

Aus der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde  
Geschäftsführender Direktor: Prof. Dr. med. Boris A. Stuck  
des Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg

**Analyse der Korrelation  
von präoperativer Bildgebung mittels Cone Beam  
CT und intraoperativen Ergebnissen**

**Inaugural-Dissertation**

zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Humanmedizin  
dem Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

**Dominique Amare-Schütz, geb. Amare**  
aus Berlin

- Marburg, 2023 -

Angenommen vom Fachbereich Medizin  
der Philipps-Universität Marburg am: 30.08.2023  
Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs

Dekanin: Frau Prof. Dr. D. Hilfiker-Kleiner  
Referent: Herr Prof. Dr. C. Güldner  
Korreferentin: Frau PD Dr. J. Jedelská

# Widmung

*Meiner Familie – nah und fern.*

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>V</b>
<b>2</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>VII</b>
<b>3</b>	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>X</b>
<b>4</b>	<b>Grafikverzeichnis.....</b>	<b>XIII</b>
<b>5</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>5.1</b>	<b>Schwerhörigkeit .....</b>	<b>1</b>
5.1.1	Chronische Otitis media .....	1
<b>5.2</b>	<b>Beginn der Bildgebung.....</b>	<b>2</b>
<b>5.3</b>	<b>Physikalische und technische Hintergründe .....</b>	<b>3</b>
5.3.1	Strahlenexposition und Messgrößen.....	3
5.3.2	Bildqualität .....	4
<b>5.4</b>	<b>Ultraschall als nächster Meilenstein .....</b>	<b>5</b>
<b>5.5</b>	<b>Entwicklung der Computertomographie .....</b>	<b>5</b>
5.5.1	Grenzen der CT.....	6
<b>5.6</b>	<b>Magnetresonanztomographie .....</b>	<b>7</b>
<b>5.7</b>	<b>Digitale Volumentomographie .....</b>	<b>7</b>
5.7.1	Etablierung der DVT in der klinischen Praxis.....	9
5.7.2	DVT als präoperative Diagnostik im Mittelohr.....	10
<b>6</b>	<b>Fragestellung.....</b>	<b>11</b>
<b>7</b>	<b>Material und Methoden .....</b>	<b>12</b>
<b>7.1</b>	<b>Technische Erläuterungen zur Digitalen Volumentomographie .....</b>	<b>12</b>
7.1.1	Verwendeter Gerätetyp.....	12
<b>7.2</b>	<b>Untersuchungszeitraum und Beschreibung der Patientengruppe.....</b>	<b>13</b>
<b>7.3</b>	<b>Beschreibung der Methoden.....</b>	<b>15</b>
7.3.1	Anatomische Parameter .....	15
7.3.2	Analyse der DVT-Bilder nach Beurteilbarkeit .....	16
7.3.3	Bilderbeispiele - ohne Pathologien.....	18
7.3.3.1	Gehörgang und Mastoid (Nr. 1 + 2) .....	18
7.3.3.2	Abgrenzung Mastoid - Schädelbasis (kranial).....	19
7.3.3.3	Knochen Richtung Sinus sigmoideus (Nr. 4) .....	20
7.3.3.4	Trommelfell (Nr. 5) .....	20
7.3.3.5	Epi-, Meso- und Hypotympanon (Nr. 6-8) .....	21
7.3.3.6	Abgrenzung Epitympanon - Schädelbasis (kranial) (Nr. 9).....	22
7.3.3.7	Hammer-Amboss-Gelenk (Nr. 10) .....	23

7.3.3.8	Hammergriff (Nr. 11).....	24
7.3.3.9	Langer Ambossfortsatz (Nr. 12) .....	25
7.3.3.10	Stapes (Nr. 14-16).....	26
7.3.3.11	Ovales und rundes Fenster (Nr. 17-18).....	28
7.3.3.12	Bogengänge (Nr. 19-21) .....	29
7.3.3.13	N. facialis (Nr. 22-24).....	31
7.3.4	Pathologien .....	33
7.3.5	Pathologische Bilderbeispiele.....	35
7.3.5.1	Gehörgang (Nr. 1).....	35
7.3.5.2	Mastoid (Nr. 2).....	37
7.3.5.3	Abgrenzung Mastoid - Schädelbasis (kranial) (Nr. 3).....	38
7.3.5.4	Trommelfell (Nr. 5) .....	39
7.3.5.5	Epi-, Meso- und Hypotympanon (Nr. 6-8) .....	40
7.3.5.6	Abgrenzung Epitympanon - Schädelbasis (kranial) (Nr. 9).....	41
7.3.5.7	Langer Ambossfortsatz (Nr. 12) .....	42
7.3.5.8	Stapes (Nr. 14-16).....	43
7.3.5.9	Ovales und rundes Fenster (Nr. 17-18).....	45
7.3.5.10	Bogengänge (Nr. 19-21) .....	45
7.3.5.11	N. facialis (Nr. 23) .....	46
7.3.6	Analyse der OP-Berichte .....	47
7.3.6.1	Gehörgang.....	47
7.3.6.2	Trommelfell .....	47
7.3.6.3	Ossikel.....	48
7.3.6.4	Antrum/Epi-/Meso-/Hypotympanon.....	49
7.3.6.5	Ovales und rundes Fenster .....	50
7.3.6.6	Mastoid .....	50
7.3.6.7	N. facialis .....	51
7.3.6.8	Abgrenzung Epitympanon – Schädelbasis (kranial).....	51
<b>7.4</b>	<b>Vorgehensweise zur Ergebnisauswertung.....</b>	<b>52</b>
7.4.1	Statistische Auswertung – Auswahl der Gesamtheit .....	52
7.4.2	Beurteilbarkeit der anatomischen Strukturen .....	52
7.4.2.1	Einflussfaktoren auf die Beurteilbarkeit .....	52
7.4.2.2	Gesamtheit für <i>Beurteilbarkeit der Bilder</i> .....	53
7.4.3	Zusammenhang von präoperativem DVT-Befund und intraoperativem Befund .....	53
7.4.3.1	Statistische Gütekriterien der DVT-Bildgebung.....	53
7.4.3.2	Gesamtheit für <i>Zusammenhang von Bild und OP</i> .....	54
7.4.3.3	Korrelation: Vorhandensein von Rohdaten und Übereinstimmung Bild/ OP .....	55
7.4.3.4	Korrelation: Diagnose des Patienten und Übereinstimmung Bild/ OP.....	55
<b>8</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>56</b>
<b>8.1</b>	<b>Deskriptive Statistik .....</b>	<b>56</b>

8.1.1	Patientenkollektiv – nach Alter, Geschlecht und Diagnose.....	56
8.1.2	DVT-Röhrenparameter .....	57
8.1.3	Vorhandene Rohdaten .....	57
<b>8.2</b>	<b>Beurteilbarkeit der DVT-Bilder.....</b>	<b>58</b>
8.2.1	Korrelation: Beurteilbarkeit und Vorhandene Rohdaten.....	58
8.2.1.1	Gehörgang.....	58
8.2.1.2	Mastoid .....	58
8.2.1.3	Trommelfell .....	59
8.2.1.4	Schädelbasis im Epitympanon .....	60
8.2.1.5	Rundes Fenster.....	60
8.2.1.6	N. facialis (tympantal).....	61
8.2.1.7	Korrelation: Vorhandensein von Rohdaten und Beurteilbarkeit – Zusammenfassung .....	62
8.2.2	Korrelation: Beurteilbarkeit und Diagnose des Patienten .....	62
8.2.2.1	Gehörgang.....	63
8.2.2.2	Trommelfell .....	63
8.2.2.3	Hammer-Amboss-Gelenk .....	64
8.2.2.4	Korrelation: Beurteilbarkeit und Diagnose des Patienten – Zusammenfassung.....	64
<b>8.3</b>	<b>Übereinstimmung von Bildanalyse und OP-Bericht .....</b>	<b>66</b>
8.3.1	Sensitivität, Spezifität, prädiktive Werte – alle anatomischen Strukturen .....	67
8.3.1.1	Sensitivität – alle anatomischen Parameter.....	68
8.3.1.2	Spezifität – alle anatomischen Parameter .....	69
8.3.1.3	Positiver prädiktiver Wert – alle anatomischen Parameter.....	70
8.3.1.4	Negativer prädiktiver Wert – alle anatomischen Parameter .....	71
8.3.1.5	Geringste Ergebnisse .....	71
8.3.1.6	Beste Ergebnisse .....	72
8.3.2	Korrelation: Übereinstimmung Bild/OP und Vorhandene Rohdaten.....	73
8.3.2.1	Gehörgang.....	73
8.3.2.2	Trommelfell .....	74
8.3.2.3	Korrelation: Übereinstimmung Bild/OP und Vorhandene Rohdaten – gesamt.....	75
8.3.2.4	Korrelation: Übereinstimmung Bild/OP/Vorhandensein von Rohdaten – Sensitivität ....	77
8.3.2.5	Korrelation: Übereinstimmung Bild/OP und Vorhandensein von Rohdaten – Spezifität	78
8.3.2.6	Korrelation: Übereinstimmung Bild/OP und Vorhandensein von Rohdaten – PPV .....	80
8.3.2.7	Korrelation: Übereinstimmung Bild/OP und Vorhandensein von Rohdaten – NPV .....	81
8.3.3	Korrelation: Übereinstimmung Bild/OP und Diagnosen.....	82
8.3.3.1	Gehörgang.....	82
8.3.3.2	Trommelfell .....	83
8.3.3.3	Korrelation: Übereinstimmung Bild/OP und Diagnosen – Sensitivität.....	84
8.3.3.4	Korrelation: Übereinstimmung Bild/OP und Diagnosen – Spezifität.....	86
8.3.3.5	Korrelation: Übereinstimmung Bild/OP und Diagnosen – positiver prädiktiver Wert ....	88
8.3.3.6	Korrelation: Übereinstimmung Bild/OP und Diagnosen – negativer prädiktiver Wert ...	90

8.3.3.7	Korrelation: Übereinstimmung Bild/OP und Diagnosen – Gehörknöchelchen.....	92
<b>9</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>93</b>
<b>9.1</b>	<b>Diskussion von Material und Methoden.....</b>	<b>93</b>
9.1.1	Auswahl der anatomischen Parameter.....	93
9.1.2	Eingrenzung des Untersuchungsbereichs .....	93
9.1.3	Patientengruppe .....	93
9.1.4	Herausforderungen bei der Datensammlung .....	94
9.1.5	Fehlermöglichkeiten durch angewandte Methoden.....	94
9.1.5.1	Beurteilung der DVT-Bilder .....	94
9.1.5.2	Analyse der OP-Berichte .....	95
<b>9.2</b>	<b>Diskussion der Ergebnisse .....</b>	<b>97</b>
9.2.1	Beurteilbarkeit der anatomischen Strukturen .....	97
9.2.1.1	Abhängigkeit vom Vorhandensein von Rohdaten .....	97
9.2.1.2	Abhängigkeit von Pathologien.....	97
9.2.2	SEN, SPE, prädiktive Werte der DVT.....	99
9.2.2.1	Abhängigkeit vom Vorhandensein von Rohdaten .....	101
9.2.2.2	Abhängigkeit von Pathologien.....	103
9.2.3	Bildqualität .....	105
9.2.4	Weitere Einbettung der Ergebnisse in die aktuelle Forschung.....	106
9.2.4.1	Ossikel.....	106
9.2.4.2	Otosklerose .....	107
9.2.4.3	Bogengänge.....	108
9.2.4.4	Implantate und Prothesen.....	108
9.2.4.5	Sonstige.....	110
9.2.5	Vor- und Nachteile der DVT im Überblick.....	110
9.2.5.1	Vorteile .....	110
9.2.5.2	Nachteile .....	111
<b>9.3</b>	<b>Ausblick .....</b>	<b>111</b>
<b>10</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>113</b>
<b>11</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>117</b>
<b>12</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>XIV</b>
<b>12.1</b>	<b>Tabellen .....</b>	<b>XIV</b>
<b>12.2</b>	<b>Akademische Lehrer .....</b>	<b>XXXI</b>
<b>12.3</b>	<b>Danksagung.....</b>	<b>XXXII</b>

# 1 Abkürzungsverzeichnis

BG	Bogengang
CBCT	Cone Beam Computertomographie
chron.	chronisch
CTDI	Computed Tomography Dose Index
DVT	Digitale Volumetomographie
Epitymp.	Epitympanon
ext.	externa
FN	falsch negative
FP	falsch positive
GG	Gehörgang
HNO	Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde
kV	Kilovolt
mA	Milliampere
mGy	Milligray
MDCT	Multidetektor-Computertomographie
MSCT	Multislice-Computertomographie
N.	Nervus
NPV	negative predictive value (= negativer prädiktiver Wert)
OM	Otitis media
OMA	Otitis media adhaesiva
OMM	Otitis media mesotympanalis
path.	pathologisch
Path.	Pathologie
PORP	Partial Ossicular Chain Replacement Prosthesis
PPV	positive predictive value (positiver prädiktiver Wert)
RD	Rohdaten
RN	richtig negative
RP	richtig positive
SEN	Sensitivität
SPE	Spezifität
Tegmen tymp.	Tegmen tympani
TF	Trommelfell



TORP                      Total Ossicular Chain Replacement Prosthesis  
UKGM                     Universitätsklinikum Gießen und Marburg

*\* Aus Gründen der flüssigeren Lesbarkeit wird im Folgenden bei personenbezogenen Bezeichnungen nur die männliche Form verwendet. Hiermit ist jedoch stets gleichermaßen das weibliche Geschlecht gemeint.*

## 2 Abbildungsverzeichnis

Abb. 5-1: Strahlengang bei DVT und CT (A C Miracle & Mukherji, 2009); A: kegelförmiger Strahlengang bei DVT für sitzenden Patienten, B: fächerförmiger Strahlengang bei CT für liegenden Patienten.....	8
Abb. 7-1: 3DAccu-I-Tomo, Modell MCT-1, Typ EX-2F17, Fa. Morita – Kyoto, Japan .....	13
Abb. 7-2: Gehörgang, Mastoid – rechts, sagittal.....	18
Abb. 7-3: Mastoid 1a – rechts, koronar.....	18
Abb. 7-4: Mastoid 1b – rechts, axial.....	18
Abb. 7-5: Abgrenzung Mastoid - Schädelbasis (kranial) – rechts, sagittal.....	19
Abb. 7-6: Knochen Richtung Sinus sigmoideus, Gehörgang – rechts, axial.....	20
Abb. 7-7: Trommelfell - nicht sichtbar, Gehörgang – rechts, axial.....	20
Abb. 7-8: Trommelfell (und Gehörgang) – links, axial.....	21
Abb. 7-9: Trommelfell, teilweise sichtbar (und Gehörgang) – links, axial.....	21
Abb. 7-10: Epi-, Meso- und Hypotympanon – rechts, koronar.....	21
Abb. 7-11: Abgrenzung Epitympanon - Schädelbasis (kranial) – rechts, koronar.....	22
Abb. 7-12: Abgrenzung Epitympanon-Schädelbasis, eingeschränkt beurteilbar – links, koronar.....	22
Abb. 7-13: Hammer-Amboss-Gelenk 1.....	23
Abb. 7-14: Hammer-Amboss-Gelenk 2 – links, axial.....	23
Abb. 7-15: Hammer-Amboss-Gelenk 3 – rechts, axial.....	24
Abb. 7-16: Hammergriff 1 – links, koronar.....	24
Abb. 7-17: Hammergriff 2 – rechts, koronar.....	24
Abb. 7-18: Hammergriff 3 – links, koronar.....	25
Abb. 7-19: Langer Ambossfortsatz 1 – rechts, koronar.....	25
Abb. 7-20: Langer Ambossfortsatz 2 – links, koronar.....	25
Abb. 7-21: Stapes 1 – rechts, axial, gedreht.....	26
Abb. 7-22: Stapes 2a – links, axial.....	26
Abb. 7-23: Stapes 2b – links, axial, gedreht.....	26
Abb. 7-24: Ossikel nicht vorhanden (TORP) – links, koronar.....	27
Abb. 7-25: Ossikel nicht vorhanden (TORP) – links, axial.....	27
Abb. 7-26: Ovales und rundes Fenster 1 – links, koronar.....	28
Abb. 7-27: Ovales und rundes Fenster 2 – rechts, koronar.....	28
Abb. 7-28: Bogengänge – rechts, sagittal (ohne Beschriftung).....	29

Abb. 7-29: Bogengänge – rechts, sagittal (mit Beschriftung).....	29
Abb. 7-30: Horizontaler Bogengang - rechts, gedreht.....	30
Abb. 7-31: Anteriorer BG – rechts, sagittal, gedreht.....	30
Abb. 7-32: Posteriorer BG – rechts, sagittal, gedreht.....	30
Abb. 7-33: N. facialis, labyrinthär – links, axial .....	31
Abb. 7-34: N. facialis, tympanal 1 – links, axial, gedreht.....	31
Abb. 7-35: N. facialis, tympanal 2 – links, axial, gedreht.....	32
Abb. 7-36: N. facialis, mastoidal – links, sagittal.....	32
Abb. 7-37: Gehörgang path. 1: Dehiszenz GG-Vorderwand – links, sagittal .....	35
Abb. 7-38: Gehörgang path. 2a – links, sagittal .....	35
Abb. 7-39: Gehörgang path. 2b – links, koronar .....	36
Abb. 7-40: Gehörgang path. 3a: Chron. Otitis ext. – rechts, sagittal .....	36
Abb. 7-41: Gehörgang path. 3b: Chron. Otitis ext. – rechts, koronar .....	36
Abb. 7-42: Gehörgang path. 4 – links, sagittal .....	37
Abb. 7-43: Mastoid path. 1 – rechts, koronar .....	37
Abb. 7-44: Mastoid path. 2a – rechts, koronar .....	37
Abb. 7-45: Mastoid path. 2b – rechts, axial.....	38
Abb. 7-46: Abgrenzung Mastoid - Schädelbasis path. 1a – links, koronar .....	38
Abb. 7-47: Abgrenzung Mastoid - Schädelbasis path. 1b – links, sagittal.....	38
Abb. 7-48: Trommelfell path. 1 – links, koronar.....	39
Abb. 7-49: Trommelfell path. 2 – rechts, koronar.....	39
Abb. 7-50: Epitympanon path. 1 – rechts, koronar .....	40
Abb. 7-51: Epi-, Meso-, Hypotymp. path. 2 – links, koronar.....	40
Abb. 7-52: Epi-, Meso-, Hypotymp. path. 3 – links, koronar.....	40
Abb. 7-53: Abgrenzung Epitympanon – Schädelbasis path. 1 – rechts, koronar .....	41
Abb. 7-54: Abgrenzung Epitympanon – Schädelbasis path. 2a – rechts, koronar .....	41
Abb. 7-55: Abgrenzung Epitympanon – Schädelbasis path. 2b – rechts, sagittal.....	41
Abb. 7-56: Langer Ambossfortsatz path. 1 – rechts, koronar.....	42
Abb. 7-57: Langer Ambossfortsatz path. 2a – rechts, koronar.....	42
Abb. 7-58: Langer Ambossfortsatz path. 2b – rechts, koronar.....	42
Abb. 7-59: Stapes path. 1a – links, koronar, gedreht.....	43
Abb. 7-60: Stapes path. 1b – links, axial, gedreht.....	43
Abb. 7-61: PORP 1a – rechts, koronar .....	43
Abb. 7-62: PORP 1b – rechts, axial.....	44

Abb. 7-63: TORP 1a – links, koronar.....	44
Abb. 7-64: TORP 1b – links, axial .....	44
Abb. 7-65: Ovales und rundes Fenster path. – rechts, koronar .....	45
Abb. 7-66: Superiorer Bogengang path. – links, sagittal, gedreht.....	45
Abb. 7-67: Posteriorer Bogengang path. – links, sagittal, gedreht.....	46
Abb. 7-68: N. facialis, tympanal, path. 1 – rechts, axial, gedreht .....	46
Abb. 7-69: N. facialis, tympanal, path. 2 – rechts, axial, gedreht .....	46

### 3 Tabellenverzeichnis

Tab. 7-1: Relevante anatomische Parameter .....	15
Tab. 7-2: Beurteilbarkeit der Parameter 1-4, 9-24.....	16
Tab. 7-3: Beurteilbarkeit des Parameters Nr. 5 .....	16
Tab. 7-4: Pathologien der anatomischen Parameter .....	34
Tab. 7-5: Algorithmus OP-Berichte, Gehörgang.....	47
Tab. 7-6: Algorithmus OP-Berichte, Trommelfell .....	47
Tab. 7-7: Algorithmus OP-Berichte, Ossikel .....	48
Tab. 7-8: Algorithmus OP-Berichte, Antrum/Epi-/Meso-/Hypotympanon.....	49
Tab. 7-9: Algorithmus OP-Berichte, ovales/rundes Fenster.....	50
Tab. 7-10: Algorithmus OP-Berichte, Mastoid .....	50
Tab. 7-11: Algorithmus OP-Berichte, N. facialis.....	51
Tab. 7-12: Abgrenzung Epitympanon – Schädelbasis (kranial).....	51
Tab. 8-1: Altersverteilung der Patientengruppe .....	56
Tab. 8-2: Patientengruppe nach Geschlecht .....	56
Tab. 8-3: Patientengruppe nach Diagnosen .....	56
Tab. 8-4: Beurteilte Seite – Häufigkeit.....	56
Tab. 8-5: DVT-Röhrenparameter .....	57
Tab. 8-6: Vorhandene Rohdaten - Häufigkeit, gesamt.....	57
Tab. 8-7: Vorhandene Rohdaten (VR)* Beurteilbarkeit (B), Gehörgang .....	58
Tab. 8-8: Chi-Square-Test für VR* B, Gehörgang .....	58
Tab. 8-9: Vorhandene Rohdaten * Beurteilbarkeit, Mastoid.....	59
Tab. 8-10: Chi-Square-Test für VR* B, Mastoid .....	59
Tab. 8-11: Vorhandene Rohdaten * Sichtbarkeit, Trommelfell .....	59
Tab. 8-12: Chi-Square-Test für VR* Sichtbarkeit, Trommelfell .....	59
Tab. 8-13: Vorhandene Rohdaten * Beurteilbarkeit, Schädelbasis im Epitympanon ....	60
Tab. 8-14: Chi-Square-Test für VR* Beurteilbarkeit, Schädelbasis im Epitympanon ..	60
Tab. 8-15: Vorhandene Rohdaten * Beurteilbarkeit, rundes Fenster .....	61
Tab. 8-16: Chi-Square-Test für VR* Beurteilbarkeit, rundes Fenster .....	61
Tab. 8-17: Vorhandene Rohdaten * Beurteilbarkeit, N. facialis (tympanal).....	61
Tab. 8-18: Chi-Square-Test für VR* Beurteilbarkeit, N. facialis, tympanal.....	61
Tab. 8-19: Ergebnisse zur Korrelation „Vorhandene Rohdaten * Beurteilbarkeit“ (Zusammenfassung).....	62
Tab. 8-20: Diagnose des Patienten * Beurteilbarkeit, Gehörgang .....	63

Tab. 8-21: Chi-Square-Test für Diagnose des Patienten * Beurteilbarkeit, Gehörgang	63
Tab. 8-22: Diagnose des Patienten * Sichtbarkeit, Trommelfell.....	63
Tab. 8-23: Chi-Square-Test für Diagnose des Patienten * Sichtbarkeit, Trommelfell...	64
Tab. 8-24: Diagnose des Patienten * Beurteilbarkeit, Hammer-Amboss-Gelenk.....	64
Tab. 8-25: Chi-Square-Test für Diagnose des Patienten * Beurteilbarkeit, Hammer-Amboss-Gelenk .....	64
Tab. 8-26: Ergebnisse zur Korrelation „Diagnose des Patienten * Beurteilbarkeit“ (Zusammenfassung).....	65
Tab. 8-27: SEN, SPE, PPV, NPV aller anatomischer Strukturen (gesamt) .....	67
Tab. 8-28: Geringste Ergebnisse ( $\leq 0,5$ ) für SEN, SPE, prädiktive Werte .....	72
Tab. 8-29: Beste Ergebnisse ( $> 0,9$ ) für SEN, SPE, prädiktive Werte .....	73
Tab. 8-30: Korrelation Übereinstimmung Bild/OP * Vorhandene Rohdaten, Gehörgang .....	74
Tab. 8-31: Korrelation Übereinstimmung Bild/OP * Vorhandene Rohdaten, Trommelfell .....	74
Tab. 8-32: Werte für SEN, SPE, PPV, NPV in Korrelation mit Vorhandensein von Rohdaten.....	75
Tab. 8-33: Zusammenfassung SEN, SPE, PPV, NPV in Korrelation mit Vorhandensein von Rohdaten.....	76
Tab. 8-34: Sensitivität – Vergleich: RD und keine RD, alle anatomischen Strukturen .	77
Tab. 8-35: Spezifität – Vergleich: RD und keine RD, alle anatomischen Strukturen....	78
Tab. 8-36: Positiver prädiktiver Wert – Vergleich: RD und keine RD, alle anatomischen Strukturen .....	80
Tab. 8-37: Negativer prädiktiver Wert – Vergleich: RD und keine RD, alle anatomischen Strukturen .....	81
Tab. 8-38: Korrelation Übereinstimmung Bild/OP * Diagnosen, Gehörgang .....	83
Tab. 8-39: Korrelation Übereinstimmung Bild/OP * Diagnosen, Trommelfell.....	83
Tab. 8-40: Sensitivität – Vergleich: Diagnosen, alle anatomischen Strukturen.....	84
Tab. 8-41: Spezifität – Vergleich: Diagnosen, alle anatomischen Strukturen.....	86
Tab. 8-42: Positiver prädiktiver Wert – Vergleich: Diagnosen, alle anatomischen Strukturen .....	88
Tab. 8-43: Negativer prädiktiver Wert – Vergleich: Diagnosen, alle anatomischen Strukturen .....	90

Tab. 8-44: Höchste Werte für SEN, SPE, PPV, NPV – Vergleich: Diagnosen (1-4), Gehörknöchelchen.....	92
Tab. 8-45: Niedrigste Werte für SEN, SPE, PPV, NPV – Vergleich: Diagnosen (1-4), Gehörknöchelchen.....	92

## 4 Grafikverzeichnis

Grafik 8-1: Sensitivität – alle anatomischen Strukturen.....	68
Grafik 8-2: Spezifität – alle anatomischen Strukturen .....	69
Grafik 8-3: Positiver prädiktiver Wert (PPV) – alle anatomischen Strukturen.....	70
Grafik 8-4: Negativer prädiktiver Wert (NPV) – alle anatomischen Strukturen.....	71
Grafik 8-5: Sensitivität – Vergleich: RD und keine RD, alle anatomischen Strukturen	78
Grafik 8-6: Spezifität – Vergleich: RD und keine RD, alle anatomischen Strukturen...	79
Grafik 8-7: Positiver prädiktiver Wert – Vergleich: RD und keine RD, alle anatomischen Strukturen .....	81
Grafik 8-8: Negativer prädiktiver Wert – Vergleich: RD und keine RD, alle anatomischen Strukturen .....	82
Grafik 8-9: Sensitivität – Vergleich: Diagnosen, alle anatomischen Strukturen.....	85
Grafik 8-10: Spezifität – Vergleich: Diagnosen, alle anatomischen Strukturen .....	87
Grafik 8-11: Positiver prädiktiver Wert – Vergleich: Diagnosen, alle anatomischen Strukturen .....	89
Grafik 8-12: Negativer prädiktiver Wert – Vergleich: Diagnosen, alle anatomischen Strukturen .....	91



## 5 Einleitung

„Schwer ins Ohr, leicht ins Auge“ – Worte von Manfred Hinrich, einem deutschen Kinderlieder- und Kinderbuchautor, Journalisten und Aphoristiker (1), die einen weiten Interpretationsspielraum offenlassen. Gelangt etwas „schwer ins Ohr“, kann das klinisch einer Schwerhörigkeit entsprechen, die für die Patienten je nach Schweregrad oft einen hohen Leidensdruck bedeuten. Ursächliche Erkrankungen mit ihren anatomischen Verhältnissen „leicht ins Auge“, also besser sichtbar werden zu lassen, ist im weitesten Sinne das Hauptthema der vorliegenden Arbeit.

### 5.1 Schwerhörigkeit

Die Schwerhörigkeit ist die weltweit häufigste Funktionseinschränkung eines Sinnesorgans (2). Zu den häufigsten permanenten Schwerhörigkeiten gehören die Hypakusis des Alters, die Lärmschwerhörigkeit und die Schwerhörigkeit infolge chronischer Otitis media (3). Laut epidemiologischen Studien lag die Prävalenz therapiebedürftiger Hörstörungen in Deutschland 2001 bei etwa 19% (3).

#### 5.1.1 Chronische Otitis media

Während bei einer *akuten* Mittelohrentzündung aufsteigende Infektionen aus dem Nasenrachenraum als Ursache im Vordergrund stehen, bildet die *chronische* Otitis media eine Gruppe von Krankheiten als Folge persistierender frühkindlicher Tubenventilationsstörungen mit gehemmter oder fehlender Mastoidbelüftung. Eine chronische Mittelohrentzündung geht laut Definition mit einem über mehr als drei Monate nicht heilenden Trommelfellddefekt mit eitrigem Ausfluss aus dem Ohr einher(4). Eine Sonderform bildet die chronische Otitis epitympanalis, auch genannt Cholesteatom – eine Knocheneiterung, die als ektopes, verhornendes Plattenepithel in die Mittelohr- und Mastoidräume wächst (5). Es kann unter anderem das Epitympanon füllen, dabei Hammer und Amboss zerstören und sich bis in die Mastoidhöhle und Schädelbasis ausbreiten, was außerdem zu Destruktion knöcherner Innenohr-Strukturen führen kann. Das Ausmaß dieser möglichen Pathologien gilt es stets mittels Bildgebung darzustellen. Die Schwerhörigkeit ist in beiden Fällen ein Resultat aus Dämpfung (Granulationen), Zerstörung (durch enzymatischen Abbau) oder entzündlicher Fixation von Trommelfell und Mittelohrstrukturen (im Wesentlichen die Gehörknöchelchenkette) (3).

Chronische Mittelohrentzündungen bilden den Großteil der Indikationen für sanierende und gehörverbessernde Operationen in der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde (HNO).

Im klinischen Alltag gehören nach Anamnese und Erhebung des HNO-Status mit Otoskopie und Nasenracheninspektion, eine Tubenfunktions- sowie Stimmgabelprüfung und Gleichgewichtsuntersuchung zur ausführlichen Diagnostik (vgl. 5, S. 4). Die Standard-Bildgebungen zur Untersuchung eines Hörverlustes stellen dabei die CT-Untersuchung des Felsenbeins sowie die Kontrastmittel-MRT dar (6). Die Computertomographie stellt die knöchernen Anatomie des Felsenbeins detailliert dar; so werden knöchernen Veränderungen der Gehörknöchelchen, des Fazialiskanals sowie des Mastoids sehr gut abgebildet (7). Besondere Aufmerksamkeit sollte bei solchen entzündlichen Pathologien folgenden Strukturen gewidmet werden: laterale Epitympanonwand, Ossikel, lateralen Bogengang, tympanaler Anteil des Fazialis und das Tegmen tympani.

Der Wert guter Bildgebung, insbesondere der Gehörknöchelchen, zeigen auch andere Krankheitsbilder: So kann z.B. auch eine Mastoiditis zu einer Arrosion des langen Ambossfortsatzes führen, der der anfälligste Teil der Ossikelkette ist (7).

Eine Bildgebung kann außerdem zur genauen OP-Planung unverzichtbar sein.

Es gelten dabei folgende Ziele: zum einen die Sanierung chronisch-entzündlicher Erkrankungen, zum anderen die Rekonstruktion der Gehörknöchelchenkette zum Wiederaufbau der Schalltransformation (5).

## **5.2 Beginn der Bildgebung**

Den Beginn der Bildgebung in der Medizin verdanken wir dem Physiker Wilhelm Conrad Röntgen, der 1895 bei der Untersuchung von Elektrizitätsleitung in Gasen eine unsichtbare Strahlung entdeckte, mit der bis dato verborgene Strukturen eines Organismus erstmals dargestellt werden konnten (8).

Die später nach dem Physiker benannten Röntgen-Strahlen durchdringen den Körper und werden je nach Dichte des Gewebes unterschiedlich stark absorbiert. Je höher diese Unterschiede sind, desto aussagekräftigere Bilder entstehen (8).

Innerhalb des ersten Jahres nach Entdeckung der Strahlen, die bis heute im englischsprachigen Raum *X-rays* genannt werden, war es unter anderem bereits möglich, Fremdkörper aufzufinden und Diagnosen von Knochen- und Gelenkdefekten, Arthritis, Gicht oder Gefäßverkalkungen zu stellen (9, S. 24).

### **5.3 Physikalische und technische Hintergründe**

Ein Röntgengerät besteht aus einer Metallröhre, in der sich Anode und Kathode gegenüberliegen. Bei Erhitzen der Kathode werden die Hüllelektronen des Metalldrahtes vom Atomkern getrennt, Richtung der positiv geladenen Anode bewegt und dort abgebremst. Hierbei entstehen elektromagnetische Wellen – die Röntgen-Bremsstrahlung – sowie Wärmeenergie. Zudem werden bei diesem Vorgang Elektronen aus der Atomhülle des Metalls herausgeschlagen. Beim Auffüllen der Lücken durch andere Elektronen entsteht die charakteristische Röntgenstrahlung. Je höher dabei die Röhrenspannung zwischen Kathode und Anode, desto höher ist die Bewegungsenergie der Elektronen, also auch der entstehenden Röntgenstrahlung.

Tritt diese Röntgenstrahlung durch Materie, kommt es durch Absorption und Streuung zu einer Schwächung. Diese hängt von der Dicke (Menge) und Ordnungszahl (Dichte) des Objekts sowie von der Strahlenqualität ab. Je dicker und dichter das Material und höher die Ordnungszahl, desto stärker die Schwächung der Röntgenstrahlen und somit Helligkeit des Bilddetails. Sekundäre, ungerichtete Strahlung, sog. Streustrahlung, die durch klassische Streuung ebenfalls beim Durchtritt durch die Materie entsteht, verringert den Schwärzungskontrast und somit die Bildqualität (10, S. 67).

#### **5.3.1 Strahlenexposition und Messgrößen**

Die durch Strahlung transportierte Energie wird durch das Elektronenvolt (eV) angegeben. Anhand dieser Energie wird die Röntgenstrahlung in weiche ( $< 100$  keV), harte (100 keV – 1 MeV) und ultraharte Strahlung ( $> 1$  MeV) eingeteilt. Je härter die Strahlung, umso höher ist der Anteil der Streuung, während es bei weicher Strahlung vermehrt zur Absorption im Patienten kommt. Daher muss dieser niederenergetische Anteil durch Filter am Strahlenaustrittfenster reduziert werden. Durch diese wenige Millimeter dicken Aluminium- oder Kupferplatten kommt es zur Aufhärtung der Strahlung, also einer relativen Zunahme des energiereichen Anteils (10).

Zur Beschreibung der Strahlungswirkung auf ein biologisches System wird ein Maß für die absorbierte Strahlungsmenge verwendet: die Dosis. Die wichtigste Größe ist die Energiedosis; sie wird in der Einheit Gray (Gy) angegeben und bestimmt die biologische Wirkung. Im Strahlenschutz werden zudem andere dosimetrische Messgrößen verwendet

wie die Äquivalentdosis oder die effektive Äquivalentdosis (kurz: effektive Dosis) in Sievert (Sv) (10). Letztere errechnet sich als Summe der Organdosen, gewichtet mit den sog. Gewebe-Wichtungsfaktoren.

Leider geht jede Strahlenexposition auch mit einem Risiko für Strahlenschäden einher. Es wird zwischen stochastischen und deterministischen Strahlenschäden (Strahlenfolgen) unterschieden. Stochastische Strahlenschäden können beispielsweise DNA-Veränderungen verursachen (genetische Schäden) und kanzerogen sein. Sie treten zufällig auf. Je höher die Dosis, desto höher die Wahrscheinlichkeit ihres Eintretens. Die maßgebliche Dosismessgröße hierfür ist die effektive Dosis (10, S. 52).

### **5.3.2 Bildqualität**

Entscheidend für die Bildqualität sind zum einen technische Eigenschaften des bildgebenden Systems, zum anderen objektabhängige Kriterien: Hierzu zählt das sog. „Signal-Rausch-Verhältnis“ (Rauschen), das vor allem bei niedriger Dosis die Detailerkennbarkeit beeinflusst. Ein weiterer wichtiger Faktor ist der Kontrast. Dieser ist von der Strahlenabsorption im Objekt sowie der Qualität der Strahlung abhängig – also u.a. der Art des Anodenmaterials und der Höhe der Röhrenspannung. Streustrahlung und Rauschen verringern den Kontrast.

Sowohl sehr weiche Strahlung – und damit vermehrte Absorption – als auch sehr harte Strahlung – mit entsprechend mehr Streuung – können sich negativ auf die Bildqualität auswirken: Zu starke Streuung reduziert Kontraste, während vermehrte Absorption Dichteunterschiede verbergen kann. Der Untersucher kann daher durch Einstellung von Spannung und Stromstärke am Röntgengerät den Härtegrad der Strahlung bzw. die Intensität (primär den Strom) verändern und somit einen Einfluss auf die Bildqualität nehmen (10).

Ein weiterer Faktor ist die Unschärfe: Sie entsteht durch Bewegungsunschärfe – entweder durch Bewegung des Objekts oder des Aufnahmesystems während der Strahlenexposition. Da der Fokus der Röntgenröhre flächenhaft ist, bildet sich am Objektrand ein Halbschatten, der zur Randunschärfe führt. Durch die Zentralprojektion verstärkt der Fokus-Objekt- und der Objekt-Film-Abstand die Halbschattenbildung. Diese geometrischen Kriterien bedingen die geometrische Unschärfe (10, S. 67).

## **5.4 Ultraschall als nächster Meilenstein**

Einen weiteren entscheidenden Fortschritt in der bildgebenden Diagnostik brachte die Einführung der Ultraschall-Diagnostik in den 1970er Jahren als nicht invasives Verfahren ohne Strahlenbelastung. Das Prinzip beruht auf der Anwendung von Ultraschallwellen im nicht-hörbaren Bereich. Diese dringen in den zu untersuchenden Körperteil ein und werden je nach Gewebezusammensetzung an den Grenzflächen der verschiedenen Gewebe in unterschiedlichem Maße absorbiert, gestreut, reflektiert oder gebrochen. Der Schallkopf nimmt anschließend die reflektierten Schallimpulse wieder auf, die wiederum eine Wechselspannung erzeugen. Aus dieser Information errechnet ein Computer dann ein Live-Bild (11).

Die Ultraschalldiagnostik gelangt jedoch aufgrund der starken Schallbrechung und -reflektion bei Luft und Knochen an ihre physikalischen Grenzen, sodass eine tiefere Bildgebung mit dieser Technik nicht möglich ist (8).

## **5.5 Entwicklung der Computertomographie**

Als der englische Ingenieur Hounsfield zu Beginn der 70er Jahre dann den ersten Computertomographen entwickelte, war der nächste entscheidende Meilenstein gesetzt. Bei dieser Methode wird das zu untersuchende Körperteil von Röntgenstrahlen durchstrahlt, wobei die Röntgenröhre und ihr gegenüberliegende Detektoren um den Patienten rotieren. Diese Detektoren entsprechen dem Röntgenfilm einer konventionellen Röntgenaufnahme, messen die Abschwächung der Röntgenstrahlen jedoch viel empfindlicher. Das Ergebnis ist eine große Datenflut von Schwächungswerten, zu deren Auswertung Computer mit hoher Rechenleistung nötig sind, um dann zwei- oder auch dreidimensionale Bilder zu errechnen und auf einem Monitor abzubilden (8).

Zur Beurteilung von Gefäß- oder Darmstrukturen werden bei dieser Technik Kontrastmittel auf Jod- oder Bariumbasis benötigt. Wegen der deutlich höheren Dichteauflösung wurden nun aber auch die Darstellung von Weichteilgewebe, wie Gehirn und gastrointestinalen Organen möglich (8).

Die Weiterentwicklung der CT-Technik führte in den nächsten Jahren zu immer kürzeren Bildaufnahmezeiten bis zu drei Sekunden zum Ende der 80er Jahre (12).

1989 kam es zum ersten Einsatz der Spiral-CT. Hierbei ist die Untersuchungsfläche kontinuierlich in Bewegung, sodass ein spiralförmiger Datensatz akquiriert wird, aus dem

nach mathematischen Umrechnungen die klassischen Schichtbilder gewonnen werden (11).

Weitere Fortschritte ermöglichte die Entwicklung der Multidetektor-Computertomographie. Mit der ersten Zwei-Zeilen-Multidetektor-CT Ende der 90er Jahre war nun eine Entwicklung begonnen, die durch mehrere parallel geschaltete Detektoren eine weitaus höhere Auflösung der Bilder begünstigte. Seitdem konnte die Bildqualität stets verbessert und die Untersuchungszeit erheblich reduziert werden.

### **5.5.1 Grenzen der CT**

Mit der Entwicklung der hochauflösenden CT (HR-CT) in den 1980er Jahren wurde sie zur Methode der Wahl bei der Beurteilung von leitendem Hörverlust, Missbildungen und destruktiven Prozessen wie chronisch suppurativer Mittelohrentzündung im Mittel- und Innenohr (13).

Die CT des Felsenbeins gehört laut Casselmann et al. jedoch wohl auch zu den Untersuchungen mit der höchsten Strahlenbelastung (14, S. 345).

Obwohl nur 7 % der bildgebenden Untersuchungen CTs sind, machen sie 54 % der medizinischen Strahlenexposition aus. Eine Thorax-CT benötigt z. B. eine ca. 100-mal höhere effektive Dosis als eine konventionelle Thorax-Übersichtsaufnahme. In der Röntgenverordnung sind durch den Gesetzgeber daher Dosisgrenzwerte (diagnostische Referenzwerte) für Röntgen- und CT-Untersuchungen bei Erwachsenen und Kindern festgelegt. Werden diese in einer Einrichtung, z. B. einem Uniklinikum, dauerhaft überschritten, müssen die Ursachen dafür gefunden und entsprechende Maßnahmen getroffen werden (10, S. 79).

Es gelten daher bei der Anwendung ionisierender Strahlen die Strahlenschutzgrundsätze „Rechtfertigung“, „Dosisbegrenzung“ und „Optimierung“, auf deren Grundlage vor jeder Röntgenuntersuchung der fachkundige Arzt die rechtfertigende Indikation stellen muss. So ist er verpflichtet, nach dem „Optimierungsgebot“ unter Berücksichtigung ökonomischer und gesellschaftlicher Faktoren die Strahlenexposition für den Patienten auch unterhalb der gesetzlich vorgegebenen Grenz- oder Richtwerte zu reduzieren. International spricht man vom ALARA-Prinzip („As Low As Reasonably Achievable“) (10, S. 57) (15).

Die CT ist für die Beurteilung von knöchernen Strukturen wie z. B. Becken- oder Wirbelkörperfrakturen hervorragend geeignet (10, S. 79).

Trotz der Verwendung der höchsten verfügbaren Auflösung und entsprechend erhöhter Strahlendosis für den Patienten ist die MSCT dennoch keine perfekte Technik zur Visualisierung kleinerer knöcherner Pathologien, wie insbesondere des Labyrinths oder des Stapesbogens (16). Weichteile wiederum sind durch die MRT deutlich besser beurteilbar. Dies zeigt die hohe Relevanz weiterer Untersuchungen und Entwicklungen alternativer bildgebender Verfahren bei Fragestellungen im Bereich des Mittelohrs.

## **5.6 Magnetresonanztomographie**

Nur kurze Zeit nach Entwicklung der Computertomographie folgte die der Kernspintomographie. Ihr liegt das Prinzip der „kernmagnetischen Resonanz“ zugrunde, das erstmals 1946 von Bloch und Purcell beschrieben wurde. Es basiert auf der Reaktion von Atomkernen, wenn sie einem externen Magnetfeld ausgesetzt werden (17). Dieses Verfahren benötigt keinerlei ionisierende Strahlung, was es zu einer für den Patienten sehr risikoarmen bildgebenden Methode macht. Ein weiterer Hauptvorteil der Magnetresonanztomographie (MRT) im Vergleich zu anderen bildgebenden Verfahren besteht in der exzellenten Weichteildarstellung (18).

## **5.7 Digitale Volumentomographie**

Die digitale Volumentomographie (DVT) – im englischen Sprachraum Cone Beam Computed Tomography (CBCT) genannt – ist ein bildgebendes Verfahren, dessen erster klinischer Einsatz im Jahr 1997 in der Zahnheilkunde erfolgte und von Mozzo et al. dokumentiert wurde (19).

Der grundlegende Unterschied zur CT, bei der ein fächerförmiger und parallel zum Sensor verlaufender Strahlengang verwendet wird, liegt in der Verwendung eines kegelförmigen Strahlengangs (engl. *cone beam*), der auf einen flächenhaften Röntgendetektor geführt wird. Die Spitze des Kegels entspricht dem Strahler, die Basis dem zweidimensionalen Sensor (20). Es besteht dabei ein deutlich geringerer Abstand zwischen Objekt und Röntgenröhre sowie Detektor (s. Abb. 5-1). Am DVT-Apparat befindet sich auf der einen Seite also ein Röntgenstrahler und gegenüberliegend davon ein Röntgensensor. Durch den kegelförmigen Strahlengang ist es ausreichend, das Gerät nur einmal um den Patienten rotieren zu lassen, was die Strahlenbelastung ebenfalls senkt. Je nach Gerätetyp ist für den Patienten eine sitzende, stehende oder liegende Position möglich.

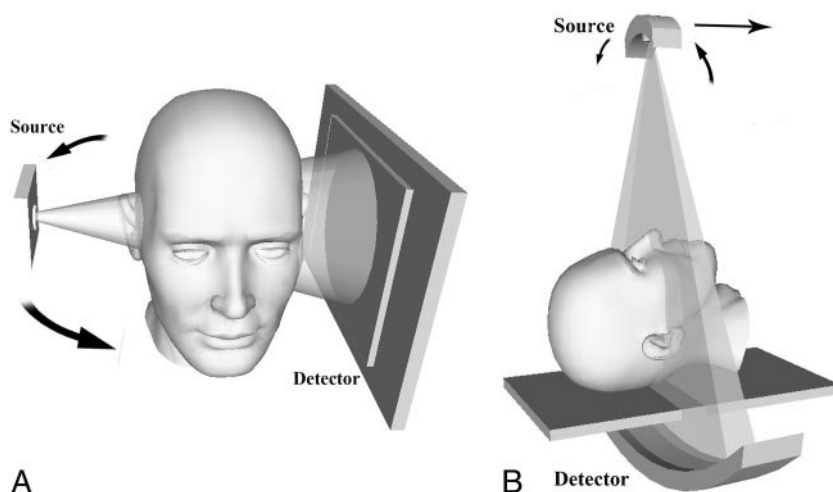


Abb. 5-1: Strahlengang bei DVT und CT (A C Miracle & Mukherji, 2009); A: kegelförmiger Strahlengang bei DVT für sitzenden Patienten, B: fächerförmiger Strahlengang bei CT für liegenden Patienten

Das DVT-Gerät rotiert in einem bestimmten Rotationswinkel ( $180^\circ$  bis  $360^\circ$ , je nach Hersteller und Gerätetyp) mit einer Umlaufzeit von vier bis 25 Sekunden um den Kopf des Patienten. Diese ist abhängig vom Rotationswinkel, von der sog. Framerate, die die Anzahl der Einzelaufnahmen angibt, sowie von der Datenübertragungsrate: Je schneller der Röntgensensor die Daten auslesen und speichern kann, desto schneller kann ein neues Bild erstellt werden (21).

Je mehr Einzelbilder aus den vielen Winkelpositionen generiert werden, desto exakter kann dann das Volumen errechnet werden. Hierzu wird eine spezielle Anwendungssoftware benötigt. Jedes Element der zweidimensionalen Bilder (Pixel) repräsentiert dabei eine Volumeneinheit, sogenannte Voxel (VOLumetrix PiXEL) (10). Das errechnete zylinderförmige Volumen stellt den Rohdatensatz dar, der zu diagnostischen Zwecken umgewandelt und in Bilder in koronarer, sagittaler und axialer Ebene weiterverarbeitet werden kann, während bei der konventionellen CT meist nur axiale Scans verfügbar sind (16). Zudem können aus dem Datensatz dreidimensionale Rekonstruktionen errechnet oder Panoramarekonstruktionen erstellt werden (20).

DVT-Geräte erzeugen wegen der geringeren Röntgenleistung insgesamt eine weichere Strahlung als die CT, was zu einem geringeren Kontrast des Bildes führt. Dies wird insbesondere bei der Weichteildarstellung deutlich, da hierbei Gewebe mit geringen Kontrastunterschieden dargestellt werden. Bei der Bildgebung von Luft-Knochen-Grenzen hingegen zeigt sich die DVT auch wegen der besseren räumlichen Auflösung als eine gute Alternative zur CT (22).



Die jeweils applizierte Dosis hängt von Bildparametern ab, die durch den Benutzer ausgewählt werden. Bei den meisten DVT-Systemen ist die Röntgenröhrenspannung fest vorgegeben, während Röhrenstrom und Expositionszeit je nach erforderlicher Bildqualität und Patientengröße variiert werden können (23).

### **5.7.1 Etablierung der DVT in der klinischen Praxis**

Schon in den ersten Jahren des Einsatzes wurden die Hauptvorteile der DVT deutlich und bleiben unbestritten: Ein deutlich geringerer Anschaffungspreis bzw. geringere Gerätekosten sind bedingt durch den kleineren technologischen Aufwand aufgrund der geringeren Umdrehungszahl (24). Hinzu kommt die viel geringere Strahlenbelastung im Vergleich zur konventionellen CT (19, 24, 25, 26, 14) sowie eine kürzere Datenbearbeitungszeit.

2004 nutzten Gupta et al. einen prototypischen Volumentomographen mit einem digitalen Flachbilddetektor und einer isometrischen Auflösung von 0,15mm. Dieses Gerät ermöglichte eine bessere Definition feiner knöcherner Strukturen als die MSCT (27, 26). Die DVT fand in den folgenden Jahren zunehmend Verbreitung und wurde zunächst in der kieferorthopädischen Praxis vermehrt verwendet (28).

Heute ist die DVT ein breit genutztes bildgebendes Verfahren für unterschiedliche Anwendungen in der Zahnmedizin – z.B. bei der Implantatplanung und Endodontie – sowie in der Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie und der Kieferorthopädie (23). Beispielweise zeigt sie eine hohe diagnostische Genauigkeit beim Nachweis von Knocheninfiltrationen bei Patienten mit Mundhöhlenkarzinom (29).

Die DVT-Fach- und Sachkunde kann von Zahnärzten, MKG-Chirurgen, Oralchirurgen und HNO-Ärzten nach Teilnahme an einem zweitägigen Aktualisierungskurs für Strahlenschutz sowie der Befundung von 50 Musterfällen erlangt werden (30). Dies ermöglicht eine erhebliche Kosten- und Ressourcenersparnis, da ein Radiologe zur Beurteilung der Bildgebung nicht zwingend konsultiert werden muss. Jeder durchführende Arzt ist jedoch auch zur Dokumentation und Befundung verpflichtet, sodass hier die Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten noch deutlich gesteigert werden sollten (31).

### **5.7.2 DVT als präoperative Diagnostik im Mittelohr**

Bereits 1995 empfehlen Reisser und Mitarbeiter eine routinemäßige 3D-Darstellung des Felsenbeins mittels Spiral-CT vor otologischen Operationen, um dem Operateur präoperativ eine 3D-Ansicht des OP-Gebiets zu ermöglichen (13).

In den letzten Jahrzehnten entwickelte sich die radiologische Bildgebung des Felsenbeins von planaren konventionellen Röntgenbildern zu zwei- bis dreidimensionalen Rekonstruktionsbildern. Dabei gilt die CT als Goldstandard für Fragestellungen wie Hörverlust, destruktive Pathologien in Mittel- und Innenohr und Fehlbildungen (32). Es hat sich gezeigt, dass die DVT durch die detaillierte dreidimensionale Demonstration eine genaue Bewertung wichtiger Strukturen ermöglicht und so gleichzeitig die Orientierung für die präoperative Planung erleichtert (16). Dabei stellt sich die Frage nach der Genauigkeit dieser präoperativen Beurteilung in Bezug auf die einzelnen anatomischen Landmarken sowie nach Faktoren, die diese beeinflussen können, wie zum Beispiel technische Aspekte oder bestimmte Pathologien.

## 6 Fragestellung

Ziel der vorliegenden Arbeit ist zum einen die Analyse verschiedener Einflussfaktoren der Beurteilbarkeit präoperativer DVT-Bilder des Felsenbeins, zum anderen sollen verschiedene Parameter untersucht werden, die einen Einfluss auf die Übereinstimmung der DVT-Befunde und der intraoperativ vorgefundenen Befunde haben.

Dabei werden konkret folgende Fragestellungen bearbeitet:

- I. Welche Parameter haben einen Einfluss auf die *Beurteilbarkeit der DVT-Bilder*?
  - 1) Besteht konkret eine signifikant bessere Beurteilbarkeit bei vorhandenen Rohdaten?
  - 2) Haben bestimmte Pathologien bzw. Diagnosen einen Einfluss auf die Beurteilbarkeit der DVT-Bilder?
    - Besteht bei den verschiedenen Diagnosen Cholesteatom (Otitis media epitympanalis)/ (chronische) mesotympanale Otitis media/ Otitis media adhaesiva eine unterschiedlich gute Beurteilbarkeit der DVT-Bilder?
  
- II. Welcher Zusammenhang besteht zwischen den *präoperativen DVT-Befunden und der intraoperativ vorgefundenen Anatomie bzw. den vorgefundenen Pathologien*?
  - 1) Ergibt sich eine unterschiedlich gute Übereinstimmung von DVT-Bildanalyse und intraoperativem Befund bei verschiedenen anatomischen Strukturen?
    - Bestehen konkret Unterschiede in Bezug auf das Trommelfell, das Mittelohr und die Gehörknöchelchen?
  - 2) Besteht konkret eine größere Übereinstimmung von Bildanalyse und intraoperativem Befund bei vorhandenen Rohdaten?
  - 3) Gibt es einen Zusammenhang zwischen bestimmten Pathologien bzw. der führenden Diagnose und der Übereinstimmung von Bildanalyse und intraoperativem Befund?
    - Besteht bei den verschiedenen Diagnosen Cholesteatom (Otitis media epitympanalis)/ (chronische) mesotympanale Otitis media/ Otitis media adhaesiva eine unterschiedlich starke Übereinstimmung von Bildanalyse und intraoperativem Befund?

## **7 Material und Methoden**

### **7.1 Technische Erläuterungen zur Digitalen Volumentomographie**

Das zugrunde liegende Prinzip der DVT wurde bereits in 5.7 erläutert.

Gegenüber der Röntgen-Strahlenquelle des DVT-Geräts befindet sich ein Flachbilddetektor (engl. *flat panel detector*), der aus einem Bildschirm aus Szintillationskristallen besteht, der mit einer Matrix von Photodionen besetzt und wiederum in einen nicht-kristallisierten Silikon- oder Selenium-Festkörper eingebettet ist. Einfallende Röntgenstrahlen werden dann über den Szintillationsfilm photochemisch in Licht umgewandelt. In die o. g. Matrix eingebaute Dünnschicht-Transistoren übertragen nun die Lichtsignale, die proportional zur Ladung im Photodionenfeld sind und dort als Energie gespeichert werden. Diese wiederum sind proportional zu den auf die Szintillationsschicht einfallenden Photonen (33). Die Lichtsignale werden anschließend durch die Photodionen in digitale Signale umgewandelt, welche über ein spezielles Softwareprogramm in dreidimensionale Bilder verrechnet werden (34).

Bei dieser Arbeit wurde das Software-Programm „iDixel“ der Fa. Morita für die Bildverarbeitung verwendet. Zur Bildbetrachtung diente das Programm „One-Data-Viewer“ bzw. – bei vorhandenen Rohdaten – „One-Volume-Viewer“ der Fa. Morita.

#### **7.1.1 Verwendeter Gerätetyp**

Die radiologischen Aufnahmen der vorliegenden Studie wurden mit einem DVT-Gerät „3DAccu-I-Tomo, Modell MCT-1, Typ EX-2F17“ der Fa. Morita (Kyoto, Japan) generiert (s. Abb. 7-1) mit einer Röntgenröhre vom Typ D-051 der Fa. Toshiba.

Das DVT-Gerät hat ein Gewicht von insgesamt etwa 400 kg. Bei einem Rotationswinkel von 180° liegt die Durchleuchtungszeit je nach gewähltem Modus zwischen 5,4 und 15,8 Sekunden, während bei einer 360°-Umdrehung hingegen 10,5 bis 30,8 Sekunden. Die Fokusgröße beträgt 0,5 mm. Die Röhrenspannung kann in einem Bereich von 60-90 kV, die Stromstärke schrittweise in einem Bereich von 1 mA bis 10 mA – je nach Patientengröße und nötiger Bildqualität – gewählt werden.

Der zu untersuchende Bildausschnitt (engl. *field of view* = FOV) kann im Durchmesser von 40 bis 170 mm, die Höhe von 40 bis 120 mm eingestellt werden.

Bei dem genannten Gerät kann die Kantenlänge der Voxel je nach gewünschter Auflösung 80, 125, 160, 200 oder 250  $\mu\text{m}$  betragen (35).



Abb. 7-1: 3DAccu-I-Tomo, Modell MCT-1, Typ EX-2F17, Fa. Morita – Kyoto, Japan

(Quelle: <http://www.jmoritaeurope.de/de/produkte/hno/geraete-fuer-diagnostik-und-bildgebung/ent-3d-accutomo-170/?tab=media>, 11.08.2017)

## 7.2 Untersuchungszeitraum und Beschreibung der Patientengruppe

Die in dieser Arbeit verwendeten Daten stammen von Patienten der Klinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde des Universitätsklinikums Gießen und Marburg (UKGM), Standort Marburg. Bei diesen handelt es sich um Kinder, Frauen und Männer, auf die mindestens eine der folgenden Diagnosen zutrifft: Otitis media mesotympanalis (eitrig und nicht-eitrig), Otitis media adhaesiva, Cholesteatom des Mittelohres = Otitis media epitympanalis.

In die Studie eingeschlossen wurden Patienten, die sich aufgrund der o.g. Diagnosen im Zeitraum von Oktober 2010 bis Dezember 2013 einer Operation im Mittelohr unterzogen und bei denen vor dieser jeweiligen Operation eine DVT-Bildgebung des Ohres der jeweils operierten Seite durchgeführt wurde. Die Indikation zur Bildgebung wurde im Rahmen der präoperativen Diagnostik gestellt. Die Patientendaten wurden aus dem ORBIS, dem im UKGM benutzten Krankenhausinformationssystem, entnommen. Die

Bilddatensätze dieser Patienten wurden mithilfe des Software-Programms „iDixel – Fa. Morita“ verarbeitet und mit den Bildbetrachtungsprogrammen „One-Data-Viewer“ bzw. „One-Volume-Viewer“ der Fa. Morita analysiert.

Anschließend folgte die Analyse der Operationsberichte in Bezug auf dieselben Parameter wie die der DVT-Bildanalyse. Zur Interpretation dieser OP-Berichte wurden bestimmte Algorithmen entwickelt, die im Abschnitt 7.3.6 Analyse der OP-Berichte näher erläutert werden.

Insgesamt wurden die Daten von 92 Patienten im Alter von vier bis 87 Jahren analysiert, von denen 44 weiblich und 48 männlich waren. Die Datensätze von vier Patienten wurden ausgeschlossen, da das Mittelohr bei diesen Operationen nicht dargestellt wurde, sodass die OP-Berichte unvollständige Informationen für die vorliegende Studie lieferten. Weitere drei Patienten wurden ausgeschlossen, da die Bildgebung nach der Operation erfolgt war. Somit wurden insgesamt 85 Patienten in die Studie eingeschlossen – davon waren 41 weiblich und 44 männlich.

Die DVT-Aufnahme erfolgte zwischen 0 und 996 Tagen vor der Operation, der Mittelwert betrug 80,69 Tage zwischen DVT-Diagnostik und OP-Tag.

## 7.3 Beschreibung der Methoden

### 7.3.1 Anatomische Parameter

Nach der Verarbeitung der DVT-Datensätze in die drei Schnittebenen koronar, sagittal und axial durch das Software-Programm „i-Dixel“ der Firma Morita wurden die Bilddatensätze mithilfe der Programme „One-Data-Viewer“ bzw. „One-Volume-Viewer“ der Fa. Morita auf folgende anatomische Parameter hin analysiert:

Nr.	Anatomischer Parameter
1	Gehörgang
2	Mastoid
3	Abgrenzung Mastoid - Schädelbasis (kranial)
4	Knochen in Richtung Sinus sigmoideus
5	Trommelfell
6	Epitympanon
7	Mesotympanon
8	Hypotympanon
9	Abgrenzung Epitympanon - Schädelbasis (kranial)
10	Hammer-Amboss-Gelenk
11	Hammergriff
12	Langer Ambossfortsatz
13	Amboss-Steigbügel-Gelenk
14	Stapesköpfchen
15	Vorderer Stapeschenkel
16	Hinterer Stapeschenkel
17	Ovales Fenster
18	Rundes Fenster
19	Horizontaler Bogengang
20	Oberer Bogengang
21	Hinterer Bogengang
22	N. facialis – labyrinthärer Verlauf
23	N. facialis – tympanaler Verlauf
24	N. facialis – mastoidaler Verlauf

Tab. 7-1: Relevante anatomische Parameter

### 7.3.2 Analyse der DVT-Bilder nach Beurteilbarkeit

Die Beurteilbarkeit dieser anatomischen Strukturen wurde auf folgende Weise bewertet:

Nr.	Anatomischer Parameter	Beurteilbarkeit			
		1=sehr gut	2=eingeschränkt	3=nicht beurteilbar	4=nicht vorhanden (voroperiert)
1	Gehörgang	x	x	x	
2	Mastoid	x	x	x	
3	Abgrenzung Mastoid - Schädelbasis (Kranial)	x	x	x	
4	Knochen Richtung Sinus sigmoideus	x	x	x	
9	Abgrenzung Epitympanon - Schädelbasis (kranial)	x	x	x	
10	Hammer-Amboss-Gelenk	x	x	x	x
11	Hammergriff	x	x	x	x
12	Langer Ambossfortsatz	x	x	x	x
13	Amboss-Steigbügel-Gelenk	x	x	x	x
14	Stapesköpfchen	x	x	x	x
15	Vorderer Stapesschenkel	x	x	x	x
16	Hinterer Stapesschenkel	x	x	x	x
17	Ovales Fenster	x	x	x	
18	Rundes Fenster	x	x	x	
19	Horizontaler Bogengang	x	x	x	
20	Oberer Bogengang	x	x	x	
21	Hinterer Bogengang	x	x	x	
22	N. facialis – labyrinthärer Verlauf	x	x	x	
23	N. facialis – tympanaler Verlauf	x	x	x	
24	N. facialis – mastoidaler Verlauf	x	x	x	

Tab. 7-2: Beurteilbarkeit der Parameter 1-4, 9-24

Das Trommelfell (Nr. 5) wurde folgendermaßen nach seiner Sichtbarkeit beurteilt:

Nr.	Anatomischer Parameter	Sichtbarkeit		
		1=nicht sichtbar	2=sichtbar	3=teilweise sichtbar
5	Trommelfell	x	x	x

Tab. 7-3: Beurteilbarkeit des Parameters Nr. 5

Epi-, Meso- und Hypotympanon (Nr. 6 - 8) wurden nach vorhandener bzw. nicht vorhandener Pathologie beurteilt, die Beurteilbarkeit ist aufgrund fehlender Quantifizierbarkeit nicht erhoben worden.

Mithilfe einer Excel-Tabelle wurde jeder Bilddatensatz in stets gleicher Reihenfolge – bezüglich der oben genannten anatomischen Strukturen – analysiert.

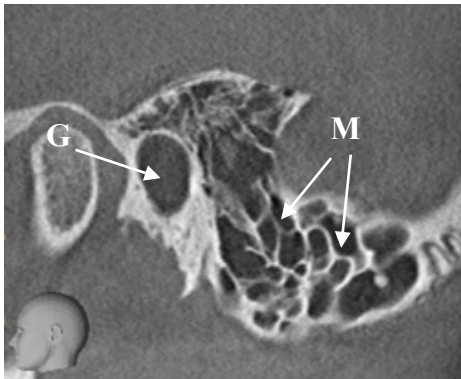


In enger Zusammenarbeit mit dem wissenschaftlichen Betreuer konnten die Parameter gemäß eines im Vorfeld erstellten Musterkatalogs hinsichtlich der jeweiligen Ausprägung so konsequent beurteilt werden.

### 7.3.3 Bilderbeispiele - ohne Pathologien

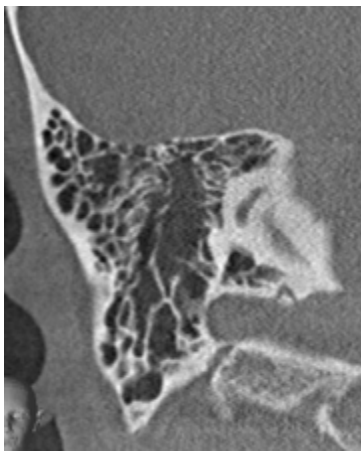
Sofern nicht anders angemerkt, sind die jeweils relevanten anatomischen Strukturen auf den Abbildungen stets durch Pfeile markiert bzw. beschriftet.

#### 7.3.3.1 Gehörgang und Mastoid (Nr. 1 + 2)



Auf diesem sagittalen Schnittbild sind Gehörgang (G) und Mastoid (M) zu sehen. Der Gehörgang ist hier knöchern bedeckt und sehr gut beurteilbar.

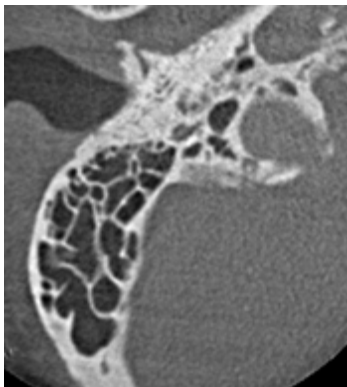
Abb. 7-2: Gehörgang, Mastoid – rechts, sagittal



Die Mastoidzellen sind hier pneumatisiert und nicht verschattet.

In Zusammenschau der koronaren und sagittalen Schnittebene ist das Mastoid sehr gut beurteilbar.

Abb. 7-3: Mastoid 1a – rechts, koronar

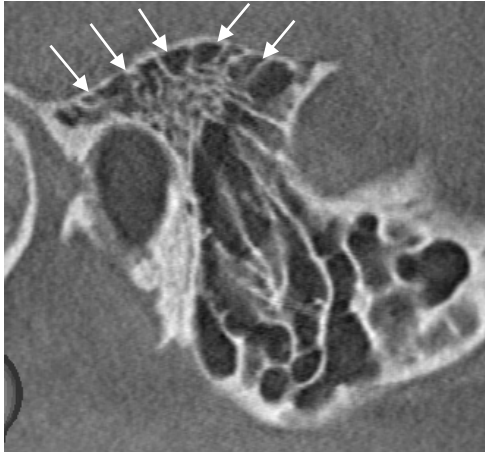


Das nebenstehende Bild zeigt das Mastoid ergänzend in axialer Schnittebene.

Abb. 7-4: Mastoid 1b – rechts, axial

Bei den Strukturen Gehörgang und Mastoid kam die Kategorie „nicht beurteilbar“ nicht vor.

### 7.3.3.2 Abgrenzung Mastoid - Schädelbasis (kranial)



Die kraniale Begrenzung des Mastoids zur Schädelbasis hin ist hier sehr gut beurteilbar. Die knöcherne Abgrenzung ist mit Pfeilen markiert.

Abb. 7-5: Abgrenzung Mastoid - Schädelbasis (kranial) – rechts, sagittal

Bei den untersuchten DVT-Bildern war bei dieser Struktur in allen Fällen eine sehr gute Beurteilbarkeit gegeben.

### 7.3.3.3 Knochen Richtung Sinus sigmoideus (Nr. 4)



Auf diesem Bildausschnitt sind der Gehörgang sowie die knöcherne Begrenzung des Sinus sigmoideus der rechten Ohrseite zu sehen – diese ist sehr gut beurteilbar. Die knöcherne Begrenzung ist mit Pfeilen markiert.

Abb. 7-6: Knochen Richtung Sinus sigmoideus, Gehörgang – rechts, axial

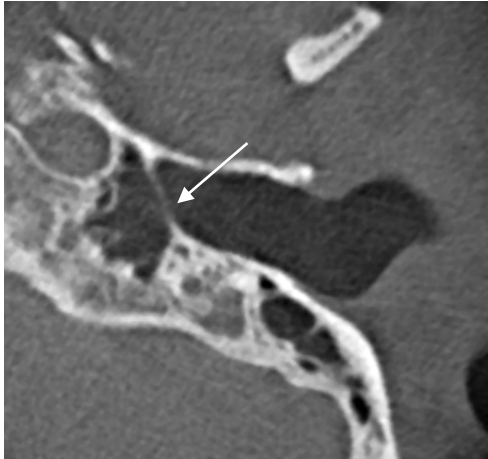
Auch hier war bei den untersuchten DVT-Bildern in allen Fällen eine sehr gute Beurteilbarkeit gegeben.

### 7.3.3.4 Trommelfell (Nr. 5)



Auf diesem axialen Schnittbild ist der rechte Gehörgang zu sehen, das Trommelfell ist nicht sichtbar.

Abb. 7-7: Trommelfell - nicht sichtbar, Gehörgang – rechts, axial



Auf diesem Bild sind Gehörgang und Trommelfell der linken Seite in der axialen Schnittebene zu sehen. Das Trommelfell ist hier sichtbar (durch einen Pfeil markiert).

Es besteht jedoch keine Pathologie.

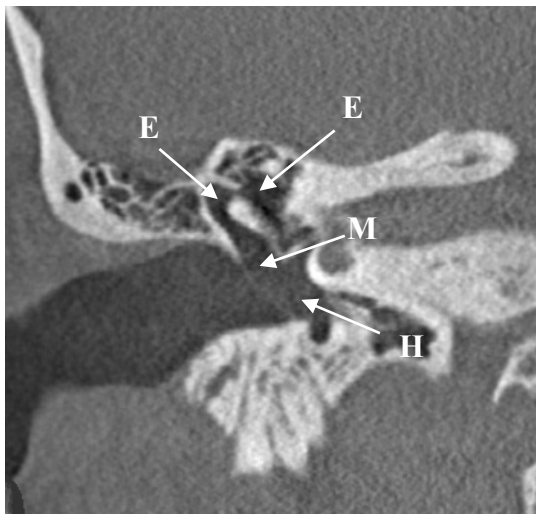
Abb. 7-8: Trommelfell (und Gehörgang) – links, axial



Auf dem nebenstehenden axialen Schnittbild ist das linke Trommelfell teilweise sichtbar und ohne Pathologie.

Abb. 7-9: Trommelfell, teilweise sichtbar (und Gehörgang) – links, axial

### 7.3.3.5 Epi-, Meso- und Hypotympanon (Nr. 6-8)



Auf diesem koronaren Schnittbild ist das rechte Mittelohr mit seinen Teilen *Epitympanon* (E), *Mesotympanon* (M) und *Hypotympanon* (H) zu erkennen.

Abb. 7-10: Epi-, Meso- und Hypotympanon – rechts, koronar

Epi-, Meso- und Hypotympanon waren stets beurteilbar, sodass hier keine Unterscheidung vorgenommen wurde.

### 7.3.3.6 Abgrenzung Epitympanon - Schädelbasis (kranial) (Nr. 9)



Hier zeigt sich in der koronaren Schnittebene die kraniale Begrenzung des rechten Epitympanons zur Schädelbasis hin intakt und sehr gut beurteilbar.

Abb. 7-11: Abgrenzung Epitympanon - Schädelbasis (kranial) – rechts, koronar

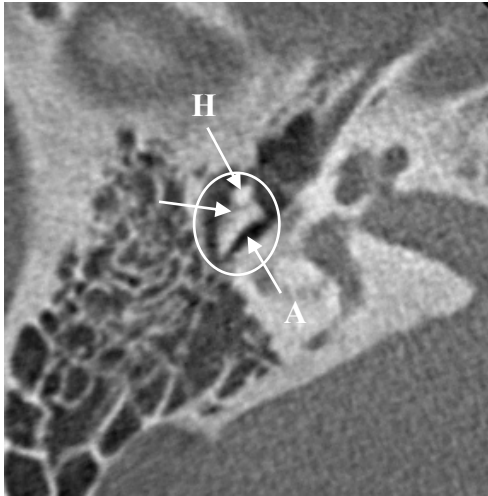


Auf dem nebenstehenden koronaren Schnittbild ist die kraniale Begrenzung des linken Epitympanons zur Schädelbasis hin - soweit (eingeschränkt) beurteilbar – intakt.

Abb. 7-12: Abgrenzung Epitympanon-Schädelbasis, eingeschränkt beurteilbar – links, koronar

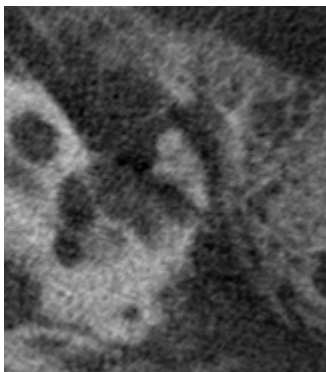
Der Fall „nicht beurteilbar“ kam bei den analysierten DVT-Bildern bei dieser Struktur nicht vor.

### 7.3.3.7 Hammer-Amboss-Gelenk (Nr. 10)



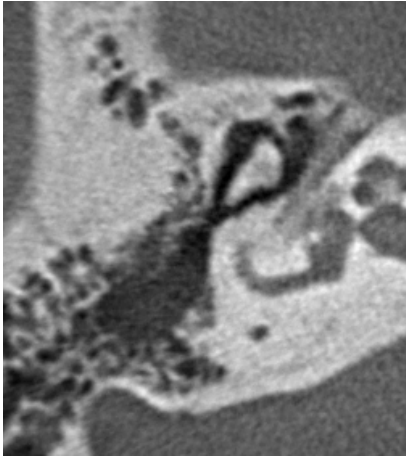
Auf dieser Abbildung ist das Hammer-Amboss-Gelenk in der axialen Ebene im kranialen Mittelohrbereich erkennbar. Die Formation von Hammer und Amboss erinnert dabei an das Bild einer Eistüte, weshalb sie auch Eistütenformation genannt wird (s. Kreis). Dem Gelenk entspricht die dünne Linie zwischen Hammer (H) und Amboss (A). Das Hammer-Amboss-Gelenk ist hier sehr gut beurteilbar.

Abb. 7-13: Hammer-Amboss-Gelenk 1  
– rechts, axial



Auch auf diesem axialen Bildausschnitt ist das linke Hammer-Amboss-Gelenk noch als sehr gut beurteilbar zu bewerten.

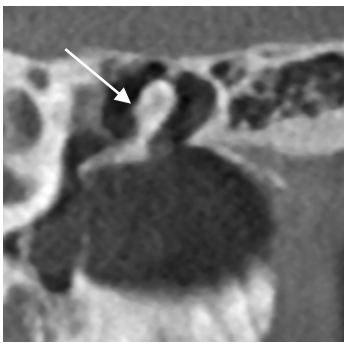
Abb. 7-14: Hammer-Amboss-Gelenk 2 – links, axial



Das nebenstehende Bild zeigt ein rechtes Hammer-Amboss-Gelenk, das als eingeschränkt beurteilbar zu werten ist.

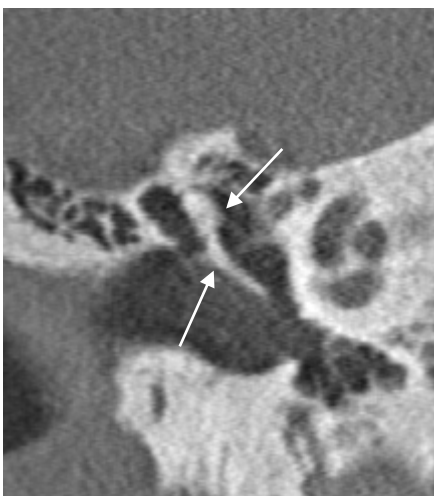
Abb. 7-15: Hammer-Amboss-Gelenk 3 – rechts, axial

### 7.3.3.8 Hammergriff (Nr. 11)



Auf diesem koronaren Bildausschnitt sind das linke Mittelohr und darin der Hammergriff zu sehen. Der Hammergriff ist sehr gut beurteilbar.

Abb. 7-16: Hammergriff 1 – links, koronar



Hier sind in der koronaren Schnittebene das rechte Mittelohr und darin der Hammergriff zu sehen. Der Hammergriff ist ebenfalls sehr gut beurteilbar.

Abb. 7-17: Hammergriff 2 – rechts, koronar

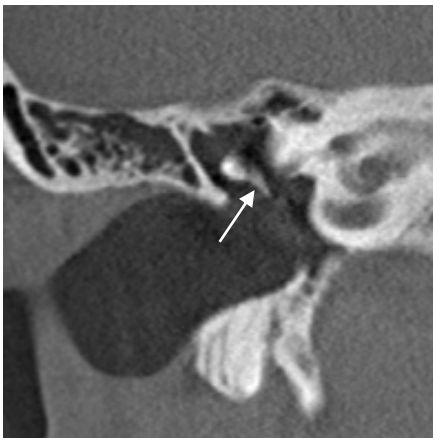




Auf dieser Abbildung ist der Hammergriff eingeschränkt beurteilbar.

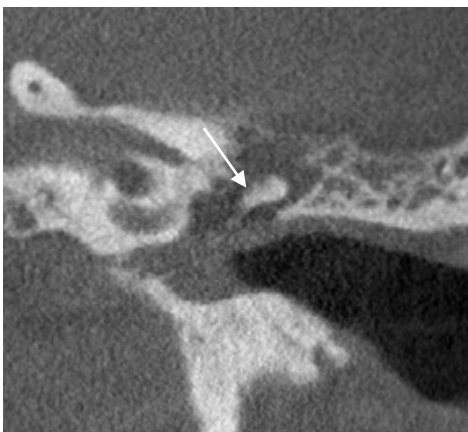
Abb. 7-18: Hammergriff 3 – links, koronar

### 7.3.3.9 Langer Ambossfortsatz (Nr. 12)



Auf dem nebenstehenden Bildausschnitt ist ein rechtsseitiges Mittelohr in der koronaren Schnittebene abgebildet. Der lange Ambossfortsatz ist hier sehr gut beurteilbar.

Abb. 7-19: Langer Ambossfortsatz 1 – rechts, koronar



Auf diesem koronaren Schnittbild zeigt sich der linke lange Ambossfortsatz und ist als eingeschränkt beurteilbar zu werten.

Abb. 7-20: Langer Ambossfortsatz 2 – links, koronar

### 7.3.3.10 Stapes (Nr. 14-16)

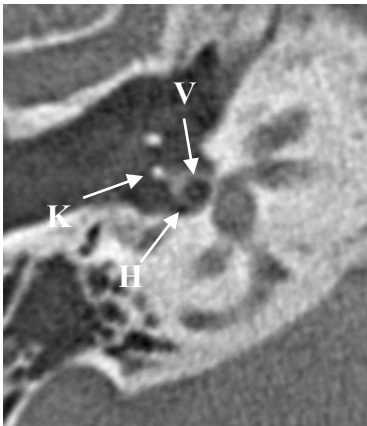


Abb. 7-21: Stapes 1 – rechts, axial, gedreht

Auf der nebenstehenden Abbildung ist der rechte Stapes im gedrehten axialen Schnittbild zu sehen. Stapeskopf (K), vorderer (V) und hinterer Schenkel (H) sind sehr gut beurteilbar.

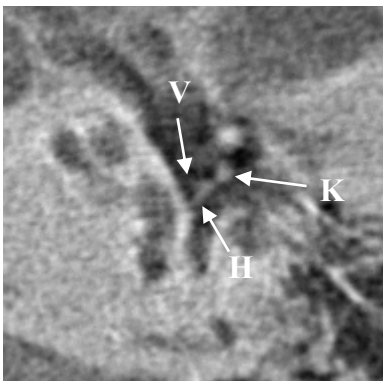


Abb. 7-22: Stapes 2a – links, axial

Auf diesem Bild ist der Stapes in der axialen Schnittebene dargestellt. Stapesköpfchen (K) und hinterer Schenkel (H) sind sehr gut beurteilbar, der vordere Schenkel (V) ist eingeschränkt beurteilbar.

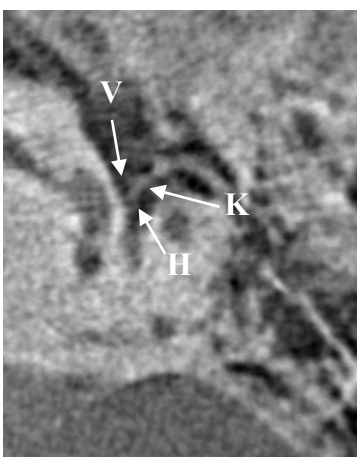
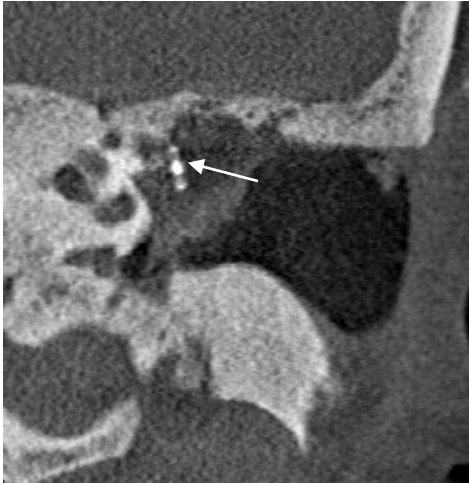


Abb. 7-23: Stapes 2b – links, axial, gedreht

Hier ist der Stapes nochmals in gedrehter axialer Schnittebene zu sehen (s. o.).



Auf der nebenstehenden Abbildung sind die Ossikel, die sonst in der koronaren Schnittebene am besten beurteilbar sind (Hammergriff, langer Ambossfortsatz) nicht vorhanden (voroperiert). Dieser Patient hat eine *Total Ossicular Chain Replacement Prosthesis* (TORP, s. Pfeil) erhalten.

Abb. 7-24: Ossikel nicht vorhanden (TORP) – links, koronar



Auf diesem Bild sind die Ossikel, die sich sonst in der axialen Schnittebene am besten darstellen (Amboss-Steigbügel-Gelenk, Stapesköpfchen, vorderer und hinterer Stapeschenkel) nicht vorhanden (voroperiert). Es handelt sich um dieselbe Bilddatenquelle wie in Abb. 7-24 (TORP).

Abb. 7-25: Ossikel nicht vorhanden (TORP) – links, axial

### 7.3.3.11 Ovales und rundes Fenster (Nr. 17-18)

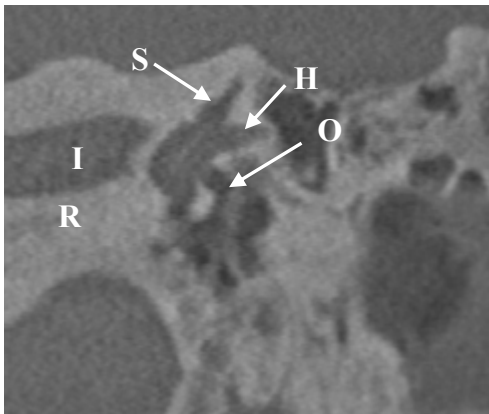


Abb. 7-26: Ovales und rundes Fenster 1 – links, koronar

Auf dem nebenstehenden koronaren Schnittbild sind das linke Innenohr (I) sowie das Vestibulum mit superiorem (S) und horizontalem Bogengang (H) und ovalem (O) und rundem Fenster (R) zu sehen. Das runde und ovale Fenster sind hier sehr gut beurteilbar.

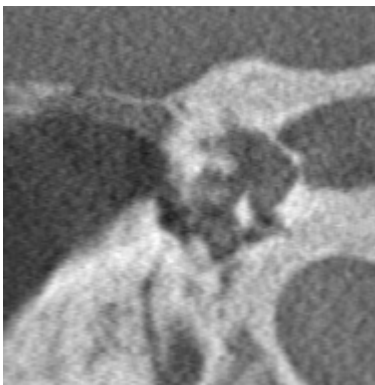
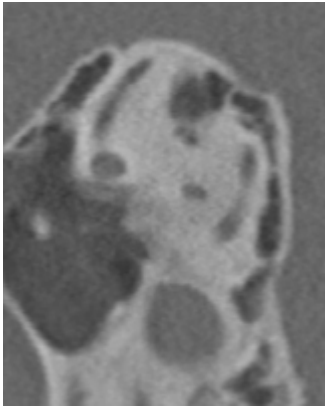


Abb. 7-27: Ovales und rundes Fenster 2 – rechts, koronar

Hier ist das ovale Fenster als eingeschränkt beurteilbar zu bewerten, das runde Fenster als sehr gut beurteilbar.

### 7.3.3.12 Bogengänge (Nr. 19-21)



Auf diesem sagittalen Bildausschnitt sind die rechtsseitigen Bogengänge zu erkennen. Dabei bilden der horizontale (h), der anteriore (a) und posteriore (p) die sog. H-Formation, da das Bild an den Großbuchstaben „H“ erinnert (s. u.).

Abb. 7-28: Bogengänge – rechts, sagittal (ohne Beschriftung)

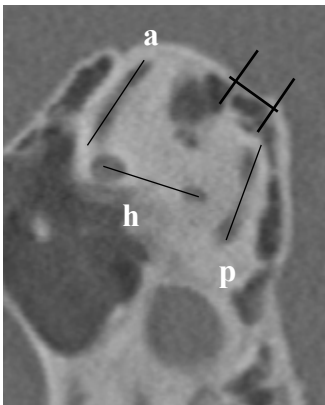
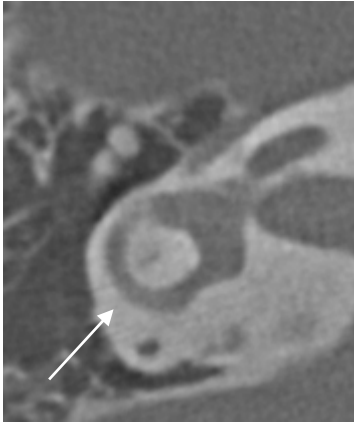


Abb. 7-29: Bogengänge – rechts, sagittal (mit Beschriftung)

Nach Drehen in den verschiedenen Ebenen erscheinen die einzelnen Bogengänge in der axialen bzw. sagittalen Schnittebene jeweils als kreisförmige Strukturen:



Auf dieser Abbildung ist der rechte horizontale Bogengang (BG) in der axialen Schnittebene zu sehen. Der horizontale BG ist hier sehr gut beurteilbar.

Abb. 7-30: Horizontaler Bogengang - rechts, gedreht



Auf diesem sagittalen Schnittbild ist der rechte anteriore BG dargestellt und als sehr gut beurteilbar zu bewerten.

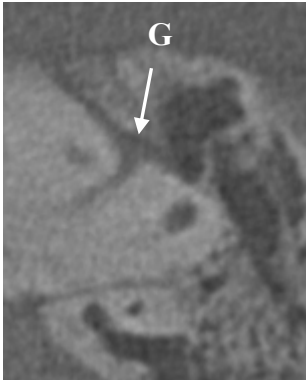
Abb. 7-31: Anteriorer BG – rechts, sagittal, gedreht



Hier ist der rechtsseitige posteriore BG in gedrehter sagittaler Ebene abgebildet. Der hintere BG ist sehr gut beurteilbar.

Abb. 7-32: Posteriorer BG – rechts, sagittal, gedreht

### 7.3.3.13 N. facialis (Nr. 22-24)



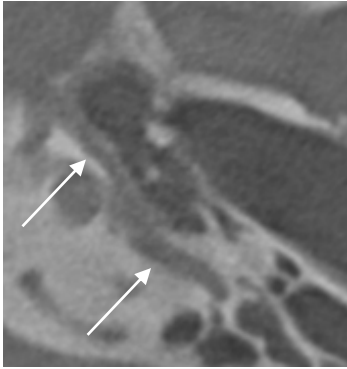
Auf dem nebenstehenden axialen Bildausschnitt der linken Seite ist der vestibuläre bzw. labyrinthäre Anteil des N. facialis mit dem Ganglion geniculi (G) abgebildet. Der Fazialis ist in seinem labyrinthären Verlauf hier sehr gut beurteilbar.

Abb. 7-33: N. facialis, labyrinthär – links, axial



Nach dem Drehen in der sagittalen Ebene zeigt sich axial der tympanale Anteil des N. facialis – wie hier abgebildet. Der Fazialis ist in seinem horizontalen Verlauf hier sehr gut beurteilbar.

Abb. 7-34: N. facialis, tympanal 1 – links, axial, gedreht



Auf der nebenstehenden Abbildung ist der Fazialis in seinem horizontalen Verlauf eingeschränkt beurteilbar.

Abb. 7-35: N. facialis, tympanal 2 – links, axial, gedreht



Auf diesem sagittalen Schnittbild ist der mastoidale Anteil des linken N. facialis zu sehen. Dieser ist im nebenstehenden Bild als sehr gut beurteilbar zu bewerten.

Abb. 7-36: N. facialis, mastoidal – links, sagittal



### 7.3.4 Pathologien

Anschließend wurde jede anatomische Struktur nach vorhandenen Pathologien untersucht. Die unterschiedlichen Pathologien wurden nach folgenden Gesichtspunkten unterteilt und bewertet:

Nr.	Anatomische Struktur	Pathologie
1	Gehörgang	1 = keine Pathologie 2 = Pathologie
2	Mastoid	1 = keine Verschattung 2 = teilweise Verschattung 3 = komplette Verschattung
3	Abgrenzung Mastoid - Schädelbasis (Kranial)	1 = keine Dehiszenz 2 = Dehiszenz
4	Knochen in Richtung Sinus sigmoideus	1 = keine Dehiszenz 2 = Dehiszenz
5	Trommelfell	1 = verdickt 2 = eingezogen 3 = Defekt 4 = Kombinationen aus 1 - 3 6 = keine Pathologie
6	Epitympanon	1 = keine Pathologie 2 = Pathologie
7	Mesotympanon	1 = keine Pathologie 2 = Pathologie
8	Hypotympanon	1 = keine Pathologie 2 = Pathologie
9	Abgrenzung Epitympanon - Schädelbasis (kranial)	1 = keine Dehiszenz 2 = Dehiszenz
10	Hammer-Ambossgelenk	1 = keine Pathologie 2 = Pathologie Hammer 3 = Pathologie Amboss 4 = Pathologie Hammer + Amboss
11	Hammergriff	1 = keine Pathologie 2 = Pathologie 3 = fraglich
12	Langer Ambossfortsatz	1 = keine Pathologie 2 = ausgedünnt 3 = Pathologie 4 = fraglich
13	Amboss-Steigbügel-Gelenk	1 = keine Pathologie 2 = Pathologie Amboss 3 = Pathologie Stapes 4 = Pathologie Amboss + Stapes
14	Stapesköpfchen	1 = keine Pathologie 2 = Pathologie 3 = fraglich
15	Vorderer Stapeschenkel	1 = keine Pathologie 2 = Pathologie 3 = fraglich
16	Hinterer Stapeschenkel	1 = keine Pathologie 2 = Pathologie 3 = fraglich
17	Ovales Fenster	1 = keine Pathologie 2 = Pathologie
18	Rundes Fenster	1 = keine Pathologie

		2 = Pathologie
<b>19</b>	Horizontaler Bogengang	1 = keine Dehiszenz 2 = Dehiszenz
<b>20</b>	Oberer Bogengang	1 = keine Dehiszenz 2 = Dehiszenz
<b>21</b>	Hinterer Bogengang	1 = keine Dehiszenz 2 = Dehiszenz
<b>22</b>	N. facialis – labyrinthärer Verlauf	1 = keine Dehiszenz 2 = Dehiszenz
<b>23</b>	N. facialis – tympanaler Verlauf	1 = keine Dehiszenz 2 = Dehiszenz
<b>24</b>	N. facialis – mastoidaler Verlauf	1 = keine Dehiszenz 2 = Dehiszenz

Tab. 7-4: Pathologien der anatomischen Parameter

### 7.3.5 Pathologische Bilderbeispiele

Die Pathologien sind im Folgenden – wenn nicht anders ausgewiesen – jeweils mit Pfeilen versehen.

#### 7.3.5.1 Gehörgang (Nr. 1)



Auf dem nebenstehenden Bild ist eine knöcherne Dehiszenz der Gehörgangsvorderwand zu erkennen sowie in diesem Bereich eine kleine Verschattung, die in den Gehörgang vordringt.

Abb. 7-37: Gehörgang path. 1: Dehiszenz GG-Vorderwand – links, sagittal



Hier besteht ein knöcherner Defekt des Gehörgangsdaches nach kranial zur Schädelbasis hin.

Abb. 7-38: Gehörgang path. 2a – links, sagittal



Auf diesem Bild zeigt sich derselbe Befund wie in Abb. 7-38 – hier in der koronaren Ansicht.

Abb. 7-39: Gehörgang path. 2b – links, koronar



Auf dieser Abbildung ist der Gehörgang zum großen Teil verschattet. Bei diesem Patienten besteht eine chronische Otitis externa.

Abb. 7-40: Gehörgang path. 3a: Chron. Otitis ext. – rechts, sagittal



Auf diesem Bild ist der o.g. Defekt in der koronaren Schnittebene ebenfalls zu erkennen.

Abb. 7-41: Gehörgang path. 3b: Chron. Otitis ext. – rechts, koronar

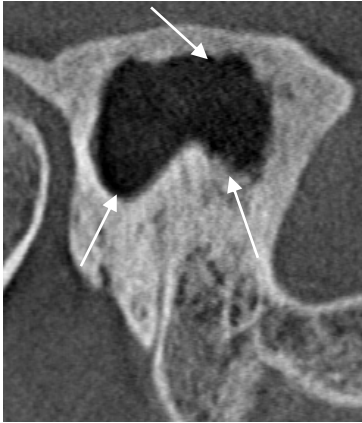


Abb. 7-42: Gehörgang path. 4 – links, sagittal

Auf dieser Abbildung ist eine sog. Radikalhöhle zu sehen. Bei dieser Cholesteatom-OP wird die komplette hintere-obere knöcherne Gehörgangswand mikrochirurgisch entfernt und die Pauke eröffnet, um das Cholesteatom sicher auszuräumen. Durch weitere Resektion des Gehörgangsbodens wird letztendlich eine weite Höhle zum Gehörgang geschaffen.

### 7.3.5.2 Mastoid (Nr. 2)



Abb. 7-43: Mastoid path. 1 – rechts, koronar

Auf der nebenstehenden Abbildung sind die Mastoidzellen teilweise verschattet. Das Mastoid wurde als teilweise verschattet gewertet, sofern bis zu ein Drittel der Zellen verschattet waren.

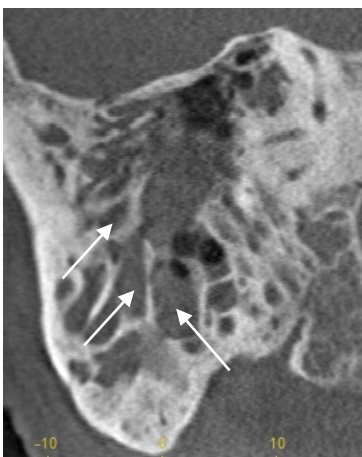


Abb. 7-44: Mastoid path. 2a – rechts, koronar

Auf diesem Bild zeigt sich eine komplette Verschattung des Mastoids in der koronaren Schnittebene. Das Mastoid wurde als komplett verschattet gewertet, wenn definitiv mehr als ein Drittel der Zellen verschattet waren.



Auf diesem Bildausschnitt ist die komplette Verschattung des Mastoids (aus Abb. 7-44) in der axialen Schnittebene zu erkennen.

Abb. 7-45: Mastoid path. 2b – rechts, axial

### 7.3.5.3 Abgrenzung Mastoid - Schädelbasis (kranial) (Nr. 3)



Auf diesem Bild ist eine Dehiszenz (s. Pfeile) der knöchernen Begrenzung des Mastoids zur Schädelbasis hin zu sehen. Außerdem zeigt sich eine deutliche Verschattung (V) des Mastoids im kranialen Bereich.

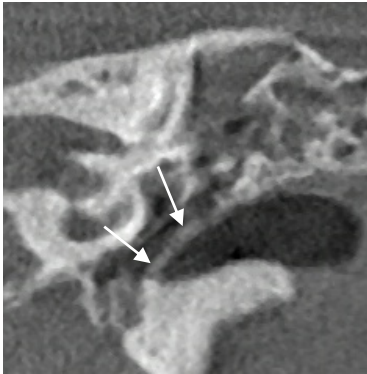
Abb. 7-46: Abgrenzung Mastoid - Schädelbasis path. 1a – links, koronar



Hier ist die o.g. Pathologie in der sagittalen Schnittebene abgebildet.

Abb. 7-47: Abgrenzung Mastoid - Schädelbasis path. 1b – links, sagittal

#### 7.3.5.4 Trommelfell (Nr. 5)



Auf diesem Bildausschnitt ist das Trommelfell als pathologisch zu bewerten, da es verdickt ist (Kategorie 1).

Abb. 7-48: Trommelfell path. 1 – links, koronar



Auf dem nebenstehenden Bild ist das Trommelfell hingegen verdickt und eingezogen, sodass es mit der Kat. 4 (Kombinationen aus 1 - 3) bewertet wird.

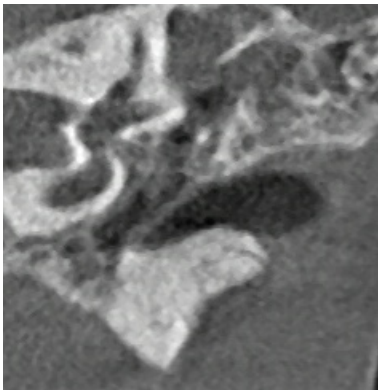
Abb. 7-49: Trommelfell path. 2 – rechts, koronar

### 7.3.5.5 Epi-, Meso- und Hypotympanon (Nr. 6-8)



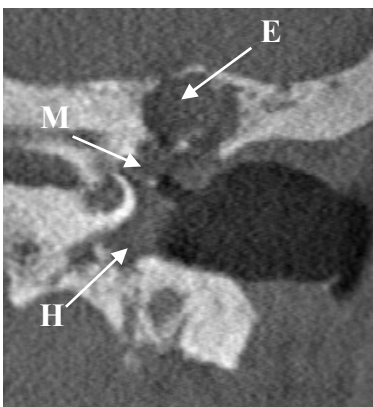
Auf dieser Abbildung ist das Mittelohr epitympanal außerdem verschattet.

Abb. 7-50: Epitympanon path. 1 – rechts, koronar



Hier ist das gesamte Mittelohr – auf allen Höhen (in den Bereichen Epi-, Meso- und Hypotympanon) – verschattet. Dieses Bild muss als *eingeschränkt beurteilbar* bewertet werden.

Abb. 7-51: Epi-, Meso-, Hypotymp. path. 2 – links, koronar



Auf dem nebenstehenden Bildabschnitt sind ebenfalls Epi- (E), Meso- (M) und Hypotympanon (H) verschattet. Wegen der besseren Bildqualität kann dieses als *sehr gut beurteilbar* gewertet werden.

Abb. 7-52: Epi-, Meso-, Hypotymp. path. 3 – links, koronar



### 7.3.5.6 Abgrenzung Epitympanon - Schädelbasis (kranial) (Nr. 9)



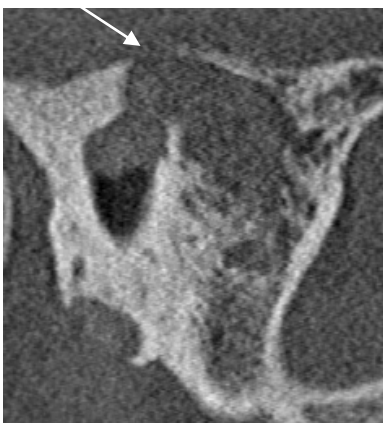
Auf dieser Abbildung ist eine kleine knöcherne Dehiszenz im Bereich der kranialen Begrenzung des Epitympanons zur Schädelbasis hin zu erkennen.

Abb. 7-53: Abgrenzung Epitympanon – Schädelbasis path. 1 – rechts, koronar



Auf dem nebenstehenden Bildausschnitt ist eine größere knöcherne Dehiszenz im Bereich der kranialen Begrenzung des Epitympanons zur Schädelbasis hin zu sehen.

Abb. 7-54: Abgrenzung Epitympanon – Schädelbasis path. 2a – rechts, koronar



Auf dieser Abbildung ist die o.g. Pathologie nochmals dargestellt – hier in der sagittalen Schnittebene.

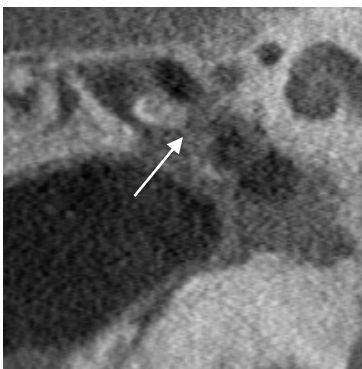
Abb. 7-55: Abgrenzung Epitympanon – Schädelbasis path. 2b – rechts, sagittal

### 7.3.5.7 Langer Ambossfortsatz (Nr. 12)



Der lange Ambossfortsatz ist auf diesem Bild defekt.

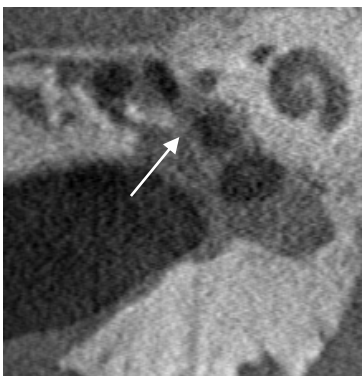
Abb. 7-56: Langer Ambossfortsatz path. 1 – rechts, koronar



Trotz *eingeschränkter Beurteilbarkeit* kann auf dieser Abbildung ebenfalls eine knöcherne Arrosion des Ambossfortsatzes gesehen werden.

Nebenbefundlich sind hier außerdem das Meso- und Hypotympanon verschattet.

Abb. 7-57: Langer Ambossfortsatz path. 2a – rechts, koronar



Dieses Bild zeigt ergänzend den o.g. Befund, ebenfalls in der koronaren Schnittebene.

Abb. 7-58: Langer Ambossfortsatz path. 2b – rechts, koronar

### 7.3.5.8 Stapes (Nr. 14-16)

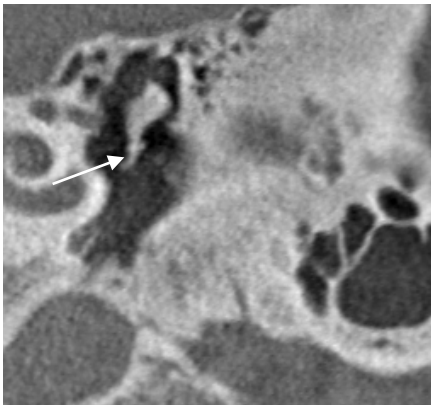


Abb. 7-59: Stapes path. 1a – links, koronar, gedreht

Auf dieser Abbildung ist am zu erwartenden Übergang zwischen Amboss und Steigbügel der Anfang einer Stapesprothese zu erkennen.



Abb. 7-60: Stapes path. 1b – links, axial, gedreht

Hier ist die o.g. Prothese in gedrehter axialer Ebene zu erkennen.



Abb. 7-61: PORP 1a – rechts, koronar

Bei der hier abgebildeten Prothese handelt es sich um eine PORP (*Partial Ossicular Chain Replacement Prosthesis*), bei der der Stapes erhalten bleibt und die Schallübertragung vom TF über die Prothese zum Steigbügel verläuft.

Allerdings ist dieses Bild aufgrund der geringeren Bildqualität als *eingeschränkt beurteilbar* zu bewerten.

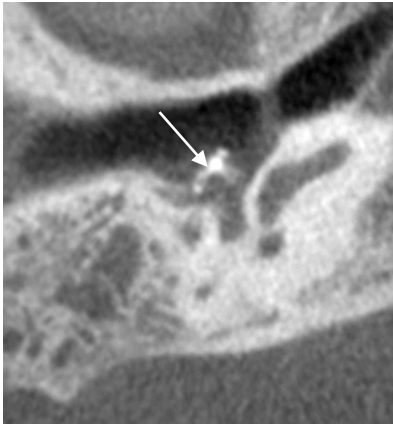


Abb. 7-62: PORP 1b – rechts, axial

Auf diesem Bild ist die o.g. Prothese gedreht in der axialen Ebene dargestellt.



Abb. 7-63: TORP 1a – links, koronar

Auf diesem Bildausschnitt ist eine sog. TORP (*Total Ossicular Chain Replacement Prosthesis*) zu erkennen, bei der die komplette Gehörknöchelchenkette ersetzt wird und nur der Fuß des Stapes vorhanden bleibt.



Abb. 7-64: TORP 1b – links, axial

Hier ist die o.g. TORP nochmals in der axialen Ebene abgebildet.

### 7.3.5.9 Ouales und rundes Fenster (Nr. 17-18)



Auf der nebenstehenden Abbildung sind das ovale und runde Fenster nicht mehr knöchern bedeckt und zeigen sich als „verschattete Massen“.

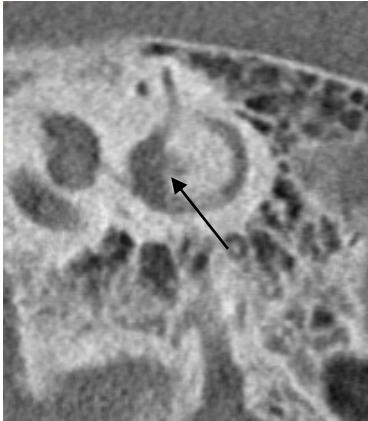
Abb. 7-65: Ouales und rundes Fenster path. – rechts, koronar

### 7.3.5.10 Bogengänge (Nr. 19-21)



Hier ist eine knöcherne Dehiszenz des superioreren Bogengangs zu erkennen.

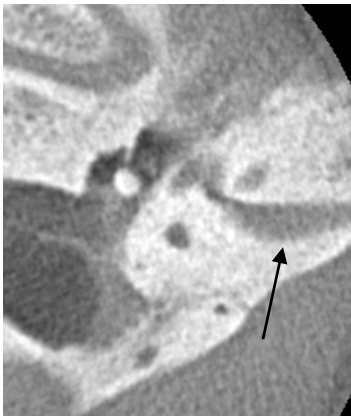
Abb. 7-66: Superiorer Bogengang path. – links, sagittal, gedreht



Auf diesem Bild ist eine knöcherne Dehiszenz des posterioren Bogengangs dargestellt.

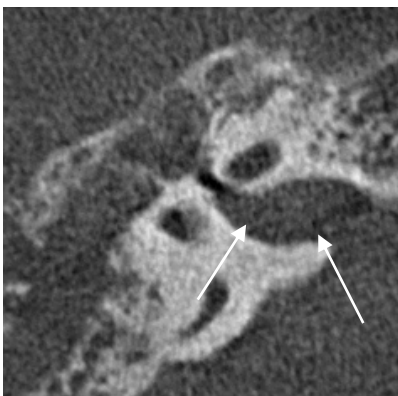
Abb. 7-67: Posteriorer Bogengang path. – links, sagittal, gedreht

### 7.3.5.11 N. facialis (Nr. 23)



Auf diesem Bildausschnitt ist der N. facialis im tympanalen Verlauf als nicht knöchern bedeckt und somit freiliegend zu sehen.

Abb. 7-68: N. facialis, tympanal, path. 1 – rechts, axial, gedreht



Bei diesem Patienten liegt ein separater Fazialiskanal vor (Fehlbildung). Auch hier zeigt sich der Fazialis im tympanalen Bereich freiliegend.

Abb. 7-69: N. facialis, tympanal, path. 2 – rechts, axial, gedreht

### 7.3.6 Analyse der OP-Berichte

Anschließend wurden die OP-Berichte analysiert, wobei bestimmte Algorithmen entwickelt wurden:

Generell wurde angenommen, dass während der Operation vorgefundene Pathologien stets explizit im OP-Bericht erwähnt werden, was wiederum bedeutet, dass nicht erwähnte anatomische Strukturen als intakt gesehen gewertet werden können. Konkret wurde nach folgenden Regeln vorgegangen:

#### 7.3.6.1 Gehörgang

Wortlaut OP-Bericht	Schlussfolgerung
Destruktion der Attikwand mit Epithelverlagerung	Gehörgang (GG): Pathologie
endaurale Eröffnung	GG: keine Pathologie
retroaurikulärer Eröffnung (Der Gehörgang blieb dabei unerwähnt.)	GG: nicht beurteilt
retroaurikuläre Eröffnung + Eingehen in den häutigen GG	GG: intakt

Tab. 7-5: Algorithmus OP-Berichte, Gehörgang

#### 7.3.6.2 Trommelfell

Es wurde generell davon ausgegangen, dass das Trommelfell, wenn es nicht konkret erwähnt, aber passiert wurde, intakt gewesen ist.

Wortlaut OP-Bericht	Schlussfolgerung
Bilden und temporäre Entfernung des tympanomeatalen Lappens und Eingehen in die Pauke	Trommelfell (TF): intakt
epitympanal deutlich entzündliches Gewebe	TF: entzündet → verdickt
Retraktion mit Detritusverhalt	TF: path. Kombination
Retraktion + bei bestehendem Resttrommelfell TF-Rekonstruktion	TF: path. Kombination
Rekonstruktion des TF mittels Temporalisfaszie (einzige Erwähnung TF)	TF: defekt
Im Rahmen von Entzündungen hat sich die Prothese <u>durchgearbeitet.</u>	TF: Pathologie (Retraktion)

Tab. 7-6: Algorithmus OP-Berichte, Trommelfell

### 7.3.6.3 Ossikel

Wortlaut OP-Bericht	Schlussfolgerung
Ambosskörper (= langer Ambossfortsatz): Pathologie	Amboss-Steigbügel-Gelenk: Pathologie Amboss
leere Pauke	keine Ossikel vorhanden (oder zusätzlich: keine Pathol.)
leere Stapesnische	Stapes: vorhanden, nicht path.
Im Cholesteatomsack zeigt sich der stapediale Rest des langen Ambossfortsatzes.	langer Ambossfortsatz + Amboss- Steigbügel-Gelenk: defekt
Resektion des Hammerkopfes, welcher sich deutlich adhäsiv zum Knochen darstellt	Hammer bzw. Hammergriff/-Amboss- Gelenk: keine Path.
Cholesteatom wächst auf Stapes/ Ossikel auf / Cholesteatom wächst zwischen die beiden Stapesschenkel vor	Stapes/ Ossikel: dennoch intakt
Rekonstruktion der Ossikel durch Aufstellen eines Omega-Connectors und hierauf einer 3,0 Titan- TORP-Prothese	Ossikel: Pathologie
Z.n. Tympanoplastik Typ IIIb	langer Ambossschenkel + Stapes: nicht vorhanden Amboss-Steigbügel-Gelenk + Hammergriff nicht beurteilt
die Glocke der PORP-Prothese vom Stapeskopf [zu] lösen	Amboss: defekt Stapes: intakt Hammer: (a.e.) intakt
im Bereich Inkusstapedialgelenk und Umbo große Granulation <i>Erläuterung: Die Granulation selbst lagert sich nur auf den Knochen auf, destruiert diese aber nicht.</i>	Hammer-Amboss-Gelenk: intakt
Eine Verbindung zwischen Amboss und Stapes besteht nicht mehr. [...] Entnahme des Hammers und hier zeigt sich, dass nach vorne hin kein weiteres Cholesteatomwachstum stattgefunden hat. [...] Es zeigt sich kein Anhalt für Stapesrest.	Hammergriff + Hammer-Amboss-Gelenk: intakt Amboss-Steigbügel-Gelenk: Path. Amboss + Stapes langer Ambossfortsatz: path.
Bei Aufwachsen des Trommelfells auf das Incusstapedialgelenk ist dieses etwas ausgedünnt.	Amboss-Steigbügelgelenk: Pathologie Amboss + Stapes
Bei Nichtvorhandensein des Amboss [...] der Hammer bei Einmauerung mittels Epithel komplett reseziert [...]	Hammer-Ambossgelenk, Amboss- Steigbügel-Gelenk + langer Ambossfortsatz: nicht vorhanden Hammergriff + Stapes: intakt
Z.n. zweimaliger tympanoplastischer Versorgung [...]. Im Rahmen der Entzündung hat sich die Prothese durchgearbeitet. [...] Stapes selbst ist schön mobil.	Prothese (Hammer + Amboss): defekt
[Das] Eigenambossinterponat [...] lässt sich problemlos von der darunterliegenden Stapesfußplatte ablösen.	Stapesköpfchen, vorderer + hinterer Schenkel: nicht vorhanden

Tab. 7-7: Algorithmus OP-Berichte, Ossikel



### 7.3.6.4 Antrum/Epi-/Meso-/Hypotympanon

Auch hier galt insbesondere in Bezug auf das Hypotympanon: Wenn es nicht explizit erwähnt wurde, ist anzunehmen, dass es gesehen wurde und keine Pathologie gefunden wurde.

Wortlaut OP-Bericht	Schlussfolgerung
epitympanale Einziehung	Epitympanon pathol. + TF eingezogen
deutliche entzündliche Veränderungen im Bereich der Antrumschwelle und des Antrums	Epiytympanon path.
Unter den Hammer zieht ebenfalls Epithel und auch hier Granulationen.	Epi- u. Mesotympanon pathol. Hypotympanon intakt
[dass] zwischen den beiden Stapesschenkeln Cholesteatom vorwächst	Epi- und Mesotympanon path.
Verbindungsweg zwischen Pauke und Mastoid mit entzündlichem Gewebe verlegt	Epitympanon path.
Cholesteatom median des großen Gelenkes gewachsen	Epitympanon path.
Kuppelraumcholesteatom, welches median gewachsen ist	Epi- <u>und</u> Mesotympanon path.
[..] dass das Epithel in den Kuppelraum vorgewachsen ist. [...] zeigt sich nun, dass ebenfalls Epithel unter den Hammer gewachsen ist.	Epi- + Mesotympanon path. Hypotympanon intakt
epitheliale Einziehung auf den langen Ambossschenkel sowie auf den Stapes zu übersehen	Epi- + Mesotympanon path. Ossikel intakt
Darstellen und Schonen der Chorda. Hier zeigen sich bereits deutliche Granulationen.	Mesotympanon path.
[... ] dem Incusstapedialgelenk Epithel aufwächst	Mesotympanon path.
Anheben des auf den Stapes gewachsenen Epithels und Absaugen von reichlich Sekret. Zurückbohren im Bereich der Gehörgangswand im kaudalen Anteil, sodass die Retraktion hier sicher übersehen werden kann.	Meso-, Hypo- und Epitympanon path.
(Diagnose: „chron. mesotympanale OM“) Eingehen in die Pauke [...]. Darstellen der Chorda, [...] Anheben der Retraktion [...], es zeigt sich der kleine Defekt, welcher immer wieder zur Otorrhoe führt.	Trommelfell defekt Mittelohr selbst aber reizlos, keine Pathologie
[Dass] unter dem intakten Trommelfell im oberen Quadranten Cholesteatommassen Richtung Antrum ziehen.	Mesotympanon path.
Adhäsivprozess bei Mukotympanon; [...] aufgrund des mukösen Sekrets im Bereich des hinteren Quadranten [...]	Hypotympanon path.

Tab. 7-8: Algorithmus OP-Berichte, Antrum/Epi-/Meso-/Hypotympanon

### 7.3.6.5 Ovales und rundes Fenster

Das ovale und runde Fenster waren ebenfalls als intakt zu werten, wenn sie nicht gesondert erwähnt wurden.

Wortlaut OP-Bericht	Schlussfolgerung
[...] zeigt sich hier ein <u>leeres ovales Fenster</u> und das Cholesteatom ist unter das Trommelfell vorne oben gewachsen.	ovales Fenster intakt
Lösen des Resttrommelfells vom runden Fenster sowie vom Promontorium.	Mesotympanon pathologisch rundes Fenster path., ovales intakt
Verfolgen des Epithels auf das Promontorium über das runde Fenster ins Hypotympanon hinein.	rundes Fenster pathologisch

Tab. 7-9: Algorithmus OP-Berichte, ovales/rundes Fenster

### 7.3.6.6 Mastoid

Wortlaut OP-Bericht	Schlussfolgerung
[...] über die Antrumschwelle in das Mastoid hinein. Es zeigt sich, dass vereinzelt Epithelinseln versprengt sind. Somit komplettes Ausbohren des Mastoids, bis dieses sicher zu übersehen ist.	Mastoid pathologisch
Verfolgen des Cholesteatoms und über das Tegmen tympani in das Mastoid hinein.	Mastoid teilw. pathologisch
Eine Destruktion im Bereich des Mastoids selbst ist nicht festzustellen, jedoch wächst das Cholesteatom flächig in die entsprechenden Zellen vor	Mastoid pathologisch
[...] wird das Cholesteatom sowohl zum Tegmen tymp. wie über das Antrum in das Mastoid verfolgt. Letztendlich kann das Cholesteatom in toto in diesem Bereich ausgewälzt werden.	Mastoid teilw. path. Epitymp. path.

Tab. 7-10: Algorithmus OP-Berichte, Mastoid

### 7.3.6.7 N. facialis

Da der labyrinthäre Anteil des N. facialis intraoperativ normalerweise nicht zu sehen ist und daher in den OP-Berichten auch nicht beschrieben wurde, wurde dieser stets als „nicht beurteilt“ gewertet.

Wortlaut OP-Bericht	Schlussfolgerung
Fazialiswulst	N. facialis – mastoidal – intakt
Fazialis liegt im tympanalen Anteil frei	N. facialis – tympanal – pathol. (= nicht knöchern bedeckt)
[dass ein] Teil des N. facialis im Recessus facialis etwas oberhalb der Fußplatte zu liegen kommt. Auch hier liegt der Nervus frei.	N. facialis – tympanal – pathol.
Präparation über den Fazialis zum Stapes hin	N. facialis – tympanal – intakt
Der N. facialis liegt im Bereich des ovalen Fensters frei.	N. facialis – tympanal – pathol.
ausgedehntes Cholesteatom mit freiliegendem Fazialis im Bereich des Labyrinths mit leerer Fußplatte	N. facialis – labyrinthär – hier gesehen und path.
Anheben des gesamten aufgewachsenen Epithels von der Fußplatte wie auch aus dem Recessus facialis.	N. facialis – tympanal – pathol.

Tab. 7-11: Algorithmus OP-Berichte, N. facialis

### 7.3.6.8 Abgrenzung Epitympanon – Schädelbasis (kranial)

Wenn nach dem „Eingehen in die Pauke“ die Abgrenzung zwischen Epitympanon und Schädelbasis keine Erwähnung fand, kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Grenze zur Schädelbasis gesehen wurde, also auch intakt war.

Wortlaut OP-Bericht	Schlussfolgerung
Glätten sowohl zum Tegmen tympani [als auch] zur mittleren Schädelgrube hin. Hier liegt zum Teil Dura frei [...]	Abgrenzung Epitymp.- Schädelbasis path.
Kranial wurde bis an die mittl. Schädelgrube präpariert und es erfolgte eine Epitympanotomie.	Abgrenzung Epitymp.- Schädelbasis intakt Epitympanon intakt

Tab. 7-12: Abgrenzung Epitympanon – Schädelbasis (kranial)

## 7.4 Vorgehensweise zur Ergebnisauswertung

Nach der Bewertung der Schnittbilder sowie der Analyse der OP-Berichte folgt nun die Festlegung der Vorgehensweise zur statistischen Auswertung. Diese erfolgt mithilfe des Statistikprogramms „IBM SPSS Statistics® – Version 17.0“.

### 7.4.1 Statistische Auswertung – Auswahl der Gesamtheit

Bei der Datenanalyse mithilfe des SPSS-Programms wurden zwei Versionen ausgearbeitet: Bei *Version 1 (Alle)* wurden bei allen Crosstabulationen (bei jeder anatomischen Struktur) jeweils alle 85 Patienten in die Analyse einbezogen, während bei *Version 2 (Selektierte)* die jeweils im OP-Bericht *nicht beurteilten* anatomischen Parameter aus der statistischen Analyse ausgeschlossen wurden. Somit sind bei der *selektierten* Version ausschließlich die Patientendaten eingeschlossen, die auch im OP-Bericht *beurteilt* wurden – da nur diese für die Fragestellung des zweiten Teils dieser Arbeit relevant sind.

### 7.4.2 Beurteilbarkeit der anatomischen Strukturen

#### 7.4.2.1 Einflussfaktoren auf die Beurteilbarkeit

Um verschiedene Einflussfaktoren auf die Beurteilbarkeit der DVT-Bilder zu untersuchen, wird zunächst die Korrelation zwischen Vorhandensein von Rohdaten und Beurteilbarkeit der Bilder analysiert. Dazu wird die Hypothese untersucht, ob zwischen der Gruppe der *Bilder mit vorhandenen Rohdaten* und der Gruppe der *Bilder ohne vorhandene Rohdaten* ein Unterschied in der Beurteilbarkeit der anatomischen Strukturen besteht. Die Nullhypothese lautet in diesem Falle: Es besteht kein Unterschied zwischen den Gruppen. Hierfür wird der Chi-Quadrat-Test durchgeführt: Bei einem p-Wert (Pearson-Chi-Square) von  $>0,05$  kann die Nullhypothese auf einem Signifikanzniveau von 5 % definitionsgemäß nicht zurückgewiesen werden, d.h. es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Liegt der p-Wert bei  $<0,05$ , kann die Nullhypothese zurückgewiesen werden, es besteht also ein Unterschied zwischen den beiden Gruppen.

Des Weiteren wird auf die gleiche Weise ein möglicher Zusammenhang zwischen bestimmten Diagnosen und der Beurteilbarkeit der Bilder untersucht. Dabei wird analysiert, ob zwischen drei Gruppen verschiedener Diagnosen ein Unterschied in der Beurteilbarkeit der Bilder besteht.

#### **7.4.2.2 Gesamtheit für Beurteilbarkeit der Bilder**

Da es bei dem Zusammenhang zwischen der Beurteilbarkeit der DVT-Bilder und den unterschiedlichen möglichen Einflussfaktoren ausschließlich um die untersuchten Bilder geht (und nicht um die intraoperativen Ergebnisse), wird in dieser Untersuchung jeweils stets auf die Gesamtzahl der Bilder (85) Bezug genommen – sie sind also aus *Version 1 (alle)* entnommen.

### **7.4.3 Zusammenhang von präoperativem DVT-Befund und intraoperativem Befund**

#### **7.4.3.1 Statistische Gütekriterien der DVT-Bildgebung**

Zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen den Ergebnissen der Bildanalysen und den jeweils dazugehörigen intraoperativen Befunden wurde zunächst die Häufigkeit der Übereinstimmung zwischen diesen beiden Gruppen bei Pathologien der verschiedenen anatomischen Strukturen geprüft.

Dazu wurden die statistischen Gütekriterien *Sensitivität*, *Spezifität* und *prädiktive Werte* des *medizinischen Testverfahrens*, in diesem Falle der DVT-Bildgebung, auf folgende Weise untersucht: Der *Krankheit* entspricht eine im OP entdeckte Pathologie, *richtig positive (RP)* sind diejenigen Fälle, bei denen sowohl in der OP wie auch im Bild eine Pathologie gesehen wurde. *Richtig negative (RN)* sind diejenigen Fälle, bei denen weder im DVT-Bild noch intraoperativ eine Pathologie gefunden wurde. Bei den *falsch positiven (FP)* handelt es sich um diejenigen Fälle, bei denen in der Bildgebung eine Pathologie gesehen wurde und im OP-Bericht von keiner Pathologie berichtet wurde. *Falsch negative (FN)* wiederum sind die Fälle, bei denen intraoperativ eine Pathologie entdeckt, auf dem DVT-Bild jedoch nicht gesehen wurde.

Für die einheitliche Zählung der Fälle mit Pathologien, wurden diese bei anatomischen Strukturen, die bezüglich ihrer Pathologie genauer beschrieben wurden – wie z. B. das Mastoid (teilweise verschattet/ komplett verschattet) – in diesem Arbeitsschritt in einer Gruppe als „Pathologie“ zusammengefasst.

Die *Sensitivität (SEN)* errechnet sich aus den *richtig positiven* dividiert durch alle Erkrankte (*richtig positive* und *falsch negative*). Die *Spezifität (SPE)* wird aus der Anzahl der *richtig negativen*, dividiert durch die Anzahl aller Nichterkrankten (*falsch positive* und *richtig negative*), errechnet.

- $SEN = RP / (RP + FN)$
- $SPE = RN / (FP + RN)$

Der *positive prädiktive Wert* (= *positiver Vorhersagewert*, *PPV* = positive predictive value) entspricht dem Anteil der Personen mit positivem Testergebnis, bei denen die gesuchte Krankheit (hier die Pathologie im Mittelohr) auch tatsächlich vorliegt. Er ist also ein direktes Maß für die Wahrscheinlichkeit, dass bei einem positiven Testergebnis (einer im DVT-Bild entdeckten Pathologie) auch tatsächlich eine Pathologie vorliegt.

Der *negative prädiktive Wert* (= *negativer Vorhersagewert*, *NPV* = negative predictive value) gibt den Anteil an Personen mit negativem Testergebnis an, bei denen die Erkrankung (hier die Pathologie im Mittelohr) tatsächlich nicht vorliegt. Mit diesem Wert lässt sich somit die Wahrscheinlichkeit angeben, mit der bei einem negativen Testergebnis (keine Pathologie in der Bildgebung) auch tatsächlich keine Pathologie vorhanden ist.

Die prädiktiven Werte hängen zum einen von der Sensitivität und Spezifität des Diagnoseverfahrens ab, zum anderen von der Prävalenz der Erkrankung in der jeweiligen Gruppe.

Der *PPV* lässt sich aus der Anzahl der richtig positiven dividiert durch die Summe der richtig positiven und falsch positiven ermitteln.

Der *NPV* wiederum errechnet sich aus der Anzahl der richtig negativen dividiert durch die Summe der richtig negativen und falsch negativen.

- $PPV = RP / (RP + FP)$
- $NPV = RN / (RN + FN)$

#### **7.4.3.2 Gesamtheit für Zusammenhang von Bild und OP**

Da es bei der Analyse der Übereinstimmung von Bild und OP sinnvoll ist, nur diejenigen Fälle in die Analyse einzuschließen, bei denen die jeweilige anatomische Struktur auch im OP-Bericht beurteilt ist, sind die statistischen Ergebnisse dieses Teils der Arbeit grundsätzlich aus *Version 2 (Selektierte)* entnommen.

#### **7.4.3.3 Korrelation: Vorhandensein von Rohdaten und Übereinstimmung Bild/ OP**

Da für einige der untersuchten Patientendaten Volumendaten, für den Großteil allerdings keine Rohdaten vorlagen, wurden diese beiden Gruppen bezüglich ihrer jeweiligen Werte für die Sensitivität, Spezifität und prädiktiven Werte verglichen.

Nachdem diese Werte für jede anatomische Struktur jeweils für beide Gruppen errechnet worden waren, wurden die Gruppen bezüglich jedes einzelnen Gütekriteriums anschließend miteinander verglichen. Die gewonnenen Ergebnisse wurden tabellarisch sowie grafisch dargestellt.

#### **7.4.3.4 Korrelation: Diagnose des Patienten und Übereinstimmung Bild/ OP**

Für den Großteil der in dieser Studie untersuchten Patienten traf die Diagnose *Cholesteatom* zu. Da aber z. B. auch einige Patienten mit den Diagnosen *Chronische Otitis media mesotympanalis* und *Chronische Otitis media adhaesiva* in die Studie eingeschlossen waren, wurde außerdem untersucht, ob bezüglich der Güte der DVT-Bildgebung zwischen Patienten mit unterschiedlichen Diagnosen ein Unterschied in der Sensitivität, Spezifität oder Vorhersagewerte besteht. Dazu wurde analog zum oben beschriebenen Vergleich zwischen den Gruppen *Vorhandene Rohdaten* und *Nicht vorhandene RD* vorgegangen.

## 8 Ergebnisse

### 8.1 Deskriptive Statistik

#### 8.1.1 Patientenkollektiv – nach Alter, Geschlecht und Diagnose

In der vorliegenden Studie wurden die Bilddatensätze von 92 Patienten im Alter von vier bis 87 Jahren analysiert, von denen 44 weiblich und 48 männlich waren. Die Datensätze von vier Patienten wurden ausgeschlossen, da das Mittelohr bei diesen Operationen nicht dargestellt wurde, sodass die OP-Berichte unvollständige Informationen für die vorliegende Studie lieferten. Weitere drei Patienten wurden ausgeschlossen, da die Bildgebung nach der Operation erfolgt war. Somit wurden insgesamt 85 Patienten in die Studie eingeschlossen – davon waren 41 weiblich und 44 männlich. Zum Zeitpunkt der Untersuchung lag das Durchschnittsalter der Patienten bei  $40 \pm 21,6$  Jahren.

Bei 62 Patienten lag die Diagnose *Cholesteatom* vor, bei 16 eine *Otitis media mesotympanalis* und 3 Patienten hatten die Diagnose *Otitis media adhaesiva*. Weitere 4 Patienten wurden bezüglich ihrer Diagnose in einer Gruppe *Sonstige* zusammengefasst. Außerdem handelte es sich bei 44 Patienten um das rechte Felsenbein, bei 41 Patienten um das linke.

max Alter	min Alter	Durchschnittsalter	Standardabweichung
87 Jahre	4 Jahre	40,4 Jahre	21,6 Jahre

Tab. 8-1: Altersverteilung der Patientengruppe

Geschlecht	Anzahl	Prozent (%)
weiblich	41	48,2
männlich	44	51,8
gesamt	85	100

Tab. 8-2: Patientengruppe nach Geschlecht

Diagnose des Patienten	Anzahl	Prozent (%)
Cholesteatom	62	72,94
Otitis media mesotympanalis	16	18,82
Otitis media adhaesiva	3	3,53
Sonstige	4	4,71
Gesamt	85	100

Tab. 8-3: Patientengruppe nach Diagnosen

Seite	Anzahl	Prozent (%)
rechts	44	51,8
links	41	48,2

Tab. 8-4: Beurteilte Seite – Häufigkeit



### 8.1.2 DVT-Röhrenparameter

Bei der DVT-Bildgebung der untersuchten Patienten lagen folgende Röhrenparameter-Einstellungen vor: Die Röhrenspannung betrug min. 82 kV und max. 90 kV, der Röhrenstrom lag zwischen 3 und 9 mA, die Schichtdicke bei 1 mm und das Schichtintervall zwischen 0,5 und 1 mm, was einen durchschnittlichen CTDI von 6,04 mGy ergab. Das Aufnahmevolumen belief sich stets auf 6 x 6 cm.

Röhrenparameter	min	max	Mittelwert
Röhrenspannung [kV]	82,00	90,00	85,24
Röhrenstrom [mA]	3,00	9,00	7,06
Computed Tomography Dose Index (CTDI) [mGy]	1,80	8,80	6,04
Schichtdicke der rekonstruierten Daten [mm]	1,00	1,00	1,00
Schichtintervall der rekonstruierten Aufnahme [mm]	0,50	1,00	0,51
Aufnahmevolumen [cm]	6 x 6	6 x 6	6 x 6

Tab. 8-5: DVT-Röhrenparameter

### 8.1.3 Vorhandene Rohdaten

Bei 27 der rekonstruierten Aufnahmen waren Rohdaten vorhanden, sodass eine Nachkonstruktion in jeder Ebene (axial, sagittal und koronar) möglich war. Für die restlichen 58 Bilddatensätze waren keine Volumendaten vorhanden – hier musste also die jeweils verwendete Primärkonstruktion in axialer, sagittaler und koronarer Schnittebene zur Beurteilung ausreichen.

Rohdaten	Anzahl	Prozent (%)
vorhanden	27	31,8
nicht vorhanden	58	68,2
gesamt	85	100

Tab. 8-6: Vorhandene Rohdaten - Häufigkeit, gesamt

## 8.2 Beurteilbarkeit der DVT-Bilder

### 8.2.1 Korrelation: Beurteilbarkeit und Vorhandene Rohdaten

Im Folgenden werden die einzelnen Ergebnisse einiger anatomischer Strukturen als Beispiele genau dargestellt. Jeweils ausführliche Ergebnisse zu den hier nicht aufgeführten Strukturen finden sich im Anhang (s. a)).

Zum Schluss dieses Kapitels werden die Ergebnisse bezüglich der Korrelation von Beurteilbarkeit und Vorhandensein von Rohdaten für alle Strukturen im Überblick zusammengefasst.

#### 8.2.1.1 Gehörgang

Von den insgesamt 27 Bildern mit Rohdaten war der Gehörgang auf 26 (96,3 %) *sehr gut beurteilbar* und auf einem Bild (3,7 %) *eingeschränkt beurteilbar*. Auf allen 58 (100 %) DVT-Bildern ohne Rohdaten stellte sich der Gehörgang *sehr gut beurteilbar* dar. Ein p-Wert von 0,14 bedeutet, dass zwischen den Bildern mit und ohne vorhandene Rohdaten *kein signifikanter Unterschied* ( $p > 0,05$ ) in Bezug auf die Beurteilbarkeit des Gehörgangs gezeigt werden kann.

		Beurteilbarkeit des Gehörgangs im Bild		
		<i>sehr gut</i>	<i>eingeschränkt</i>	<b>gesamt</b>
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	<b>ja</b>	26	1	27
	% von vorh. Rohdaten	96,3 %	3,7 %	100 %
	<b>nein</b>	58	0	58
	% nicht vorh. Rohdaten	100 %	0 %	100 %
	<b>gesamt</b>	84	1	85

Tab. 8-7: Vorhandene Rohdaten (VR)\* Beurteilbarkeit (B), Gehörgang

Chi-Square-Test, Gehörgang			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	2,17	1	0,14
Likelihood Ratio	2,32	1	0,13
Linear-by-Linear-Association	2,15	1	0,14

Tab. 8-8: Chi-Square-Test für VR\* B, Gehörgang

#### 8.2.1.2 Mastoid

Das Mastoid war in allen 27 Bildern mit vorhandenen Rohdaten *sehr gut beurteilbar*. In den Aufnahmen ohne vorhandene Rohdaten war das Mastoid 56 Mal *sehr gut* (96,6 %) und zwei Mal (3,4 %) *eingeschränkt beurteilbar*. Damit kann *kein signifikanter*

Unterschied ( $p = 0,33$ ) in der Beurteilbarkeit des Mastoids zwischen den zwei Gruppen „vorhandene und nicht vorhandene Rohdaten“ nachgewiesen werden.

		Beurteilbarkeit des Mastoids im Bild		
		<i>sehr gut</i>	<i>eingeschränkt</i>	<b>gesamt</b>
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	<b>ja</b>	27	0	27
	% von vorh. Rohdaten	100 %	0	100 %
	<b>nein</b>	56	2	58
	% nicht vorh. Rohdaten	96,6 %	3,4 %	100 %
	<b>gesamt</b>	83	2	85

Tab. 8-9: Vorhandene Rohdaten \* Beurteilbarkeit, Mastoid

Chi-Square-Test, Mastoid			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	0,95	1	0,33
Likelihood Ratio	1,55	1	0,21
Linear-by-Linear-Association	0,94	1	0,33

Tab. 8-10: Chi-Square-Test für VR\* B, Mastoid

### 8.2.1.3 Trommelfell

In der Gruppe der Bilder mit vorhandenen Rohdaten war das Trommelfell in 9 Fällen (33,3 %) *nicht sichtbar*, in 13 Fällen (48,1 %) *sichtbar* und in 5 Fällen (18,5 %) *teilweise sichtbar*. Auf den Bildern der Gruppe ohne vorhandene Rohdaten war das Trommelfell in 14 Fällen (24,1 %) *nicht sichtbar*, 35 Mal (60,3 %) *sichtbar* und 9 Mal (15,5 %) *teilweise sichtbar*. Bei einem p-Wert von 0,56 kann somit *kein signifikanter Unterschied* zwischen den beiden Gruppen in Bezug auf die Sichtbarkeit des Trommelfells nachgewiesen werden.

		Sichtbarkeit des Trommelfells im Bild			
		<i>nein</i>	<i>ja</i>	<i>teilweise</i>	<b>gesamt</b>
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	<b>ja</b>	9	13	5	27
	% von vorh. Rohdaten	33,3 %	48,1 %	18,5 %	100 %
	<b>nein</b>	14	35	9	58
	% nicht vorh. Rohdaten	24,1 %	60,3 %	15,5 %	100 %
	<b>gesamt</b>	23	48	14	85

Tab. 8-11: Vorhandene Rohdaten \* Sichtbarkeit, Trommelfell

Chi-Square-Test, Trommelfell			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	1,16	2	0,56
Likelihood Ratio	1,15	2	0,56
Linear-by-Linear-Association	0,17	1	0,69

Tab. 8-12: Chi-Square-Test für VR\* Sichtbarkeit, Trommelfell

### 8.2.1.4 Schädelbasis im Epitympanon

Die Abgrenzung des Epitympanons zur Schädelbasis hin war unter den DVT-Bildern mit vorhandenen Rohdaten in 23 Fällen (85,2 %) *sehr gut beurteilbar* und in 4 Fällen (14,8 %) *eingeschränkt beurteilbar*. Unter den Bildern ohne Rohdaten zeigt dieser Bereich 55 Mal (94,8 %) eine *sehr gute* und in 3 Fällen eine *eingeschränkte Beurteilbarkeit*. Damit kann hier ebenfalls *kein signifikanter Unterschied* zwischen den beiden Gruppen gezeigt werden (p 0,13).

		Beurteilbarkeit Schädelbasis im Epitympanon im Bild		
		<i>sehr gut</i>	<i>eingeschränkt</i>	<b>gesamt</b>
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	<b>ja</b>	23	4	27
	% von vorh. Rohdaten	85,2 %	14,8 %	100 %
	<b>nein</b>	55	3	58
	% nicht vorh. Rohdaten	94,8 %	5,2 %	100 %
	<b>gesamt</b>	78	7	85

Tab. 8-13: Vorhandene Rohdaten \* Beurteilbarkeit, Schädelbasis im Epitympanon

Chi-Square-Test, Schädelbasis im Epitympanon			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	2,27	1	0,13
Likelihood Ratio	2,10	1	0,15
Linear-by-Linear-Association	2,24	1	0,69

Tab. 8-14: Chi-Square-Test für VR\* Beurteilbarkeit, Schädelbasis im Epitympanon

### 8.2.1.5 Rundes Fenster

Das runde Fenster war innerhalb der Gruppe der vorhandenen Rohdaten auf 21 Bildern (77,8 %) *sehr gut* und auf 6 Bildern (22,2 %) *eingeschränkt beurteilbar*. In der Gruppe der nicht vorhandenen Rohdaten zeigte sich das runde Fenster in 54 Fällen (93,1 %) *sehr gut* und in 3 Fällen (5,2 %) *eingeschränkt beurteilbar*, einmal (1,7 %) war es *nicht darstellbar*.

Bei einem p-Wert von 0,05 kann somit ein *signifikanter Unterschied* zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden.

		Beurteilbarkeit des runden Fensters im Bild			
		<i>sehr gut</i>	<i>eingeschränkt</i>	<i>nicht darstellbar</i>	<b>gesamt</b>
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	<b>ja</b>	21	6	0	27
	% von vorh. Rohdaten	77,8 %	22,2 %	0 %	100 %
	<b>nein</b>	54	3	1	58
	% nicht vorh. Rohdaten	93,1 %	5,2 %	1,7 %	100 %
	<b>gesamt</b>	75	9	1	85

Tab. 8-15: Vorhandene Rohdaten \* Beurteilbarkeit, rundes Fenster

Chi-Square-Test, rundes Fenster			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	6,01	2	0,05
Likelihood Ratio	5,86	2	0,05
Linear-by-Linear-Association	2,47	1	0,12

Tab. 8-16: Chi-Square-Test für VR\* Beurteilbarkeit, rundes Fenster

### 8.2.1.6 N. facialis (tympanal)

Der tympanale Anteil des N. facialis war innerhalb der Gruppe der Bilder mit vorhandenen Rohdaten in 25 Fällen (92,6 %) *sehr gut* und in 2 Fällen (7,4 %) *eingeschränkt beurteilbar*. In der Gruppe der Bilder ohne Rohdaten zeigte sich in 22 Fällen (37,9 %) eine *sehr gute* und in 35 Fällen (60,3 %) eine *eingeschränkte Beurteilbarkeit*, auf einem Bild war der Nerv im tympanalen Verlauf *nicht darstellbar*. Bei einem p-Wert von 0,00 kann hier ein *signifikanter Unterschied* in der Beurteilbarkeit des N. facialis im tympanalen Verlauf festgestellt werden.

		Beurteilbarkeit des N. facialis (tympanal) im Bild			
		<i>sehr gut</i>	<i>eingeschränkt</i>	<i>nicht darstellbar</i>	<b>gesamt</b>
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	<b>ja</b>	25	2	0	27
	% von vorh. Rohdaten	92,6 %	7,4 %	0 %	100 %
	<b>nein</b>	22	35	1	58
	% nicht vorh. Rohdaten	37,9 %	60,3 %	1,7 %	100 %
	<b>Gesamt</b>	47	37	1	85

Tab. 8-17: Vorhandene Rohdaten \* Beurteilbarkeit, N. facialis (tympanal)

Chi-Square-Test, N. facialis (tympanal)			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	22,28	2	0,00
Likelihood Ratio	25,74	2	0,00
Linear-by-Linear-Association	21,30	1	0,00

Tab. 8-18: Chi-Square-Test für VR\* Beurteilbarkeit, N. facialis, tympanal

### 8.2.1.7 Korrelation: Vorhandensein von Rohdaten und Beurteilbarkeit – Zusammenfassung

In Bezug auf die Beurteilbarkeit konnte bei zwei anatomischen Strukturen – dem tympanalen Anteil des N. facialis sowie dem runden Fenster – ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen *vorhandene Rohdaten* und *nicht vorhandene Rohdaten* nachgewiesen werden.

Konkret zeigte sich im Falle des N. facialis bei vorhandenen Rohdaten eine deutlich *bessere* Beurteilbarkeit des tympanalen Verlaufs als bei Bildern ohne vorliegende Rohdaten (p 0,00). Das runde Fenster wies in der Gruppe ohne Rohdaten häufiger eine sehr gute Beurteilbarkeit auf als in der Gruppe mit Rohdaten.

Bei den übrigen anatomischen Strukturen ließ sich *kein signifikanter Unterschied* bezüglich der Beurteilbarkeit feststellen.

Anatomischer Parameter	p-Wert	Signifikanter Unterschied
Gehörgang	0,14	nein
Mastoid	0,33	nein
Schädelbasis im Mastoid	-	nein
Knochen zum Sinus sigmoideus	-	nein
Trommelfell	0,56	nein
Schädelbasis im Epitympanon	0,13	nein
Hammer-Amboss-Gelenk	0,44	nein
Hammergriff	0,40	nein
Langer Ambossfortsatz	0,66	nein
Amboss-Steigbügel-Gelenk	0,27	nein
Stapeskopf	0,45	nein
Vorderer Stapeschenkel	0,41	nein
Hinterer Stapeschenkel	0,25	nein
Ovales Fenster	0,43	nein
<b>Rundes Fenster</b>	<b>0,05</b>	<b>ja</b>
Horizontaler Bogengang	0,49	nein
Superiorer Bogengang	0,58	nein
Posteriorer Bogengang	0,45	nein
N. facialis – labyrinthärer Verlauf	0,36	nein
<b>N. facialis – tympanaler Verlauf</b>	<b>0,00</b>	<b>ja</b>
N. facialis – mastoidaler Verlauf	0,33	nein
N. facialis – mastoidaler Verlauf	0,33	nein

Tab. 8-19: Ergebnisse zur Korrelation „Vorhandene Rohdaten \* Beurteilbarkeit“ (Zusammenfassung)

### 8.2.2 Korrelation: Beurteilbarkeit und Diagnose des Patienten

Nachstehend werden die einzelnen Ergebnisse einiger anatomischer Strukturen beispielhaft genau dargestellt. Ausführliche Ergebnisse der hier nicht genannten

Strukturen finden sich im Anhang (s. b)). Zum Schluss des Kapitels werden die Ergebnisse aller Strukturen im Überblick zusammengefasst.

### 8.2.2.1 Gehörgang

Bei einem Patienten mit der Diagnose *Cholesteatom* war die Beurteilbarkeit des Gehörgangs *eingeschränkt*. In allen anderen Fällen war diese Struktur sehr gut beurteilbar, sodass bei einem p-Wert von 0,95 *kein signifikanter Unterschied* zwischen den Gruppen der unterschiedlichen Diagnosen der Patienten festgestellt werden konnte.

		Beurteilbarkeit des Gehörgangs		
		<i>sehr gut</i>	<i>eingeschränkt</i>	<b>gesamt</b>
Diagnose des Patienten	Cholesteatom	61	1	62
	Otitis media mesotympanalis	16	0	16
	Otitis media adhaesiva	3	0	3
	Sonstige	4	0	4
	<b>Gesamt</b>	84	1	85

Tab. 8-20: Diagnose des Patienten \* Beurteilbarkeit, Gehörgang

Chi-Square-Test, Gehörgang			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	0,38	3	0,95
Likelihood Ratio	0,64	3	0,89
Linear-by-Linear-Association	0,27	1	0,60

Tab. 8-21: Chi-Square-Test für Diagnose des Patienten \* Beurteilbarkeit, Gehörgang

### 8.2.2.2 Trommelfell

Das Trommelfell war innerhalb der Gruppe der Diagnose *Cholesteatom* in 31 Fällen sichtbar, 11 Mal *teilweise sichtbar* und 20 Mal nicht sichtbar. Im Vergleich mit den weiteren Diagnosen-Gruppen konnte bei einem p-Wert von 0,14 hier *kein signifikanter Unterschied* in Bezug auf die Sichtbarkeit des Trommelfells festgestellt werden.

		Sichtbarkeit des Trommelfells			
		<i>nein</i>	<i>ja</i>	<i>teilweise</i>	<b>gesamt</b>
Diagnose des Patienten	Cholesteatom	20	31	11	62
	Otitis media mesotympanalis	1	13	2	16
	Otitis media adhaesiva	0	3	0	3
	Sonstige	2	1	1	4
	<b>Gesamt</b>	23	48	14	85

Tab. 8-22: Diagnose des Patienten \* Sichtbarkeit, Trommelfell

Chi-Square-Test, Trommelfell			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	9,56	6	0,14
Likelihood Ratio	11,64	6	0,07
Linear-by-Linear-Association	0,12	1	0,73

Tab. 8-23: Chi-Square-Test für Diagnose des Patienten \* Sichtbarkeit, Trommelfell

### 8.2.2.3 Hammer-Amboss-Gelenk

Das Hammer-Amboss-Gelenk zeigte in der Gruppe der Diagnose *Cholesteatom* in 21 Fällen eine *sehr gute*, in 29 Fällen eine *eingeschränkte Beurteilbarkeit*, in 2 Fällen war es *nicht darstellbar* und in 10 Fällen *voroperiert*. Innerhalb der Gruppe *Otitis media mesotympanalis* war die Struktur 10 Mal *sehr gut*, 4 Mal *eingeschränkt beurteilbar* und 2 Mal *voroperiert*. Bei einem p-Wert von 0,07 konnte auch hier kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen nachgewiesen werden.

		Beurteilbarkeit des Hammer-Amboss-Gelenkes				
		<i>sehr gut</i>	<i>eingeschr.</i>	<i>nicht darstellbar</i>	<i>voroperiert</i>	<b>ges.</b>
<b>Diagnose des Patienten</b>	Cholesteatom	21	29	2	10	62
	Otitis media mesotympanalis	10	4	0	2	16
	Otitis media adhaesiva	2	0	0	1	3
	Sonstige	0	3	1	0	4
	<b>Gesamt</b>	33	36	3	13	85

Tab. 8-24: Diagnose des Patienten \* Beurteilbarkeit, Hammer-Amboss-Gelenk

Chi-Square-Test, Hammer-Amboss-Gelenk			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	15,83	9	0,07
Likelihood Ratio	16,29	9	0,06
Linear-by-Linear-Association	0,04	1	0,85

Tab. 8-25: Chi-Square-Test für Diagnose des Patienten \* Beurteilbarkeit, Hammer-Amboss-Gelenk

### 8.2.2.4 Korrelation: Beurteilbarkeit und Diagnose des Patienten – Zusammenfassung

Bezüglich der Beurteilbarkeit der DVT-Bilder konnte bei dem Vergleich zwischen Patienten unterschiedlicher Diagnosen (mit einem Signifikanzniveau von 0,05) bei keiner der anatomischen Parameter ein signifikanter Unterschied festgestellt werden.



Anatomischer Parameter	p-Wert	Signifikanter Unterschied
Gehörgang	0,95	nein
Mastoid	0,86	nein
Abgrenzung Mastoid - Schädelbasis	-	nein
Knochen zum Sinus sigmoideus	-	nein
Trommelfell	0,14	nein
Abgrenzung Epitympanon - Schädelbasis	0,42	nein
Hammer-Amboss-Gelenk	0,07	nein
Hammergriff	0,43	nein
Langer Ambossfortsatz	0,81	nein
Amboss-Steigbügel-Gelenk	0,49	nein
Stapeskopf	0,57	nein
Vorderer Stapeschenkel	0,43	nein
Hinterer Stapeschenkel	0,56	nein
Ovales Fenster	0,70	nein
Rundes Fenster	0,69	nein
Horizontaler Bogengang	0,95	nein
Superiorer Bogengang	0,86	nein
Posteriorer Bogengang	0,95	nein
N. facialis – labyrinthärer Verlauf	0,95	nein
N. facialis – tympanaler Verlauf	0,51	nein
N. facialis – mastoidaler Verlauf	0,86	nein

Tab. 8-26: Ergebnisse zur Korrelation „Diagnose des Patienten \* Beurteilbarkeit“ (Zusammenfassung)

### 8.3 Übereinstimmung von Bildanalyse und OP-Bericht

Es wurde für alle anatomischen Strukturen die Güte der DVT-Bildgebung untersucht, indem für jede Struktur die Sensitivität, Spezifität sowie positiver und negativer prädiktiver Wert errechnet wurden.

Die Ergebnisse der einzelnen Güte-Werte werden im Folgenden tabellarisch und grafisch dargestellt. Die jeweiligen Berechnungen und Ergebnisse der Güte-Werte der einzelnen Strukturen finden sich im Anhang (jeweils in der letzten Zeile unter „Gesamt“, s. c)).

Um herauszufinden, ob die DVT-Bildgebung mit vorhandenen Rohdaten bessere Ergebnisse liefert, wurden diese Werte außerdem getrennt für die Gruppen *Vorhandene Rohdaten* und *Nicht vorhandene Rohdaten* errechnet.

Des Weiteren wurden die Sensitivität, Spezifität und Vorhersagewerte einzeln für die unterschiedlichen Diagnosen *Cholesteatom*, *Chronische Otitis media mesotympanalis*, *Chronische Otitis media adhaesiva* und *Sonstige* errechnet, um zu untersuchen, ob hier je nach Diagnose Unterschiede in der Güte der DVT-Bildgebung vorliegen.

### 8.3.1 Sensitivität, Spezifität, prädiktive Werte – alle anatomischen Strukturen

In der untenstehenden Tabelle sind die Ergebnisse dieser Werte für alle anatomischen Strukturen abgebildet. Die freigelassenen Felder entsprechen denjenigen Fällen, bei denen eine Berechnung des jeweiligen Wertes mathematisch nicht möglich war, wie z. B. bei der Struktur *superiorer Bogengang*, bei dem die Zahl der *richtig positiven und falsch negativen* Null betrug, da bei den untersuchten Patienten hier keine Pathologie gefunden wurde. Da es mathematisch nicht möglich ist, durch Null zu teilen, wurde in diesen Fällen kein Wert errechnet.

Folgende Abkürzungen werden in den nachstehenden Tabellen verwendet:

- SEN = Sensitivität
- SPE = Spezifität
- PPV = positiver prädiktiver Wert
- NPV = negativer prädiktiver Wert

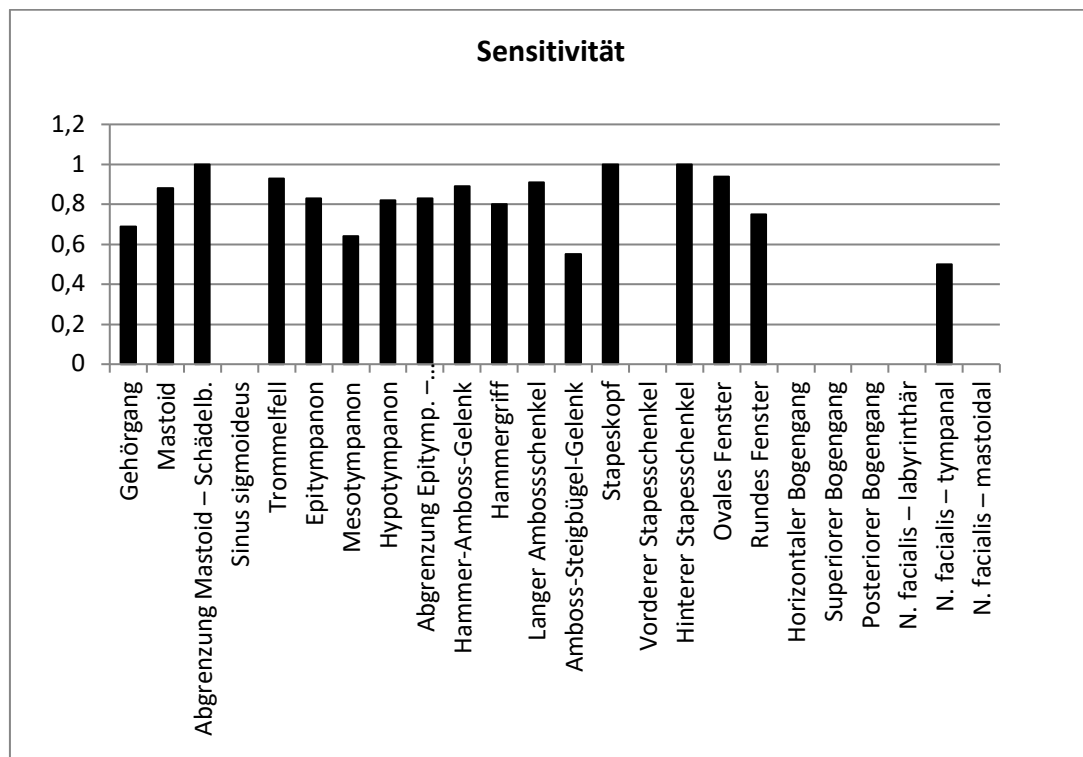
Anatomischer Parameter	SEN	SPE	PPV	NPV
Gehörgang	0,69	0,86	0,5	0,93
Mastoid	0,88	0,57	0,88	0,57
Abgrenzung Mastoid – Schädelb.	1	0,92	0,71	1
Sinus sigmoideus	-	1	-	1
Trommelfell	0,93	0,5	0,94	0,43
Epitympanon	0,83	0,78	0,87	0,74
Mesotympanon	0,64	0,89	0,88	0,67
Hypotympanon	0,82	0,72	0,3	0,96
Abgrenzung Epitymp. – Schädelb.	0,83	0,91	0,45	0,98
Hammer-Amboss-Gelenk	0,89	0,86	0,5	0,98
Hammergriff	0,8	0,89	0,36	0,98
Langer Ambossschenkel	0,91	0,64	0,6	0,93
Amboss-Steigbügel-Gelenk	0,55	0,94	0,75	0,86
Stapeskopf	1	1	1	1
Vorderer Stapesschenkel	-	0,97	-	0,97
Hinterer Stapesschenkel	1	0,78	0,11	1
Ovales Fenster	0,94	0,49	0,31	0,97
Rundes Fenster	0,75	0,32	0,11	0,92
Horizontaler Bogengang	-	1	-	0,99
Superiorer Bogengang	-	1	-	1
Posteriorer Bogengang	-	1	-	1
N. facialis – labyrinthär	-	1	-	1
N. facialis – tympanal	0,5	0,89	0,57	0,86
N. facialis – mastoidal	-	1	-	1

Tab. 8-27: SEN, SPE, PPV, NPV aller anatomischer Strukturen (gesamt)

Zur besseren Möglichkeit des Vergleichs zwischen den verschiedenen Strukturen folgen jeweils eine Grafik für die Sensitivität, Spezifität und Vorhersagewerte:

### 8.3.1.1 Sensitivität – alle anatomischen Parameter

Die Sensitivität, also die Wahrscheinlichkeit, dass tatsächliche Pathologien auch im DVT-Bild erkannt werden, war bei den Strukturen Mastoid zur Schädelbasis (1), Stapeskopf (1), hinterer Stapeschenkel (1) sowie ovales Fenster (0,94), Trommelfell (0,93), Hammer-Amboss-Gelenk (0,89), Mastoid (0,88) und langer Ambossschenkel (0,91) hoch. Die geringste Sensitivität wiesen die Strukturen Amboss-Steigbügelgelenk (0,55) und der tympanale Anteil des N. facialis (0,5) auf.

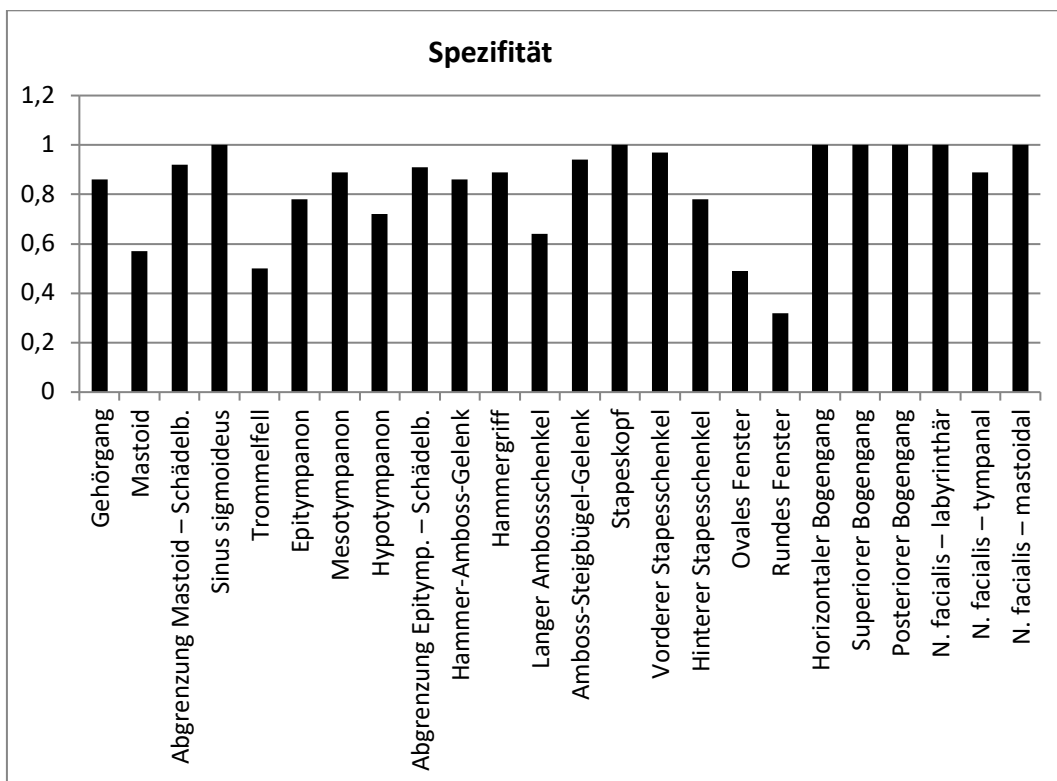


Grafik 8-1: Sensitivität – alle anatomischen Strukturen

### 8.3.1.2 Spezifität – alle anatomischen Parameter

Die Spezifität der DVT-Bildgebung, also die Wahrscheinlichkeit, dass tatsächlich nicht vorhandene Pathologien auch als solche in der Diagnostik erkannt werden, lag bei folgenden Strukturen am höchsten (1): dem Sinus sigmoideus, dem Stapeskopf, den Bogengängen und dem labyrinthären und mastoidalen Anteil des N. facialis.

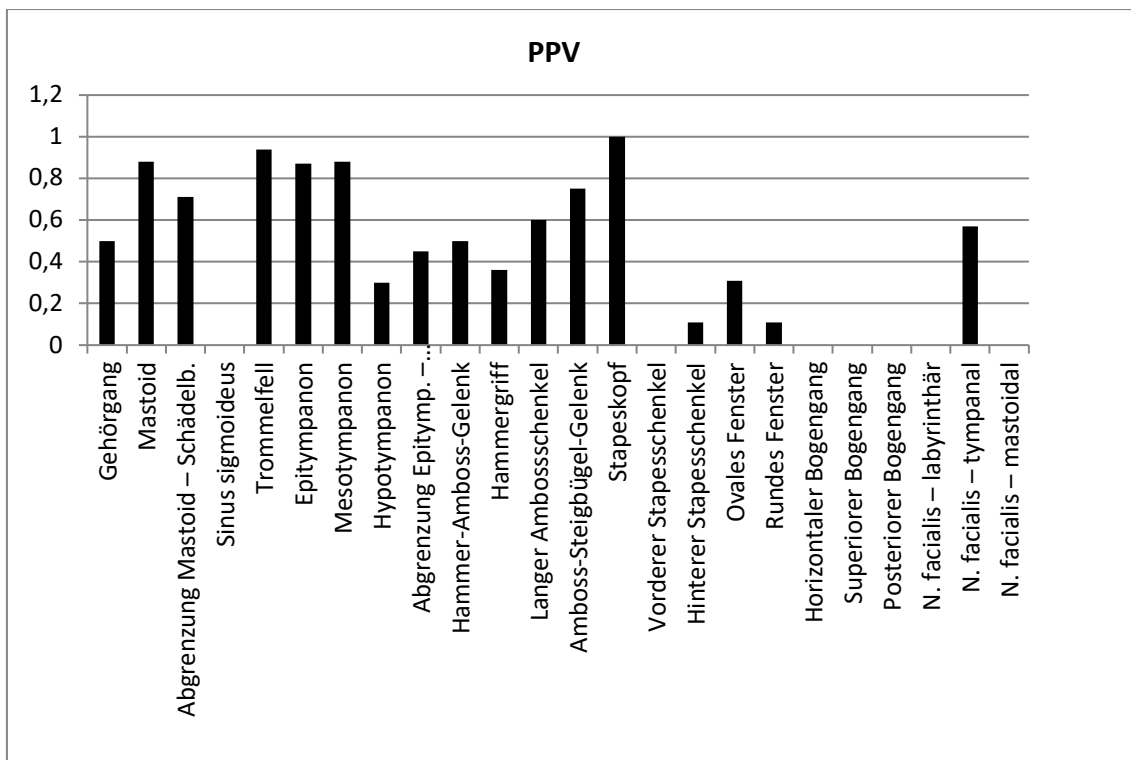
Es fällt auf, dass die Spezifität bezüglich des runden (0,32) und ovalen Fensters (0,49) besonders geringe Werte aufweist. Dies bedeutet wiederum, dass in jeweils über der Hälfte der untersuchten Patientenbilder rundes und ovales Fenster fälschlicherweise als pathologisch gesehen wurden.



Grafik 8-2: Spezifität – alle anatomischen Strukturen

### 8.3.1.3 Positiver prädiktiver Wert – alle anatomischen Parameter

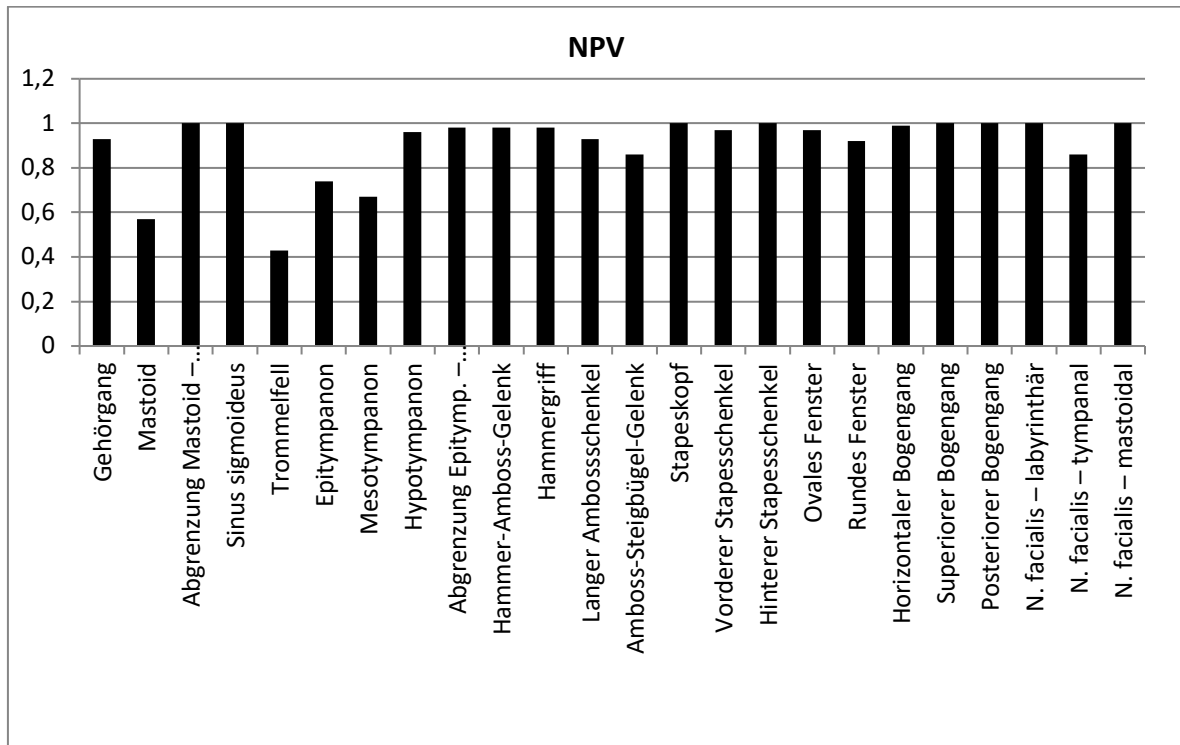
Der positive prädiktive Wert, der angibt, bei wie vielen Personen, bei denen eine Pathologie festgestellt wurde, diese tatsächlich auch vorlag, fiel bei den Strukturen Stapeskopf (1), Trommelfell (0,94), Mastoid (0,88), Meso- (0,88) und Epitympanon (0,87) am höchsten aus, während er für den hinteren Stapeschenkel (0,11), das runde (0,11) und ovale Fenster (0,31) sowie das Hypotympanon (0,3) mit deutlichem Abstand am niedrigsten lag. Es fällt weiterhin auf, dass die restlichen Gehörknöchelchen (bis auf die o. g.) im mittleren Bereich bei Werten zwischen 0,36 und 0,75 lagen.



Grafik 8-3: Positiver prädiktiver Wert (PPV) – alle anatomischen Strukturen

### 8.3.1.4 Negativer prädiktiver Wert – alle anatomischen Parameter

Für den negativen prädiktiven Wert, der angibt, bei wie vielen Personen, bei denen keine Pathologie in der Bildgebung festgestellt wurde, tatsächlich keine vorlag, ergab sich bei den meisten Strukturen ein Wert zwischen 0,86 (N. facialis, tympanal und Amboss-Steigbügel-Gelenk) und 1. Den niedrigsten negativen Vorhersagewert wies das Trommelfell auf (0,43).



Grafik 8-4: Negativer prädiktiver Wert (NPV) – alle anatomischen Strukturen

### 8.3.1.5 Geringste Ergebnisse

Die schwächsten Ergebnisse ergaben sich insgesamt für den *positiven prädiktiven Wert*: Dieser zeigte am häufigsten Werte unter 0,5 sowie auch allgemein die niedrigsten Zahlenwerte. Der positive Vorhersagewert gibt an, bei wie vielen Patienten, bei denen diagnostisch eine Pathologie gefunden wurde, diese tatsächlich auch vorliegt. Ein schlechter PPV (geringer Wert) bedeutet also, dass in der DVT-Bildgebung bei den jeweiligen Strukturen häufig fälschlicherweise eine Pathologie gesehen wurde. Dies zeigte sich bei der vorliegenden Studie besonders bei den Parametern *hinterer Stapeschenkel*, *rundes Fenster* und *Hypotympanon*.

Anatomische Struktur	Sensitivität	Spezifität	PPV	NPV
Gehörgang			0,5	
Trommelfell		0,5		0,43
Hypotympanon			<b>0,3</b>	
Abgrenzung Epitymp. – Schädelb.			0,45	
Hammer-Amboss-Gelenk			0,5	
Hammergriff			0,36	
Hinterer Stapeschenkel			<b>0,11</b>	
Ovales Fenster		0,49	0,31	
Rundes Fenster		0,32	<b>0,11</b>	
N. facialis – tympanal	0,5			

Tab. 8-28: Geringste Ergebnisse ( $\leq 0,5$ ) für SEN, SPE, prädiktive Werte

### 8.3.1.6 Beste Ergebnisse

Insgesamt fanden sich in dieser Studie die besten Ergebnisse für den *negativen prädiktiven Wert* sowie (mit etwas Abstand) die *Spezifität*. Bezogen auf die Aussagekraft der DVT-Bildgebung bedeutet das zum einen, dass bei Strukturen, die als nicht pathologisch gesehen wurden, auch tatsächlich keine Pathologie vorlag (NPV), und zum anderen, dass eine hohe Wahrscheinlichkeit dafür besteht, dass tatsächlich Gesunde mithilfe der Diagnostik auch als gesund erkannt wurden (SPE).

Für die *Sensitivität* der DVT-Diagnostik zeigten sich für einige Strukturen (u. a. die Gehörknöchelchen) sehr gute Ergebnisse. Für den Großteil der anatomischen Parameter lag die SEN allerdings bei Werten zwischen 0,8 und 1. In Bezug auf die Aussagekraft der DVT-Bildgebung bedeutet das, dass tatsächliche Pathologien (je nach Struktur) in 80 - 100 % der Fälle auch als solche in der Diagnostik erkannt wurden. Ausnahmen stellen hier jedoch der tympanale Anteil des N. facialis (0,5) und das Amboss-Steigbügelgelenk (0,55) dar (Grafik 8-1: Sensitivität – alle anatomischen Strukturen).



Anatomische Struktur	Sensitivität	Spezifität	PPV	NPV
Gehörgang				0,93
Abgrenzung Mastoid – Schädelb.	<b>1</b>	0,92		<b>1</b>
Sinus sigmoideus		<b>1</b>		<b>1</b>
Trommelfell	0,93		0,94	
Hypotympanon				0,96
Abgrenzung Epitymp. – Schädelb.		0,91		0,98
Hammer-Amboss-Gelenk				0,98
Hammergriff				0,98
Langer Ambossschenkel	0,91			0,93
Amboss-Steigbügel-Gelenk		0,94		
Stapeskopf	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Vorderer Stapesschenkel		0,97		0,97
Hinterer Stapesschenkel	<b>1</b>			<b>1</b>
Ovales Fenster	0,94			0,97
Rundes Fenster				0,92
Horizontaler Bogengang		<b>1</b>		0,99
Superiorer Bogengang		<b>1</b>		<b>1</b>
Posteriorer Bogengang		<b>1</b>		<b>1</b>
N. facialis – labyrinthär		<b>1</b>		<b>1</b>
N. facialis – mastoidal		<b>1</b>		<b>1</b>

Tab. 8-29: Beste Ergebnisse (> 0,9) für SEN, SPE, prädiktive Werte

### 8.3.2 Korrelation: Übereinstimmung Bild/OP und Vorhandene Rohdaten

Im Folgenden werden die einzelnen Ergebnisse an zwei Beispielen genau dargestellt. Anschließend werden die Ergebnisse bezüglich der Korrelation der Übereinstimmung von Bild und OP-Bericht und dem Vorhandensein von Rohdaten für alle Strukturen im Überblick zusammengefasst.

Folgende Abkürzungen werden in den nachstehenden Tabellen verwendet:

- RP = richtig positive
- FP = falsch positive
- RN = richtig negative
- FN = falsch negative

#### 8.3.2.1 Gehörgang

In Bezug auf den Gehörgang ergab sich in der Gruppe der Bilder mit vorhandenen Rohdaten eine höhere Sensitivität (1) und ein höherer negativer prädiktiver Wert (1), während die Spezifität (0,95) und der positive prädiktive Wert (0,8) in der Gruppe ohne vorhandene Rohdaten höher sind.

<b>Gehörgang</b>									
	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	1	7	13	0	21	<b>1</b>	0,65	0,13	<b>1</b>
<b>Keine Rohdaten</b>	8	2	42	4	56	0,67	<b>0,95</b>	<b>0,8</b>	0,91
<b>Gesamt</b>	9	9	55	4	77	0,69	0,86	0,5	0,93

Tab. 8-30: Korrelation Übereinstimmung Bild/OP \* Vorhandene Rohdaten, Gehörgang

### 8.3.2.2 Trommelfell

Die Sensitivität der DVT-Bildgebung in Bezug auf Pathologien des Trommelfells ergab in der Gruppe der Bilder ohne Rohdaten einen leicht höheren Wert ( $0,95 > 0,88$ ), während der positive prädiktive Wert in der Gruppe der Bilder mit Rohdaten höher lag ( $1 > 0,92$ ). SPE und NPV sind in dieser Gruppe nicht sinnvoll, zu berechnen.

<b>Trommelfell</b>									
	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	15	0	0	2	17	0,88	-	<b>1</b>	-
<b>Keine Rohdaten</b>	36	3	3	2	44	<b>0,95</b>	0,5	0,92	0,6
<b>Gesamt</b>	51	3	3	4	61	0,93	0,5	0,94	0,43

Tab. 8-31: Korrelation Übereinstimmung Bild/OP \* Vorhandene Rohdaten, Trommelfell

Die einzelnen Tabellen der übrigen anatomischen Strukturen finden sich im Anhang (s.12.1 c)).

### 8.3.2.3 Korrelation: Übereinstimmung Bild/OP und Vorhandene Rohdaten – gesamt

In der untenstehenden Tabelle sind die Ergebnisse dieses Kapitels vollständig zusammenfassend dargestellt.

Bei den dick gedruckten Strukturen handelt es sich um diejenigen, bei denen bei mindestens einem Wert (SEN/SPE/PPV/NPV) ein Unterschied zwischen den verglichenen Gruppen *Rohdaten (RD)* und *keine RD* bestand. Der jeweils höhere Zahlenwert ist dabei ebenfalls dick gedruckt.

Anatomische Struktur	Sensitivität		Spezifität		PPV		NPV	
	RD	keine RD	RD	keine RD	RD	keine RD	RD	keine RD
Gehörgang	<b>1</b>	0,67	0,65	<b>0,95</b>	0,13	<b>0,8</b>	<b>1</b>	0,91
Mastoid	<b>1</b>	0,83	<b>1</b>	0,4	<b>1</b>	0,83	<b>1</b>	0,4
Abgrenzung Mastoid – Schädelb.	-	<b>1</b>	0,8	<b>0,95</b>	-	<b>0,83</b>	1	1
Sinus sigmoideus	-	-	-	<b>1</b>	-	-	-	<b>1</b>
Trommelfell	0,88	<b>0,95</b>	-	0,5	<b>1</b>	0,92	-	0,6
Epitympanon	<b>0,89</b>	0,8	0,75	<b>0,78</b>	<b>0,89</b>	0,85	<b>0,75</b>	0,72
Mesotympanon	<b>0,65</b>	0,63	<b>0,9</b>	0,89	<b>0,92</b>	0,86	0,6	<b>0,69</b>
Hypotympanon	<b>0,83</b>	0,8	0,62	<b>0,75</b>	<b>0,38</b>	0,24	0,93	<b>0,98</b>
Abgrenzung Epitymp. – Schädelb.	<b>1</b>	0,75	0,89	<b>0,92</b>	<b>0,5</b>	0,43	<b>1</b>	0,98
Hammer-Amboss-Gelenk	0,5	<b>1</b>	0,8	<b>0,89</b>	0,2	<b>0,64</b>	0,94	<b>1</b>
Hammergriff	<b>1</b>	0,67	<b>0,95</b>	0,87	<b>0,67</b>	0,25	<b>1</b>	0,98
Langer Ambossschenkel	<b>1</b>	0,88	0,6	<b>0,67</b>	0,5	<b>0,65</b>	<b>1</b>	0,89
Amboss-Steigbügel-Gelenk	<b>0,6</b>	0,5	0,86	<b>1</b>	0,6	<b>1</b>	0,86	0,86
Stapeskopf	1	1	1	1	1	1	1	1
Vorderer Stapesschenkel	-	-	<b>1</b>	0,96	-	-	<b>1</b>	0,96
Hinterer Stapesschenkel	1	-	<b>0,91</b>	0,73	0,5	-	1	1
Ovales Fenster	0,86	<b>1</b>	<b>0,55</b>	0,46	<b>0,4</b>	0,28	0,92	<b>1</b>
Rundes Fenster	0,75	0,75	<b>0,45</b>	0,26	<b>0,2</b>	0,07	0,91	<b>0,93</b>
Horizontaler Bogengang	-	-	1	1	-	-	1	0,98
Superiorer Bogengang	-	-	1	1	-	-	1	1
Posteriorer Bogengang	-	-	1	1	-	-	1	1
N. facialis – labyrinthär	-	-	1	1	-	-	1	1
<b>N. facialis – tympanal</b>	0,25	<b>0,58</b>	<b>1</b>	0,82	<b>1</b>	0,54	<b>0,88</b>	0,85
N. facialis – mastoidal	-	-	1	1	-	-	1	1

Tab. 8-32: Werte für SEN, SPE, PPV, NPV in Korrelation mit Vorhandensein von Rohdaten

Zur besseren Übersicht sind im Folgenden nochmals die Strukturen aufgelistet, bei denen sich Unterschiede zeigten. Dabei wird dargestellt, in welcher der beiden Gruppen *Rohdaten (RD)* bzw. *keine RD* die jeweils höheren Werte für Sensitivität, Spezifität und prädiktive Werte vorlagen. Die freigelassenen Felder stehen für diejenigen Fälle, bei denen kein Unterschied zwischen den beiden Gruppen bestand bzw. keine Werte ausgerechnet werden konnten.

	SEN ↑	SPE ↑	PPV ↑	NPV ↑
Gehörgang	RD	Keine RD	Keine RD	RD
Mastoid	RD	RD	RD	RD
Abgrenzung Mastoid – Schädelb.		Keine RD		
Trommelfell	Keine RD		RD	
Epitympanon	RD	Keine RD	RD	RD
Mesotympanon	RD	RD	RD	Keine RD
Hypotympanon	RD	Keine RD	RD	Keine RD
Abgrenzung Epitymp. – Schädelb.	RD	Keine RD	RD	RD
Hammer-Amboss-Gelenk	Keine RD	Keine RD	Keine RD	Keine RD
Hammergriff	RD	RD	RD	RD
Langer Ambossschenkel	RD	Keine RD	Keine RD	RD
Amboss-Steigbügel-Gelenk	RD	Keine RD	Keine RD	
Vorderer Stapesschenkel		RD		RD
Hinterer Stapesschenkel		RD		
Ovales Fenster	Keine RD	RD	RD	Keine RD
Rundes Fenster		RD	RD	Keine RD
N. facialis – tympanal	Keine RD	RD	RD	
<b>Gesamt</b>	<b>9 RD</b> 4 Keine RD	<b>8 RD</b> 8 Keine RD	<b>10 RD</b> 4 Keine RD	<b>7 RD</b> 5 Keine RD

Tab. 8-33: Zusammenfassung SEN, SPE, PPV, NPV in Korrelation mit Vorhandensein von Rohdaten

Es kann festgehalten werden, dass die Gruppe der Bilder mit vorhandenen Rohdaten insgesamt häufiger höhere Werte für die Sensitivität und Vorhersagewerte aufwies. Keinen Unterschied zeigten die Gruppen bei der Spezifität.

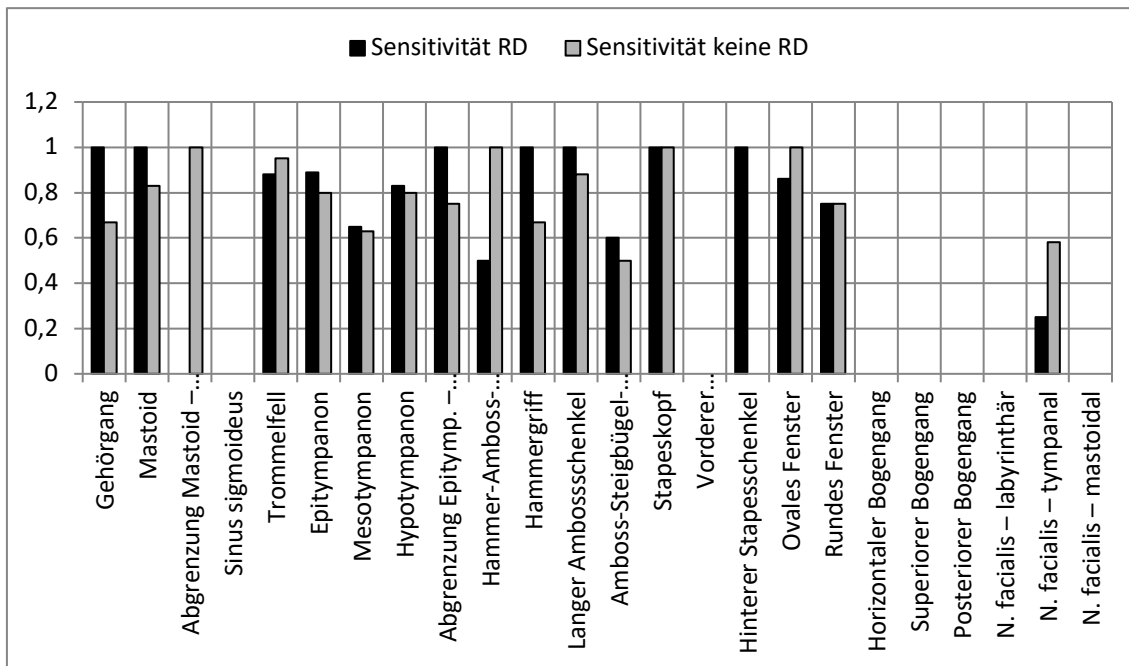
Für den direkten Vergleich der Sensitivität, Spezifität und der prädiktiven Werte zwischen den Gruppen der DVT-Bilder mit und ohne vorhandene Rohdaten sind die Ergebnisse im Folgenden nochmals einzeln tabellarisch sowie grafisch dargestellt.

### 8.3.2.4 Korrelation: Übereinstimmung Bild/OP/Vorhandensein von Rohdaten – Sensitivität

Anatomische Struktur	Sensitivität	
	RD	keine RD
Gehörgang	1	0,67
Mastoid	1	0,83
Abgrenzung Mastoid – Schädelb.	-	1
Sinus sigmoideus	-	-
Trommelfell	0,88	<b>0,95</b>
Epitympanon	<b>0,89</b>	0,8
Mesotympanon	<b>0,65</b>	0,63
Hypotympanon	<b>0,83</b>	0,8
Abgrenzung Epitymp. – Schädelb.	1	0,75
Hammer-Amboss-Gelenk	0,5	<b>1</b>
Hammergriff	1	0,67
Langer Ambossschenkel	1	0,88
Amboss-Steigbügel-Gelenk	<b>0,6</b>	0,5
Stapeskopf	1	1
Vorderer Stapesschenkel	-	-
Hinterer Stapesschenkel	1	-
Ovales Fenster	0,86	<b>1</b>
Rundes Fenster	0,75	0,75
Horizontaler Bogengang	-	-
Superiorer Bogengang	-	-
Posteriorer Bogengang	-	-
N. facialis – labyrinthär	-	-
N. facialis – tympanal	0,25	<b>0,58</b>
N. facialis – mastoidal	-	-

Tab. 8-34: Sensitivität – Vergleich: RD und keine RD, alle anatomischen Strukturen

Die Sensitivität zeigte bei mehreren Strukturen ähnliche Werte für beide Gruppen. Die größten Unterschiede fanden sich bei den Strukturen *Gehörgang*, *Hammer-Amboss-Gelenk* und *N. facialis – tympanal*, wobei die höheren Werte der beiden letzteren jeweils in der Gruppe ohne Rohdaten lagen. Insgesamt kann jedoch bezüglich der Sensitivität der DVT-Bildgebung eine Überlegenheit der Gruppe mit vorhandenen Rohdaten festgestellt werden (s. Tab. 8-33: Zusammenfassung SEN, SPE, PPV, NPV in Korrelation mit .



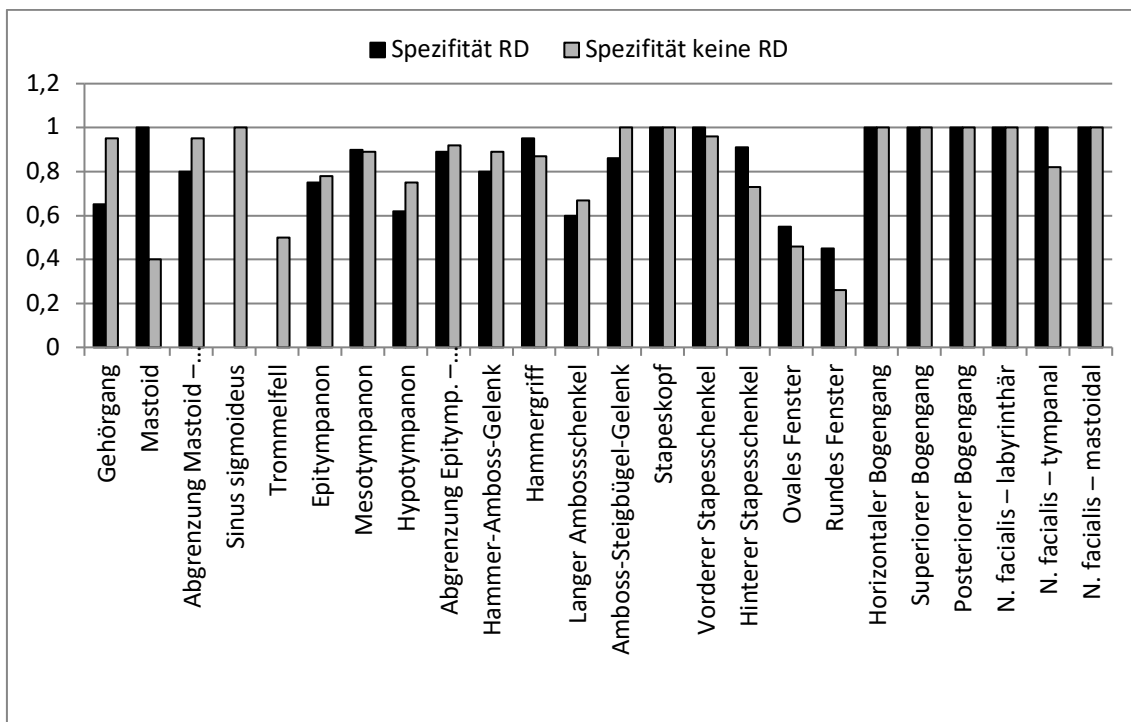
Grafik 8-5: Sensitivität – Vergleich: RD und keine RD, alle anatomischen Strukturen

### 8.3.2.5 Korrelation: Übereinstimmung Bild/OP und Vorhandensein von Rohdaten – Spezifität

Anatomische Struktur	Spezifität	
	RD	keine RD
Gehörgang	0,65	<b>0,95</b>
Mastoid	<b>1</b>	0,4
Abgrenzung Mastoid – Schädelb.	0,8	<b>0,95</b>
Sinus sigmoideus	-	1
Trommelfell	-	0,5
Epitympanon	0,75	<b>0,78</b>
Mesotympanon	<b>0,9</b>	0,89
Hypotympanon	0,62	<b>0,75</b>
Abgrenzung Epitymp. – Schädelb.	0,89	<b>0,92</b>
Hammer-Amboss-Gelenk	0,8	<b>0,89</b>
Hammergriff	<b>0,95</b>	0,87
Langer Ambossschenkel	0,6	<b>0,67</b>
Amboss-Steigbügel-Gelenk	0,86	<b>1</b>
Stapeskopf	1	1
Vorderer Stapeschenkel	<b>1</b>	0,96
Hinterer Stapeschenkel	<b>0,91</b>	0,73
Ovales Fenster	<b>0,55</b>	0,46
Rundes Fenster	<b>0,45</b>	0,26
Horizontaler Bogengang	1	1
Superiorer Bogengang	1	1
Posteriorer Bogengang	1	1
N. facialis – labyrinthär	1	1
N. facialis – tympanal	<b>1</b>	0,82
N. facialis – mastoidal	1	1

Tab. 8-35: Spezifität – Vergleich: RD und keine RD, alle anatomischen Strukturen

Auch bezüglich der Spezifität der DVT-Diagnostik zeigten sich bei nur wenigen anatomischen Strukturen größere Unterschiede zwischen den verglichenen Gruppen: Mastoid (1) und rundes Fenster (0,45) wiesen in den Gruppen mit vorhandenen Rohdaten eine höhere Spezifität auf, während sich für den Gehörgang in der Gruppe ohne Rohdaten deutlich bessere Werte ergaben. Der allgemeine Überblick zeigt, dass die Unterschiede bei den meisten Strukturen gering waren und teilweise sogar kein Unterschied vorlag. Es konnte hier insgesamt keine Überlegenheit einer bestimmten Gruppe festgestellt werden (s. Tab. 8-33: Zusammenfassung SEN, SPE, PPV, NPV in Korrelation mit .



Grafik 8-6: Spezifität – Vergleich: RD und keine RD, alle anatomischen Strukturen

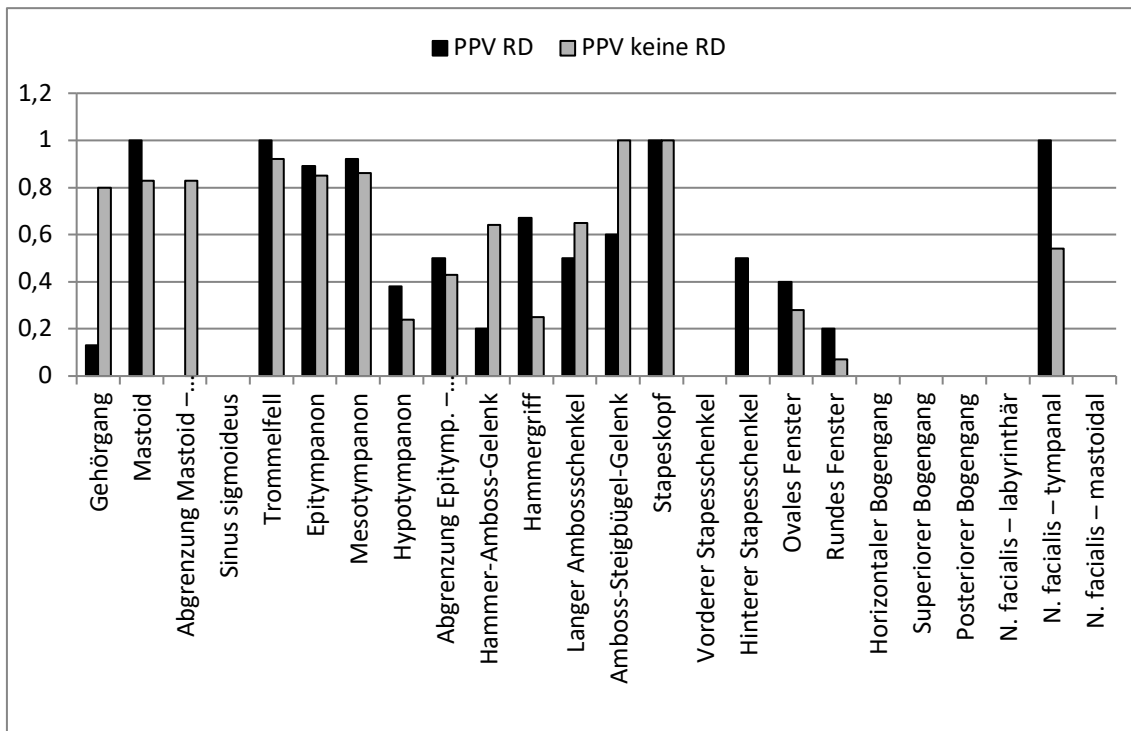
### 8.3.2.6 Korrelation: Übereinstimmung Bild/OP und Vorhandensein von Rohdaten – PPV

Anatomische Struktur	PPV	
	RD	keine RD
Gehörgang	0,13	<b>0,8</b>
Mastoid	<b>1</b>	0,83
Abgrenzung Mastoid – Schädelb.	-	<b>0,83</b>
Sinus sigmoideus	-	-
Trommelfell	<b>1</b>	0,92
Epitympanon	<b>0,89</b>	0,85
Mesotympanon	<b>0,92</b>	0,86
Hypotympanon	<b>0,38</b>	0,24
Abgrenzung Epitymp. – Schädelb.	<b>0,5</b>	0,43
Hammer-Amboss-Gelenk	0,2	<b>0,64</b>
Hammergriff	<b>0,67</b>	0,25
Langer Ambossschenkel	0,5	<b>0,65</b>
Amboss-Steigbügel-Gelenk	0,6	<b>1</b>
Stapeskopf	1	1
Vorderer Stapeschenkel	-	-
Hinterer Stapeschenkel	0,5	-
Ovales Fenster	<b>0,4</b>	0,28
Rundes Fenster	<b>0,2</b>	0,07
Horizontaler Bogengang	-	-
Superiorer Bogengang	-	-
Posteriorer Bogengang	-	-
N. facialis – labyrinthär	-	-
N. facialis – tympanal	<b>1</b>	0,54
N. facialis – mastoidal	-	-

Tab. 8-36: Positiver prädiktiver Wert – Vergleich: RD und keine RD, alle anatomischen Strukturen

Der Vergleich zwischen den beiden Gruppen *Vorhandene* und *nicht vorhandene Rohdaten* bezüglich des positiven Vorhersagewertes zeigte häufiger stärkere Unterschiede: Den größten Unterschied wies der Gehörgang auf (keine RD 0,8 > RD 0,13), gefolgt durch den tympanalen Anteil des N. facialis (RD 1 > keine RD 0,54), das Hammer-Amboss-Gelenk (keine RD 0,64 > RD 0,2) und den Hammergriff (RD 0,67 > keine RD 0,25). Es zeigt sich hier, dass auch bezüglich des positiven prädiktiven Wertes beide Gruppen zum Teil überlegen waren. Insgesamt jedoch war die Gruppe mit vorhandenen Rohdaten öfter überlegen (s. Tab. 8-36).





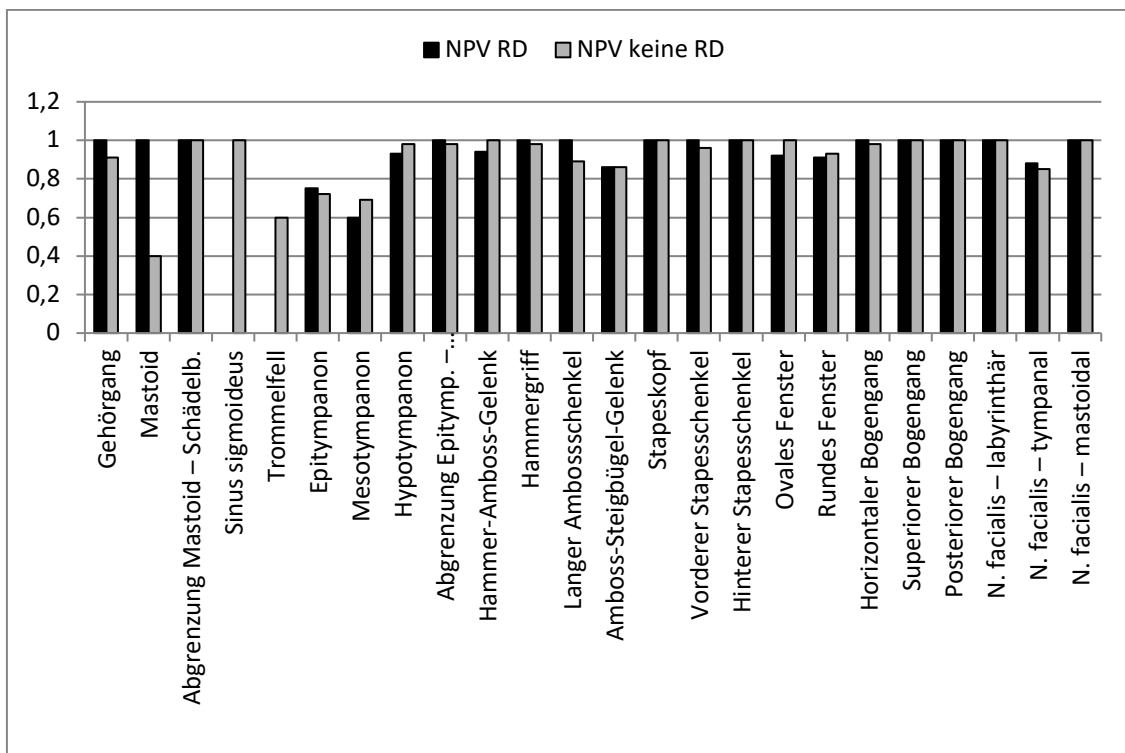
Grafik 8-7: Positiver prädiktiver Wert – Vergleich: RD und keine RD, alle anatomischen Strukturen

### 8.3.2.7 Korrelation: Übereinstimmung Bild/OP und Vorhandensein von Rohdaten – NPV

Anatomische Struktur	NPV	
	RD	keine RD
Gehörgang	1	0,91
Mastoid	1	0,4
Abgrenzung Mastoid – Schädelb.	1	1
Sinus sigmoideus	-	1
Trommelfell	-	0,6
Epitympanon	0,75	0,72
Mesotymp. an	0,6	0,69
Hypotymp. an	0,93	0,98
Abgrenzung Epitymp. – Schädelb.	1	0,98
Hammer-Amboss-Gelenk	0,94	1
Hammergriff	1	0,98
Langer Ambossschenkel	1	0,89
Amboss-Steigbügel-Gelenk	0,86	0,86
Stapeskopf	1	1
Vorderer Stapeschenkel	1	0,96
Hinterer Stapeschenkel	1	1
Ovales Fenster	0,92	1
Rundes Fenster	0,91	0,93
Horizontaler Bogengang	1	0,98
Superiorer Bogengang	1	1
Posteriorer Bogengang	1	1
N. facialis – labyrinthär	1	1
N. facialis – tympanal	0,88	0,85
N. facialis – mastoidal	1	1

Tab. 8-37: Negativer prädiktiver Wert – Vergleich: RD und keine RD, alle anatomischen Strukturen

In Bezug auf den negativen prädiktiven Wert konnte bei nur einer Struktur ein stärkerer Unterschied zwischen den verglichenen Gruppen gefunden werden: Das Mastoid wies in der Gruppe mit Rohdaten einen deutlich höheren negativen Vorhersagewert als in der Gruppe ohne Rohdaten auf ( $1 > 0,4$ ). Auch insgesamt war die Gruppe mit vorhandenen Rohdaten leicht überlegen (s. Tab. 8-34). Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der NPV von allen vier Gütekriterien die geringsten Unterschiede zwischen den verglichenen Gruppen zeigte.



Grafik 8-8: Negativer prädiktiver Wert – Vergleich: RD und keine RD, alle anatomischen Strukturen

### 8.3.3 Korrelation: Übereinstimmung Bild/OP und Diagnosen

Im Folgenden werden die einzelnen Ergebnisse der verschiedenen Diagnosen-Gruppen an zwei Beispielen genau dargestellt. Zum Vergleich zwischen den unterschiedlichen Diagnosen der Patienten folgt anschließend eine Darstellung je für die Sensitivität, Spezifität und Vorhersagewerte für alle anatomischen Strukturen.

#### 8.3.3.1 Gehörgang

Unter den Patienten mit den Diagnosen *chronische Otitis media mesotympanalis* und *Chronische Otitis media adhaesiva* lagen Sensitivität und negativer Vorhersagewert bezüglich des Gehörgangs am höchsten (1). Die höchste Spezifität ergab sich in der

Gruppe der Diagnose *Chron. OM mesotympanalis* und der höchste positive Vorhersagewert in der Gruppe mit der Diagnose *Cholesteatom*.

Gehörgang									
Diagnose des Patienten	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
Cholesteatom	7	6	37	4	54	0,64	0,86	<b>0,54</b>	0,90
Chron. OM mesotympanalis	1	1	15	0	17	<b>1</b>	<b>0,94</b>	0,5	<b>1</b>
Chron. OM adhaesiva	1	1	1	0	3	<b>1</b>	0,5	0,5	<b>1</b>
Sonstige	0	1	2	0	3	-	0,67	0	<b>1</b>

Tab. 8-38: Korrelation Übereinstimmung Bild/OP \* Diagnosen, Gehörgang

### 8.3.3.2 Trommelfell

Die Gruppe der sonstigen Diagnosen schnitt für das Trommelfell insgesamt am besten ab (SEN, SPE, PPV, NPV 1), wobei der Unterschied zwischen den Diagnosengruppen bei der Sensitivität und dem positiven prädiktiven Wert nur gering war. Die bezüglich der Patientenzahl größte Gruppe (Diagnose *Cholesteatom*) zeigte beim Trommelfell die niedrigsten Werte für Spezifität (0,5) und negativen prädiktiven Wert (0,4).

Trommelfell									
Diagnose des Patienten	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
Cholesteatom	35	2	2	3	42	0,92	0,5	0,95	0,4
Chron. OM mesotympanalis	13	1	0	1	15	0,93	0	0,93	0
Chron. OM adhaesiva	3	0	0	0	3	<b>1</b>	-	<b>1</b>	-
Sonstige	1	0	1	0	2	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

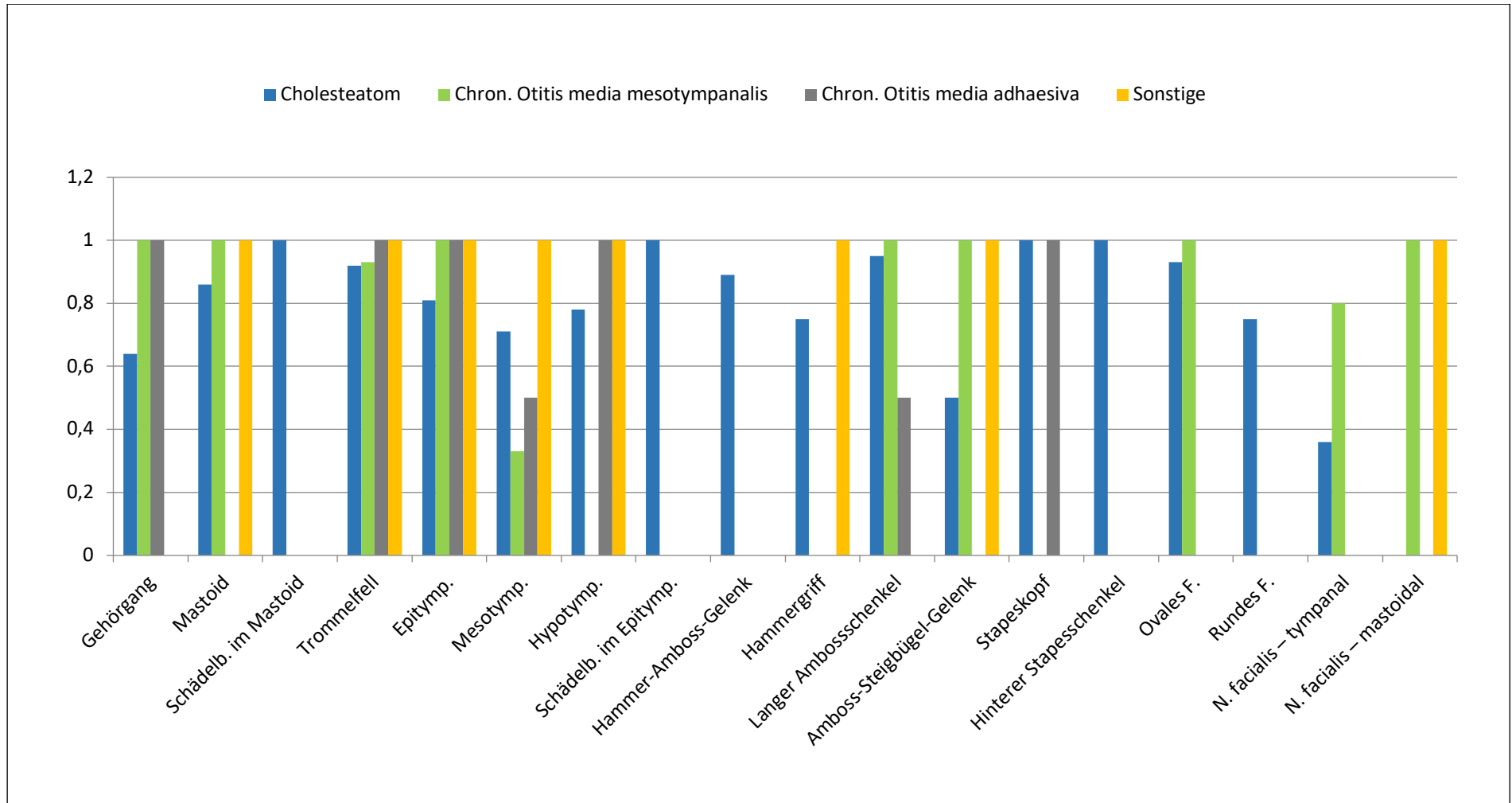
Tab. 8-39: Korrelation Übereinstimmung Bild/OP \* Diagnosen, Trommelfell

### 8.3.3.3 Korrelation: Übereinstimmung Bild/OP und Diagnosen – Sensitivität

Anatomische Struktur	Sensitivität			
	Chol.	Chron. OM mesotymp.	Chron. OM adh.	Sonst.
Gehörgang	0,64	1	1	-
Mastoid	0,86	1	-	1
Schädelb. im Mastoid	1	-	-	-
Sinus sigm.	-	-	-	-
Trommelfell	0,92	0,93	1	1
Epitymp.	0,81	1	1	1
Mesotymp.	0,71	0,33	0,5	1
Hypotymp.	0,78	-	1	1
Schädelb. im Epitymp.	1	0	-	-
Hammer-Amboss-Gelenk	0,89	-	-	-
Hammergriff	0,75	-	-	1
Langer Ambossschenkel	0,95	1	0,5	-
Amboss-Steigbügel-Gelenk	0,5	1	0	1
Stapeskopf	1	-	1	-
Vorderer Stapeschenkel	-	-	0	-
Hinterer Stapeschenkel	1	-	-	-
Ovales F.	0,93	1	-	-
Rundes F.	0,75	-	-	-
Horizontaler BG	0	-	-	-
Superiorer BG	-	-	-	-
Posteriorer BG	-	-	-	-
N. facialis – labyrinthär	-	-	-	-
N. facialis – tympanal	0,36	0,8	-	-
N. facialis – mastoidal	-	1	-	1
Gesamt ↑	1	7	4	7

Tab. 8-40: Sensitivität – Vergleich: Diagnosen, alle anatomischen Strukturen

Es fällt auf, dass die Gruppe der Patienten mit der Diagnose *Cholesteatom* bei allen Strukturen – bis auf die Schädelbasis im Mastoid – eine geringere Sensitivität aufwies als mindestens eine der anderen Gruppen. Der größte Unterschied zeigt sich hier bei den Strukturen Amboss-Steigbügel-Gelenk ( $0,5 < 1$ ) und dem tympanalen Anteil des N. facialis ( $0,36 < 0,8$ ).



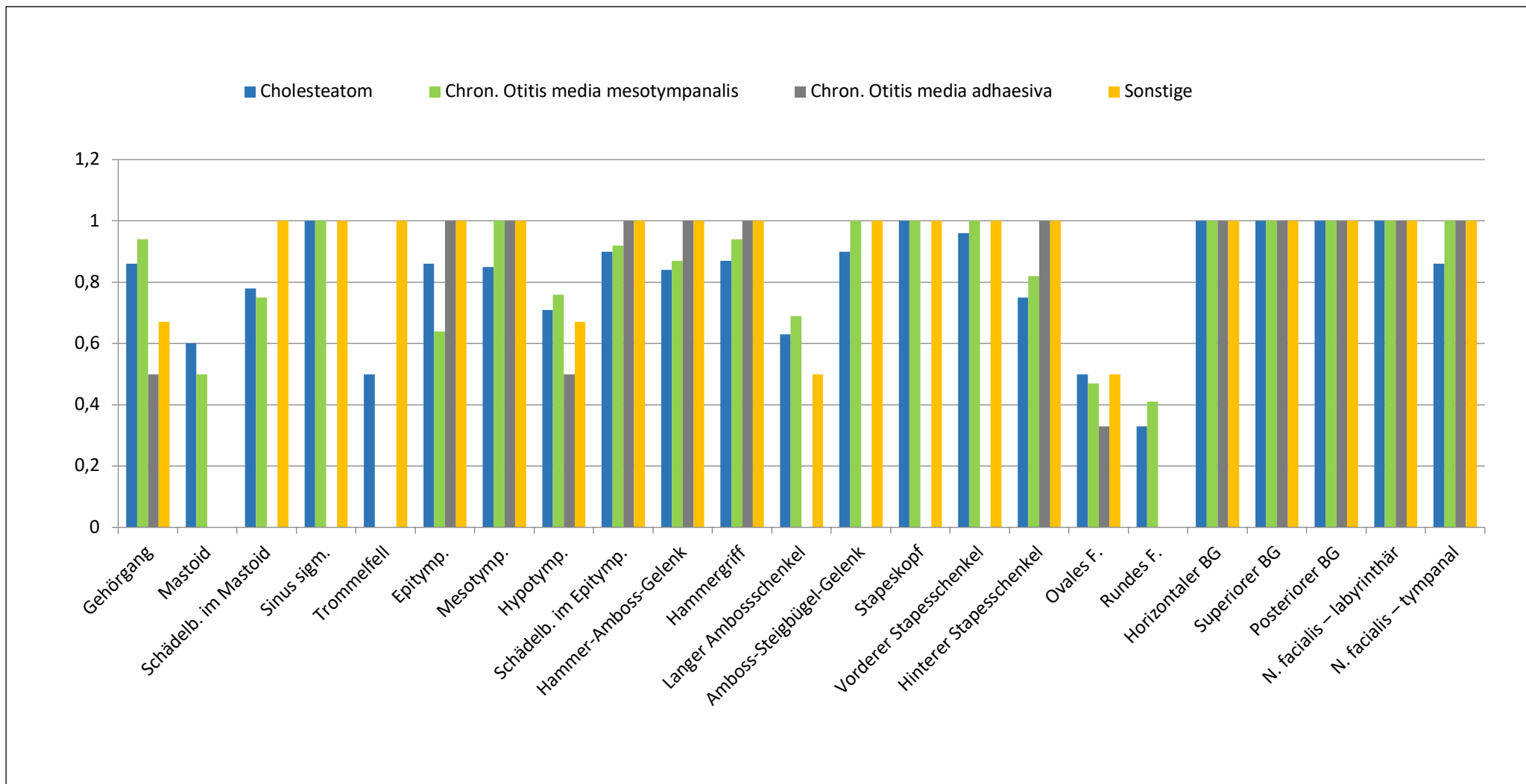
Grafik 8-9: Sensitivität – Vergleich: Diagnosen, alle anatomischen Strukturen

### 8.3.3.4 Korrelation: Übereinstimmung Bild/OP und Diagnosen – Spezifität

Anatomische Struktur	Spezifität			
	Chol.	Chron. OMM	Chron. OMA	Sonst.
Gehörgang	0,86	<b>0,94</b>	0,5	0,67
Mastoid	<b>0,6</b>	0,5	-	-
Schädelb. im Mastoid	0,78	0,75	-	<b>1</b>
Sinus sigm.	1	1	-	1
Trommelfell	0,5	0	-	<b>1</b>
Epitymp.	0,86	0,64	<b>1</b>	<b>1</b>
Mesotymp.	0,85	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Hypotymp.	0,71	<b>0,76</b>	0,5	0,67
Schädelb. im Epitymp.	0,9	0,92	<b>1</b>	<b>1</b>
Hammer-Amboss-Gelenk	0,84	0,87	<b>1</b>	<b>1</b>
Hammergriff	0,87	0,94	<b>1</b>	<b>1</b>
Langer Ambosschenkel	0,63	<b>0,69</b>	-	0,5
Amboss-Steigbügel-Gelenk	0,9	<b>1</b>	-	<b>1</b>
Stapeskopf	1	1	-	1
Vorderer Stapeschenkel	0,96	<b>1</b>	-	<b>1</b>
Hinterer Stapeschenkel	0,75	0,82	<b>1</b>	<b>1</b>
Ovales F.	<b>0,5</b>	0,47	0,33	<b>0,5</b>
Rundes F.	0,33	<b>0,41</b>	0	0
Horizontaler BG	1	1	1	1
Superiorer BG	1	1	1	1
Posteriorer BG	1	1	1	1
N. facialis – labyrinthär	1	1	1	1
<b>N. facialis – tympanal</b>	0,86	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
N. facialis – mastoidal	-	-	-	-
<b>Gesamt ↑</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>12</b>

Tab. 8-41: Spezifität – Vergleich: Diagnosen, alle anatomischen Strukturen

Die Gruppen der Patienten mit *Cholesteatom* bzw. *Chron. OMA* erreichten im Vergleich zu beiden anderen Gruppen am häufigsten einen niedrigeren Spezifitätswert – dabei schnitt die *Cholesteatom*-Gruppe insgesamt am schlechtesten ab. Die untenstehende Grafik macht deutlich, dass die Unterschiede zwischen den Diagnosengruppen bei jeweils einer anatomischen Struktur eher gering ausfielen. Außerdem fällt auf, dass für die Bogengänge sowie den N. facialis (außer einem kleinen Unterschied der Gruppe *Cholesteatom*) keine Unterschiede in der Spezifität vorlagen.



Grafik 8-10: Spezifität – Vergleich: Diagnosen, alle anatomischen Strukturen

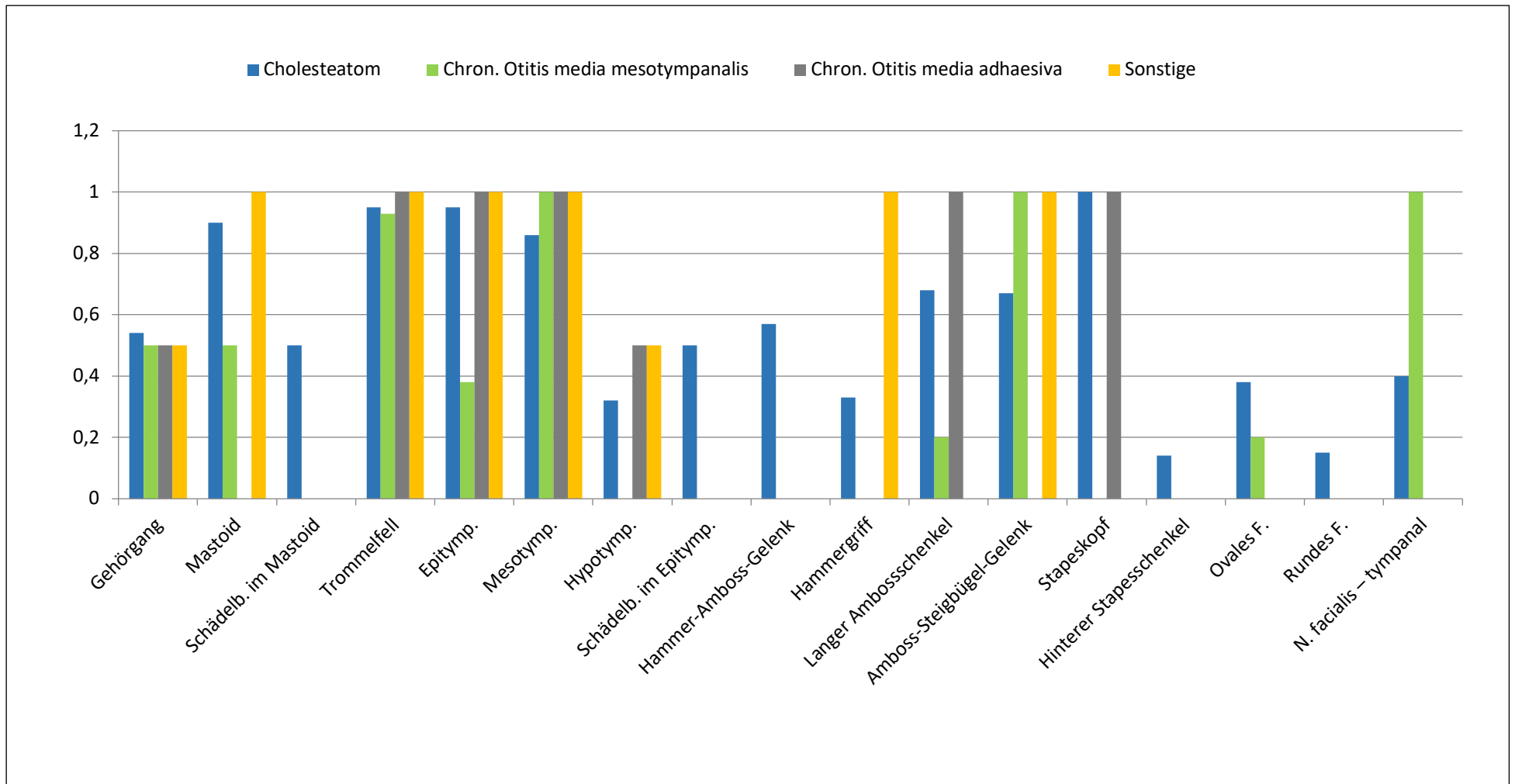
### 8.3.3.5 Korrelation: Übereinstimmung Bild/OP und Diagnosen – positiver prädiktiver Wert

Anatomische Struktur	PPV			
	Chol.	Chron. OMM	Chron. OMA	Sonst.
Gehörgang	<b>0,54</b>	0,5	0,5	0,5
Mastoid	0,9	0,5	-	<b>1</b>
Schädelb. im Mastoid	<b>0,5</b>	0	-	-
Sinus sigm.	-	-	-	-
Trommelfell	0,95	0,93	<b>1</b>	<b>1</b>
Epitymp.	0,95	0,38	<b>1</b>	<b>1</b>
Mesotymp.	0,86	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Hypotymp.	0,32	0	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>
Schädelb. im Epitymp.	<b>0,5</b>	0	-	-
Hammer-Amboss-Gelenk	<b>0,57</b>	0	-	-
Hammergriff	0,33	0	-	<b>1</b>
Langer Ambossschenkel	0,68	0,2	<b>1</b>	0
Amboss-Steigbügel-Gelenk	0,67	<b>1</b>	-	<b>1</b>
Stapeskopf	1	-	<b>1</b>	-
Vorderer Stapeschenkel	0	-	-	-
Hinterer Stapeschenkel	<b>0,14</b>	0	-	-
Ovales F.	<b>0,38</b>	0,2	0	0
Rundes F.	<b>0,15</b>	0	0	0
Horizontaler BG	-	-	-	-
Superiorer BG	-	-	-	-
Posteriorer BG	-	-	-	-
N. facialis – labyrinthär	-	-	-	-
<b>N. facialis – tympanal</b>	0,4	<b>1</b>	-	-
N. facialis – mastoidal	-	-	-	-
<b>Gesamt ↑</b>	6	4	5	7

Tab. 8-42: Positiver prädiktiver Wert – Vergleich: Diagnosen, alle anatomischen Strukturen

Da der positive Vorhersagewert bei einigen anatomischen Strukturen nicht errechnet werden konnte, ließ sich hier nur bei weniger Fällen ein Vergleich durchführen. Deutliche Unterschiede zeigen sich bei den Strukturen Mastoid ( $1 > 0,9 > 0,5$ ), langer Ambossschenkel ( $1 > 0,8 > 0,2$ ) und N. facialis – tympanal ( $1 > 0,4$ ).





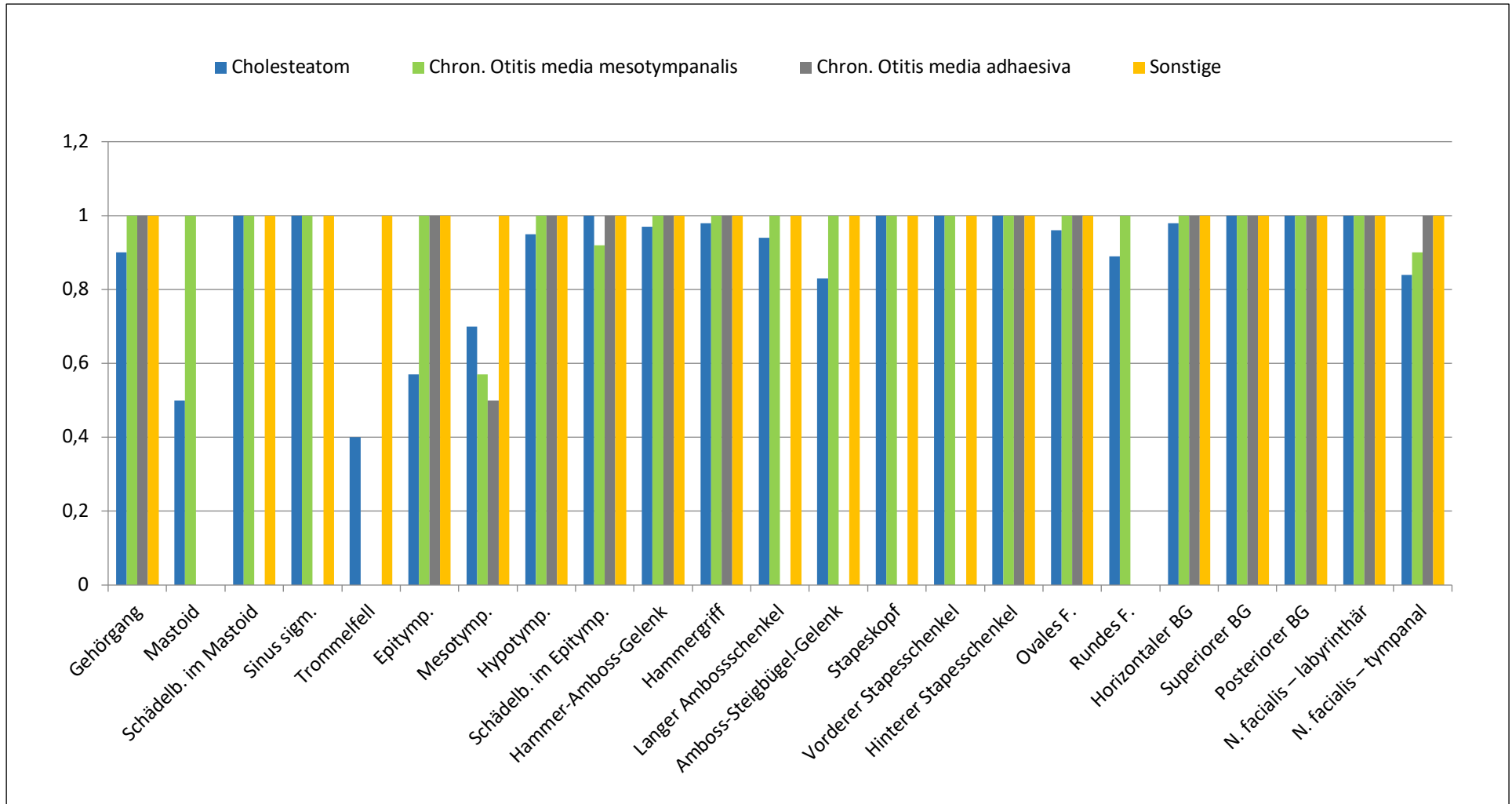
Grafik 8-11: Positiver prädiktiver Wert – Vergleich: Diagnosen, alle anatomischen Strukturen

### 8.3.3.6 Korrelation: Übereinstimmung Bild/OP und Diagnosen – negativer prädiktiver Wert

Anatomische Struktur	NPV			
	Chol.	Chron. OMM	Chron. OMA	Sonst.
<b>Gehörgang</b>	0,90	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Mastoid</b>	0,5	<b>1</b>	-	-
<b>Schädelb. im Mastoid</b>	1	1	-	1
Sinus sigm.	1	1	-	1
<b>Trommelfell</b>	0,4	0	-	<b>1</b>
<b>Epitymp.</b>	0,57	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Mesotymp.</b>	0,70	0,57	0,5	<b>1</b>
<b>Hypotymp.</b>	0,95	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Schädelb. im Epitymp.</b>	<b>1</b>	0,92	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Hammer-Amboss-Gelenk</b>	0,97	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Hammergriff</b>	0,98	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Langer Amboss-schenkel</b>	0,94	<b>1</b>	0	<b>1</b>
<b>Amboss-Steigbügel-Gelenk</b>	0,83	<b>1</b>	0	<b>1</b>
Stapeskopf	1	1	-	1
<b>Vorderer Stapeschenkel</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	0	<b>1</b>
<b>Hinterer Stapeschenkel</b>	1	1	1	1
<b>Ovales F.</b>	0,96	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Rundes F.</b>	0,89	<b>1</b>	-	-
<b>Horizontaler BG</b>	0,98	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Superiorer BG	1	1	1	1
Posteriorer BG	1	1	1	1
N. facialis – labyrinthär	1	1	1	1
<b>N. facialis – tympanal</b>	0,84	0,9	<b>1</b>	<b>1</b>
N. facialis – mastoidal	-	-	-	-
<b>Gesamt ↑</b>	<u>2</u>	12	9	<b>14</b>

Tab. 8-43: Negativer prädiktiver Wert – Vergleich: Diagnosen, alle anatomischen Strukturen

Der negative Vorhersagewert wies insgesamt die geringsten Unterschiede zwischen den Diagnosen-Gruppen auf. Die deutlichsten Unterschiede zeigten hier die Strukturen Mastoid ( $1 > 0,5$ ), Trommelfell ( $1 > 0,4$ ), Epi- ( $1 > 0,57$ ) und Mesotympanon ( $1 > 0,7 > 0,57 > 0,5$ ).



Grafik 8-12: Negativer prädiktiver Wert – Vergleich: Diagnosen, alle anatomischen Strukturen

### 8.3.3.7 Korrelation: Übereinstimmung Bild/OP und Diagnosen – Gehörknöchelchen

In der untenstehenden Tabelle sind jeweils die Gruppen dargestellt, die im Vergleich untereinander die höchsten Werte für die Sensitivität, Spezifität und prädiktiven Werte aufwiesen. Die folgenden Zahlen stehen für die jeweiligen Diagnosen:

- 1 = Cholesteatom
- 2 = Chron. OM mesotympanalis
- 3 = Chron. OM adhaesiva
- 4 = Sonstige

	SEN ↑	SPE ↑	PPV ↑	NPV ↑
Hammer-Amboss-Gelenk		3,4	1	2,3,4
Hammergriff	4	3,4	4	2,3,4
Langer Ambossschenkel	2	2	3	2,4
Amboss-Steigbügel-Gelenk	2,4	2,4	2,4	2,4
Vorderer Stapesschenkel		2,4		1,2,4
Hinterer Stapesschenkel		3,4		1
Gesamt	1: 0x	1: 0x	1: 1x	1: 2x
	2: 2x	2: 3x	2: 1x	2: 5x
	3: 0x	3: 3x	3: 1x	3: 2x
	4: 2x	4: 5x	4: 2x	4: 5x

Tab. 8-44: Höchste Werte für SEN, SPE, PPV, NPV – Vergleich: Diagnosen (1-4), Gehörknöchelchen

Es fällt auf, dass bezogen auf die Gehörknöchelchen die Gruppe mit der Diagnose *Cholesteatom* am seltensten und die Gruppe *Sonstige* am häufigsten den höchsten Wert für die SEN, SPE, PPV bzw. NPV erreichte.

Ergänzend dazu zeigt die untenstehende Tabelle, dass die Gruppe der Patienten mit der Diagnose *Cholesteatom* – in Bezug auf die Gehörknöchelchen – mit Abstand am häufigsten die niedrigsten Werte für die SEN, SPE bzw. prädiktiven Werte aufwies.

Der Stapeskopf ist hier jeweils nicht aufgeführt, da bei dieser Struktur keine Unterschiede zwischen den Diagnosen-Gruppen vorlagen (s. Tab. 8-40, Tab. 8-41, Tab. 8-42, Tab. 8-43).

	SEN ↓	SPE ↓	PPV ↓	NPV ↓
Hammer-Amboss-Gelenk		1		1
Hammergriff	1	1	1	1
Langer Ambossschenkel	3	4	2	1
Amboss-Steigbügel-Gelenk	1	1	1	1
Vorderer Stapesschenkel		1		
Hinterer Stapesschenkel		1		
Gesamt	1: 2x	1: 5x	1: 2x	1: 4x
	2: 0x	2: 0x	2: 1x	2: 0x
	3: 1x	3: 0x	3: 0x	3: 0x
	4: 0x	4: 1x	4: 0x	4: 0x

Tab. 8-45: Niedrigste Werte für SEN, SPE, PPV, NPV – Vergleich: Diagnosen (1-4), Gehörknöchelchen

## **9 Diskussion**

### **9.1 Diskussion von Material und Methoden**

#### **9.1.1 Auswahl der anatomischen Parameter**

Bei der Auswahl der zu analysierenden anatomischen Parameter dienten vorangegangene Studien unserer Arbeitsgruppe, in denen ebenfalls anatomische Strukturen bezüglich ihrer Beurteilbarkeit auf DVT-Bildern bewertet wurden, als Orientierung (36). Um letztendlich die Güte der DVT-Bildgebung bewerten zu können, gilt der Grundsatz: Je mehr Strukturen analysiert werden, desto höher ist die Aussagekraft der Untersuchung. Anstatt die Anzahl der Parameter zu beschränken, wurden daher die insgesamt 24 im Methodenteil aufgelisteten (s. 7.3.1) verschiedenen Strukturen in die Bewertung eingeschlossen. Dies macht die Auswertung selbstverständlich komplexer; da aber bei den betrachteten Krankheitsbildern je nach Ausmaß jede der anatomischen Landmarken betroffen sein kann, wäre ein Verzicht auf bestimmte anatomische Strukturen nicht sinnvoll gewesen.

#### **9.1.2 Eingrenzung des Untersuchungsbereichs**

Aus der Datenbank der HNO-Klinik des UKGM wurden zunächst Patienten mit den Diagnosen Otitis media *mesotympanalis*, *adhaesiva* und *epitympanalis* ausgewählt, bei denen eine Mittelohr-Operation erfolgt war.

Gleichzeitig mussten aber auch präoperativ DVT-Bilder angefertigt worden sein, was die Gruppe wiederum verkleinerte, da viele Patienten alternativ beispielsweise auch konventionelle CT-Bildgebung erhalten hatten.

Diese Kriterien sind so spezifisch, dass sie auch in einer universitären HNO-Abteilung mit hoher operativer Aktivität wie der des UKGM die mögliche Patientengruppe begrenzen.

Um eine solide Anzahl von Patientendaten zu erreichen, auf die die o. g. Kriterien zuträfen, wurde der zeitliche Rahmen daher auf 3 Jahre ausgeweitet.

#### **9.1.3 Patientengruppe**

Mit 41 weiblichen und 44 männlichen Patienten im Alter von 4 bis 87 Jahren ist die dieser Studie zugrundeliegende Patientengruppe bzgl. des Geschlechts und der Altersgruppen ausgeglichen und eignet sich somit gut als Gesamtheit für die statistische Untersuchung.

In Bezug auf die Anzahl der eingeschlossenen Patienten bleibt anzuraten, in künftigen verwandten Studien durch die Verwendung effizienterer Methoden – beispielsweise durch den Einsatz eines OP-Bewertungskatalogs (s. 9.1.5.2) – höhere Fallzahlen zu erreichen, um die Aussagekraft der Studie zu erhöhen.

#### **9.1.4 Herausforderungen bei der Datensammlung**

Bei der Sammlung der Daten für die vorliegende Studie ergaben sich u. a. folgende Herausforderungen: Die Genauigkeit der OP-Berichte variierte je nach Fall teilweise stark – so war bei einigen OP-Berichten eine gründlichere Recherche über das ORBIS aus Arztbriefen, Vorbefunden, Nachsorge-Berichten vonnöten, um beispielsweise die jeweils operierte Seite definitiv sicherzustellen. Sofern Folge-Operationen am selben Ohr erfolgt waren, wurden dazu auch Informationen aus späteren OP-Berichten des jeweiligen Patienten abgeglichen. Da für einen nicht unerheblichen Teil der Patienten beidseitiges Bildmaterial vorlag, war es hier besonders wichtig, die operierte Seite sicherzustellen, um jegliche Fehler durch nicht übereinstimmende Seiten zu verhindern.

#### **9.1.5 Fehlermöglichkeiten durch angewandte Methoden**

##### **9.1.5.1 Beurteilung der DVT-Bilder**

Wie bei den meisten klinischen Studien sind Fehler bei der Datenanalyse auch bei der vorliegenden Studie nicht auszuschließen. Eine Fehlermöglichkeit ergibt sich durch das *inhomogene Patientenkollektiv*: Da Patienten mit gering bis stark ausgeprägten Befunden sowie solche mit einmaliger wie auch mit mehrmaligen Mittelohr-Operationen gleichermaßen in die Studie eingeschlossen wurden, unterscheiden sich die anatomischen Voraussetzungen für die jeweilige Bildgebung. So liegt z. B. bei voroperierten Patienten gegebenenfalls mehr Narbengewebe vor – dies kann die bildgebende Darstellung bestimmter Strukturen wie der Gehörknöchelchen einschränken. Die untersuchte Patientengruppe entspricht allerdings mit all ihrer Inhomogenität bezüglich Befundausprägung und Altersverteilung dem realistischen Patientenkollektiv, das präoperative Bildgebung des Felsenbeins bei Mittelohrpathologien benötigt.

Eine weitere mögliche Fehlerquelle stellt die *Untersucherabhängigkeit* dar: Da die Auswertung von radiologischem Material stets von subjektiver Natur ist, bleibt jegliche medizinische Bildgebung bis zu einem bestimmten Maße Interpretation des Betrachters.

Hier sei darauf hingewiesen, dass die Beurteilung der DVT-Bilder durch einen für diesen expliziten Bereich geschulten Untersucher erfolgte – unter stetiger Betreuung durch einen hierauf spezialisierten Facharzt für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde, sodass bspw. bei unklaren Befunden durch das Vieraugenprinzip mögliche Fehler vermieden werden konnten. So wurde für unsichere Befunde nach Diskussion mit dem Betreuer stets eine gemeinsame Entscheidung getroffen. Dennoch bleibt hier nicht auszuschließen, dass ein anderer Begutachter insgesamt zu abweichenden Bewertungen gelangt wäre.

Wenn auch Bilddatensätze mit starken Bewegungsartefakten aus der vorliegenden Studie ausgeschlossen wurden, blieben solche mit *geringen Bewegungsartefakten* dennoch eingeschlossen. Bei jenen Fällen erhielten die betroffenen Strukturen eine entsprechend schlechtere Bewertung bzgl. der Beurteilbarkeit.

An dieser Stelle kann als mögliche Ursache für gewisse Bewegungsartefakte die *sitzende Position* des Patienten während der Untersuchung in Betracht gezogen werden. Da das verwendete Gerät 3DAccu-I-Tomo nur diese Position ermöglicht, führen minimale Bewegungen des Patienten so zu eventuellen Qualitätseinbußen des Bildmaterials. Ein vermehrtes Auftreten von Bewegungsartefakten bei der DVT wurde in der Literatur bereits mehrmals beschrieben. Je nach Umfang der Bewegung während der Aufnahme kann es zu leicht verschwommenen Bildern bis hin zu schwerwiegenden Artefakten kommen. Aufgrund der relativ langen Akquisitionszeit (78 Sekunden) ist dies bei der DVT ein wichtiger Aspekt (28, 23).

#### 9.1.5.2 Analyse der OP-Berichte

Als Fehlerquelle bei der Analyse der OP-Berichte ist grundsätzlich die *Operateurabhängigkeit* zu nennen: Je nach verantwortlichem Chirurgen fanden sich *ungleich ausführliche Berichte* bezüglich der verschiedenen anatomischen Strukturen, sodass insgesamt viele (im OP-Bericht nicht bewertete) Parameter ausgeschlossen werden mussten. Da also nur der Zustand der jeweils bewerteten Strukturen mit den Ergebnissen der Bildbeurteilung verglichen werden konnte, ergab sich für einige Strukturen eine deutlich geringere Fallzahl – dies führt insgesamt zu einer geringeren Aussagekraft der Ergebnisse.

Eine Ursache für weniger genaue OP-Berichte stellen *unterschiedlich ausgeprägte Befunde* als mögliche Fehlerquelle dar: So fielen OP-Berichte über längere Eingriffe oder ausgeprägte Befunde naturgemäß detaillierter aus als andere, was wiederum weniger Ausschlüsse zur Folge hat.

Des Weiteren führte die *Art der durchgeführten OP* teilweise zu mehr nicht-beurteilten Strukturen in der vorliegenden Datensammlung: Beispielsweise besteht bei einer ausschließlichen Mastoidektomie kein Zugang zum Trommelfell, sodass Strukturen des Mittelohrs wie insbesondere die Gehörknöchelchen und der tympanale Anteil des N. facialis naturgemäß nicht gesehen und somit nicht beurteilt werden.

Bei der durchgeführten Studie betrug der *zeitliche Abstand* zwischen DVT-Bildgebung und operativem Eingriff zwischen 0 und 996 Tage – wobei der Großteil der Operationen stets zeitnah erfolgte, der Mittelwert betrug 80,69 Tage. Dennoch besteht die Möglichkeit, dass sich der jeweilige Befund bei Fällen mit höherem Zeitabstand bis zur OP bereits verändert hatte, d. h., dass ein Cholesteatom beispielsweise bereits weiter vorgewachsen ist als zum Zeitpunkt der Bildgebung; dies hätte einen negativen Einfluss auf die Ergebnisse bezüglich der Sensitivität der DVT (s. 9.2.2).

Um bei zukünftigen Studien die o. g. eventuellen Fehler zu vermeiden, ist beispielsweise zu empfehlen, einen *Bewertungskatalog* mit sämtlichen relevanten anatomischen Strukturen zu entwerfen, der direkt postoperativ durch den jeweiligen Operateur ausgefüllt wird. So würden keine Parameter mehr ausgeschlossen werden, die Datenerhebung wäre effizienter und hätte einen geringeren Interpretationsspielraum. Allerdings ließe sich auch hiermit die mögliche Fehlerquelle durch die *Operateurabhängigkeit* nicht vermeiden.



## 9.2 Diskussion der Ergebnisse

### 9.2.1 Beurteilbarkeit der anatomischen Strukturen

Bezüglich der Beurteilbarkeit der verschiedenen anatomischen Parameter liegen andere Studien vor (36). In der vorliegenden Untersuchung soll sich auf die Frage nach möglichen Einflussfaktoren auf die Beurteilbarkeit konzentriert werden.

#### 9.2.1.1 Abhängigkeit vom Vorhandensein von Rohdaten

Bei dem Vergleich der Gruppen *Vorhandene Rohdaten* und *nicht vorhandene Rohdaten* bezüglich ihrer Beurteilbarkeit der jeweiligen anatomischen Strukturen zeigte sich bei nur einer Struktur eine signifikant *bessere* Beurteilbarkeit bei vorhandenen Rohdaten – dem *tympanalen Anteil des N. facialis*. Dies erfüllt die Erwartung des Untersuchenden: Da zur bestmöglichen Darstellung des Nerven das Drehen in der koronaren Ebene nötig ist, schien dies auch subjektiv deutlich besser zu gelingen, wenn Rohdaten vorhanden waren. Der zweite signifikante Unterschied zwischen den beiden Gruppen überrascht jedoch. Für das *runde Fenster* ergab sich innerhalb der Gruppe ohne Rohdaten deutlich häufiger eine sehr gute Beurteilbarkeit. Als Ursache für dieses Ergebnis kann die geringe Fallzahl in der Gruppe *vorhandene Rohdaten* (27) im Gegensatz zur Gruppe *keine Rohdaten* (58) in Betracht gezogen werden. So ist es möglich, dass bei beispielsweise gleicher Gruppengröße das Ergebnis ausgeglichen gewesen wäre – dieser Frage sollte in weiteren Untersuchungen nachgegangen werden.

Laut Pauwels et al. kann jedoch die partielle Rotation des DVT-Geräts zu Einbußen in der Bildqualität führen. So zeigte die Studie größeres Rauschen bei geringerer Stromstärke-Applikation. Abhängig von der Stromstärke, kann ein Rotationswinkel von 180° zu einer geringen bis ausgeprägten Zunahme an Rauschen führen – im Gegensatz zu einem Winkel von 360° (23). Dies würde eine Erklärung für den zuletzt genannten signifikanten Unterschied liefern.

#### 9.2.1.2 Abhängigkeit von Pathologien

Die vorliegende Untersuchung ergab bezüglich der Beurteilbarkeit bei keinem der anatomischen Parameter einen signifikanten Unterschied zwischen den Diagnosen-Gruppen.

Interessant ist allerdings, dass das Hammer-Amboss-Gelenk mit  $p=0,07$  und das Trommelfell mit  $p=0,14$  grenzwertige Ergebnisse lieferten.

Das Hammer-Amboss-Gelenk war in der Diagnosen-Gruppe *Cholesteatom* in 21 von 62 Fällen (33,9 %) *sehr gut* und in 29 Fällen (46,8 %) nur *eingeschränkt beurteilbar*, während seine Beurteilbarkeit in der Gruppe *OMM* deutlich besser ausfiel – hier war das Gelenk in 10 von 16 *sehr gut* (62,5 %) und 4 von 16 Fällen (25,0 %) *eingeschränkt beurteilbar*. Die Pathologie – in diesem Fall das *Cholesteatom* – scheint also einen mindernden Einfluss auf die Beurteilbarkeit des Gelenks zu haben. Dies ließe sich damit erklären, dass die Ossikel – je nach Ausbreitung des Cholesteatoms – zum Teil vollständig in Epithel eingebettet sein können. Unter diesen Umständen sind die betroffenen Gehörknöchelchen auf dem DVT-Bild nicht sichtbar. So wird die Beurteilbarkeit der Gehörknöchelchen(kette) – abhängig von Lokalisation und Ausdehnung des Cholesteatoms – erschwert.

Bezüglich der Darstellbarkeit der Stapesschenkel ergab 2017 eine Arbeit von Pein et al. zur Darstellung subtiler Schläfenbeinstrukturen hingegen eine signifikant bessere Darstellbarkeit durch DVT im Vergleich zur MDCT, wobei hier der Einfluss verschiedener Krankheitsbilder nicht untersucht wurde (37).

Eine Studie aus demselben Jahr zum Vergleich von DVT und CT zur Identifizierung von Felsenbeinstrukturen ergab eine überwiegende Gleichwertigkeit der beiden Methoden, wobei die drei bewertenden HNO-Chirurgen die DVT in Bezug auf die Stapesschenkel als unterlegen und der Radiologe sie als überlegen einstufte (38).

Es bleibt abzuwarten, ob sich diese Tendenz in künftigen Studien bestätigt und eventuell signifikante Unterschiede nachgewiesen werden können.

Für das Trommelfell ergab sich ein grenzwertiger p-Wert von 0,14. So war das Trommelfell innerhalb der Gruppe der Diagnose *Cholesteatom* in 31 von 62 Fällen (50 %) *sichtbar*, 11 Mal (17,7 %) *teilweise sichtbar* und 20 Mal (32,3 %) *nicht sichtbar*. In der Gruppe der *OMM* hingegen zeigte es sich in 13 von 16 Fällen (81,3 %) *sichtbar*, 2 Mal (12,5 %) *teilweise sichtbar* und ein Mal (6,3 %) *nicht sichtbar*.

Unter physiologischen Umständen ist das Trommelfell durch die DVT-Bildgebung nicht erkennbar; ist die epitheliale Auskleidung allerdings entzündlich verändert, erscheint es als helle Linie im Mittelohrbereich – je nach Entzündungsgrad zum Teil auch verdickt.

Dass sich das Trommelfell in der vorliegenden Studie bei der Diagnose *OMM* deutlich häufiger im Bild sichtbar zeigte als bei Patienten mit Cholesteatom, lässt sich aus der Natur der Erkrankung herleiten: Bei der chronischen mesotympanalen Otitis media liegt definitionsgemäß ein zentraler Trommelfelldefekt vor, der durch eine chronisch anhaltende und/oder wiederkehrende Entzündung der Mittelohrschleimhaut

hervorgerufen wird (39). Das Cholesteatom hingegen, das laut Definition als ektopes, verhornendes Plattenepithel in die Mittelohr- und Mastoidräume wächst (5), führt nicht notwendigerweise zu einem Trommelfeldefekt. Ob der Unterschied zwischen den Diagnosen-Gruppen hier lediglich durch die geringe Fallzahl bedingt und somit nicht repräsentativ ist, sollte allerdings in künftigen Studien untersucht werden.

### 9.2.2 SEN, SPE, prädiktive Werte der DVT

Die insgesamt schwächsten Werte ergaben sich für den positiven prädiktiven Wert – also die Vorhersagekraft, bei wie vielen der Patienten, bei denen im DVT-Bild eine Pathologie entdeckt wurde, diese tatsächlich auch vorlag. Die Strukturen, die hier am schlechtesten abschnitten, sind der *hintere Stapeschenkel* (0,11), das *runde Fenster* (0,11) und das *Hypotympanon* (0,3). Aber auch für die übrigen Ossikel ergaben sich nur mittelmäßige bis schlechte Werte – wie z. B. für den *Hammergriff* (0,36) und das *Hammer-Amboss-Gelenk* (0,5). Auch in einer Studie von Erovic et al. wurde die DVT von den bewertenden Operateuren bezüglich der Darstellbarkeit der Stapeschenkel als schlechter als die CT eingestuft (38).

Über die Aussagekraft der DVT-Bildgebung lässt sich also sagen, dass sie für wichtige Strukturen noch zu häufig Pathologien ergibt, wo keine vorliegen. Da dies einen entscheidenden Einfluss auf die Indikationsstellung zur Operation hat, sollte in weiterführenden Studien untersucht werden, ob sich der positive Vorhersagewert der DVT-Bildgebung mit Weiterentwicklung der Geräte eventuell bereits gebessert hat.

Positiv ist, dass Strukturen, die in der Bildgebung als nicht pathologisch gesehen werden, dies zum größten Teil auch sind (beste Ergebnisse für den NPV, s. 8.3.1.6), sowie, dass die Wahrscheinlichkeit, Gesunde mithilfe der DVT zu identifizieren, ebenfalls sehr hoch ist (SPE). Die sehr guten Ergebnisse für den NPV und die Spezifität lassen schlussfolgern, dass bei diesen Krankheitsbildern die DVT als präoperative Diagnostik helfen kann, ernsthafte intraoperative Komplikationen zu vermeiden.

Von besonderer Bedeutung für die Güte des bildgebenden Verfahrens ist aber die Sensitivität, die hier für die Gehörknöchelchen gute bis sehr gute Ergebnisse lieferte (SEN Stapeskopf 1, hinterer Stapeschenkel 1, langer Ambossschenkel 0,91, Hammer-Amboss-Gelenk 0,89, Hammergriff 0,8); die Ausnahme stellt dabei das Amboss-Steigbügelgelenk (SEN 0,55) dar. Das bedeutet, dass eine Pathologie dieses Gelenks in der vorliegenden Untersuchung nur in 55 % der Fälle durch die DVT-Diagnostik entdeckt wurde, während die Sensitivität für die übrigen Gehörknöchelchen zwischen 80 und

100 % betrug. Es ist anzunehmen, dass dies an der insgesamt auch schlecht ausgefallenen Beurteilbarkeit dieses Gelenkes liegt (s. a), *Beurteilbarkeit des Amboss-Steigbügel-Gelenkes*, gesamt): Es zeigte in nur 27 von 85 Fällen (31,8 %) eine *sehr gute*, in 20 Fällen (23,5 %) eine *eingeschränkte Beurteilbarkeit*, 26 Mal (30,6 %) war es *nicht darstellbar* und 12 Mal (14,1 %) *voroperiert*. Es wäre interessant und für weiterführende Studien empfehlenswert, herauszufinden, ob nur diejenigen Fälle, die nicht als *sehr gut beurteilbar* bewertet wurden, die o. g. schlechten Ergebnisse für die Sensitivität lieferten oder ob hier kein Zusammenhang besteht.

Die sehr kleine Fläche des Amboss-Steigbügelgelenkes könnte ein Grund dafür sein, dass Pathologien dieses Gelenkes mithilfe der Bildgebung schwerer erfasst werden als bspw. des Hammer-Amboss-Gelenkes. In einer Studie von Güldner et al. waren z. B. größere Strukturen der Ossikelkette wie der lange Ambossfortsatz durchgehend gut beurteilbar, während kleinere wie Stapeskopf und -schenkel signifikante Einschränkungen in der Beurteilbarkeit zeigten.

Weitere Ergebnisse dieser Arbeitsgruppe ergaben wiederum eine deutlich schlechtere Beurteilbarkeit des Amboss-Steigbügelgelenkes bei Vorhandensein einer Pathologie im Vergleich zur Gruppe ohne Pathologie (36).

Eine Studie von Dahmani-Causse et al. zeigte hingegen eine bessere Definition des Gelenks durch die DVT im Vergleich zur CT, wobei hier kein Bezug auf vorhandene Pathologien genommen wurde (40).

Außerdem konnte eine Pathologie des tympanalen Verlaufs des N. facialis in nur der Hälfte der Fälle durch die DVT-Bildgebung entdeckt werden (SEN 0,5). Auch bei dieser Struktur ist es wahrscheinlich, dass die Ursache für dieses Ergebnis in der eingeschränkten Beurteilbarkeit des tympanalen Anteils des Fazialis liegt (s. Tab. 8-17: Vorhandene Rohdaten \* Beurteilbarkeit, N. facialis (tympanal)). Hier zeigte sich nämlich in 47 von 85 Fällen (55,3 %) eine *sehr gute* und in 37 Fällen (43,5 %) eine *eingeschränkte Beurteilbarkeit*, in einem Fall (1,2 %) war er *nicht darstellbar*.

Hiraumi et al. konnten bei ihren Untersuchungen zum Verlauf des Fazialiskanals und der Chorda tympani zeigen, dass die DVT die Strukturen mit einer Genauigkeit auf 1 mm abbildet; jedoch beruhen diese Ergebnisse auch hier nicht auf klinischem Bildmaterial, sondern auf 13 humanen postmortalen Felsenbeinen (41).

Eine kürzliche Arbeit von Zhang et al. konkret zur Darstellung der lateralen und unteren Wand des Fazialiskanals ergab hingegen eine sehr gute Darstellbarkeit des tympanalen

Anteils des N. facialis, was die Ergebnisse einer vorherigen Studie der gleichen Arbeitsgruppe bestätigte (42, 43).

Dem Amboss-Steigbügelgelenk entsprechend wäre es auch hier wichtig, herauszufinden, ob sich die Differenz der Ergebnisse von Bildgebung und OP-Berichten auf die Fälle mit *eingeschränkter* Beurteilbarkeit beschränkt oder nicht und ob sich diese innerhalb der letzten Jahre verändert hat bzw. in Zukunft verbessert.

Wie bereits in 9.1.5.2 erwähnt, lag der zeitliche Abstand zwischen Bildgebung und Operation zwischen 0 und 996 Tagen. Wenn auch die meisten Operationen zeitnah nach der Bildgebung erfolgt waren, ist es möglich, dass sich der Befund bei den wenigen länger zurückliegenden Untersuchungen bereits verschlechtert haben könnte, was bei den Ergebnissen eine fälschlicherweise geringere Sensitivität der DVT zur Folge hätte. Um diesen Effekt bei künftigen Studien zu vermeiden, müssten strenger nur solche Patientendaten eingeschlossen werden, bei denen der jeweilige Eingriff maximal wenige Wochen nach Bildgebung erfolgte.

#### 9.2.2.1 Abhängigkeit vom Vorhandensein von Rohdaten

Bei der Frage nach der Abhängigkeit der Güte der DVT-Diagnostik von vorhandenen Rohdaten zeigte sich zum Teil eine Überlegenheit der Gruppe *mit vorhandenen Rohdaten*, zum Teil allerdings auch der Gruppe *ohne Rohdaten*. So fanden sich für die Gehörknöchelchen überwiegend bessere Ergebnisse bei vorhandenen Volumendaten: Eine jeweils höhere Sensitivität ergab sich dabei für Hammergriff, langen Ambossschenkel und Amboss-Steigbügelgelenk; höhere Werte für die Spezifität bei *vorhandenen Rohdaten* erreichten der Hammergriff sowie vorderer und hinterer Stapeschenkel (s. 8.3.2.3). In Bezug auf das Hammer-Amboss-Gelenk hingegen war die Gruppe *ohne Rohdaten* bei allen Gütekriterien überlegen; für den langen Ambossschenkel und das Amboss-Steigbügelgelenk lagen SPE und PPV ebenfalls in der Gruppe *ohne Rohdaten* höher. Des Weiteren schnitt diese Gruppe bei der Sensitivität in Bezug auf den tympanalen Anteil des N. facialis besser ab.

Bemerkenswert ist, dass hier kein Zusammenhang mit der Beurteilbarkeit des tympanalen Anteils des N. facialis vorliegen kann, da diese für die Gruppe *mit vorhandenen Rohdaten* signifikant besser ausfiel (s. 8.2.1.6). Die Ergebnisse für Spezifität und prädiktive Werte in Bezug auf den tympanalen Teil des N. facialis (höher bei *vorhandenen RD*) sind allerdings wiederum erwartungsgemäß, da bei besserer Beurteilbarkeit der Struktur

generell von mehr Übereinstimmungen zwischen DVT-Bild und OP-Bericht bezüglich vorhandener Pathologien ausgegangen werden kann. Es stellt sich daher die Frage, von welcher Bedeutung der gefundene signifikante Unterschied ist, d. h., ob die Überlegenheit der Rohdaten-Gruppe (s. 8.2.1.6) überhaupt einen Einfluss auf die Güte der DVT-Bildgebung hat oder in Zukunft haben könnte. Da das Vorhandensein von Rohdaten die Sensitivität offensichtlich nicht beeinflusst, ist zu bezweifeln, dass sie auf Spezifität oder prädiktive Werte einen bedeutenden Einfluss ausübt. Auch dies sollte im Rahmen künftiger Studien hinterfragt und untersucht werden.

In einer Studie von Dalchow et al. im Jahr 2013 wurden Weichteilveränderungen, die auf einem einfachen zweidimensionalen Axialbild sichtbar waren, in den dreidimensionalen Rekonstruktionen, die nur Strukturen hoher Dichte darstellen, nicht gesehen (16). Dieses Ergebnis steht den o. g. entgegen. Allerdings handelte es sich in der o.g. Studie um Daten von 11 Patienten mit peripherem Schwindel und einer Fistel des Labyrinths, also primär anderen Voraussetzungen. Es sollte jedoch weiter untersucht werden, ob sich eine schlechtere Darstellbarkeit von Weichteilveränderungen in dreidimensionalen DVT-Bildern bestätigen lässt oder nicht.

Bezüglich der Spezifität, also der Wahrscheinlichkeit, dass tatsächlich Gesunde durch das DVT-Bild auch als solche erkannt werden, waren beide Gruppen jeweils gleich oft (8-mal) überlegen (s. Tab. 8-33). Die *Rohdaten-Gruppe* erreichte hier z. B. für den Hammergriff, beide Stapesschenkel, das ovale und runde Fenster sowie den tymp. Verlauf des Fazialis bessere Ergebnisse. Für andere Teile der Gehörknöchelchenkette (Hammer-Amboss-Gelenk, langer Ambossschenkel, Amboss-Steigbügel-Gelenk) wiederum ergaben sich in der Gruppe *ohne RD* höhere SPE-Werte. Es lässt sich hier also keine Regel erkennen.

Da der NPV mit Abstand die geringsten Unterschiede zwischen den Gruppen zeigte (s. Tab. 8-37), kann auf Grundlage der durchgeführten Studie festgehalten werden, dass das Vorhandensein von Rohdaten keinen Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit hat, mit der bei negativem Testergebnis auch tatsächlich keine Pathologie vorliegt.

Bei einigen Strukturen zeigten sich zudem *keine oder nur sehr geringe* Unterschiede zwischen den verglichenen Gruppen. Die Untersuchung der Abhängigkeit der DVT-Güte von dem Vorhandensein von Rohdaten lieferte insgesamt also ein inhomogenes Ergebnis, sodass auf Grundlage dieser Studie keine generelle Aussage darüber getroffen werden kann, ob vorhandene Rohdaten einen positiven Effekt auf die präoperative Bildgebung

haben. Vielmehr müssen hierbei die einzelnen anatomischen Strukturen stets differenziert betrachtet werden.

Entsprechend der Ergebnisse zur Abhängigkeit der Beurteilbarkeit von vorhandenen Rohdaten (s. 9.2.1.1) muss auch hier prinzipiell bedacht werden, dass die Gruppengröße der *vorhandenen Rohdaten* deutlich kleiner war (27) als die der *nicht vorhandenen Rohdaten* (46), was zur Verfälschung der Ergebnisse geführt haben kann.

#### 9.2.2.2 Abhängigkeit von Pathologien

Bei dem Vergleich der Gütekriterien-Ergebnisse zwischen den verschiedenen Diagnosen-Gruppen ist aufgefallen, dass die Sensitivität innerhalb der Gruppe *Cholesteatom* (mit Ausnahme der Schädelbasis im Mastoid) stets schlechtere Werte aufwies als in mindestens einer weiteren Gruppe (s. Tab. 8-40, Grafik 8-9).

Dass die vorherrschende Pathologie – in diesem Fall das Cholesteatom – einen negativen Effekt auf die Sensitivität der Bildgebung hat, lässt sich zum Teil mit den anatomischen Folgen dieser Erkrankung erklären. Wie bereits in 9.2.1.2 erläutert, kann es z. B. dazu kommen, dass die Ossikel so stark in Epithel eingebettet sind, dass sie auf dem DVT-Bild nicht oder nur teilweise sichtbar sind, was die Beurteilbarkeit, aber dadurch auch die Sensitivität der DVT-Bildgebung in diesem Bereich einschränken kann.

Kritisch muss allerdings angemerkt werden, dass die Vergleichbarkeit zwischen den Diagnosen-Gruppen hier durchaus begrenzt ist: Da es in vielen Fällen mathematisch nicht möglich war, einen Wert für die Sensitivität zu errechnen, blieben viele Felder der Tab. 8-40: Sensitivität – Vergleich: Diagnosen, alle anatomischen Strukturen frei. In der Gruppe *Cholesteatom* fehlt der SEN-Wert bei 6 Strukturen, in der Gruppe *Chron. OMM* bei 13 Strukturen, in der Gruppe *Chron. OMA* 15-mal und in der Gruppe *Sonstige* 16-mal (s. Tab. 8-40). Außerdem bleibt zu bedenken, dass die Fallzahl der letzten beiden Gruppen jeweils lediglich 3 betrug, sodass der Vergleich dieser Gruppen hier weniger aussagekräftig ist und sich daher mehr auf den Vergleich der ersten beiden Gruppen konzentriert werden sollte.

In Bezug auf das Mesotympanon fiel die Sensitivität innerhalb der Gruppe *Chron. OMM* deutlich geringer aus (0,33) als in der Gruppe *Cholesteatom* (0,71). Die Pathologie (chronische mesotympanale OM) scheint also in diesem Bereich einen negativen Einfluss auf die Aussagekraft des DVT-Bilds zu haben. Eine mögliche naheliegende Ursache ist die limitierte Kontrastauflösung der DVT, die sie für die Darstellung von Weichteilgewebe weniger geeignet macht als die konventionelle CT (26,33). Die

Kontrastauflösung beschreibt die Fähigkeit eines Bildgebungssystems, den kleinsten gerade noch darstellbaren Kontrast, also die Intensitätsdifferenz eines Objekts, darzustellen (44).

Eine weitere Erklärung hierfür ist, dass die anatomischen Verhältnisse durch entzündliche Vorgänge in genau diesem Bereich so verändert werden, dass Erkennbarkeit und demzufolge auch Beurteilbarkeit der DVT-Bilder abnehmen. Dies könnte wiederum zu einer geringeren Sensitivität führen. Allerdings kann es bei Patienten mit Cholesteatom gleichermaßen zu den o. g. Vorgängen kommen, sodass dies keine ausreichende Erklärung liefern kann. Zudem lag für diese Struktur die Fallzahl der Gruppe *Chron. OMM* lediglich bei 17, was die Aussagekraft dieses Ergebnisses herabsetzt.

Für den tympanalen Verlauf des N. facialis ergab sich ebenfalls ein deutlicher Sensitivitäts-Unterschied zwischen den Gruppen *Cholesteatom* (0,36) und *OMM* (0,8) (s. Tab. 8-40). Damit könnte die Vermutung nahe liegen, dass – auch ohne *signifikanten* Unterschied zwischen den Gruppen (s. Tab. 8-26) – sich zumindest die Tendenz zur *besseren Beurteilbarkeit bei OMM* zeigen würde. Dies lässt sich allerdings nicht bestätigen: In der *Cholesteatom*-Gruppe ergab sich für den Fazialis in 36 von 62 Fällen (58,1 %) eine sehr gute und in 25 Fällen (40,3 %) eine eingeschränkte Beurteilbarkeit, während innerhalb der Gruppe *OMM* der Nerv in nur 6 von 16 Fällen (37,5 %) sehr gut und in 10 Fällen (62,5 %) eingeschränkt beurteilbar war (s. Anhang, b) Tab. Beurteilbarkeit des N. facialis (tympanal) im Bild).

Der Sensitivitäts-Vergleich für das Amboss-Steigbügelgelenk ergab einen deutlich besseren Wert für die Gruppe *OMM* (1,0) als für die *Cholesteatom*-Gruppe (0,5). Ein Grund dafür liegt möglicherweise in den variierenden Fallzahlen der Gruppe (*Cholesteatom* 29, *OMM* 12 – s. d), Amboss-Steigbügelgelenk), sodass die größere Gruppe inklusive ihres geringeren SEN-Ergebnisses hier eventuell repräsentativer ist. Dazu würden außerdem die Ergebnisse zur Abhängigkeit der Beurteilbarkeit von unterschiedlichen Pathologien passen: Hier zeigte sich nämlich eine Überlegenheit der *OMM*-Gruppe gegenüber der *Cholesteatom*-Gruppe – wenngleich sich statistisch kein *signifikanter* Unterschied erwies. So ließ sich in der Gruppe der *OMM* in 8 von 16 Fällen (50 %) eine *sehr gute* und in 4 Fällen (25 %) eine *eingeschränkte* Beurteilbarkeit des Amboss-Steigbügelgelenks feststellen, während das Gelenk in der *Cholesteatom*-Gruppe nur in 18 von 62 Fällen (29,0 %) *sehr gut*, in 14 Fällen (22,6 %) *eingeschränkt* beurteilbar und 22-mal (35,5 %) nicht darstellbar war (s. b)). Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass die Sensitivität in Bezug auf diese Struktur



in der Gruppe *Cholesteatom* deutlich schlechter ausfiel, dies allerdings auch an der Anzahl-Verteilung der Fälle und der außerdem schlechten Beurteilbarkeit des Gelenks im DVT-Bild liegen kann – wie bereits in 9.2.2 diskutiert, kann dies z. B. an der kleinen Gelenkfläche liegen. Auch bei diesem anatomischen Parameter sei zudem auf die geringe Fallzahl der Gruppe *Chron. OMM* (12) in Bezug auf die Sensitivität hingewiesen, sodass abzuwarten bleibt, ob zukünftige Studien mit höheren Fallzahlen diese Unterschiede bestätigen.

Es zeigt sich, dass die Variationsbreite der Ergebnisse es erschwert, allgemeine Aussagen bezüglich des Einflusses verschiedener Pathologien auf die DVT-Güte zu treffen und daher die verschiedenen Strukturen einzeln betrachtet werden müssen.

### 9.2.3 Bildqualität

Jede klinische Bildgebung muss Kontrastunterschiede innerhalb anatomischer Merkmale sowie Unterschiede zwischen normaler Anatomie und Pathologien darstellen. Besteht kein Kontrastunterschied, ist es unmöglich, Abweichungen im Körper aufzufinden (18).

Charakteristika der Bildqualität bei medizinischer Bildgebung können anhand von 4 Parametern beschrieben werden: räumliche Auflösung, Kontrast, Rauschen und Artefakte. Grundsätzlich sollte die Bildqualität stets entsprechend der Fragestellung bewertet werden, wie z.B. knöcherner Läsion oder die Darstellung von Weichteilgewebs-Pathologien (23).

Dies gestaltet sich bei Krankheitsbildern wie den chronischen Mittelohrentzündungen jedoch schwieriger, da die Natur ihrer Pathologie beides einschließt. Die chronische Otitis media und das Cholesteatom treten oft gemeinsam auf und sind sowohl klinisch als auch radiologisch teilweise schwer voneinander zu differenzieren. Dabei sind Masseneffekte und knöcherner Arrosionen wichtige Unterscheidungsmerkmale von Cholesteatomen. Laut Eshetu et al. sollte hierbei insbesondere auf folgende Strukturen geachtet werden: laterale Epitympanon-Wand, Ossikel, lateraler Bogengang, N. facialis (tympantal) und Tegmen tympani (7). In der vorliegenden Studie sind diese Strukturen eingeschlossen.

Eine Studie von Veldhoen et al. konnte 2016 eine Überlegenheit der DVT gegenüber der CT in objektiver wie auch subjektiver Bildqualität des Mittelgesichts nachweisen (45).

## 9.2.4 Weitere Einbettung der Ergebnisse in die aktuelle Forschung

Der Großteil bisheriger Studien zur Bildgebung des Felsenbeins durch die DVT beruht auf dem Vergleich von DVT- mit CT-Bildmaterial, wobei es sich überwiegend um In-Vitro-Untersuchungen an isolierten Felsenbeinpräparaten oder Kadaverköpfen handelt (37). Außerdem wird dabei nicht auf den Einfluss verschiedener Pathologien eingegangen. Da sich diese Ergebnisse nicht ohne Weiteres auf die klinische Praxis übertragen lassen, wurde in der vorliegenden Studie präoperatives Bildmaterial von Patienten untersucht, das stets mit dem intraoperativen Befund verglichen werden konnte. Die Ergebnisse dieser Studie bestätigen zum Teil die in der Literatur beschriebenen, zum Teil sind Einzelheiten bisher so noch nicht dokumentiert.

Zur Relevanz zuverlässiger präoperativer radiologischer Felsenbein-Diagnostik äußerten Reisser et al. bereits 1995 eine Empfehlung, eine routinemäßige 3D-Darstellung des Felsenbeins mittels Spiral-CT einzuführen, um dem Operateur präoperativ eine dreidimensionale Ansicht des OP-Gebietes zu ermöglichen (13).

Die Bildgebung des Felsenbeins ist komplex, da die zu untersuchenden Strukturen zum einen sehr klein sind, zum anderen von besonders dichtem Knochen umgeben sind (3, vgl. S. 344). 2009 wurde die DVT aufgrund ihrer extrem feinen Auflösung von Godbersen als diagnostische Chance gepriesen. So wurde hier z. B. die dadurch mögliche präoperative visuelle Diagnostik der Ossikelkette in allen Ebenen betont, durch die Defekte der Kette sowie etwa Prothesendislokationen erkennbar seien (46).

### 9.2.4.1 Ossikel

In einer Studie von Gupta et al. zum Vergleich zwischen MSCT (Multislice-Computertomographie)- und volumetomographischer Bildgebung zeigten der knöchernen Stapes sowie der tympanale Verlauf des N. facialis bereits 2004 eine deutlich bessere Beurteilbarkeit bei Bildgebung durch CBCT als durch MSCT (27).

Ähnliche Ergebnisse lieferten 2007 Peltonen et al. beim Vergleich der beiden bildgebenden Verfahren in Bezug auf die Darstellung klinisch und operativ entscheidender Strukturen des Mittelohrs durch CBCT (25).

Bei dem Vergleich der Beurteilbarkeit anatomischer Strukturen des Mittelohrs zwischen Patienten mit und ohne vorherrschende Pathologie im Mittelohr fanden Güldner et al. (36) signifikante Unterschiede innerhalb der Ossikelkette: So waren hier das Amboss-

Steigbügel-Gelenk sowie Stapeskopf und -schenkel in der Gruppe mit vorhandener Pathologie signifikant schlechter beurteilbar.

Zou und Mitarbeiter zeigten 2017 in ihrer Studie erneut eine sehr gute Darstellbarkeit feiner Strukturen des Felsenbeins, u. a. des Trommelfells, der Ossikel, der Stapesfußplatte und der verschiedenen Facialis-Anteile (47).

Auch eine experimentelle Studie von Offergeld und Mitarbeitern zur DVT-Bildgebung des Felsenbeins nach rekonstruktiven Eingriffen ergab 2007, dass alle Mittelohrimplantate durch die DVT nachweisbar waren, und insbesondere Hammer und Amboss mit hoher Bildqualität scharf abgebildet wurden. Die Stapesanteile hingegen, vor allem seine Suprastruktur, waren hier schlechter zu erkennen (48).

#### 9.2.4.2 Otosklerose

Redfors et al. konnten 2012 zeigen, dass die Felsenbein-DVT mit einer Sensitivität von 85 % zur Diagnostik der Otosklerose geeignet und in vielerlei Hinsicht der konventionellen CT gleichgestellt ist (49). Bei diesem Krankheitsbild handelt es sich um eine Knochenerkrankung der Labyrinthkapsel mit knöchernen Umbauprozessen, die zu einer Stapesfixation und dadurch letztendlich zu einer Schalleitungsschwerhörigkeit führen können (50, S.231).

Eine Studie von Révész und Mitarbeitern hingegen erbrachte gegensätzliche Ergebnisse. Sie untersuchten die bildgebende Diagnostik bei histologisch gesicherter Otosklerose. Dabei ergab sich für die DVT lediglich eine Sensitivität von etwa 60 % im Gegensatz zu 100 % durch die konventionelle CT. Sie schlussfolgerten, die DVT scheine als bildgebende Methode bei der Beurteilung des genauen Krankheitsprogresses bei Schallempfindungsschwerhörigkeit ineffektiv zu sein (51). Auch Liktor et al. berichten hierzu über eine insgesamt sehr geringe Sensitivität der DVT im Gegensatz zur histologischen Analyse, wobei die Ergebnisse von der histopathologischen Aktivität der Otosklerose abhängig waren. So lag die Sensitivität bei inaktiver Otosklerose bei 0 %, was einen signifikanten Unterschied zur aktiven Form und zuvor publizierten Ergebnissen macht. Insgesamt bestätigte die Arbeitsgruppe aber die DVT als nützliche bildgebende Methode in der präoperativen Diagnostik der histologisch aktiven Otosklerose (52).

#### 9.2.4.3 Bogengänge

Als Goldstandard zur Darstellung einer Dehiszenz des superioren Bogengangs gilt weiterhin eine hochauflösende Felsenbein-CT (7). Die DVT zeigte dabei mit einer speziellen Projektion laut einer Arbeit von Bremke et al. bessere Ergebnisse als hochauflösende konventionelle CT (53).

Während zur DVT-Bildgebung von Pathologien der Bogengänge wenig Literatur vorhanden ist, konnten Zou und Mitarbeiter in ihrer Untersuchung per DVT alle Bogengänge adäquat darstellen (47).

Auch in einer Studie von Dalchow und Mitarbeitern konnten selbst sehr kleine Pathologien kleiner knöcherner Strukturen wie der Bogengänge durch die DVT genau nachgewiesen werden. Wenn auch die Fallzahl der Pathologien des Labyrinths sich hier nur auf 11 belief, konnten diese in allen Fällen vorhergesagt werden (16). Dies konnte in der vorliegenden Studie jedoch nicht bestätigt werden, da unter den untersuchten Fällen keine Pathologien der Bogengänge vorlagen (s. 8.3.1.6).

In o. g. Studie von Dalchow et al. wurden außerdem in allen Fällen mit einem Cholesteatom eine Knochenerosion sowie die vorhandene Cholesteatom-Masse epitympanal und supralabyrinthär nachgewiesen. Des Weiteren berichten die Kollegen, dass die DVT-Bildgebung eine genaue Planung der Cholesteatomentfernung ermöglichte, insbesondere im Bereich von knöchernen Erosionen der Bogengänge mit erheblicher Risikoreduzierung für den Patienten (16).

In der vorliegenden Studie waren horizontaler, superiorer und posteriorer Bogengang ebenfalls stets darstellbar bei außerdem sehr guten Ergebnissen zur Spezifität bzw. NPV, wobei zur Sensitivität aufgrund der fehlenden Pathologien keine Aussage getroffen werden kann. Eine rein radiologische definite Diagnose einer Dehiszenz des superioren Bogengangs und dem klinischen damit einhergehenden Syndrom bleibt allerdings unmöglich (53).

#### 9.2.4.4 Implantate und Prothesen

Dalchow und Mitarbeiter kamen bereits 2006 zu dem Ergebnis, dass die DVT nach Ossikuloplastik mit autologen und alloplastischen Mittelohrimplantaten die Prothesenposition darstellt und eine Differenzierung von normaler und pathologischer Position erlaubt. So sei eine weitere Möglichkeit zur Erkennung einer Schallleitungsschwerhörigkeit gegeben. Sie fassten zusammen, dass die hohe Präzision

der DVT wichtige Informationen für die präoperative Diagnostik sowie möglicherweise für die Vermeidung von intraoperativen Komplikationen liefern könne (32).

Auch 2007 zeigte eine experimentelle Studie die Relevanz der DVT als diagnostisches Mittel bei fraglichen Komplikationen nach rekonstruktiven Eingriffen. Denn einen Hauptgrund für eine postoperative Schalleitungsstörung stellt eine Prothesendislokation dar. Zuvor war bei einem solchen Verdacht die einzige Option eine operative Revision. Die Studie ergab nun, dass alle Mittelohrimplantate nachweisbar waren und insbesondere Hammer und Amboss mit hoher Bildqualität scharf abgebildet wurden (48).

Facciolo und Mitarbeiter beschrieben in einer Studie zur postoperativen Diagnostik von Patienten mit Mittelohr-Implantaten eine qualitative Unterlegenheit der DVT gegenüber der CT, wobei betont wurde, dass die DVT-Bilder in Bezug auf die Fragestellung diagnostisch suffizient und angesichts der geringeren Strahlenbelastung und Kosten insgesamt als gute Alternative anzusehen sei (54).

Rekonstruierte dreidimensionale DVT-Bilder nach Implantation von TORPs konnten in einer Studie von Komori et al. Dislokationen der Prothesen nachweisen, während diese in zweidimensionalem Bildmaterial nicht sichtbar waren. In diesen Fällen handelte es sich um Dislokationen des Implantates von der Stapesfußplatte oder mit Kontakt zur ovalen Fensternische (55).

Nguyen et al. berichten über eine statistisch signifikante Überlegenheit der DVT gegenüber der MSCT bei der Darstellung der jeweiligen Positionen von Mittelohrprothesen wie PORP und TORP (56).

Zou et al. konnten in ihrer Arbeit zur prä- und möglichen postoperativen Diagnostik in der Cochlea-Implantat-Chirurgie für die hochauflösende DVT bei der Identifizierung kritischer Landmarken und der Elektroden-Positionen gute Ergebnisse zeigen (57).

Eine kürzliche Studie zur genauen Darstellung von Cochlea-Implantaten konnte die DVT als gute bildgebende Option für die Cochlea-Implantat-Chirurgie bestätigen (58).

Bezüglich der Erkennbarkeit von Ossikel-Prothesen und deren Dislokation wurde die DVT als gute Methode bewertet und ihr Potential betont, in Zukunft auch für intraoperative Lagebestimmung nach Prothesenimplantationen einsetzbar zu werden (59).

Zahlreiche Studien zeigen also widersprüchliche Ergebnisse bei dem Vergleich zwischen DVT und CT, andere fanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Methoden (60).

#### 9.2.4.5 Sonstige

Die digitale Volumentomographie kann und sollte auch bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte eingesetzt werden, da bei diesen eine hohe Häufigkeit von begleitenden Zufallsbefunden, auch im HNO-Bereich, adäquat durch die DVT zu diagnostizieren sind (61, 62). Ähnliche Ergebnisse lieferte eine Studie zu DVT-Zufallsbefunden auch bei jüngeren Patienten mit überwiegend dentalen, aber auch knöchernen und Nasennebenhöhlen-Pathologien (63).

Kürzlich zeigte eine Untersuchung von De Grauwe et al. eine Überlegenheit der DVT gegenüber der CT als präoperative Bildgebung bei Kindern mit Lippen- und/oder -Kiefer-Gaumenspalten aufgrund der geringeren Strahlenbelastung und Anschaffungskosten sowie der kürzeren Untersuchungszeit (64).

### 9.2.5 Vor- und Nachteile der DVT im Überblick

In der Literatur wurden Vor- und Nachteile der DVT-Bildgebung durch eine Großzahl an Studien aus der Zahnheilkunde und Kieferorthopädie sowie aus der HNO, der MKG und Radiologie bestätigt. Diese sollen im Folgenden kurz zusammengefasst werden.

#### 9.2.5.1 Vorteile

Ein Hauptvorteil der Digitalen Volumentomographie besteht in der geringeren Strahlenbelastung für den Patienten im Vergleich zur konventionellen CT (28, 48, 26, 40, 49). Einen Grund hierfür liefert die Tatsache, dass stets nur die klinisch relevante Seite isoliert untersucht werden kann, während es sich bei der CT stets um beidseitige Aufnahmen handelt. Dies führte z. B. dazu, dass die konventionelle CT zur Darstellung von knöchernen Strukturen vor allem bei Kindern in den letzten Jahren deutliche Konkurrenz durch die DVT erhielt (65).

Metallartefakte, die durch starke Absorption der Röntgenstrahlung bei Objekten von hoher Dichte entstehen, können in der präoperativen Diagnostik sehr störend sein (23). Mehrere Studien ergaben, dass es bei der DVT zu deutlich weniger bis zu keinen Metallartefakten kommt, vor allem nach Prothesenimplantationen im Mittelohr (28, 26, 48).

Ein weiterer entscheidender Vorteil ist der geringere Anschaffungspreis des Geräts, der durch den geringeren technischen Aufwand aufgrund der niedrigeren Umdrehungszahl des Scanners zu erklären ist (28, 54). Wichtig für die klinische Praxis ist zudem die

Möglichkeit der Untersuchung klaustrophobischer Patienten, da der Untersuchungsvorgang im Sitzen möglich ist.

#### 9.2.5.2 Nachteile

Schon früh zeigte sich, dass die DVT zur Weichteildifferenzierung primär nicht geeignet ist (28, 20, 16). Aufgrund des kegelförmigen Strahlengangs kommt es zu vermehrter Röntgen-Streustrahlung, was die Kontrastauflösung stark limitiert und so die Bildqualität beeinträchtigt (48). Dies macht die DVT zur Darstellung von Weichteilgewebe eindeutig weniger einsetzbar als die MSCT (26, 33). So wurde z. B. auch zur Bildgebung von Knie- und Handgelenken über eine statistisch signifikante Überlegenheit der CT bezüglich der Weichteildarstellung berichtet, während bei der Darstellung knöcherner Strukturen die DVT überlegen war (66).

Die Einsetzbarkeit der DVT bleibt außerdem wegen der auftretenden teilweise ausgeprägten Bewegungsartefakte eingeschränkt (28, 23). So sind Kinder wie auch Patienten mit psycho-motorischen Einschränkungen, die für die nötige Aufnahmezeit nicht sicher ruhig sitzen können, für diese Diagnostik nicht geeignet. Es wurde jedoch bereits ein Gerätetyp entwickelt, in dem der Untersuchungsvorgang in Rückenlage möglich ist, sodass Bewegungsartefakte verhindert werden (67). Entsprechende technische Weiterentwicklung würde in Zukunft die Bildqualität deutlich verbessern.

Zudem muss angemerkt werden, dass bei den DVT-Geräten, die auf dem weltweiten Markt zu finden sind, teilweise deutliche Qualitätsunterschiede bestehen, sodass eine Verallgemeinerung auf „die DVT“ an sich nicht möglich ist (37, 56). So bleibt die Gültigkeit bisheriger Forschungsergebnisse teilweise eingeschränkt.

### 9.3 Ausblick

Bei der Diagnostik der chronischen Otitis media ist der HNO-Arzt stets zu einer engen Indikationsstellung mit genauer Fragestellung verpflichtet. Um bestmöglich nach dem ALARA-Prinzip zu arbeiten, bleiben für den Diagnostiker – sei es der HNO-Arzt selbst oder der Radiologe – eine genaue Kenntnis der zugrunde liegenden Anatomie, radiologischer und physikalischer Prinzipien sowie des jeweiligen Gerätes unverzichtbar. Die möglichen Pathologika wie einerseits knöcherne Destruktion und andererseits Weichteilgewebsveränderung erhöhen die Komplexität und Herausforderung der Diagnostik dieser Krankheitsbilder deutlich.

Die DVT ermöglicht eine genaue präoperative Planung vor Cholesteatom-Entfernung mit resultierender Reduzierung des Patientenrisikos sowohl intra- als auch postoperativer Komplikationen, während die Strahlenbelastung deutlich herabgesetzt ist. Entwickelt sich die Qualität der Weichteilgewebsdarstellung durch die DVT weiter, könnte die DVT aufgrund ihrer Vorteile der einfachen Durchführbarkeit, geringeren Kosten und Strahlenbelastung in Zukunft eine große Rolle in der Diagnostik der chronischen Mittelohrentzündungen einnehmen. Wird zudem durch die kontinuierliche technische Weiterentwicklung der Geräte die Strahlenexposition für den Patienten weiter reduziert, könnte der Stellenwert der DVT in der präoperativen Diagnostik für Mittelohr-Eingriffe weiter an Bedeutung wachsen.



## 10 Zusammenfassung

Die digitale Volumentomographie (DVT) kommt als bildgebendes Verfahren nach der Zahnmedizin mittlerweile auch vermehrt in der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie und Hals-Nasen-Ohrenheilkunde zum Einsatz. Die präoperative Planung von Mittelohr-Operationen wird durch die dreidimensionale Darstellung der DVT bei tendenziell geringerer Strahlenbelastung im Vergleich zur Computertomographie erleichtert. Es ist bekannt, dass aufgrund des Fokus auf Hochkontrastbildung in der DVT knöcherne Strukturen deutlich besser beurteilbar sind als Weichteilgewebe. Ziel jeglicher Bildgebung ist die Darstellung klinischer Befunde als Basis für eine weitere klinische Therapieentscheidung. Dies ist jedoch konsequent zu belegen und daher Gegenstand der aktuellen Arbeit im Falle der chronischen Mittelohrentzündung.

In der vorliegenden Arbeit wurden daher zum einen unterschiedliche Einflussfaktoren auf die Beurteilbarkeit präoperativer DVT-Bilder des Felsenbeins untersucht sowie zum anderen verschiedene Parameter analysiert, die einen Einfluss auf die Übereinstimmung der radiologischen Befunde und der intraoperativ vorgefundenen Befunde haben.

So wurde die Frage behandelt, ob bei vorhandenen Rohdaten – was eine Nachkonstruktion in jeder Ebene (axial, sagittal und koronar) ermöglicht – eine signifikant bessere Beurteilbarkeit der Bilder besteht. Zudem wurde der Einfluss verschiedener Pathologien (*Cholesteatom = Otitis media epitympanalis vs. chronisch Otitis media mesotympanalis vs. Otitis media adhaesiva*) auf die Beurteilbarkeit der Bilder analysiert. Des Weiteren wurde der Zusammenhang zwischen den präoperativen DVT-Befunden und der intraoperativ vorgefundenen Anatomie/den Pathologien untersucht.

Insgesamt wurden DVT-Bilddatensätze von 85 Patienten in die Studie eingeschlossen, die im Rahmen der präoperativen Diagnostik vor Mittelohr-Operationen eine DVT-Bildgebung erhalten hatten. Dabei wurden Bilddatensätze und OP-Berichte in Bezug auf 24 anatomische Parameter hin analysiert. Das Durchschnittsalter der Patienten betrug 40,4 Jahre. Die klinische/ postoperative Diagnose *Cholesteatom* war mit 72,9% am häufigsten vertreten, gefolgt von der *Otitis media mesotympanalis* mit 18,8%. Bei 31,8% der Datensätze waren wiederum Rohdaten vorhanden, die Bilder also frei *drehbar/rekonstruierbar*.

In Bezug auf die Beurteilbarkeit der Daten zeigte sich bei der Struktur des *tympanalen Anteils des N. facialis* ein signifikanter Unterschied (p-Wert 0,0) mit deutlich besserer

Beurteilbarkeit bei vorhandenen Rohdaten. Bezüglich der Beurteilbarkeit der Bilder bezogen auf die unterschiedlichen Diagnosen konnte bei keiner der anatomischen Strukturen ein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die Gehörknöchelchen zeigten bzgl. der Sensitivität der DVT, also der Wahrscheinlichkeit, dass tatsächliche Pathologien auch im DVT-Bild erkannt werden, die besten Ergebnisse (bei insgesamt Werten von 0,8-1), mit Ausnahme des Amboss-Steigbügelgelenks mit 0,55; die insgesamt geringste Sensitivität wies der tympanale Anteil des N. facialis (0,5) auf.

Die Spezifität der DVT, also die Wahrscheinlichkeit, dass tatsächlich fehlende Pathologien auch als solche in der Diagnostik erkannt werden, lag bei folgenden Strukturen am höchsten (Wert 1): Sinus sigmoideus, Stapeskopf, Bogengänge, labyrinthärer und mastoidaler Anteil des N. facialis. Bezüglich des runden (0,32) und ovalen Fensters (0,49) sowie des hinteren Stapesschenkels wies die Spezifität auffällig geringe Werte auf, was wiederum heißt, dass diese bei über der Hälfte der Patientenbilder fälschlicherweise als pathologisch gesehen wurden. Strukturen, die in der Bildgebung als intakt gesehen wurden, bestätigten sich größtenteils auch intraoperativ als solche (negativer prädiktiver Wert), ohne dass die Vollständigkeit der Volumendaten hierauf einen Einfluss hatte.

In Abhängigkeit der Diagnosen ergab sich für das *Cholesteatom* insgesamt die geringste Sensitivität, insbesondere bei den Strukturen Amboss-Steigbügel-Gelenk und tympanaler Anteil des N. facialis, sowie die stärkste Einschränkung für die Visualisierung der Gehörknöchelchenkette. Diese Aspekte sind am ehesten Folge der erschwerten Abgrenzbarkeit des pathologischen osteodestruktiven Prozesses und der knöchernen Anatomie bzw. Normvarianten.

Zusammenfassend lässt sich bestätigen, dass die DVT bei o.g. Krankheitsbildern unter Einschränkungen bei ausgeprägten osteodestruktiven Entzündungen eine präzise präoperative Planung ermöglicht. Letztlich bleibt auf eine technische Weiterentwicklung der Geräte zu hoffen, die eine bessere Differenzierung der Strukturen ermöglicht und so in einer optimierten Patientenversorgung resultieren kann.

## Summary

Digital volume tomography (DVT), also called Cone beam computed tomography (CBCT), is becoming an increasingly popular imaging modality in oral and maxillofacial surgery, as well as ear, nose and throat diseases. CBCT provides a three-dimensional view of the anatomy with lower radiation exposure compared to computed tomography (CT), making it an excellent tool for preoperative planning of middle ear surgeries. However, CBCT is limited in its ability to assess soft tissue due to its focus on high-contrast imaging of bony structures. Nevertheless, the goal of any imaging technique is to present clinical findings as a basis for further clinical decision-making.

In this research, we investigated the reliability of preoperative DVT images of the petrous bone, as well as the agreement between radiological findings and intraoperative observations in patients with chronic otitis media. We examined various factors that may influence the assessment of preoperative CBCT images of the petrous bone, including the all-time availability of raw data for reconstruction in different planes (axial, sagittal and coronal). Additionally, we analyzed the influence of various pathologies (*otitis media epitympanalis = cholesteatoma vs. chronic otitis media mesotympanalis vs. otitis media adhaesiva*) on the assessment of CBCT images. We also investigated the relationship between preoperative CBCT findings and intraoperative anatomy/pathologies.

This study includes CBCT image datasets from 85 patients who underwent CBCT imaging as part of preoperative diagnostics before middle ear surgery. Both the image datasets and surgical reports were analyzed with regard to 24 anatomical parameters. The mean age of the patients was 40.4 years and the most common clinical/postoperative diagnosis was cholesteatoma (72.9%), followed by otitis media mesotympanalis (18.8%). Raw data were available for 31.8% of the datasets, allowing for free rotation and reconstruction.

Our analysis shows that the structure of the tympanic part of the facial nerve is significantly better assessable with available raw data (p-value 0.0). However, we did not find any significant differences in the ability to assess images in relation to different diagnoses. The auditory ossicles showed the best sensitivity results (with a total value of 0.8-1), except for the incus-stapes joint (0.55) and tympanic part of the facial nerve (0.5), which showed the lowest overall sensitivity.

The specificity of the CBCT was highest for the sigmoid sinus, stapes head, semicircular canals, labyrinthine and mastoidal part of the facial nerve (value 1), and lowest for the round (0.32) and oval window (0.49), as well as the posterior limb of the stapes, which in

turn means that these were wrongly seen as pathological in more than half of the images. Structures that were seen as intact in the imaging were mostly confirmed as such intraoperatively (negative predictive value), without the completeness of the volume data having any influence.

Depending on the diagnoses, the cholesteatoma showed the lowest overall sensitivity, especially in the structures of incus-stapes joint and tympanic part of the facial nerve, as well as the greatest limitation in visualizing the ossicular chain.

These limitations may be attributed to the difficulty in distinguishing pathological osteodestructive processes from normal bony anatomy or variants.

In summary, it can be confirmed that CBCT is a useful tool for preoperative planning of middle ear surgeries, with some limitations in cases of pronounced osteodestructive inflammation. As technical development of the devices continues to advance, we may be able to further differentiate structures and thus provide even more optimized patient care.

## 11 Literaturverzeichnis

1. Aphorismen.de [Internet]. 2020 [cited 2020 May 27]. Schwer ins Ohr leicht ins Auge. Available from: <https://www.aphorismen.de/zitat/29697>
2. Schulze A, Zahnert T. Differenzialdiagnostik der Hörstörungen. Laryngo-Rhino-Otol. 2017;(FacharztwissenHNO\_Auswahl2017):689–715.
3. Zahnert T. The Differential Diagnosis of Hearing Loss. Dtsch Aerzteblatt Online [Internet]. 2011 Jun 24 [cited 2020 May 27]; Available from: <https://www.aerzteblatt.de/10.3238/arztebl.2011.0433>
4. AWMF online [Internet]. [cited 2020 Jun 26]. DEGAM-Leitlinie Nr. 7: Ohrenschmerzen. Available from: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/053-009l\\_S2k\\_Ohrenschmerzen\\_2014-12-abgelaufen.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/053-009l_S2k_Ohrenschmerzen_2014-12-abgelaufen.pdf)
5. AWMF online [Internet]. [cited 2020 Jun 26]. Leitlinie Cholesteatom. Available from: [https://www.verwaltung.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/017-006l\\_S1\\_Cholesteatom\\_2014-06.pdf](https://www.verwaltung.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/017-006l_S1_Cholesteatom_2014-06.pdf)
6. Dammann et al. - 2014 - Diagnostic Imaging Modalities in Head and Neck Dis.pdf [Internet]. [cited 2021 Jan 25]. Available from: [https://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/039-093l\\_S1\\_Radiologische\\_Diagnostik\\_Kopf\\_Hals-Bereich\\_2015-05-abgelaufen.pdf](https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/039-093l_S1_Radiologische_Diagnostik_Kopf_Hals-Bereich_2015-05-abgelaufen.pdf)
7. Eshetu T, Aygun N. Imaging of the Temporal Bone: A Symptom-Based Approach. Semin Roentgenol. 2013 Jan 1;48(1):52–64.
8. Grigat DrKP. Geschichte der Bildgebung in der Medizin - von Morphologie und Funktion [Internet]. 2002 Jul 11. Available from: [https://www.alra.de/files/downloads/pdf/GdB\\_1102.pdf](https://www.alra.de/files/downloads/pdf/GdB_1102.pdf)
9. Kütterer G. Ach, wenn es doch ein Mittel gäbe, den Menschen durchsichtig zu machen wie eine Qualle!: die Röntgentechnik in ihren ersten beiden Jahrzehnten - ein besonders faszinierendes Stück Medizin- und Technikgeschichte, dargestellt in Zitaten. BoD – Books on Demand; 2005. 461 p.
10. Reiser M, Bartenstein P, editors. Radiologie: 110 Tabellen. 3., vollst. überarb. und erw. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2011. 728 p. (Duale Reihe).
11. Grundlagen und Technik [Internet]. Radiologie.de. 2020 [cited 2020 May 26]. Available from: <https://www.radiologie.de/untersuchungsmethoden-im-uberblick/ultraschall-sonographie/ultraschall-grundlagen-und-technik/>
12. impactscan.org [Internet]. 2020 [cited 2020 May 26]. A brief history of CT. Available from: <http://www.impactscan.org/CThistory.htm#current>
13. Reisser C, Schubert O, Weidauer H. [3-dimensional imaging of temporal bone structures using spiral CT. Initial results in normal temporal bone anatomy]. HNO. 1995 Oct;43(10):596–600.

14. Casselman JW, Gieraerts K, Volders D, Delanote J, Mermuys K, Foer BD, et al. Cone beam CT: non-dental applications. *J Belg Soc Radiol*. 2013 Nov 1;96(6):333.
15. Bundesamt für Strahlenschutz [Internet]. BfS; [cited 2020 Jun 8]. BfS - FAQ - Welche Strahlenschutz-Prinzipien gibt es? Was ist ALARA? Available from: <https://www.bfs.de/SharedDocs/FAQs/BfS/DE/ion/ion/alara.html>
16. Dalchow CV, Knecht R, Grzyska U, Muenscher A. Radiographic examination of patients with dehiscence of semicircular canals with digital volume tomography. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2013 Feb 1;270(2):511–9.
17. Grover VPB, Tognarelli JM, Crossey MME, Cox IJ, Taylor-Robinson SD, McPhail MJW. Magnetic Resonance Imaging: Principles and Techniques: Lessons for Clinicians. *J Clin Exp Hepatol*. 2015 Sep;5(3):246–55.
18. Westbrook C, Roth CK, Talbot J. MRI in practice. 4th edition. Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell; 2011. 442 p.
19. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Tinazzi Martini P, Bergamo Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol*. 1998 Nov 23;8(9):1558–64.
20. Bremke M, Leppek R, Werner JA. [Digital volume tomography in ENT medicine]. *HNO*. 2010 Aug;58(8):823–32.
21. Müller O. Funktionsweise der DVT. In: *Digitale Volumentomografie in der Zahnheilkunde: DVT-Fachkundewissen von A bis Z*. Balingen: Spitta; 2018. p. 48–50. (Praxisorientiertes und praxiswirksames Expertenwissen für Zahnärzte).
22. Penninger RT, Tavassolie TS, Carey JP. Cone-Beam Volumetric Tomography for Applications in the Temporal Bone. *Otol Neurotol*. 2011 Apr;32(3):453–60.
23. Pauwels R, Araki K, Siewerdsen JH, Thongvigittanee SS. Technical aspects of dental CBCT: state of the art. *Dentomaxillofacial Radiol* [Internet]. 2015 Jan [cited 2020 Jun 1];44(1). Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4277439/>
24. Danforth RA, Dus I, Mah J. 3-D volume imaging for dentistry: a new dimension. *J Calif Dent Assoc*. 2003 Nov;31(11):817–23.
25. Peltonen LI, Aarnisalo AA, Kortensniemi MK, Suomalainen A, Jero J, Robinson S. Limited cone-beam computed tomography imaging of the middle ear: a comparison with multislice helical computed tomography. *Acta Radiol Stockh Swed* 1987. 2007 Mar;48(2):207–12.
26. De Cock J, Mermuys K, Goubau J, Van Petegem S, Houthoofd B, Casselman JW. Cone-beam computed tomography: a new low dose, high resolution imaging technique of the wrist, presentation of three cases with technique. *Skeletal Radiol*. 2012 Jan;41(1):93–6.

27. Gupta R, Bartling SH, Basu SK, Ross WR, Becker H, Pfoh A, et al. Experimental flat-panel high-spatial-resolution volume CT of the temporal bone. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2004 Sep;25(8):1417–24.
28. Holberg C, Steinhäuser S, Geis P, Rudzki-Janson I. Cone-Beam Computed Tomography in Orthodontics: Benefits and Limitations. *J Orofac Orthop Fortschritte Kieferorthopädie*. 2005 Nov;66(6):434–44.
29. Bombeccari GP, Candotto V, Gianni AB, Carinci F, Spadari F. Accuracy of the Cone Beam Computed Tomography in the Detection of Bone Invasion in Patients with Oral Cancer: A Systematic Review. *Eurasian J Med*. 2019 Oct;51(3):298–306.
30. DVT Akademie Deutschland® » DVT-Kurs HNO-Heilkunde 2020 [Internet]. 2020 [cited 2020 Jun 2]. Available from: <http://dvt-akademie.de/dvt-kurs-2018-hno-heilkunde-digitale-volumetomographie/>
31. KG SVG& C. Tumordiagnostik mittels DVT – Teil 2 [Internet]. [cited 2020 Jun 2]. Available from: [http://www.zmk-aktuell.de/fachgebiete/digitale-praxis/story/tumordiagnostik-mittels-dvt--teil-2\\_\\_5870.html](http://www.zmk-aktuell.de/fachgebiete/digitale-praxis/story/tumordiagnostik-mittels-dvt--teil-2__5870.html)
32. Dalchow CV, Weber AL, Yanagihara N, Bien S, Werner JA. Digital Volume Tomography: Radiologic Examinations of the Temporal Bone. *Am J Roentgenol*. 2006 Feb;186(2):416–23.
33. Miracle AC, Mukherji SK. Conebeam CT of the head and neck, part 1: physical principles. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2009 Jun;30(6):1088–95.
34. Baba R, Ueda K, Okabe M. Using a flat-panel detector in high resolution cone beam CT for dental imaging. *Dento Maxillo Facial Radiol*. 2004 Sep;33(5):285–90.
35. Morita [Internet]. [cited 2020 Jun 26]. 3D Accuitomo 170. Available from: [https://www.morita.com/group/en/products/ophthalmology/diagnostic-and-imaging-equipment/3d-accuitomo-170-1/?tab=technical\\_details](https://www.morita.com/group/en/products/ophthalmology/diagnostic-and-imaging-equipment/3d-accuitomo-170-1/?tab=technical_details)
36. Güldner C, Diogo I, Bernd E, Dräger S, Mandapathil M, Teymoortash A, et al. Visualization of anatomy in normal and pathologic middle ears by cone beam CT. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngol Off J Eur Fed Oto-Rhino-Laryngol Soc EUFOS Affil Ger Soc Oto-Rhino-Laryngol - Head Neck Surg*. 2017 Feb;274(2):737–42.
37. Pein MK, Brandt S, Plontke SK, Kösling S. Darstellung subtiler Schläfenbeinstrukturen. *Radiol*. 2014 Mar 1;54(3):271–8.
38. Erovic BM, Chan HHL, Daly MJ, Pothier DD, Yu E, Coulson C, et al. Intraoperative cone-beam computed tomography and multi-slice computed tomography in temporal bone imaging for surgical treatment. *Otolaryngol--Head Neck Surg Off J Am Acad Otolaryngol-Head Neck Surg*. 2014 Jan;150(1):107–14.
39. AWMF online [Internet]. [cited 2020 Jun 26]. Leitlinie Chronisch-mesotympanale Otitis media. Available from: [https://register.awmf.org/assets/guidelines/017-0741\\_S1\\_Chronisch\\_mesotympanale\\_Otitis\\_2014-06.pdf](https://register.awmf.org/assets/guidelines/017-0741_S1_Chronisch_mesotympanale_Otitis_2014-06.pdf)

40. Dahmani-Causse M, Marx M, Deguine O, Fraysse B, Lepage B, Escudé B. Morphologic examination of the temporal bone by cone beam computed tomography: Comparison with multislice helical computed tomography. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis.* 2011 Nov 1;128(5):230–5.
41. Hiraumi H, Suzuki R, Yamamoto N, Sakamoto T, Ito J. The sensitivity and accuracy of a cone beam CT in detecting the chorda tympani. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2016 Apr 1;273(4):873–7.
42. Zhang Z, Yin H, Wang Z, Li J, Lv H, Zhao P, et al. Imaging re-evaluation of the tympanic segment of the facial nerve canal using cone-beam computed tomography compared with multi-slice computed tomography. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2019 Jul 1;276(7):1933–41.
43. Zhang ZY, Yin GX, Wang ZC, Wang Z, Li J. [Feasibility study of cone-beam CT in displaying facial nerve canal]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* 2018 Jun 19;98(23):1832–6.
44. Bundesärztekammer [Internet]. [cited 2020 May 18]. Begriffsbestimmungen, Erläuterungen. Available from: <https://www.bundesaerztekammer.de/aerzte/qualitaetssicherung/richtlinien-leitlinien-empfehlungen-stellungnahmen/richtlinien-leitlinien-empfehlungen-zur-qualitaetssicherung/bildgebende-verfahren/roentgendiagnostik/begriffsbestimmungen/>
45. Veldhoen S, Schöllchen M, Hanken H, Precht C, Henes FO, Schön G, et al. Performance of cone-beam computed tomography and multidetector computed tomography in diagnostic imaging of the midface: A comparative study on Phantom and cadaver head scans. *Eur Radiol.* 2017 Feb 1;27(2):790–800.
46. Godbersen G. Diagnostische Chance in der HNO-Heilkunde. *HNO Nachrichten.* 2009 Dec;39(6):46–53.
47. Zou J, Lähelmä J, Arnisalo A, Pyykkö I. Clinically relevant human temporal bone measurements using novel high-resolution cone-beam CT. *J Otol.* 2017 Mar;12(1):9–17.
48. Offergeld Ch, Kromeier J, Aschendorff A, Maier W, Klenzner Th, Beleites Th, et al. Rotational tomography of the normal and reconstructed middle ear in temporal bones: an experimental study. *Eur Arch Otorhinolaryngol.* 2007 Apr 1;264(4):345–51.
49. Redfors YD, Gröndahl HG, Hellgren J, Lindfors N, Nilsson I, Möller C. Otosclerosis: anatomy and pathology in the temporal bone assessed by multi-slice and cone-beam CT. *Otol Neurotol Off Publ Am Otol Soc Am Neurotol Soc Eur Acad Otol Neurotol.* 2012 Aug;33(6):922–7.
50. Probst R, Grevers G, Iro H, Rosanowski F, Eysholdt U, Brauer T, et al., editors. *Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde: 635 Abbildungen, 58 Tabellen.* 3. korrigierte und aktualisierte Auflage. Stuttgart New York: Georg Thieme Verlag; 2008. 415 p.
51. Révész P, Liktor B, Liktor B, Sziklai I, Gerlinger I, Karosi T. Comparative analysis of preoperative diagnostic values of HRCT and CBCT in patients with histologically



- diagnosed otosclerotic stapes footplates. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2016 Jan 1;273(1):63–72.
52. Liktor B, Révész P, Csomor P, Gerlinger I, Sziklai I, Karosi T. Diagnostic value of cone-beam CT in histologically confirmed otosclerosis. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2014 Aug 1;271(8):2131–8.
  53. Bremke M, Luers JC, Anagiotos A, Gostian AO, Dorn F, Kabbasch C, et al. Comparison of digital volume tomography and high-resolution computed tomography in detecting superior semicircular canal dehiscence--a temporal bone study. *Acta Otolaryngol (Stockh)*. 2015 Sep;135(9):901–6.
  54. Faccioli N, Barillari M, Guariglia S, Zivelonghi E, Rizzotti A, Cerini R, et al. Radiation dose saving through the use of cone-beam CT in hearing-impaired patients. *Radiol Med (Torino)*. 2009 Dec;114(8):1308–18.
  55. Komori M, Yanagihara N, Hyodo J, Miuchi S. Position of TORP on the stapes footplate assessed with cone beam computed tomography. *Otol Neurotol Off Publ Am Otol Soc Am Neurotol Soc Eur Acad Otol Neurotol*. 2012 Oct;33(8):1353–6.
  56. Nguyen TD, Kösling S, Mlynski R, Plontke SK. Visualisation of passive middle ear implants by cone beam and multi-detector computed tomography: a comparative in vitro study. *Eur Radiol*. 2016 Dec 1;26(12):4538–44.
  57. Zou J, Lähelmä J, Koivisto J, Dhanasingh A, Jolly C, Aarnisalo A, et al. Imaging cochlear implantation with round window insertion in human temporal bones and cochlear morphological variation using high-resolution cone beam CT. *Acta Otolaryngol (Stockh)*. 2015 May;135(5):466–72.
  58. Nateghifard K, Low D, Awofala L, Srikanthan D, Kuthubutheen J, Daly M, et al. Cone beam CT for perioperative imaging in hearing preservation Cochlear implantation – a human cadaveric study. *J Otolaryngol - Head Neck Surg*. 2019 Nov 21;48(1):65.
  59. Monteiro E, Das P, Daly M, Chan H, Irish J, James A. Usefulness of cone-beam computed tomography in determining the position of ossicular prostheses: a cadaveric model. *Otol Neurotol Off Publ Am Otol Soc Am Neurotol Soc Eur Acad Otol Neurotol*. 2011 Oct;32(8):1358–63.
  60. Loubele M, Van Assche N, Carpentier K, Maes F, Jacobs R, van Steenberghe D, et al. Comparative localized linear accuracy of small-field cone-beam CT and multislice CT for alveolar bone measurements. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2008 Apr;105(4):512–8.
  61. Kuijpers MAR, Pazera A, Admiraal RJ, Bergé SJ, Vissink A, Pazera P. Incidental findings on cone beam computed tomography scans in cleft lip and palate patients. *Clin Oral Investig*. 2014 May 1;18(4):1237–44.
  62. Santos G, Ickow I, Job J, Brooker JE, Dvoracek LA, Rigby E, et al. Cone-Beam Computed Tomography Incidental Findings in Individuals With Cleft Lip and Palate. *Cleft Palate-Craniofacial J Off Publ Am Cleft Palate-Craniofacial Assoc*. 2020 Apr;57(4):404–11.

63. Kocsis C, Sommerlath Sohns JM, Graf I, Dreiseidler T, Kreppel M, Rothamel D, et al. Incidental findings on craniomaxillofacial cone beam computed tomography in orthodontic patients. *Int J Comput Dent.* 2019;22(2):149–62.
64. De Grauwe A, Ayaz I, Shujaat S, Dimitrov S, Gbadegbegnon L, Vande Vannet B, et al. CBCT in orthodontics: a systematic review on justification of CBCT in a paediatric population prior to orthodontic treatment. *Eur J Orthod.* 2019 08;41(4):381–9.
65. Walliczek-Dworschak U, Diogo I, Strack L, Mandapathil M, Teymoortash A, Werner JA, et al. Indications of cone beam CT in head and neck imaging in children. *Acta Otorhinolaryngol Ital.* 2017 Aug;37(4):270–5.
66. Demehri S, Muhit A, Zbijewski W, Stayman JW, Yorkston J, Packard N, et al. Assessment of image quality in soft tissue and bone visualization tasks for a dedicated extremity cone-beam CT system. *Eur Radiol.* 2015 Jun 1;25(6):1742–51.
67. Guyader E, Savéan J, Clodic C, Letellier P, Meriot P, Marianowski R. Three-dimensional reconstruction of the temporal bone: Comparison of in situ, CT, and CBCT measurements. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis.* 2018 Dec 1;135(6):393–8.

## 12 Anhang

### 12.1 Tabellen

a) Zu 8.2.1

		Beurteilbarkeit der Schädelbasis im Mastoids im Bild		
		<i>sehr gut</i>	<i>eingeschränkt</i>	<b>gesamt</b>
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	<b>ja</b>	27	0	27
	% von vorh. Rohdaten	100 %	0 %	100 %
	<b>nein</b>	58	0	58
	% nicht vorh. Rohdaten	100 %	0 %	100 %
	<b>gesamt</b>	85	0	85

		Beurteilbarkeit des Knochens zum Sinus sigmoideus im Bild	
		<i>sehr gut</i>	<b>gesamt</b>
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	<b>ja</b>	26	26
	% von vorh. Rohdaten	100,0 %	100 %
	<b>nein</b>	58	58
	% nicht vorh. Rohdaten	100,0 %	100,0 %
	<b>gesamt</b>	84	84

		Beurteilbarkeit des Hammer-Amboss-Gelenkes im Bild				
		<i>sehr gut</i>	<i>Eingeschränkt</i>	<i>nicht darstellbar</i>	<i>voroperiert</i>	<b>ges.</b>
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	<b>ja</b>	10	14	0	3	27
	% von vorh. Rohdaten	37,0 %	51,9 %	0,0 %	11,1 %	100 %
	<b>nein</b>	23	22	3	10	58
	% nicht vorh. Rohdaten	39,7 %	37,9 %	5,2 %	17,2 %	100 %
	<b>gesamt</b>	33	36	3	13	85

Chi-Square-Test, Hammer-Amboss-Gelenk			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	2,73	3	0,44
Likelihood Ratio	3,62	3	0,31
Linear-by-Linear-Association	0,39	1	0,53

		Beurteilbarkeit des Amboss-Steigbügelgelenkes im Bild				
		<i>sehr gut</i>	<i>ingeschr.</i>	<i>nicht darstellbar</i>	<i>voroperiert</i>	<b>ges.</b>
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	<b>ja</b>	11	8	6	2	27
	% von vorh. Rohdaten	40,7 %	29,6 %	22,2 %	7,4 %	100 %
	<b>nein</b>	16	12	20	10	58
	% nicht vorh. Rohdaten	27,6 %	20,7 %	34,5 %	17,2 %	100 %
	<b>gesamt</b>	27	20	26	12	85

Chi-Square-Test, Amboss-Steigbügelgelenk			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	3,80	3	0,28
Likelihood Ratio	3,94	3	0,27
Linear-by-Linear-Association	3,32	1	0,07

		Beurteilbarkeit des hinteren Stapesschenkels im Bild				
		<i>sehr gut</i>	<i>ingeschr.</i>	<i>nicht darstellbar</i>	<i>voroperiert</i>	<b>ges.</b>
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	<b>ja</b>	7	6	14	0	27
	% von vorh. Rohdaten	25,9 %	22,2 %	51,9 %	0 %	100 %
	<b>nein</b>	11	19	23	5	58
	% nicht vorh. Rohdaten	19,0 %	32,8 %	39,7 %	8,6 %	100 %
	<b>gesamt</b>	18	25	37	5	85

Chi-Square-Test, hinterer Stapesschenkel			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	4,07	3	0,25
Likelihood Ratio	5,57	3	0,13
Linear-by-Linear-Association	5,57	1	0,13

		Beurteilbarkeit des ovalen Fensters im Bild		
		<i>sehr gut</i>	<i>ingeschränkt</i>	<b>gesamt</b>
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	<b>ja</b>	22	5	27
	% von vorh. Rohdaten	81,5 %	18,5 %	100 %
	<b>nein</b>	51	7	58
	% nicht vorh. Rohdaten	87,9 %	12,1 %	100 %
<b>gesamt</b>		73	12	85

Chi-Square-Test, ovales Fenster			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	0,63	1	0,43

Likelihood Ratio	0,21	1	0,44
Linear-by-Linear-Association	0,63	1	0,43

		Beurteilbarkeit des horizontal. + post. Bogengangs im Bild		
		<i>sehr gut</i>	<i>eingeschränkt</i>	<b>gesamt</b>
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	<b>ja</b>	27	0	27
	% von vorh. Rohdaten	100,0 %	0 %	100 %
	<b>nein</b>	57	1	58
	% nicht vorh. Rohdaten	98,3 %	1,7 %	100 %
	<b>gesamt</b>	84	1	85

Chi-Square-Test, horizontalen + post. Bogengang			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	0,471	1	0,493
Likelihood Ratio	0,770	1	0,380
Linear-by-Linear-Association	0,466	1	0,495

		Beurteilbarkeit des superioren Bogengangs im Bild		
		<i>sehr gut</i>	<i>eingeschränkt</i>	<b>Gesamt</b>
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	<b>ja</b>	26	1	27
	% von vorh. Rohdaten	96,3 %	3,7 %	100 %
	<b>nein</b>	57	1	58
	% nicht vorh. Rohdaten	98,3 %	1,7 %	100 %
	<b>gesamt</b>	83	2	85

Chi-Square-Test, superiorer Bogengang			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	0,31	1	0,58
Likelihood Ratio	0,30	1	0,59
Linear-by-Linear-Association	0,31	1	0,58

		Beurteilbarkeit des N. facialis (labirynthär) im Bild			
		<i>sehr gut</i>	<i>eingeschränkt</i>	<i>nicht darstellbar</i>	<b>Gesamt</b>
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	<b>ja</b>	26	1	0	27
	% von vorh. Rohdaten	96,3 %	3,7 %	0 %	100 %
	<b>nein</b>	50	7	1	58
	% nicht vorh. Rohdaten	86,2 %	12,1 %	1,7 %	100 %
	<b>gesamt</b>	76	8	1	85

Chi-Square-Test, N. facialis, labyrinthär			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	2,05	2	0,36
Likelihood Ratio	2,59	2	0,27
Linear-by-Linear-Association	2,00	1	0,16

		Beurteilbarkeit des N. facialis (mastoidal) im Bild		
		<i>sehr gut</i>	<i>eingeschränkt</i>	<b>gesamt</b>
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	<b>ja</b>	27	0	27
	% von vorh. Rohdaten	100,0 %	0,0 %	100 %
	<b>nein</b>	56	2	58
	% nicht vorh. Rohdaten	96,6 %	3,4 %	100 %
	<b>gesamt</b>	83	2	85

Chi-Square-Test, N. facialis, mastoidal			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	0,95	1	0,33
Likelihood Ratio	1,55	1	0,21
Linear-by-Linear-Association	0,94	1	0,33

b) Zu 8.2.2

		Beurteilbarkeit des Mastoids im Bild		
		<i>sehr gut</i>	<i>eingeschränkt</i>	<b>gesamt</b>
<b>Diagnose des Patienten</b>	Cholesteatom	60	2	62
	Otitis media mesotympanalis	16	0	16
	Otitis media adhaesiva	3	0	3
	Sonstige	4	0	4
	<b>gesamt</b>	83	2	85

Chi-Square-Test, Mastoid			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	0,76	3	0,86
Likelihood Ratio	1,28	3	0,73
Linear-by-Linear-Association	0,55	1	0,46

		Beurteilbarkeit der Schädelbasis im Mastoid im Bild		
		<i>sehr gut</i>	<i>eingeschränkt</i>	<b>gesamt</b>
<b>Diagnose des Patienten</b>	Cholesteatom	62	0	62
	Otitis media mesotympanalis	16	0	16
	Otitis media adhaesiva	3	0	3
	Sonstige	4	0	4
	<b>gesamt</b>	83	0	85

		Beurteilbarkeit des Sinus sigmoideus im Bild		
		<i>sehr gut</i>	<i>eingeschränkt</i>	<b>gesamt</b>
Diagnose des Patienten	Cholesteatom	61	0	61
	Otitis media mesotympanalis	16	0	16
	Otitis media adhaesiva	3	0	3
	Sonstige	4	0	4
	<b>gesamt</b>	84	0	84

		Sichtbarkeit des Trommelfells im Bild			
		<i>nein</i>	<i>ja</i>	<i>teilweise</i>	<b>gesamt</b>
Diagnose des Patienten	Cholesteatom	20	3	11	62
	Otitis media mesotympanalis	1	13	2	16
	Otitis media adhaesiva	0	3	0	3
	Sonstige	2	1	1	4
	<b>gesamt</b>	23	48	14	85

Chi-Square-Test, Trommelfell			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	9,56	6	0,14
Likelihood Ratio	11,64	6	0,07
Linear-by-Linear-Association	0,12	1	0,73

		Beurteilbarkeit der Schädelbasis im Epitympanon im Bild		
		<i>sehr gut</i>	<i>eingeschränkt</i>	<b>gesamt</b>
Diagnose des Patienten	Cholesteatom	55	7	62
	Otitis media mesotympanalis	16	0	16
	Otitis media adhaesiva	3	0	3
	Sonstige	4	0	4
	<b>gesamt</b>	78	7	85

Chi-Square-Test, Schädelbasis im Epitympanon			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	2,83	3	0,42
Likelihood Ratio	4,65	3	0,20
Linear-by-Linear-Association	2,03	1	0,15

		Beurteilbarkeit des Hammergriffes im Bild				
		<i>sehr gut</i>	<i>eingeschr.</i>	<i>nicht darstellbar</i>	<i>voroperiert</i>	<b>ges.</b>
Diagnose des Patienten	Cholesteatom	37	17	2	6	62
	Otitis media mesotympanalis	14	1	0	1	16
	Otitis media adhaesiva	2	0	0	1	3
	Sonstige	2	2	0	0	4
	<b>gesamt</b>	55	20	2	8	85

Chi-Square-Test, Hammergriff			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	9,11	9	0,43
Likelihood Ratio	10,42	9	0,32
Linear-by-Linear-Association	0,23	1	0,63

		Beurteilbarkeit des langen Ambossschenkels im Bild				
		<i>sehr gut</i>	<i>eingeschränkt</i>	<i>nicht darstellbar</i>	<i>voroperiert</i>	<b>ges.</b>
<b>Diagnose des Patienten</b>	Cholesteatom	20	26	7	9	62
	Otitis media mesotympanalis	9	4	1	2	16
	Otitis media adhaesiva	1	1	0	1	3
	Sonstige	1	2	0	1	4
	<b>gesamt</b>	31	33	8	13	85

Chi-Square-Test, langer Ambossschenkel			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	5,32	9	0,81
Likelihood Ratio	5,67	9	0,77
Linear-by-Linear-Association	0,00	1	0,98

		Beurteilbarkeit des Amboss-Steigbügel-Gelenkes im Bild				
		<i>sehr gut</i>	<i>eingeschränkt</i>	<i>nicht darstellbar</i>	<i>voroperiert</i>	<b>ges.</b>
<b>Diagnose des Patienten</b>	Cholesteatom	18	14	22	8	62
	Otitis media mesotympanalis	8	4	2	2	16
	Otitis media adhaesiva	1	0	1	1	3
	Sonstige	0	2	1	1	4
	<b>gesamt</b>	27	20	26	12	85

Chi-Square-Test, Amboss-Steigbügel-Gelenk			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	8,49	9	0,49
Likelihood Ratio	10,12	9	0,34
Linear-by-Linear-Association	0,06	1	0,81



		Beurteilbarkeit des Stapeskopfes im Bild				
		<i>sehr gut</i>	<i>ingeschr.</i>	<i>nicht darstellbar</i>	<i>voroperiert</i>	<b>ges.</b>
<b>Diagnose des Patienten</b>	Cholesteatom	14	22	23	3	62
	Otitis media mesotympanalis	5	7	3	1	16
	Otitis media adhaesiva	0	1	2	0	3
	Sonstige	0	1	2	1	4
	<b>gesamt</b>	19	31	30	5	85

Chi-Square-Test, Stapeskopf			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	7,70	9	0,50
Likelihood Ratio	8,32	9	0,22
Linear-by-Linear-Association	1,51	1	0,22

		Beurteilbarkeit des vorderen Stapeschenkels im Bild				
		<i>sehr gut</i>	<i>ingeschr.</i>	<i>nicht darstellbar</i>	<i>voroperiert</i>	<b>ges.</b>
<b>Diagnose des Patienten</b>	Cholesteatom	11	17	31	3	62
	Otitis media mesotympanalis	3	8	4	1	16
	Otitis media adhaesiva	1	0	2	0	3
	Sonstige	0	1	2	1	4
	<b>gesamt</b>	15	26	39	5	85

Chi-Square-Test, vorderer Stapeschenkel			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	9,10	9	0,43
Likelihood Ratio	9,65	9	0,38
Linear-by-Linear-Association	0,32	1	0,57

		Beurteilbarkeit des hinteren Stapeschenkels im Bild				
		<i>sehr gut</i>	<i>ingeschr.</i>	<i>nicht darstellbar</i>	<i>voroperiert</i>	<b>ges.</b>
<b>Diagnose des Patienten</b>	Cholesteatom	12	18	29	3	62
	Otitis media mesotympanalis	5	6	4	1	16
	Otitis media adhaesiva	1	0	2	0	3
	Sonstige	0	1	2	1	4
	<b>gesamt</b>	18	25	37	5	85

Chi-Square-Test, hinterer Stapeschenkel			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	7,79	9	0,56
Likelihood Ratio	8,60	9	0,48
Linear-by-Linear-Association	0,30	1	0,59

		Beurteilbarkeit des ovalen Fensters im Bild		
		<i>sehr gut</i>	<i>eingeschränkt</i>	<b>gesamt</b>
Diagnose des Patienten	Cholesteatom	53	9	62
	Otitis media mesotympanalis	13	3	16
	Otitis media adhaesiva	3	0	3
	Sonstige	4	0	4
	<b>gesamt</b>	73	12	85

Chi-Square-Test, ovales Fenster			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	1,44	3	0,70
Likelihood Ratio	2,40	3	0,50
Linear-by-Linear-Association	0,52	1	0,50

		Beurteilbarkeit des runden Fensters im Bild			
		<i>sehr gut</i>	<i>eingeschr.</i>	<i>nicht darstellbar</i>	<b>ges</b>
Diagnose des Patienten	Cholesteatom	53	8	1	62
	Otitis media mesotympanalis	16	0	0	16
	Otitis media adhaesiva	3	0	0	3
	Sonstige	3	1	0	4
	<b>gesamt</b>	75	9	1	85

Chi-Square-Test, rundes Fenster			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	3,91	6	0,70
Likelihood Ratio	5,94	6	0,43
Linear-by-Linear-Association	0,28	1	0,60

		Beurteilbarkeit des horizontalen + post. Bogengangs im Bild		
		<i>sehr gut</i>	<i>eingeschränkt</i>	<b>gesamt</b>
Diagnose des Patienten	Cholesteatom	61	1	62
	Otitis media mesotympanalis	16	0	16
	Otitis media adhaesiva	3	0	3
	Sonstige	4	0	4
	<b>gesamt</b>	84	1	85

Chi-Square-Test, horizontaler + post. Bogengang			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	0,38	3	0,95
Likelihood Ratio	0,64	3	0,89
Linear-by-Linear-Association	0,27	1	0,60

		Beurteilbarkeit des superioren Bogengangs im Bild		
		<i>sehr gut</i>	<i>eingeschränkt</i>	<b>gesamt</b>
<b>Diagnose des Patienten</b>	Cholesteatom	60	2	62
	Otitis media mesotympanalis	16	0	16
	Otitis media adhaesiva	3	0	3
	Sonstige	4	0	4
	<b>gesamt</b>	83	2	85

Chi-Square-Test, superiorer Bogengang			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	0,76	3	0,86
Likelihood Ratio	1,28	3	0,73
Linear-by-Linear-Association	0,55	1	0,46

		Beurteilbarkeit des N. facialis (labirynthär) im Bild			
		<i>sehr gut</i>	<i>eingeschr.</i>	<i>nicht darstellbar</i>	<b>ges</b>
<b>Diagnose des Patienten</b>	Cholesteatom	54	7	1	62
	Otitis media mesotympanalis	15	1	0	16
	Otitis media adhaesiva	3	0	0	3
	Sonstige	4	0	0	4
	<b>gesamt</b>	76	8	1	85

Chi-Square-Test, N. facialis - labirynthär			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	1,60	6	0,95
Likelihood Ratio	2,52	6	0,87
Linear-by-Linear-Association	1,39	1	0,24

		Beurteilbarkeit des N. facialis (tympanal) im Bild			
		<i>sehr gut</i>	<i>eingeschr.</i>	<i>nicht darstellbar</i>	<b>ges</b>
<b>Diagnose des Patienten</b>	Cholesteatom	36	25	1	62
	Otitis media mesotympanalis	6	10	0	16
	Otitis media adhaesiva	3	0	0	3
	Sonstige	2	2	0	4
	<b>gesamt</b>	47	37	1	85

Chi-Square-Test, N. facialis - tympanal			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	5,29	6	0,51
Likelihood Ratio	6,61	6	0,36
Linear-by-Linear-Association	0,01	1	0,91

		Beurteilbarkeit des N. facialis (mastoidal) im Bild		
		<i>sehr gut</i>	<i>eingeschränkt</i>	<b>gesamt</b>
<b>Diagnose des Patienten</b>	Cholesteatom	60	2	62
	Otitis media mesotympanalis	16	0	16
	Otitis media adhaesiva	3	0	3
	Sonstige	4	0	4
	<b>gesamt</b>	83	2	85

Chi-Square-Test, N. facialis - mastoidal			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	0,76	3	0,86
Likelihood Ratio	1,28	3	0,73
Linear-by-Linear-Association	0,55	1	0,46

c) Zu 8.3 und 8.3.2

Mastoid									
	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	6	0	2	0	8	1	1	1	1
<b>Keine Rohdaten</b>	15	3	2	3	23	0,83	0,4	0,83	0,4
<b>Gesamt</b>	21	3	4	3	31	0,88	0,57	0,88	0,57

Schädelbasis im Mastoid									
	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	0	1	4	0	5	-	0,8	-	1
<b>Keine Rohdaten</b>	5	1	18	0	24	<b>1</b>	<b>0,95</b>	0,83	1
<b>Gesamt</b>	5	2	22	0	29	<b>1</b>	<b>0,92</b>	0,71	1

Sinus sigmoideus									
	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	0	0	0	0	0	-	-	-	-
<b>Keine Rohdaten</b>	0	0	4	0	4	-	1	-	1
<b>Gesamt</b>	0	0	4	0	4	-	1	-	1

Epitympanon									
	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	17	2	6	2	27	<b>0,89</b>	0,75	<b>0,89</b>	<b>0,75</b>
<b>Keine Rohdaten</b>	28	5	18	7	58	0,8	<b>0,78</b>	0,85	0,72
<b>Gesamt</b>	45	7	24	9	85	0,83	0,78	0,87	0,74

Mesotympanon									
	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	11	1	9	6	27	<b>0,65</b>	<b>0,9</b>	<b>0,92</b>	0,6
<b>Keine Rohdaten</b>	19	3	25	11	58	0,63	0,89	0,86	<b>0,69</b>
<b>Gesamt</b>	30	4	34	17	85	0,64	0,89	0,88	0,67

Hypotympanon									
	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	5	8	13	1	27	<b>0,83</b>	0,62	<b>0,38</b>	0,93
<b>Keine Rohdaten</b>	4	13	40	1	58	0,8	<b>0,75</b>	0,24	<b>0,98</b>
<b>Gesamt</b>	9	21	53	2	85	0,82	0,72	0,3	0,96

Schädelbasis im Epitympanon									
	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	2	2	17	0	21	<b>1</b>	0,89	<b>0,5</b>	<b>1</b>
<b>Keine Rohdaten</b>	3	4	44	1	52	0,75	<b>0,92</b>	0,43	0,98
<b>Gesamt</b>	5	6	61	1	73	0,83	0,91	0,45	0,98

Hammer-Amboss-Gelenk									
	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	1	4	16	1	22	0,5	0,8	0,2	0,94
<b>Keine Rohdaten</b>	7	4	33	0	44	1	0,89	0,64	1
<b>Gesamt</b>	8	8	49	1	66	0,89	0,86	0,5	0,98

Hammergriff									
	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	2	1	20	0	23	<b>1</b>	<b>0,95</b>	<b>0,67</b>	<b>1</b>
<b>Keine Rohdaten</b>	2	6	39	1	48	0,67	0,87	0,25	0,98
<b>Gesamt</b>	4	7	59	1	71	0,8	0,89	0,36	0,98

Langer Ambossschenkel									
	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	6	6	9	0	21	<b>1</b>	0,6	0,5	<b>1</b>
<b>Keine Rohdaten</b>	15	8	16	2	41	0,88	<b>0,67</b>	<b>0,65</b>	0,89
<b>Gesamt</b>	21	14	25	2	62	0,91	0,64	0,6	0,93

Amboss-Steigbügelgelenk									
	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	3	2	12	2	19	<b>0,6</b>	0,86	0,6	0,86
<b>Keine Rohdaten</b>	3	0	19	3	25	0,5	<b>1</b>	<b>1</b>	0,86
<b>Gesamt</b>	6	2	31	5	44	0,55	0,94	0,75	0,86

Stapeskopf									
	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	1	0	15	0	16	1	1	1	1
<b>Keine Rohdaten</b>	1	0	33	0	34	1	1	1	1
<b>Gesamt</b>	2	0	48	0	50	1	1	1	1

Vorderer Stapeschenkel									
	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	0	0	12	0	12	-	<b>1</b>	-	<b>1</b>
<b>Keine Rohdaten</b>	0	1	26	1	28	-	0,96	-	0,96
<b>Gesamt</b>	0	1	38	1	40	-	0,97	-	0,97

Hinterer Stapeschenkel									
	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	1	1	10	0	12	1	<b>0,91</b>	0,5	1
<b>Keine Rohdaten</b>	0	7	19	0	26	-	0,73	-	1
<b>Gesamt</b>	1	8	29	0	38	1	0,78	0,11	1

Ovales Fenster									
	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	6	9	11	1	27	0,86	<b>0,55</b>	<b>0,4</b>	0,92
<b>Keine Rohdaten</b>	10	26	22	0	58	<b>1</b>	0,46	0,28	<b>1</b>
<b>Gesamt</b>	16	35	33	1	85	0,94	0,49	0,31	0,97

Rundes Fenster									
	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	3	12	10	1	26	0,75	<b>0,45</b>	<b>0,2</b>	0,91
<b>Keine Rohdaten</b>	3	39	14	1	57	0,75	0,26	0,07	<b>0,93</b>
<b>Gesamt</b>	6	51	24	2	83	0,75	0,32	0,11	0,92

Horizontaler Bogengang									
	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	0	0	27	0	27	-	1	-	<b>1</b>
<b>Keine Rohdaten</b>	0	0	57	1	58	-	1	-	0,98
<b>Gesamt</b>	0	0	84	1	85	0	1	-	0,99

Superiorer/ posteriorer Bogengang									
	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	0	0	27	0	27	-	1	-	1
<b>Keine Rohdaten</b>	0	0	58	0	58	-	1	-	1
<b>Gesamt</b>	0	0	85	0	85	-	1	-	1

N. facialis – labyrinthär									
	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	0	0	27	0	27	-	1	-	1
<b>Keine Rohdaten</b>	0	0	57	0	57	-	1	-	1
<b>Gesamt</b>	0	0	84	0	84	-	1	-	1

N. facialis – tympanal									
	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	1	0	23	3	27	0,25	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0,88</b>
<b>Keine Rohdaten</b>	7	6	28	5	46	<b>0,58</b>	0,82	0,54	0,85
<b>Gesamt</b>	8	6	51	8	73	0,5	0,89	0,57	0,86

N. facialis – mastoidal									
	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
<b>Vorhandene Rohdaten</b>	0	0	1	0	1	-	1	-	1
<b>Keine Rohdaten</b>	0	0	4	0	4	-	1	-	1
<b>Gesamt</b>	0	0	5	0	5	-	1	-	1

d) Zu 8.3.3

Mastoid									
Diagnose des Patienten	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
Cholesteatom	19	2	3	3	27	0,86	0,6	0,90	0,5
Chron. OM mesotympanalis	1	1	1	0	3	1	0,5	0,5	1
Chron. OM adhaesiva	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Sonstige	1	0	0	0	1	1	-	1	-

Schädelbasis im Mastoid									
Diagnose des Patienten	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
Cholesteatom	5	1	18	0	24	1	0,78	0,5	1
Chron. OM mesotympanalis	0	1	3	0	4	-	0,75	0	1
Chron. OM adhaesiva	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sonstige	0	0	1	0	1	-	1	-	1

Sinus sigmoideus									
Diagnose des Patienten	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
Cholesteatom	0	0	2	0	2	-	1	-	1
Chron. OM mesotympanalis	0	0	1	0	1	-	1	-	1
Chron. OM adhaesiva	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sonstige	0	0	1	0		-	1	-	1

Epitympanon									
Diagnose des Patienten	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
Cholesteatom	38	2	12	9	61	0,81	0,86	0,95	0,57
Chron. OM mesotympanalis	3	5	9	0	17	1	0,64	0,38	1
Chron. OM adhaesiva	2	0	1	0	3	1	1	1	1
Sonstige	2	0	2	0	4	1	1	1	1

Mesotympanon									
Diagnose des Patienten	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
Cholesteatom	24	4	23	10	61	0,71	0,85	0,86	0,70
Chron. OM mesotympanalis	3	0	8	6	17	0,33	1	1	0,57
Chron. OM adhaesiva	1	0	1	1	3	0,5	1	1	0,5
Sonstige	2	0	2	0	4	1	1	1	1

Hypotympanon									
Diagnose des Patienten	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
Cholesteatom	7	15	37	2	61	0,78	0,71	0,32	0,95
Chron. OM mesotympanalis	0	4	13	0	17	-	0,76	0	1
Chron. OM adhaesiva	1	1	1	0	3	1	0,5	0,5	1
Sonstige	1	1	2	0	4	1	0,67	0,5	1

Schädelbasis im Epitympanon									
Diagnose des Patienten	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
Cholesteatom	5	5	43	0	53	1	0,90	0,5	1
Chron. OM mesotympanalis	0	1	11	1	13	0	0,92	0	0,92
Chron. OM adhaesiva	0	0	3	0	3	-	1	-	1
Sonstige	0	0	4	0	4	-	1	-	1



Hammer-Amboss-Gelenk									
Diagnose des Patienten	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
Cholesteatom	8	6	32	1	47	0,89	0,84	0,57	0,97
Chron. OM mesotympanalis	0	2	13	0	15	-	0,87	0	1
Chron. OM adhaesiva	0	0	2	0	2	-	1	-	1
Sonstige	0	0	2	0	2	-	1	-	1

Hammergriff									
Diagnose des Patienten	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
Cholesteatom	3	6	40	1	50	0,75	0,87	0,33	0,98
Chron. OM mesotympanalis	0	1	15	0	16	-	0,94	0	1
Chron. OM adhaesiva	0	0	2	0	2	-	1	-	1
Sonstige	1	0	2	0	3	1	1	1	1

Langer Ambossschenkel									
Diagnose des Patienten	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
Cholesteatom	19	9	15	1	44	0,95	0,63	0,68	0,94
Chron. OM mesotympanalis	1	4	9	0	14	1	0,69	0,2	1
Chron. OM adhaesiva	1	0	0	1	2	0,5	-	1	0
Sonstige	0	1	1	0	2	-	0,5	0	1

Amboss-Steigbügelgelenk									
Diagnose des Patienten	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
Cholesteatom	4	2	19	4	29	0,5	0,90	0,67	0,83
Chron. OM mesotympanalis	1	0	11	0	12	1	1	1	1
Chron. OM adhaesiva	0	0	0	1	1	0	-	-	0
Sonstige	1	0	1	0	2	1	1	1	1

Stapeskopf									
Diagnose des Patienten	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
Cholesteatom	1	0	34	0	35	1	1	1	1
Chron. OM mesotympanalis	0	0	13	0	13	-	1	-	1
Chron. OM adhaesiva	1	0	0	0	1	1	-	1	-
Sonstige	0	0	1	0	1	-	1	-	1

Vorderer Stapesschenkel									
Diagnose des Patienten	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
Cholesteatom	0	1	25	0	26	-	0,96	0	1
Chron. OM mesotympanalis	0	0	12	0	12	-	1	-	1
Chron. OM adhaesiva	0	0	0	1	1	0	-	-	0
Sonstige	0	0	1	0	1	-	1	-	1

Hinterer Stapesschenkel									
Diagnose des Patienten	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
Cholesteatom	1	6	18	0	25	1	0,75	0,14	1
Chron. OM mesotympanalis	0	2	9	0	11	-	0,82	0	1
Chron. OM adhaesiva	0	0	1	0	1	-	1	-	1
Sonstige	0	0	1	0	1	-	1	-	1

Ovales Fenster									
Diagnose des Patienten	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
Cholesteatom	14	23	23	1	61	0,93	0,5	0,38	0,96
Chron. OM mesotympanalis	2	8	7	0	17	1	0,47	0,2	1
Chron. OM adhaesiva	0	2	1	0	3	-	0,33	0	1
Sonstige	0	2	2	0	4	-	0,5	0	1

Rundes Fenster									
Diagnose des Patienten	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
Cholesteatom	6	34	17	2	59	0,75	0,33	0,15	0,89
Chron. OM mesotympanalis	0	10	7	0	17	-	0,41	0	1
Chron. OM adhaesiva	0	3	0	0	3	-	0	0	-
Sonstige	0	4	0	0	4	-	0	0	-

Horizontaler Bogengang									
Diagnose des Patienten	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
Cholesteatom	0	0	60	1	61	0	1	-	0,98
Chron. OM mesotympanalis	0	0	17	0	17	-	1	-	1
Chron. OM adhaesiva	0	0	3	0	3	-	1	-	1
Sonstige	0	0	4	0	4	-	1	-	1

Superiorer & Posteriorer Bogengang									
Diagnose des Patienten	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
Cholesteatom	0	0	61	0	61	-	1	-	1
Chron. OM mesotympanalis	0	0	17	0	17	-	1	-	1
Chron. OM adhaesiva	0	0	3	0	3	-	1	-	1
Sonstige	0	0	4	0	4	-	1	-	1

<b>N. facialis - labyrinthär</b>									
<b>Diagnose des Patienten</b>	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
Cholesteatom	0	0	6	0	60	-	1	-	1
Chron. OM mesotympanalis	0	0	17	0	17	-	1	-	1
Chron. OM adhaesiva	0	0	3	0	3	-	1	-	1
Sonstige	0	0	4	0	4	-	1	-	1

<b>N. facialis – tympanal</b>									
<b>Diagnose des Patienten</b>	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
Cholesteatom	4	6	36	7	53	0,36	0,86	0,4	0,84
Chron. OM mesotympanalis	4	0	9	1	14	0,8	1	1	0,9
Chron. OM adhaesiva	0	0	3	0	3	-	1	-	1
Sonstige	0	0	3	0	3	-	1	-	1

<b>N. facialis – mastoidal</b>									
<b>Diagnose des Patienten</b>	RP	FP	RN	FN	gesamt	SEN	SPE	PPV	NPV
Cholesteatom	0	0	5	0	5	-	1	-	1
Chron. OM mesotympanalis	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Chron. OM adhaesiva	0	0	0	0	0	-	-	-	-
Sonstige	0	0	0	0	0	-	-	-	-

## 12.2 Akademische Lehrer

Meine akademischen Lehrenden waren in Marburg in alphabetischer Reihenfolge die Damen und Herren:

Adamkiewicz	Hoyer	Preisig-Müller
Bartsch	Hundt	Renz
Baum	Kircher	Richter
Becker	König	Riera
Berger	Koolman	Knorrenschild
Bien	Leonhardt	Ruchholtz
Bremke	Lill	Sahmland
Burchert	Lohoff	Schieffer
Czubayko	Luers	Sekundo
Daut	Maier	Sommer
Feuser	Mayer-Anhalt	Stahl
Fuchs-Winkelmann	Moll	Steiniger
Görg	Moosdorf	Vogelmeier
Gress	Mueller	Wagner
Grundmann	Mutters	Waldmann
Göldner	Neubauer	Werner
Henke	Nimsky	Westermann
Hertl	Oertel	Wilhelm
Heverhagen	Opitz	Wulf
Hilt	Pagenstecher	
Hofmann	Plant	

## 12.3 Danksagung

Ich bedanke mich bei Herrn Prof. Dr. med. Boris A. Stuck für die Möglichkeit, diese Dissertation an der Klinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde des Universitätsklinikums Marburg durchzuführen.

Ein ganz besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. habil. Christian Güldner für die umfassende Betreuung dieser Arbeit. Er stand mir im gesamten Prozess der Promotion von der Einarbeitung in die Thematik bis zu den letzten Korrekturen stets mit großer Hilfsbereitschaft und Professionalität zur Seite. Vielen Dank für die Unterstützung bei sämtlichen inhaltlichen, technischen und methodischen Fragen, der Datenauswertung sowie allen Anregungen und Verbesserungsvorschlägen bei der Promotionschrift.

Ich danke der Poliklinik für Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde Marburg für die Ermöglichung der PC- und Software-Nutzung des DVT-Geräts.

Bei meinem Ehemann Philipp Schütz bedanke ich mich herzlich für seine Hilfe bei Fragen zu Layout und Form, seine Ermutigung und Treue im Mittragen dieser Arbeit.

Besonders danke ich meinen Eltern, die mir mein Medizinstudium ermöglichten und mich über die Jahre immer und auf allen Ebenen – nicht nur bei dieser Doktorarbeit – so treu und selbstverständlich unterstützt haben. Danke!