellung der Gehörknöchelchen und der Platinband-Teflon-Prothese entschieden wir uns für die primäre Schichtung in 2 Ebenen. In der Literatur finden sich hierzu zahlreiche Untersuchungen, welche empfehlen dass die axiale Scanebene durch die koronare Scanebene zu ergänzen ist, um eine höhere diagnostische Aussagefähigkeit zu erreichen (Schwartz 1986,



Chakeres 1985, Haas 1988, Köster 1988, Köster 1990, Astinet 1990, Barr 1993, Torizuka 1992).

Chakeres untersuchte 1985 an Leichenfelsenbeinen verschiedene Mittelohrprothesen. Dabei kam er zu dem Ergebnis, dass die Prothesen in der koronaren Ebene am besten sichtbar seien (Chakeres 1985). Die Untersuchung der Universität Leipzig 1997 widersprach dieser Ansicht. In dieser Studie konnten Torp`s und Porp`s in der axialen Scanebene besser dargestellt werden. Es gelang eine hervorragende Darstellung und Beurteilung der unterschiedlichsten Prothesenarten in beiden Ebenen (Reschke 1997).

Die koronare Sekundärrekonstruktion führte zu einem Qualitätsverlust hinsichtlich bestimmter Detailinformationen. Die Abbildung der Prothesen gelang uns mit dieser Methode nur unbefriedigend. Kleine Details wie knöcherne Arrosionen und kleine Luftblasen konnten nicht zur Abbildung gebracht werden. Wir nutzten die Möglichkeit der koronaren Sekundärrekonstruktion nur in Fällen, bei denen die primäre Darstellung in der koronaren Ebene auf Grund der klinischen Symptomatik nicht möglich war. In der Literatur wiesen einige Studien darauf hin, dass die Sekundärrekonstruktion den Primärschans hinsichtlich der Qualität deutlich unterlegen ist (Astinet 1990, Grevers 1989, Reschke 1997). Der Vorteil liegt in der Zeitersparnis der Untersuchung und um bei Lagerungsproblemen auf eine zweite Ebene zurückgreifen zu können (Astinet 1990).

Die Anwendung der Spiraltechnik war mit dem uns zur Verfügung stehendem CT-Gerät Somatom Plus S nicht möglich.

Das Spiral-CT ist eine weitere Möglichkeit zur Darstellung der Strukturen des Mittelohres sowie der Schädelbasis (Liu 1989). Durch dünnere Schichten (0,5 mm) und eine spezielle Computersoftware zur Rekonstruktion ist es möglich kleinere und kontrastarme Strukturen wie z.B. den Stapes darzustellen. Außerdem kann durch eine höhere räumliche Auflösung die Mikroanatomie des Knochens besser erfasst werden und es können somit feine Frakturen sowie Erosionen besser erkannt werden (Shanker 1991). Mit Hilfe des Spiral-CT`s können die Bilder schnell und unabhängig von Patientenbewegungen angefertigt werden (Luker 1993, Kaste 1997). Es ist nur eine Ebene, nämlich die axiale notwendig, aus welcher die koronare Ebene mit einer hohen Qualität rekonstruiert werden kann (Caldemeyer 1999).

Mit Hilfe einer Computersoftware ist es möglich aus den Daten der Spiral-CT eine dreidimensionale Rekonstruktion zu erstellen. Hiermit sollen Operationen besser geplant werden können. Die dreidimensionale Darstellung ermöglicht dem Chirurgen eine bessere

Vorstellung der anatomischen Gegebenheiten und Variationen sowie einen Einblick in die pathologischen Veränderungen (Seeman 1999, Schubert 1996).

Die postoperative dreidimensionale Darstellung könnte nach erfolgter Stapeschirurgie die Diagnostik erleichtern und eine Revisionsoperation vorbeugen. Da es oft schwierig ist, die Ursache für die postoperative pathologische Klinik nach erfolgter Stapedotomie zu finden, sollte bei unklaren Fällen diese Möglichkeit der dreidimensionalen Darstellung mit Hilfe des hochauflösenden Spiral-CT's mit in Erwägung gezogen werden.

Die von uns angewandte Ortsauflösung von 1024 x1024 Bildpunkten ermöglicht eine Detailerkennbarkeit von 0,35 mm Objektgröße und –abstand im Hochauflösungsalgorithmus. Dadurch können sogar feine Narbenstränge nachgewiesen werden. Die von uns angewandte CT-Technik hat eine hohe Kontrastauflösung, so dass Kunststoffprothesen, die im Weichteilgewebe eingebettet sind, problemlos erkannt werden können (Reschke 1997).

## **5.2. Diskussion zum Stellenwert der HR-CT-Untersuchung des Felsenbeins nach erfolgter Stapedotomie**

Seit Mitte der 80-iger Jahre beschäftigen sich einige Publikationen mit der Darstellung von Stapesprothesen und dem Stellenwert der HR-CT nach einer Stapedotomie.

Schwartz konnte 1986 Stapesprothesen im hochauflösenden Felsenbein-CT darstellen. Als kleinste Struktur identifizierte er damals den Metallpiston in der axialen und koronaren Scanebene. In dieser Zeit wurden auch erstmalig Teflonprothesen zum Einsatz gebracht. Auch diese Prothese konnte von Schwartz in ihrer gesamten Länge in überlappenden axialen Bildern dargestellt werden (Schwartz 1986).

1988 gelang es Oberascher autologe/allogene Interponate sowie alloplastische Implantate aus Keramik, Kunststoff und Metall in der HR-CT darzustellen. Voraussetzung für eine optimale Darstellung war seiner Meinung nach eine spezielle Kopflagerung. Er empfahl eine seitliche Kippung des Kopfes um 30°, da dadurch die Gehörknöchelchen schräg getroffen werden. Des weitren wäre die Zuhilfenahme einer 2. Scanebene, der koronaren Ebene, zur Identifikation der Mittelohrimplantate sinnvoll (Oberascher 1988).

Fuse gelang auf Grund des Partialvolumeneffektes die Darstellung des Stapes und des Incudostapedialgelenkes nur unbefriedigend (Fuse 1992).

Aktuellere Arbeiten zeigen, dass die Darstellung der Gehörknöchelchen inklusive der eingebrachten Prothesen für die heute zum Einsatz gebrachten CT-Technik kein Problem mehr ist. Gehörknöchelchenrekonstruktionen und Prothesen können mit Hilfe der HR-CT exzellent erfasst werden (Mujherji 1994, Czerny 1997). Lemmerling konnte beide Stapeschenkel in 100 % der Fälle darstellen und das Incudostapedialgelenk in 86 % der Fälle (Lemmerling 1997). Eine Arbeitsgruppe der Radiologischen Klinik der Universität Leipzig untersuchte an Leichenpräparaten verschiedene Prothesenmaterialien und –fehlagen hinsichtlich ihrer Abbildbarkeit im CT (Kösling 1995, Reschke 1997). Es zeigte sich, dass nicht jede Prothesenart mit gleicher Qualität zur Abbildung kam. Die Keramik- bzw. Fluoroplastikprothesen bereiteten keine Probleme in der Darstellung. Es konnte die exakte Prothesenlage im Mittelohr sowie die Verankerung der Prothesen sicher beurteilt werden. Selbst die Hochkontrastartefakte der Goldprothesen hatten keine Auswirkung auf die diagnostische Aussagekraft (Kösling 1995, Reschke 1997). Einschränkungen in der Beurteilung feiner Veränderungen um die Prothese hielt Hrabak für möglich (Hrabak 1995). Stone weist in einer aktuellen Studie noch einmal darauf hin, dass die Anwendung der Dünnschichttechnik für die Darstellung der verschiedenen Prothesen wichtig ist. Die große Vielfalt von Prothesen, die heutzutage in der Rekonstruktion der Gehörknöchelchenkette angewandt wird – so auch die verschiedenen Stapesprothesen, sind meistens in ihrer Größe und Gestalt im HR-CT darstellbar. Des weiteren bereitet auch die Darstellung von Cholesteatomen, Otitiden, Granulationen und Adhäsionen keine Probleme. Ebenso sind eine Vielzahl mechanischer Probleme wie Subluxationen, Dislokationen, Biegungen und Frakturen der Prothesen im HR-CT eindeutig zu erkennen (Stone 2000).

Williams fand in seinen Untersuchungen, dass eine Stapesprothese nur mit Hilfe der Spiraltechnik in vollständiger Länge darstellbar ist. Er meint, dass das laterale bzw. mediale Ende der Prothese im HR-CT nicht zu sehen ist und aus diesem Grund die Spiraltechnik angewendet werden sollte. So kann die gesamte Länge der Prothese in nur einer Ebene dargestellt werden (Williams 2000).

Wie von uns in einer Röntgenuntersuchung der Platinband/Fluoroplastikprothese nachgewiesen, kann nur das aus Metall bestehende Platinband im HR-CT dargestellt werden. Der Kunststoffanteil und somit der Prothesenpiston aus Fluoroplastik ist im CT-Bild nicht sichtbar. Da die Prothese nur wenige Millimeter groß ist und zusätzlich noch Metallartefakte eine Rolle spielen, ist die Darstellung des Teflonpistons von untergeordneter Bedeutung. Hat der sichtbare Anteil der Prothese Kontakt zum Vestibulum, so kann von einer korrekten Prothesenlage ausgegangen werden. Uns gelang genau wie der Untersuchungsgruppe aus

Leipzig 1997 (Kösling 1995, Woldag 1995, Reschke 1997) eine hervorragende Darstellung der Platinband-Teflon-Prothese in der axialen und koronaren Ebene.

90% der Operationen am Stapes sind erfolgreich (Shea 1998). Postoperativ treten hauptsächlich zwei klinische Symptome auf, die für eine nicht erfolgreiche Stapesoperation verantwortlich sind. Das ist zum einem ein Ausbleiben der erwünschten Hörverbesserung und zum anderem das Auftreten einer postoperativen Schwindelsymptomatik. Die Ursachen für die nicht erreichte Hörverbesserung können Prothesenfehlagen, Incusnekrosen, Fibrosen, Dislokationen, Ankylosen des Malleus sowie eine obliterative Otosklerose sein. Eine postoperative Schwindelsymptomatik tritt bei einer intravestibulären Lage der Prothese, einer Perilymphfistel oder aber bei Granulationen im Bereich des ovalen Fensters auf (Oberascher 1987, Kösling 1995, Woldag 1995, Stone 2000, Williams 2000).

Unsere Untersuchungen stützten sich vor allem auf die frühe postoperative Phase nach Stapesoperationen. Wir untersuchten Patienten nach Stapesoperationen innerhalb der ersten 6 Wochen. Auf Grund eines sehr eindrucksvollen Befundes wurde eine CT-Untersuchung, welche erst 1 Jahr nach erfolgter Stapedotomie angefertigt wurde, mit in die Studie aufgenommen. Es handelte sich hierbei um eine Prothesendislokation, welche durch eine ausgeprägte Ootospongiose zustande kam.

In dieser Studie wurden nicht nur Patienten mit einer pathologischen postoperativen Klinik untersucht, sondern auch Patienten, die klinisch beschwerdefrei waren.

Da sich die Untersuchungen auf die frühe postoperative Phase beziehen, konnten in allen CT-Bilder frische postoperative Veränderungen nachgewiesen werden. In den ersten 2 Wochen nach Operation war immer eine vollständige Verschattung des äußeren Gehörganges zu sehen. Diese wird durch eine äußere Gehörgangstamponade hervorgerufen. Des weiteren konnten Verschattungen in der Paukenhöhle und dem Mastoid nachgewiesen werden. In einigen Fällen stellten sich zusätzlich noch Flüssigkeitsspiegel dar. Diese frischen postoperativen Veränderungen zeigten eine unterschiedlich starke Ausprägung. So konnten in einigen Fällen nur Verschattungen im Bereich der Prothese nachgewiesen werden. Bei einem anderen Teil der untersuchten Patienten war hingegen die gesamte Paukenhöhle verschattet. Verschattungen des Mastoid mit eventuellen Flüssigkeitsspiegeln konnten nur bei einigen Patienten dargestellt werden. Eine Übereinstimmung in Hinblick auf die Stärke der Ausprägung der Verschattung im CT-Bild und einer pathologischen postoperativen Klinik war nicht zu finden. Massive Verschattungen der Paukenhöhle, welche ein Hinweis auf die Bildung von Granulationen sein können, waren nicht immer mit einer pathologischen

postoperativen Klinik verbunden. Es zeigten sich hingegen bei einigen Patienten mit einer pathologischen postoperativen Klinik nur geringe Verschattungen im Bereich der Paukenhöhle.

In der frühen postoperativen Phase kann mit Hilfe der HR-CT keine Aussagen darüber gemacht werden, um was für einen Befund es sich handelt. Es können sich hinter diesen Verschattungen frische postoperative Veränderungen, genauso aber auch Granulationen verbergen. Auch das Ausmaß der im CT-Bild dargestellten Verschattungen hat in der Frühphase keine Aussagekraft. Zum Ausschluss von Granulationen ist die HR-CT in der Frühphase nicht geeignet, da Granulationen von frischen postoperativen Veränderungen nicht zu unterscheiden sind. Deshalb sollte man sich immer an der postoperativen Klinik des Patienten orientieren. Kommt es postoperativ zu einer schweren Schwindelsymptomatik oder zu einem Abfall der Knochenleitungskurve, ist nach Versagen der konservativen Therapie eine Revisionsoperation unumgänglich. Hier ist eine präoperative HR-CT Untersuchung nicht indiziert.

Bei insgesamt 20 der von uns durchgeführten CT-Untersuchungen konnte eine regelrechte Lage der Prothese diagnostiziert werden. Es zeigte sich, dass trotz einer regelrechten Lage der Prothese bei 10 Patienten eine pathologische Klinik vorhanden war. 5 Patienten klagten über eine postoperative Schwindelsymptomatik, bei 3 Patienten kam es zu einer Verschlechterung der SE-SH und bei 2 Patienten trat postoperativ ein Tinnitus auf. Diese Beschwerden sprachen gut auf die konservative Behandlung an und waren nach 6 Wochen bei 6 der 10 Patienten nicht mehr nachweisbar.

Zu den Frühkomplikationen nach Stapedotomie zählen der progrediente Verlust der Innenohrfunktion, eine vestibuläre Symptomatik sowie eine akute Facialisparesie. 2/3 der Patienten klagen in der frühen postoperativen Phase über eine Schindelsymptomatik. Durch eine Stapedotomie kann es zu einer Reizung des vestibulären Systems kommen. Dadurch ist es möglich, dass die Patienten postoperativ über Schwindel klagen und dass es zu einer Verschlechterung der SE-SH kommen kann. Diese Symptome sprechen in der Frühphase sehr gut auf rheologische Infusionstherapie an. Granulationen sind sehr gut mit Kortikoiden therapierbar. Eine Bildgebung mit Hilfe der HR-CT ist für diese Fälle nicht indiziert. Kommt es durch die konservative Therapie nicht zu einer Verbesserung des Beschwerdebildes, so ist eine Revisionsoperation nötig.

Eine akute Facialisparesie war in unserem Patientengut in der Frühphase nicht zu sehen. Diese tritt sehr selten auf und kann durch eine Prothesendislokation oder Granulationen hervorgerufen werden. Zur Ursachenforschung einer postoperativen Facialisparesie kann die

Bildgebung sehr nützlich sein. Mit Hilfe der HR-CT kann eine Prothesendislokation nachgewiesen werden. Mit einer MRT-Untersuchung sind Granulationen darstellbar. Eine Revisionsoperation ist bei einer Prothesendislokation unumgänglich, bei Granulationen nicht in jedem Fall.

Der postoperative Hörerfolg nach Stapesplastiken wird nach Shea mit 95% nach einmaliger Stapesoperation und mit 71,1% nach einer Revisionsoperation angegeben (Shea Jr.1998). Dabei zählen Schwindel und das Ausbleiben der erwünschten Hörverbesserung zu den klinischen Hauptsymptomen für eine nicht erfolgreiche Stapeschirurgie (Stone 2000). In unserer Patientengruppe konnte eine Verbesserung der Schallleitungsschwerhörigkeit in der Mehrzahl der Fälle erzielt werden. Nur bei 3 der insgesamt 78 operierten Patienten kam es zu keiner Verbesserung der SL-SH. Demzufolge konnte bei 96,1% der Patienten, die eine Stapedotomie erhielten, eine Hörverbesserung erzielt werden. Diese Resultate decken sich mit den in der Literatur beschriebenen Studien.

In der Literatur werden die Dislokationen bzw. Subluxationen als eine der häufigsten Ursachen für einen ausbleibenden Hörerfolg bzw. für die Schädigung des Innenohrsystems genannt. (Williams 2000, Stone 2000, Han 1997, Schwartz 1986, Wiet 1993, Langman 1993). Bei 50-60% der Patienten mit einer postoperativen Hörverschlechterung ist die Prothesensubluxation die Ursache (Han 1997). In der Mehrzahl der Fälle wird die Prothesendislokation als Ursache für eine Revisionsoperation nach erfolgter Stapedotomie angegeben. 51% der Frühkomplikation waren nach Hough durch abgerutschte Prothesen bedingt (Hough 1993). Peter sah in 37-80 % der Fälle und Wiet in 41 % der Fälle die Prothesenfehlage als Ursache (Peter 1995, Wiet 1986).

In unserer Studie wiesen 11 der 37 angefertigten Felsenbein-CT`s eine Prothesenfehlage auf. Bei 5 Patienten lag die Prothese zu tief im Vestibulum, bei 5 Patienten war die Prothese zu weit weg vom ovalen Fenster und bei einer Patienten lag eine Prothesendislokation vor, welche aber erst ein Jahr nach erfolgter Stapedotomie auftrat und somit zu einer Spätkomplikation zählt. Bei 3 der 11 Patienten mit einer Prothesenfehlage konnten zusätzlich Lufteinschlüsse diagnostiziert werden. Klinische Symptome waren bei allen Patienten mit einer Prothesenfehlage nachweisbar. Dabei traten eine Verschlechterung der Schallempfindungsschwerhörigkeit oder Schwindel auf bzw. der gewünschte Hörerfolg blieb aus.

Alle Patienten mit einer zu tiefen Prothesenlage klagten postoperativ über eine progrediente Schwindelsymptomatik. 4 Patienten erhielten eine Revisionsoperation mit einer Prothesenkürzung. Postoperativ war bei 3 Patienten eine deutliche Besserung der Schwindelsymptomatik zu verzeichnen. Ein Patient klagte weiterhin über Schwindel. Bei einem Patienten wurde auf eine weitere Revision verzichtet, weil dies die 3. Revisionsoperation für den Patienten gewesen wäre und ein erfolgreiches postoperatives Ergebnis nicht mehr zu erwarten war.

4 der 5 Patienten, bei denen die Prothese zu weit weg vom ovalen Fenster lag, war eine Rest-SL-SH nachweisbar. Auf eine Revisionsoperation wurde in diesen Fällen verzichtet, da trotzdem eine Hörverbesserung erreicht werden konnte und das Risiko für eine nochmalige Operation zu hoch gewesen wäre.

Nach erfolgter Stapedotomie kann es in der Spätphase zu einer Prothesenfixation durch eine obliterative Otosklerose im Bereich des ovalen Fensters oder durch Narbengewebe kommen (Williams 2000, Stone 2000, Isaacson 1995).

Ein Fall aus der Spätphase wurde auf Grund des eindrucksvollen Befundes mit in die Auswertung aufgenommen. Hierbei handelt es sich um eine Prothesendislokation, die durch eine ausgeprägte Otospongiose entstanden ist. Dadurch kam es zu einem kompletten Verschluss des ovalen Fensters. Die Prothese wurde durch diesen Prozess abgedrängt und hatte keinen Kontakt zum ovalen Fenster. Klinisch war bei dieser Patientin eine Verschlechterung der SL-SH sowie der SE-SH nachweisbar. Eine Revisionsoperation lehnte die Patientin ab.

Bis dato ist in der Literatur kein sicheres bildgebendes Verfahren für den Nachweis von Perilymphfisteln erwähnt worden.

Das Auftreten eines Pneumolabyrinthes ist eine Komplikation nach erfolgter Stapesoperation, welches sich klinisch als frühe oder späte Störung der Innenohrfunktion oder des vestibulären Systems äußert (Kösling 1995, Isaacson 1995, Bordure 1990). Schwindel und eine Verschlechterung der Knochenleitungskurve im Audiogramm sowie ein neu aufgetretener Tinnitus sind postoperative Symptome, die auf eine Perilymphfistel hinweisen. Die Angaben über die Häufigkeit vestibulärer Symptome nach einer Stapesoperation sind sehr unterschiedlich. Sie schwanken in der Literatur zwischen 5 und 10% der operierten Patienten (Kösling 1995, Woldag 1995, Wiet 1993, Oberascher 1987).

Die häufigste Ursache für eine postoperative persistierende Schwindelsymptomatik, welche nicht auf eine konservative Therapie anspricht, ist die Perilymphfistel und/oder der

Prothesenprolaps (Harrison 1967, Oberascher 1992, Woldag 1995, Isaacson 1995, Williams 2000, Stone 2000). Begünstigend für eine Perilymphfistel sollen eine zu lange Prothese oder ein Prothesenprolaps (Oberascher 1987, Schwartz 1986) und eine Inkusnekrose sein (Hough 1993).

In unserer Studie fanden wir bei 8 der 37 untersuchten Felsenbein-CT's Lufteinschlüsse im Labyrinth. Bei einer Patientin war zusätzlich noch ein Flüssigkeitsspiegel sichtbar.

5 der Patienten mit Lufteinschlüssen im Labyrinth wiesen eine regelrechte Prothesenlage auf. 2 Patienten mit regelrechter Prothesenlage und Lufteinschlüssen hatten postoperativ keine Beschwerdesymptomatik. Bei 2 dieser 5 Patienten wurde auf Grund einer progredienten Schwindelsymptomatik eine Revisionsoperation durchgeführt. In beiden Fällen konnte intraoperativ eine Perilymphfistel nachgewiesen werden, welche abgedeckt wurde.

Postoperativ war eine Patientin beschwerdefrei und die andere Patientin klagte weiterhin über Schwindel. Bei einem der 5 Patienten mit Lufteinschlüssen im Vestibulum sprach die Schwindelsymptomatik sehr gut auf die konservative Therapie an und war eine Woche nach Operation nicht mehr nachweisbar.

Die Klinik der 3 Patienten mit einer Prothesenfehlage und Lufteinschlüssen im Labyrinth wurde bereits diskutiert.

Auch Isaacson wies bei einer Patientin am zweiten postoperativen Tag ein Pneumolabyrinth im HR-CT nach. Dieser Befund wurde bei der Revisionsoperation bestätigt (Isaacson 1995). In der frühen postoperativen Phase kann Luft im Labyrinth nicht als ein sicheres Zeichen für eine Perilymphfistel gewertet werden. Während der Operation kommt es zur Eröffnung des Vestibulums. Somit kann Luft in das Vestibulum eindringen, welche in den ersten postoperativen Wochen wieder resorbiert wird. Erst in der späten postoperativen Phase ist ein nachweisbares Pneumolabyrinth mit der entsprechenden klinischen Symptomatik für die Diagnostik einer Perilymphfistel verwertbar. Trotzdem sollte auch in der Frühphase beim Nachweis eines Pneumolabyrinthes mit der entsprechenden klinischen Symptomatik immer an eine Perilymphfistel gedacht werden.

Auch der intraoperative Nachweis einer Perilymphfistel ist oft schwierig (Mark 1993).

Die Entstehung der Perilymphfistel ist wahrscheinlich auf Dehiszenzen im abdeckenden Material zurückzuführen. Der computertomographische Nachweis von Luft im Vestibulum gilt in der Spätphase als sicheres indirektes Zeichen einer Perilymphfistel (Kösling 1995, Schneider 1995, Stone 2000). In der Frühphase sind Lufteinschlüsse im Labyrinth nicht aussagekräftig und als Nachweis einer Perilymphfistel nicht zu werten. Besteht in der Frühphase der klinische Verdacht auf eine Perilymphfistel, so ist eine sofortige



Revisionsoperation indiziert. Mit Hilfe der HR-CT könnten zwar Lufteinschlüsse und Flüssigkeitsspiegel nachgewiesen werden, welche aber für den Nachweis einer Perilymphfistel in der Frühphase keine Aussagekraft besitzen. Die HR-CT ist für den Nachweis einer Perilymphfistel in der Frühphase nicht geeignet. Hier sollte wieder nach dem klinischen Bild entschieden werden und bei einer Progredienz der Schwindelsymptomatik eine Revisionsoperation unverzüglich durchgeführt werden, ohne eine vorherige bildgebende Diagnostik.

In einem Fall gelang es uns Knochenfragmente im Vestibulum darzustellen. Die Patientin klagte unmittelbar postoperativ über eine starke Schwindelsymptomatik, welche sich auch nach Einsatz der konservativen Therapie nicht besserte. Bei der Revisionsoperation waren Granulationen in der gesamten Paukenhöhle nachweisbar. Der Schwindel besserte sich nach dieser Operation nicht wesentlich. Auch ein halbes Jahr postoperativ war die vestibuläre Symptomatik noch nachweisbar. In einem erneut durchgeführten HR-CT konnten die Knochenfragmente wieder nachgewiesen werden. Des Weiteren zeigten sich bei der Patientin otospongiotische Herde und eine verdickte Fußplatte.

Die postoperative vestibuläre Symptomatik ist nicht immer auf einen Prothesenprolaps bzw. eine Perilymphfistel zurückzuführen ist. In seltenen Fällen kann es zum Auftreten von Vernarbungen kommen, die eine persistierende Schwindelsymptomatik verursachen können und welche auch erst einige Wochen nach erfolgter Stapedotomie auftreten können. Die Darstellung von Narbengewebe im HR-CT ist möglich, gelingt aber nicht immer (Stone 2000, Williams 2000, Isaacson 1995). Bei 3 Patienten, die eine Revisionsoperation erhielten, waren Granulationen nachweisbar. Diese können wie oben erwähnt im HR-CT nicht von frischen postoperativen Veränderungen unterschieden werden.

Zu einer postoperativen Hörverschlechterung kann es in der Spätphase auch durch eine Osteonekrose des langen Ambossschenkels sowie durch eine Luxation des Hammer-Amboss-Gelenkes kommen (Schwartz 1989). Die Ambossnekrosen werden in der Literatur als eine häufige postoperative Spätkomplikation nach Stapeschirurgie beschrieben (Derlacki 1985, Hammerschlag 1998). In der von uns untersuchten frühen postoperativen Phase sind solche Befunde nicht zu erwarten.

## 6. Zusammenfassung

Das Ziel dieser Arbeit bestand darin, den Stellenwert der HR-CT bei Patienten nach erfolgter Stapedotomie besonders in der frühen postoperativen Phase zu ergründen. Die Untersuchungen bezogen sich auf Patienten, die postoperativ persistierende oder wiedereinsetzende Beschwerden zeigten und auf Patienten, die postoperativ keine Beschwerden aufwiesen.

In unsere Untersuchungen wurden 37 Computertomogramme von Patienten, die in dem Zeitraum von Januar 1995 bis Dezember 2000 in der Klinik und Poliklinik für Diagnostische Radiologie ein HR-CT des Felsenbeins nach erfolgter Stapedotomie erhielten, ausgewertet. Der Untersuchungsablauf war standardisiert. Die axiale Scanebene wurde parallel zur Infraorbitomeatallinie mit einer Schichtdicke von 1 mm im Hochauflösungsalgorithmus angefertigt. Die koronaren Scanebene erfolgte parallel zum Unterkieferast. Die Auswertung der so angefertigten CT-Bilder wurde einheitlich nach einem zuvor festgelegten Schema durchgeführt, wobei das Hauptaugenmerk auf der eingebrachten Prothese lag.

Bei 20 Patienten konnten keine pathologischen Befunde im HR-CT gefunden werden. Bei diesen 20 Patienten war eine regelrechte Lage der Prothese nachweisbar. 10 Patienten mit regelrechter Prothesenlage wiesen eine postoperativ pathologische Symptomatik in der frühen postoperativen Phase auf. Es handelte sich hierbei um eine postoperative Schwindelsymptomatik oder eine Schallempfindungsschwerhörigkeit, die gut auf die konservative Therapie ansprachen und 6 Wochen postoperativ nicht mehr zu verzeichnen waren.

In 17 der 37 CT-Befunde waren pathologische Befunde zu erkennen. In 15 Fällen korrelierte dies mit einer postoperativen Beschwerdesymptomatik. Bei 2 Patienten konnte trotz pathologischer CT-Befunde keine klinische Symptomatik festgestellt werden. In 11 Fällen wurde eine Prothesenfehlage diagnostiziert, welche in 3 Fällen in Kombination mit Lufteinschlüssen auftraten. In einem besonderen Fall konnten zusätzlich Knochenfragmente im Vestibulum nachgewiesen werden

Bei 5 Patienten wurden Lufteinschlüsse im Labyrinth gefunden, wobei bei einer Patientin noch zusätzlich Flüssigkeitsspiegel im Vestibulum zu sehen waren.

Bei 7 Patienten erfolgte die Gegenüberstellung der CT-Diagnose mit dem Befund der Revisionsoperation. Bei 6 Patienten konnte eine Übereinstimmung von CT-Diagnose und dem intraoperativen Befund gefunden werden. Eine Patientin wies im CT-Bild Knochenfragmente im Vestibulum auf. Diese sind intraoperativ nicht darstellbar. Bei 3 dieser 7 Patienten konnten noch zusätzlich Granulationen in der Paukenhöhle nachgewiesen werden, welche abgetragen wurden.

Bisherige Untersuchungen zeigten, dass mit Hilfe der HR-CT sehr gut postoperative Komplikationen in der Spätphase nach erfolgter Stapeschirurgie dargestellt werden können. Ein progredienter Innenohrverlust und eine vestibuläre Symptomatik sind in der Frühphase nach erfolgter Stapeschirurgie keine Indikation für eine Bildgebung mit Hilfe der HR-CT. Bei einer postoperativen Schallempfindungsschwerhörigkeit ist eine sofortige Revisionsoperation indiziert. Eine vestibuläre Symptomatik spricht gut auf die konservative Behandlung in der frühen postoperativen Phase an. Die akute postoperative Facialisparesie stellt die einzige Indikation für eine Bildgebung in der Frühphase dar. Lufteinschlüsse im Labyrinth sind in der Frühphase kein Beweis für eine Perilymphfistel und besitzen somit keine Aussagekraft. Prothesenfehlagen können im HR-CT gut dargestellt werden. Hier ist eine Bildgebung erst in der späten postoperativen Phase indiziert. Granulationen sind in der frühen postoperativen Phase im HR-CT nicht von frischen postoperativen Veränderungen zu unterscheiden. Otoskleroserezidive treten erst nach Monaten bis Jahren nach erfolgter Stapedotomie auf.

In dieser Arbeit wurde eine kleine Patientengruppe untersucht. Die in der Literatur bisher noch nicht mit einer Studie belegte Meinung, dass die HR-CT in der Frühphase nach Stapeschirurgie nur in Einzelfällen ein diagnostischer Zugewinn ist, konnte bewiesen werden. Eine Indikationsstellung zu diesem Zeitpunkt muss sehr kritisch betrachtet werden und sollte in einem gemeinsamen Konsil zwischen HNO-Ärzten und Radiologen besprochen werden.

## 7. Literaturverzeichnis

1. **Arnold W.H.P.**, Niedermeyer N., Neuper, Höfler H.: Measles virus in otosclerosis and the specific immun response of the inner ear; Acta otolarynol. (Stockh.), 116; (1996); 705-709
2. **Arnold W.H.P.**, Kau R., Schwaiger M.: Zur Klinik der osteolytischen (entzündlichen) Phase der cochleären Otosklerose; Laryngo-Rhino-Otolog. (New York), 78; (1999); 20-23
3. **Astinet F.**, Langer M., Keske U., Zwicker C., Hippel K., Felix R.: Die hochauflösende Computertomographie der Felsenbeine mit zwei- und dreidimensionaler Rekonstruktion; Fortschritt Röntgenstrahlen; 153 1; (1990); 14-21
4. **Augustin, W.:** Lexikon der radiologischen Technik in der Medizin, Thieme, Stuttgart, 1979
5. **Barr M.S.:** Lewin J.S.: Computed tomographic evaluation of otosclerosis; Am J. of Otokaryngology, Vol. 14 Number 4; (1993); 282-84
6. **Bergeron RT**, Lo WWm, Schwartz JD, Hasson AN, Liu DPL, Rodwell RE: The temporal bone; Head and neck imaging. St Louis, MO: Mosby-Year Book ( 1991); 1016-1023
7. **Berghaus A.**, Rettinger G., Böhme G.: Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Hippokrates Verlag GmbH, Stuttgart, 1996
8. **Brunner, E.**, Türk R, Swoboda H., Imhof H., Schratte M.: Die Bedeutung der Computertomographie für die Mittelohrdiagnose, Laryng. Rhinol. Otol.; 65; (1986); 327-330
9. **Bodure P.**, Legent F., Calais C., Loheac D., Beauvillain C.: Pneumolabyrinth and perilymphatic fistula after stapedectomy, Ann Otolaryngol. Chir. Cervicofac; 107; (1990); 359-62
10. **Caldemeyer K.S.**, Sandrasegaran K., Shinaver C.N., Mathews V.P., Smith R.R., Kopecky K.K.: Temporal bone: Comparision of Isotropic helical CT and conventional direct axial and coronal CT, Am J. Roentgenol.; 172(6); (1999); 1675-82
11. **Carhart R.:** A typical audiometric configuration associated with otosclerosis, Ann Otol. Rhinol. Laryngol.; 71; (1962); 744
12. **Causse J. R.**, Causse J.B.: Early detection of otosclerosis by impedance-audiometrie screening; Scand. Audiol., Suppl. 17; (1983) ; 47-54
13. **Cawthorne T.:** Otosclerosis, J. Laryngo-Otol.; 69 ; (1955); 437
14. **Chakeres D.W.**, Mattox D.E.: Computed tomographic evaluation of nonmetallic middle-ear prosthesis, Investigate Radiology; 20; (1985); 596-600
15. **Chakeres D.W.**, Oehler M., Schmalbrock P. Slone W.: Temporal bone imaging Som PM, Curting H.D., Head and Neck imaging 3rd ed. St. Louis: Mosby-Year Book; 1996; 1319-1350
16. **Cody D.T.R.**, Baka H.L.: Otosclerosis: Vestibular syndromes and sensorineural hearing loss, Ann. J. Rhinol. Laryngol.; 87; (1978); 778
17. **Cremers C.W.**, Beusen J.M., Huygen P.L.: Hearing gain after stapedotomy, partial platinectomy, or total stapedectmoy for otosclerosis, Ann Otol. Rhinol. Laryngol.; 100; (1991); 959-961
18. **Czerny C.**, Turetschek K., Duman M., Imhof H.: Bildgebung des Mittelohres CT und MRT, Der Radiologe; (1997); 945-53
19. **d'Archaubeau, Parizel P.M.**, Koekelkoren E., Van De Heyning P., De Schepper A.M.: CT diagnosis and diferential diagnosis of otodystrophic lesion of the temporal bone, European J. of Radiology, 11; (1990); 22-30

20. **Derlacki E.L.:** Revision stapes surgery: problems with solutions. *Laryngoskope*, 95 ; (1985); 1047-53
21. **Dulac G.L.,** Claus E., Barrois J.: *Die Otoradiologie, Röntgen Sonderheft*, Agfa Gevaert; (August 1973)
22. **Fisch U.:** Stapedektomie oder Stapedotomie?, *HNO*; 27; (1979); 361-367
23. **Fisch U.:** Tympanoplastik, Mastoidectomy and Stapes Surgery; Thieme, 1994
24. **Forquer B.D.,** Sheehy J.L.: Cochlear otosklerosis: Acoustic reflex finding., *Amer. J. Otol.*; 2; (1981); 297-300
25. **Forque B.D.,** Sheehy J.L.: Cochlear otosklerosis: a review of audiometric findings in 150 cases, *Amer. J. Otol.*; 8; (1987); I
26. **Frey K.,** Theopold H.: Röntgenschichtaufnahmen bei Schläfenbeinfrakturen und Verletzungen der Gehörknöchelchen, *Laryng. Rhinol.*; 60; (1981); 451-470
27. **Friedmann J.,** Arnold W.: *Pathology of inner ear*, (1993) Churchill Livingstone, Edinburgh London
28. **Fuse T.,** Aoyagi M., Koike Y., Sugai Y.: Diagnosis of the ossicular chain in the middle ear by high-resolution-CT, *J. of Otorhinolaryng.*, 54; (1992); 251-54
29. **Geyer G.:** Materialien zur Rekonstruktion des Schalleitungsapparats, *HNO*; 47; ( 1999); 77-91
30. **Grashey,** Birker: *Atlas typischer Röntgenbilder von normalen Menschen*, Urban und Schwarzenberg, München, 1964
31. **Grevers G.,** Vogl Th., Kang K.: Radiologische Mittelohrdiagnostik, Möglichkeiten und Perspektiven, *Laryng-Rhino-Otologie*; 68; (1989); 481-85
32. **Grobovschek M.,** Oberascher G.: Hochauflösende Computertomographie der Pyramide-HR-PCT, *Laryng. Rhinol. Otol.*; 66; (1987); 547-553
33. **Grobovschek M.:** Synopsis einer Darstellung, schematische Analyse der Ossikula und der Tympanonwände, dargestellt mit der hochauflösenden Computertomographie, *Digit. Bilddiagn.*; 8; (1988); 115-127
34. **Grünwald P.,** Lomas A., Müller J., Helms J.: Postoperative Ergebnisse nach Stapesrevisionen; *Laryngo-Rhino-Otol*; 77; (1998); 67-69
35. **Haas J.P.,** Kahle G.: Wie kann heute das Felsenbein radiologisch am besten dargestellt werden?, *HNO*; 36; (1988); 89-101
36. **Haberkamp T.J.,** Harvey S.A., Khafagy Y.: Revisions stapedectomy surgery, *Otolaryngol Head Neck Surg*; 96; (1996); 141-148
37. **Hammerschlag P.E.,** Fishman A., Scheer A.A.: A review of 308 cases of revision stapedectomy, *Laryngoskope*; 108; (1998); 1794-1800
38. **Han W.W.,** Incesulu A., McKenna M.J., Rauch S.S., Nadol J.B., Glynn R.J.: Revision stapedectomy: Intraoperativ findings, results and review of literature, *Laryngoskope*; 107; (1997); 1185-92
39. **Hanafee W.N.,** Hermann A.J., Mancuso A.A., Winter J.: Computer tomography scanning of the temporal bone., *Ann Otol.*; 88; (1979); 721-28
40. **Harnsberger H.R.,** Dart D.J., Parkin J.L., Smoker W.R., Osborn A.G.: Cochlear implant candidates: Assessment with CT and MR imaging, *Radiology*; 164; (1987); 53-57
41. **Havriliak D.,** Parisier S.C.: Cochlear otosclerosis presenting in children: A case report, *Am J of Otolology*; 12 January; (1991); 61-63
42. **Helms J.** aus Naumann H.H.: *Oto-Rhino-Laryngologie in der Klinik und Praxis, Band 1 Ohr*, Thieme-Verlag, 1994, 726-739

43. **Hough J.V.D.**, Kent yer R.: Staoedectomy, causes of failure and revision surgery in otosclerosis, Otorhinolaryngol. North Am; 26; (1993); 453-470
44. **Hrabak K.**, Ribari O.: The possibilities of CT evaluation after the sugical treatment of otosclerosis – initial experiences, European Society of Head and Neck Radiology IX annual meeting Oktober 1995
45. **Isaacson J.E.**, Laine F., Williams G.H.: Pneumolabyrinth as a computed tomographic finding in poststapedectomy vertigo, Ann Otol Rhinol Laryngol; 104; (1995); 974-76
46. **Jäger I.J.**, Müller-Lisse U., Reiser M., Grevers G.: Hochauflösende Kernspinncomputertomographie am Felsenbein, Laryngo-Rhino-Otol.; 73; (1994); 385-389
47. **Jovanovic S.:** CO<sub>2</sub>-Laser in der Stapeschirurgie : Eine Anleitung zum operativen Vorgehen, Springer, 1998
48. **Kessel J:** Über vordere Tenotomie, Mobilisierung und Extraktion des Steigbügels; zitiert in Grunert C, Wissenschaftliche Rundschau. Arch Ohrenheilkd; (1997); 199-217
49. **Kobayashi T.**, Sakurarda U., Fischer R., Döring M., Prapavat V., Müller G., Scherer H.: Thermische Belastung des Innenohres bei Laserstapedotomie, HNO; 1; (1996); 6-13
50. **Kösling S.**, Woldag K., Meister E.-F., Reschke I., Schulz H.G.: Stellenwert der Computertomographie bei persistierenden Gleichgewichtsstörungen nach dem Einsatz von Stapesplastiken, RöFo; 162, 1; 1995; 3-6
51. **Kösling S.**, Woldag K., Meister E.-F., Reschke I., Heywang-Köbrunner S.H.: Value of Comuted Tomography in Patiens with persistent vertigo after stapes surgery, Investigate radiolog.; Vol 30, 12; (1995); 712-15
52. **Köster, O.:** Computertomographie des Felsenbeines, Thieme-Verlag, Stuttgart, New York, 1988
53. **Köster O.**, Schlolaut K.H., Straehler-Pohl H.J.: Hochauflösende Computertomographie bei Erkrankungen des Innenohres, Fortschritt Röntgenstrahlen; 6; (1990); 644-648
54. **Langman A.W.**, Lindeman R..C.: Revision stapedectomy, Laryngoskope; 103; (1997);954-958
55. **Lemmerling M.M.**, Stambuk H.E., Mannusco A.A., Antonelli P.J., Kubilis P.S.: CT of the normal ligaments of ossicels in the middle ear, AJNR; 18; (1997); 471-477
56. **Lesinski S.G.**, Newrock R.: Carbon dioxide lasers for otosclerosis, Otolaryngol. Clin. Noth Am; 26; (1993); 417-441
57. **Liesgang P.**, Romalo G., Sudmann M., Wolf L., Schweikert H.: Human osteoblastike cells contain specific saturable high affinity glucocorticoid, androgen, estrogen and 1-alpha-25-dihydroxycholecalciferol receptors, J Androl; 15; (1994); 194-199
58. **Liu D.P.**, Bergeron R.T.: Contemporary radiologic imaging in the evaluation of middles ear-attic-antral complex cholesteatomas, Otolaryngol Clin North Am; 22; (1989); 897-909
59. **Luker G.D.**, Lee B.C.P., Erickson K.K.: Spiral CT of the temporal bone in unsedated pediatric patients, AJNR; 14; (1993); 1145-50
60. **Mafee MF**, Valvassori GE, Deitch RL, et al.: Use of CT in the evaluation of cochlear otosclerosis, Radiology; 156; (1985); 703-8
61. **Mark A.S.**, Fitzgerald D.: Segmental enhancement of cochlea on contrast-enhanced MR: correlation with the frequency of hearing loss and possible sign of perilymphatic fistula and autoimmune labyrinthitis, Am J. Neuroradiol.; 14; (1993); 991-996

62. **Marquet J.** :Le syndrome de surdite du a une deficiencie de la prothese stapedienne, Soc Fr Orl CR Sci Congr. ; (1965); 151-160
63. **Marquet J.** : Otosclerosis : Smal hole technique, J Laryngol Otol; Suppl. 8 ; (1983); 78-80
64. **Mayer E.G.:** Diagnostik und Differentialdiagnose in der Schädelröntgenologie, Springer, Wien, 1959
65. **McGee T.M.:** Comparsion of smal fenestre and total stapedectomy, Ann Otol.; 90; (1981) ; 663-666
66. **McGee T.M., Diaz-Ordaz E.A., Kartush J.M.:** The volume of KTP laser in revision stapedectomy, Otolaryngol. Head neck Surg; 109; (1993); 839-43
67. **Mc Kenna M.J., Miles G.B., Galey F.R., Linthicum F.H.:** Filamentous structures morphologically similar to viral nucleocapsids in otosclerosis lesions in two patients, Am J Otolaryngol; 7; (1986); 25-28
68. **Meschan I., Farrer-Meschan R.M.:** Diagnostik mit bildgebenden Verfahren Band III, Enke Verlag, Stuttgart, 1991
69. **Moriaty B.G.:** Stapes surgery: Implication for training, J Laryngol Otol; 104; (1990); 203-205
70. **Morrison A.W.:** Genetic factors in otosclerosis, Ann R Coll Surg Engl.; 41; (1967); 202-237
71. **Mukherji S.K., Mancuso A.A., Kotzur I.M., Slattery W.H., Schwartz J.D., Tart R.P., Nall A.:** CT of the temporal bone: Findings after mastoidektomy, ossicular reconstruction and cochlear implantation, Am J. of Radiology; 163; (1994); 1467-71
72. **Naumann H., Helms J., Heberhold C., Kastenbauer E.:** Oto-Rhino-Laryngologie in Klinik und Praxis, Band 1 Ohr, Georg Thieme Verlag, 1994
73. **Oberascher G., Grobovschek M.:** Die hochauflösende Computertomographie in der Stapeschirurgie, HNO; 35; (1987); 255-261
74. **Oberascher G., Grobovschek M., Albegger K.:** Ausschluss eines Cholesteatomrezidives mittels HR-CT. Kann man auf diese Weise den „Second look“ verzichten?, HNO; 36; (1988); 181-187
75. **Oberascher G., Albegger K., Gruber W., Baselides P.:** Otosklerose - Diagnostik und Therapie, WWW; 20/21; (1992); 474-481
76. **Odrezin G.T., Royal S.A., Young D.W., Guion C.J., Pappas D.S., Reilly J.S.:** High resolution computed tomography of the temporal bone in infants and children: a review, International J of Pediatric Otorhinolaryngol; 19; (1990); 15-31
77. **Parnes L.S., Wong L.:** Pneumo-membranous Labyrinth: complication of stapedectomy, Ann Otol Rhinol Laryngol.; 107; (1998); 359-61
78. **Peter B., Grossenbacher R.:** Stapesrevisionen: Befunde und Resultate, Laryngo-Rhino-Otol.; 74; (1995); 399-402
79. **Plath, P., Lehnart R., Matschke R.G., Kruppa E.:** Langzeitresultate nach Stapedektomie und Stapedotomie, HNO; 40; (1992); 52-55
80. **Plester D.:** Fortschritte in der Mikrochirurgie des Ohres in den letzten 10 Jahren, HNO; 33; (1970); 33-40
81. **Podoshin L., Gertner R., Fradis M., Feiglin H., Eibschitz I., Scharf M., Reiser A.:** Oral contraceptive pills and clinical otosclerosis, Int. J. Gynaecol. Obstet.; 15; (1978); 554
82. **Politzer A.:** Über primäre Erkrankungen der knöchernen Labyrinthkapsel, Ohrenheilkunde;25; (1894); 309-327
83. **Rangheard A.S., Marsot-Dupuch K., Mark A.S., Meyer B., Tubiana J.M.:** Postoperative complications in otospongiosis: usefull of MR imaging, AJNR AM J neuroradiol; 22(6); (2001); 1171-8

84. **Reschke I.**: Stellenwert der hochauflösenden Felsenbein-Computertomographie nach Gehörknöchelchenketten-Chirurgie, Dissertation A; (1997)
85. **Schneider I.**, Wolf S.R., Zenkel M.: Pneumolabyrinth, HNO; 11; (1995); 669-671
86. **Schneider-Möbius C.**: Stellenwert der CT bei der Diagnostik von Missbildungen des Ohres, Dissertation A; (1996)
87. **Schrader, M.**: Geschichte der Otosklerose, Otorhinolaryngol Nova; 8; (1998); 1-6
88. **Schubert O.**, Sartor K., Forsting M., Reisser C.: Three-dimensional computed display of otosurgical operation sites by spiral CT, Neuroradiology; 38; (1996); 663-668
89. **Schwartz J.D.**, Mandell D.W., Berman S.E., et al.: Cochlear otosclerosis: CT analysis with audiometric correlations, Radiology; 155; (1985); 147-50
90. **Schwartz J.D.**, Lansman A.K., Berger A.S. et al.: Stapes prosthesis: evaluation with CT, Radiology; 158; (1986); 179-182
91. **Schwartz J.D.**, Harnsberger H.R., Mukherje S.K.: The temporal bone, Radiol Clin Nort Am; 171; (1989); 309-317
92. **Seemann M.D.**, Seemann O., Bonel H., Suckfüll M., Englmeier K.H., Naumann A., Allen C.M., Reiser M.F.: Evaluation of the middle and inner ear structures: comparison of hybrid rendering, virtual endoscopy and axial 2D source images, Eur. Radiol.; 9; (1999); 1851-1858
93. **Seifer N.K.**, Weaver G.I., Holdworth G.R. Jr.: Otosklerose: a review, Acta Otolaryngol (Stockh); (Suppl); (1970); 269
94. **Shah N.**: Stapedectomy, Changing pattern: numbers, results and complications, Revue de Laryngologie; 125 (5-6); (1981); 231-235
95. **Shanker L.**, Montanera W.: Computer tomographie versus magnetic resonance imaging and three-dimensional applications, Med Clin North Am; 75; (1991); 1355-1366
96. **Shapira A.**, Ophir D., Marshak G.: Success of stapedectomy performed by residents, Am J Otolaryngol; 6; (1985); 388-391
97. **Shea J.**: Diskussionsbemerkungen: Symposium on Stapes mobilization, Laryngoskope; 66; (1956); 775-777
98. **Shea J.J. Jr.**: Forty Years of stapes surgery, Am Journ. of otol.; 98; (1998); 52-55
99. **Sheehy J.L.**, Nelson R.A., House H.P.: Revision Stapedectomy: a review of 258 cases, Laryngoscope; 91; (1981); 43-51
100. **Slootweg M.C.**, Edveen A.G., Schot L.P. et al.: Estrogen and progesteron synergistically stimulate human and rat osteoblast proliferation, J Endocrinol; 133; (1992); R 5-8
101. **Smith M.F.W.**, Hopp M.L.: 1984 Santa Barbara state of Symposium on otosclerosis, Ann Otol Rhinol Laryngol; 95; (1986); 1-4
102. **Smyth G.D.L.**, Hassard T.H.: Eighteen years experience in stapedectomy. The case for the small fenestra operation, Ann Otol Rhinol Laryngol; Suppl. 87; (1978); 3-36
103. **Somers T.**, Govaerts P., Marquet T., Offeciers E.: Statistical analysis of otosclerosis surgery performed by Jean Marquet, Ann Otol Laryngol; 103; (1994); 945-951
104. **Stone J.A.**, Mukherji S.K., Jewett B.S., Carrasco V.N., Castillo M.: CT Evaluation of prosthetic Ossicular reconstruction procedere: What the Otologist needs to know, Radiographics; 20; (2000); 593-605



105. **Theissing J.:** HNO-Operationslehre, 3. Auflage, Thieme-Verlag, 1996, 378-385
106. **Torizuka, T.,** Hayakawa K., Satoh Y., Tanaka F., Saitoh H., Okuno Y., Madea M., Mitsumori M., Mimaki S., Konischi J.: Evaluation of high resolution CT after tympanoplasty, J of Computer Assisted Tomography; 16 (5); (1992); 7797-83
107. **Torizuka, T.,** Hayakawa K., Satoh Y., Tanaka F., Saitoh H., Okuno Y., Ogura A., Nakayama Y., Konisni J.: High resolution CT of temporal bone: a modified baseline, Radiology; (1992); S. 109-11
108. **Toynbee J.:** A descriptive catalogue of preparations illustrative of the diseases of the ear 1857
109. **Valvassori G.E.:** Imaging of otosclerosis, Otolaryngol Clin North Am; 26; (1993); 359-71
110. **Veillon F.,** Riehm S., Emachescu B., Haba D., et al. : Imaging of the windows of the temporal bone, Semin Ultrasound CT MR; Jun; 22; (2001); 271-80
111. **Wengen:** Eine neue selbsthaltene Titan-Gold-Stapesprothese, Schweiz. Med. Wochenschr.; Suppl. 116; (2000); 83S-86S
112. **Wiet R.J.,** Raslan W., Shambaugh G.E.: Otosclerosis 1981-1985, Scand. Audiol.; Supl. 30 1; (1988); 181-83
113. **Wiet R.J.,** Harvey S.A., Bauer G.P.: Complications in stapes surgery: options for prevention and management, Otolaryngol Clin. North Am; 26; (1993); 471-490
114. **Wilbrand, H.F.:** Radioanatomy of cochlear and stapedia otosclerosis, Scan. Audiol.; Suppl. 30; (1989); 181-83
115. **Williams M.T.,** Ayache D., Elmaleh M., Heran F., Elbaz P., Piekarski J-D: Helical CT-Findings in patients who have undergone stapes surgery of otosclerosis, AJR; 174; (2000); 387-392
116. **Woldag K.,** Meister E.F., Kösling S.: Diagnostik bei persistierenden Gleichgewichtsstörungen nach Operationen am Stapes, Laryngo-Rhino-Otol.; 74; (1995); 403-407
117. **Wullstein H.:** Operationen zur Verbesserung des Gehörs, Thieme, Stuttgart, New York, 1968, 196
118. **Yang D.,** Kodama T., Tono T., Ochiai R.: High resolution-CT of otosclerosis, Nippon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi; 57 (13); (1997); 864-70
119. **Yoo T.J.,** Tomada K., Stuart J.M., Kang A.H., Townes A.S.: Type II collagen-induced autoimmune otospongiosis: a preliminary report, Ann Otol Rhinol Laryngol.; 92; (1983); 103-108
120. **Yoo T.J.,** Shea J.J., Floyd R.A.: Enchondral cartilage rests collagen induced autoimmunity, Am J Otolaryngol.; 8; (1987); 317-324

## Thesen

1. Bei der Otosklerose kommt es zu einer Fixation der Stapesfußplatte im ovalen Fenster. Dadurch ist die Schallübertragung in das Innenohr behindert, so dass für den Patienten ein Hörverlust in Form einer Schallleitungsschwerhörigkeit resultiert.
2. Die heute übliche Methode zur Behandlung dieser Erkrankung ist die Wiederherstellung der Schallübertragung durch den Ersatz des otosklerotisch fixierten Stapes durch alloplastische Prothesen. Die Stapedotomie ist derzeit die am häufigsten angewandte Methode zur Beseitigung der Schallleitungsschwerhörigkeit.
3. Nach erfolgter Stapeschirurgie können Früh- und Spätkomplikationen am Innenohr in Form einer Schallempfindungsschwerhörigkeit und Störungen des vestibulären Systems durch die operativ bedingte Eröffnung des Innenohrsystems auftreten. Des Weiteren kann es zu einer persistierenden oder erneut auftretenden Schallleitungsschwerhörigkeit, zu Tinnitus und Nervenverletzungen kommen.
4. Zu den Ursachen für Komplikationen nach erfolgter Stapeschirurgie zählen: Prothesendislokation, zu kurze Prothese, Ambossarrosion, Fibröse Adhäsionen, Knochenneubildung, Hammerkopffixation, ungenaue Fußplattenpräparation sowie Perilymphfistel.
5. In der Abklärung des postoperativen Mittelohres können mit der HR-CT Gehörknöchelchenrekonstruktionen oder Prothesen exzellent erfasst werden.
6. Eine detailgetreue Abbildung der sehr kleinen Strukturen der Paukenhöhle gelingt nur mit Hilfe der Dünnschichttechnik mit einer Schichtdicke von 1 mm in Einzelschichttechnik.
7. Um eine hohe diagnostische Aussagefähigkeit zu erreichen, ist die axiale Scanebene durch die koronare Scanebene zu ergänzen. Die koronare Sekundärrekonstruktion erwies sich als Qualitätsverlust hinsichtlich bestimmter Detailinformationen.

8. Mit Hilfe der hochauflösenden Felsenbein-CT ist es unter anderem möglich Mittelohrimplantate darzustellen wie z.B. die sehr kleinen Stapesprothesen. Mit dieser Methode können somit Prothesenfehlagen, Perilymphfisteln, Fibrosen oder Vernarbungen im Bereich des ovalen Fensters, neue Otoskleroseherde sowie Incusnekrosen nach erfolgter Stapedotomie sicher diagnostiziert werden.
9. Prothesenfehlagen sind die häufigste Ursache für postoperative Komplikationen nach erfolgter Stapeschirurgie. Dabei kann die Prothese zu tief ins ovale Fenster hineinragen, eine Dislokation bzw. Subluxation der Prothese in den Mittelohrraum auftreten oder die Prothese ist zu kurz und kommt vor dem ovalen Fenster zu liegen.
10. Die zweit häufigste Ursache für Komplikationen nach erfolgter Stapeschirurgie ist die Perilymphfistel. Ein direkter Nachweis im hochauflösenden Felsenbein-CT ist bisher noch nicht gelungen. Als sicheres Zeichen gelten dabei das Auftreten eines Pneumolabyrinthes sowie Flüssigkeitsansammlungen im Mittelohrraum und dem Mastoid.
11. Häufig tritt ein Prothesenprolaps im Zusammenhang mit einer Perilymphfistel auf. Der Prothesenprolaps begünstigt die Entstehung von Perilymphfisteln nach erfolgter Stapesoperation.
12. Seltener Befunde im hochauflösenden Felsenbein-CT nach erfolgter Stapedotomie sind: Prothesenfixationen, neue Otoskleroseherde, Narben und Granulationen im Mittelohrraum und Osteonekrosen des langen Ambosschenkels.
13. Die in der Literatur bisher noch nicht mit einer Studie belegte Meinung, dass die HR-CT in der Frühphase nach Stapeschirurgie nur in Einzelfällen ein diagnostischer Zugewinn ist, konnte bewiesen werden. Eine Indikationsstellung zu diesem Zeitpunkt muss sehr kritisch betrachtet werden und sollte in einem gemeinsamen Konsil zwischen HNO-Ärzten und Radiologen besprochen werden.

## **Selbständigkeitserklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die Arbeit selbständig verfasst und andere als die angegebenen Hilfsmittel nicht benutzt wurden.

Ich habe bisher keine weiteren Promotionen begonnen bzw. abgebrochen.

Susan Schiele

## **Danksagung**

Die vorliegende Arbeit wurde in der Zeit von 1997 bis 2001 in der Klinik für Diagnostische Radiologie und der Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg angefertigt.

Die Arbeit begann ich 1997 unter Leitung von Frau Prof. Heywang-Köbrunner.

Ihr möchte ich für die Überlassung des Themas und ihre wertvollen Ratschläge und ständige Unterstützung danken.

Frau Dr. Kösling übernahm freundlicherweise im Juli 2001 nach Abschluss aller Untersuchungen die weitere Betreuung dieses Themas. Sie gab mir nach Durchsicht der von mir bis dahin erfolgten Aufzeichnungen sehr wichtige und wertvolle Hinweise für den erfolgreichen Abschluss meiner Arbeit. Ich möchte ihr hiermit recht herzlich für diese sehr hilfreiche Unterstützung danken.

Bei Herrn Brandt und Herrn Dr. med. Alter möchte ich mich für die Durchführung und Auswertung der CT-Bilder bedanken.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Berghaus für die Ermöglichung der Studie und sein förderndes Interesse an der Arbeit sowie die freundliche Aufnahme in seiner Klinik während meiner AIP-Zeit von 1998-1999.