

Aus der Klinik für Orthopädie der Medizinischen Fakultät  
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

**Kurz- und mittelfristige Ergebnisse und Komplikationen  
der inversen Schulterprothese  
– eine Metaanalyse –**

**D i s s e r t a t i o n**

zur Erlangung des Doktorgrades

Dr. med.

(doctor medicinae)

an der Medizinischen Fakultät  
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

vorgelegt von Antonia Anna Lensing  
aus Karlsruhe  
Magdeburg 2013

1. Gutachter:
2. Gutachter:
3. Gutachter:

# INHALTSVERZEICHNIS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 EINLEITUNG</b> .....  | <b>1</b>  |
| <b>1.1 ZIEL DER ARBEIT</b> .....   | <b>5</b>  |
| <b>2 METHODIK</b> .....  | <b>6</b>  |
| <b>2.1 SYSTEMATISCHER AUFBAU EINER METAANALYSE</b> .....   | <b>6</b>  |
| <b>2.2 PROBLEMFORMULIERUNG</b> .....   | <b>6</b>  |
| <b>2.3 MEßVERFAHREN</b> .....  | <b>7</b>  |
| <b>2.4 EIN- UND AUSSCHLUSSKRITERIEN</b> .....  | <b>9</b>  |
| <b>2.5 LITERATURRECHERCHE</b> .....  | <b>9</b>  |
| 2.5.1 <i>MEDLINE (Medical Literature Analysis and Retrieval System Online)</i> .....   | <b>9</b>  |
| 2.5.2 <i>Suchbegriffe</i> .....  | <b>10</b> |
| <b>2.6 LITERATURAUSWAHL</b> .....  | <b>10</b> |
| <b>2.7 DATENEXTRAKTION</b> .....   | <b>10</b> |
| <b>2.8 DATENANALYSE</b> .....  | <b>12</b> |
| <b>3 ERGEBNISSE</b> .....  | <b>13</b> |
| <b>3.1 FUNKTIONELLE ERGEBNISSE</b> .....   | <b>13</b> |
| 3.1.1 <i>Durchschnitt des präoperativen versus des postoperativen absoluten CMS mit Auswertung der Verbesserung und Prüfung auf Signifikanz</i> .....  | <b>13</b> |
| 3.1.2 <i>Durchschnitt der Einzelwerte des CMS (Schmerz, Beweglichkeit, Aktivität, Kraft) präoperativ versus postoperativ mit Auswertung der Verbesserung und Prüfung auf Signifikanz</i> ..... | <b>14</b> |
| 3.1.2.1 <i>Ergebnis der Unterkategorie Schmerz</i> .....   | <b>15</b> |
| 3.1.2.2 <i>Ergebnis der Unterkategorie Aktivität im alltäglichen Leben</i> .....   | <b>15</b> |
| 3.1.2.3 <i>Ergebnis der Unterkategorie Beweglichkeit</i> .....   | <b>15</b> |
| 3.1.2.4 <i>Ergebnis der Unterkategorie Kraft</i> .....   | <b>15</b> |
| 3.1.3 <i>Durchschnitt bestimmter Bewegungsmaße präoperativ versus postoperativ mit Auswertung der Verbesserung und Prüfung auf Signifikanz</i> .....   | <b>16</b> |
| 3.1.3.1 <i>aktive anteriore Elevation (Flexion)</i> .....  | <b>16</b> |
| 3.1.3.2 <i>passive anteriore Elevation (Flexion)</i> .....   | <b>17</b> |
| 3.1.3.3 <i>aktive laterale Elevation (Abduktion)</i> .....   | <b>18</b> |
| 3.1.3.4 <i>aktive Außenrotation</i> .....  | <b>19</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.1.3.4.1 ER-1 (0° Abduktion) .....   | 19        |
| 3.1.3.4.2 ER-2 (90° Abduktion) .....  | 20        |
| 3.1.3.5 passive Außenrotation .....   | 20        |
| 3.1.3.5.1 ER-1 (0° Abduktion) .....   | 21        |
| 3.1.3.5.2 ER-2 (90° Abduktion) .....  | 21        |
| 3.1.3.6 Innenrotation .....   | 21        |
| 3.1.4 Veränderung einzelner Bewegungsausmaße in Abhängigkeit von der Indikation .....                               | 23        |
| <b>3.2 KOMPLIKATIONEN UND REVISIONEN .....</b>  | <b>23</b> |
| 3.2.1 Komplikationen der inversen Prothese .....  | 23        |
| 3.2.2 Revisionen der inversen Prothese .....  | 24        |
| <b>4 DISKUSSION .....</b>   | <b>26</b> |
| <b>4.1 DISKUSSION ZU DEN FUNKTIONELLEN ERGEBNISSE .....</b>   | <b>26</b> |
| 4.1.1 Diskussion zur grundsätzlichen Verbesserung durch die inverse Prothese .....                                  | 26        |
| 4.1.2 Diskussion zur Abhängigkeit der CMS – Verbesserung von Primäreingriff versus<br>vorherige Operation.....      | 28        |
| 4.1.3 Diskussion der Abhängigkeit der CMS - Verbesserung von der Indikation.....                                    | 29        |
| 4.1.4 Diskussion der Abhängigkeit der CMS – Verbesserung von verschiedenen Fabrikaten<br>der inversen Prothese..... | 31        |
| 4.1.5 Diskussion der Verbesserungen einzelner Bewegungsausmaße .....  | 31        |
| <b>4.2 DISKUSSION DER KOMPLIKATIONEN UND REVISIONEN.....</b>  | <b>33</b> |
| 4.2.1 Diskussion der Komplikationen .....   | 33        |
| 4.2.2 Diskussion der Revisionen .....   | 41        |
| <b>5 FAZIT.....</b>   | <b>42</b> |
| <b>6 ZUSAMMENFASSUNG .....</b>  | <b>44</b> |
| <b>7 ANHANG .....</b>   | <b>48</b> |
| <b>7.1 ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>   | <b>48</b> |
| <b>7.2 TABELLENVERZEICHNIS .....</b>  | <b>49</b> |
| ZUR LITERATURRECHERCHE VERWENDETE SUCHBEGRIFFE (TAB.3).....   | 50        |
| DARSTELLUNG DER EIN- UND AUSGESCHLOSSENEN ARTIKEL (TAB.4) .....   | 51        |
| FÜR DIE EINZELNEN FRAGESTELLUNGEN JEWEILS AUSGEWERTETE STUDIEN (TAB.5) .....  | 60        |
| EINZELHEITEN ZUM DISKUSSIONSPUNKT 4.1.3 (TAB.18).....   | 61        |

|  |    |
|--|----|
| <b>7.3 LITERATURVERZEICHNIS</b> .....        | 62 |
| <b>7.4 DANKSAGUNG</b> .....                  | 65 |
| <b>7.5 LEBENSLAUF</b> .....                  | 66 |
| <b>7.6 SELBSTSTÄNDIGKEITSERKLÄRUNG</b> ..... | 67 |

## 1 EINLEITUNG

Die Grundlagen für die moderne Schulterendoprothetik wurden in den 1950er Jahren durch Charles Neer gelegt. Er entwickelte die sog. Neer-I-Prothese, eine anatomische Prothese, welche hauptsächlich für die Versorgung von Oberarmkopffrakturen konzipiert war. Dieses Ursprungsmodell wurde im Laufe der Zeit oftmals modifiziert und verbessert. Die Ergebnisse einer anatomischen Prothese hängen jedoch sehr von der präoperativen Funktion der Schulter ab, wobei die Intaktheit der Rotatorenmanschette (RM) Voraussetzung ist.<sup>[1]</sup>

Diese Gegebenheiten sind bei degenerativen Prozessen des Schultergelenkes oftmals nicht vorhanden. Die Beobachtung, dass durch Implantation einer anatomischen Prothese ohne intakte Rotatorenmanschette weder Schmerzfreiheit noch eine gute Beweglichkeit zu erzielen war, führte zur Suche nach einem neuen Konzept.

„Den Patienten, welcher die Funktion verloren hat, interessiert das Design der Prothese, die implantiert wird, nicht, sondern allein die Effektivität der Wiederherstellung der verlorenen Funktion. Es ist nutzlos nach einer anatomischen Lösung zu suchen, wenn dieses sehr anatomische System in Ausfällen mündet“.<sup>[2]</sup>

Es war notwendig nach neuen Möglichkeiten zu suchen, unter Umständen auch die Anatomie zu verlassen und durch eine veränderte Biomechanik eine Lösung zu entwickeln.<sup>[2]</sup>

Paul Grammont entwickelte in den 1980er Jahren die sog. „Trompette“, den Prototypen der inversen Schulterprothese (Abb.1). Diese bestand lediglich aus einer Glenoidkomponente und einer konkaven Monoblock – Polyethylen – Humeruskomponente.



Abb.1 „Trompette“ von Paul Grammont

1991 erschien die erste Generation einer modularen Prothese, die sog. Delta III –

Prothese. Diese bestand aus 5 Komponenten: einer Glenoid – Basisplatte (Metaglène) mit einer Hemisphäre (Glenosphäre), einer Humerus – Metaphyse, einer Humerus – Diaphyse und einem Polyethyleninlay <sup>[2]</sup> (Abb. 2).



Abb.2 Komponenten der inversen Delta – Prothese; Humeruskomponente (H), Polyethyleninlay (P), Glenosphäre (G), Metaglène (M) <sup>[3]</sup>

Dieser Aufbau hat sich durchgesetzt und ist mit wenigen Veränderungen bis heute der Standard der inversen Schulterprothese.

Das Grundprinzip der inversen Prothese besteht darin, dass die anatomischen Verhältnisse umgekehrt werden (Abb.3), d.h. die Humeruskomponente bildet die Gelenkpfanne, während auf das Gelenoid ein Gelenkkopf aufgeschraubt wird. Durch dieses Prinzip wird das Drehzentrum des Gelenkes medialisiert und kaudalisiert, so dass sich der Hebelarm des M. deltoideus verlängert, wodurch die Funktion der Rotatorenmanschette weitgehend durch den M. deltoideus ersetzt werden kann.

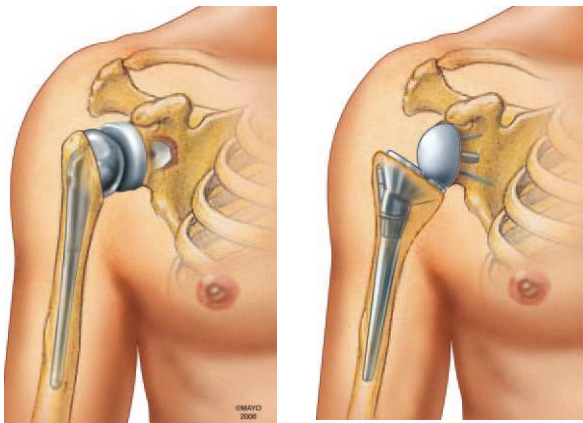


Abb.3 Abbildung der anatomischen (links) und der inversen (rechts) Schulterprothese <sup>[3]</sup>

Die vier Haupteigenschaften nach Paul Grammont für die Funktionsübernahme durch den M. deltoideus sind:

## 1. Die effektiven Hebelverhältnisse

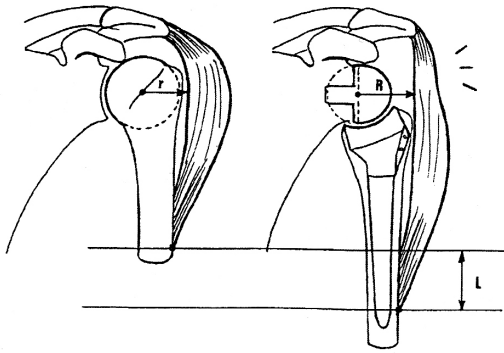


Abb.4 Hebelverhältnisse der inversen Schulterprothese <sup>[4]</sup>

Durch die Medialisierung des Drehzentrums ( $R < r$ ) und Kaudalisierung des Humerus gelingt es, den Hebelarm des M. deltoideus zu verlängern und eine Vorspannung im M. deltoideus zu erzeugen (Abb.4). Somit kann die Kraft des Muskels bereits zum Beginn der Bewegung effektiv an einem Hebel angreifen, so dass er Funktionen der Rotatorenmanschette teilweise übernehmen kann, insbesondere die des M. supraspinatus, der die Abduktion einleitet.

## 2. Fixation des Drehzentrums

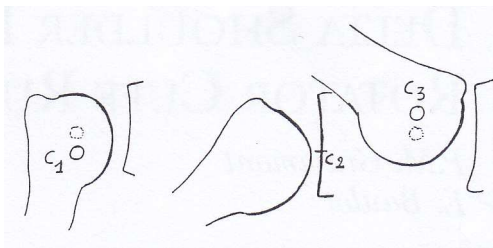


Abb.5a <sup>[1]</sup>

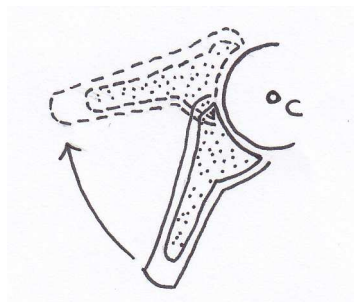


Abb.5b

In der Schulter bewegt sich während der Abduktion des Armes der Humeruskopf auf dem Glenoid. Hierbei verlagert sich das Drehzentrum ab einer Abduktion von  $60^\circ$  sehr schnell von einer Position ( $C_1$ ) in die andere ( $C_3$ ). Beide Punkte liegen nah am Zentrum des Humeruskopfes. Bei  $60^\circ$  Abduktion befindet sich das wahre Rotationszentrum im Kontaktpunkt mit dem Glenoid ( $C_2$ ) (Abb.5a). Insbesondere im Falle der Rotatorenmanschettenruptur verlagert sich das Drehzentrum nach kranial.

Bei der inversen Prothese bleibt das Drehzentrum (C) während der gesamten Abduktion fixiert und bietet somit konstante Drehverhältnisse (Abb.5b). Es befindet sich direkt an der Glenoid Knochen-Prothesen-Kontaktfläche und minimiert dadurch die Scherkräfte.<sup>[5]</sup>



### 3. Autostabilität der Prothese

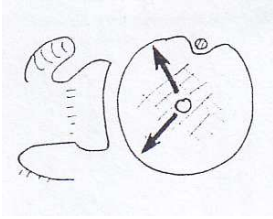


Abb.6a <sup>[1]</sup>

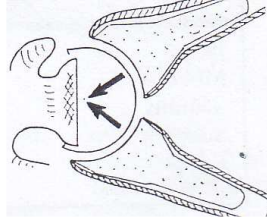


Abb.6b <sup>[1]</sup>

In der Schulter ist im Vergleich zum Humeruskopf das Glenoid klein und flach. Dadurch ist das Risiko von Dislokationen relativ hoch. Bei einer anterioren Flexion besteht ein Risiko der Dislokation nach dorsal, bei der Bewegung des Ellenbogens zum Körper hin das Risiko der Dislokation nach kranial und bei der Rückbewegung nach ventral. Das Dislokationsrisiko resultiert aus den Komponenten der Scherkräfte, welche im Gelenkspalt wirken (Abb.6a).

Bei der inversen Prothese bewirkt die Deltoidkontraktion Zentripetalkräfte, die in das Zentrum der Glenosphäre geleitet werden. Dies bewirkt die Autostabilität der inversen Prothese (Abb.6b). Des Weiteren passen die kongruenten Gelenkflächen definiert aufeinander, wodurch die Prothese halbgekoppelt ist.

### 4. Die Außenrotation

Die Außenrotation stellt ein theoretisches Problem für die inverse Prothese dar: der posteriore Anteil des M. deltoideus kann nur dann Funktion bei der externen Rotation übernehmen, wenn sich der Humerus in totaler Innenrotation befindet. Diese Eigenschaft verliert er aber bei zunehmender Außenrotation. Hier fällt die externe Rotation allein auf den M. teres minor zurück. Dieser Muskel ist aber in den meisten Fällen noch präsent und aktiv, so dass eine eingeschränkte Außenrotation meist noch möglich ist.<sup>[1]</sup>

## **1.1 Ziel der Arbeit**

Ziel dieser Arbeit ist es, einen Beitrag zur Beurteilung der inversen Schulterprothese in größerem Maßstab zu leisten. Trotz der steigenden Implantationszahlen ist es eine selten eingebaute Prothese, etwa im Vergleich zu Knie- oder Hüftendoprothesen. So stehen bisher nur kleine Patientenserien in den veröffentlichten Untersuchungsreihen zur Verfügung.

Konkrete Ziele waren daher vor allem das Zusammentragen und Auswerten der klinischen Ergebnisse, der radiologischen Analysen und der Komplikationen. In einer Metaanalyse werden einzelne Studien zu einer großen Fallzahl zusammengefasst. Die zusammengetragenen Ergebnisse werden aufgelistet, sortiert, gewichtet und statistisch ausgewertet. Auf Basis der Auswertung wurden die erreichten Effekte und Ansätze zur zukünftigen Vermeidung von Problemen und Komplikationen diskutiert.

## **2 METHODIK**

### **2.1 Systematischer Aufbau einer Metaanalyse**

Oftmals wird man in der Medizin bei der Frage nach Wirksamkeit und klinischem Outcome einer Intervention mit dem Problem konfrontiert, dass viele Studien zu dieser Thematik durchgeführt und veröffentlicht wurden. Diese Studien sind einzeln mitunter viel zu klein, um Therapieeffekte präzise statistisch nachweisen zu können.<sup>[6]</sup> Mittels der Metaanalyse lassen sich diese Studien statistisch kombinieren und somit die Präzision verbessern.

Die Durchführung der Metaanalyse wird dabei nach folgendem Muster vorgenommen:

1. Formulierung einer klaren Untersuchungsfrage
2. Festlegung der Ein- und Ausschlusskriterien
3. umfassende Literaturrecherche
4. Studienauswahl
5. Datenextraktion
6. Analyse und Auswertung der Daten
7. Ergebnisdarstellung

### **2.2 Problemformulierung**

Ursprünglich wurde die inverse Schulterprothese von Paul Grammont zur Behandlung von Rotatorenmanschettendefektarthropathien entwickelt. Bis zum heutigen Tag wurde die Indikationsbreite sehr ausgedehnt, so dass sie z.B. auch bei 3- und 4-part Frakturen des Humerus, nach Tumorresektionen, bei rheumatoider Arthritis und Humeruskopfnekrosen implantiert wird.

Gegenstand dieser Arbeit ist die Beantwortung der Frage: Wie sind die bis zum jetzigen Zeitpunkt gewonnenen klinischen Ergebnisse der inversen Prothese, welche Komplikationen treten auf, und wie häufig sind diese?

Hierfür werden vor allem solche Veröffentlichungen herangezogen, die Aussagen zum absoluten funktionellen Outcome, zu einem prä- und postoperativen Funktionsvergleich und zu postoperativ aufgetretenen Komplikationen beinhalten.

Da viele Studien eine relativ kleine Fallzahl aufweisen, werden die Ergebnisse der einzelnen Veröffentlichungen verglichen und durch geeignete statistische Verfahren

ausgewertet, so dass am Ende eine Aussage zum klinischen funktionellen Ergebnis und den Komplikationen der inversen Schulterprothese anhand einer großen Anzahl von Patienten getroffen werden kann.

### 2.3 Meßverfahren

Die quantitative Funktionsbeschreibung des Schultergelenkes erfolgt nach dem Score von Constant und Murley (CMS), welcher vor allem in Europa Verwendung findet. Dieser Score ist für jedes Patientenalter einsetzbar und hebt sich durch eine leichte Ausführbarkeit und einen geringen Zeitaufwand zur Erhebung der Daten hervor. Zudem bestehen keine Einschränkungen in seinem Anwendungsbereich, so dass er uneingeschränkt bei jeder Art der Schultererkrankung und nach jeder Intervention zur Funktionsbeurteilung herangezogen werden kann.<sup>[7]</sup>

Zur Erhebung des CMS werden folgende Kriterien beurteilt und mit Punktwerten versehen:

|  |                               |         |
|--|-------------------------------|---------|
| Pain (max.15 Punkte)                           | none                          | 15      |
|  | mild                          | 10      |
|  | moderate                      | 5       |
|  | severe                        | 0       |
| Power (max.25 Punkte)                          |                               | max. 25 |
| Activities of daily living<br>(max. 20 Punkte) | full work                     | 4       |
|  | full recreation/sport         | 4       |
|  | unaffected sleep              | 2       |
|  | Positioning                   |         |
|  | up to waist                   | 2       |
|  | up to xiphoid                 | 4       |
| up to neck                                     | 6                             |         |
| Up to top of head                              | 8                             |         |
| above head                                     | 10                            |         |
| Range of motion<br>(max. 40 Punkte)            | Forward elevation (flexion)   |         |
|  | 0-30°                         | 0       |
|  | 31-60°                        | 2       |
|  | 61 – 90°                      | 4       |
|  | 91 – 120°                     | 6       |
|  | 121-150°                      | 8       |
|  | 151-180°                      | 10      |
|  | Lateral elevation (abduction) |         |
|  | 0-30°                         | 0       |
|  | 31-60°                        | 2       |
| 61 – 90°                                       | 4                             |         |

|  |   |    |
|--|---|----|
|  | 91 – 120°                                     | 6  |
|  | 121-150°                                      | 8  |
|  | 151-180°                                      | 10 |
|  | External rotation                             |    |
|  | Hand behind head with elbow held forward      | 2  |
|  | Hand behind head with elbow held back         | 2  |
|  | Hand on top of head with elbow held forward   | 2  |
|  | Hand on top of head with elbow held back      | 2  |
|  | Full elevation from on top of head            | 2  |
|  | Internal rotation                             |    |
|  | Dorsum of hand to lateral thigh               | 0  |
|  | Dorsum of hand to buttock                     | 2  |
|  | Dorsum of hand to lumbosacral junction        | 4  |
|  | Dorsum of hand to waist (3rd lumbar vertebra) | 6  |
|  | Dorsum of hand to 12th dorsal vertebra        | 8  |
|  | Dorsum of hand to interscapular region (DV 7) | 10 |

Tab.1 Score nach Constant und Murley <sup>[8]</sup>

Die maximal erreichbare Punktzahl beträgt 100 Punkte. Dabei fallen die objektiven Daten (Schulterbewegungsumfänge und isometrische Schulterkraft) mit 65% mehr ins Gewicht, während die subjektiven (Schmerzausmaß und Möglichkeit der alltäglichen Aktivität) nur 35% des Wertes ausmachen.

Des Weiteren wurden die in den Veröffentlichungen beschriebenen radiologischen Befunde erfasst und in die Komplikationsliste aufgenommen. Wichtige Komplikation ist das Notching, welches folgendermaßen beurteilt wird:

|         |   |
|---------|---|
| Grade 0 | Kein Notching   |
| Grade 1 | Erosion lediglich der lateralen Scapula (geringes Notching)                               |
| Grade 2 | Erosion der lateralen Scapula mit sklerotischer Begrenzung, stabiler Status               |
| Grade 3 | Erosion bis zur inferioren Schraube, mit fortschreitender Entwicklung                     |
| Grade 4 | Erosion bis unter die Basisplatte der Metaglene als erstes Anzeichen von Glenoidlockerung |

Tab.2 Klassifizierungssystem des inferioren Scapula-Notching nach Nerot <sup>[9]</sup>

Ebenso wurden die, während der Nachuntersuchungen berichteten, klinischen Komplikationen erfasst und ausgewertet. Diese wurden immer als Häufigkeiten auf die Gesamtfallzahl der nachuntersuchten Patienten bezogen.

## **2.4 Ein- und Ausschlusskriterien**

Die Studienauswahl setzt die vorherige Bestimmung von Ein- und Ausschlusskriterien voraus. Dies dient der Vermeidung systematischer Verzerrung.

Eingeschlossen wurden Veröffentlichungen aufgrund folgender Kriterien:

- Primärstudien
- Fallserien, bei welchen die Patienten nach der Implantation der Prothese klinisch und radiologisch nachuntersucht wurden
- Verwendung des Score nach Constant und Murley zur Beurteilung der Schulterfunktion

Ausgeschlossen wurden Veröffentlichungen aufgrund folgender Kriterien:

- Einzelfallberichte, Übersichtsarbeiten
- nicht eindeutig quantifiziert auswertbare Studien
- Studien zum Prothesendesign und zur Biomechanik

## **2.5 Literaturrecherche**

Die Literaturrecherche orientierte sich an Fallberichten mit klinischer und radiologischer Nachbeobachtung. Hierfür herangezogen wurde die Recherche in der elektronischen Datenbank MEDLINE (Medical Literature Analysis and Retrieval System Online).

Für die Suche wurden als Rahmenbedingungen die unter 2.4 formulierten Ein- und Ausschlusskriterien angewandt. Diese Formulierung zielte darauf ab, die Fragestellung der Arbeit abzubilden.

Die Auswahl der Studien erfolgte unabhängig von den Sprachen der Veröffentlichungen. So wurden Artikel in deutscher, englischer und französischer Sprache eingeschlossen.

### 2.5.1 MEDLINE (Medical Literature Analysis and Retrieval System Online)

Die Literaturrecherche wurde über MEDLINE vorgenommen. Dabei handelt es sich um eine englischsprachige Datenbank mit wissenschaftlichen Veröffentlichungen im Bereich Medizin und ihren Randgebieten. Sie ist die größte biomedizinische Datenbank und wird von der amerikanischen National Library of Medicine (NLM) und des National Institutes of Health verwaltet. Quelle bei MEDLINE sind ca. 5200

biomedizinische Zeitschriften. Die Verschlagwortung geschieht über einen Thesaurus mit polyhierarchischer Struktur (Medical Subject Headings, **MeSH**). So kann die Suche entweder über MeSH-Terms erfolgen oder aber über Freitextsuche. Die Literatursuche bei MEDLINE erfolgte über die Benutzeroberfläche PubMed.

### 2.5.2 Suchbegriffe

Die verwendeten Suchbegriffe sind in Tab.3 im Anhang aufgelistet.

Insgesamt ergaben diese Suchbegriffe 790 Treffer. Durch Aussortieren der doppelten Artikel und dem Ausschluss allein anhand des Abstracts blieben letztendlich 97 potentiell relevante Veröffentlichungen zur Bestellung und zur näheren Begutachtung.

## **2.6 Literaturauswahl**

Nach der abgeschlossenen Recherche in der oben beschriebenen Quelle folgte die Auswahl der relevanten Studien, die in die Arbeit einfließen sollen. Die Begutachtung wurde in drei Schritten vorgenommen:

- Beurteilung des Titels
- Beurteilung des Abstracts
- Bewertung des Volltextes in Bezug der vorher festgelegten Ein- und Ausschlusskriterien

Die ein- und ausgeschlossenen Artikel sind im Anhang in Tab.4 dargestellt.

Von den insgesamt 790 gefundenen Veröffentlichungen auf 21 Suchbegriffe wurden 693 anhand des Abstracts bzw. durch doppeltes Auftreten ausgeschlossen. 97 Artikel waren potentiell relevant und wurden zur genaueren Begutachtung in Volltexten bestellt. Beim Durcharbeiten dieser Texte ergaben sich drei weitere Quellen, welche in die Auswertung einbezogen wurden. Nach Ausschluss der Studien gemäß den a priori festgelegten Kriterien, wurden die Daten der verbleibenden 36 Studien extrahiert.

## **2.7 Datenextraktion**

Im nächsten Schritt folgte die Datenextraktion aus den ausgewählten Studien. Hierfür wurde mit Hilfe von MS Excel® eine Extraktionstabelle für die relevanten Daten erstellt. Aus den einzelnen Studien wurden die folgenden Daten erfasst:

- Autor, Datum der Veröffentlichung
- Fallzahl, differenziert nach männlich und weiblich
- Länge der Nachbeobachtung in Monaten
- Zeitraum der Operationen
- Alter der Patienten
- Indikationen, differenziert nach primär und sekundär
- prä- und postoperativer CMS, Beweglichkeit und Schmerzangaben
- Revisionen / Reoperationen
- postoperative Komplikationen

Die in die Arbeit eingeflossenen Veröffentlichungen bieten Indikationsbegriffe von redundantem Charakter, welche zur Unterstützung der Übersichtlichkeit in Indikationsgruppen zusammengefasst wurden:

- Defektarthropathie:
  - Massive RM-Ruptur/-Defekt
  - RM-Arthropathie
  - Osteoarthritis + RM-Defekt
  - RM-Defekt + Pseudoparalyse
  - Omarthrose + komplette &/oder subtotale RM-Ruptur
  - RM-Arthropathie + präop. Acromialpathologie
- Revisionsarthroplastie:
  - Revisionsarthroplastie
  - Revision nach non-prothetischer Schulter-OP
  - Wechsel der Humeruskomponente
  - Revision einer Arthroplastie
  - Revision einer TEP oder Hemiarthroplastie
  - Revision einer Hemiarthroplastie + präop. Acromialpathologie
- Traumafolgen:
  - Humerusfraktur
  - Komplexe Fraktur
  - Splitterbruch
  - Dislokation
  - Folgeschaden einer proximalen Humerusfraktur



- Akute komplexe 3-/4-part Fraktur
- Posttraumatische Arthritis
- 4-part Fraktur mit Dislokation
- Rheumatoide Arthritis:
  - Rheumatoide Arthritis
  - Rheumatoide Arthritis + irreparabler RM-Defekt
  - Rheumatoide Arthritis + RM-Insuffizienz
- Schulterinstabilität
  - Chron. Luxation
  - Schulterinstabilität
- Humeruskopfnekrose
- Tumorresektion
- M. Paget

## 2.8 Datenanalyse

Nach numerischer Verschlüsselung der extrahierten Daten erfolgte die Datenanalyse mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS<sup>®</sup> (Statistical Products and Service Solutions). Dies ist das am weitesten verbreitete Anwendersystem zur statistischen Datenanalyse.

Zur Auswertung der Daten wurde der nichtparametrische Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben ausgewählt. Dabei handelt es sich um einen Rangsummentest.

Statistisch ausgewertet wurden:

- Durchschnitt des präoperativen absoluten CMS versus den postoperativen CMS mit Auswertung der Verbesserung und Prüfung auf Signifikanz
- Durchschnitt der Einzelwerte des CMS (Schmerz, Beweglichkeit, Aktivität, Kraft) präoperativ versus postoperativ mit Auswertung der Verbesserung und Prüfung auf Signifikanz
- Durchschnitt der einzelnen Bewegungsausmaße präoperativ versus postoperativ mit Auswertung der Verbesserung und Prüfung auf Signifikanz
- Prozentuale Anzahl der Komplikationen an der Gesamtheit der nachuntersuchten Patienten
- Häufigkeitsverteilung der einzelnen Komplikationen
- Häufigkeit der Revision / Reoperation

### 3 ERGEBNISSE

#### 3.1 funktionelle Ergebnisse

##### 3.1.1 Durchschnitt des präoperativen versus des postoperativen absoluten CMS mit Auswertung der Verbesserung und Prüfung auf Signifikanz

Zu der Auswertung der Veränderung des CMS zwischen dem Zustand vor der Operation und dem Zustand nach der Implantation der Schulterprothese kommen von den ursprünglich 36 ausgewerteten Artikeln nur 23 zum Einsatz, die eine vergleichende Aussage zulassen. Diese sind im Einzelnen in Tab.5 im Anhang aufgeführt. Die restlichen 13 Studien bieten für diesen Einsatz keine vollständigen Informationen.

Die 23 Studien liefern bei den Nachuntersuchungen eine Fallzahl von 1063 implantierten Schultern. Die durchschnittliche Nachuntersuchungszeit beläuft sich im Mittelwert auf 36,4 Monate (Min. 12 / Max. 84, Standardabweichung 14,9). Das Durchschnittsalter, welches allerdings nur bei 19 Studien bekannt ist, liegt im Mittelwert bei 68,6 Jahren (Min. 55 / Max. 75, Standardabweichung 5,7). Bei der Geschlechterverteilung (von 959 Patienten) überwiegt der weibliche Anteil mit 757 Patientinnen gegenüber 202 männlichen Patienten. Zur Seite, in welcher die Prothese implantiert wurde ist lediglich bei 249 Patienten eine Aussage möglich. Hierbei handelt es sich bei 57 Patienten um die rechte, bei 17 Patienten um die linke Schulter, bei 139 Patienten um die dominante und bei 36 Patienten um die nicht dominante Schulterseite. Die unterschiedlichen Indikationen, die zum Eingriff geführt haben und ihre Häufigkeit zeigt folgendes Verteilungsbild:

| Indikation             | Fallzahl |
|------------------------|----------|
| Defektarthropathie     | 675      |
| Revisionsarthroplastie | 223      |
| Traumafolgen           | 74       |
| Rheumatoide Arthritis  | 28       |
| Schulterinstabilität   | 3        |
| Humeruskopfnekrose     | 12       |
| Tumorsektion           | 6        |
| Sonstige               | 42       |
| Summe                  | 1063     |

Tab.6 Die Indikationen und ihre Häufigkeit bei der Veränderung des präoperativen versus postoperativen CMS

Die Auswertung der Veränderung des durchschnittlichen präoperativen versus des durchschnittlichen postoperativen absoluten Score nach Constant und Murley erbrachte

folgendes Ergebnis: präoperativ ergab der Mittelwert einen absoluten CMS von 21 Punkten (Min. 7 / Max. 30, Standardabweichung 5,5). Postoperativ zeigte sich eine Verbesserung des absoluten CMS auf 58,8 Punkte (Min. 41 / Max. 69, Standardabweichung 6,6). Diese Verbesserung um 37,8 Punkte, von 21 auf 58,8, ist mit einem  $p < 0,001$  hoch signifikant. Dies bedeutet, dass es durch die Implantation der inversen Prothese im Allgemeinen zu einer sehr guten Verbesserung in Bezug auf Schmerzen, Aktivität im alltäglichen Leben, Beweglichkeit und Kraft in der operierten Schulter kommt.

In wieweit sich diese Parameter im Einzelnen verändern - verbessern, gleich bleiben, verschlechtern – und ob diese Veränderung einen signifikanten Stellenwert einnehmen, wird im nächsten Punkt meiner Arbeit untersucht.

### 3.1.2 Durchschnitt der Einzelwerte des CMS (Schmerz, Beweglichkeit, Aktivität, Kraft) präoperativ versus postoperativ mit Auswertung der Verbesserung und Prüfung auf Signifikanz

Die Einzelwerte des Score nach Constant und Murley, nämlich der Schmerz, die Aktivität im alltäglichen Leben, die Beweglichkeit und Kraft des Schultergelenkes, werden im Folgenden anhand von 15 Studien untersucht. In den restlichen 21 Studien, von den insgesamt 36, die zur Verfügung stehen, findet sich keine Differenzierung des CMS in seine Einzelwerte. Die Studien, die in diesen Untersuchungspunkt einbezogen wurden, sind in Tab.5 im Anhang zu finden.

Aus den 15 Studien ergibt sich eine Fallzahl von insgesamt 603 Schultern, welche im Mittelwert eine Nachuntersuchungszeit von 39,7 Monaten (Min. 12 /Max 84, Standardabweichung 16,6) aufweisen. Das Durchschnittsalter, welches nur aus 11 Studien ermittelbar ist, liegt im Mittelwert bei 67,9 Jahren (Min. 55 / Max. 75, Standardabweichung 7,2). Von 527 Patienten ist das Geschlecht bekannt gegeben: 413 weibliche Patienten und 114 männliche Patienten. Die Implantationsseite (von 133 Patienten bekannt) war bei 22 Patienten die rechte, bei 12 Patienten die linke Schulter, bei 87 Patienten die dominante, bei 12 Patienten die nicht dominante Schulter. Folgende Indikationen und ihre Häufigkeit sind mit eingeflossen:

| Indikation             | Fallzahl |
|------------------------|----------|
| Defektarthropathie     | 403      |
| Revisionsarthroplastie | 95       |
| Traumafolgen           | 31       |
| Rheumatoide Arthritis  | 23       |
| Humeruskopfnekrose     | 12       |
| Sonstige               | 39       |
| Summe                  | 603      |

Tab.7 Die Indikationen und ihre Häufigkeit bei der Veränderung der Einzelwerte des präoperativen versus postoperativen CMS

### 3.1.2.1 Ergebnis der Unterkategorie Schmerz

Der präoperative CMS – Wert für Schmerz liegt im Mittelwert bei 3,4 (Min. 1 / Max. 5, Standardabweichung 1,0). Die Verbesserung des Wertes um 9,1 Punkte liefert einen postoperativen CMS – Wert für Schmerz von 12,5 (Min.11 / Max. 14, Standardabweichung 0,9). Diese Verbesserung ist mit  $p<0,001$  hoch signifikant.

### 3.1.2.2 Ergebnis der Unterkategorie Aktivität im alltäglichen Leben

Vor der Operation ergibt sich als Aktivitätswert des CMS ein Mittelwert von 5,8 (Min. 4 / Max. 8, Standardabweichung 1,1). Postoperativ steigt dieser Wert auf 14,8 (Min. 11 / Max. 18, Standardabweichung 1,6), d.h. es ist eine Verbesserung von 9,0 Punkten zu verzeichnen, welche mit  $p<0,001$  hoch signifikant ist.

### 3.1.2.3 Ergebnis der Unterkategorie Beweglichkeit

Bei der Beweglichkeit beträgt der präoperative CMS – Mittelwert 11,5 (Min. 5 / Max. 17, Standardabweichung 3,5). Der Mittelwert nach der Operation liegt bei 26,3 (Min. 20 / Max. 30, Standardabweichung 2,3), also ist eine Verbesserung um 14,8 Punkte zu verzeichnen. Auch diese Verbesserung des CMS ist mit  $p<0,001$  hoch signifikant.

### 3.1.2.4 Ergebnis der Unterkategorie Kraft

Bei der Auswertung der Kraftentwicklung wird eine hoch signifikante Verbesserung mit  $p<0,001$  erreicht. Präoperativ liegt der CMS – Mittelwert bei 2,3 (Min. 1 / Max. 5, Standardabweichung 1,3). Ein Zugewinn von 4,5 Punkten bringt einen postoperativen Mittelwert von 6,8 (Min. 3 / Max. 13, Standardabweichung 2,2).

Diese Ergebnisse zeigen, dass jede Komponente des CMS für sich selbst eine hoch signifikante Verbesserung gegenüber dem präoperativen Zustand aufweist. Hierbei

sticht vor allem die Verbesserung der Beweglichkeit um 14,8 Punkte des CMS hervor. Die Schmerzverbesserung und die Verbesserung der Aktivität im alltäglichen Leben, die subjektiven Parameter des CMS also, verzeichnen auch einen großen postoperativen Zugewinn von 9,1 bzw. 9,0 Punkten. Als zwar immer noch hoch signifikante Verbesserung, allerdings mit dem geringsten Zuwachs von nur 4,5 Punkten, wird die Verbesserung der Kraft in der operierten Schulter angegeben.

### 3.1.3 Durchschnitt bestimmter Bewegungsausmaße präoperativ versus postoperativ mit Auswertung der Verbesserung und Prüfung auf Signifikanz

Nach den Ergebnissen von Punkt 3.1.3 erzielt die Beweglichkeit den besten Funktionszugewinn. Allerdings setzt sich die Bemessung der Beweglichkeit im CMS aus 4 Komponenten zusammen. Diese sind 1. die anteriore Elevation (Flexion), 2. die lateralen Elevation (Abduktion), 3. die Außenrotation und 4. die Innenrotation. Darum müssen diese einzelnen Komponenten getrennt voneinander begutachtet werden, um eine differenzierte Aussage zur Veränderung machen zu können.

Im Folgenden werden diese einzelnen Komponenten jeweils vor und nach der Operation miteinander verglichen, die Veränderung ausgewertet und auf Signifikanz überprüft. Dies geschieht anhand der bei der Bewegung erlangten Gradausmaße. Die Bewegungsausmaße werden nach der sog. Neutral – Null – Methode bestimmt. Diese Methode ist in der Orthopädie ein standardisiertes Verfahren zur Beurteilung der Beweglichkeit in den einzelnen Gelenken. Dabei ist die Ausgangslage der Bestimmung die neutrale Position (0° Position). Die maximale Auslenkung in jede Bewegungsrichtung des Gelenkes wird in Winkelgraden angegeben.

#### 3.1.3.1 aktive anteriore Elevation (Flexion)

Lediglich 12 von den zur Verfügung stehenden 36 Studien, geben Auskunft über die präoperative und postoperative Situation bezüglich der aktiven anterioren Elevation. Diese Quellen sind in Tab.5 im Anhang zu finden. Daraus ergibt sich eine Fallzahl von 771 Schultern, welche eine Nachuntersuchungszeit im Mittelwert von 36,9 Monaten (Min. 14 / Max. 84, Standardabweichung 17,8) aufweisen. Der Mittelwert des durchschnittlichen Alters beläuft sich auf 70,1 Jahre (Min. 65 / Max. 75, Standardabweichung 2,9), welcher sich aus den Angaben von 12 Studien zusammensetzt. Die Geschlechterverteilung weist einen deutlichen Überhang zum weiblichen Geschlecht auf, so sind von 690 Patienten 543 weiblichen und 147

männlichen Geschlechtes. Bei 161 Prothesen ist die implantierte Seite bekannt gegeben worden, dabei handelt es sich bei 29 Patienten um die rechte Schulter, bei 9 Patienten um die linke Schulter, bei 88 Patienten um die dominante und bei 35 Patienten um die nicht dominante Seite. Insgesamt gibt es für diesen Punkt 17 verschiedene Indikationen, die im Folgenden mit Bezug auf ihre Häufigkeit aufgelistet werden:

| Indikation             | Fallzahl |
|------------------------|----------|
| Defektarthropathie     | 461      |
| Revisionsarthroplastie | 171      |
| Traumafolgen           | 43       |
| Rheumatoide Arthritis  | 22       |
| Schulterinstabilität   | 3        |
| Tumorresektion         | 6        |
| M. Paget               | 1        |
| Sonstige               | 64       |
| Summe                  | 771      |

Tab.8 Die Indikationen und ihre Häufigkeit bei der Veränderung der aktiven anterioren Elevation

Bei der Auswertung der aktiven anterioren Elevation ergab sich präoperativ ein Mittelwert von 59,1° (Min. 20° / Max. 84°, Standardabweichung 18,9). Postoperativ verbesserte sich dieser Wert auf 118,9° (Min. 90° / Max. 141°, Standardabweichung 16,6). Dies bedeutet mit einem  $p < 0,001$ , dass diese Verbesserung um 59,8° hoch signifikant ist.

### 3.1.3.2 passive anteriore Elevation (Flexion)

Die passive anteriore Elevation wird in 4 Studien, prä- und postoperativ vergleichend, behandelt (Quellen s.Tab.5 im Anhang). Es steht dadurch eine Fallzahl von 477 Prothesen zur Verfügung. Diese haben eine Nachuntersuchungszeit von im Mittelwert 38,8 Monaten (Min. 14 / Max. 59, Standardabweichung 17,0). Der Mittelwert des Altersdurchschnitts liegt bei 70,6 Jahren (Min. 68 / Max. 73, Standardabweichung 2,3). Es handelt sich um 367 weibliche und 92 männliche Patienten, zu den restlichen 18 Patienten liegen keine Informationen vor. Für 63 implantierte Prothesen gibt es eine Aussage zur Implantationsseite, dabei handelt es sich bei 49 Patienten um die dominante und bei 14 Patienten um die nicht dominante Schulter. Die unterschiedlichen Indikationen, die zum Eingriff geführt haben, und ihre Häufigkeit zeigt folgendes Verteilungsbild:

| Indikation             | Fallzahl |
|------------------------|----------|
| Defektarthropathie     | 305      |
| Revisionsarthroplastie | 116      |
| Traumafolgen           | 38       |
| Rheumatoide Arthritis  | 5        |
| Schulterinstabilität   | 3        |
| Tumoresektion          | 6        |
| M. Paget               | 1        |
| Sonstige               | 3        |
| Summe                  | 477      |

Tab.9 Die Indikationen und ihre Häufigkeit bei der Veränderung der passiven anterioren Elevation

Die Auswertung der passiven anterioren Elevation ergibt präoperativ ein Bewegungsausmaß im Mittelwert von 121,8° (Min. 111° / Max. 130°, Standardabweichung 8,2) und postoperativ von 135,9° (Min. 121° / Max. 146°, Standardabweichung 10,8). Dies ist lediglich eine Verbesserung von 14,1°, welche mit einem  $p > 0,05$  auch nicht signifikant ist.

### 3.1.3.3 aktive laterale Elevation (Abduktion)

Angaben für den Vergleich zwischen der Beweglichkeit vor und nach der Implantation finden sich in 7 Studien (Quellen s.Tab.5 im Anhang). Daraus ergibt sich eine Fallzahl von 352 implantierten Schulterprothesen. Im Mittelwert beträgt die durchschnittliche Nachuntersuchungszeit 34,7 Monate (Min. 24 / Max. 42, Standardabweichung 7,6), das Durchschnittsalter, welches aus 4 Artikeln bekannt ist, im Mittelwert 69,6 Jahre (Min. 65 / Max. 74, Standardabweichung 4,3). Über 279 Patienten liegt eine Information über das Geschlecht vor, wonach es sich um 218 weibliche Patienten und um 61 männliche Patienten handelt. Von den bekannten 95 Implantationsseiten handelt es sich in 29 Fällen um die rechte, in 9 Fällen um die linke Schulter, bei 52 Patienten ist die dominante Seite, bei 5 Patienten die nicht dominante Seite betroffen. Die verschiedenen Indikationen und ihre Häufigkeiten beinhaltet die folgende Tabelle:

| Indikation             | Fallzahl |
|------------------------|----------|
| Defektarthropathie     | 169      |
| Revisionsarthroplastie | 69       |
| Traumafolgen           | 31       |
| Rheumatoide Arthritis  | 17       |
| Sonstige               | 66       |
| Summe                  | 352      |

Tab.10 Die Indikationen und ihre Häufigkeit bei der Veränderung der aktiven lateralen Elevation

Vor der Implantationsoperation ergibt sich ein Mittelwert der aktiven lateralen Elevation

von 63,2° (Min. 40° / Max. 86°, Standardabweichung 16,4). Dies ist ein gegenüber nach der Operation um 56,2° schlechteres Bewegungsausmaß. Denn postoperativ ist eine Verbesserung auf einen Mittelwert von 119,4° (Min. 85° / Max. 138°, Standardabweichung 22,7) zu verzeichnen. Dieses Ergebnis stellt mit  $p=0.018$  eine signifikante Verbesserung dar.

#### 3.1.3.4 aktive Außenrotation

Bei der Außenrotation werden zwei Positionen des Armes unterschieden. Die sog. ER-1, d.h. der Arm befindet sich in 0° Abduktion, so dass sich der Ellenbogen an der Seite des Körpers befindet. Die zweite Position ist die sog. ER-2, bei welcher der Arm um 90° abduziert wird.

##### 3.1.3.4.1 ER-1 (0° Abduktion)

Von den 36 zur Verfügung stehenden Veröffentlichungen kommen für die Untersuchung der Veränderung der aktiven Außenrotation in 0° Abduktion 6 Studien in Frage. Diese sind im Einzelnen in Tab.5 im Anhang aufgeführt. Es steht eine Fallzahl von 766 implantierten inversen Schulterprothesen zur Verfügung. Es lässt sich eine durchschnittliche Nachuntersuchungszeit im Mittelwert von 36,5 Monaten (Min. 19 / Max. 47, Standardabweichung 10,7) errechnen. Für das Durchschnittsalter, welches in 5 Studien angegeben wird, liegt der Mittelwert bei 71,6 Jahren (Min. 65 / Max. 75, Standardabweichung 3,9). Es handelt sich um 556 Frauen und um 147 Männer, diese Angaben sind zu 703 Patienten gemacht worden. Von 21 Patienten ist auch die Seite der Implantation bekannt. Es ist bei 20 Patienten die rechte Seite, bei einem Patienten die linke. Die unterschiedlichen Indikationen, die zum Eingriff geführt haben und ihre Häufigkeit, zeigt folgendes Verteilungsbild:

| Indikation             | Fallzahl |
|------------------------|----------|
| Defektarthropathie     | 500      |
| Revisionsarthroplastie | 139      |
| Traumafolgen           | 66       |
| Rheumatoide Arthritis  | 5        |
| Schulterinstabilität   | 3        |
| Tumoresektion          | 6        |
| Sonstige               | 47       |
| Summe                  | 766      |

Tab.11 Die Indikationen und ihre Häufigkeit bei der Veränderung der aktiven Außenrotation (ER-1)

Die aktive Außenrotation in 0° Abduktion erbringt präoperativ einen Mittelwert von



10,9° (Min. 4° / Max. 17°, Standardabweichung 5,1). Postoperativ verbessert sich dieser Bewegungsumfang zwar auf 15,9° (Min. 6° / Max. 29°, Standardabweichung 8,6), also um 5°, stellt allerdings mit  $p > 0,05$  eine nicht signifikante Verbesserung dar.

#### 3.1.3.4.2 ER-2 (90° Abduktion)

Über die aktive Außenrotation in 90° Abduktion findet man Informationen in 4 Studien, welche im Einzelnen im Anhang in Tab.5 aufgezeigt werden. In diesen Studien beläuft sich die Fallzahl auf insgesamt 701 Schultern, welche eine durchschnittliche Nachuntersuchungszeit von im Mittelwert 38,6 Monaten (Min. 19 / Max. 47, Standardabweichung 11,2) aufweisen. Das Durchschnittsalter, welches von 4 Studien bekannt ist, liegt im Mittelwert bei 73,3 Jahren (Min. 72 / Max. 75, Standardabweichung 1,2). In den Studien erwähnt wird das Geschlecht von 682 Patienten, dies sind 542 weibliche und 140 männliche Patienten. Aussagen zur Seite der Implantation sind in keiner Studie enthalten. Die Häufigkeit der diversen Indikationen zeigt die folgende Tabelle:

| Indikation             | Fallzahl |
|------------------------|----------|
| Defektarthropathie     | 500      |
| Revisionsarthroplastie | 118      |
| Traumafolgen           | 66       |
| Rheumatoide Arthritis  | 5        |
| Schulterinstabilität   | 3        |
| Tumorsektion           | 6        |
| Sonstige               | 3        |
| Summe                  | 701      |

Tab.12 Die Indikationen und ihre Häufigkeit bei der Veränderung der aktiven Außenrotation (ER-2)

Vor der Implantation der inversen Prothese wird ein Mittelwert von 23,9° (Min. 17° / Max. 34°, Standardabweichung 6,7) bei der aktiven Außenrotation in 90° Abduktion erzielt. Mit implantierter Prothese 43,7° (Min. 39° / Max. 52°, Standardabweichung 5,7), d.h. eine Verbesserung um 19,8°. Mit einem  $p = 0,043$  ist diese Verbesserung signifikant.

#### 3.1.3.5 passive Außenrotation

Auch bei der passiven Außenrotation werden die unter Punkt 3.1.3.4 erklärten zwei Positionen des Armes unterschieden.

Das Patientenkollektiv zur Untersuchung der passiven Außenrotation bezieht sich sowohl für die Position ER-1 als auch ER-2 auf die selben 2 Studien, welche im Anhang

in Tab.5 im Einzelnen genannt sind. Damit wird eine Fallzahl von insgesamt 414 Schultern zu dieser Fragestellung untersucht. Diese schließen eine durchschnittliche Nachuntersuchungszeit im Mittelwert von 45,8 Monaten (Min. 45 / Max. 47, Standardabweichung 1,8) ein. Das durchschnittliche Alter der Patienten bildet einen Mittelwert von 72,4 Jahren (Min. 72 / Max. 73, Standardabweichung 0,6). Bei der Geschlechterverteilung, die von 400 Patienten bekannt ist, überwiegt der weibliche Anteil mit 323 Patientinnen im Vergleich zum männlichen Anteil mit 77 Patienten. Es liegt keine Aussage zur Seite der Implantation vor. Zur Operation haben verschiedene Indikationen geführt, welche mit ihren Häufigkeiten in folgender Tabelle aufgeführt sind:

| Indikation             | Fallzahl |
|------------------------|----------|
| Defektarthropathie     | 286      |
| Revisionsarthroplastie | 73       |
| Traumafolgen           | 38       |
| Rheumatoide Arthritis  | 5        |
| Schulterinstabilität   | 3        |
| Tumoresektion          | 6        |
| Sonstige               | 3        |
| Summe                  | 414      |

Tab.13 Die Indikationen und ihre Häufigkeit bei der Veränderung der passiven Außenrotation (ER-1& ER-2)

#### 3.1.3.5.1 ER-1 (0° Abduktion)

Der durchschnittliche Bewegungsumfang vor der Operation umfasst im Mittelwert 23,5° (Min. 23° / Max. 24°, Standardabweichung 0,7). Postoperativ verbessert sich dieser Umfang zwar auf 29,5° (Min. 27° / Max. 32°, Standardabweichung 3,5), d.h. um 6°. Allerdings ist diese Verbesserung mit  $p > 0,05$  nicht signifikant.

#### 3.1.3.5.2 ER-2 (90° Abduktion)

Die passive Außenrotation in 90° Abduktion liefert präoperativ einen Mittelwert von 47,0° (Min. 45° / Max. 49°, Standardabweichung 2,8). Sie verbessert sich nach der Operation um 17,5°, also auf 64,5° (Min. 62° / Max. 67°, Standardabweichung 3,5). Auch diese Verbesserung mit  $p > 0,05$  ist nicht signifikant.

#### 3.1.3.6 Innenrotation

Die Innenrotation wird bei 6 Studien (Quellen s. Tab.5 im Anhang) prä- und postoperativ verglichen. Diese 6 Studien liefern eine Fallzahl von 644 operierten

Schultern, welche im Mittelwert eine durchschnittliche Nachuntersuchungszeit von 40,8 Monaten (Min. 26 / Max. 50°, Standardabweichung 8,3) aufweisen. Das Durchschnittsalter der Patienten, das in 4 Studien genannt wird, liegt im Mittelwert bei 71,6 Jahren (Min. 70 / Max. 72, Standardabweichung 1,0). Von 604 Patienten liegen Informationen zum Geschlecht vor, so sind 483 Frauen und 121 Männer eingeschlossen. Bei den 87 Implantationsseiten, die erwähnt werden, handelt es sich bei 56 Patienten um die dominante und bei 22 Patienten um die nicht dominante Schulter. Die Indikationen und deren Häufigkeiten sind wie folgt verteilt:

| Indikation             | Fallzahl |
|------------------------|----------|
| Defektarthropathie     | 355      |
| Revisionsarthroplastie | 179      |
| Traumafolgen           | 71       |
| Rheumatoide Arthritis  | 5        |
| Schulterinstabilität   | 3        |
| Tumorsektion           | 6        |
| Sonstige               | 25       |
| Summe                  | 644      |

Tab.14 Die Indikationen und ihre Häufigkeit bei der Veränderung der Innenrotation

Da das Ausmaß der Innenrotation nicht in Gradeinteilungen, sondern anhand der noch erreichten Höhenlevel der Wirbelsäule erfolgt, lässt sich diese Veränderung nicht auf Signifikanz prüfen.

Präoperativ erlangten 428 Patienten das S1-Level, 191 Patienten das L5-Level, 3 Patienten das L4-Level und 22 Patienten das L3-Level. Postoperativ erreichten noch 93 Patienten das S1-Level, 337 Patienten das L5-Level und 213 Patienten das L4-Level.

Der Vergleich zwischen dem präoperativen und dem postoperativen Bewegungsausmaß zeigt eine deutliche Umverteilung der Häufigkeiten des erreichten Levels. So lag präoperativ die mit Abstand am häufigsten erlangte Wirbelsäulenhöhe beim S1-Level, postoperativ aber beim L5-Level. Allerdings erlangten einige Patienten präoperativ sogar noch das L3-Level, welches postoperativ von niemandem mehr erreicht wird.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Beweglichkeit im Gesamten zwar eine enorme Verbesserung der postoperativen gegenüber der präoperativen Situation darstellt, die einfließenden Parameter im Einzelnen jedoch sehr unterschiedliche Ergebnisse aufweisen. Alle Parameter erreichen eine Verbesserung, deren Ausmaß allerdings sehr variabel ist. So zeigt als einzige die aktive anteriore Elevation eine hoch signifikante Verbesserung. Die aktive laterale Elevation und die Außenrotation in 90°

Abduktion zeigen eine signifikante Verbesserung, während man bei der passiven anterioren Elevation, der aktiven und passiven Außenrotation in 0° Abduktion und der passiven Außenrotation in 90° Abduktion keine signifikante Verbesserung verzeichnen kann. Die Innenrotation zeigt in sich bivalente Ergebnisse. Zwar verbessert sich das Bewegungsausmaß vor allem für diejenigen Patienten, die präoperativ eine schlechte Innenrotation aufwiesen (S1- & L5-Level), jedoch verschlechtern sich auch die Ergebnisse bei denjenigen Patienten, die präoperativ noch relativ gute Bewegungsausmaße aufwiesen (L3-Level).

#### 3.1.4 Veränderung einzelner Bewegungsausmaße in Abhängigkeit von der Indikation

Ursprünglich war eine Auswertung der Veränderung der präoperativen versus postoperativen einzelnen Bewegungsausmaße in Abhängigkeit der Indikation geplant. Aufgrund der Datenlage, in welcher keine Ergebnisse nach der Indikation differenziert sind, ist eine solche Auswertung nach dem Einfluss der Indikation auf die Veränderung der einzelnen Bewegungsausmaße allerdings nicht möglich.

### **3.2 Komplikationen und Revisionen**

#### 3.2.1 Komplikationen der inversen Prothese

Für die Untersuchung der Komplikationen sind alle 36 Studien herangezogen worden (Quellen s. Tab.5 im Anhang). Aus diesen ergibt sich eine Grundgesamtheit von 1441 implantierten und nachuntersuchten inversen Prothesen. Aufgenommen wurden alle berichteten Komplikationen, es sei denn sie sind Folge traumatischer Ereignisse oder durch Fehlverhalten der Patienten verschuldet. Wurden keine Komplikationen berichtet, wurde davon ausgegangen, dass in diesen Studien keine Komplikationen auftraten. Insgesamt werden bei den 1441 implantierten inversen Prothesen 1018 Komplikationen berichtet. Dies entspricht einer Komplikationsrate von 70,7%. Die chronologische Einordnung des Auftretens der einzelnen Komplikationen war aus den vorliegenden Daten nicht möglich. Im Einzelnen handelt es sich um folgende Komplikationen:

| Komplikation                       | absolute Häufigkeit | prozentuale Häufigkeit |
|------------------------------------|---------------------|------------------------|
| Scapula-Notching                   | 660                 | 64,8 %                 |
| Ossifikationen                     | 127                 | 12,5%                  |
| Infektionen (oberfl.&tief)         | 44                  | 4,3%                   |
| Luxation                           | 42                  | 4,1%                   |
| Glenoidkomponenten-Lockerung       | 35                  | 3,4%                   |
| Hämatom                            | 19                  | 1,9%                   |
| sek. Tuberkelverlagerung           | 19                  | 1,9%                   |
| Nervenläsion                       | 10                  | 1,0%                   |
| diverse Kompl. mit Häufigkeit < 10 | 62                  | 6,1%                   |

Tab.15 Die häufigsten Komplikationen

Es zeigt sich sehr deutlich, dass mit Abstand die häufigste Komplikation das Scapula-Notching ist. Hier ist es unbedingt nötig zu untersuchen, wodurch dieses bedingt wird, und wie man es in Zukunft vermeiden kann, um dieser Komplikation aus dem Wege zu gehen. Die 660 Fälle des Notchings lassen sich noch unterteilen in 188 x Grad 1, 145 x Grad 2, 99 x Grad 3, 51 x Grad 4 und 177 Fälle ohne Angabe von Schweregraden. Auch Ossifikationen spielen eine Rolle, wobei diese meist lediglich ein radiologischer Zufallsbefund sind und die Funktion der implantierten inversen Prothese nicht weiter beeinflussen. Eine zwar immer wieder beobachtete, aber mit 3,4% nicht häufig berichtete Komplikation stellt die Lockerung der Glenoidkomponente dar, wobei sich die 35 berichteten Fälle in 17 nicht weiter erläuterte Glenoidkomponenten-Lockerungen, 16 Glenosphären-Lockerungen, eine Metaglène-Lockerung und eine septische Glenoidkomponenten-Lockerung aufsplitten lassen. Komplikationen der Operation, wie z.B. das Hämatom, die Infektion oder auch die Nervenläsion, kommen natürlich vor, sind aber keine spezifischen Komplikationen der Prothese an sich.

### 3.2.2 Revisionen der inversen Prothese

Auch die Auswertung der Revisionen wird auf die Gesamtheit der implantierten inversen Prothesen der 36 Veröffentlichungen bezogen (Quellen s. Tab.5 im Anhang). Daraus ergibt sich wieder eine Grundgesamtheit von 1441 implantierten Prothesen. Eingeschlossen wurden alle berichteten Revisionen, welche in der Summe eine Anzahl von 96 lieferten, d.h. bezogen auf die 1441 Fälle eine Rate von 6,7%. Aufschluss über die Gründe, welche zur erneuten Operation führten, waren lediglich in 57 Fällen erwähnt, die restlichen 39 blieben ohne genauere Angaben. Im Folgenden werden die häufigsten Revisionsgründe aufgeführt:

| Revisionsgrund  | absolute Häufigkeit | prozentuale Häufigkeit |
|---|---------------------|------------------------|
| Infektion   | 22                  | 22,5%                  |
| Glenoid-, Glenosphärenlockerung                       | 15                  | 15,6%                  |
| Luxation  | 9                   | 9,4%                   |
| Humeruskomponenten-Lockerung                          | 4                   | 4,2%                   |
| Sonstige Revisionsgründe mit absoluter Häufigkeit < 4 | 7                   | 7,3%                   |
| keine Angaben vorhanden                               | 39                  | 40,6%                  |

Tab.16 Die häufigsten Gründe für Revisionen

Man erkennt deutlich, dass die Datenlage zu den Gründen, welche eine Revision erfordern, dürftig ist. Eine Vielzahl von Komplikationen kann zu Revisionen führen, allerdings ist in der Literatur nur für etwas mehr als die Hälfte der tatsächlich durchgeführten Revisionen eine Angabe zum Grund vorhanden. Bei den angegebenen Gründen überwiegen Infektionen, Lockerungen der Glenoidkomponente und Luxationen.

Eine Abhängigkeit der Komplikation bzw. der Notwendigkeit einer Revision von der Indikation zur Implantation der inversen Schulterprothese kann aufgrund der undifferenzierten Datenlage nicht hergestellt werden.

## 4 DISKUSSION

### 4.1 Diskussion zu den funktionellen Ergebnisse

Die Grundlage der Untersuchungen dieser Arbeit stellt eine Gesamtheit von 1441 implantierten und nachuntersuchten inversen Prothesen, zusammengefasst aus 36 Studien, dar. Es ist nicht möglich, alle Untersuchungsaspekte auf diese Gesamtheit zu beziehen, da die Informationen der einzelnen Fragestellungen nicht aus jeder Studie zu erhalten sind. So können in den Einzelfällen nur Teile dieser Gesamtfallzahl zur Betrachtung herangezogen werden. Diese Fallzahlen schwanken zwischen 352 und 1063, sind aber im Einzelnen immer noch größere betrachtete Mengen als in den zu Grunde liegenden Einzelstudien.

#### 4.1.1 Diskussion zur grundsätzlichen Verbesserung durch die inverse Prothese

Durch die Erhebung des Score nach Constant und Murley wird ein Abbild des Zustandes des Patienten hinsichtlich der Funktion seines Schultergelenkes erstellt. Dies ermöglicht sowohl die objektiven (Schulterbewegungsumfänge und isometrische Schulterkraft) als auch die subjektiven (Schmerzausmaß und Aktivität im alltäglichen Leben) Wahrnehmungen in Zahlenwerten auszudrücken und somit vergleichbar zu machen. Dadurch ist es möglich die Einzelwerte vor und nach der Operation miteinander zu vergleichen, funktionelle Stärken und Schwächen der Prothese herauszuarbeiten und Ansätze zur Verbesserung zu erforschen.

Das Hauptkriterium zur Implantation der inversen Schulterprothese ist, dass die Rotatorenmanschette einen partiellen oder kompletten Defekt aufweist, sei es durch degenerative oder durch traumatische Ursachen. Somit sind die Bewegungsumfänge und die Schulterkraft des Gelenkes erheblich eingeschränkt, was zwangsläufig eine deutliche Einschränkung im alltäglichen Leben mit sich bringt. Des Weiteren spielt die Schmerzkomponente eine große Rolle. Dies (Schmerz und deutliche Einschränkungen im alltäglichen Leben) führt zu hohem Leidensdruck des Patienten. Es sind die Hauptgründe, weshalb der Patient beim Arzt vorstellig wird und nach einer geeigneten Therapie sucht. Dadurch, dass bei der inversen Prothese die meisten Funktionen durch den M. deltoideus übernommen werden können und nicht durch die Muskeln der Rotatorenmanschette, verbessern sich sowohl Beweglichkeit als auch Schulterkraft und der Patient bemerkt eine wesentliche Verbesserung in der Bewältigung seines Alltages.

Dies spiegelt sich nicht nur in der Verbesserung des erhobenen postoperativen CMS im Vergleich zum präoperativen CMS wider, sondern äußert sich auch explizit in den Umfragen der Patienten zu ihrer Zufriedenheit.

Der Vergleich des präoperativen und des postoperativen CMS zeigt sowohl generell als auch in allen Unterkategorien eine hoch signifikante Verbesserung mit einem  $p < 0,001$ . So entwickelt sich der absolute CMS von präoperativ insgesamt 21 Punkten auf postoperativ 58,8 Punkte. Im Einzelnen bedeutet dies bezüglich der Schmerzen eine Verbesserung von präoperativ 3,4 Punkten auf postoperativ 12,5 Punkte, bezüglich der Aktivität des alltäglichen Lebens von präoperativ 5,8 Punkten auf postoperativ 14,8 Punkte, bezüglich der Beweglichkeit von präoperativ 11,5 Punkten auf postoperativ 26,3 Punkte und bezüglich der Kraft von präoperativ 2,3 Punkten auf postoperativ 6,8 Punkte.

Einige der Studien, welche in diese Arbeit einfließen, führen zusätzlich zu den erhobenen Ergebnissen Patientenumfragen zur individuellen Zufriedenheit mit dem Ergebnis der Implantation der inversen Prothese durch. Folgendes Verteilungsbild ergibt sich dabei:

| Autor                          | sehr zufrieden | zufrieden | mäßig zufrieden | nicht zufrieden |
|--------------------------------|----------------|-----------|-----------------|-----------------|
| Boileau et al <sup>[10]</sup>  | 34             |           |                 | 5               |
| John et al <sup>[11]</sup>     |                | 14        |                 |                 |
| Katzer et al <sup>[12]</sup>   | 17             | 3         | 1               |                 |
| Lollino et al <sup>[13]</sup>  | 4              | 7         |                 | 4               |
| Sirveaux et al <sup>[14]</sup> | 43             | 31        |                 | 6               |
| Boileau et al <sup>[5]</sup>   | 31             | 6         | 5               | 1               |
| Renaud et al <sup>[15]</sup>   | 14             |           | 3               | 2               |
| Mottier et al <sup>[16]</sup>  | 9              | 7         |                 | 1               |
| Wall et al <sup>[17]</sup>     | 111            | 62        | 11              | 2               |
| Grassi et al <sup>[18]</sup>   |                | 15        | 6               | 2               |
| Young et al <sup>[19]</sup>    | 49             |           |                 |                 |
| Boulahia et al <sup>[20]</sup> | 6              | 10        |                 |                 |
| De Cupis et al <sup>[21]</sup> |                | 22        |                 |                 |
| Summe                          | 495            |           | 26              | 23              |

Tab.17 Patientenzufriedenheit

Die Schwierigkeit bei der Auswertung dieser berichteten Zufriedenheit der Patienten waren die in den diversen Studien und verschiedenen Sprachen verwendeten Begriffe. Daher wurde folgende Einordnung vorgenommen:

- ein sehr gutes oder exzellentes Ergebnis wurde als **sehr zufrieden** gewertet
- ein gutes Ergebnis und 'Erwartungen erfüllt' wurde als **zufrieden** gewertet



- ein 'nicht besser, nicht schlechter' (no better and no worse) und 'unsicher' (uncertain) wurde als **mäßig zufrieden** gewertet
- ein schlechtes Ergebnis und 'enttäuscht' (déçu, disappointed, worse) wurde als **nicht zufrieden** gewertet

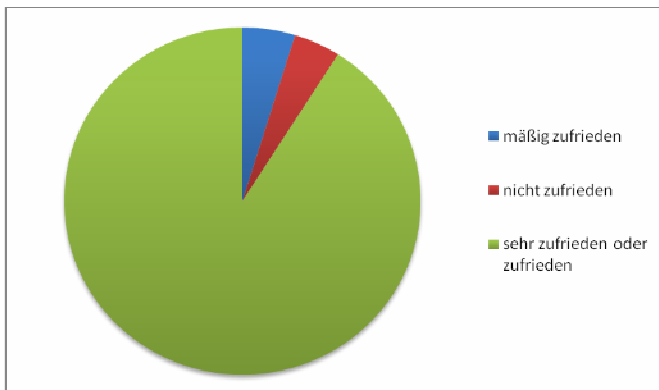


Abb.7 Darstellung der Patientenzufriedenheit

Das Diagramm (Abb.7) zeigt deutlich, dass mehr als  $\frac{3}{4}$  aller befragten Patienten mit dem Gesamtergebnis der implantierten inversen Schulterprothese zufrieden oder sogar sehr zufrieden sind.

Diese beiden Ergebnisse (Verbesserung des CMS und Auswertung der subjektiven Patientenzufriedenheit) legen den Schluss nahe, dass sowohl funktionale Verbesserungen als auch die Schmerzabnahme wichtig für die Patientenzufriedenheit sind. In der Kombination führen sie dazu, dass Alltagprobleme gelöst werden können, die Lebensqualität zunimmt und hohe Zufriedenheitswerte erreicht werden.

#### 4.1.2 Diskussion zur Abhängigkeit der CMS – Verbesserung von Primäreingriff versus vorherige Operation

Eine interessante Fragestellung zur Implantation der inversen Schulterprothese und ihren Erfolgen ist, ob ihr klinisches Outcome abhängig davon ist, ob es sich bei der Implantation um einen Primäreingriff am Schultergelenk handelt oder ob vorher schon andere Eingriffe vorgenommen wurden (wie z.B. eine Reparatur der Rotatorenmanschette, eine Implantation einer Hemi- oder sogar Totalendoprothese). Um die Fragestellung diskutieren zu können, wurden zum einen Studien herangezogen, die explizit nur sekundäre oder primäre Indikationen beinhalten oder aber beide Informationen und diese differenziert auswerten. In der Literatur findet man bis heute nur vereinzelt Studien, bei welchen diese Voraussetzungen zutreffen. Des Weiteren wurde zum Vergleich der absoluten CMS herangezogen.

5 Studien enthalten Informationen über sekundäre Indikationen<sup>[5, 10, 12, 13, 22]</sup>. Eine Studie<sup>[5]</sup> differenziert explizit Patienten ohne vorherigen Eingriff am Schultergelenk.

Im Durchschnitt ergibt der absolute CMS bei sekundären Indikationen präoperativ einen Wert von 18 Punkten und postoperativ von 51 Punkten, d.h. eine Verbesserung um 33 Punkte. Bei primären Indikationen liefert der absolute CMS präoperativ 18 Punkte und postoperativ 66 Punkte, d.h. eine Verbesserung um 48 Punkte. Diese Auswertung lässt vermuten, dass die Implantation der inversen Prothese eine größere Verbesserung und einen besseren postoperativen CMS - Wert bei Primäreingriffen aufweist als bei Revisionseingriffen.

Boileau et al<sup>[10]</sup> stellen in ihren Untersuchungen zum Outcome der inversen Prothese nach vorherigem Eingriff ein signifikant schlechteres Ergebnis des absoluten CMS und der Bewegungsausmaße verglichen mit primären Eingriffen fest.

Auch Werner et al<sup>[23]</sup> vergleichen die Ergebnisse nach Primärimplantation und Implantation nach vorheriger Manschetten-OP. Dabei stellen sie eine signifikante negative Korrelation zwischen vorheriger OP und dem relativen CMS nach Implantation der inversen Prothese dar, während die Bewegungsausmaße (Range of motion) die gleiche Verbesserung bei Primär- und Sekundäreingriffen aufweisen.

Im Kontrast hierzu steht die Aussage von Sirveaux et al<sup>[14]</sup>, die behaupten, dass nach ihren Studien der Einfluss der vorherigen OP auf den absoluten CMS nach Implantation der inversen Prothese nicht signifikant ist. Allerdings wird dies lediglich in der Diskussion behauptet, ist aber aus den dokumentierten Messwerten nicht offensichtlich belegt.

Die Aussagekraft bezüglich der klinischen Ergebnisse bei Primärimplantation versus Implantation als sekundärem Eingriff ist aufgrund der geringen Datenlage sehr schwach. So lässt sich zwar vermuten, dass die inverse Schulterprothese durchaus eine Option zur Revisionsbehandlung mit Verbesserungspotential der Schulterfunktion darstellt; aber es besteht noch großer Klärungsbedarf, ob ein vorheriger Eingriff am Schultergelenk einen signifikanten Einfluss auf das klinische Outcome der inversen Schulterprothese hat.

#### 4.1.3 Diskussion der Abhängigkeit der CMS - Verbesserung von der Indikation

Die inverse Schulterprothese wird bei diversen Indikationen als Therapieoption herangezogen. Daher stellt sich unweigerlich die Frage, ob es Unterschiede in den klinischen Ergebnissen gibt. In der Literatur gibt es nur sehr wenige Studien, die genau

auf diese Fragestellung eingehen. Aber es gibt eine Reihe von Studien, welche die Verbesserung des absoluten CMS anhand von nur einer einzigen Indikation belegen.

Zur Diskussion dieser Frage wurden Studien herangezogen, welche entweder mehrere Indikationen beinhalten, diese aber differenziert auswerten oder Studien, welche nur eine einzige Indikation berücksichtigen. Des Weiteren wurden die Auswertungen auf die Aussagen des absoluten CMS gestützt.

In der folgenden Tabelle sind zum Vergleich die erzielten Durchschnittswerte der eingeschlossenen Studien aufgeführt. Einzelheiten zu den verwendeten Studien finden sich im Anhang in Tab.18.

| Indikation   | Ø präop. CMS | Ø postop. CMS | Fallzahlen |
|--|--------------|---------------|------------|
| Rotatorenmanschettendefekt-Arthropathie                | 20,3         | 66,2          | 118        |
| Rheumatoide Arthritis mit irreparabilem RM-Defekt      | 18,2         | 61,3          | 38         |
| Osteoarthritis mit irreparabilem RM-Defekt             | 22,8         | 64,5          | 144        |
| Posttraumatische Arthritis mit irreparabilem RM-Defekt | 17,4         | 57            | 32         |
| Humeruskopfnekrose                                     | 21           | 60            | 12         |
| Irreversibler RM-Defekt mit Pseudoparalyse             | 27           | 64            | 130        |
| Revisionseingriffe                                     | 16,5         | 47,3          | 119        |

Tab.19 CMS – Verbesserung in Bezug auf die Indikation

Die Werte aus der obigen Tabelle lassen im Vergleich die Vermutung aufkommen, dass die verschiedenen Indikationen kaum einen Einfluss auf das klinische Ergebnis ausüben. Die Revisionseingriffe haben die Tendenz einen schlechteren postoperativen absoluten CMS zu bieten. Im Einzelnen ist dieser Diskussionspunkt aber schon unter 4.1.2 ausgeführt. Auch die posttraumatische Arthritis mit irreparabilem Rotatorenmanschettendefekt bietet sowohl präoperativ als auch postoperativ schlechtere absolute CMS – Werte. Diese Beobachtungen stimmen mit Wall et al<sup>[17]</sup> überein, welche die erste Studie zur inversen Schulterprothese bezogen auf die Indikation durchgeführt haben. Sie haben in ihrer Untersuchung einen signifikant schlechteren postoperativen absoluten CMS bei Patienten mit posttraumatischer Arthritis plus RM - Defekt und bei Revisionseingriffen festgestellt, als bei Patienten mit primärer Rotatorenmanschettendefekt – Arthropathie, primärer Osteoarthritis mit RM - Defekt oder massivem RM - Defekt ohne glenohumerale Arthritis <sup>[17]</sup>.

Die bei dieser Untersuchung erzielten und in der Literatur bis heute veröffentlichten

geringen Fallzahlen lassen allerdings noch keine statistische Auswertung und Behauptung zu. Des Weiteren ist noch zu prüfen, ob auch andere Faktoren wie z.B. die Erfahrung des Operateurs oder das Fabrikat der verwendeten inversen Prothese einen Einfluss ausüben. So zeigt die Zusammenfassung zwar die Tendenz auf, dass die Indikation keinen gravierenden Einfluss auf das klinische Outcome hat, jedoch besteht hier noch eine Lücke in der Erforschung der inversen Schulterprothese, die es zu schließen gilt.

#### 4.1.4 Diskussion der Abhängigkeit der CMS – Verbesserung von verschiedenen Fabrikaten der inversen Prothese

Da die Prothesen der verschiedenen Hersteller geringe Unterschiede im Design aufweisen, war in dieser Arbeit ursprünglich eine Untersuchung mit der Fragestellung geplant, ob die Prothesen der verschiedenen Hersteller eine Differenz in der Verbesserung des CMS aufweisen. Bei der Gesamtfallzahl von 1441 implantierten und nachuntersuchten inversen Prothesen handelt es sich in 970 Fällen um die DeltaIII – Prothese (DePuy Orthopaedics), in 85 Fällen um die inverse Aequalis – Prothese (Tornier Inc.), in 49 Fällen um die Arrow – Prothese (FH ORTHOPAEDICS), in 49 Fällen um das inverse SMR – System (LimaCorporate) und in 288 Fällen um nicht weiter definierte inverse Schulterprothesen. Da die Fallzahlen deutlich von der inversen DeltaIII – Schulterprothese beherrscht werden, und nicht immer eine nach Fabrikat differenzierte Auswertung vorliegt, ist eine aussagekräftige Auswertung im Rahmen dieser Untersuchung nicht möglich. Nach wie vor ist diese Fragestellung interessant und müsste in der Zukunft mit Hilfe ausgewogener und größerer Fallzahlen untersucht werden.

#### 4.1.5 Diskussion der Verbesserungen einzelner Bewegungsausmaße

Die Ergebnisse der Untersuchung zu den einzelnen Bewegungsausmaßen zeigen ein großes Verbesserungspotential durch die Implantation einer inversen Schulterprothese. Die aktiven Bewegungen zeigen, bis auf die Außenrotation in 0° Abduktion, alle eine signifikante Verbesserung. In die Ergebnisse dieser Arbeit fließen sowohl Werte von primären als auch von Revisionseingriffen ein.

Die aktive anteriore Elevation liefert als einzige Bewegung eine hoch signifikante Verbesserung zwischen prä- und postoperativ (von 59,1° zu 118,9°,  $p < 0,001$ ). Aber auch die aktive laterale Elevation des Armes weist eine enorme Verbesserung von präoperativ

63,2° zu postoperativ 119,4° auf. Diese Verbesserung ist signifikant ( $p=0,018$ ).

Interessant ist die Beobachtung bei der aktiven Außenrotation. Diese wird in zwei Positionen beurteilt. Zum Einen in der Position ER-1, d.h. der Arm ist direkt an der Seite des Körpers in 0° Abduktion, und zum Anderen in der Position ER-2, bei welcher sich der Arm in 90° Abduktion befindet. Lediglich in der Position ER-2 weist die aktive Außenrotation eine signifikante Verbesserung auf, wohingegen die Verbesserung in der Position ER-1 nicht signifikant ist.

Bei intakter Rotatorenmanschette wird die Außenrotation hauptsächlich durch den M. teres minor und den M. infraspinatus übernommen. Der hintere Anteil des M. deltoideus hat bei dieser Bewegung eine unterstützende Funktion. Bei komplettem Ausfall der Rotatorenmanschette gelingt die Übernahme der Außenrotation durch den M. deltoideus nur synchron zur Abduktion des Armes.<sup>[14]</sup> Dies zeigen die Ergebnisse dieser Untersuchung, sowie auch Lévine et al<sup>[24]</sup> in ihrer Studie, welche in der Position ER-2 präoperativ eine Außenrotation von 24° und postoperativ von 39°, und somit eine signifikante Verbesserung, messen. Auch Kalouche et al<sup>[25]</sup> stellen in dieser Position einen signifikanten Unterschied zwischen präoperativ und postoperativ fest (25,6° zu 48,0°).

Da in den meisten Fällen jedoch im präoperativen Status zumindest noch eine Restaktivität des M. teres minor vorliegt <sup>[1]</sup>, ist die Außenrotation auch nach der Implantation der Prothese in der Position ER-1 ansatzweise möglich. Dies zeigen unter anderem Lévine et al<sup>[24]</sup>, in deren Studie sich die aktive Außenrotation in 0° Abduktion von präoperativ 7° auf postoperativ 9° verbessert hat. Bei Sirveaux et al<sup>[14]</sup> verbesserte sie sich sogar um 7,7° (von präoperativ 3,5° zu postoperativ 11,2°). Bei beiden Beispielen ist die Verbesserung jedoch, wie auch in der vorliegenden Untersuchung, nicht signifikant.

Zur Verbesserung der postoperativen Außenrotation bei Patienten mit einem ausgeprägten Defizit der Außenrotation und einem stark verschlissenen oder sogar gerissenen M. teres minor, könnte ein zusätzlicher Sehnentransfer hilfreich sein.<sup>[23]</sup> Die Ergebnisse werden allerdings aktuell noch untersucht.

In der Theorie könnte auch die Verstärkung der Retroversion der Humerus - Komponente die Außenrotation verbessern, allerdings nur auf Kosten der Innenrotation. Aber das Prothesendesign an sich limitiert schon die Rotationsbewegung, indem die Humerus - Komponente bei der Rotation um die Glenosphäre gegen den Hals der Scapula stößt, wenn sich der Arm an der Seite des Körpers befindet.<sup>[5]</sup>

Bei der Innenrotation findet sich ein bivalentes Ergebnis. Einerseits sind Verbesserungen in der Beweglichkeit zu verzeichnen, wenn das präoperativ erhobene Bewegungsausmaß der Innenrotation schlecht ausfällt. Das heißt, wenn präoperativ eine Höhe des 1. Sacral- oder des 5. Lendenwirbels erreicht wird. Diese zwei Level werden präoperativ mit Abstand am häufigsten verzeichnet (L5-Level knapp 2/6 aller Patienten, S1-Level ca. 4/6 aller Patienten) und werden postoperativ zu Gunsten des Levels des 5. (3/6 aller Patienten) und 4. (2/6 aller Patienten) Lendenwirbels verschoben. Die geringe Höhe des 1. Sacralwirbels wird postoperativ nur noch von ca. 1/6 aller Patienten erreicht.

Andererseits verschlechtert sich die Innenrotation bei denjenigen Patienten, die präoperativ eine relativ gute Beweglichkeit besitzen und die Höhe des 3. Lendenwirbels noch erreichen. Dies sind zwar präoperativ in der Tat sehr wenige Patienten, postoperativ wurde dieses Höhenlevel jedoch von keinem der Patienten mehr erreicht. Maximale Höhe ist hier das L4-Level (Abb.8).

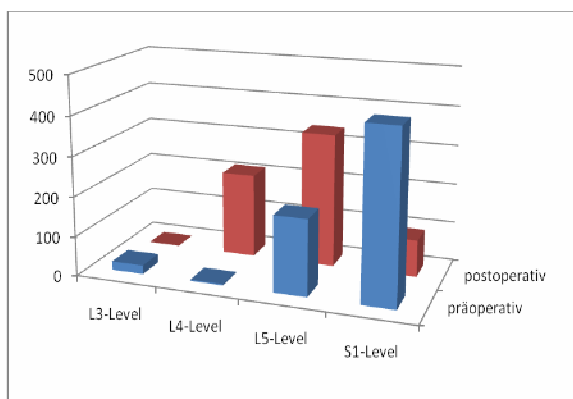


Abb.8 Darstellung der prä- und postoperativ erreichten Höhenlevel der Innenrotation

Die Ergebnisse zeigen, dass das klinische Outcome bezüglich der Innenrotation eine große Spannweite aufweist. So ist vor der Implantation der inversen Schulterprothese keine Aussage zu machen, inwiefern sich die Beweglichkeit bezüglich der Innenrotation postoperativ verändert.

## 4.2 Diskussion der Komplikationen und Revisionen

### 4.2.1 Diskussion der Komplikationen

Abb. 9 zeigt die Übersicht über die aufgetretenen und berichteten Komplikationen aller eingeschlossenen Studien. Der Anteil erscheint mit einer Gesamtrate von 70,7% extrem

hoch gegenüber den in den Einzelstudien angegebenen Werten. Der Grund dafür ist, dass in dieser Auswertung alle Komplikationen eingeschlossen sind, seien es radiologische oder klinische. In den Einzelstudien werden als direkte Komplikationen lediglich die klinischen mit einbezogen, so dass die dort angegebenen Raten zwischen 10 - 50% liegen.<sup>[5, 17, 21, 23, 25]</sup>

Die Verteilung der Komplikationen ist folgendermaßen:

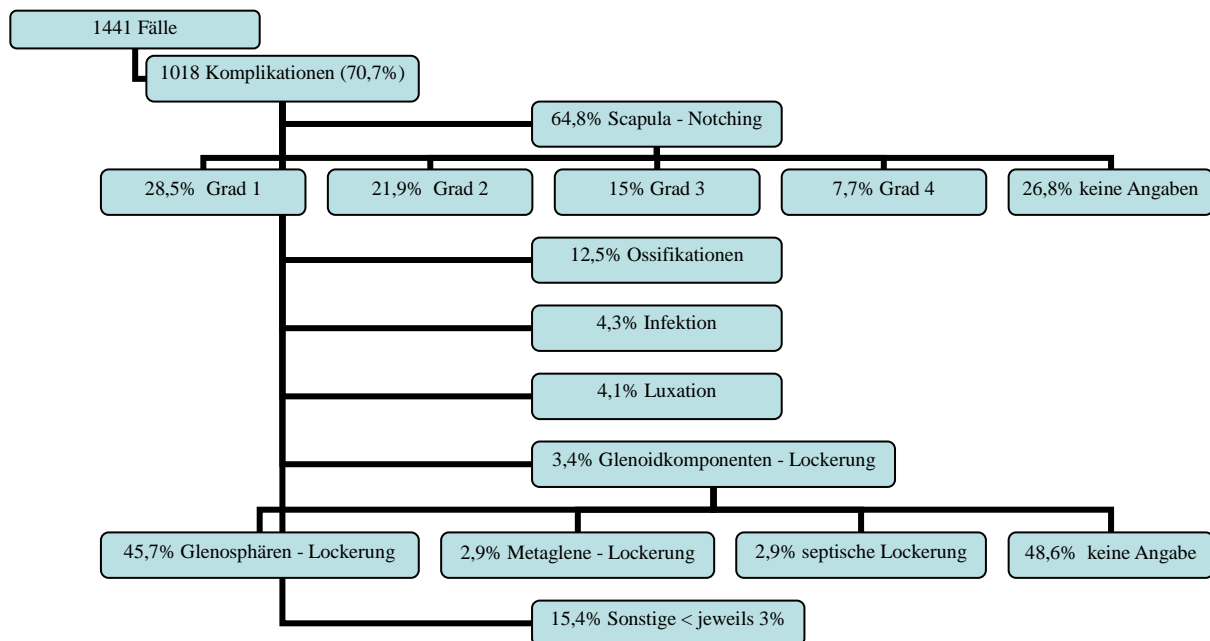


Abb.9 Darstellung der häufigsten Komplikationen

Aus den Ergebnissen geht hervor, dass die am häufigsten auftretende Komplikation der inversen Schulterprothese das sog. Scapula – Notching ist. Diese ist mit einem Anteil von 64,8% aller berichteten Komplikationen die mit Abstand häufigste. Diese Rate stimmt überein mit den sonst in der Literatur berichteten, welche zwischen 60 und 74 % liegen.<sup>[5, 10, 24, 25]</sup>

Unter Scapula – oder auch Glenoid – Notching versteht man die Erosion am inferioren Pol des Glenoids, des Collum scapulae und / oder der Margo lateralis der Scapula. Die Ausdehnung dieser Erosion wurde nach Nerot klassifiziert, welcher 5 Grade beschreibt, wie die folgende Abbildung veranschaulicht:



Abb.10 Klassifikation des Scapula – Notching Grad 0,1,2,3,4 nach Nerot <sup>[26]</sup>

Die ausgewerteten Studien zeigen ein deutliches Überwiegen der Notching – Grade 1 und 2 gegenüber 3 und 4 (Abb.11):

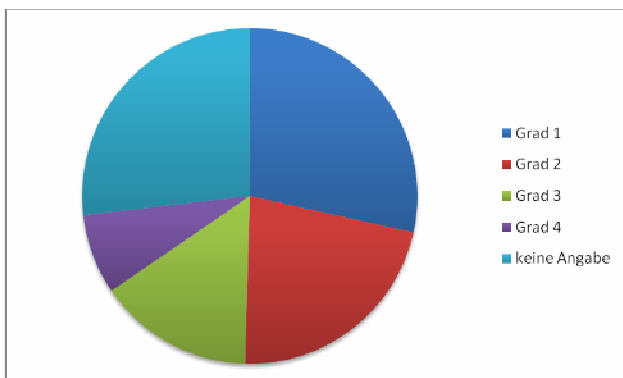


Abb.11 Schweregradverteilung des Scapula - Notching

Diese Verteilung stellen auch John et al<sup>[11]</sup>, Sirveaux et al<sup>[14]</sup>, Valenti et al<sup>[26]</sup>, Vanhove et al<sup>[27]</sup> fest.

Bis heute ist der genaue Entstehungsmechanismus des Notchings noch nicht vollkommen geklärt. Es werden in der Literatur zwei verschiedene Mechanismen erwähnt:

1. Die Entstehung der Erosion am inferioren Hals der Scapula durch Impingement der Humeruskomponente bei Adduktion des Armes und
2. eine osteolytische Reaktion in der Gelenkkapsel durch die Präsenz von Polyethylenpartikeln und daraus resultierender chronischer Inflammation<sup>[24]</sup>

Die mechanische Erosion liegt vor allem an den konstruktiven Gegebenheiten der inversen Schulterprothese. Zum einen ist dies das Fehlen eines Halses an der Glenoidkomponente, zum anderen die nichtanatomische Inklination der Humeruskomponente von 155°. <sup>[5]</sup> Allerdings sind diese Design – Prinzipien auch verantwortlich für exzellente Funktion. Die Inklination von 155° verleiht der Prothese größere Stabilität verglichen mit dem anatomischen Hals-Schaft-Winkel von 135°, vergrößert die Deltoidspannung und verbessert dadurch die Kraft im Schultergelenk. <sup>[25]</sup>

An der Kontaktstelle von Prothese und Knochen wird andererseits auch das Polyethyleninlay verschlissen. Die dabei entstandenen Abriebpartikel führen zu einer inflammatorischen Reaktion, wodurch es zur Osteolyse kommt.

Es ist anzunehmen, dass die Erosion durch ein Zusammenwirken beider Effekte entsteht und sich die mechanischen und inflammatorischen Ursachen überlagern.

Der Einfluss auf das klinische Ergebnis der inversen Schulterprothese wird nicht einheitlich beurteilt. Überwiegend wird berichtet, dass weder die Präsenz noch der



Schweregrad des Notchings einen signifikanten Effekt auf den CMS hat.<sup>[10, 23, 24]</sup> Vanhove et al<sup>[27]</sup> berichten sogar von einem Fall in ihrer Serie, bei dem das Notching ohne Beeinträchtigung des CMS bis zur Glenoidlösung fortgeschritten ist.

Dagegen berichten Sirveux et al<sup>[28]</sup>, dass ein Notching, welches sich über die untere Schraube (entspricht Grad 3 nach Nerot) ausdehnt den CMS signifikant negativ beeinflusst.

Nach Werner et al<sup>[23]</sup> erscheint das Scapula – Notching früh nach der Implantation. Bei 79% der Patienten war es nach einem Jahr stabil, bei den restlichen 21% war eine Progression lediglich um einen Schweregrad bis zur letzten Nachuntersuchung nach 38 Monaten zu beobachten.

Lévigne et al<sup>[24]</sup> berichten dagegen, dass Notching auch nach drei bis vier Jahren noch progressiv sein kann. Nach nur 6 Wochen wurde bei 10% ein Notching festgestellt, nach einem Jahr bei 42%, nach 2 Jahren bei 51% und bei 64% nach 3 Jahren. Die Häufigkeit und der Schweregrad des Notchings nehmen mit der Länge der Nachbeobachtungszeit signifikant zu. Manche Notchings waren nach einem Jahr stabil, andere verhielten sich auch nach 3-4 Jahren noch progressiv. Damit wird hier über die gesamte Beobachtungszeit von 36 Monaten bei einigen eine Stabilisierung beobachtet, überwiegend aber eine kontinuierliche Zunahme. Dies gilt sowohl für die Häufigkeit als auch für das Ausmaß des Notchings.

Die hohe Variabilität in der Notchingentwicklung könnte durch die variable Kombination der zwei Entstehungsmechanismen zu erklären sein.<sup>[24]</sup> Die mechanisch bedingte Erosion könnte verantwortlich für das frühe Auftreten des Notchings nach der Operation sein, wohingegen die inflammatorische verzögerte Reaktion den mit der Zeit zunehmenden Schweregrad verursachen könnte.

Die vorliegende Literatur zur Entwicklung des Notching und zu dessen Einfluß auf den CMS weist lediglich kurz- und mittelfristige Nachbeobachtungszeiträume auf. Die Ergebnisse belegen, dass es in den meisten Fällen zu keiner Stabilisierung kommt. Daher müssen die vorliegenden Ergebnisse für eine abschließende Beurteilung um längerfristige Aussagen erweitert werden.

Auch wenn aus dem Bisherigen nicht klar hervorgeht, weshalb in den meisten Fällen der implantierten inversen Schulterprothese Notching entsteht und ob ein signifikanter Einfluss des Notchings auf den CMS besteht, so kann doch klar gesagt werden, dass es auf Grund der Häufigkeit des Auftretens und der eventuellen Auswirkungen durchaus

besser ist, Scapula - Notching zu vermeiden. In der Literatur werden 3 Hauptansätze zur Vermeidung des Notchings diskutiert.

1. Implantationsposition der Glenoidkomponente
2. Implantationsneigung der Glenoidkomponente
3. Optimierung des Prothesen – Designs

Die Positionswahl der Glenoidkomponente auf der kraniokaudalen Achse ist für die Vermeidung des Kontaktes zwischen Humeruskomponente und Scapula essentiell. Nyffeler et al<sup>[29]</sup> zeigen experimentell, dass der Hauptfaktor für Scapula - Notching die zu superiore Implantation der Metaglene auf dem Glenoid darstellt. Wird die Metaglene so kaudal implantiert, dass die Humeruskomponente die Unterkante oder den Hals der Scapula nicht erreicht, ist anzunehmen, dass auch die Polyethylenabnutzung, die chronische Inflammation und dadurch die Osteolyse nachlässt.<sup>[29]</sup> Für die DeltaIII – Prothese befindet sich diese Position danach 2 – 4 mm distal der vom Hersteller empfohlenen Implantationsposition. Zustimmung erhalten sie auch von Werner et al<sup>[23]</sup>, Lévine et al<sup>[24]</sup> und Boileau et al<sup>[5, 10]</sup>, die sogar sagen, dass die Glenoidkomponente so inferior wie möglich implantiert werden soll.

Der zweite Ansatz zur Vermeidung von Notching ist die Neigung der implantierten Glenoidkomponente. So zeigen Lévine et al<sup>[24]</sup>, dass bei Implantationen, bei denen die Glenoidkomponente mit superiorer Neigung implantiert wurde, eine Notchingrate von 81% besteht. Wenn dagegen aber eine inferiore Neigung vorliegt, so dass die Humeruskomponente die Glenosphäre nur minimal unterschneiden kann, resultierte eine signifikant geringere Notchingrate von lediglich 30%.<sup>[24]</sup> Allerdings ist es noch nicht gelungen eine reproduzierbare Methode zur idealen Positionierung der Glenoidkomponente zu entwickeln.

Einige Autoren schlagen vor, das Design der inversen Prothese zu verändern, um Notching zu vermeiden. Nyffeler et al<sup>[30]</sup> schlagen vor entweder ein Polyethyleninlay mit asymmetrischer Kante oder eine Humeruskomponente mit einem kleineren Hals – Schaft - Winkel zu benutzen, um das Risiko von Impingement zu minimieren. Genau dieses Prinzip des kleineren Hals – Schaft - Winkels hat sich die inverse Arrow – Prothese zu nutzen gemacht. Kalouche et al<sup>[25]</sup> verglichen in ihrer Studie die inverse

Delta III – Prothese mit der inversen Arrow – Prothese mit einer Nachuntersuchungszeit von durchschnittlich 43,8 Monaten für die inverse Delta III – Prothese und 19,1 Monaten für die inverse Arrow – Prothese. Diese weist im Gegensatz zur inversen Delta III – Prothese eine Inklination des Humerus von nur 135° auf. Um aber die gleiche Stabilität wie die Delta III - Prothese zu erreichen, wird über das Polyethyleninlay daraus eine 155° Inklination hergestellt. Außerdem bewirkt diese Prothese eine Lateralisation des Rotationszentrums von 3,5 mm (Abb.12 und 13).

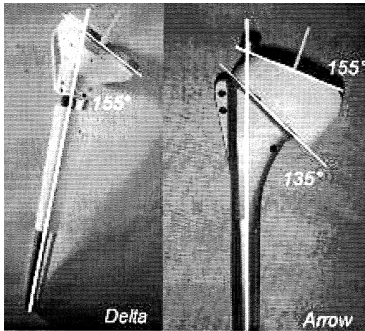


Abb.12 Inklination der DeltaIII- und der Arrow-Prothese <sup>[25]</sup>

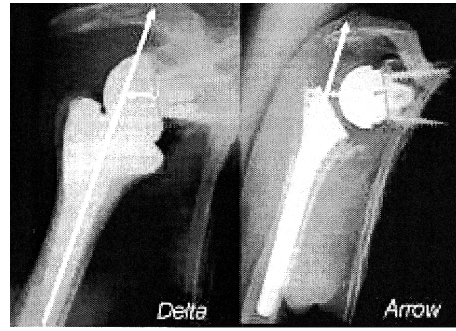


Abb.13 Lateralisation der DeltaIII- und der Arrow-Prothese <sup>[25]</sup>

In den Ergebnissen ihrer Studie zeigen sich in der Arrow – Gruppe von 49 nachuntersuchten Implantationen keine Anzeichen von Notching im Gegensatz zu der Delta III – Gruppe, in welcher von 47 Patienten in 32 Fällen ein Notching zu sehen war.<sup>[25]</sup>

Frankle et al<sup>[31]</sup> modifizieren das Konzept von Grammont, indem sie das Rotationszentrum lateralisieren. Dadurch zeigen sich zwar zufriedenstellende frühe Ergebnisse in Bezug auf das Scapula – Notching, weil die Humeruskomponente nicht mehr am Glenoid anstößt. Allerdings verstärken sich auch die Kräfte, die direkt auf die Glenoidkomponente wirken, was sich in einer erschwerten Basisplattenfixation zeigt. 12% seiner Patienten benötigten nach einer durchschnittlichen Nachuntersuchungszeit von 21,4 Monaten eine Revision aufgrund einer Glenoid – Lockerung.

So zeigt dieser Vergleich der unterschiedlich modifizierten inversen Prothesenmodelle die Tendenz, dass die Häufigkeit des Scapula – Notching durch die Modifikation gemäß der Arrow – Prothese, zumindest in kurzzeitigen Beobachtungen, deutlich minimiert wenn nicht sogar gänzlich vermieden werden kann. Wie sich allerdings die längerfristigen Ergebnisse darstellen, bedarf noch einiger Nachbeobachtung und Auswertung.

Die zweithäufigste Komplikation stellen die Ossifikationen mit 12,5% dar. Im Gegensatz zum Scapula – Notching handelt es sich in den meisten Fällen ausschließlich um radiologische Befunde, die keinen Einfluss auf die Funktion der Prothese im alltäglichen Leben ausüben. Insofern tritt diese Komplikation zwar relativ häufig auf, ihr wird aber laut Literatur keine besondere Bedeutung zugemessen.

Die berichteten Infektionen mit einer Rate von 4,3% (44 Fälle) setzen sich aus 40 tiefen und 4 oberflächlichen Infektionen zusammen. Ob es sich hierbei um Früh- oder Spätinfektionen handelt, lässt sich aus den vorliegenden Daten nicht differenzieren. Auch lässt sich aus den Befunden nicht ableiten, dass es Infektionsschwerpunkte gibt, die sich explizit auf die Implantation der inversen Schulterprothese zurückführen lassen. Bei jeder Implantation einer Prothese besteht das Risiko sowohl einer oberflächlichen Wundinfektion als auch einer tiefen Infektion. Aus den herangezogenen Studien geht kein erhöhtes Risiko für Infektionen speziell für die inverse Schulterprothese hervor. Dennoch ist die Infektion allgemein eine bedeutende Komplikation, da sie oft mit einer Revision oder sogar mit einem Ausbau der Prothese therapiert werden muss.

Die Luxation wird als Komplikation mit einem Prozentsatz von 4,1% als vierthäufigste berichtet. Aufgrund des Design – Prinzips der inversen Schulterprothese ist eine größere Stabilität zu erwarten als bei einer anatomischen Prothese. Wie schon in der Einleitung beschrieben (Abb.6a und 6b) sind die Krafrichtungen bei der inversen Prothese zentripetal, bei der anatomischen Prothese zentrifugal ausgerichtet. Des Weiteren wird die Stabilität durch die geometrisch bedingte höhere Vorspannung des Deltoids gefördert. Trotz dieser guten Voraussetzungen erscheint die Luxationsrate von 4,1% relativ hoch. Gründe dafür könnten in den individuellen Weichteilgegebenheiten der einzelnen Patienten liegen. Vor allem in der unterschiedlich erreichbaren Vorspannung des Deltoids, wodurch eine individuelle Differenz der Stabilität entsteht.

Die Lockerung der Glenoidkomponente stellt mit 3,4% keine übermäßig häufige Komplikation dar. Die Auswirkungen sind doch meist schwerwiegend, da sie unweigerlich eine Revision nach sich ziehen.

Eine Möglichkeit, weshalb die Lockerung der Glenoidkomponente eine nicht so häufige Komplikation darstellt, könnte durch das konzipierte Design erklärt werden: die Scherkräfte an der Verbindung zwischen der Basisplatte der Prothese und der Scapula hängen von der Kraft ab, die vom Deltoid in Abwesenheit der Rotatorenmanschette

ausgeübt wird. Diese Kraft und die Scherkräfte nehmen ab, während der Hebelarm des Deltoids zunimmt (Abb.6b).<sup>[23]</sup> Und somit sind die auf die Glenoidkomponente einwirkenden Kräfte gering.

Es ist nicht erwiesen, dass ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Notching und einer Lockerung der Glenoidkomponente besteht.<sup>[11, 24, 29]</sup> Nach Nyffeler et al<sup>[29]</sup> liegt dennoch in der theoretischen Überlegung nahe, dass Notching ein Lockerungsrisiko darstellen kann. Daher empfiehlt er von vornherein Präventivmaßnahmen gegen das Scapula – Notching.

Nach der Klassifikation von Nerot ist ein Scapula – Notching Grad 4 gleichzusetzen mit dem Beginn der Lockerung der Glenoidkomponente. Dies bestätigen Boileau et al<sup>[10]</sup> allerdings nicht. Sie sehen eine mögliche Erklärung darin, dass die Schrauben selbst dann Stabilität ausüben, wenn kein Kontakt mehr zwischen der Basisplatte und dem Glenoidknochen besteht.

Die inverse Arrow – Prothese weist eine geringe Inzidenz zur frühen Lockerung der Glenoidkomponente auf.<sup>[25]</sup> Obwohl diese Prothese eine Lateralisation des Rotationszentrums aufweist, was eigentlich ein größeres Lockerungsrisiko darstellt, scheint das Design der Basisplatte dem erfolgreich entgegenzuwirken. Die Metaglène hat eine konvexe Rückseite, so dass sich diese perfekt in die anatomische konkave Rundung des Glenoids einfügt. Eine weitere Besonderheit ist der zentrale Kiel und der anteriore Fortsatz, welche eine erste press-fit Fixation erlauben, um den Scher- und Drehkräften während der ersten Grade der Abduktion entgegenzuwirken. Die Metaglène ist zur besseren Fixation am Knochen mit Hydroxyapatit beschichtet. Die zwei divergenten Schrauben bilden die ursprüngliche Fixation der Grammont – Prothese zum Standhalten gegen die Scherkräfte.

#### 4.2.2 Diskussion der Revisionen

Insgesamt ist die Datenlage in der Literatur zu Revisionen nach Komplikationen der inversen Schulterprothese dürftig. Abb.14 gibt eine Übersicht.

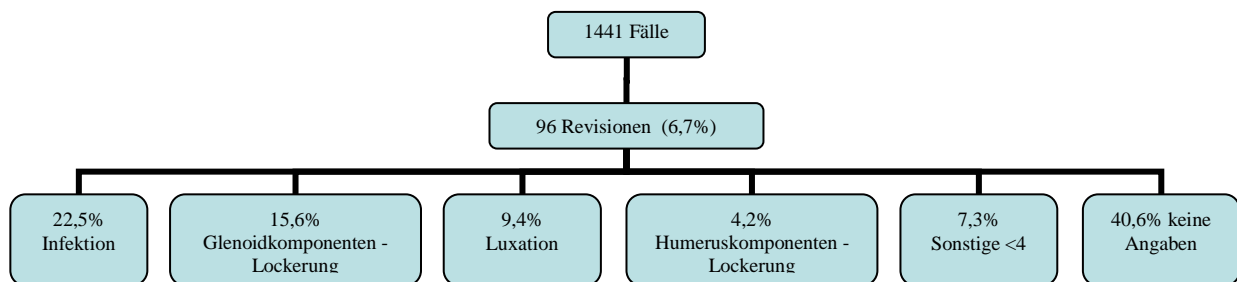


Abb.14 berichtete Gründe für die Revisionen

Die Auswertung der vorliegenden Studien ergibt eine Revisionsrate von 6,7%. Im Vergleich dazu sind für einzelne Studien separat ausgewiesene Raten angegeben: Boileau et al<sup>[5]</sup> geben z.B. eine Revisionsrate von 22% an, De Cupis et al<sup>[21]</sup> von 10%, Werner et al<sup>[23]</sup> von 33%, Frankle et al<sup>[31]</sup> von 12% und Sirveaux et al<sup>[28]</sup> geben 5% Revisionen an.

Der Vergleich zeigt, dass die in dieser Arbeit ermittelte Revisionsrate an der Untergrenze der insgesamt veröffentlichten Einzelwerte liegt. Ein Grund dafür könnte sein, dass in dieser Arbeit nur Revisionen aufgenommen wurden, die in den Einzelstudien berichtet sind. Wurde nichts berichtet, so ist unterstellt, dass keine Revision erforderlich war.

Für 40,6% aller berichteten Revisionen ist in den Studien kein spezifischer Grund angegeben. Obwohl Infektion, Lockerung der Glenoidkomponente und Luxation bei den Komplikationen nicht die größten Anteile aufweisen, sind sie die häufigsten Ursachen für Revisionen. Dies ist plausibel, da sie mit konservativen Therapiemaßnahmen nur unzureichend behandelt werden können und daher oft eine Revision von Nöten ist. Auch die Lockerung der Humeruskomponente benötigt stets eine Revision, ist aber eine so seltene Komplikation, dass sie in der Komplikationsübersicht keine Rolle spielt. Bei allen anderen berichteten Revisionen handelt es sich um Einzelursachen.

## 5 FAZIT

Zu der Fragestellung der Effektivität der Funktionsverbesserung im Schultergelenk durch die Implantation einer inversen Prothese und ihrer häufigsten Komplikationen wurde eine Metaanalyse durchgeführt. Durch dieses Verfahren wurden alle bisher in Einzelstudien gewonnenen Ergebnisse zusammengetragen, statistisch ausgewertet und zu einer konsistenten Gesamtaussage verdichtet. Hierfür wurden Primärstudien eingeschlossen, bei welchen die Patienten nach der Implantation der Prothese klinisch und radiologisch nachuntersucht wurden. Die prä- und postoperativen klinischen Parameter wurden durch Verwendung des Score nach Constant und Murley beurteilt. Nach der Extraktion der relevanten Daten erfolgte die statistische Auswertung mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS® (Statistical Products and Service Solutions).

Es zeigte sich, dass die Schulterfunktion nach Implantation der inversen Prothese in allen Komponenten des Score nach Constant und Murley (Schmerz, Aktivität im alltäglichen Leben, Beweglichkeit, Kraft) eine Verbesserung aufweist. Dies konnte statistisch hoch signifikant nachgewiesen werden ( $p < 0,001$ ). Da sich die Komponente der Beweglichkeit aus verschiedenen Bewegungen und deren erreichten Gradausmaßen zusammensetzt, wurden diese im Einzelnen ausgewertet:

- die aktive anteriore Elevation zeigt eine hoch signifikante Verbesserung ( $p < 0,001$ )
- die aktive laterale Elevation ( $p = 0,018$ ) und die Außenrotation in  $90^\circ$  Abduktion ( $p = 0,043$ ) zeigen eine signifikante Verbesserung
- die passive anteriore Elevation, die aktiven und passiven Außenrotation in  $0^\circ$  Abduktion und die passiven Außenrotation in  $90^\circ$  Abduktion zeigt keine signifikante Verbesserung ( $p > 0,05$ )
- die Innenrotation zeigt eine Abhängigkeit der Veränderung vom präoperativen Status auf: Verbesserung bei den Patienten, welche präoperativ ein S1- & L5 – Level erreichten, dagegen Verschlechterung bei Patienten, welche präoperativ das L3 – Level erreichten

Hinsichtlich der postoperativen Veränderung des absoluten CMS in Abhängigkeit von der Indikation lässt die Auswertung die Vermutung aufkommen, dass die verschiedenen Indikationen kaum einen Einfluss auf das klinische Ergebnis ausüben. Aussagen zu den Veränderungen der einzelnen Bewegungsausmaße lassen sich auf Grund der nicht differenzierten Datenlage nicht treffen.

Revisionseingriffe haben die Tendenz einen schlechteren postoperativen absoluten CMS zu bieten als Primäreingriffe.

Bei dem in der Literatur am häufigsten beobachteten Fabrikat der inversen Schulterprothese handelt es sich um die inverse DeltaIII – Prothese. Da somit die Fallzahlen deutlich von diesem Fabrikat beherrscht werden, und nicht immer eine nach Fabrikat differenzierte Auswertung vorliegt, ist eine aussagekräftige Auswertung bezüglich der Abhängigkeit des funktionellen Ergebnisses von dem Prothesen-Fabrikat im Rahmen dieser Untersuchung nicht möglich.

Bei den Komplikationen ist mit 64,8% das Scapula – Notching am häufigsten vertreten. Da die Progression der Erosion zur Lockerung der Glenoidkomponente führen kann, sollte das Scapula - Notching generell vermieden werden. Nach den bisherigen Ergebnissen scheint die Modifikation der Prothese ein vielversprechender Ansatz zu sein. Jedoch sind längerfristige Studien zu diesem Problem in Zukunft wünschenswert, um diese Komplikation zu vermeiden.

Aus den zu Grunde liegenden Studien ergibt sich eine Revisionsrate von 6,7%. Die Datenlage zu den Ursachen, welche eine Revision erfordern, ist dürftig. Bei 40,6% der angegebenen Revisionen ist keine Ursache genannt. Bei den angegebenen Ursachen überwiegen Infektionen, Lockerungen der Glenoidkomponente und Luxationen. Die Ursachen der Revisionen sollten in künftigen Studien genauer dargestellt werden. So kann die Anzahl der notwendigen Revisionen minimiert werden.



## **6 ZUSAMMENFASSUNG**

### **Hintergrund**

Die inverse Schulterprothese ist seit ihrer Markteinführung Anfang der 1990er Jahre unverzichtbarer Bestandteil der operativen orthopädischen Therapie. Ursprünglich von Paul Grammont entwickelt zum Einsatz bei Rotatorenmanschetten-Defektarthropathie, wurde das Einsatzgebiet mit der Zeit erweitert, so dass sie z.B. auch bei 3- und 4-Fragment - Frakturen des Humerus, nach Tumorresektionen, bei rheumatoider Arthritis oder Humeruskopfnekrosen implantiert wird. Zur Beurteilung des klinischen Ergebnisses und der Komplikationen der inversen Schulterprothese stehen bisher lediglich Studien mit kleinen Patientenserien zur Verfügung.

Die Arbeit wurde mit dem Ziel durchgeführt, Studien der verfügbaren Literatur zusammenzutragen, deren Ergebnisse zu vergleichen und durch geeignete statistische Verfahren auszuwerten, so dass eine konsistente Aussage zum klinischen funktionellen Ergebnis und den Komplikationen der inversen Schulterprothetik anhand einer großen Fallzahl getroffen werden kann.

### **Methoden**

Zur Bearbeitung der Fragestellung wurde eine Metaanalyse durchgeführt. Nach der Formulierung der Untersuchungsfrage und der Bestimmung von Ein- und Ausschlusskriterien, wurde die Literaturrecherche in der elektronischen Datenbank MEDLINE durchgeführt. Die Titel, Abstracts und Volltexte potentiell relevanter Studien wurden nach a priori festgelegten Ein- und Ausschlusskriterien bewertet. Die für die vorliegende Arbeit relevanten Daten wurden aus den einzelnen Studien extrahiert, verglichen und mit geeigneten statistischen Verfahren ausgewertet.

### **Ergebnis**

Die Grundlage der Untersuchungen dieser Arbeit stellt eine Gesamtheit von 1441 implantierten und nachuntersuchten inversen Prothesen, zusammengefasst aus 36 Studien, dar. Es ist nicht möglich, alle Untersuchungsaspekte auf diese Gesamtheit zu beziehen, da die Informationen der einzelnen Fragestellungen nicht aus jeder Studie zu erhalten sind. So können in den Einzelfällen nur Teile dieser Gesamtfallzahl zur Betrachtung herangezogen werden. Diese Fallzahlen schwanken zwischen 352 und

1063, sind aber im Einzelnen immer noch größere betrachtete Mengen als in den zu Grunde liegenden Einzelstudien.

Die Auswertung der funktionellen Ergebnisse der inversen Prothese zeigt, dass sowohl der absolute Score nach Constant und Murley (CMS) insgesamt als auch dessen einzelne Komponenten (Schmerz, Aktivität im alltäglichen Leben, Beweglichkeit, Kraft) eine Verbesserung aufweisen. Dies konnte statistisch hoch signifikant nachgewiesen werden. Da sich die Komponente der Beweglichkeit aus verschiedenen Bewegungen und deren erreichten Gradausmaßen zusammensetzt, wurden diese im Einzelnen betrachtet und ausgewertet. Im Gesamten wird bei der Beweglichkeit zwar eine klare Verbesserung der postoperativen gegenüber der präoperativen Situation verzeichnet, die Einzelparameter weisen jedoch unterschiedliche Ergebnisse auf. Es erreichen alle Einzelparameter eine Verbesserung. Deren Ausmaß ist allerdings unterschiedlich. So zeigt als einzige die aktive anteriore Elevation eine hoch signifikante Verbesserung (s. Punkt 3.1.3.1). Die aktive laterale Elevation und die Außenrotation in 90° Abduktion zeigen eine signifikante Verbesserung (s. Punkt 3.1.3.3 und 3.1.3.4.2), während man bei der passiven anterioren Elevation, der aktiven und passiven Außenrotation in 0° Abduktion und der passiven Außenrotation in 90° Abduktion keine signifikante Verbesserung verzeichnen kann (s. Punkt 3.1.3.2, 3.1.3.4.1, 3.1.3.5.1 und 3.1.3.5.2). Die Innenrotation zeigt bivalente Ergebnisse. Zwar verbessert sich das Bewegungsausmaß vor allem für diejenigen Patienten, die präoperativ eine schlechte Innenrotation aufwiesen (S1- & L5-Level), jedoch verschlechtern sich auch die Ergebnisse bei denjenigen Patienten, die präoperativ noch relativ gute Bewegungsausmaße aufwiesen (L3-Level) (s. Punkt 3.1.3.6).

Hinsichtlich der postoperativen Veränderung des absoluten CMS in Abhängigkeit von der Indikation lässt die Auswertung die Vermutung aufkommen, dass die verschiedenen Indikationen kaum einen Einfluss auf das klinische Ergebnis ausüben. Aussagen zu den Veränderungen der einzelnen Bewegungsausmaße lassen sich auf Grund der nicht differenzierten Datenlage nicht treffen.

Revisionseingriffe haben die Tendenz einen schlechteren postoperativen absoluten CMS zu bieten als Primäreingriffe.

Bei dem in der Literatur am häufigsten beobachtete Fabrikat der inversen Schulterprothese handelt es sich um die inverse DeltaIII – Prothese. Da somit die Fallzahlen deutlich von diesem Fabrikat beherrscht werden, und nicht immer eine nach

Fabrikat differenzierte Auswertung vorliegt, ist eine aussagekräftige Auswertung bezüglich der Abhängigkeit des funktionellen Ergebnisses von dem Prothesen-Fabrikat im Rahmen dieser Untersuchung nicht möglich.

In Hinsicht der Auswertung der Komplikationen und ihrer Häufigkeiten wurden in diese Arbeit alle berichteten Komplikationen aufgenommen; es sei denn, sie sind Folge traumatischer Ereignisse oder durch Fehlverhalten der Patienten verschuldet. Daraus ergab sich eine Komplikationsrate von insgesamt 70,7%! Die mit Abstand häufigste Komplikation ist das Scapula-Notching (64,8%). Auch Ossifikationen spielen eine Rolle, wobei diese oft ein rein radiologischer Befund sind und die Funktion der implantierten inversen Prothese nicht weiter beeinflussen. Eine zwar immer wieder beobachtete, aber mit 3,4% nicht häufig berichtete Komplikation stellt die Lockerung der Glenoidkomponente dar. Komplikationen der Operation, wie z.B. das Hämatom, die Infektion oder auch die Nervenläsion, kommen vor, sind aber keine spezifischen Komplikationen der Prothese an sich.

Aus den zu Grunde liegenden Studien ergibt sich eine Revisionsrate von 6,7%. Die Datenlage zu den Ursachen, welche eine Revision erfordern, ist dürftig. Bei 40,6% der angegebenen Revisionen ist keine Ursache genannt. Bei den angegebenen Ursachen überwiegen Infektionen, Lockerungen der Glenoidkomponente und Luxationen.

### **Fazit**

Die in dieser Arbeit durch statistische Auswertung erlangten Ergebnisse gelten für eine Fallzahl von retrospektiv untersuchten inversen Schulterprothesen, die in der Gesamtheit größer und damit aussagekräftiger ist, als die aktuell in der Literatur veröffentlichten einzelnen Studien. Dadurch können statistisch abgesicherte Aussagen getroffen werden.

Die Auswertung zum funktionellen Ergebnis der inversen Prothese zeigt eine deutliche postoperative Funktionsverbesserung der Schulter. Die Schmerzen werden durch diesen Eingriff hoch signifikant reduziert, die Kraft und auch die Beweglichkeit im Schultergelenk nimmt zu. Die Aktivität im alltäglichen Leben verbessert sich insgesamt deutlich. Ein Defizit der inversen Prothese liegt in der Innen- und Außenrotation, welche postoperativ nur eine geringe Verbesserung aufweisen.

Die mit Abstand häufigste Komplikation ist das Scapula – Notching (64,8%). Nach den

bisherigen Ergebnissen scheint die Modifikation der Prothese ein vielversprechender Ansatz zu sein. Jedoch sind längerfristige Studien zu diesem Problem in Zukunft notwendig, um diese Komplikation zu vermeiden.

Die Datenlage zu den Ursachen einer notwendigen Revision ist aktuell sehr dürftig. Diese sollten in künftigen Studien genauer dargestellt werden. So können Revisionen minimiert werden.

## 7 ANHANG

### 7.1 Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: „Trompette“ von Paul Grammont
- Abbildung 2: Komponenten der inversen Delta – Prothese
- Abbildung 3: Abbildung der anatomischen und der inversen Schulterprothese
- Abbildung 4: Hebelverhältnisse der inversen Schulterprothese
- Abbildung 5a: Verlagerung des Drehzentrums während der Abduktion in der anatomischen Schulter
- Abbildung 5b: Abbildung des konstanten Drehzentrums während der Abduktion bei der inversen Schulterprothese
- Abbildung 6a: Abbildung der durch den M. deltoideus wirkenden Zentrifugalkraftverhältnisse in der anatomischen Schulter
- Abbildung 6b: Abbildung der durch den M. deltoideus wirkenden Zentripetalkräfte bei der inversen Schulterprothese
- Abbildung 7: Darstellung der Patientenzufriedenheit
- Abbildung 8: Darstellung der prä- und postoperativ erreichten Höhenlevel der Innenrotation
- Abbildung 9: Darstellung der häufigsten Komplikationen
- Abbildung 10: Klassifikation des Scapula – Notching
- Abbildung 11: Schweregradverteilung des Scapula - Notching
- Abbildung 12: Inklination der DeltaIII– und der Arrow–Prothese
- Abbildung 13: Lateralisation der DeltaIII- und der Arrow-Prothese
- Abbildung 14: Berichtete Gründe für Revisionen

## 7.2 Tabellenverzeichnis

|             |  |
|-------------|--|
| Tabelle 1:  | Score nach Constant und Murley   |
| Tabelle 2:  | Klassifizierungssystem des inferioren Scapula-Notching nach Nerot  |
| Tabelle 3:  | Zur Literaturrecherche verwendete Suchbegriffe   |
| Tabelle 4:  | Darstellung der ein- und ausgeschlossenen Artikel  |
| Tabelle 5:  | Für die einzelnen Fragestellungen jeweils ausgewertete Studien   |
| Tabelle 6:  | Die Indikationen und ihre Häufigkeit bei der Veränderung des präoperativen versus postoperativen Constant-Score      |
| Tabelle 7:  | Die Indikationen und ihre Häufigkeit bei der Veränderung der Einzelwerte des präoperativen versus postoperativen CMS |
| Tabelle 8:  | Die Indikationen und ihre Häufigkeit bei der Veränderung der aktiven anterioren Elevation                            |
| Tabelle 9:  | Die Indikationen und ihre Häufigkeit bei der Veränderung der passiven anterioren Elevation                           |
| Tabelle 10: | Die Indikationen und ihre Häufigkeit bei der Veränderung der aktiven lateralen Elevation                             |
| Tabelle 11: | Die Indikationen und ihre Häufigkeit bei der Veränderung der aktiven Außenrotation (ER-1)                            |
| Tabelle 12: | Die Indikationen und ihre Häufigkeit bei der Veränderung der aktiven Außenrotation (ER-2)                            |
| Tabelle 13: | Die Indikationen und ihre Häufigkeit bei der Veränderung der passiven Außenrotation (ER-1 & ER-2)                    |
| Tabelle 14: | Die Indikationen und ihre Häufigkeit bei der Veränderung der Innenrotation   |
| Tabelle 15: | Die häufigsten Komplikationen  |
| Tabelle 16: | Die häufigsten Gründe für Revisionen und Reoperationen   |
| Tabelle 17: | Patientenzufriedenheit   |
| Tabelle 18: | Einzelheiten zum Diskussionspunkt 4.1.3  |
| Tabelle 19: | CMS – Verbesserung in Bezug auf die Indikation   |

Zur Literaturrecherche verwendete Suchbegriffe (Tab.3)

| Suchbegriffe                          | Datenbanktreffer | Volltextbestellung |
|---------------------------------------|------------------|--------------------|
| Delta shoulder prosthesis             | 33               | 32                 |
| Inverse shoulder prosthesis           | 20               | 9                  |
| Reverse shoulder prosthesis           | 119              | 40                 |
| Delta shoulder                        | 111              | 0                  |
| Delta3 shoulder prostehsis            | 17               | 0                  |
| Delta3 shoulder                       | 67               | 1                  |
| Reversed delta shoulder               | 11               | 0                  |
| Inverted shoulder prosthesis          | 14               | 8                  |
| Inverted prosthesis                   | 275              | 0                  |
| Grammont                              | 65               | 1                  |
| Grammont shoulder prosthesis          | 12               | 3                  |
| DePuy shoulder prosthesis             | 17               | 0                  |
| DePuy shoulder                        | 21               | 0                  |
| Aequalis inverse shoulder prosthesis  | 0                | 0                  |
| Aequalis inverted shoulder prosthesis | 0                | 2                  |
| Aequalis reverse shoulder prosthesis  | 3                | 0                  |
| Aqualis reversed shoulder prosthesis  | 3                | 0                  |
| Encore inverse shoulder prosthesis    | 2                | 1                  |
| Encore inverted shoulder prosthesis   | 0                | 0                  |
| Encore reverse shoulder prosthesis    | 0                | 0                  |
| Encore reversed shoulder prosthesis   | 0                | 0                  |
| Summe                                 | 790              | 97                 |

Darstellung der ein- und ausgeschlossenen Artikel (Tab.4)

| Artikel-Nr. | Titel  | Quelle  | Autoren  | Ausschluß, weil...  |
|-------------|--|---|--|---|
| 1           | Six-year experience with the Delta III reverse shoulder prosthesis   | J Orthop Surg (Hong Kong). 2009 Aug;17(2):151-6.                  | Grassi FA, Murena L, Valli F, Alberio R                              |   |
| 2           | Delta III reverse shoulder arthroplasty: radiological outcome for acute complex fractures of the proximal humerus in elderly patients        | Orthop Traumatol Surg Res. 2009 Sep;95(5):325-9. Epub 2009 Jul 16 | Cazeneuve JF, Cristofari DJ  |   |
| 3           | Reverse shoulder arthroplasty: does reduced medialisation improve radiological and clinical results?   | Acta Orthop Belg. 2009 Apr;75(2):158-66                           | Kalouche I, Sevivas N, Wahegaonker A, Sauzieres P, Katz D, Valenti P |   |
| 4           | The SMR reverse shoulder prosthesis in the treatment of cuff-deficient shoulder conditions   | J Shoulder Elbow Surg. 2009 Jul-Aug;18(4):622-6. Epub 2009 Apr 11 | Young SW, Everts NM, Ball CM, Astley TM, Poon PC                     |   |
| 5           | The biomechanics of reverse anatomy shoulder replacement--a modelling study  | Clin Biomech (Bristol, Avon). 2009 Mar;24(3):254-60               | Kontaxis A, Johnson GR   | biomechan. Studie   |
| 6           | Short-term results after reversed shoulder arthroplasty (Delta III) in patients with rheumatoid arthritis and irreparable rotator cuff tear. | Int Orthop. 2009 Feb 17. [Epub ahead of print]                    | John M, Pap G, Angst F, Flury MP, Lieske S, Schwyzer HK, Simmen BR   |   |
| 7           | Medium term results of reverse total shoulder replacement in patients with rotator cuff arthropathy.   | Ir J Med Sci. 2009 Jun;178(2):147-50. Epub 2008 Dec 4             | Sayana MK, Kakarala G, Bandi S, Wynn-Jones C                         |   |
| 8           | Treatment of comminuted fractures of the proximal humerus in elderly patients with the Delta III reverse shoulder prosthesis.                | J Orthop Trauma. 2008 Nov-Dec;22(10):698-704                      | Klein M, Juschka M, Hinkenjann B, Scherger B, Ostermann PA           |   |
| 9           | Differential indication of anatomic and reversed shoulder prostheses in fracture sequelae  | Z Orthop Unfall. 2008 Jul-Aug;146(4):478-85. German               | Irlenbusch U, Fuhrmann U, Gebhardt K, Rott O                         | Trennschärfe der Ergebnisdarstellung für inverse Prothese nicht eindeutig |
| 10          | Prosthetic component relationship of the reverse Delta III total shoulder prosthesis in the transverse plane of the body.                    | J Shoulder Elbow Surg. 2008 Jul-Aug;17(4):602-7. Epub 2008 May 2  | Karelse AT, Bhatia DN, De Wilde LF                                   | Studie zur Prothesen-Positionierung                                       |
| 11          | Initial experience using the inverse prosthesis of the shoulder  | Acta Chir Orthop Traumatol Cech. 2008 Feb;75(1):21-7              | Weissing M, Helmreich C, Teumann E                                   |   |



|    |  |   |  |  |
|----|--|---|--|--|
| 12 | Glenosphere disengagement: a potentially serious default in reverse shoulder surgery   | Clin Orthop Relat Res. 2008 Apr;466(4):892-8. Epub 2008 Feb 21. Erratum in: Clin Orthop Relat Res. 2008 Dec;466(12):3163. | Middernacht B, De Wilde L, Molé D, Favard L, Debeer P. | Studie zum Vgl. Aequalis-& DeltaIII-Prothese-Design in Bezug auf Glenospherenlockerung |
| 13 | The effect of screw position on the initial fixation of a reverse total shoulder prosthesis in a glenoid with a cavitory bone defect.                | J Shoulder Elbow Surg. 2008 May-Jun;17(3):479-86. Epub 2008 Feb 20  | Codsi MJ, Iannotti JP.                                 | Artikel zur Schrauben-Positionierung bei schlechter Glenoid-Qualität                   |
| 14 | Reverse Delta-III total shoulder replacement combined with latissimus dorsi transfer. A preliminary report.  | J Bone Joint Surg Am. 2007 May;89(5):940-7  | Gerber C, Pennington SD, Lingenfelter EJ, Sukthakar A  | Zwischenbericht über Latissimus dorsi- Transfer  |
| 15 | Impact of fatty infiltration of the teres minor muscle on the outcome of reverse total shoulder arthroplasty.  | J Bone Joint Surg Am. 2007 May;89(5):934-9.   | Simovitch RW, Helmy N, Zumstein MA, Gerber C.          | Fatty infiltration, nicht zum engeren Untersuchungsumfang gehörig                      |
| 16 | Predictors of scapular notching in patients managed with the Delta III reverse total shoulder replacement.   | J Bone Joint Surg Am. 2007 Mar;89(3):588-600.   | Simovitch RW, Zumstein MA, Lohri E, Helmy N, Gerber C. | spezielle Untersuchung nur zum Notching  |
| 17 | Grammont reversed prosthesis for acute complex fracture of the proximal humerus in an elderly population with 5 to 12 years follow-up                | Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 2006 Oct;92(6):543-8. French   | Cazeneuve JF, Cristofari DJ                            |  |
| 18 | The reverse shoulder prosthesis (Delta III) in acute shoulder fractures: technical considerations with respect to stability                          | Acta Orthop Belg. 2006 Aug;72(4):474-7  | Van Seymourtier P, Stoffelen D, Fortems Y, Reynders P  | Artikel zur techn. Berücksichtigung in Bezug auf Gelenkstabilität                      |
| 19 | Biomechanical relevance of glenoid component positioning in the reverse Delta III total shoulder prosthesis.   | J Shoulder Elbow Surg. 2005 Sep-Oct;14(5):524-8.  | Nyffeler RW, Werner CM, Gerber C.                      | biomechan. Untersuchung zur Relevanz der Glenoidkomponenten-Positionierung             |
| 20 | Treatment of painful pseudoparesis due to irreparable rotator cuff dysfunction with the Delta III reverse-ball-and-socket total shoulder prosthesis. | J Bone Joint Surg Am. 2005 Jul;87(7):1476-86  | Werner CM, Steinmann PA, Gilbert M, Gerber C           |  |
| 21 | Initial glenoid component fixation in "reverse" total shoulder arthroplasty: a biomechanical evaluation  | J Shoulder Elbow Surg. 2005 Jan-Feb;14(1 Suppl S):162S-167S   | Harman M, Frankle M, Vasey M, Banks S                  | biomechan. Evaluation zur initialen Glenoid- komponenten-Fixation                      |
| 22 | Analysis of a retrieved delta III total shoulder prosthesis  | J Bone Joint Surg Br. 2004 Nov;86(8):1187-91  | Nyffeler RW, Werner CM, Simmen BR, Gerber C            | Einzelfallanalyse von Notching post mortem   |
| 23 | Shoulder prostheses treating cuff tear arthropathy: a comparative biomechanical study  | J Orthop Res. 2004 Nov;22(6):1222-30  | De Wilde LF, Audenaert EA, Berghs BM                   | biomechen. Studie zum Vgl. anatom.&inverser Prothesen                                  |

|    |   |   |  |   |
|----|---|---|--|---|
| 24 | The reversed Delta shoulder prosthesis in reconstruction of the proximal humerus after tumour resection.  | Acta Orthop Belg. 2003 Dec;69(6):495-500.   | De Wilde L, Sys G, Julien Y, Van Ovost E, Poffyn B, Trouilloud P |   |
| 25 | Arthroplasty of the shoulder in rheumatoid arthritis with rotator cuff dysfunction  | Int Orthop. 2003;27(1):7-10. Epub 2002 Oct 23   | Woodruff MJ, Cohen AP, Bradley JG                                |   |
| 26 | Revision of shoulder replacement with a reversed shoulder prosthesis (Delta III): report of five cases  | Acta Orthop Belg. 2001 Oct;67(4):348-53   | De Wilde L, Mombert M, Van Petegem P, Verdonk R                  |   |
| 27 | Treatment of rotator cuff arthropathy with a reversed Delta shoulder prosthesis   | Acta Orthop Belg. 2001 Oct;67(4):344-7. Erratum in: Acta Orthop Belg 2002 Apr;68(2):preceding 100 | Jacobs R, Debeer P, De Smet L                                    |   |
| 28 | Total inverted shoulder prosthesis and rotator cuff insufficiency: evaluation and determination of anatomical parameters predictive of good functional outcome in 21 shoulders] | Ann Readapt Med Phys. 2001;44(5):273-80. French   | Renaud P, Wahab H, Bontoux L, Dauty M, Richard I, Brégeon C      |   |
| 29 | Open surgical therapy of the rotator cuff   | Orthopade. 1995 Nov;24(6):512-28. Review. German  | Habermeyer P   | OP-Technik, nicht zum engeren Untersuchungsumfang gehörig                 |
| 30 | Delta shoulder prosthesis for rotator cuff rupture  | Orthopedics. 1993 Jan;16(1):65-8  | Grammont PM, Baulot E  | Bewertungsmaßstab nicht mit CS vergleichbar (max.20 Punkte möglich)       |
| 31 | In situ assembly of a modular noncemented total shoulder prosthesis for the reconstruction of complex joint pathology   | Oper Orthop Traumatol. 2009 Mar;21(1):35-50. German   | Simmen BR, Schwyzer HK, Flury MP, Goldhahn J.                    | nur anatom. Prothese behandelt  |
| 32 | Establishing the differential indication for anatomical and reversed shoulder endoprostheses in rheumatoid arthritis  | Z Rheumatol. 2009 Mar 1. [Epub ahead of print] German.  | Irlenbusch U, Forke L, Fuhrmann U, Gebhardt K, Rott O.           | Trennschärfe der Ergebnisdarstellung für inverse Prothese nicht eindeutig |
| 33 | Rehabilitation following reverse total shoulder arthroplasty.   | J Orthop Sports Phys Ther. 2007 Dec;37(12):734-43. Epub 2007 Aug 28. Review                       | Boudreau S, Boudreau ED, Higgins LD, Wilcox RB 3rd               | Review zur Indikation inverser Prothesen                                  |
| 34 | The dislocated shoulder prosthesis--an avoidable disaster?  | Orthopade. 2007 Oct;36(10):944, 946-9. Review. German   | Hausdorf J, Pietschmann M, Jansson V, Müller PE.                 | Artikel zur Komplikation „Luxation“                                       |
| 35 | Conventional x-ray after shoulder prosthesis  | Radiologe. 2006 Sep;46(9):748-52. German  | Wurnig C   | Artikel zur Beurteilung von Prothesen mittels Rö-Bildern                  |
| 36 | The inverse prosthesis as a revision prosthesis in failures of shoulder hemiarthroplasty  | Chir Organi Mov. 2005 Jan-Mar;90(1):11-21. English, Italian                                       | Paladini P, Collu A, Campi E, Porcellini G                       | in keiner Bibliothek verfügbar  |

|    |  |   |  |   |
|----|--|---|--|---|
| 37 | Implantation of an inverse prosthesis after management of an infected subcapital humerus fracture initially treated with osteosynthesis              | Unfallchirurg. 2005 Sep;108(9):765-6, 768-9. German                     | Müller M, Burger C, Paul C, Rangger C  | Einzelfallbeschreibung bei Protheseninfektion   |
| 38 | Two-year results after exchange shoulder arthroplasty using inverse implants   | Orthopedics. 2004 Nov;27(11):1165-7                                     | Katzer A, Sickelmann F, Seemann K, Loehr JF  |   |
| 39 | Principles of shoulder prosthesis implantation   | Orthopade. 2001 Jun;30(6):354-62  | Hedtmann A, Heers G  | Artikel zu Prinzipien von Endoprothesen   |
| 40 | [Anatomy of the shoulder joint]  | Zentralbl Chir. 2001 Mar;126(3):168-76. German                          | Jansen T, Thorns C, Oestern HJ   | nicht zum engeren Untersuchungsumfang gehörig, Basiswissen                                  |
| 41 | Reverse shoulder prosthesis as revision surgery after fractures of the proximal humerus, treated initially by internal fixation or hemiarthroplasty. | Musculoskelet Surg. 2009 Apr;93 Suppl 1:S35-9.                          | Lollino N, Paladini P, Campi F, Merolla G, Rossi P, Porcellini G   |   |
| 42 | Morphology of the scapula relative to the reverse shoulder prosthesis  | J Orthop Surg (Hong Kong). 2009 Aug;17(2):146-50.                       | Torrens C, Corrales M, Gonzalez G, Solano A, Caceres E   | Unterschiede der Scapula-Morphologie in Bezug auf inverse Prothese                          |
| 43 | Reverse total shoulder arthroplasty after failed rotator cuff surgery.   | J Shoulder Elbow Surg. 2009 Jul-Aug;18(4):600-6. Epub 2009 May 29.      | Boileau P, Gonzalez JF, Chuinard C, Bicknell R, Walch G.   |   |
| 44 | Objective evaluation of lengthening in reverse shoulder arthroplasty.  | J Shoulder Elbow Surg. 2009 Jul-Aug;18(4):588-95. Epub 2009 May 28.     | Lädermann A, Williams MD, Melis B, Hoffmeyer P, Walch G  | Studie in Bezug auf Armverlängerung   |
| 45 | Massive rotator cuff tears in patients younger than 65 years. What treatment options are available?  | Orthop Traumatol Surg Res. 2009 Jun;95(4 Suppl):19-26. Epub 2009 May 7. | Favard L, Berhouet J, Colmar M, Boukobza E, Richou J, Sonnard A, Huguet D, Courage O; Société d'orthopédie de l'Ouest. | Studie zu Behandlungsoptionen des RM-Defektes bei Pat.<65 Jahren, keine Resultatdarstellung |
| 46 | Reverse total shoulder arthroplasty.   | J Am Acad Orthop Surg. 2009 May;17(5):284-95. Review.                   | Gerber C, Pennington SD, Nyffeler RW.  | allgemeine Informationen zu inversen Prothesen  |
| 47 | Arc of motion and socket depth in reverse shoulder implants.   | Clin Biomech (Bristol, Avon). 2009 Jul;24(6):473-9. Epub 2009 Apr 5.    | Gutiérrez S, Luo ZP, Levy J, Frankle MA.   | Artikel über Bewegungsausmaß und socket depth   |
| 48 | Revision reverse shoulder arthroplasty for glenoid baseplate failure after primary reverse shoulder arthroplasty.                                    | J Shoulder Elbow Surg. 2009 Sep-Oct;18(5):717-23. Epub 2009 Mar 17.     | Holcomb JO, Cuff D, Petersen SA, Pupello DR, Frankle MA.   | Bewertung mit ASES-Score  |
| 49 | Three or four parts complex proximal humerus fractures: hemiarthroplasty versus reverse prosthesis: a comparative study of 40 cases.                 | Orthop Traumatol Surg Res. 2009 Feb;95(1):48-55. Epub 2009 Feb 6.       | Gallinet D, Clappaz P, Garbuio P, Tropet Y, Obert L.   |   |

|    |  |  |   |   |
|----|--|--|---|---|
| 50 | Acromial insufficiency in reverse shoulder arthroplasties.   | J Shoulder Elbow Surg. 2009 May-Jun;18(3):495-502. Epub 2009 Feb 27. | Walch G, Mottier F, Wall B, Boileau P, Molé D, Favard L.                |   |
| 51 | An evaluation of the relationships between reverse shoulder design parameters and range of motion, impingement, and stability.                           | J Shoulder Elbow Surg. 2009 Sep-Oct;18(5):734-41. Epub 2009 Feb 27.  | Roche C, Flurin PH, Wright T, Crosby LA, Mauldin M, Zuckerman JD.       | Computer-Studie, keine Untersuchungsergebnisse            |
| 52 | Range of impingement-free abduction and adduction deficit after reverse shoulder arthroplasty. Hierarchy of surgical and implant-design-related factors. | J Bone Joint Surg Am. 2008 Dec;90(12):2606-15.                       | Gutiérrez S, Comiskey CA 4th, Luo ZP, Pupello DR, Frankle MA.           | Computer-Studie, keine Untersuchungsergebnisse            |
| 53 | Prosthetic replacement for proximal humeral fractures.   | Injury. 2008 Dec;39(12):1345-58. Epub 2008 Nov 25. Review.           | Kontakis G, Tosounidis T, Galanakis I, Megas P.                         | Artikel über div. Behandlungsoptionen bei prox. Frakturen |
| 54 | Reverse total shoulder arthroplasty for acute fractures and failed management after proximal humeral fractures.  | Orthop Clin North Am. 2008 Oct;39(4):451-7, vi. Review.              | Martin TG, Iannotti JP  | Sekundärliteratur   |
| 55 | Reverse total shoulder replacement: intraoperative and early postoperative complications.  | Clin Orthop Relat Res. 2009 Jan;467(1):225-34. Epub 2008 Aug 7.      | Wierks C, Skolasky RL, Ji JH, McFarland EG                              |   |
| 56 | Optimizing glenosphere position and fixation in reverse shoulder arthroplasty, Part One: The twelve-mm rule.   | J Shoulder Elbow Surg. 2008 Jul-Aug;17(4):589-94.                    | Kelly JD 2nd, Humphrey CS, Norris TR.                                   | biomechen Studie  |
| 57 | Scapular notching in reverse shoulder arthroplasty.  | J Shoulder Elbow Surg. 2008 Nov-Dec;17(6):925-35. Epub 2008 Jun 16.  | Lévigine C, Boileau P, Favard L, Garaud P, Molé D, Sirveaux F, Walch G. |   |
| 58 | Optimizing glenosphere position and fixation in reverse shoulder arthroplasty, Part Two: The three-column concept.                                       | J Shoulder Elbow Surg. 2008 Jul-Aug;17(4):595-601. Epub 2008 Jun 9.  | Humphrey CS, Kelly JD 2nd, Norris TR.                                   | biomechan. Studie   |
| 59 | Simulated joint and muscle forces in reversed and anatomic shoulder prostheses.  | J Bone Joint Surg Br. 2008 Jun;90(6):751-6.                          | Terrier A, Reist A, Merlini F, Farron A.                                | Modellstudie (Computersimulation)                         |
| 60 | Reverse shoulder arthroplasty for the treatment of rotator cuff deficiency.  | J Bone Joint Surg Am. 2008 Jun;90(6):1244-51.                        | Cuff D, Pupello D, Virani N, Levy J, Frankle M.                         | Bewertung mit ASES-Score                                  |
| 61 | Latissimus dorsi transfer to restore external rotation with reverse shoulder arthroplasty: a biomechanical study.  | J Shoulder Elbow Surg. 2008 Jul-Aug;17(4):650-8. Epub 2008 Apr 21.   | Favre P, Loeb MD, Helmy N, Gerber C.                                    | biomechan. Studie   |

|    |  |  |   |   |
|----|--|--|---|---|
| 62 | The reverse total shoulder arthroplasty.   | Instr Course Lect. 2008;57:167-74. Review.                                   | Matsen Iii FA, Boileau P, Walch G, Gerber C, Bicknell RT.                                     | Sekundärliteratur   |
| 63 | The reverse shoulder prosthesis--surgical technique.   | Tech Hand Up Extrem Surg. 2008 Mar;12(1):46-55. Review.                      | Valenti P, Sauzières P, Cogswell L, O'Toole G, Katz D.  | Artikel zu OP-Techniken   |
| 64 | Evaluation of abduction range of motion and avoidance of inferior scapular impingement in a reverse shoulder model.                                      | J Shoulder Elbow Surg. 2008 Jul-Aug;17(4):608-15. Epub 2008 Mar 6.           | Gutiérrez S, Levy JC, Frankle MA, Cuff D, Keller TS, Pupello DR, Lee WE 3rd.                  | theoretische Modellstudie   |
| 65 | Consequences of scapular anatomy for reversed total shoulder arthroplasty.   | Clin Orthop Relat Res. 2008 Jun;466(6):1410-8. Epub 2008 Mar 6.              | Middernacht B, De Roo PJ, Van Maele G, De Wilde LF.   | Artikel über die Auswirkung der Scapula-Anatomie                  |
| 66 | The treatment of deep shoulder infection and glenohumeral instability with debridement, reverse shoulder arthroplasty and postoperative antibiotics      | J Bone Joint Surg Br. 2008 Mar;90(3):336-42.                                 | Cuff DJ, Virani NA, Levy J, Frankle MA, Derasari A, Hines B, Pupello DR, Cancio M, Mighell M. | Artikel über Versorgung tiefer Infektionen der inversen Prothesen |
| 67 | Hierarchy of stability factors in reverse shoulder arthroplasty.   | Clin Orthop Relat Res. 2008 Mar;466(3):670-6. Epub 2008 Feb 10.              | Gutiérrez S, Keller TS, Levy JC, Lee WE 3rd, Luo ZP.  | theoretische Modellstudie   |
| 68 | Reverse shoulder arthroplasty for the treatment of proximal humeral fractures.   | Hand Clin. 2007 Nov;23(4):425-30, v-vi. Review.                              | Wall B, Walch G.  | Artikel zu Therapieoptionen bei prox.Humerusfraktur               |
| 69 | Adaptation of scapula lateral rotation after reverse anatomy shoulder replacement  | Comput Methods Biomech Biomed Engin. 2008 Feb;11(1):73-80. Epub 2007 Oct 15. | Kontaxis A, Johnson GR.   | Studie zur Adaption der lat. Rotation der Scapula                 |
| 70 | Reverse total shoulder arthroplasty: a review of results according to etiology.  | J Bone Joint Surg Am. 2007 Jul;89(7):1476-85.                                | Wall B, Nové-Josserand L, O'Connor DP, Edwards TB, Walch G.                                   |   |
| 71 | Reverse prosthesis and os acromiale or acromion stress fracture  | Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 2007 Apr;93(2):133-41. French.        | Mottier F, Wall B, Nové-Josserand L, Galois Guibal L, Walch G.                                |   |
| 72 | Use of the reverse shoulder prosthesis for the treatment of failed hemiarthroplasty in patients with glenohumeral arthritis and rotator cuff deficiency. | J Bone Joint Surg Br. 2007 Feb;89(2):189-95. Review.                         | Levy JC, Virani N, Pupello D, Frankle M.  | Bewertung mit ASES-Score  |
| 73 | Center of rotation affects abduction range of motion of reverse shoulder arthroplasty.   | Clin Orthop Relat Res. 2007 May;458:78-82.                                   | Gutiérrez S, Levy JC, Lee WE 3rd, Keller TS, Maitland ME.                                     | theoretische Modellstudie   |
| 74 | The use of the reverse shoulder prosthesis for the treatment of failed hemiarthroplasty for proximal humeral fracture.                                   | J Bone Joint Surg Am. 2007 Feb;89(2):292-300.                                | Levy J, Frankle M, Mighell M, Pupello D.  | Bewertung mit ASES-Score & SST                                    |

|    |   |  |   |   |
|----|---|--|---|---|
| 75 | [Shoulder prostheses]   | Unfallchirurg. 2006 Dec;109(12):1073-83; quiz 1084. German.          | Wiedemann E.  | Übersichtsartikel, allgemeine Informationen zu inversen Prothesen |
| 76 | The reverse shoulder prosthesis for glenohumeral arthritis associated with severe rotator cuff deficiency. a minimum two-year follow-up study of sixty patients surgical technique.     | J Bone Joint Surg Am. 2006 Sep;88 Suppl 1 Pt 2:178-90.               | Frankle M, Levy JC, Pupello D, Siegal S, Saleem A, Mighell M, Vasey M.  | OP-Technik Beschreibung<br>Zusammenhang mit Artikel 60 & 96       |
| 77 | Reverse total shoulder arthroplasty. Survivorship analysis of eighty replacements followed for five to ten years.   | J Bone Joint Surg Am. 2006 Aug;88(8):1742-7.                         | Guery J, Favard L, Sirveaux F, Oudet D, Mole D, Walch G.                | Prothesenüberlebenszeit   |
| 78 | The reverse shoulder prosthesis: A review of imaging features and complications.  | Skeletal Radiol. 2006 Jul;35(7):488-96. Epub 2006 Mar 29. Review.    | McFarland EG, Sanguanjit P, Tasaki A, Keyurapan E, Fishman EK, Fayad LM | allgemeine Informationen zu inversen Prothesen                    |
| 79 | Grammont reverse prosthesis: design, rationale, and biomechanics.   | J Shoulder Elbow Surg. 2005 Jan-Feb;14(1 Suppl S):147S-161S. Review. | Boileau P, Watkinson DJ, Hatzidakis AM, Balg F.                         | allgemeine Informationen zu inversen Prothesen                    |
| 80 | Grammont's reverse shoulder prosthesis for rotator cuff arthropathy. A retrospective study of 32 cases.   | Acta Orthop Belg. 2004 Jun;70(3):219-25.                             | Vanhove B, Beugnies A.  |   |
| 81 | Early results of a reverse design prosthesis in the treatment of arthritis of the shoulder in elderly patients with a large rotator cuff tear.  | Orthopedics. 2002 Feb;25(2):129-33.                                  | Bouhahia A, Edwards TB, Walch G, Baratta RV.                            |   |
| 82 | Grammont inverted prosthesis for the treatment of cuff tear arthropathy: a 6-year follow-up study.  | Orthopedics. 2008 May;31(5):447.                                     | de Cupis V, Chillemi C, Marinelli M.                                    |   |
| 83 | Reverse shoulder arthroplasty for the treatment of three- and four-part fractures of the proximal humerus in the elderly: a prospective review of 43 cases with a short-term follow-up. | J Bone Joint Surg Br. 2007 Apr;89(4):516-20.                         | Bufquin T, Hersan A, Hubert L, Massin P.                                |   |
| 84 | [Twenty nine shoulder reconstructions after resection of the proximal humerus for neoplasm with mean 7-year follow-up]  | Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 2005 Feb;91(1):15-23. French. | Kassab M, Dumaine V, Babinet A, Ouaknine M, Tomeno B, Anract P.         | div. Behandlungsoptionen nach Tumorresektion vergleichend         |
| 85 | Grammont inverted total shoulder arthroplasty in the treatment of glenohumeral osteoarthritis with massive rupture of the cuff. Results of a multicentre study of 80 shoulders.         | J Bone Joint Surg Br. 2004 Apr;86(3):388-95.                         | Sirveaux F, Favard L, Oudet D, Huquet D, Walch G, Molé D.               |   |

|    |  |   |   |   |
|----|--|---|---|---|
| 86 | Results of revision surgery for glenoid loosening: a multicentric series of 37 shoulder prosthesis   | Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 2004 Apr;90(2):111-21. French. | Neyton L, Sirveaux F, Roche O, Molé D, Boileau P, Walch G.    | Trennschärfe der Ergebnisdarstellung für inverse Prothese nicht eindeutig |
| 87 | Mechanical complications of total shoulder inverted prosthesis   | Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 2002 Jun;88(4):410-4. French.  | Delloye C, Joris D, Colette A, Eudier A, Dubuc JE.            | Ergebnisse nicht mit den anderen Studien vergleichbar                     |
| 88 | Results of an inverted shoulder prosthesis after resection for tumor of the proximal humerus   | Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 2002 Jun;88(4):373-8. French.  | De Wilde LF, Van Ovost E, Uyttendaele D, Verdonk R.           |   |
| 89 | Results of Grammont's inverted prosthesis in omarthritis associated with major cuff destruction. Apropos of 16 cases   | Acta Orthop Belg. 1995;61 Suppl 1:112-9. French.                      | Baulot E, Chabernaud D, Grammont PM.                          |   |
| 90 | Grammont reverse total shoulder arthroplasty in patients with rheumatoid arthritis and nonreconstructible rotator cuff lesions                                   | J Shoulder Elbow Surg. 2001 Jan-Feb;10(1):17-22.                      | Rittmeister M, Kerschbaumer F.                                |   |
| 91 | Reverse total shoulder arthroplasty for the treatment of defect arthropathy.   | Oper Orthop Traumatol. 2005 Feb;17(1):1-24. English, German.          | Seebauer L, Walter W, Keyl W.                                 |   |
| 92 | Proximal humeral head fractures--Future development of shoulderimplants  | Zentralbl Chir. 2002 Mar;127(3):207-11. German.                       | Habermeyer P, Magosch P, Lichtenberg S.                       | div. Behandlungsoptionen bei prox.Humeruskopffraktur vergleichend         |
| 93 | Fixation of the reversed shoulder prosthesis.  | J Shoulder Elbow Surg. 2008 Nov-Dec;17(6):974-80. Epub 2008 Aug 28.   | Hopkins AR, Hansen UN, Bull AM, Emery R, Amis AA.             | theoretische Modellstudie   |
| 94 | Neer Award 2005: The Grammont reverse shoulder prosthesis: results in cuff tear arthritis, fracture sequelae, and revision arthroplasty.                         | J Shoulder Elbow Surg. 2006 Sep-Oct;15(5):527-40.                     | Boileau P, Watkinson D, Hatzidakis AM, Hovorka I.             |   |
| 95 | Grammont prosthesis in humeral head osteonecrosis. Indications--results  | Acta Orthop Belg. 1999;65 Suppl 1:109-15. French.                     | Baulot E, Garron E, Grammont PM.                              |   |
| 96 | The Reverse Shoulder Prosthesis for glenohumeral arthritis associated with severe rotator cuff deficiency. A minimum two-year follow-up study of sixty patients. | J Bone Joint Surg Am. 2005 Aug;87(8):1697-705.                        | Frankle M, Siegal S, Pupello D, Saleem A, Mighell M, Vasey M. | Bewertung mit ASES-Score  |
| 97 | Delta3 reverse prosthesis for osteoarthritis with massive rotator cuff tear: long term results   | Sauramps medical 2001; pp253-259                                      | Valenti, Boutens  |   |
| 98 | Functional recovery after a reverse prosthesis for reconstruction of the proximal humerus in tumor surgery.  | Clin Orthop Relat Res. 2005 Jan;(430):156-62.                         | De Wilde LF, Plasschaert FS, Audenaert EA, Verdonk RC         | in keiner Bibliothek verfügbar  |

|     |  |   |  |                                |
|-----|--|---|--|--------------------------------|
| 99  | La prothese inverse de Grammont  | Poster presentation at SECEC 1996,<br>Nottingham,UK | De Buttet, Capon D, Delfosse J,<br>Bouchon Y | in keiner Bibliothek verfügbar |
| 100 | Inferior scapular notching following Encore<br>Reverse Shoulder Prosthesis | Orthopedics 2009 Okt; 32 (10)                       | Levy J, Blim S.                              | Case report                    |



Für die einzelnen Fragestellungen jeweils ausgewertete Studien (Tab.5)

| Artikel                           | Punkt<br>3.1.1 | Punkt<br>3.1.2 | Punkt<br>3.1.3.1 | Punkt<br>3.1.3.2 | Punkt<br>3.1.3.3 | Punkt<br>3.1.3.4.1 | Punkt<br>3.1.3.4.2 | Punkt<br>3.1.3.5 | Punkt<br>3.1.3.6 | Punkt<br>3.2 |
|-----------------------------------|----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|--------------|
| Grassi et al <sup>[18]</sup>      | X              | X              |                  |                  | X                |                    |                    |                  | X                | X            |
| Cazeneuve et al <sup>[32]</sup>   |                |                |                  |                  |                  |                    |                    |                  |                  | X            |
| Kalouche et al <sup>[25]</sup>    | X              | X              | X                |                  |                  | X                  | X                  |                  |                  | X            |
| Young et al <sup>[19]</sup>       |                |                |                  |                  |                  |                    |                    |                  |                  | X            |
| John et al <sup>[11]</sup>        | X              | X              | X                |                  | X                |                    |                    |                  |                  | X            |
| Sayana et al <sup>[33]</sup>      | X              |                |                  |                  |                  |                    |                    |                  |                  | X            |
| Klein et al <sup>[34]</sup>       |                |                |                  |                  |                  |                    |                    |                  |                  | X            |
| Weissinger et al <sup>[35]</sup>  |                |                |                  |                  |                  |                    |                    |                  |                  | X            |
| Cazeneuve et al <sup>[36]</sup>   |                |                |                  |                  |                  |                    |                    |                  |                  | X            |
| Werner et al <sup>[23]</sup>      |                |                | X                |                  | X                | X                  |                    |                  |                  | X            |
| De Wilde et al <sup>[37]</sup>    |                |                |                  |                  |                  |                    |                    |                  |                  | X            |
| Woodruff et al <sup>[38]</sup>    |                |                |                  |                  |                  |                    |                    |                  |                  | X            |
| De Wilde et al <sup>[22]</sup>    | X              | X              |                  |                  |                  |                    |                    |                  |                  | X            |
| Jacobs et al <sup>[39]</sup>      | X              |                |                  |                  |                  |                    |                    |                  | X                | X            |
| Renaud et al <sup>[15]</sup>      |                |                | X                | X                |                  |                    |                    |                  |                  | X            |
| Katzer et al <sup>[12]</sup>      | X              |                | X                |                  | X                | X                  |                    |                  |                  | X            |
| Lollino et al <sup>[13]</sup>     | X              |                | X                |                  |                  |                    |                    |                  |                  | X            |
| Boileau et al <sup>[10]</sup>     | X              | X              | X                | X                |                  |                    |                    |                  | X                | X            |
| Gallinet et al <sup>[40]</sup>    |                |                |                  |                  |                  |                    |                    |                  |                  | X            |
| Walch et al <sup>[41]</sup>       | X              | X              |                  |                  | X                |                    |                    |                  |                  | X            |
| Wierks et al <sup>[42]</sup>      |                |                |                  |                  |                  |                    |                    |                  |                  | X            |
| Lévigne et al <sup>[24]</sup>     | X              |                | X                | X                |                  | X                  | X                  | X                | X                | X            |
| Wall et al <sup>[17]</sup>        | X              | X              |                  |                  | X                | X                  | X                  |                  | XX               | X            |
| Mottier et al <sup>[16]</sup>     | X              | X              | X                |                  |                  |                    |                    |                  |                  | X            |
| Vanhove et al <sup>[27]</sup>     |                |                |                  |                  |                  |                    |                    |                  |                  | X            |
| Boulahia et al <sup>[20]</sup>    | X              | X              |                  |                  | X                |                    |                    |                  |                  | X            |
| De Cupis et al <sup>[21]</sup>    | X              | X              |                  |                  |                  |                    |                    |                  |                  | X            |
| Bufquin et al <sup>[43]</sup>     |                |                |                  |                  |                  |                    |                    |                  |                  | X            |
| Sirveaux et al <sup>[14]</sup>    | X              | X              | X                | X                |                  | X                  | X                  | X                |                  | X            |
| De Wilde et al <sup>[44]</sup>    |                |                |                  |                  |                  |                    |                    |                  |                  | X            |
| Baulot et al <sup>[45]</sup>      |                |                |                  |                  |                  |                    |                    |                  |                  | X            |
| Rittmeister et al <sup>[46]</sup> | X              | X              |                  |                  |                  |                    |                    |                  |                  | X            |
| Seebauer et al <sup>[47]</sup>    |                |                |                  |                  |                  |                    |                    |                  |                  | X            |
| Boileau et al <sup>[5]</sup>      | X              |                | X                |                  |                  |                    |                    |                  | X                | X            |
| Baulot et al <sup>[48]</sup>      | X              | X              |                  |                  |                  |                    |                    |                  |                  | X            |
| Valenti et al <sup>[49]</sup>     | X              | X              | X                |                  |                  |                    |                    |                  |                  | X            |

Einzelheiten zum Diskussionspunkt 4.1.3 (Tab.18)

| Indikation  | Autor                             | präoperativer absoluter CMS | postoperativer absoluter CMS | Fallzahlen |
|---|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------|
| Rotatorenmanschettendefekt – Arthropathie             | Wall et al <sup>[17]</sup>        | 21,7                        | 65,1                         | 59         |
|   | de Cupis et al <sup>[21]</sup>    | 27,4                        | 64,6                         | 22         |
|   | Boileau et al <sup>[5]</sup>      | 18                          | 66                           | 21         |
|   | Baulot et al <sup>[45]</sup>      | 14                          | 69                           | 16         |
| Rheumatoide Arthritis mit irreparablem RM-Defekt      | John et al <sup>[11]</sup>        | 19                          | 59,5                         | 17         |
|   | Rittmeister et al <sup>[46]</sup> | 17,3                        | 63                           | 8          |
| Osteoarthritis mit irreparablem RM-Defekt             | Valenti et al <sup>[49]</sup>     | 21                          | 63                           | 39         |
|   | Sirveaux et al <sup>[14]</sup>    | 22,6                        | 65,5                         | 80         |
|   | Wall et al <sup>[17]</sup>        | 24,7                        | 65,1                         | 25         |
| Posttraumatische Arthritis mit irreparablem RM-Defekt | Wall et al <sup>[17]</sup>        | 19,7                        | 53                           | 28         |
|   | Boileau et al <sup>[5]</sup>      | 15                          | 61                           | 4          |
| Humeruskopfnekrose                                    | Baulot et al <sup>[48]</sup>      | 21                          | 60                           | 12         |
| Irreversibler RM-Defekt mit Pseudoparalyse            | Kalouche et al <sup>[25]</sup>    | 28,6                        | 66                           | 47         |
|   | Kalouche et al <sup>[25]</sup>    | 24,6                        | 62,3                         | 49         |
|   | Wall et al <sup>[17]</sup>        | 27,8                        | 63,4                         | 34         |
| Revisionseingriffe                                    | Boileau et al <sup>[5]</sup>      | 15                          | 46                           | 17         |
|   | Wall et al <sup>[17]</sup>        | 19,7                        | 52,2                         | 45         |
|   | Boileau et al <sup>[10]</sup>     | 25,4                        | 55,8                         | 42         |
|   | Lollino et al <sup>[13]</sup>     | 15,3                        | 41                           | 8          |
|   | Lollino et al <sup>[13]</sup>     | 7,3                         | 41,6                         | 7          |

### 7.3 Literaturverzeichnis

1. Grammont, P.M. and E. Baulot, *Delta shoulder prosthesis for rotator cuff rupture*. Orthopedics, 1993. **16**(1): p. 65-8.
2. Baulot, E., F. Sirveaux, and P. Boileau, *Grammont's Idea: The Story of Paul Grammont's Functional Surgery Concept and the Development of the Reverse Principle*. Clin Orthop Relat Res, 2011.
3. Roberts, C.C., et al., *Radiologic assessment of reverse shoulder arthroplasty*. Radiographics, 2007. **27**(1): p. 223-35.
4. Boileau, P., et al., *Grammont reverse prosthesis: design, rationale, and biomechanics*. J Shoulder Elbow Surg, 2005. **14**(1 Suppl S): p. 147S-161S.
5. Boileau, P., et al., *Neer Award 2005: The Grammont reverse shoulder prosthesis: results in cuff tear arthritis, fracture sequelae, and revision arthroplasty*. J Shoulder Elbow Surg, 2006. **15**(5): p. 527-40.
6. Kunz R., K.K.S., Kleijnen J., Antes Gerd, *Systematische Übersichtsarbeiten und Meta-Analysen*. 2009.
7. Constant, C.R. and A.H. Murley, *A clinical method of functional assessment of the shoulder*. Clin Orthop Relat Res, 1987(214): p. 160-4.
8. Krämer K.-L., M.F.-P., *Scores, Bewertungsschemata und Klassifikationen in Orthopädie und Traumatologie*.
9. Simovitch, R.W., et al., *Predictors of scapular notching in patients managed with the Delta III reverse total shoulder replacement*. J Bone Joint Surg Am, 2007. **89**(3): p. 588-600.
10. Boileau, P., et al., *Reverse total shoulder arthroplasty after failed rotator cuff surgery*. J Shoulder Elbow Surg, 2009. **18**(4): p. 600-6.
11. John, M., et al., *Short-term results after reversed shoulder arthroplasty (Delta III) in patients with rheumatoid arthritis and irreparable rotator cuff tear*. Int Orthop, 2010. **34**(1): p. 71-7.
12. Katzer, A., et al., *Two-year results after exchange shoulder arthroplasty using inverse implants*. Orthopedics, 2004. **27**(11): p. 1165-7.
13. Lollino, N., et al., *Reverse shoulder prosthesis as revision surgery after fractures of the proximal humerus, treated initially by internal fixation or hemiarthroplasty*. Chir Organi Mov, 2009. **93 Suppl 1**: p. S35-9.
14. Sirveaux, F., et al., *Grammont inverted total shoulder arthroplasty in the treatment of glenohumeral osteoarthritis with massive rupture of the cuff. Results of a multicentre study of 80 shoulders*. J Bone Joint Surg Br, 2004. **86**(3): p. 388-95.
15. Renaud, P., et al., *[Total inverted shoulder prosthesis and rotator cuff insufficiency: evaluation and determination of anatomical parameters predictive of good functional outcome in 21 shoulders]*. Ann Readapt Med Phys, 2001. **44**(5): p. 273-80.
16. Mottier, F., et al., *[Reverse prosthesis and os acromiale or acromion stress fracture]*. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot, 2007. **93**(2): p. 133-41.
17. Wall, B., et al., *Reverse total shoulder arthroplasty: a review of results according to etiology*. J Bone Joint Surg Am, 2007. **89**(7): p. 1476-85.
18. Grassi, F.A., et al., *Six-year experience with the Delta III reverse shoulder prosthesis*. J Orthop Surg (Hong Kong), 2009. **17**(2): p. 151-6.
19. Young, S.W., et al., *The SMR reverse shoulder prosthesis in the treatment of cuff-deficient shoulder conditions*. J Shoulder Elbow Surg, 2009. **18**(4): p. 622-6.
20. Boulahia, A., et al., *Early results of a reverse design prosthesis in the treatment of arthritis of the shoulder in elderly patients with a large rotator cuff tear*. Orthopedics, 2002. **25**(2): p. 129-33.
21. de Cupis, V., C. Chillemi, and M. Marinelli, *Grammont inverted prosthesis for the*

- treatment of cuff tear arthropathy: a 6-year follow-up study.* Orthopedics, 2008. **31**(5): p. 447.
22. De Wilde, L., et al., *Revision of shoulder replacement with a reversed shoulder prosthesis (Delta III): report of five cases.* Acta Orthop Belg, 2001. **67**(4): p. 348-53.
  23. Werner, C.M., et al., *Treatment of painful pseudoparesis due to irreparable rotator cuff dysfunction with the Delta III reverse-ball-and-socket total shoulder prosthesis.* J Bone Joint Surg Am, 2005. **87**(7): p. 1476-86.
  24. Levigne, C., et al., *Scapular notching in reverse shoulder arthroplasty.* J Shoulder Elbow Surg, 2008. **17**(6): p. 925-35.
  25. Kalouche, I., et al., *Reverse shoulder arthroplasty: does reduced medialisation improve radiological and clinical results?* Acta Orthop Belg, 2009. **75**(2): p. 158-66.
  26. Valtenti, P., Boutens, D., Nerot, C., et al., *Delta 3 reversed prosthesis for osteoarthritis with massive rotator cuff tear: long term results (>5 years).* In: Walch G, Boileau P, Molé: 2000 Shoulder prosthesis... two to ten year follow-up. 253-259, Sauramps Medical Montpellier.
  27. Vanhove, B. and A. Beugnies, *Grammont's reverse shoulder prosthesis for rotator cuff arthropathy. A retrospective study of 32 cases.* Acta Orthop Belg, 2004. **70**(3): p. 219-25.
  28. Sirveaux, F., Favard, L., Oudet, D., Huguet, D., Lautmann, S., *Grammont inverted total shoulder arthroplasty in the treatment of glenohumeral osteoarthritis with massive and no repairable cuff rupture.* In: Walch G, Boileau P, Molé: 2000 Shoulder prosthesis... two to ten year follow-up. 247-52, Montpellier: Sauramps Medical;2001.
  29. Nyffeler, R.W., C.M. Werner, and C. Gerber, *Biomechanical relevance of glenoid component positioning in the reverse Delta III total shoulder prosthesis.* J Shoulder Elbow Surg, 2005. **14**(5): p. 524-8.
  30. Nyffeler, R.W., et al., *Analysis of a retrieved delta III total shoulder prosthesis.* J Bone Joint Surg Br, 2004. **86**(8): p. 1187-91.
  31. Frankle, M., et al., *The Reverse Shoulder Prosthesis for glenohumeral arthritis associated with severe rotator cuff deficiency. A minimum two-year follow-up study of sixty patients.* J Bone Joint Surg Am, 2005. **87**(8): p. 1697-705.
  32. Cazeneuve, J.F. and D.J. Cristofari, *Delta III reverse shoulder arthroplasty: radiological outcome for acute complex fractures of the proximal humerus in elderly patients.* Orthop Traumatol Surg Res, 2009. **95**(5): p. 325-9.
  33. Sayana, M.K., et al., *Medium term results of reverse total shoulder replacement in patients with rotator cuff arthropathy.* Ir J Med Sci, 2009. **178**(2): p. 147-50.
  34. Klein, M., et al., *Treatment of comminuted fractures of the proximal humerus in elderly patients with the Delta III reverse shoulder prosthesis.* J Orthop Trauma, 2008. **22**(10): p. 698-704.
  35. Weissinger, M., C. Helmreich, and E. Teumann, *Initial experience using the inverse prosthesis of the shoulder.* Acta Chir Orthop Traumatol Cech, 2008. **75**(1): p. 21-7.
  36. Cazeneuve, J.F. and D.J. Cristofari, *[Grammont reversed prosthesis for acute complex fracture of the proximal humerus in an elderly population with 5 to 12 years follow-up].* Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot, 2006. **92**(6): p. 543-8.
  37. De Wilde, L., et al., *The reversed Delta shoulder prosthesis in reconstruction of the proximal humerus after tumour resection.* Acta Orthop Belg, 2003. **69**(6): p. 495-500.
  38. Woodruff, M.J., A.P. Cohen, and J.G. Bradley, *Arthroplasty of the shoulder in rheumatoid arthritis with rotator cuff dysfunction.* Int Orthop, 2003. **27**(1): p. 7-10.
  39. Jacobs, R., P. Debeer, and L. De Smet, *Treatment of rotator cuff arthropathy with a reversed Delta shoulder prosthesis.* Acta Orthop Belg, 2001. **67**(4): p. 344-7.
  40. Gallinet, D., et al., *Three or four parts complex proximal humerus fractures:*

- hemiarthroplasty versus reverse prosthesis: a comparative study of 40 cases.* Orthop Traumatol Surg Res, 2009. **95**(1): p. 48-55.
41. Walch, G., et al., *Acromial insufficiency in reverse shoulder arthroplasties.* J Shoulder Elbow Surg, 2009. **18**(3): p. 495-502.
  42. Wierks, C., et al., *Reverse total shoulder replacement: intraoperative and early postoperative complications.* Clin Orthop Relat Res, 2009. **467**(1): p. 225-34.
  43. Bufquin, T., et al., *Reverse shoulder arthroplasty for the treatment of three- and four-part fractures of the proximal humerus in the elderly: a prospective review of 43 cases with a short-term follow-up.* J Bone Joint Surg Br, 2007. **89**(4): p. 516-20.
  44. De Wilde, L.F., et al., *[Results of an inverted shoulder prosthesis after resection for tumor of the proximal humerus].* Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot, 2002. **88**(4): p. 373-8.
  45. Baulot, E., D. Chabernaud, and P.M. Grammont, *[Results of Grammont's inverted prosthesis in omarthritis associated with major cuff destruction. Apropos of 16 cases].* Acta Orthop Belg, 1995. **61 Suppl 1**: p. 112-9.
  46. Rittmeister, M. and F. Kerschbaumer, *Grammont reverse total shoulder arthroplasty in patients with rheumatoid arthritis and nonreconstructible rotator cuff lesions.* J Shoulder Elbow Surg, 2001. **10**(1): p. 17-22.
  47. Seebauer, L., W. Walter, and W. Keyl, *Reverse total shoulder arthroplasty for the treatment of defect arthropathy.* Oper Orthop Traumatol, 2005. **17**(1): p. 1-24.
  48. Baulot, E., E. Garron, and P.M. Grammont, *[Grammont prosthesis in humeral head osteonecrosis. Indications--results].* Acta Orthop Belg, 1999. **65 Suppl 1**: p. 109-15.
  49. Valenti, P., D. Boutens, and C. Nerot, *Delta 3 reversed prodthesis for osteoarthritis with massive rotator cuff tear: long term results (>5 years), 2001: 2000 protheses depaule...: recul de 2 a 10 ans;* Sauramps Medical; Montpellier 2001. p. 253-59.

## **7.4 Danksagung**

Ich möchte mich ganz herzlich bei Herrn Prof. Dr. med. Halder bedanken für die Vergabe des Promotionsthemas und die kooperative Betreuung meiner Dissertation.

Mein ausdrücklicher Dank gilt außerdem Frau Krentz vom Institut für Biostatistik und Informatik der Medizinischen Fakultät Rostock für die immer freundliche und engagierte Hilfe bei der statistischen Auswertung.

Meinen größten Dank möchte ich an dieser Stelle meinen Eltern aussprechen, für alles, was sie mir bisher ermöglicht haben und für die Gewissheit, dass ich immer ein Zuhause haben werde. Auch meinen Geschwistern danke ich von ganzem Herzen, auf deren Unterstützung ich mich in jeder Lage verlassen kann.

## 7.5 Lebenslauf

|                   |  |
|-------------------|--|
| Name              | Antonia Lensing  |
| Geburtsdatum      | 15.05.1984   |
| Geburtsort        | Karlsruhe  |
| 1990 – 1994       | Besuch der Grundschule St. Alfons (Berlin)   |
| 1994 – 2003       | Besuch des humanistischen Heese - Gymnasiums<br>Berlin – Steglitz<br>Abschluss: Abitur |
| 2003 – 2005       | Freiwilliges Soziales Jahr<br>bei der Johanniter-Unfall-Hilfe e.v.                     |
| 2005 – 2006       | Medizinisches Vorbereitungsjahr<br>University of Szeged , Ungarn                       |
| 09/2006 – 06/2008 | Vorklinischer Abschnitt des Medizinstudiums<br>University of Szeged , Ungarn           |
| 23.06.2008        | Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung  |
| 2008 – 2012       | Klinischer Studienabschnitt des Medizinstudiums<br>Universität Rostock                 |
| 13.12.2012        | Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung   |

## **7.6 Selbstständigkeitserklärung**

Ich erkläre, dass ich die der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität zur Promotion eingereichte Dissertation mit dem Titel

Kurz- und mittelfristige Ergebnisse und Komplikationen der inversen Schulterprothese  
– eine Metaanalyse –

in der Klinik für Orthopädie ohne sonstige Hilfe durchgeführt und bei der Abfassung der Dissertation keine anderen als die dort aufgeführten Hilfsmittel benutzt habe. Bei der Abfassung der Dissertation sind Rechte Dritter nicht verletzt worden. Ich habe diese Dissertation bisher an keiner in- oder ausländischen Hochschule zur Promotion eingereicht. Ich übertrage der Medizinischen Fakultät das Recht, weitere Kopien meiner Dissertation herzustellen und zu vertreiben.

Rostock, den 09.01.2013