

Aus der Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie  
(Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Hans-Christoph Pape)

Die ventrale Schulterluxation -  
Assoziation zwischen Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle

Von der Medizinischen Fakultät  
der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen  
zur Erlangung des akademischen Grades einer Doktorin der Medizin  
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Ronja von Harten

aus Bielefeld

Berichter: Herr Universitätsprofessor  
Dr. med Hans-Christoph Pape

Herr Universitätsprofessor  
Dr. rer. nat. Thomas Pufe

Tag der mündlichen Prüfung: 1. Juli 2015

**Diese Dissertation ist auf den Internetseiten der Hochschulbibliothek  
online verfügbar.**



Meiner Familie



## Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis .....	IV
Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	VII
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Funktionelle Anatomie der Schulter .....	1
1.2 Die anteriore Schulterluxation.....	3
1.3 Die Bankart-Läsion .....	4
1.4 Die Hill-Sachs-Delle .....	6
<b>2 Zielsetzung .....</b>	<b>7</b>
<b>3 Material und Methoden.....</b>	<b>9</b>
3.1 Patientenkollektiv .....	9
3.2 Diagnostik der Bankart-Läsion.....	10
3.3 Diagnostik der Hill-Sachs-Delle .....	13
3.4 Statistische Auswertung.....	15
<b>4 Ergebnisse .....</b>	<b>16</b>
4.1 Demographie und Epidemiologie.....	16
4.1.1 Geschlecht und Alter .....	17
4.1.2 Erst- und Rezidivluxationen.....	18
4.1.3 Verletzungsmechanismus .....	19
4.2 Röntgenaufnahmen .....	21
4.4 Die Bankart-Läsion .....	23
4.4.1 Bankart-Läsionen und Alter .....	24
4.4.2 Bankart-Läsionen und Rezidivluxationen .....	26
4.4.3 Bankart-Läsionen und Verletzungsmechanismus .....	27
4.5 Die Hill-Sachs-Delle .....	28
4.5.1 Hill-Sachs-Dellen und Alter .....	31

4.5.2	Hill-Sachs-Dellen und Rezidivluxationen.....	33
4.5.3	Hill-Sachs-Dellen und Verletzungsmechanismus.....	35
4.6	Assoziation zwischen dem Vorliegen von Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle.....	36
4.7	Assoziation zwischen dem Ausmaß von Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle.....	38
4.8	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	41
<b>5</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>43</b>
5.1	Patientenkollektiv.....	43
5.2	Röntgenaufnahmen.....	45
5.3	Die Bankart-Läsion.....	47
5.4	Die Hill-Sachs-Delle.....	51
5.5	Assoziation zwischen Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle.....	55
5.6	Die Bedeutung der Assoziation von Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle für die glenohumerale Stabilität.....	60
5.7	Limitationen.....	65
5.8	Ausblick.....	67
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>68</b>
6.1	Ziel der Studie.....	68
6.2	Material und Methoden.....	68
6.3	Ergebnisse.....	69
6.4	Schlussfolgerung.....	69
<b>7</b>	<b>Abstract.....</b>	<b>71</b>
7.1	Background.....	71
7.2	Materials and Methods.....	71
7.3	Results.....	71
7.4	Conclusion.....	72
<b>8</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>73</b>

<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>83</b>
<b>Auflistung der eigenen Publikationen.....</b>	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
<b>Danksagung .....</b>	<b>91</b>
<b>Erklärung § 5 Abs. 1 zur Datenaufbewahrung.....</b>	<b>92</b>
<b>Eidesstattliche Erklärung gemäß § 5 Abs. (1) und § 10 Abs. (3) 12. der Promotionsordnung .....</b>	<b>93</b>
<b>Curriculum vitae.....</b>	<b>95</b>

## Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
a. p.	anteroposterior
BL	Bankart-Läsion
bzw.	beziehungsweise
CT	Computertomographie
HSD	Hill-Sachs-Delle
ISIS	Instability Severity Index Score
KI	Konfidenzintervall
M.	Musculus
mm	Millimeter
Max	Maximalwert
Min	Minimalwert
MRA	Magnetresonanarthrographie
MRT	Magnetresonanztomographie
MW	Mittelwert
OR	Odds Ratio
p	p-Wert
$\rho$	Pearson-Korrelationskoeffizient
$r_s$	Spearman-Rangkorrelationskoeffizient
SD	Standardabweichung
u. a.	und andere
UKA	Universitätsklinikum Aachen
v. a.	vor allem
z. B.	zum Beispiel

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Röntgenaufnahme des rechten Schultergelenks .....	1
Abbildung 2: Typische Läsionen bei anteriorer Schulterdislokation .....	3
Abbildung 3: Die „Circle Method“ .....	11
Abbildung 4: Inverted pear shaped glenoid.....	11
Abbildung 5: Altersgruppen des Patientenkollektivs .....	17
Abbildung 6: Altersverteilung nach Geschlecht.....	17
Abbildung 7: Erst- und Rezidivluxationen .....	18
Abbildung 8: Altersverteilung bei Erst- und Rezidivluxation .....	18
Abbildung 9: Verletzungsmechanismus .....	19
Abbildung 10: Altersverteilung bei verschiedenen Unfallmechanismen .....	20
Abbildung 11: Geschlecht und Unfallmechanismus .....	20
Abbildung 12: Ausmaß der Bankart-Läsionen .....	23
Abbildung 13: Altersverteilung bei Bankart-Läsion.....	24
Abbildung 14: Altersverteilung bei Bankart-Läsion Grad I/II.....	25
Abbildung 15: Bankart-Läsionen bei Erst- und Rezidivluxation.....	26
Abbildung 16: Häufigkeit der Hill-Sachs-Dellen (Grad I-III) .....	28
Abbildung 17: Tiefe der Hill-Sachs-Dellen (Grad I-III) .....	29
Abbildung 18: Breite der Hill-Sachs-Dellen (Grad I-III).....	30
Abbildung 19: Defektzone der Hill-Sachs-Dellen (Grad I-III) .....	30
Abbildung 20: Altersverteilung bei Hill-Sachs-Delle .....	31
Abbildung 21: Altersverteilung bei Hill-Sachs-Delle Grad 0-III .....	32
Abbildung 22: Tiefe der Hill-Sachs-Dellen nach Erst- und Rezidivluxation .....	33
Abbildung 23: Breite der Hill-Sachs-Dellen nach Erst- und Rezidivluxation.....	34
Abbildung 24: Defektzone der Hill-Sachs-Dellen nach Erst- und Rezidivluxation .....	34
Abbildung 25: Bankart-Läsion und Tiefe Hill-Sachs-Delle.....	39
Abbildung 26: Bankart-Läsion und Breite der Hill-Sachs-Delle .....	39
Abbildung 27: Bankart-Läsion und Defektzone der Hill-Sachs-Delle .....	40
Abbildung 28: „Non-engaging“ und „engaging“ Hill-Sachs-Delle .....	61
Abbildung 29: Schulterluxation mit Hill-Sachs-Delle im Röntgenbild.....	75
Abbildung 30: Knorpelige Bankart-Läsion (Grad I) .....	76
Abbildung 31: Knöchernen Bankart-Läsion.....	77
Abbildung 32: Bankart-Läsion (Grad II) und Hill-Sachs-Delle (Grad II) .....	78

Abbildung 33: Axiale Aufnahme einer Hill-Sachs-Delle .....	79
Abbildung 34: Ausgemessene Hill-Sachs-Delle.....	80
Abbildung 35: Hill-Sachs-Delle (Grad I) mit Knorpelkontusion.....	81
Abbildung 36: Ausgeprägte Hill-Sachs-Delle (Grad III).....	82

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klassifikation der Bankart-Läsion .....	12
Tabelle 2: Modifizierte Klassifikation der Hill-Sachs-Delle .....	14
Tabelle 3: Diagnostik der Hill-Sachs-Delle anhand konventioneller a. p.- Röntgen- und MRT-Aufnahmen .....	21
Tabelle 4: Diagnostik der Bankart-Läsion anhand konventioneller a. p.-Röntgen- und MRT-Aufnahmen.....	21
Tabelle 5: Sensitivität und Spezifität nativer Röntgenaufnahmen für die Diagnostik von Hill-Sachs-Delle und Bankart-Läsion .....	22
Tabelle 6: Bankart-Läsionen Grad I und II bei Patienten über und unter 30 Jahren .....	25
Tabelle 7: Bankart-Läsion und Rezidivluxation .....	26
Tabelle 8: Tiefe, Breite und Defektzone der Hill-Sachs-Dellen Grad I-III .....	29
Tabelle 9: Altersverteilung und Hill-Sachs-Delle (Grad 0-III).....	31
Tabelle 10: Hill-Sachs-Delle und Rezidivluxation.....	33
Tabelle 11: Ausmaß der Hill-Sachs-Delle nach Erst- und Rezidivluxation .....	33
Tabelle 12: Assoziation zwischen Rezidivluxation und Tiefe, Breite und Defektzone der Hill-Sachs-Delle .....	34
Tabelle 13: Hill-Sachs-Delle und Verletzungsmechanismus.....	35
Tabelle 14: Das Vorliegen von Hill-Sachs-Dellen und Bankart-Läsionen.....	36
Tabelle 15: Assoziation von Hill-Sachs-Delle und Bankart-Läsion in verschiedenen Untergruppen.....	37
Tabelle 16: Ausprägung von Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle.....	38
Tabelle 17: Bankart-Läsion (Grad 0-II) und Tiefe, Breite und Defektzone der Hill-Sachs-Delle .....	39
Tabelle 18: Assoziation zwischen Bankart-Läsion und Tiefe, Breite und Defektzone der Hill-Sachs-Delle .....	40
Tabelle 19: Zusammenfassung der Ergebnisse.....	41
Tabelle 20: Vergleich unserer Studie mit Widjaja et al. 2006.....	55
Tabelle 21: Ausgewählte Studien mit Empfehlungen zum gelenkigen Knochenverlust .....	73
Tabelle 22: Klassifikation der Hill-Sachs-Defekte.....	74



# 1 Einleitung

## 1.1 Funktionelle Anatomie der Schulter

Die Schulter des Menschen hat einen enormen Bewegungsumfang, der es der oberen Extremität ermöglicht, vielfältige Funktionen im Alltag zu erfüllen. Dieser Bewegungsumfang wird durch vier Gelenke und ein komplexes Netzwerk aus Muskeln und Ligamenten gewährleistet, die zusammen das Schultergelenk bilden. Von diesen vier Gelenken, dem Glenohumeralgelenk, dem Sternoklavikulargelenk, dem Acromioklavikulargelenk und dem Skapulothorakalgelenk, trägt das Glenohumeralgelenk den größten Teil zum Bewegungsumfang bei: es ist das Gelenk mit dem größten Bewegungsumfang im menschlichen Körper.

Das Glenohumeralgelenk wird vom Humeruskopf (Caput humeri) und der Gelenkpfanne der Skapula (Cavitas glenoidalis, Glenoid) gebildet (siehe Abbildung 1). Der große Bewegungsumfang ergibt sich aus der Inkongruenz der beiden Gelenkflächen: das Verhältnis der Gelenkfläche des Humeruskopfes zur Gelenkfläche des Glenoids beträgt 3:1. Hieraus resultiert allerdings auch eine hohe Instabilitätsneigung.



**Abbildung 1: Röntgenaufnahme des rechten Schultergelenks, anteroposteriorer Strahlengang**

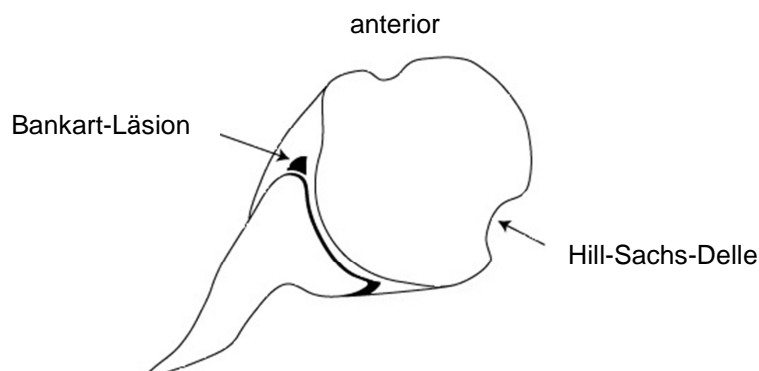
Aus diesem Grund sind eine Reihe dynamischer und statischer Mechanismen nötig, um den Humeruskopf im Glenoid zu zentrieren und so trotz hoher Beweglichkeit Stabilität zu gewährleisten. Zu den statischen Mechanismen zählen die Konkavität und die Retroversion des Glenoids, das Labrum glenoidale (eine knorpelige Gelenkklappe die das Glenoid zirkulär umschließt), die Gelenkkapsel, die glenohumeralen Ligamente und der negative intraartikuläre Druck, der als sogenannter „Vakuumeffekt“ die Anpresskraft der Gelenkflächen erhöht. Zu den dynamischen Mechanismen zählen die Muskeln der Rotatorenmanschette (M. infraspinatus, M. supraspinatus, M. teres minor und M. subscapularis), die durch ihr Zusammenspiel den Humeruskopf im Glenoid zentrieren [Waldt und Rummeny 2006]. Trotz dieser vielen Stabilisierungsmechanismen ist die Schulter das Gelenk im menschlichen Körper, welches am häufigsten luxiert [Habermeyer und Baierle 2010].

## 1.2 Die anteriore Schulterluxation

Als Luxation des glenohumeralen Gelenks wird eine komplette Dislokation der Gelenkflächen von Humerus und Glenoid bezeichnet. Dabei rutscht der Humeruskopf über den Rand des Glenoids aus der glenoidalen Pfanne heraus. Im Gegensatz dazu überschreitet bei einer Subluxation die Mitte des Humeruskopfes den Pfannenrand nicht [Habermeyer und Baierle 2010].

Schulterdislokationen haben eine Inzidenz von 8,7 - 23,9/100 000 in der Gesamtbevölkerung wobei über 90 % der Dislokationen anteriore Dislokationen sind [Norlin 1993, Zacchilli und Owens 2010]. Die häufigste Ursache für eine anteriore Luxation ist der Fall auf den ausgestreckten Arm bei abduzierter Schulter und externer Rotation des Armes [Dumont et al. 2011]. In der Studie von Zacchilli et al. zur Epidemiologie von Schulterluxationen anhand von 8940 Patienten in den U. S. A. waren 71,8 % der Patienten, die sich mit einer Schulterluxation präsentierten, Männer. Am höchsten war die Inzidenz in der Altersgruppe der 20- bis 29-Jährigen mit 47,8/100 000 [Zacchilli und Owens 2010].

Wenn bei einem Fall auf den abduzierten und außenrotierten Arm die Kräfte ausreichend stark sind, um die Stabilisierungsmechanismen zu überwinden, rutscht der Humeruskopf nach anterior aus der glenoidalen Pfanne heraus. Dabei drückt das harte knöcherne Glenoid gegen den relativ weichen Humeruskopf und es kommt zu einer typischen Kompressionsfraktur des posterolateralen Humeruskopfes, der sogenannten Hill-Sachs-Delle. Auch am Glenoid können durch diesen Mechanismus typische Verletzungen auftreten: die knorpelige oder knöcherne Bankart-Läsion des anteroinferioren Glenoids (siehe Abbildung 2).



**Abbildung 2: Typische Läsionen bei anteriorer Schulterdislokation: Hill-Sachs-Delle und Bankart-Läsion (verändert nach Zappia et al. 2008)**

### 1.3 Die Bankart-Läsion

Als klassische Bankart-Läsion wird eine Ablösung des Labrum glenoidale vom anteroinferioren Rand des Glenoids durch anteriore Luxation des Humeruskopfes bezeichnet. Sie wurde erstmals 1923 von Bankart beschrieben [Bankart 1923].

Bei der klassischen Bankart-Läsion handelt es sich um eine rein knorpelige Läsion. Wenn zusätzlich mit dem Labrum ein knöchernes Fragment des Glenoids abgesprengt wird oder eine knöcherne Erosion vorliegt, wird dies als knöcherne Bankart-Läsion oder Bankart-Fraktur bezeichnet [Bigliani et al. 1998].

Knorpelige Bankart-Läsionen treten insgesamt häufiger auf als knöcherne Defekte [Scheibel et al. 2009]. Die Prävalenzangaben für Bankartläsionen nach Erst- oder Rezidivluxation schwanken in der Literatur stark. Die Prävalenz knorpeliger Läsionen liegt zwischen 67 % und 98 % [Antonio et al. 2007, Hintermann und Gächter 1995, Kim et al. 2010], die Prävalenz knöcherner Läsionen zwischen 10 % und 87 % [Griffith et al. 2007, Griffith et al. 2008, Hill und Sachs 1940, Kralinger et al. 2002, Lo et al. 2004].

Ein knorpeliger Defekt des Labrums verringert die Höhe des Glenoidrands um etwa 80 % und reduziert so die Stabilitätsratio des glenohumeralen Gelenkes um etwa 65 % für die Translation in Richtung des Defektes [Lazarus et al. 1996]. Dies kann in einer chronischen Instabilität des Gelenks resultieren. Therapeutisch kann eine operative Bankart-Repair durchgeführt werden, bei der das abgelöste Labrum mithilfe von Fadenankern wieder am knöchernen Glenoid befestigt wird. Es stehen hierfür sowohl offene als auch arthroskopische Verfahren zur Verfügung. Auch kleine knöcherne Bankart-Läsionen, die weniger als 20 - 30 % der Glenoidfläche betreffen, können mittels Bankart-Repair versorgt werden. Bei knöchernen Läsionen, die mehr als 20 - 30 % der Glenoidfläche betreffen, ist eine knöcherne Rekonstruktion indiziert [Piasecki et al. 2009, Dumont et al. 2011].

Für die radiologische Diagnostik der knorpeligen Bankart-Läsion sind Magnetresonanztomographie (MRT) bzw. Magnetresonanarthrographie (MRA) besonders gut geeignet, da sie eine gute Weichteildarstellung bieten. Im

konventionellen Röntgen oder in der Computertomographie (CT) ist keine Darstellung des Labrums möglich, da nur knöcherne Strukturen abgebildet werden. In einer Metaanalyse ermittelten Smith et al. für die Diagnostik von Labrumläsionen im MRT eine Sensitivität von 76 % und eine Spezifität von 87 %. Die Sensitivität und Spezifität der MR-Arthrographie lag mit 88 % bzw. 93 % etwas höher [Smith et al. 2012].

Für die nichtinvasive Diagnostik der knöchernen Bankart-Läsion gilt das 3D-CT als Goldstandard [Scheibel et al. 2009, Bollier und Arciero 2010]. Allerdings erreichte die MRT-Diagnostik in der Studie von Gyftopoulos et al. eine ebenso gute Genauigkeit (Accuracy) in der Beurteilung knöcherner Glenoidläsionen wie die Diagnostik mittels CT oder 3D-CT [Gyftopoulos et al. 2012].

## 1.4 Die Hill-Sachs-Delle

Bei der anterioren Schulterluxation kommt es klassischerweise durch Anschlagen des Humeruskopfes an den Glenoidrand zu einem Impressionsdefekt des posterolateralen Humeruskopfes. Dieser wurde erstmals 1861 von Flower beschrieben [Flower 1861]. 1941 beschrieben Hill und Sachs diesen Defekt genauer als Resultat des Kontakts des relativ weichen Humeruskopfes mit dem kompakten Glenoidknochen und gaben ihm seinen Namen: Hill-Sachs-Delle (engl. Hill-Sachs lesion) [Hill und Sachs 1940]. [Armitage et al. 2010, Calandra et al. 1989]

Hill-Sachs-Dellen liegen bei 47 - 100 % der Patienten nach anteriorer Schulterluxation vor [Antonio et al. 2007, Calandra et al. 1989, Cetik et al. 2007, Edwards et al. 2003, Griffith et al. 2008, Hintermann und Gächter 1995, Kralinger et al. 2002, Norlin 1993, Rowe et al. 1978, Spatschil et al. 2006, Taylor und Arciero 1997, Yiannakopoulos et al. 2007].

Während kleine Hill-Sachs-Dellen die Stabilität des glenohumeralen Gelenkes nicht beeinflussen, hat sich in den letzten Jahren gezeigt, dass große Hill-Sachs-Dellen eine klinische Relevanz bei der chronischen Instabilität haben und deshalb in die Therapieplanung einbezogen werden sollten [Burkhart und Beer 2000, Skendzel und Sekiya 2012]. Therapieoptionen für große Hill-Sachs-Dellen sind beispielsweise die Hill-Sachs-Remplissage, osteoartikuläre Allografts oder Hemiarthroplastien [Skendzel und Sekiya 2012].

Für Hill-Sachs-Dellen gilt das 3D-CT zurzeit als Goldstandard der radiologischen Diagnostik [Provencher et al. 2012, Bollier und Arciero 2010]. Doch auch auf MRT-Aufnahmen lassen sich Hill-Sachs-Dellen gut bewerten, wie Kirkley et al. in ihrer Studie zeigen konnten. Sie wiesen eine 100%ige Übereinstimmung von MRT und Arthroskopie in der Erkennung von Hill-Sachs-Defekten nach [Kirkley et al. 2003]. Die Sensitivität bzw. Spezifität des MRTs für Hill-Sachs-Dellen beträgt 87 - 97 % bzw. 72 - 100 % [Denti et al. 1995, Hayes et al. 2010, Workman et al. 1992].

## 2 Zielsetzung

Sowohl Bankart-Läsion als auch Hill-Sachs-Läsionen sind typische Läsionen nach anteriorer Luxation der Schulter. Die Inzidenzen der einzelnen Läsionen wurden bereits in vielen Studien mit unterschiedlichen diagnostischen Modalitäten untersucht. Die Literaturrecherche ergab jedoch nur zwei Studien, die das gleichzeitige Vorliegen von Hill-Sachs-Delle und Bankart-Läsion genauer untersucht haben.

Widjaja et al. analysierten die Korrelation zwischen dem Vorliegen einer Bankart-Läsion und einer Hill-Sachs-Delle nach Erst- und Rezidivluxation anhand der MRT-Aufnahmen von 61 Patienten [Widjaja et al. 2006]. Sie ermittelten eine positive Korrelation zwischen den beiden Läsionen mit einer Odds Ratio (OR) von 2,67. Aufgrund geringer Patientenzahlen war das Ergebnis allerdings nicht signifikant ( $p = 0,1$ ). Griffith et al. wiesen anhand der CT-Bilder von 233 Patienten eine schwache Korrelation zwischen glenoidalem Knochenverlust und Größe der Hill-Sachs-Delle nach ( $p = 0,03$ ) [Griffith et al. 2008]. Die häufigere knorpelige Bankart-Läsion wurde in dieser Studie jedoch nicht berücksichtigt.

Insgesamt ist die Datenlage zur Assoziation von Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle noch unvollständig, da keine signifikanten Ergebnisse vorliegen, die alle Formen von Hill-Sachs-Delle und Bankart-Läsion berücksichtigen.

In dieser Studie soll die Assoziation zwischen dem Vorliegen und dem Ausmaß von Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle nach anteriorer Schulterluxation anhand von MRT-Aufnahmen analysiert werden. Unsere Hypothese ist, dass eine starke Assoziation zwischen dem Vorliegen beider Läsionen sowie eine positive Korrelation des Ausmaßes von Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle existiert.

Schon Rowe folgerte 1984, dass eine genaue Diagnostik der zugrundeliegenden Pathologien essentiell ist, um das Versagen einer Therapie der Schulterinstabilität zu verhindern [Rowe et al. 1984]. Früher wurde hauptsächlich die Bankart-Läsion als Grund für ein Therapieversagen nach Schulterluxation und das Auftreten von Rezidivluxationen angesehen. In den letzten Jahren konnte jedoch eine Reihe von Studien zeigen, dass für die

Therapieplanung der anterioren Luxation sowohl Bankart-Läsion als auch Hill-Sachs-Delle berücksichtigt werden müssen, um ein Therapieversagen zu verhindern. Vor allem das Verhältnis von Größe und Lage zueinander muss bei der Therapieplanung beachtet werden. [Bollier und Arciero 2010, Provencher et al. 2012, Armitage et al. 2010]

Durch die Untersuchung der Assoziation von Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle soll diese Studie helfen, die Diagnostik glenohumeraler Läsionen zu verbessern. Durch ein besseres Verständnis für das Zusammenspiel beider Pathologien soll die Therapieplanung optimiert werden. Das übergeordnete Ziel ist es, durch eine optimierte Diagnostik und Therapie Rezidive nach einer Erstluxation der Schulter zu vermeiden.

### 3 Material und Methoden

#### 3.1 Patientenkollektiv

Mithilfe der Software „SAS® Enterprise Guide®“ wurden Patienten gesucht, die zwischen Januar 2006 und Juli 2013 in der Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie am Universitätsklinikum Aachen (UKA) mit der Diagnose „Luxation des Schultergelenks“ (ICD-Schlüssel S43.0) behandelt wurden. Die Einschlusskriterien für diese Studie waren:

- 1) Anteriore Luxation
- 2) Das Vorliegen von verwertbaren MRT-Aufnahmen der betroffenen Schulter
- 3) Vorliegen der benötigten Akten und Daten
- 4) Keine weiteren Verletzungen oder Vorerkrankungen der betroffenen Schulter, wie beispielsweise Humeruskopffrakturen oder SLAP-Läsionen
- 5) Keine Voroperationen an der betroffenen Schulter

Die benötigten Patientendaten wurden aus dem Krankenhausinformationssystem „medico//s®“ aquiriert und in das Tabellenkalkulationsprogramm „Excel®“ eingepflegt. Erfasst wurden Geschlecht, Alter zum Zeitpunkt der MRT-Aufnahme, die betroffene Seite und ob es sich um eine Erst- oder eine Rezidivluxation handelte. Auch der Unfallmechanismus wurde, soweit aus den Entlassungsbriefen eruierbar, erfasst. Dabei wurde eine Einteilung in die Kategorien „Sportunfall“, „Sturz im Alltag“ und „Schweres Trauma“ (Verkehrsunfall o. ä.) vorgenommen. Das Vorliegen einer Hill-Sachs-Delle oder einer Bankart-Läsion wurde erfasst. Anhand der MRT-Aufnahmen wurde das Ausmaß der Läsionen ausgemessen.

Die MRT-Aufnahmen wurden mit dem Modell Archieva der Firma Philips mit einer 3-Tesla-Mehrkanal-Oberflächenspule erstellt.

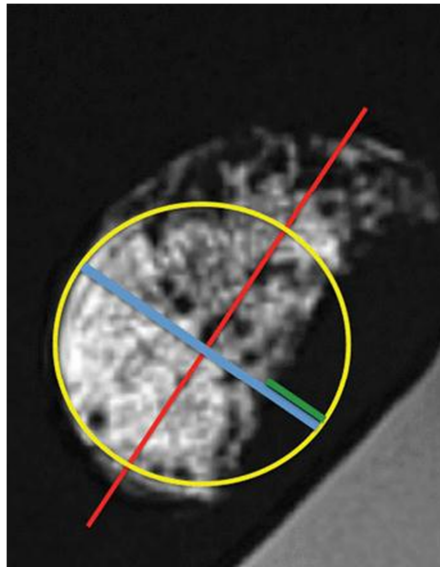
Von 101 Schultern gab es Röntgenaufnahmen, die vor den MRT-Aufnahmen angefertigt worden waren. Es wurde erfasst, ob auf diesen Aufnahmen eine knöcherne Bankart-Läsion oder eine Hill-Sachs-Delle vom diensthabenden Unfallchirurgen diagnostiziert wurde.

### 3.2 Diagnostik der Bankart-Läsion

Die Diagnostik der Bankart-Läsion oder der Hill-Sachs-Delle anhand von MRT-Aufnahmen erfolgte durch drei verschiedene Radiologen des UKA (jeweils ein Assistenz-, Ober- und Chefarzt).

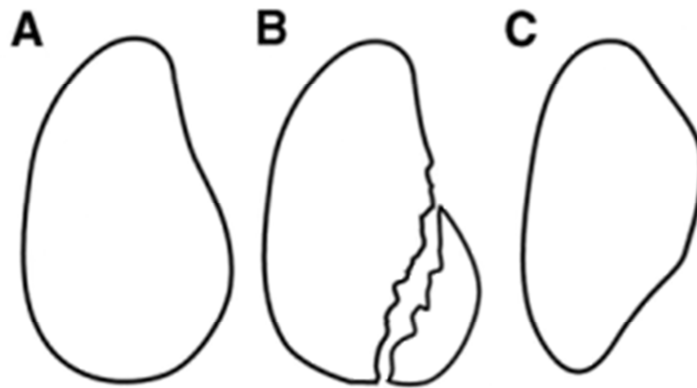
Eine knorpelige Bankart-Läsion wurde diagnostiziert, wenn auf den MRT-Aufnahmen ein vom Glenoidrand abgelöster anterioinferiorer Teil des Labrums identifiziert werden konnte. Dies zeigte sich entweder als Deplatziierung oder Fragmentierung des Labrums (siehe Abbildung 30 im Anhang).

Eine knöcherne Bankart-Läsion wurde diagnostiziert, wenn ein Defekt des anteroinferioren Glenoidrands oder deplatzierte Fragmente sichtbar waren (siehe Abbildungen 31 und 32 im Anhang). Die Größe eines knöchernen Defekts wurde mithilfe der sogenannten „Circle Method“ [Gyftopoulos et al. 2012, Huysmans et al. 2006, Sugaya et al 2003] berechnet. Dafür wurde auf einer sagittalen Aufnahme, auf der die Glenoidfläche vollständig sichtbar war (siehe Abbildung 3), eine vertikale Achse durch das Glenoid gezogen, die vom supraglenoidalen Tuberkulum an der kranialen Spitze des Glenoids bis zum Unterrand des Glenoids reichte (rote Linie). Dann wurde ein möglichst gut zum inferioren Glenoidanteil passender Kreis gezogen, dessen Mittelpunkt auf der vertikalen Achse lag (gelber Kreis). So konnte die Breite des gesamten inferioren Glenoids und des Defekts in anteroposteriore Richtung gemessen und die prozentuale Größe des Defekts errechnet werden (blaue bzw. grüne Linie).



**Abbildung 3: Die „Circle Method“ zur Vermessung des glenoidalen Knochenverlusts [Gyftopoulos et al. 2012]**

Bei großen knöchernen Bankart-Läsionen zeigt sich das Phänomen des „inverted pear shaped glenoid“. Hierbei ähnelt das Glenoid aufgrund des Knochenverlusts am inferioren Rand einer umgedrehten Birne (siehe Abbildung 4). [Burkhart und Beer 2000, Scheibel et al. 2009]



**Abbildung 4: Das normale Glenoid ist kranial breiter als kaudal und ähnelt einer Birne (A). Durch Abbrechen eines Fragments oder Erosion (B) entsteht das Bild einer „umgedrehten Birne“ (engl. inverted pear shaped glenoid) (C) [Burkhart und Beer 2000].**

Bei derartig großen Defekten ist die Rekurrenzzrate nach Bankart-Repair sehr hoch, so dass zu einer knöchernen Rekonstruktion geraten wird [Burkhart und Beer 2000]. Wie groß der Knochenverlust ist, ab dem knöchern rekonstruiert werden sollte, wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Die meisten Studien, sowohl biomechanische als auch klinische, ermittelten einen Knochenverlust zwischen 20 und 30 % der Glenoidfläche als „kritische Grenze“ (siehe Tabelle

21 im Anhang) [Dumont et al. 2011, Bushnell et al. 2008a]. Wir wählten für diese Studie den Wert von 25 % als Grenze für die Unterteilung der knöchernen Bankart-Läsion in drei Schweregrade (siehe Tabelle 1).

**Tabelle 1: Klassifikation der Bankart-Läsion**

<b>Grad</b>	<b>Charakteristika</b>
<b>I</b>	rein knorpelige Läsion
<b>II</b>	knöcherner Läsion im Sinne einer Abscherfraktur des anteroinferioren Glenoidrands mit einer Defektgröße < 25 % der Glenoidfläche
<b>III</b>	ausgedehnte knöcherner Läsion mit einer Defektgröße $\geq$ 25 % der Glenoidfläche.

### 3.3 Diagnostik der Hill-Sachs-Delle

Die Diagnose einer Hill-Sachs-Delle erfolgte, wenn auf den MRT-Aufnahmen eine Impression des posterolateralen Humeruskopfes zu sehen war oder eine Signalintensivierung als akutes Zeichen einer Knorpelkontusion (siehe Abbildung 32 bis 36 im Anhang).

Das Ausmessen der Hill-Sachs-Delle erfolgte auf axialen Aufnahmen, angelehnt an die Methode von Cetik et al. [Cetik et al. 2007] (siehe Abbildung 34 im Anhang). Dabei wurde der Durchmesser des gesamten Humeruskopfes abgeschätzt, indem auf der Aufnahme mit dem größten Humeruskopfdurchmesser ein Kreis mit dem Radius  $r$  um den Humeruskopf gezogen wurde. Aus der so ausgemessenen Fläche ( $A_{max}$ ) wurde der maximale Durchmesser des Humeruskopfes errechnet ( $d_{max}$ ):

$$d_{max} = \left( \sqrt{\frac{A_{max}}{\pi}} \right) * 2$$

Anschließend wurde die axiale Aufnahme, auf der sich die Hill-Sachs-Delle am größten präsentierte, untersucht. Die Strecke zwischen den Rändern der Hill-Sachs-Delle auf Niveau der Humeruskopfoberfläche wurde gemessen und als Breite ( $d$ ) bezeichnet. Anschließend wurde ein Kreis um den Humeruskopf gelegt, der möglichst genau die Kurve über dem Defekt beschrieb. Die Tiefe ( $t$ ) der Hill-Sachs-Delle wurde zwischen dem tiefsten Punkt des Defekts und der gedachten Oberfläche des Humeruskopfes gemessen. Zuletzt wurde der Winkel  $\alpha$  gemessen, der sich zwischen den beiden Rändern des Defekts aufspannt. Mithilfe von  $\alpha$  wurde die sogenannte Defektzone ( $a$ ) berechnet:

$$a = \frac{\alpha}{360^\circ} * 100$$

Die Literaturrecherche ergab sechs Klassifikationssysteme für Hill-Sachs-Dellen (siehe Tabelle 22 im Anhang). Keines dieser Systeme erlaubt jedoch eine Einteilung der Hill-Sachs-Dellen anhand ihrer Größe, gemessen auf axialen MRT-Aufnahmen. Aus diesem Grund modifizierten wir die Klassifikation nach Calandra et al. für unsere Studie. Entwickelt wurde dieses System für die Einteilung der Hill-Sachs-Delle in drei Schweregrade bei Arthroscopien oder offenen Operationen [Calandra et al. 1989]. Es wurde für die vorliegende Studie

zur Klassifikation von Hill-Sachs-Dellen anhand der Morphologie und Tiefe auf axialen MRT-Aufnahmen modifiziert. Es resultierte die in Tabelle 2 dargestellte Einteilung der Hill-Sachs-Delle in Grad I-III.

Eine Hill-Sachs-Delle wurde mit Grad I bewertet, wenn eine Signalalteration im Bereich des posterolateralen Humeruskopfes im Sinne einer Knorpelkontusion vorlag (siehe Abbildung 35 im Anhang) oder die Tiefe der Impression weniger als 2 mm betrug. Als kleiner knöcherner Defekt (Grad II) wurden Defekte gewertet, deren Tiefe ( $t$ ) geringer als ein Viertel des maximalen Durchmessers ( $d_{\max}$ ) des Humeruskopfes waren (siehe Abbildung 32 im Anhang). Als große Defekte dritten Grades wurden solche gewertet, deren Tiefe ( $t$ ) größer als ein Viertel des Durchmessers ( $d_{\max}$ ) war (siehe Abbildung 36 im Anhang).

Die Abgrenzung zwischen zweit- und drittgradigen Hill-Sachs-Dellen ergab sich aus der biomechanischen Studie von Sekiya et al. Sie zeigten, dass Hill-Sachs-Dellen, die tiefer als ein Viertel des Durchmessers des Humeruskopfes sind, einen deutlich destabilisierenden Effekt haben und zu rekurrenten Luxationen führen können [Sekiya et al. 2009].

**Tabelle 2: Modifizierte Klassifikation der Hill-Sachs-Delle**

<b>Grad</b>	<b>Beschreibung</b>
<b>I</b>	Knorpelkontusion, sichtbar als Signalalteration an der Oberfläche des Humeruskopfes oder $t > 2$ mm
<b>II</b>	Kleiner Defekt des Humeruskopfes mit einer Tiefe $t$ von $\geq 2$ mm und $< \frac{1}{4}$ von $d_{\max}$
<b>III</b>	Großer Defekt mit einer Tiefe $t$ von mehr als $\frac{1}{4}$ von $d_{\max}$

### 3.4 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte nach Empfehlung des Instituts für medizinische Statistik der RWTH Aachen (Direktor: Prof. Dr. rer. nat. Ralf-Dieter Hilgers). Die Datenanalyse erfolgte explorativ.

Für die statistische Auswertung sowie für die Erstellung der Boxplots wurde die Software „SAS ®“ (Version 9.2) genutzt.

Zur Deskription stetiger Werte wurden der Mittelwert (MW), die Standardabweichung (SD), Minimal- und Maximalwert (Min / Max) in folgender Form angegeben: MW  $\pm$  SD (Min-Max). Prüfung auf Signifikanz erfolgte bei nicht normalverteilten Daten und unverbundenen Stichproben mithilfe des Wilcoxon-Tests bzw. des Kruskal-Wallis-Tests bei mehr als zwei Stichproben.

Die Assoziation zweier binärer kategorieller Merkmale wurde mithilfe des Fisher's Exact Test geprüft und mithilfe der Odds Ratio dargestellt. Die Assoziation kategorieller Merkmale wurde mithilfe des Spearman-Rangkorrelationskoeffizienten analysiert. Die Korrelation stetiger Merkmale wurde mithilfe des Pearson-Korrelationskoeffizienten dargestellt. Den Einfluss von stetigen Merkmalen auf binäre kategorielle Merkmale wurde mithilfe logistischer Regressionsanalysen untersucht. Für die Bewertung der Röntgenaufnahmen wurden Sensitivität und Spezifität berechnet.

Das statistische Signifikanzniveau wurde auf 5 % ( $p < 0,05$ ) festgelegt.

---

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Demographie und Epidemiologie

Zwischen Januar 2006 und Juli 2013 wurden in der Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie des UKA 446 Patienten mit der Diagnose „Luxation des Schultergelenks“ (ICD-Schlüssel S43.0) behandelt.

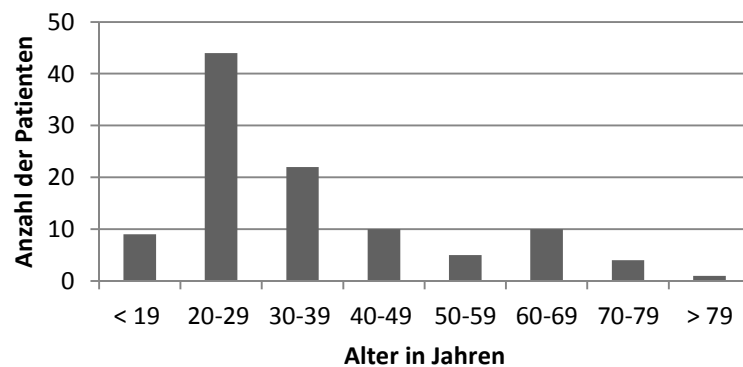
Bei 302 Patienten wurden keine MRT-Aufnahmen angefertigt. 39 Patienten mussten ausgeschlossen werden, da die Akten unvollständig waren, die MRT-Aufnahmen verwackelt waren oder Vorerkrankungen bzw. Voroperationen der Schulter vorlagen. Insgesamt konnten 105 Patienten in die Studie eingeschlossen werden.

Bei einem Patienten waren beide Schultern betroffen. Bei zwei Patienten waren von derselben Schulter zweimal MRT-Aufnahmen angefertigt worden: einmal nach Erstluxation und einmal nach Rezidivluxation. Ein weiterer Patient hatte sich sowohl Luxationen beidseits zugezogen als auch eine Rezidivluxation auf einer Seite. Insgesamt standen somit 110 MRT-Aufnahmen für die Auswertung zur Verfügung.

### 4.1.1 Geschlecht und Alter

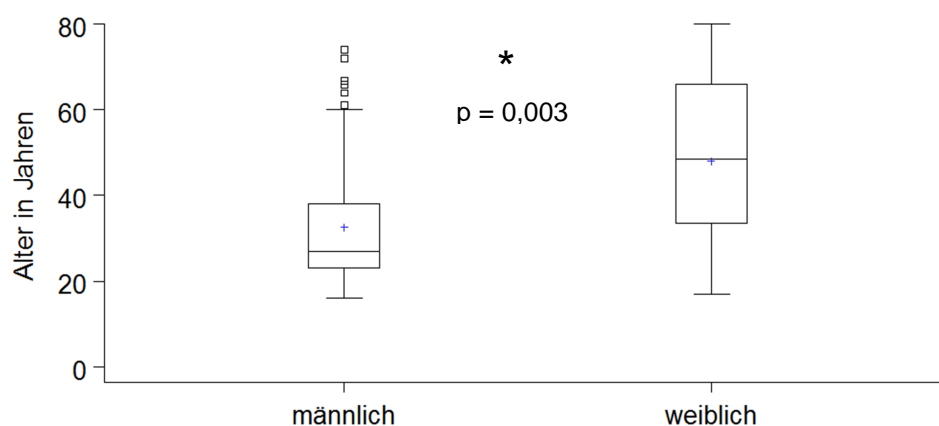
Von 105 Patienten, die in diese Studie eingeschlossen wurden, waren 81 % männlich (n = 85) und 19 % weiblich (n = 20).

Das mittlere Alter der Patienten betrug  $35,6 \pm 16,5$  Jahre, wobei der jüngste Patient 16 Jahre und der älteste Patient 80 Jahre alt waren. Der Altersgipfel des Kollektivs lag bei einer Unterteilung in 10-Jahres-Klassen zwischen 20 und 29 Jahren (siehe Abbildung 5). 42 % der Patienten (n = 44) gehörten dieser Altersgruppe an.



**Abbildung 5: Altersgruppen des Patientenkollektivs**

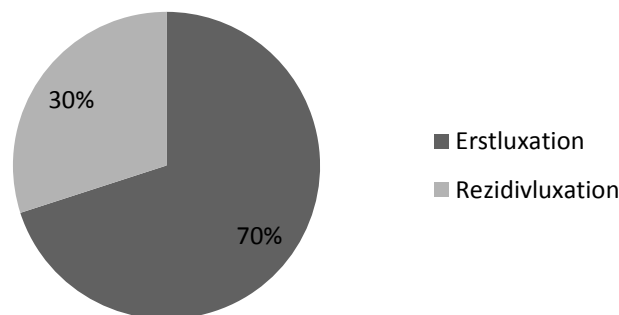
Wie in Abbildung 6 dargestellt ist, war die Gruppe der weiblichen Patienten (n = 20) mit  $48,2 \pm 20,3$  (17 - 80) Jahren signifikant älter als die Gruppe der männlichen Patienten (n = 85) mit  $32,6 \pm 14,0$  (16 - 74) Jahren ( $p = 0,003$ ).



**Abbildung 6: Altersverteilung nach Geschlecht**

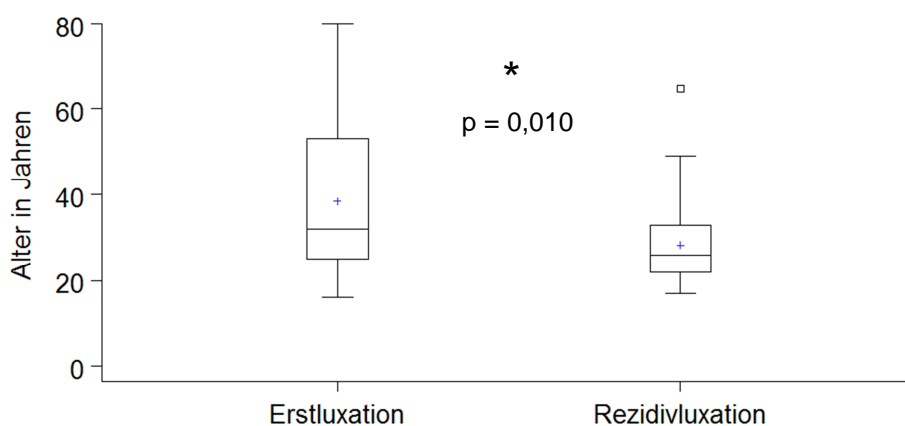
#### 4.1.2 Erst- und Rezidivluxationen

Insgesamt hatten 70 % der betrachteten Schultern ( $n = 77$ ) eine Erstluxation und 30 % der Schultern ( $n = 33$ ) eine Rezidivluxation erlitten.



**Abbildung 7: Erst- und Rezidivluxationen**

Das mittlere Alter in der Gruppe der Patienten mit Erstluxationen ( $n = 77$ ) betrug  $38,5 \pm 17,9$  (16 - 80) Jahre, während Patienten mit Rezidivluxation ( $n = 33$ ) mit durchschnittlich  $28,3 \pm 9,7$  (17 - 65) Jahren signifikant jünger waren ( $p = 0,010$ ).

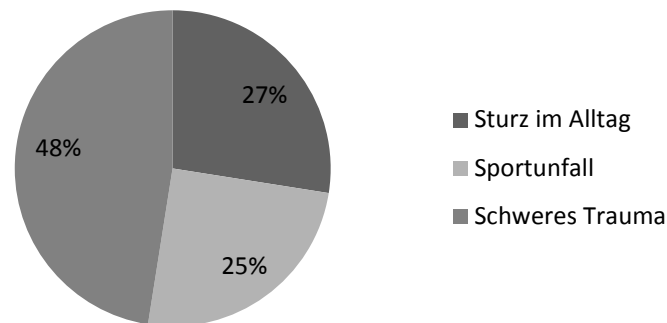


**Abbildung 8: Alter bei Erst- und Rezidivluxation**

Mithilfe einer logistischen Regression wurde der Einfluss des Alters auf das Auftreten von rezidivierenden Luxationen untersucht. Das Ergebnis war eine Odds Ratio (OR) von 1,05 mit einem 95 %-Konfidenzintervall (95 % KI) von 1,02 - 1,09 ( $p = 0,006$ ), was auf einen geringen Zusammenhang zwischen jüngerem Alter und rezidivierenden Luxationen hinweist.

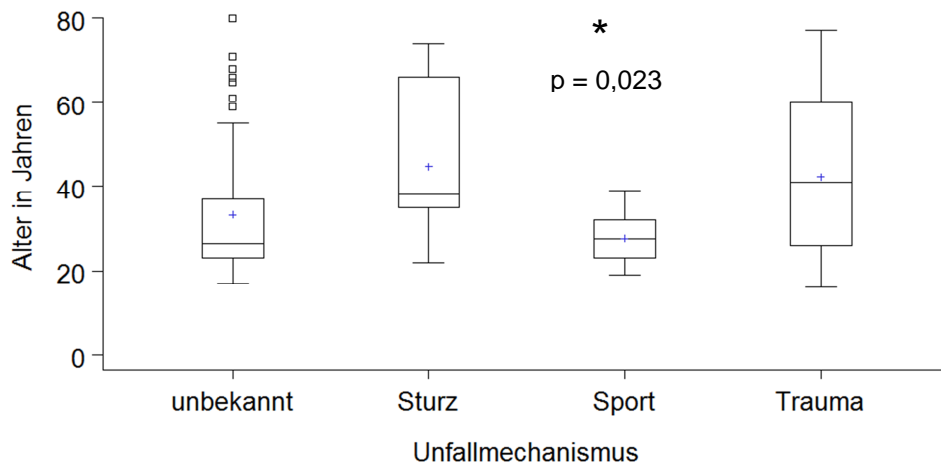
### 4.1.3 Verletzungsmechanismus

Bei 36 % der Luxationen ( $n = 40$ ) konnte mithilfe der Akten der Verletzungsmechanismus ermittelt werden. Bei 11 Schultern war ein ebenerdiger Sturz im Alltag der Grund für die Luxation, bei 10 Schultern ein Sportunfall und bei 19 ein schweres Trauma, wie zum Beispiel ein Verkehrsunfall oder ein Sturz aus großer Höhe (siehe Abbildung 9).



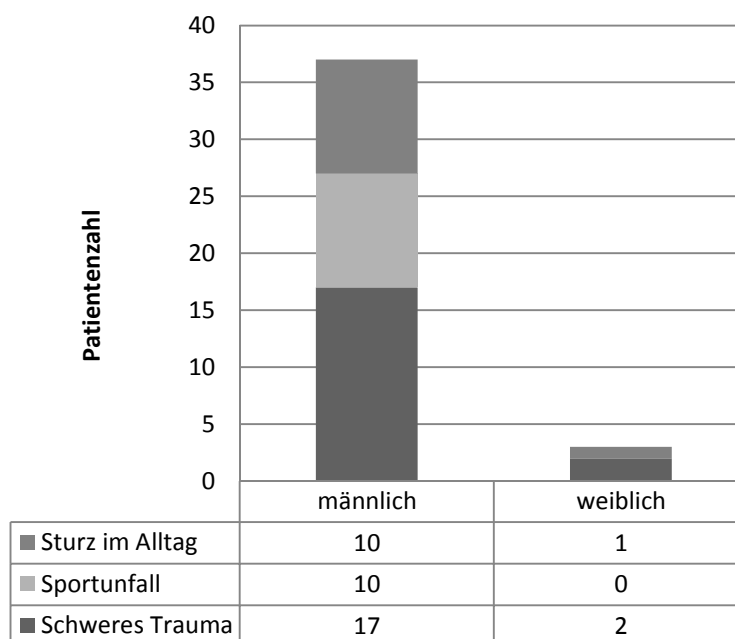
**Abbildung 9: Verletzungsmechanismus**

Das Durchschnittsalter der Patienten, die sich die Luxation bei einem ebenerdigen Sturz zugezogen hatten, lag mit  $44,7 \pm 16,5$  (22 - 74) Jahren über dem Durchschnittsalter des gesamten Patientenkollektivs von  $35,6 \pm 16,5$  Jahren. Die Patienten, die einen Sportunfall erlitten hatten, waren mit  $27,6 \pm 6,5$  (19 - 39) Jahren deutlich jünger. Das Alter der Patienten, die sich die Luxation im Rahmen eines schweren Traumas zugezogen hatten, lag mit  $42,3 \pm 20,2$  (16 - 77) Jahren am nächsten am Durchschnittsalter des Gesamtkollektivs. Das durchschnittliche Alter bei verschiedenen Unfallmechanismen war signifikant verschieden ( $p = 0,023$ ).



**Abbildung 10: Altersverteilung bei verschiedenen Unfallmechanismen**

Sowohl bei den männlichen als auch bei den weiblichen Patienten, bei denen die Unfallursache bekannt war, war ein schweres Trauma die häufigste Ursache für eine Luxation. Ein Sportunfall und ein Sturz im Alltag waren bei den Männern als Ursache für ein Luxationsereignis gleich häufig, während bei den Frauen der Sportunfall als Luxationsursache nicht auftauchte (siehe Abbildung 11).



**Abbildung 11: Geschlecht und Unfallmechanismus**

## 4.2 Röntgenaufnahmen

Von 101 Schultern wurden vor den MRT-Aufnahmen native anteroposteriore (a. p.) Röntgenaufnahmen angefertigt. Da auf konventionellen radiologischen Aufnahmen nur knöcherne Strukturen dargestellt werden, sind weder knorpelige Bankart-Läsionen noch erstgradige Hill-Sachs-Läsionen sichtbar. Daher konnten die Sensitivität und Spezifität nativer Röntgenaufnahmen nur für knöcherne Bankart-Läsionen und zweit- bis drittgradige Hill-Sachs-Dellen ermittelt werden. Als Goldstandard für die Ermittlung der Sensitivität und Spezifität wurde in dieser Studie die Diagnostik anhand von MRT-Aufnahmen gewählt. In den Tabellen 16 und 17 ist zusammengestellt, wie häufig Bankart-Läsionen und Hill-Sachs-Dellen auf Röntgen- sowie MRT-Aufnahmen diagnostiziert wurden.

**Tabelle 3: Diagnostik der Hill-Sachs-Delle anhand konventioneller a. p.-Röntgen- und MRT-Aufnahmen**

		Röntgen		Gesamt
		keine HSD	HSD	
MRT	keine HSD / HSD Grad I	32	8	40
	HSD Grad II	34	21	55
	HSD Grad III	1	5	6
Gesamt		67	34	101

**Tabelle 4: Diagnostik der Bankart-Läsion anhand konventioneller a. p.-Röntgen- und MRT-Aufnahmen**

		Röntgen		Gesamt
		keine BL	BL	
MRT	keine BL / BL Grad I	75	3	78
	BL Grad II	17	6	23
Gesamt		92	9	101

Anhand dieser Daten wurden Spezifität und Sensitivität konventioneller a. p.-Röntgenaufnahmen zur Diagnostik von Bankart-Läsionen und Hill-Sachs-Dellen unterschiedlicher Ausprägung berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 18 zusammengestellt.

**Tabelle 5: Sensitivität und Spezifität nativer Röntgenaufnahmen für die Diagnostik von Hill-Sachs-Delle und Bankart-Läsion**

	<b>Sensitivität</b>	<b>Spezifität</b>
<b>HSD gesamt (Grad II und III)</b>	42,6 %	80 %
<b>HSD Grad II</b>	38,2 %	80 %
<b>HSD Grad III</b>	83,3 %	80 %
<b>BL Grad II</b>	26,1 %	96,2 %

#### 4.4 Die Bankart-Läsion

Von 110 begutachteten Schultern wiesen 73 % (n = 80) eine Bankart-Läsion (BL) auf. Davon waren 57 rein knorpelige Läsionen (Grad I), 22 knöcherne Defekte mit einem Defektareal von weniger als 25 % der Glenoidfläche (Grad II) und nur ein Defekt betraf mehr als 25 % der Glenoidfläche (Grad III) (siehe Abbildung 12). Da es nur eine drittgradige Läsion im Kollektiv gab, wurde im weiteren Verlauf die zweit- und drittgradige Läsion unter dem Begriff „knöcherne Bankart-Läsion“ zusammengefasst und als Grad II bezeichnet.

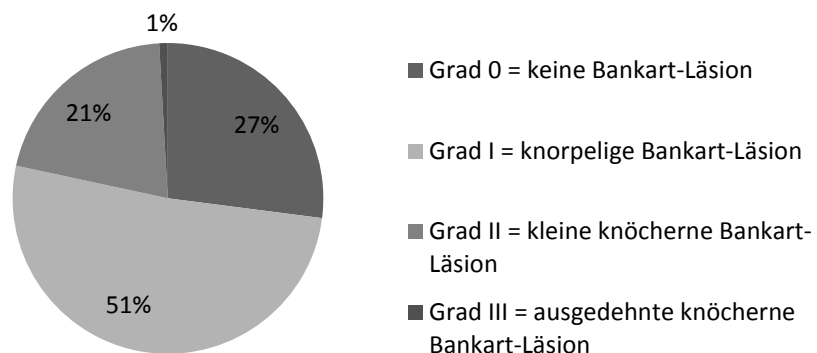
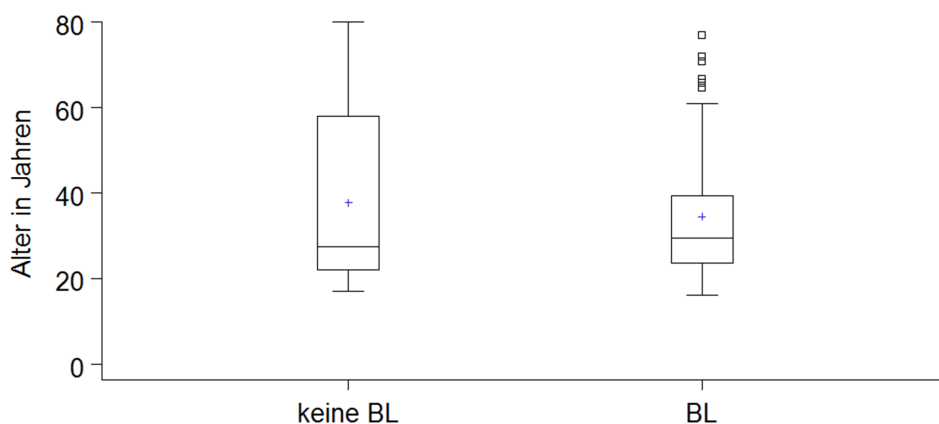


Abbildung 12: Ausmaß der Bankart-Läsionen

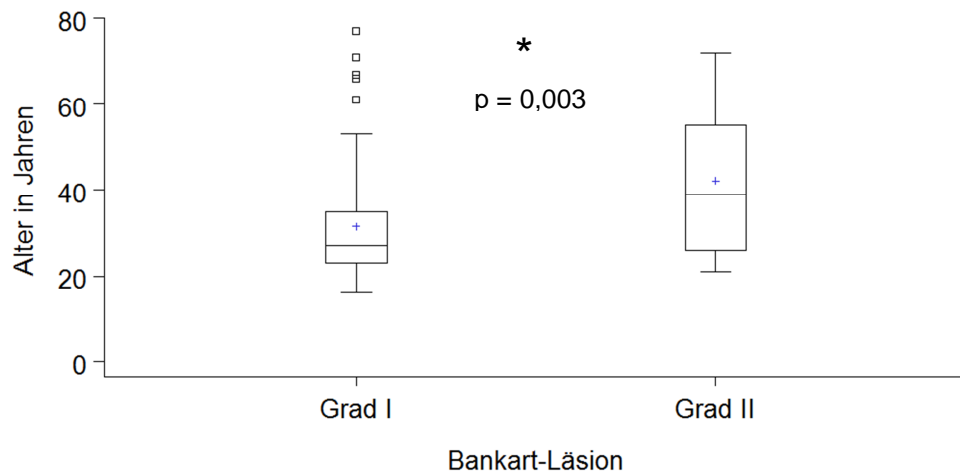
#### 4.4.1 Bankart-Läsionen und Alter

Patienten ohne Bankart-Läsion ( $n = 30$ ) waren durchschnittlich  $37,8 \pm 19,8$  (17 - 80) Jahre alt und lagen somit knapp über dem Altersdurchschnitt des Kollektivs von  $35,6 \pm 16,5$  Jahren. Patienten mit Bankart-Läsion ( $n = 80$ ) waren durchschnittlich  $34,5 \pm 15,2$  (16 - 77) Jahre alt (siehe Abbildung 13). Der Altersunterschied zwischen den beiden Gruppen war nicht signifikant ( $p = 0,936$ ). Es war keine Assoziation zwischen dem Alter und dem Vorliegen einer Bankart-Läsion nachweisbar (OR = 0,99, 95 % KI = 0,96 - 1,01,  $p = 0,354$ ).



**Abbildung 13: Altersverteilung bei Bankart-Läsion**

Patienten mit rein knorpeliger Läsion ( $n = 57$ ) waren mit  $31,5 \pm 14,0$  (16 - 77) Jahren signifikant älter als Patienten mit knöcherner Läsion mit  $42,2 \pm 15,7$  (21 - 72) Jahren ( $p = 0,003$ ) (siehe Abbildung 14). Mithilfe einer logistischen Regression wurde die Assoziation zwischen dem Alter und dem Auftreten einer knöchernen Bankart-Läsion ermittelt. Dies ergab eine Odds Ratio von 1,05 (95 % KI = 1,01 - 1,08,  $p = 0,007$ ) für den Zusammenhang zwischen dem Alter und dem Vorliegen einer knöchernen Bankart-Läsion. Das Risiko einer knöchernen Bankart-Läsion stieg im vorliegenden Patientenkollektiv mit zunehmendem Alter an.



**Abbildung 14: Altersverteilung bei Bankart-Läsion Grad I/II**

In Tabelle 3 ist die Anzahl der erst- und zweitgradigen Bankart-Läsionen bei Patienten dargestellt, die unter 30 Jahren alt waren und Patienten, die 30 Jahre oder älter waren. Patienten, die 30 Jahre oder älter waren, hatten deutlich häufiger knöcherne Bankart-Läsionen erlitten, während jüngere Patienten häufiger labrale Läsionen erlitten hatten (OR = 4,19, 95 % KI = 1,44 - 12,22,  $p = 0,013$ ).

**Tabelle 6: Bankart-Läsionen Grad I und II bei Patienten über und unter 30 Jahren**

	< 30 Jahre	≥ 30 Jahre	Gesamt
BL I	34	23	57
BL II	6	17	23
Gesamt	40	40	80

#### 4.4.2 Bankart-Läsionen und Rezidivluxationen

Nach einer Erstluxation war in 30 % (n = 23) der Fälle das Glenoid unbeschädigt, während in 70 % (n = 54) eine Bankart-Läsion vorlag. Nach Rezidivluxation wiesen 21 % (n = 7) der Schultern ein intaktes Glenoid und 79 % (n = 26) eine Bankart-Läsion auf (siehe Tabelle 4). Es war keine Assoziation zwischen dem Vorliegen einer Rezidivluxation und dem Auftreten einer Bankart-Läsion nachweisbar (OR = 1,58, 95 % KI = 0,60 - 4,16,  $p = 0,484$ ).

Tabelle 7: Bankart-Läsion und Rezidivluxation

	Erstluxation	Rezidivluxation	Gesamt
Keine BL	23	7	30
BL	54	26	80
Gesamt	77	33	110

70 % (n = 38) der Bankart-Läsionen nach Erstluxation waren knorpelig (Grad I) und 30 % (n = 16) der Läsionen knöchern (Grad II). Nach Rezidivluxation waren 73 % (n = 19) der Läsionen knorpelig und 27 % (n = 7) der Läsionen knöchern (siehe Abbildung 15). Es war keine Assoziation zwischen dem Auftreten von Erst- oder Rezidivluxation und dem Vorliegen von knorpeligen oder knöchernen Bankart-Läsionen nachweisbar (OR = 0,88, 95 % KI = 0,31 - 2,49,  $p = 1$ ).

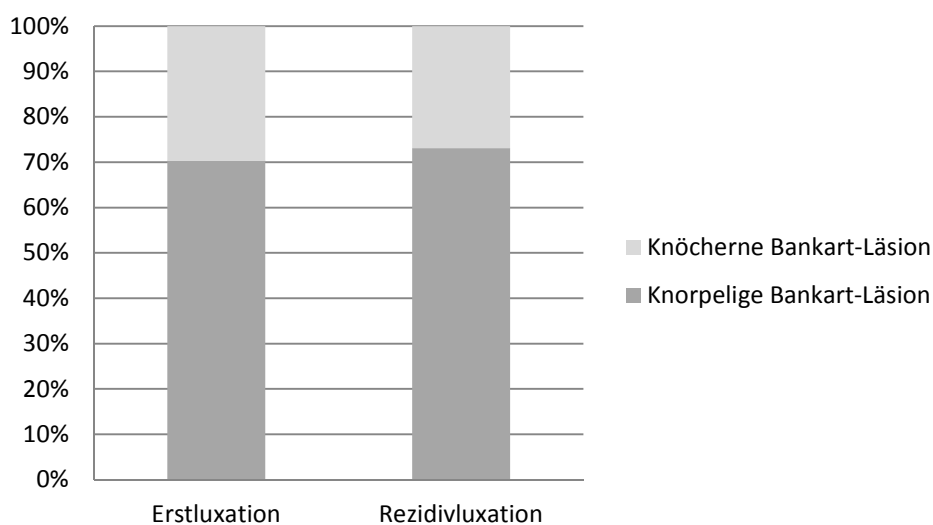


Abbildung 15: Bankart-Läsionen bei Erst- und Rezidivluxation

#### 4.4.3 Bankart-Läsionen und Verletzungsmechanismen

Die Prävalenz der Bankart-Läsion betrug im untersuchten Kollektiv 91 % nach Sturz im Alltag, 90 % nach Sportunfall und 74 % nach schwerem Trauma.

	<b>Sturz im Alltag</b>	<b>Sportunfall</b>	<b>schweres Trauma</b>	<b>Gesamt</b>
<b>Keine BL</b>	1	1	5	7
<b>BL</b>	10	9	14	33
<b>Gesamt</b>	11	10	19	40

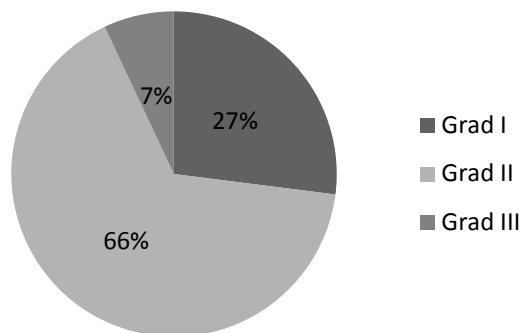
Da die Zahl der Patienten mit bekannter Unfallursache gering war (n = 40) wurden keine weiteren statistischen Analysen vorgenommen.

## 4.5 Die Hill-Sachs-Delle

In 84 % der 110 Schultern ( $n = 92$ ) wurden Hill-Sachs-Dellen (HSD) anhand der MRT-Aufnahmen diagnostiziert. Diese waren im Durchschnitt  $4,3 \pm 3,2$  (0-15,1) mm tief,  $13,1 \pm 4,0$  (5,6-29,7) mm breit und betrafen  $16,8 \pm 5,0$  (7,3-35,3) % des Umfangs des Humeruskopfes (im Folgenden als Defektzone bezeichnet).

Der Pearson-Korrelationskoeffizient für die Korrelation zwischen der Tiefe der Hill-Sachs-Dellen und ihrer Breite bzw. der Defektzone betrug 0,50 (95%-KI 0,35 - 0,63,  $p < 0,001$ ). Es lag eine positive Korrelation zwischen Tiefe und Breite bzw. Defektzone der Hill-Sachs-Delle vor.

Eingeteilt nach der modifizierten Klassifikation nach Calandra waren 27 % ( $n = 25$ ) der Läsionen reine Knorpelkontusionen (Grad I), 66 % ( $n = 61$ ) geringe subchondrale Knochenläsionen (Grad II) und 7 % ( $n = 6$ ) ausgeprägte Knochenläsionen (Grad III) (siehe Abbildung 16).



**Abbildung 16: Häufigkeit der Hill-Sachs-Dellen (Grad I-III)**

In Tabelle 5 und in den Abbildungen 17 bis 19 sind die Tiefen, Breiten und Defektzonen der einzelnen Untergruppen dargestellt. Sowohl Tiefe, Breite als auch Defektzone der Hill-Sachs-Dellen ersten, zweiten und dritten Grades unterschieden sich signifikant ( $p < 0,001$ ). Die Tiefe der Hill-Sachs-Delle nahm von Grad I - III zu, während die Breite und die Defektzone durchschnittlich bei Grad II am geringsten und bei Grad III am größten waren.

Tabelle 8: Tiefe, Breite und Defektzone der Hill-Sachs-Dellen Grad I-III

Grad	Tiefe (t) [mm]			Breite (d) [mm]			Defektzone (a) [%]		
	MW	SD	Min-Max	MW	SD	Min-Max	MW	SD	Min-Max
<b>I</b>	0,5	0,8	0 - 1,9	16,7	4,0	9,8 - 26,9	13,1	2,8	7,2 - 19,7
<b>II</b>	5,1	1,7	2,5 - 10,0	16,3	4,8	7,3 - 29,2	12,7	3,8	5,6 - 21,9
<b>III</b>	11,6	2,0	9,6 - 15,1	22,2	7,7	12,1 - 35,3	16,9	7,2	8,6 - 29,7
	$p < 0,001^{(*)}$			$p < 0,001^{(*)}$			$p < 0,001^{(*)}$		

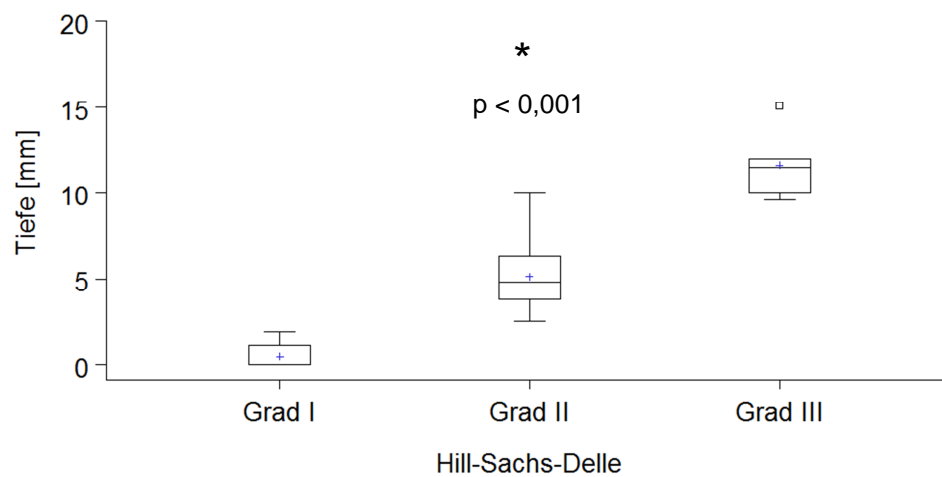


Abbildung 17: Tiefe der Hill-Sachs-Dellen (Grad I-III)

\*  
 $p = 0,003$

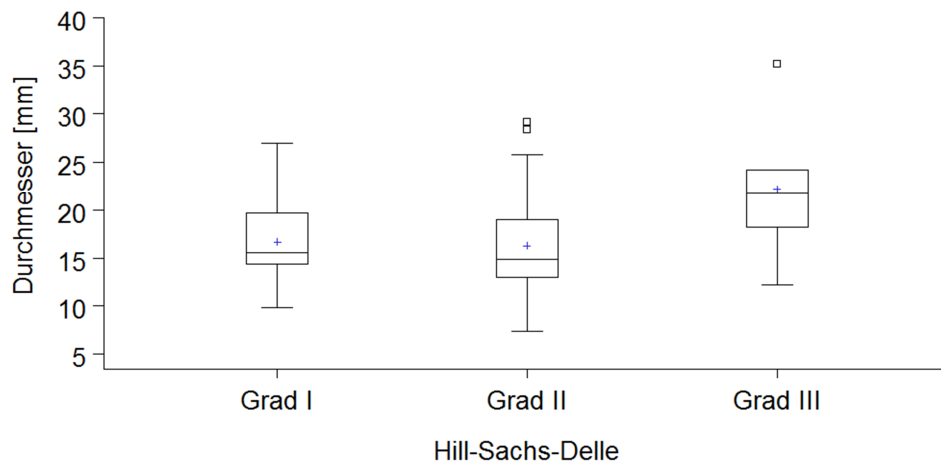


Abbildung 18: Breite der Hill-Sachs-Dellen (Grad I-III)

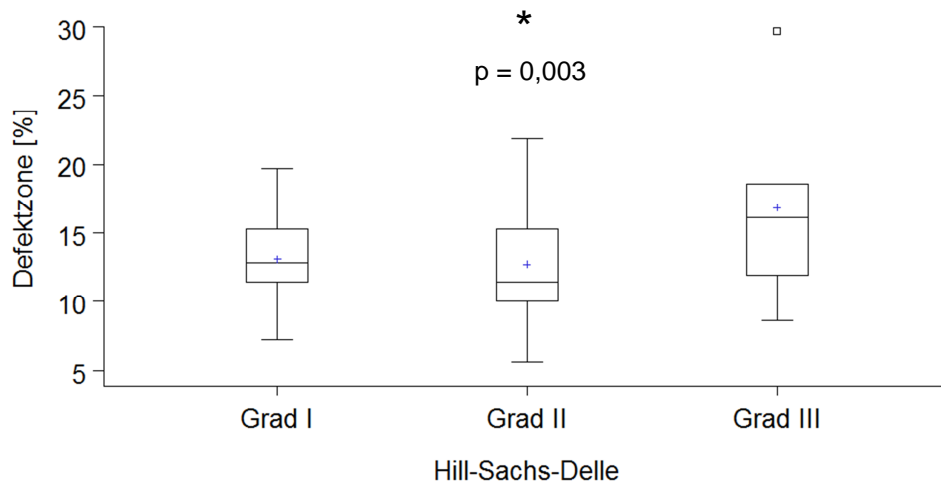
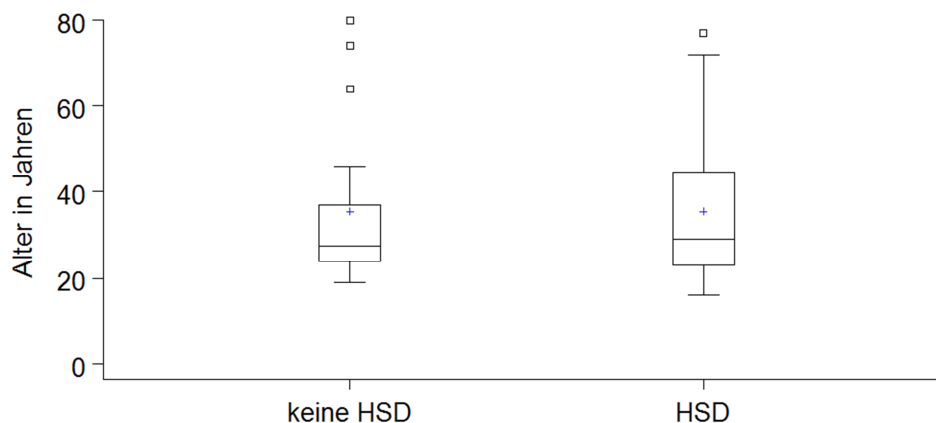


Abbildung 19: Defektzone der Hill-Sachs-Dellen (Grad I-III)

#### 4.5.1 Hill-Sachs-Dellen und Alter

Patienten ohne Hill-Sachs-Delle ( $n = 18$ ) waren  $35,4 \pm 18,7$  (19 - 80) Jahre alt. Patienten mit Hill-Sachs-Delle waren  $35,5 \pm 16,2$  (16-77) Jahre alt (siehe Abbildung 20). Der Altersunterschied zwischen den beiden Gruppen war nicht signifikant ( $p = 0,846$ ).



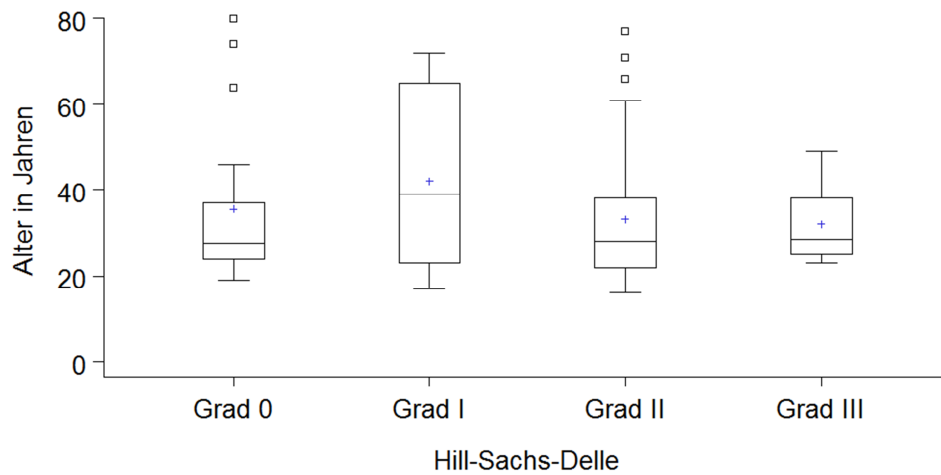
**Abbildung 20: Altersverteilung bei Hill-Sachs-Delle**

Mithilfe einer logistischen Regression wurde die Assoziation zwischen dem Alter der Patienten und dem Auftreten einer Hill-Sachs-Delle nach Schulterluxation untersucht. Es war kein Einfluss des Alters auf das Auftreten einer Hill-Sachs-Delle nachweisbar ( $OR = 1,00$ , 95 % KI = 0,97 - 1,03,  $p = 1,0$ ).

In Tabelle 6 und Abbildung 21 ist das mittlere Alter der Patienten mit erst-, zweit- oder drittgradiger Hill-Sachs-Delle dargestellt. Die Patientengruppen mit subchondralen Läsionen (Grad II oder III) waren durchschnittlich etwas jünger als die Gruppe mit rein knorpeligen Läsionen. Der Altersunterschied zwischen den Gruppen war jedoch nicht signifikant ( $p = 0,444$ ).

**Tabelle 9: Altersverteilung und Hill-Sachs-Delle (Grad 0-III)**

	<b>MW</b>	<b>SD</b>	<b>Min - Max</b>
<b>Grad 0</b>	35,4	18,7	19 - 80
<b>Grad I</b>	42,1	19,5	17 - 72
<b>Grad II</b>	33,1	14,6	16 - 77
<b>Grad III</b>	32,0	9,8	23 - 49



**Abbildung 21: Altersverteilung bei Hill-Sachs-Delle Grad 0-III**

Die Korrelation zwischen dem Alter der Patienten und der Tiefe, Breite und Defektzone der Hill-Sachs-Delle wurde mithilfe des Pearson-Korrelationskoeffizienten beschrieben. Auch hier war keine Korrelation nachweisbar ( $p = 0,206 - 0,575$ ).

#### 4.5.2 Hill-Sachs-Dellen und Rezidivluxationen

Nach Erstluxation wiesen 86 % der Schultern (n = 66) Hill-Sachs-Dellen auf, nach Rezidivluxation 79 % (n = 26) (siehe Tabelle 7). Daraus ergab sich eine Odds Ratio von 0,62 (95 % KI 0,22 - 1,78, p = 0,405). Hill-Sachs-Dellen waren nach Rezidivluxation nicht häufiger nachweisbar als nach Erstluxation.

Tabelle 10: Hill-Sachs-Delle und Rezidivluxation

	Keine HSD	HSD	Gesamt
Erstluxation	11	66	77
Rezidivluxation	7	26	33
Gesamt	18	92	110

In Tabelle 8 und in Abbildung 22-24 sind die Tiefen, Breiten und Defektzonen der Hill-Sachs-Dellen in Schultern nach Erst- und Rezidivluxation dargestellt. Hill-Sachs-Dellen nach Rezidivluxation waren nicht signifikant größer als nach Erstluxation (p = 0,245 - 0,695).

Tabelle 11: Ausmaß der Hill-Sachs-Delle nach Erst- und Rezidivluxation

	Erstluxation			Rezidivluxation			p
	MW	SD	Min - Max	MW	SD	Min - Max	
Tiefe [mm]	4,2	3,2	0 - 12,0	4,6	3,4	0 - 15,1	0,695
Breite [mm]	16,4	4,4	9,5 - 29,2	17,8	6,3	7,3 - 35,3	0,245
Defektzone [%]	12,8	3,3	7,5 - 21,9	13,8	5,3	5,6 - 29,7	0,548

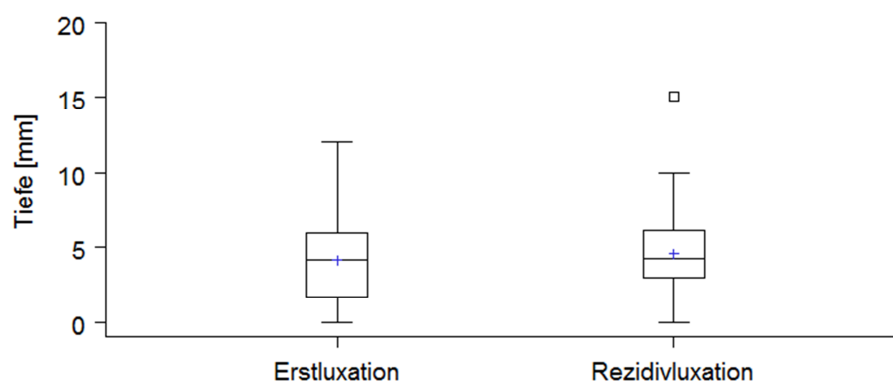


Abbildung 22: Tiefe der Hill-Sachs-Dellen nach Erst- und Rezidivluxation



Abbildung 23: Breite der Hill-Sachs-Dellen nach Erst- und Rezidivluxation

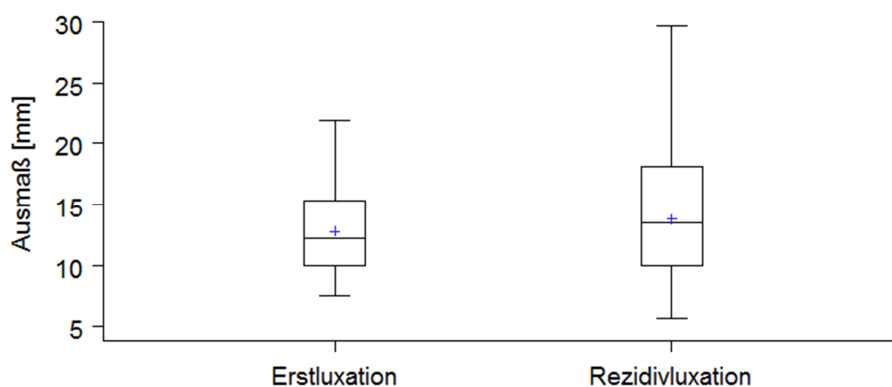


Abbildung 24: Defektzone der Hill-Sachs-Dellen bei Erst- und Rezidivluxation

Mithilfe einer logistischen Regression wurde die Assoziation zwischen dem Vorliegen einer Rezidivluxation und der Tiefe, Breite und Defektzone der Hill-Sachs-Delle analysiert. Die Ergebnisse sind in Tabelle 12 aufgeführt. Es war keine Assoziation mit dem Vorliegen einer Rezidivluxation nachweisbar ( $p = 0,603 - 0,990$ ).

Tabelle 12: Assoziation zwischen Rezidivluxation und Tiefe, Breite und Defektzone der Hill-Sachs-Delle

	OR	95 % KI		p
<b>Tiefe</b>	1,02	0,88	1,18	0,821
<b>Breite</b>	1,05	0,87	1,28	0,603
<b>Defektzone</b>	1,00	0,78	1,28	0,990

### 4.5.3 Hill-Sachs-Dellen und Verletzungsmechanismen

Das Auftreten von Hill-Sachs-Dellen nach verschiedenen Verletzungsmechanismen ist in Tabelle 13 dargestellt. Die Prävalenz der Hill-Sachs-Delle betrug 91 % nach Sturz im Alltag, 100 % nach Sportunfall und 84 % nach schwerem Trauma.

**Tabelle 13: Hill-Sachs-Delle und Verletzungsmechanismus**

	<b>Sturz im Alltag</b>	<b>Sportunfall</b>	<b>schweres Trauma</b>	<b>Gesamt</b>
<b>Keine HSD</b>	1	0	3	4
<b>HSD</b>	10	10	16	26
<b>Gesamt</b>	11	10	19	40

Da die Zahl der Patienten mit bekannter Unfallursache gering war (n = 40), wurden keine weiteren statistischen Analysen vorgenommen.

#### 4.6 Assoziation zwischen dem Vorliegen von Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle

Die Prävalenz der Bankart-Läsion nach anteriorer Luxation lag im untersuchten Kollektiv (n = 110) bei 73 % (n = 80). Die Prävalenz der Hill-Sachs-Delle war mit 84 % (n = 92) etwas höher als die der Bankart-Läsion.

Bei 94 % der Schultern mit Bankart-Läsion (n = 80) wurde eine begleitende Hill-Sachs-Delle diagnostiziert. Bei 82 % der Schultern mit Hill-Sachs-Delle (n = 92) wurde eine begleitende Bankart-Läsion diagnostiziert. Insgesamt wurden in 68 % (n = 75) der Schultern beide Läsionen diagnostiziert, in 12 % (n = 13) keine Läsion (siehe Tabelle 11).

**Tabelle 14: Das Vorliegen von Hill-Sachs-Dellen und Bankart-Läsionen**

	<b>Keine BL</b>	<b>BL</b>	<b>Gesamt</b>
<b>Keine HSD</b>	13	5	18
<b>HSD</b>	17	75	92
<b>Gesamt</b>	30	80	110

Für das gleichzeitige Vorliegen beider Läsionen ergab sich eine Odds-Ratio von 11,47 (95 % KI 3,60 - 36,52,  $p < 0,001$ ). Es liegt somit eine signifikante Assoziation zwischen dem Auftreten einer Bankart-Läsion und einer Hill-Sachs-Delle nach anteriorer Schulterluxation vor. Das Vorliegen beider Läsionen ist um den Faktor 11,47 wahrscheinlicher als das Vorliegen einer isolierten Läsion.

In Tabelle 12 sind die Odds Ratios für das gemeinsame Vorliegen von Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle in verschiedenen Untergruppen des Patientenkollektivs aufgeführt. In allen Untergruppen war eine signifikante Assoziation nachweisbar ( $p < 0,001 - 0,023$ ). Nach Erstluxation und bei Patienten, die älter als 29 Jahre alt waren, lag mit einer Odds Ratio von 16,71 bzw. 16,29 eine stärkere Assoziation von Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle vor als im Gesamtkollektiv (OR 11,47).

**Tabelle 15: Assoziation von Hill-Sachs-Delle und Bankart-Läsion in verschiedenen Untergruppen**

<b>Gruppe</b>	<b>OR</b>	<b>95% KI</b>	<b>p</b>
Patienten mit Erstluxation (n = 77)	16,71	3,24 - 86,33	< 0,001 <sup>(*)</sup>
Patienten mit Rezidivluxation (n = 33)	10,22	1,50 - 69,76	0,023 <sup>(*)</sup>
Patienten ≤ 29 Jahre (n = 57)	8,63	1,88 - 39,56	0,005 <sup>(*)</sup>
Patienten > 29 Jahre (n = 53)	16,29	2,71 - 97,73	0,002 <sup>(*)</sup>

#### 4.7 Assoziation zwischen dem Ausmaß von Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle

Das gemeinsame Vorliegen der unterschiedlichen Ausprägungen von Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle in den Schultern des untersuchten Kollektivs ist in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 16: Ausprägung von Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle

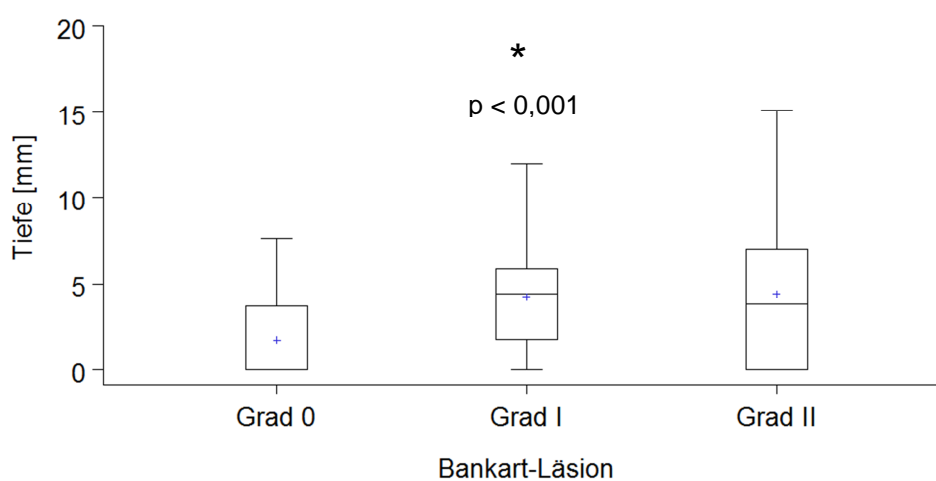
		HSD				Gesamt
		0	I	II	III	
BL	0	13	7	10	0	30
	I	3	12	39	3	57
	II	2	6	12	3	23
Gesamt		18	25	61	6	110

Die Assoziation zwischen dem Ausmaß der Bankart-Läsion und der Hill-Sachs-Delle wurde mithilfe des Spearman-Rangkoeffizienten bestimmt. Die Bankart-Läsion lag in drei Merkmalsausprägungen vor: Grad 0 (nicht vorhanden), Grad I (knorpelige Läsion), Grad II (knöcherne Läsion). Die Hill-Sachs-Delle lag in vier Merkmalsausprägungen vor: Grad 0 (nicht vorhanden), Grad I (chondrale Läsion), Grad II (geringe subchondrale Läsion) und Grad III (ausgedehnte subchondrale Läsion). Es ergab sich ein Spearman-Rangkorrelationskoeffizient von 0,34 (95% KI 0,16 - 0,49,  $p < 0,001$ ). Es lag somit eine positive Korrelation zwischen dem Ausmaß der Bankart-Läsion und der Hill-Sachs-Delle vor.

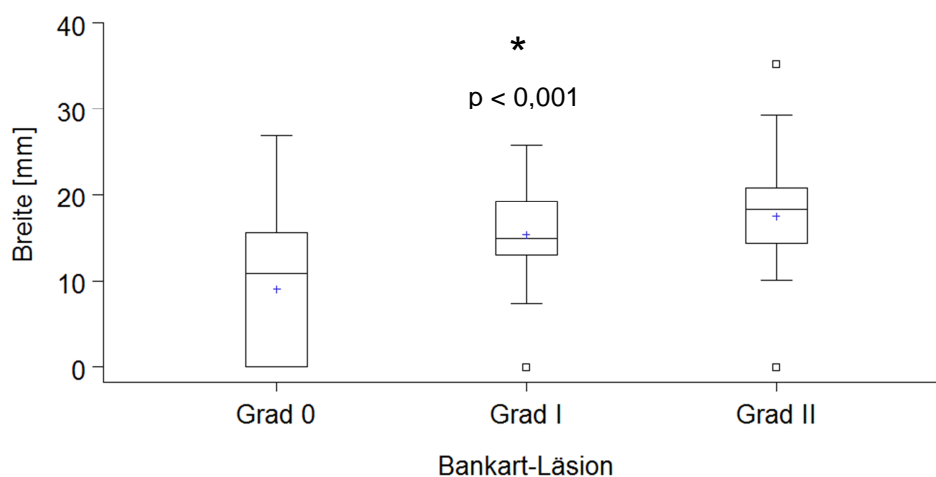
In Tabelle 14 sowie in den Abbildungen 25 bis 27 sind die durchschnittlichen Tiefen, Breiten und Defektzonen von Hill-Sachs-Dellen in Schultern mit unterschiedlich ausgeprägten Bankart-Läsionen dargestellt. Mithilfe des Kruskal-Wallis-Tests konnte gezeigt werden, dass sich das Ausmaß der Hill-Sachs-Dellen in Schultern ohne bzw. mit knorpeligen oder knöchernen Bankart-Läsionen signifikant unterscheidet ( $p < 0,001 - 0,015$ ).

**Tabelle 17: Bankart-Läsion (Grad 0-II) und Tiefe, Breite und Defektzone der Hill-Sachs-Delle**

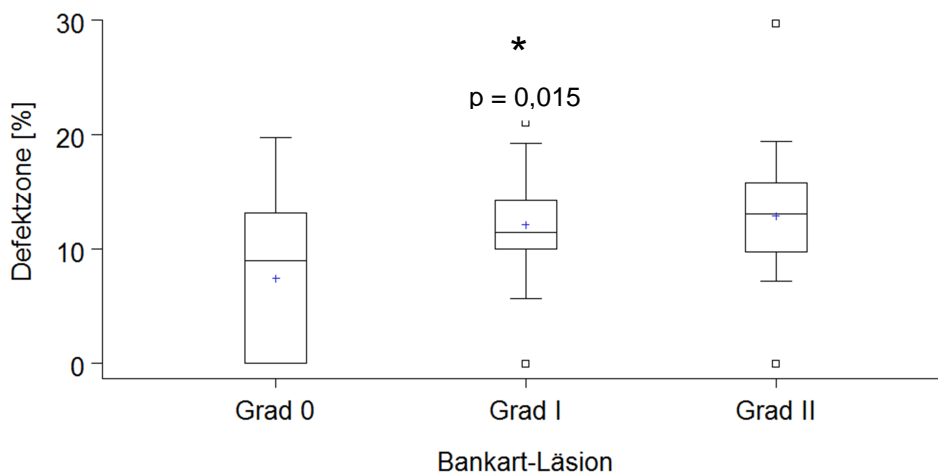
BL	Tiefe [mm]			Breite [mm]			Defektzone [%]		
	MW	SD	Min - Max	MW	SD	Min - Max	MW	SD	Min - Max
<b>0</b>	1,7	2,4	0 - 7,6	9,1	8,9	0 - 26,9	7,4	7,1	0 - 19,7
<b>I</b>	4,2	3,1	0 - 12,0	15,3	5,5	0 - 25,8	12,1	4,6	0 - 21,9
<b>II</b>	4,4	4,1	0 - 15,1	17,5	8,1	0 - 35,3	12,8	6,2	0 - 29,7
	p < 0,001 <sup>(*)</sup>			p < 0,001 <sup>(*)</sup>			p = 0,015 <sup>(*)</sup>		



**Abbildung 25: Bankart-Läsion und Tiefe der Hill-Sachs-Delle**



**Abbildung 26: Bankart-Läsion und Breite der Hill-Sachs-Delle**



**Abbildung 27: Bankart-Läsion und Defektzone der Hill-Sachs-Delle**

Mithilfe einer logistischen Regression wurde die Assoziation zwischen dem Vorliegen einer Bankart-Läsion und Tiefe, Breite und Defektzone einer Hill-Sachs-Delle in derselben Schulter analysiert. Es ergaben sich die in Tabelle 15 aufgeführten Odds Ratios. Nimmt die Tiefe der Hill-Sachs-Delle um eine Einheit (1 mm) zu, so steigt die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer Bankart-Läsion auf das 1,24 - fache ( $p = 0,033$ ). Es war keine Assoziation zwischen dem Auftreten einer Bankart-Läsion und der Breite oder Defektzone der Hill-Sachs-Delle nachweisbar ( $p = 0,062 - 0,208$ ).

**Tabelle 18: Assoziation zwischen dem Vorliegen einer Bankart-Läsion und Tiefe, Breite und Defektzone der Hill-Sachs-Delle**

	<b>OR</b>	<b>95% KI</b>	<b>p</b>
<b>Tiefe [mm]</b>	1,24	1,02 - 1,52	0,033 <sup>(*)</sup>
<b>Breite [mm]</b>	1,27	1,00 - 1,64	0,062
<b>Defektzone [%]</b>	0,82	0,60 - 1,12	0,208

## 4.8 Zusammenfassung der Ergebnisse

Tabelle 19: Zusammenfassung der Ergebnisse

Fragestellung	Ergebnis	95 % KI	p
Assoziation Alter und Vorliegen BL	OR = 0,99	0,96 - 1,01	0,354
Assoziation Alter und Vorliegen BL Grad I/II	OR = 1,05	1,01 - 1,08	0,007 <sup>(*)</sup>
Assoziation Alter ( < 30 Jahre / ≥ 30 Jahre) und BL Grad I/II	OR = 4,19	1,44 - 12,22	0,013
Assoziation Rezidivluxation und Vorliegen BL	OR = 1,58	0,60 - 4,16	0,484
Korrelation Tiefe und Breite der HSD	$\rho = 0,50$	0,35 - 0,63	< 0,001 <sup>(*)</sup>
Korrelation Tiefe und Defektzone der HSD	$\rho = 0,50$	0,35 - 0,63	< 0,001 <sup>(*)</sup>
Assoziation Alter und Vorliegen HSD	OR = 1,00	0,97 - 1,03	1,00
Assoziation Rezidivluxation und Vorliegen HSD	OR = 0,62	0,22 - 1,78	0,405
Assoziation Vorliegen HSD und BL im Gesamtkollektiv	OR = 11,47	3,60 - 36,52	< 0,001 <sup>(*)</sup>
Assoziation Vorliegen HSD und BL nach Erstluxation	OR = 16,71	3,24 - 86,33	< 0,001 <sup>(*)</sup>
Assoziation Vorliegen HSD und BL nach Rezidivluxation	OR = 10,22	1,50 - 69,76	0,023 <sup>(*)</sup>
Assoziation Vorliegen HSD und BL bei Patienten < 30 Jahre	OR = 8,63	1,88 - 39,56	0,005 <sup>(*)</sup>
Assoziation Vorliegen HSD und BL bei Patienten ≥ 30 Jahre	OR = 16,29	2,71 - 97,73	0,002 <sup>(*)</sup>
Assoziation Ausprägung HSD und BL	$r_s = 0,34$	0,16 - 0,49	< 0,001 <sup>(*)</sup>
Assoziation BL und Tiefe der HSD	OR = 1,24	1,02 - 1,52	0,033 <sup>(*)</sup>

---

Assoziation BL und Breite der HSD	OR = 1,27	1,00 - 1,64	0,062
Assoziation BL und Defektzone der HSD	OR = 0,82	0,60 - 1,12	0,208
Sensitivität des konventionellen Röntgens für HSD	46,6 %		
Spezifität des konventionellen Röntgens für HSD	80,0 %		
Sensitivität des konventionellen Röntgens für knöcherne BL	26,1 %		
Spezifität des konventionellen Röntgens für knöcherne BL	96,2 %		

## 5 Diskussion

### 5.1 Patientenkollektiv

Die Inzidenz der anterioren Schulterdislokation beträgt 8,7 - 23,9/100 000 [Norlin 1993, Zacchilli und Owens 2010]. Männer sind etwa drei- bis viermal häufiger von Schulterluxationen betroffen als Frauen [Hovellius et al. 1996, Milgrom et al. 1998, Morrey und Janes 1976, Zacchilli und Owens 2010]. Diesem Verhältnis entsprechend enthält das hier betrachtete Kollektiv etwa viermal so viele Männer wie Frauen (81 % bzw. 19 %). Die Ursache hierfür wird vor allem darin gesehen, dass Männer mehr Sport, und vor allem mehr Kontaktsportarten betreiben, bei denen Schulterluxationen häufig auftreten [Davy und Drew 2002]. Diese These wird in der vorliegenden Studie bestätigt, da nur bei männlichen Patienten als Ursache für die Dislokation ein Sportunfall genannt wurde. Frauen zogen sich Luxationen durch einen Sturz oder durch ein schweres Trauma zu.

Schulterluxationen treten vor allem bei jungen Patienten auf. Zacchilli et al. wiesen die in ihrem Kollektiv höchste Inzidenz von 47,8/100 000 in der Altersgruppe der 20 - 29-Jährigen nach [Zacchilli und Owens 2010]. Auch in der vorliegenden Studie ist der Anteil junger Patienten hoch. 42 % der Patienten (n = 44) waren zwischen 20 und 30 Jahren alt. Als Grund für die erhöhte Inzidenzrate bei jungen Patienten wird die vermehrte sportliche Aktivität dieser Gruppe diskutiert. In einer Studie von Hovellius et al. war ein Sportunfall bei 57 % der Patienten unter 30 Jahren die Ursache für die Luxation, bei den Patienten zwischen 30 und 40 Jahren allerdings nur in 38 % der Fälle [Hovellius et al. 1996]. Auch in unserer Studie waren die Patienten, die sich die Luxation im Rahmen eines Sportunfalls zuzogen, signifikant jünger als Patienten, die einen Sturz oder ein schweres Trauma erlitten ( $p = 0,023$ ), sodass wir die Ergebnisse vorausgegangener Studien diesbezüglich bestätigen können.

Passend hierzu war in der vorliegenden Studie die Gruppe der männlichen Patienten im Durchschnitt signifikant jünger als die Gruppe der weiblichen Patienten ( $p = 0,003$ ). Dies stimmt mit den Ergebnissen von Davy et al. und Chalidis et al. überein, in deren Studien die männlichen Patienten signifikant jünger waren als die weiblichen [Davy und Drew 2002, Chalidis et al. 2007].

Die Gruppe der Patienten mit Rezidivluxation war in der vorliegenden Studie signifikant jünger als die der Patienten mit Erstluxation ( $p = 0,010$ ). Es konnte ein Zusammenhang zwischen jungem Alter der Patienten und rezidivierenden Luxationen nachgewiesen werden ( $OR = 1,05$ ,  $95\% \text{ KI} = 1,02 - 1,09$ ,  $p = 0,006$ ).

Im Einklang mit diesen Ergebnissen wurde junges Alter bei Erstluxation in einer Reihe von Studien als wichtigster Faktor identifiziert, der das Auftreten einer Rezidivluxation begünstigt [Rowe und Sakellarides 1961, Hovelius et al. 1996, Chalidis et al. 2007, Davy und Drew 2002]. Während die Rezidivrate nach Erstluxation ohne operative Behandlung insgesamt zwischen 21 und 50 % liegt [Chalidis et al. 2007, Hovelius et al. 1996, Rowe 1956, Simonet und Cofield 1984, Davy und Drew 2002], ist sie bei jungen Patienten deutlich erhöht. Rowe ermittelte in einer Studie an 500 Patienten eine Rezidivrate von 83 % bei Patienten unter 23 Jahren [Rowe 1956]. In der Studie von Chalidis et al. lag die Rezidivrate in der Gruppe der 14 - 20-Jährigen bei 89 % und in der Gruppe der 20 - 30-Jährigen bei 69 % [Chalidis et al. 2007]. Davy et al. ermittelten eine Rezidivrate von 43 % in der Altersgruppe der 15 - 20-Jährigen [Davy und Drew 2002].

Wir konnten somit die bisherigen Ergebnisse bestätigen. Je früher im Leben eine Schulterluxation erstmals auftritt, desto wahrscheinlicher ist es, dass rezidivierende Luxationsereignisse folgen. Aus diesem Grunde sollte insbesondere bei jungen Patienten nach Erstluxation eine ausreichende Diagnostik erfolgen, die eine genaue Evaluation der Verletzungen erlaubt und die Grundlage einer optimalen Therapieplanung bilden kann. Mit dem Wissen um die hohen Rezidivraten sollten operative Therapieverfahren (offen oder arthroskopisch) beim Vorliegen von Bankart-Läsionen und Hill-Sachs-Dellen bei jungen Patienten der konservativen Therapie vorgezogen werden [Davy und Drew 2002].

## 5.2 Röntgenaufnahmen

Für die Diagnostik knöcherner Bankart-Läsionen sind konventionelle Röntgenaufnahmen unzureichend, wie die Literatur und unsere Studie übereinstimmend zeigen [Habermeyer und Baierle 2010]. Wir ermittelten eine sehr geringe Sensitivität von nur 20 % bei einer Spezifität von 95 %. Allerdings können verschiedene Spezialaufnahmen helfen, das Glenoid besser darzustellen, wie z. B. West-Point-Aufnahmen, Pfannenprofilaufnahmen nach Bernageau, axilläre Aufnahmen, Aufnahmen nach Didiee u. a. [Habermeyer und Baierle 2010, Itoi et al. 2003, Pavlov et al. 1985].

Für die Diagnostik der Hill-Sachs-Delle anhand konventioneller a. p.-Röntgenaufnahmen wurde in dieser Studie eine Sensitivität von 38 % und eine Spezifität von 88 % ermittelt (MRT als Goldstandard). Während die Spezifität für kleine und große knöchernen Läsionen (Grad II bzw. III) gleich war (80 %), war die Sensitivität für größere Läsionen mit 83 % fast doppelt so hoch wie für kleine Läsionen mit nur 38 %. Es zeigt sich, dass Hill-Sachs-Dellen anhand von konventionellen a. p.-Röntgenaufnahmen schlecht zu diagnostizieren sind.

Dieses Ergebnis stimmt mit der Literatur überein, in der konventionelle a. p.-Röntgenaufnahmen als nicht geeignet für die Diagnostik von Hill-Sachs-Dellen angesehen werden [Habermeyer und Baierle 2010]. Für eine bessere Diagnostik stehen neben den a. p.-Aufnahmen weitere Techniken zur Verfügung wie z. B. Stryker-Aufnahmen (Stryker Notch View), a. p.-Aufnahmen der innenrotierten Schulter, Aufnahmen nach Didiee, apikal-geneigte Aufnahmen nach Garth u. a. [Armitage et al. 2010, Habermeyer und Baierle 2010, Pavlov et al. 1985, Skendzel und Sekiya 2012].

Doch auch mithilfe dieser Techniken und multipler Aufnahmen sind konventionelle Röntgenbilder für die Diagnostik der Hill-Sachs-Delle weniger gut geeignet als MRT- oder CT-Aufnahmen. Workman et al. ermittelten für konventionelle Röntgenaufnahmen eine Spezifität von 67 % und eine Sensitivität von 65 %, während MRT-Aufnahmen eine Spezifität von 72 % und eine Sensitivität 97 % aufwiesen [Workman et al. 1992]. Bushnell et al. ermittelten eine geringe Sensitivität von nur 50 %, allerdings bei hoher Spezifität von 100% [Bushnell et al. 2008b].

Insgesamt können konventionelle a. p.-Röntgenaufnahmen nicht zur Diagnostik von Bankart-Läsionen und Hill-Sachs-Dellen nach anteriorer Luxation empfohlen werden. Besonders zur Therapieplanung, für die das Ausmaß beider Läsionen von großer Bedeutung ist, sind Röntgenaufnahmen ungeeignet. Für eine optimale Therapieplanung sollte weiterführende Bildgebung im Sinne von MRT- oder CT-Aufnahmen erfolgen. Besonders für die Diagnostik knorpeliger Bankart-Läsionen sind MRT-Aufnahmen unverzichtbar. Gerade bei jungen Patienten unter 30 Jahren sollte aufgrund der extrem hohen Rezidivraten nach Erstluxation immer eine weiterführende Diagnostik mittels MRT erfolgen. Gerade in diesem Patientenkollektiv sollte beim Vorliegen intraartikulärer Pathologien eine operative Versorgung angestrebt werden, um rezidivierende Luxationen zu verhindern.

### 5.3 Die Bankart-Läsion

In unserem Patientenkollektiv lag die Prävalenz der Bankart-Läsion nach anteriorer Schulterluxation bei 73 %, wobei die Prävalenz knorpeliger Labrumläsionen 51 % und die Prävalenz knöcherner Glenoiddefekte 22 % betrug.

In der Literatur sind Prävalenzraten zwischen 83 und 100 % für das Vorliegen einer Bankart-Läsion nach anteriorer Schulterluxation zu finden [Baker et al. 1990, Norlin 1993, Sugaya et al. 2003, Taylor und Arciero 1997, Yiannakopoulos et al. 2007]. Yiannakopoulos et al. fanden Bankart-Läsionen bei 83 % von 127 arthroskopisch untersuchten Patienten mit akuter und chronischer Dislokation [Yiannakopoulos et al. 2007]. Taylor und Arciero sowie Sugaya et al. fanden in ihren arthroskopischen Studien jeweils Bankart-Läsionen in 97 % der Fälle [Taylor und Arciero 1997, Sugaya et al. 2003]. Norlin wies sogar in 100 % der Fälle arthroskopisch Bankart-Läsionen nach Erstluxation nach, allerdings bei geringer Fallzahl von 24 Patienten [Norlin 1993]. Insgesamt ist die Prävalenzrate der Bankart-Läsion im vorliegenden Kollektiv etwas geringer als in anderen Studien.

Knorpelige Bankart-Läsionen treten deutlich häufiger auf als knöcherne Defekte [Scheibel et al. 2009], wie auch in der vorliegenden Studie gezeigt werden konnte. Für rein knorpelige Labrumläsionen liegen die Prävalenzraten zwischen 67 % und 98 % [Antonio et al. 2007, Hintermann und Gächter 1995, Kim et al. 2010]. Die Diagnostik erfolgte in diesen Studien anhand von MRA-Aufnahmen und Arthroskopien.

Für knöcherne Bankart-Läsionen sind in der Literatur Prävalenzraten zwischen 10 und 86 % zu finden [Griffith et al. 2007, Griffith et al. 2008, Hill und Sachs 1940, Kralinger et al. 2002, Lo et al. 2004]. Niedrige Werte von 10 - 17,5 % wurden in den Studien von Hill und Sachs und Kralinger et al. nachgewiesen, bei denen die Diagnostik mittels konventioneller Röntgenaufnahmen erfolgte. Die Sensitivität konventioneller Röntgenaufnahmen für die Diagnostik knöcherner Bankart-Läsionen ist jedoch deutlich geringer als die anderer bildgebender Verfahren wie z. B. MRT oder CT [Habermayer und Baierle 2010], sodass diese niedrigen Werte nicht als der Realität entsprechend angesehen werden können. In den anderen Studien erfolgte die Diagnostik mittels

Arthroskopie, wobei die niedrigste Prävalenzrate hier bei 41 % lag [Griffith et al. 2008]. Große knöcherne Defekte treten deutlich seltener auf als kleinere Defekte. In der Studie von Griffith et al. traten Defekte von mehr als 25 % der Glenoidfläche nur in 6 % der Fälle auf [Griffith et al. 2008]. Im Einklang hiermit war in unserer Studie die Prävalenz großer Glenoidranddefekte mit 1 % sehr gering.

Durch das unterschiedliche Studiendesign und die unterschiedlichen Methoden der Diagnostik von Bankart-Läsionen schwanken die Prävalenzraten in der Literatur, was einen Vergleich erschwert. Insgesamt ist die in unserer Studie ermittelte Prävalenzrate der Bankart-Läsion etwas geringer als die in der Literatur angegebenen Prävalenzraten. Dafür gibt es zwei mögliche Gründe. Erstens stehen MRT-Aufnahmen in der Diagnostik der anterioren Schulterinstabilität vor der diagnostischen Arthroskopie, anhand derer die Prävalenzraten in den anderen Studien ermittelt wurden. Es ist davon auszugehen, dass Patienten, die eine diagnostische Arthroskopie erhielten, stärkere Beschwerden und schwerere intraartikuläre Pathologien aufwiesen als die Patienten unseres Kollektivs, die eine MRT-Diagnostik erhielten. Zweitens ist davon auszugehen, dass anhand der MRT-Aufnahmen bei einer Sensitivität von etwa 76 - 95 % für labrale Läsionen nicht alle vorhandenen Bankart-Läsionen diagnostiziert wurden [Gusmer et al. 1996, Legan et al. 1991, Smith et al. 2012].

Insgesamt liegt die Prävalenz der Bankart-Läsion in unserem Kollektiv im Bereich der in anderen Patientenkollektiven ermittelten Prävalenzraten. Die Prävalenzrate von 73 % steht im Einklang mit der bestehenden Literatur. Knorpelige Läsionen lagen mehr als doppelt so häufig vor wie knöcherne Läsionen, sodass wir auch diesbezüglich die Ergebnisse bisheriger Studien bestätigen können.

In der vorliegenden Studie war keine Assoziation zwischen dem Auftreten einer Bankart-Läsion und dem Alter der Patienten nachweisbar ( $p = 0,936$ ). Allerdings waren Patienten mit knöchernen Läsionen signifikant älter als Patienten mit knorpeligen Läsionen ( $p = 0,007$ ). Patienten unter 30 Jahren wiesen signifikant häufiger labrale Läsionen auf, während Patienten, die 30 Jahre oder älter waren, häufiger knöcherne Glenoidläsionen erlitten. Dieses

Ergebnis ist nicht überraschend, da mit zunehmendem Alter die Knochendichte abnimmt und somit das Risiko knöcherner Verletzungen steigt. Bei Frauen in der Postmenopause ist die Osteoporose durch abnehmende Östrogenisierung besonders deutlich ausgeprägt [Prevention and management of osteoporosis 2003].

Zu ähnlichen Ergebnissen wie die vorliegende Studie kamen Antonio et al. in ihrer Studie mit 66 Patienten [Antonio et al. 2007]. Sie fanden eine höhere Prävalenz labraler Läsionen bei jungen Patienten unter 30 Jahren anhand von MRA-Aufnahmen, doch war dieses Ergebnis nicht signifikant ( $p = 0,054$ ). Im Gegensatz dazu fanden Milano et al. in ihrer Studie mit 161 Patienten heraus, dass jüngeres Alter während der ersten Dislokation ein Risikofaktor für das Auftreten signifikanter knöcherner Bankart-Läsionen (Defekt  $> 20\%$  der Glenoidfläche) ist. Sie konnten zudem zeigen, dass männliches Geschlecht und Sport Risikofaktoren für das Auftreten knöcherner Bankart-Läsionen nach Schulterdislokationen sind [Milano et al. 2011]. Junge, männliche Patienten ziehen sich durch risikofreudiges Verhalten eher schwere Schulterverletzungen zu als ältere Menschen, bei denen häufig geringfügige Traumen Luxationen verursachen.

In der vorliegenden Studie lag die Prävalenz von Bankart-Läsionen in der Gruppe der Patienten mit Erstluxation bei 70 %, während sie in der Gruppe der Patienten mit Rezidivluxation mit 79 % höher lag. Es war keine signifikante Assoziation zwischen dem Vorliegen einer Bankart-Läsion und einer Rezidivluxation nachweisbar ( $p = 0,352$ ). Auch Kim et al. konnten in ihrer Studie mit 93 Patienten keinen Zusammenhang zwischen knorpeligen Läsionen und der Anzahl vorhergegangener Luxationen nachweisen [Kim et al. 2012].

Einige Studien konnten eine schwache Korrelation zwischen dem Auftreten und der Schwere knöcherner Bankart-Läsionen und der Anzahl vorhergegangener Dislokationen nachweisen [Griffith et al. 2008, Yiannakopoulos et al. 2007, Li et al. 2012]. Griffith et al. wiesen beispielsweise bei 41 % der Patienten mit Erstluxation knöcherner Bankart-Läsionen im CT nach, jedoch bei 86 % der Patienten mit rekurrenten Luxationen [Griffith et al. 2008].

Dieser Zusammenhang ist zum einen dadurch zu erklären, dass wiederholte Dislokationen das Glenoid zunehmend schädigen. Zum anderen reduzieren

Bankart-Läsionen die Schulterstabilität und begünstigen so erneute Luxationen. Knorpelige Bankart-Läsionen reduzieren die Höhe des Glenoids um bis zu 80 % und verringern so die Stabilitätsratio des glenohumeralen Gelenkes um etwa 65 % für die Translation in Richtung des Defektes [Lazarus et al. 1996]. Bei knöchernen Läsionen nimmt die glenohumerale Stabilität durch die Verringerung der Kontaktfläche von Glenoid und Humerus mit der Größe des knöchernen Defektes progressiv ab [Itoi et al. 2000]. So bedingen sich Bankart-Läsionen und rezidivierende Luxationen gegenseitig.

Eine mögliche Ursache dafür, dass dieser Zusammenhang in unserer Studie nicht nachweisbar war, ist die geringe Menge der Schultern, die eine Rezidivluxation erlitten hatten (n = 30).

Insgesamt konnten wir in der vorliegenden Studie zeigen, dass nach einer Schulterluxation primär vom Vorliegen einer Bankart-Läsion ausgegangen werden muss. Dies wird durch die vorhandene Literatur bestätigt. Auch wenn im konventionellen Röntgen keine Läsion sichtbar ist, sollte eine Bankart-Läsion mittels MRT, MRA oder Arthroskopie sicher ausgeschlossen werden.

## 5.4 Die Hill-Sachs-Delle

Im vorliegenden Patientenkollektiv lag die Prävalenz der Hill-Sachs-Delle bei 84 %.

In der Literatur sind Prävalenzraten zwischen 47 und 100% für Hill-Sachs-Dellen nach anteriorer Schulterluxation zu finden [Antonio et al. 2007, Calandra et al. 1989, Cetik et al. 2007, Edwards et al. 2003, Griffith et al. 2008, Hintermann und Gächter 1995, Hovelius et al. 1996, Kralinger et al. 2002, Norlin 1993, Spatschil et al. 2006, Taylor und Arciero 1997, Yiannakopoulos et al. 2007]. Während Calandra et al. arthroskopisch Hill-Sachs-Dellen in 47 % der Schultern nach Erstluxation nachwies [Calandra et al. 1989], fanden Taylor und Arciero in 90 % der Schultern nach Erstluxation Hill-Sachs-Dellen in der Arthroskopie [Taylor und Arciero 1997]. Antonio et al. diagnostizierten mithilfe der MRA Hill-Sachs-Dellen in 71 % der Schultern nach Erstluxation [Antonio et al. 2007], während Griffith et al. in ihrer Studie an 218 Patienten im CT Hill-Sachs-Dellen in 86 % der Fälle nachwies [Griffith et al. 2008]. Eine Inzidenz von 100 % konnten Kralinger et al. sowie Norlin nach traumatischer Erstluxation anhand von insgesamt 190 Schultern ermitteln [Kralinger et al. 2002, Norlin 1993]. Hill und Sachs selber schätzten die Prävalenz der Hill-Sachs-Delle deutlich geringer ein, da sie diese in ihrer Studie aus dem Jahre 1940 anhand konventioneller Röntgenbilder nur bei 27 % der Erstluxationen identifizierten (Hill und Sachs 1940). Die in der vorliegenden Studie ermittelte Prävalenz von 84 % stimmt gut mit den bisher in Studien ermittelten Werten überein.

In der Studie von Hill und Sachs hatten Hill-Sachs-Dellen eine durchschnittliche Breite von 15 mm und eine Tiefe von 7,5 mm [Hill und Sachs 1940]. Ito et al. maßen anhand der Röntgenaufnahmen von 30 Schultern mit rekurrenten Luxationen etwas geringere Größen mit einer Breite der Hill-Sachs-Delle von  $13,4 \pm 2,5$  mm und einer Tiefe von  $3,9 \pm 0,9$  mm [Ito et al. 2000]. In unserer Studie waren die anhand der MRT-Aufnahmen gemessenen Hill-Sachs-Dellen mit einer Tiefe von  $5,1 \pm 3,2$  (0 - 15,1) mm und einer Breite von  $17,5 \pm 5,5$  (7,6 - 35,3) mm etwas größer.

Eingeteilt nach der modifizierten Klassifikation nach Calandra et al. wurden in unserer Studie die meisten Hill-Sachs-Dellen (66,3 %) als zweitgradig eingestuft (geringe subchondrale Knochenläsionen). Reine Knorpelkontusionen (Grad I)

sowie ausgedehnte Knochenläsionen (Grad III) wurden deutlich seltener diagnostiziert (27,2 % bzw. 6,5 %). In der Studie von Calandra et al., in der diese Klassifikation eingeführt wurde, war die Prävalenz der Hill-Sachs-Delle mit 47 % in der Arthroskopie niedrig [Calandra et al. 1989]. Im Gegensatz zu unserer Studie waren dort die chondralen Läsionen (Grad I) mit 53 % am häufigsten vertreten. Übereinstimmend mit unserer Studie war der Anteil tiefer Knochenläsionen (Grad III) mit 13 % gering. Es scheint eine Diskrepanz zwischen der Unterscheidung von erst- und zweitgradigen Hill-Sachs-Dellen im MRT und in der Arthroskopie zu geben. Ein möglicher Grund ist, dass im MRT nur frische Knorpelläsionen durch Signalanreicherung sichtbar sind. Ältere Knorpelläsionen können im MRT nicht mehr detektiert werden, während sie in der Arthroskopie noch erkennbar sind.

Ein Vergleich der vorliegenden Studie mit der Arbeit von Calandra et al. ist zudem aus verschiedenen Gründen schwierig. Zum einen arbeitete Calandra et al. mit einem deutlich kleineren Patientenkollektiv von nur 32 Patienten. Zum anderen lag die von ihnen ermittelte Prävalenz von Hill-Sachs-Dellen mit 47 % unterhalb der Prävalenzraten, die sowohl in der Literatur als auch in der vorliegenden Studie ermittelt wurden.

In der vorliegenden Studie war kein Zusammenhang zwischen dem Alter der Patienten und dem Vorliegen oder dem Ausmaß der Hill-Sachs-Delle nachweisbar. Im Einklang mit unseren Ergebnissen konnten auch Spatschil et al. in einer großen Studie mit 303 Patienten keine Assoziation zwischen der Prävalenz der Hill-Sachs-Delle nach anteriorer Luxation und dem Alter der Patienten nachweisen [Spatschil et al. 2006].

Auch zwischen dem Vorliegen einer Erst- oder Rezidivluxation und der Prävalenz sowie dem Ausmaß der Hill-Sachs-Delle konnte in der vorliegenden Studie keine Assoziation nachgewiesen werden.

In der Literatur werden verschiedene Faktoren diskutiert, die Einfluss auf die Größe der Hill-Sachs-Delle haben. Zum einen hängt die Größe der Hill-Sachs-Delle bei einer Erstluxation von der Stärke der Kraft ab, die auf das Gelenk wirkt, zum anderen von der Laxizität der Bänder. Bei Patienten mit hyperlaxen Bandstrukturen reichen geringere Kräfte aus, um den Humeruskopf zu luxieren, sodass eine weniger ausgedehnte Hill-Sachs-Delle resultiert [Armitage et al.

2010, Ito et al. 2000]. Die Größe der Hill-Sachs-Delle nimmt mit der Anzahl der rezidivierenden Läsionen zu. Zwei Studien zu diesem Zusammenhang fanden Hill-Sachs-Dellen in 65 - 67 % der Schultern mit Erstluxation und in 84 - 93 % der Schultern mit rezidivierenden Luxationen [Spatschil et al. 2006, Yiannakopoulos et al. 2007]. Zwei weitere Studien konnten eine direkte Korrelation zwischen der Anzahl der vorhergegangenen Läsionen und der Breite und Tiefe der Hill-Sachs-Delle nachweisen [Cetik et al. 2007, Li et al. 2012]. In der Studie von Griffith et al. waren Hill-Sachs-Dellen nicht häufiger, aber ausgeprägter nach rezidivierenden Dislokationen als nach Erstluxationen [Griffith et al. 2008].

Des Weiteren konnte nachgewiesen werden, dass das Vorliegen einer Hill-Sachs-Delle mit einer erhöhten Rezidivrate nach Erstluxation assoziiert ist [Hovelius et al. 1996, Rowe 1956]. Kaar et al. wiesen in einer Kadaverstudie nach, dass mit steigender Größe der Hill-Sachs-Delle die Stabilität des glenohumeralen Gelenkes abnimmt [Kaar et al. 2010]. Kralinger et al. konnten in einer Studie mit 166 Patienten zeigen, dass das Risiko einer Rezidivluxation nach Erstluxation mit der Größe der Hill-Sachs-Delle ansteigt [Kralinger et al. 2002]. Die genaue Größe, ab der eine Hill-Sachs-Delle die Schulterstabilität gefährdet, steht weiterhin zur Diskussion [Yamamoto et al. 2007]. Sekiya et al. zeigten in ihrer Kadaverstudie, dass schon Hill-Sachs-Dellen von einer Tiefe von 12,5 % des Durchmessers des Humeruskopfes biomechanische Auswirkungen auf die Schulterstabilität haben, während Hill-Sachs-Dellen mit einer Tiefe von mehr als 25 % des Durchmessers einen deutlich destabilisierenden Effekt haben und leicht zu Rezidivluxationen führen [Sekiya et al. 2009]. Im Allgemeinen sind Hill-Sachs-Dellen, die weniger als 20 - 30 % der Humeruskopfoberfläche betreffen, nicht signifikant für die Schulterinstabilität, während große Hill-Sachs-Dellen, die mehr als 30 - 40% der Oberfläche betreffen, als signifikante Risikofaktoren für rezidivierende Luxationen angesehen werden [Armitage et al. 2010, Flatow und Warner 1998, Kaar et al. 2010, Provencher et al. 2012, Skendzel und Sekiya 2012].

Wie bei der Bankart-Läsion bedingen sich Hill-Sachs-Dellen und rezidivierende Luxationen gegenseitig. Durch wiederholte Schädigungen des Humeruskopfes entstehen häufiger Hill-Sachs-Dellen, welche zudem im Schnitt größer sind [Cetik et al. 2007]. Zusätzlich nimmt durch große Hill-Sachs-Dellen, vor allem in

Kombination mit Bankart-Läsionen, die glenohumerale Stabilität ab, sodass weitere Luxationen begünstigt werden [Burkhart und Beer 2000, Sekiya et al. 2009].

Diesen Sachverhalt konnte in unserer Studie nicht bestätigt werden, da kein Zusammenhang zwischen Rezidivluxation und Hill-Sachs-Delle nachgewiesen werden konnte. Eine mögliche Ursache ist die geringe Zahl von 33 Schultern in der Gruppe der Patienten mit Rezidivluxation.

## 5.5 Assoziation zwischen Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle

Wir konnten in unserer Studie eine starke Assoziation zwischen Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle nachweisen. Die Wahrscheinlichkeit, dass nach anteriorer Luxation beide Läsionen vorliegen, ist etwa elf Mal so hoch wie die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer isolierten Läsion (OR = 11,47, 95% KI 3,60 - 36,52,  $p < 0,001$ ). Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen Widjaja et al. in ihrer Studie aus dem Jahr 2006 anhand der MRT-Aufnahmen von 61 Patienten mit Erst- und Rezidivluxationen. Dort wurde eine Odds Ratio von 2,67 ermittelt. Dieser Wert war allerdings mit einem p-Wert von 0,10 nicht signifikant [Widjaja et al. 2006]. Wir konnten nun mithilfe einer größeren Patientenzahl und einer ähnlichen Studienpopulation (siehe Tabelle 20) erstmals diese enge Korrelation mit signifikanten Werten zu bestätigen.

**Tabelle 20: Vergleich unserer Studie mit Widjaja et al. 2006**

	<b>Widjaja et al. 2006</b>	<b>Eigene Ergebnisse</b>
Patientenkollektiv	61	105
Durchschnittsalter	34,1 Jahre	35,6 ± 16,5 Jahre
Anteil männlicher Patienten	67,2 %	81 %
Anteil Erstluxationen	25 %	70 %
Prävalenz Bankart-Läsion	72,1 %	72,7 %
Prävalenz Hill-Sachs-Delle	68,9 %	83,6 %
Assoziation Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle	OR = 2,67 95% KI 0,83 - 8,61 $p = 0,10$	OR = 11,47 95% KI 3,60 - 36,52 $p < 0,001^{(*)}$
Assoziation bei Erstluxation	OR = 0,58, $p = 1,0$	OR = 16,71, $p < 0,001^{(*)}$
Assoziation bei Rezidivluxation	OR = 4,33, $p = 0,0407^{(*)}$	OR = 10,22, $p = 0,023^{(*)}$
Assoziation bei Patienten <30 Jahre	nicht ermittelt	OR = 8,63, $p = 0,005^{(*)}$
Assoziation bei Patienten ≥30 Jahre	nicht ermittelt	OR = 16,29, $p = 0,002^{(*)}$

Wie in Tabelle 20 zu sehen ist, war das Durchschnittsalter beider Populationen ähnlich. Im hier betrachteten Studienkollektiv war allerdings der Anteil männlicher Patienten mit 81 % deutlich höher als in Widjajas Studie mit 67,2 %. Während bei Widjaja et al. die Prävalenz von Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle annähernd gleich war (72,1 % und 68,9 %), kamen in unserer Studie Hill-Sachs-Dellen deutlich häufiger vor als Bankart-Läsionen (83,6 % und 72,7 %). Die Prävalenz der Bankart-Läsion war dabei in den Studienpopulationen fast identisch (72,1 % und 72,7 %). Die Prävalenzraten der Hill-Sachs-Delle unterschieden sich in den Studienpopulationen deutlich (68,9 % und 83,6 %), jedoch lagen beide Werte noch innerhalb der Spanne der anhand der Literatur ermittelten Prävalenzraten.

In unserem Kollektiv hatte der größte Teil der Patienten eine Erstluxation erlitten (70 %), in Widjajas Studie war der Anteil der Patienten mit Rezidivluxation größer (75 %).

Widjaja et al. konnten, wie wir, keinen Unterschied der Prävalenzen von Hill-Sachs-Delle oder Bankart-Läsion nach Erst- oder Rezidivluxation nachweisen. Sie wiesen jedoch in der Gruppe der Patienten mit Rezidivluxationen ( $n = 43$ ) eine stärkere Assoziation zwischen den beiden Läsionen nach als im Gesamtkollektiv ( $OR = 4,33$ ,  $p = 0,041$ ). In der Gruppe der Patienten mit Erstluxation hingegen war keine signifikante Assoziation nachweisbar ( $p = 1,0$ ), was höchstwahrscheinlich durch die geringe Patientenzahl in dieser Gruppe bedingt ( $n = 15$ ).

In der vorliegenden Studie war nach Erstluxation ( $n = 77$ ) die Assoziation mit einer Odds Ratio von 16,71 ( $p < 0,001$ ) stärker als im Gesamtkollektiv. Nach Rezidivluxation ( $n = 33$ ) war die Assoziation etwas geringer als im Gesamtkollektiv ( $OR = 10,22$ ,  $p = 0,023$ ). Insgesamt waren in unserer Studie jedoch alle ermittelten Odds Ratios deutlich größer als in Widjajas Studie und die Ergebnisse zeigten eine höhere Signifikanz bei größerem Patientenkollektiv. Eine mögliche Erklärung für die geringere Assoziation bei Rezidivluxationen ist die Hyperlaxizität des Bandapparates. Häufige Reluxationen können aus einer Hyperlaxizität des Bandapparats der Schulter resultieren, welche angeboren oder traumatisch bedingt sein kann. Da bei hyperlaxem Bandapparat die Kräfte, die eine Luxation bewirken, deutlich geringer sind als bei straffen Bändern,

kommt es seltener zu knöchernen Verletzungen im Schultergelenk. Aufgrund des retrospektiven Charakters unserer Studie konnte das Vorliegen von Hyperlaxizität jedoch nicht näher untersucht werden, um diese Aussage zu unterstützen.

Die vorliegenden Ergebnisse legen nahe, dass die Assoziation zwischen Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle mit steigendem Alter der Patienten zunimmt. Bei Patienten unter 30 Jahren lag die Odds Ratio mit 8,63 deutlich unterhalb der Odds Ratio des Gesamtkollektivs von 11,47. Im Gegensatz dazu war die Assoziation bei Patienten über 30 Jahren mit einer Odds Ratio von 16,29 stärker als im Gesamtkollektiv. Widjaja et al. untersuchten die Odds Ratio dieser Untergruppe nicht. Die Literaturrecherche ergab keine Studien, die dieses Phänomen bisher untersucht haben.

Diese mit dem Alter steigende Assoziation in unserem Kollektiv ist insofern bemerkenswert, als dass weder die Inzidenz der Bankart-Läsion noch der Hill-Sachs-Delle mit dem Alter der Patienten ansteigt. Wir konnten keine Assoziation zwischen dem Alter der Patienten und dem Vorliegen einer Läsion nachweisen. Im vorliegenden Kollektiv zogen junge Patienten sich häufiger isolierte Bankart-Läsionen oder Hill-Sachs-Dellen zu, während ältere Patienten häufiger entweder beide oder keine Läsion aufwiesen. Möglicherweise sind unterschiedliche Verletzungsmechanismen in den verschiedenen Altersgruppen für dieses Phänomen verantwortlich. Generell ist die Knochenstruktur im Alter vermindert, was knöcherne Läsionen begünstigt. Auch die Hyperlaxizität des Bandapparates könnte eine mögliche Erklärung darstellen. Patienten mit hyperlaxen Bändern ziehen sich in früherem Alter Luxationen zu, bei denen jedoch insgesamt weniger intraartikuläre Verletzungen entstehen.

In der vorliegenden Studie zeigte sich eine Assoziation zwischen dem Ausmaß der Hill-Sachs-Delle und dem Ausmaß der Bankart-Läsion. Wird die Hill-Sachs-Delle in Grad I (Knorpelkontusion), Grad II (kleine subchondrale Läsion) und Grad III (signifikante subchondrale Läsion) eingeteilt und die Bankart-Läsion in knorpelig (Grad I) und knöchern (Grad II), so beträgt der Korrelationskoeffizient 0,34 (95% KI = 0,16 - 0,49,  $p < 0,001$ ). Es besteht eine deutliche Korrelation zwischen dem Ausmaß der beiden Läsionen. Es konnte zudem nachgewiesen werden, dass in Schultern mit knöchernen Bankart-Läsionen Hill-Sachs-Dellen

signifikant tiefer und breiter sind als in Schultern mit knorpeligen Bankart-Läsionen ( $p < 0,001-0,015$ ). Außerdem wurde eine direkte Korrelation zwischen dem Ausmaß einer Bankart-Läsion und der Tiefe einer begleitenden Hill-Sachs-Delle nachgewiesen ( $OR = 1,24, p = 0,033$ ).

Eine solche Korrelationsanalyse wurde unseres Wissens erstmals durchgeführt. Die deutliche Korrelation unterstreicht den bipolaren Charakter dieser beiden Verletzungen. Bei der Diagnostik und Therapie von Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle sollte diese Korrelation immer berücksichtigt werden.

Griffith et al. kamen in ihrer Studie, in der sie intraartikuläre knöcherne Verletzungen anhand von CT-Bildern von 233 Patienten bewerteten, zu einem ähnlichen Ergebnis [Griffith et al. 2008]. Sie wiesen eine schwache Korrelation zwischen glenoidalem Knochenverlust und Größe von Hill-Sachs-Dellen nach ( $p = 0,03$ ). Zu beachten ist allerdings, dass sich dieses Ergebnis nur auf das Ausmaß knöcherner Bankart-Läsionen bezieht, während in der vorliegenden Studie zwar zwischen knorpeliger und knöcherner Bankart-Läsion unterschieden wurde, jedoch das Ausmaß knöcherner Läsionen nicht bewertet wurde. Bei Griffith et al. wurden die Hill-Sachs-Dellen in die Kategorien minimal, mild, moderat oder ausgeprägt eingeteilt, während in der vorliegenden Studie eine nach Calandra modifizierte Klassifikation genutzt wurde, die von der Tiefe der Läsion abhängt. Die Literaturrecherche ergab keine Studien, in denen die Assoziation zwischen knorpeligen Bankart-Läsionen und dem Ausmaß von Hill-Sachs-Dellen untersucht wurde.

Die Assoziation des Ausmaßes von Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle ist zu erklären, wenn man sich den Pathomechanismus vor Augen führt. Beide Verletzungen entstehen durch den Zusammenprall des posterolateralen Humeruskopfes mit dem anteroinferioren Glenoidrand. Da der Humeruskopf weicher ist als das Glenoid treten knöcherne Defekte des Humeruskopfes häufiger auf als knöcherne Glenoidläsionen, wie in unserer Studie bestätigt wurde. Das knorpelige Labrum glenoidale, welches den Glenoidrand umschließt, wird leichter verletzt als das knöcherne Glenoid. Aus diesem Grund unterscheiden sich die Prävalenzen von Hill-Sachs-Delle und Bankart-Läsion insgesamt kaum. Das Auftreten einer isolierten Hill-Sachs-Delle oder einer isolierten Bankart-Läsion ist ein seltenes Phänomen, und es bleibt zu

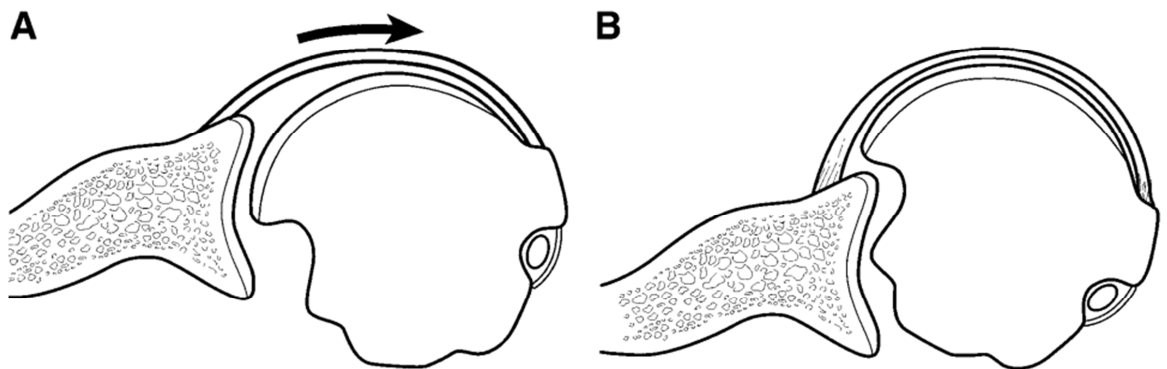
diskutieren, ob bestimmte Verletzungsmechanismen oder bestimmte anatomische Voraussetzungen wie hyperlaxe Bandstrukturen die isolierte Entstehung von Bankart-Läsionen oder Hill-Sachs-Dellen begünstigen. Mithilfe von Kadaverstudien sollte die Auswirkungen verschiedener Kräfteeinwirkungen auf Humeruskopf und Glenoid genauer untersucht werden. Weitere Studien, welche die Korrelation beider Läsionen untersuchen, sind wünschenswert. Der bipolare Charakter dieser Verletzungen ist sowohl für die Diagnostik als auch für die Therapie der anterioren Schulterluxation von höchster Bedeutung. Die vorliegende Studie zeigt deutlich, dass Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle nicht isoliert, sondern immer in ihrer Kombination betrachtet werden müssen.

## 5.6 Die Bedeutung der Assoziation von Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle für die glenohumerale Stabilität

Um nach einer Erstluxation der Schulter weitere Luxationen zu verhindern, stehen eine Reihe von Therapieoptionen zur Verfügung. Die konservative Therapie besteht aus Immobilisation der Schulter, obwohl der Effekt umstritten ist [Chalidis et al. 2007]. Die Entscheidung zur operativen Therapie wird anhand der Risikofaktoren für das Auftreten rezidivierender Luxationen getroffen. Diese Risikofaktoren sind junges Alter des Patienten (< 30 Jahre), Vorliegen von Bankart-Läsionen, Vorliegen großer Hill-Sachs-Dellen, sportliche Aktivität (v. a. Kontaktsportarten), positive Familienanamnese, hoher ISIS (Instability Severity Index Score) sowie Hyperlaxizität der Bandstrukturen [Bollier und Arciero 2010, Morrey und Janes 1976, Rowe 1956, Voos et al. 2010]. Liegen große knöcherne Läsionen des Glenoids vor (Defektgröße > 20 - 30 % der Glenoidfläche bzw. „inverted pear-shaped glenoid“), so wird von einer konservativen Therapie abgeraten [Bushnell et al. 2008a].

Knorpelige oder kleine knöcherne Bankart-Läsionen, die weniger als 20 - 30 % der Glenoidfläche betreffen, werden klassischerweise mittels arthroskopischer oder offener Bankart-Repair behandelt [Bollier und Arciero 2010, Burkhart und Beer 2000, Lynch et al. 2009, Piasecki et al. 2009]. Dabei wird das abgelöste Labrum glenoidale mithilfe von Fadenankern wieder am Glenoidrand befestigt. Der Trend geht hier zum arthroskopischen Verfahren. In einer Metaanalyse von Lenters et al. von 2007 war die Rezidivrate nach offener Operation etwas geringer als nach arthroskopischer, allerdings hatten Patienten nach arthroskopischer Bankart-Repair eine bessere Schulterfunktion im Sinne eines höheren Rowe-Scores [Lenters et al. 2007]. In der neueren Metaanalyse von Godin et al. von 2011 ließ sich kein signifikanter Unterschied des Outcomes der offenen oder arthroskopischen Technik nachweisen [Godin und Sekiya 2011]. Sind mehr als 20 - 30% der Glenoidfläche betroffen, so bietet die Bankart-Repair keine ausreichende Restabilisierung und die Glenoidfläche muss knöchern rekonstruiert werden, z. B. mittels der offenen Bristow-Latarjet-Prozedur [Boileau et al. 2006, Burkhart und Beer 2000, Burkhart et al. 2007, Griffith et al. 2008, Itoi et al. 2003, Lynch et al. 2009].

Burkhart und Danaceau lenkten die Aufmerksamkeit auf die Hill-Sachs-Delle als wichtigen Bestandteil der Therapieplanung der Schulterinstabilität [Burkhart und Danaceau 2000]. Sie führten den Begriff des „Articular Arc Length Mismatch“ ein. Sowohl durch eine Hill-Sachs-Delle als auch durch eine Bankart-Läsion wird die Kontaktfläche zwischen Humeruskopf und Glenoid vermindert. Infolgedessen ist der kontinuierliche Kontakt von Humeruskopf und Glenoid nicht mehr im gesamten Bewegungsumfang gegeben und es besteht eine Diskrepanz der Gelenkbögen. Vor allem bei außenrotiertem und abduziertem Arm kann die Hill-Sachs-Delle am anteroinferioren Glenoidrand verhaken, was beim Patienten ein Gefühl der Subluxation hervorruft und das Luxationsrisiko der Schulter erhöht. Dieses Phänomen wird als „Engagement“ der Hill-Sachs-Delle bezeichnet (siehe Abbildung 28).



**Abbildung 28:** Eine „non-engaging“ Hill-Sachs-Delle verursacht bei der Außenrotation des Armes keine Beschwerden (A). Eine „engaging“ Hill-Sachs-Delle verhakt bei der Außenrotation am Glenoidrand, was ein Gefühl der Subluxation hervorruft (B). [Burkhart und Beer 2000]

Eine genauere Beschreibung des Engagements liefern Yamamoto et al. in ihrer Kadaverstudie mit dem sogenannten „Glenoid Track Concept“ [Yamamoto et al. 2007]. Bei Elevation des außenrotierten und extendierten Armes gleitet das Glenoid vom inferomedialen zum superolateralen Teil des Humeruskopfes. Diese Kontaktzone wird als „Glenoid Track“ bezeichnet [Scheibel et al. 2009]. Wenn eine Hill-Sachs-Delle medial über den Rand des Glenoid Tracks hinausgeht, kommt es zum Engagement der Hill-Sachs-Delle und das Luxationsrisiko steigt. Durch große knöcherne Glenoiddefekte kann diese Kontaktzone verringert sein, so dass hierdurch ein Engagement der Hill-Sachs-Delle begünstigt wird [Yamamoto et al. 2007]. Das Glenoid Track Concept

verdeutlicht, wie wichtig das Zusammenspiel von Hill-Sachs-Delle und Bankart-Läsion für die Schulterstabilität ist.

Boileau et al. und Voos et al. konnten die Überlegungen zum Glenoid Track Concept in klinischen Studien bestätigen. Patienten mit großen Hill-Sachs-Dellen hatten nach arthroskopischer Bankart-Repair ein signifikant erhöhtes Risiko für das Auftreten einer postoperativen Rezidivluxation. Weitere Risikofaktoren waren junges Alter der Patienten, Hyperlaxizität der Bandstrukturen und das Verwenden von weniger als drei Fadenankern zur Befestigung des Labrums. [Boileau et al. 2006, Voos et al. 2010]

Für die Therapieplanung einer Hill-Sachs-Delle sind sowohl Defektgröße als auch Lage und Orientierung von Bedeutung. Während es bis vor einigen Jahren üblich war, große Hill-Sachs-Dellen erst nach fehlgeschlagener Bankart-Repair operativ zu korrigieren, wird mittlerweile eine primäre Versorgung großer Hill-Sachs-Dellen bevorzugt [Armitage et al. 2010].

Die genaue Größe, ab der eine Hill-Sachs-Delle kritisch für die Schulterstabilität ist und einer Behandlung bedarf, ist weiterhin schwierig zu ermitteln und wird in der Literatur diskutiert [Yamamoto et al. 2007]. Üblicherweise wird die Behandlungsempfehlung von der Oberflächenbeteiligung abhängig gemacht [Armitage et al. 2010, Kaar et al. 2010, Provencher et al. 2012, Skendzel und Sekiya 2012]. Hill-Sachs-Dellen werden als groß bzw. signifikant für die Schulterstabilität angesehen, wenn sie mehr als 30 - 40 % der Humeruskopfoberfläche betreffen. Solche Läsionen sollten operativ therapiert werden, auch wenn keine begleitende Bankart-Läsion vorliegt [Boileau et al. 2012]. Dazu stehen eine Reihe von Techniken zur Verfügung, wie z. B. die Hill-Sachs-Remplissage, osteoartikulären Allografts oder Hemiarthroplastien [Skendzel und Sekiya 2012]. Hill-Sachs-Dellen, die weniger als 20 - 30% der Humeruskopfoberfläche betreffen, werden als klein bezeichnet und sind nicht von Bedeutung für die Schulterstabilität. Besonders bei mittelgroßen Hill-Sachs-Dellen, die 20 - 40 % der Oberfläche betreffen, ist die Therapieempfehlung abhängig von der Lage und Orientierung sowie vom Ausmaß des begleitenden Glenoiddefekts. Für „engaging“ Hill-Sachs-Dellen wird bei begleitendem geringen Glenoiddefekt (< 20 - 30 % der Glenoidfläche) eine Hill-Sachs-Remplissage empfohlen, welche zusammen mit der Bankart-Repair

durchgeführt werden kann [Boileau et al. 2012, Bollier und Arciero 2010, Provencher et al. 2012].

Ist der begleitende Glenoiddefekt bei Engagement einer mittelgroßen Hill-Sachs-Delle groß (> 20 - 30% der Glenoidfläche), muss das Glenoid knöchern rekonstruiert werden. Diese Maßnahme reicht im Allgemeinen aus, um den Glenoid Track wieder herzustellen und ein Engagement der Hill-Sachs-Delle zu verhindern. Liegen große Glenoiddefekte und große Hill-Sachs-Dellen gemeinsam vor, so sollte neben der knöchernen Glenoidrekonstruktion eine operative Therapie der Hill-Sachs-Delle erfolgen. [Bollier und Arciero 2010]

Zusammenfassend kommt es bei der Schulterinstabilität vor allem auf die Größe der Kontaktfläche von Humerus und Glenoid an. Diese wird sowohl durch Bankart-Läsionen als auch durch Hill-Sachs-Dellen verringert. Je größer die Läsionen, desto geringer die Kontaktfläche und desto höher das Risiko für eine Rezidivluxation. Es reicht somit nicht aus, eine Läsion bei der Therapieplanung der anterioren Schulterluxation isoliert zu betrachten. Vielmehr ist es wichtig beide Läsionen im Sinne einer bipolaren Verletzung gemeinsam sowie in ihrem Zusammenhang zu bewerten und in die Therapieplanung einzubeziehen. Schon Rowe folgerte 1984, dass die exakte Diagnostik der zugrundeliegenden Pathologien essentiell ist, um das Versagen einer Therapie der Schulterinstabilität zu verhindern [Rowe et al. 1984]. Nur durch genaue Diagnostik beider Läsionen kann die verbleibende Kontaktfläche von Humerus und Glenoid abgeschätzt werden und ein potentielles Engagement der Hill-Sachs-Delle diagnostiziert werden.

Die vorliegende Studie quantifiziert erstmals die signifikante Korrelation von Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle. Dies hat eine hohe Bedeutung für den klinischen Alltag. Sind im konventionellen Röntgen oder im CT knöcherne Läsionen entweder am Glenoid oder am Humeruskopf zu sehen, so muss primär davon ausgegangen werden, dass auch eine Läsion am gegenüberliegenden Gelenkpart besteht. Es sollte in diesem Fall also immer eine weiterführende Diagnostik mittels MRT, MRA oder diagnostischer Arthroskopie erfolgen. Gerade bei Patienten, die jünger als 30 Jahre alt sind, sollte wegen des extrem hohen Rezidivrisikos nach Erstluxation die ausführliche Diagnostik mittels MRT, MRA oder Arthroskopie obligat sein. Nur

so können intraartikuläre Verletzungen sicher diagnostiziert und quantifiziert werden. Für die Planung einer eventuellen operativen Versorgung, die zur Behandlung junger Patienten im Vordergrund steht, ist die genaue Kenntnis der Läsionen und ihrer Größe außerordentlich wichtig. Rezidivierende Luxationen können die Lebensqualität der betroffenen Patienten deutlich einschränken, sodass diese Komplikation der vorderen Schulterluxation unbedingt vermieden werden sollte.

## 5.7 Limitationen

Durch den retrospektiven Charakter dieser Studie ergeben sich eine Reihe von Limitationen. Nur bei einem Teil der Patienten, die sich mit einer anterioren Schulterluxation im Universitätsklinikum Aachen vorstellten, wurde eine MRT-Aufnahme der betroffenen Schulter angefertigt. MRT-Aufnahmen wurden bei Verdacht auf intraartikuläre Schädigungen wie Bankart-Läsion oder Hill-Sachs-Delle angefertigt. Somit ist davon auszugehen, dass Anzahl und Ausmaß der Läsionen in unserem Patientenkollektiv höher ausfallen, als in einer Gruppe von Patienten, in der nach jeder Schulterluxation eine MRT-Aufnahme der Schulter angefertigt würde.

Die Qualität der MRT-Aufnahmen war nicht in allen Fällen gleich gut. Außerdem erfolgte die erste Bewertung der MRT-Aufnahmen und die Diagnostik der Bankart-Läsion oder Hill-Sachs-Delle durch verschiedene Radiologen des UK Aachen. Theodoropoulos et al. zeigten, dass die Genauigkeit der MRT-Diagnostik vom Trainingsgrad des Radiologen abhängt [Theodoropoulos et al. 2010]. Es ist davon auszugehen, dass sich der Trainingsgrad der diagnostizierenden Radiologen unterschied. Dieser Fehler ist jedoch zu vernachlässigen, da die Befundung durch drei verschiedene Radiologen (Assistenz-, Ober- und Chefarzt) durchgeführt wurde.

Die beste Modalität zur Diagnostik intraartikulärer Schulterpathologien wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Die Sensitivität bzw. Spezifität des MRTs für Hill-Sachs-Dellen beträgt 87 - 97 % bzw. 72 - 100 % [Workman et al. 1992, Denti et al. 1995, Hayes et al. 2010]. Für knorpelige Bankart-Läsionen liegen Spezifität und Sensitivität laut einer Metaanalyse bei 76 % bzw. 87 % [Smith et al. 2012]. Kirkley et al. wiesen in ihrer Studie an 16 Patienten eine perfekte Übereinstimmung von MRT und Arthroskopie beim Nachweis von Bankart-Läsionen oder Hill-Sachs-Dellen nach [Kirkley et al. 2003]. Während im MRT weichteilige Pathologien sehr gut darstellbar sind, wird für knöchernen Läsionen häufig das CT bevorzugt [Scheibel et al. 2009, Griffith et al. 2008, Dumont et al. 2011, Bollier und Arciero 2010]. Allerdings war in einer Studie von Gyftopoulos et al. das MRT genauso gut zum Ausmessen einer knöchernen Glenoidläsion geeignet wie CT und 3D-CT [Gyftopoulos et al. 2012]. Einige Autoren empfehlen die MRA für die Diagnostik von Weichteilläsionen, da die Sensitivität

und Spezifität etwas besser ist als beim nativen MRT [Woertler und Waldt 2006, Chandnani et al. 1993]. Hayes et al. konnten keinen signifikanten Unterschied zwischen MRT und MRA in der Diagnostik weichteiliger intraartikulärer Pathologien nachweisen [Hayes et al. 2010]. Bei akuten Verletzungen wirkt der intraartikuläre Gelenkerguss als Kontrastmittel und erhöht die Bildqualität nativer MRT-Aufnahmen.

Es ist zusammen zu fassen, dass MRT-Aufnahmen zur Diagnostik intraartikulärer Pathologien nach Schulterluxation gut geeignet sind. Im Gegensatz zum CT und zur Arthroskopie haben sie außerdem den Vorteil, ohne Strahlenbelastung und nicht-invasiv zu sein. Allerdings muss davon ausgegangen werden, dass nicht alle Läsionen im vorliegenden Kollektiv im MRT diagnostiziert werden konnten und eventuell Fehldiagnosen gestellt wurden.

Auch das Ausmessen der Größe von Hill-Sachs-Dellen anhand der MRT-Aufnahmen ist mit einem Fehler behaftet. Kirkley et al. wiesen nur eine moderate Übereinstimmung zwischen MRT und Arthroskopie bei der Abschätzung der Größe von Hill-Sachs-Delle nach [Kirkley et al. 2003].

Die Klassifikation der Hill-Sachs-Delle nach Calandra et al. wurde für die arthroskopische Diagnostik entwickelt und in dieser Studie zum ersten Mal auf MRT-Aufnahmen angewendet. Es liegen keine Erfahrungswerte zur Genauigkeit dieser Methode vor.

## 5.8 Ausblick

Die Assoziation zwischen Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle sowie zwischen dem Ausmaß dieser beiden Läsionen ist für Diagnostik und Therapieplanung einer Schulterluxation von großer Bedeutung. Da bisher neben der vorliegenden Studie nur eine weitere Studie zu diesem Thema existiert [Widjaja et al. 2006], müssen weitere Studien durchgeführt werden um die vorliegenden Ergebnisse zu prüfen. Wünschenswert wäre eine prospektive Studie, da beide bisherigen Studien retrospektiv sind. Ein Studiendesign, bei dem die Diagnostik nicht nur anhand von MRT-Aufnahmen, sondern auch mittels Arthroskopie erfolgt, könnte den Fehler durch die Ungenauigkeit der MRT-Diagnostik beheben. Neben den Maßen der Hill-Sachs-Dellen sollte auch ihre Lokalisation und ein eventuelles Engagement sowie das genaue Ausmaß der knöchernen Bankart-Läsionen dokumentiert werden.

Anhand eines größeren Patientenkollektivs könnte der Einfluss rezidivierender Luxationen sowie des Patientenalters auf die Assoziation von Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle detaillierter untersucht werden. Hier konnte bisher weder unsere Studie noch die von Widjaja et al. signifikante Ergebnisse liefern.

Weiterhin ist zu klären, ob bestimmte Verletzungsmechanismen die Assoziation von Bankart-Läsionen und Hill-Sachs-Dellen beeinflussen. Darüber könnte eine Kadaverstudie Auskunft geben, bei der verschiedene Kräfte und deren Auswirkungen auf das Glenohumeralgelenk untersucht werden. So könnte ein Erklärungsmodell für die Entstehung isolierter Bankart-Läsionen oder Hill-Sachs-Dellen geliefert werden.

Das Ziel weiterer Studien sollte sein, die Aufmerksamkeit auf die hohe Assoziation zwischen den bipolaren Verletzungen Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle zu lenken und auf die Wichtigkeit einer Therapieplanung hinzuweisen, die beide Läsionen berücksichtigt.

## **6 Zusammenfassung**

### **6.1 Ziel der Studie**

Das glenohumerale Gelenk hat den höchsten Bewegungsumfang, aber auch die höchste Luxationsrate im menschlichen Körper. Typischerweise handelt es sich bei einer Schulterluxation um eine anteriore Luxation durch den Sturz auf den außenrotierten und abduzierten Arm. Durch das Ausbrechen des Humeruskopfes aus der glenoidalen Pfanne entstehen typische Verletzungen an beiden Elementen: eine knorpelige oder knöcherne Abscherung des Glenoidrandes (Bankart-Läsion) und eine Kompressionsfraktur des Humeruskopfes (Hill-Sachs-Delle). Bankart-Läsionen sind in 41-97 % der luxierten Schultern nachweisbar [Griffith et al. 2008, Taylor und Arciero 1997]. Hill-Sachs-Dellen treten bei 47-80 % der Dislokationen auf und sind bei bis zu 100 % der Patienten mit rezidivierenden Dislokationen zu finden [Bushnell et al. 2008a]. Ziel dieser Studie ist es, die Häufigkeit koinzidenter Läsionen sowie die Assoziation zwischen deren Ausmaß zu untersuchen.

### **6.2 Material und Methoden**

Das Kollektiv bestand aus Patienten, welche zwischen 2006 und 2013 mit der Diagnose „Luxation des Schultergelenkes“ (S43.0) im UKA behandelt wurden. Einschlusskriterien waren anteriore Luxation, Vorliegen von MRT-Aufnahmen der betroffenen Schulter sowie keine weiteren Verletzungen oder Voroperationen der betroffenen Schulter. Bankart-Läsionen wurden anhand der MRT-Aufnahmen als knorpelig oder knöchern klassifiziert. Hill-Sachs-Dellen wurden auf axialen MRT-Aufnahmen ausgemessen und nach einer modifizierten Klassifikation nach Calandra in Grad I - III eingeteilt [Calandra et al. 1989].

Die statistische Auswertung erfolgte mit der Software SAS®, Version 9.2.

### 6.3 Ergebnisse

105 Patienten mit 110 betroffenen Schultern konnten in die Studie eingeschlossen werden (85 Männer, 20 Frauen). Das mittlere Alter der Patienten betrug  $35,6 \pm 16,5$  (16 - 80) Jahre. Bei 77 Schultern lag eine Erstluxation vor, bei 33 eine Rezidivluxation. Bankart-Läsionen wurden in insgesamt 73 % der Schultern identifiziert, wobei 79 % der Schultern knorpelige Läsionen aufwiesen und 21 % knöcherner Glenoiddefekte. Hill-Sachs-Dellen wurden in 82 % der Schultern diagnostiziert, wobei es sich bei 27 % um reine Knorpelkontusionen (Grad I), bei 66 % um geringe subchondrale Läsionen (Grad II) und in 7 % der Fälle um ausgeprägte subchondrale Läsionen (Grad III) handelte. Hill-Sachs-Dellen waren im Durchschnitt  $4,3 \pm 3,2$  (0 - 15,1) mm tief und  $13,1 \pm 4,0$  (5,6 - 29,7) mm breit.

75 Schultern wiesen beide Läsionen auf, während 13 keine Läsion aufwiesen. In 17 Schultern wurde eine isolierte Hill-Sachs-Delle diagnostiziert und in 5 Schultern eine isolierte Bankart-Läsion. Daraus ergab sich eine Odds Ratio von 11,47 (95%KI 3,60-36,52,  $p < 0,001$ ) für das gleichzeitige Vorliegen beider Läsionen. Es konnte eine Korrelation zwischen der Ausprägung von Bankart-Läsionen (knorpelig oder knöchern) und Hill-Sachs-Dellen (Grad I-III) nachgewiesen werden (Spearman-Rangkorrelationskoeffizient 0,34, 95% KI 0,16 - 0,49,  $p < 0,001$ ). Mithilfe einer logistischen Regression konnte eine Assoziation zwischen dem Vorliegen einer Bankart-Läsion und der Tiefe der begleitenden Hill-Sachs-Delle nachgewiesen werden (OR = 1,24, 95% KI 1,02 - 1,52,  $p = 0,033$ ). Die Breite der Hill-Sachs-Delle hatte keinen Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer Bankart-Läsion ( $p = 0,062$ ). Hill-Sachs-Dellen in Schultern mit knöchernen Bankart-Läsionen waren signifikant tiefer und breiter als in Schultern mit knorpeligen Läsionen ( $p < 0,001$ ).

### 6.4 Schlussfolgerung

Wird eine Bankart-Läsion oder eine Hill-Sachs-Delle bei einem Patienten diagnostiziert, ist es etwa elfmal wahrscheinlicher, dass auch die zweite Läsion vorliegt, als dass sie nicht vorliegt (OR 11,47). Zudem besteht eine positive

Korrelation zwischen dem Ausmaß von Bankart-Läsionen und Hill-Sachs-Dellen. In den letzten Jahren hat sich gezeigt, dass für die operative Therapie der anterioren Schulterluxation sowohl Bankart-Läsionen als auch Hill-Sachs-Dellen in die Planung einbezogen werden müssen. Es ist wichtig, beide Läsionen im Sinne einer bipolaren Verletzung gemeinsam zu bewerten. Dies macht eine exakte Diagnostik beider Läsionen erforderlich. Die vorliegende Studie liefert Erkenntnisse zur Verbesserung der Diagnostik von Bankart-Läsionen und Hill-Sachs-Dellen anhand von MRT-Aufnahmen. Sie soll die Aufmerksamkeit auf die hohe Assoziation zwischen den Verletzungen Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle lenken und auf die Wichtigkeit einer Therapieplanung, die beide Läsionen berücksichtigt, hinweisen.

---

## **7 Abstract**

### **7.1 Background**

The glenohumeral joint has the highest range of motion but also the highest rate of luxation in the human body. Shoulder luxations are typically anterior luxations which result from a fall onto the externally rotated and abducted arm. Separation of the humeral head and glenoid causes typical injuries on both elements of the glenohumeral joint: a cartilaginous or bony detachment of the glenoid rim (Bankart lesion) and a compression fracture of the humeral head (Hill-Sachs lesion). Bankart lesions are diagnosed in 47 - 80 % of all shoulders after luxation [Griffith et al. 2008, Tylor and Aciero 1997]. Hill-Sachs-lesions appear in 47 - 80 % of all shoulders after dislocation and in up to 100 % after recurrent dislocation [Bushnell et al. 2008b]. The aim of this study is to quantify the association between existence of both lesions after anterior shoulder dislocation and investigate an association between sizes of both lesions.

### **7.2 Materials and Methods**

The collective consisted of patients who were treated with shoulder luxation (S43.0) at the UKA between 2006 and 2013. Inclusion criteria were anterior luxation, presence of MRI-images of the affected shoulder and absence of other injuries or former operations of the shoulder. Bankart lesions were classified as labral or bony lesions. Hill-Sachs lesions were measured on axial images and classified with the help of a modified classification by Calandra et al. into grades I - III [Calandra et al. 1989]. The software SAS®, Version 9.2 was used for statistical analysis.

### **7.3 Results**

105 patients with 110 affected shoulders were enclosed in this study (85 male, 20 female patients) with an age of  $35,6 \pm 16,5$  (16 - 80) years. 77 shoulders had

experienced primary dislocations, 33 recurrent dislocations. Bankart lesions were identified in 73 % of all shoulders, with 71 % being cartilaginous lesions and 29 % being bony lesions. Hill-Sachs lesions were diagnosed in 82 % of all shoulders with 27 % affecting only the articular surface of the humeral head (grade I), 66 % being small subchondral lesions (grade II) and 7 % being large subchondral defects. Hill-Sachs lesions had a size of  $4,3 \pm 3,2$  (0 - 15,1) mm in depth and  $13,1 \pm 4,0$  (5,6 - 29,7) mm in width.

In 75 shoulders both lesions were found, while 13 showed no lesion. In 17 shoulders isolated Hill-Sachs lesions were diagnosed and in 5 shoulders isolated Bankart lesions. These findings resulted in an odds ratio of 11,47 (95% KI 3,60 - 36,52,  $p < 0,001$ ) for the concomitance of both lesions. A correlation between the type of Bankart lesion (labral or bony) and the size of Hill-Sachs lesion (grade I - III) was proven (Spearman correlation coefficient 0,34, 95% KI 0,16 - 0,49,  $p < 0,001$ ). Logistic regression showed an association between the existence of Bankart lesions and the depths of concomitant Hill-Sachs lesions (OR = 1,24, 95% KI 1,02 - 1,52,  $p = 0,033$ ). The width of Hill-Sachs lesions was not associated with the existence of Bankart lesions. Hill-Sachs lesions in shoulders with bony Bankart lesions were significantly deeper and wider than in shoulders with labral lesions ( $p < 0,001$ ).

## 7.4 Conclusion

If either a Bankart lesion or a Hill-Sachs lesion is diagnosed in a shoulder after anterior luxation, it is approximately 11 times more likely to find the second type of lesion than an isolated lesion. There is a positive correlation between the sizes of Bankart and Hill-Sachs lesions. In the last years it has become apparent that Bankart as well as Hill-Sachs lesions have to be considered for the planning of operative treatment of anterior shoulder dislocation. It is of great importance to evaluate both lesions together as bipolar injuries. To this end exact diagnostics of both lesions are needed. The findings of this study can help to improve diagnostics of Bankart and Hill-Sachs lesions in MRI. We would like to draw attention on the association of Bankart lesion and Hill-Sachs lesion and to point out the importance of considering both lesions in treatment planning.

## 8 Anhang

**Tabelle 21: Ausgewählte Studien mit Empfehlungen, wann ein Knochenverlust des Glenoids als signifikant einzustufen ist und knöchern rekonstruiert werden sollte [Bushnell et al. 2008a]**

<b>Quelle</b>	<b>Jahr</b>	<b>Größe</b> [% Glenoidverlust]	<b>Studiendetails</b>
[Bigliani et al. 1998]	1998	25 %	klinisch
[Burkhart und Beer 2000]	2000	25 %	klinisch
[Itoi et al. 2000]	2000	21 %	biomechanisch
[Burkhart et al. 2002]	2002	25 %	biomechanisch
[Greis et al. 2002]	2002	30 %	biomechanisch
[Porcellini et al. 2002]	2002	25 %	klinisch
[Lo et al. 2004]	2004	25 %	klinisch/biomechanisch
[Chen et al. 2005]	2005	20 %	Review
[Sugaya et al. 2005]	2005	25 %	klinisch
[Bahk et al. 2007]	2007	20 %	Review
[Burkhart 2007]	2007	25 %	klinisch
[Mologne et al. 2007]	2007	20 %	klinisch

Tabelle 22: Klassifikation der Hill-Sachs-Defekte [Provencher et al. 2012]

Quelle	Darstellung	Beschreibung
[Rowe et al. 1984]	Axilläre Röntgenbilder	Milder Defekt: 2 cm lang und < 0,3 cm tief Moderater Defekt: 2 - 4 cm lang und 0,3 - 1 cm tief Schwerer Defekt: 4 cm lang und $\geq$ 1 cm tief
[Calandra et al. 1989]	Arthroskopie oder offene OP	Grad I: auf Gelenkknorpel begrenzt Grad II: kleiner subchondraler Defekt Grad III: großer subchondraler Defekt
[Franceschi et al. 2008]	Arthroskopie oder offene OP	Grad I: knorpeliger Defekt Grad II: knochige Abschürfung Grad III: „Hatchet“ Fraktur
[Flatow und Warner 1998]	Arthroskopie oder offene OP	Klinisch insignifikant: < 20% der Humeruskopfoberfläche Variabel signifikant: 20 % - 40 % Klinisch signifikant: > 40 %
[Hall et al. 1959]	Notch view im Röntgen	Prozent der Involvierung im 180° Gelenkbogen
[Richards et al. 1994]	Axillares MRT	Lage und Orientierung im 360° Gelenkbogen

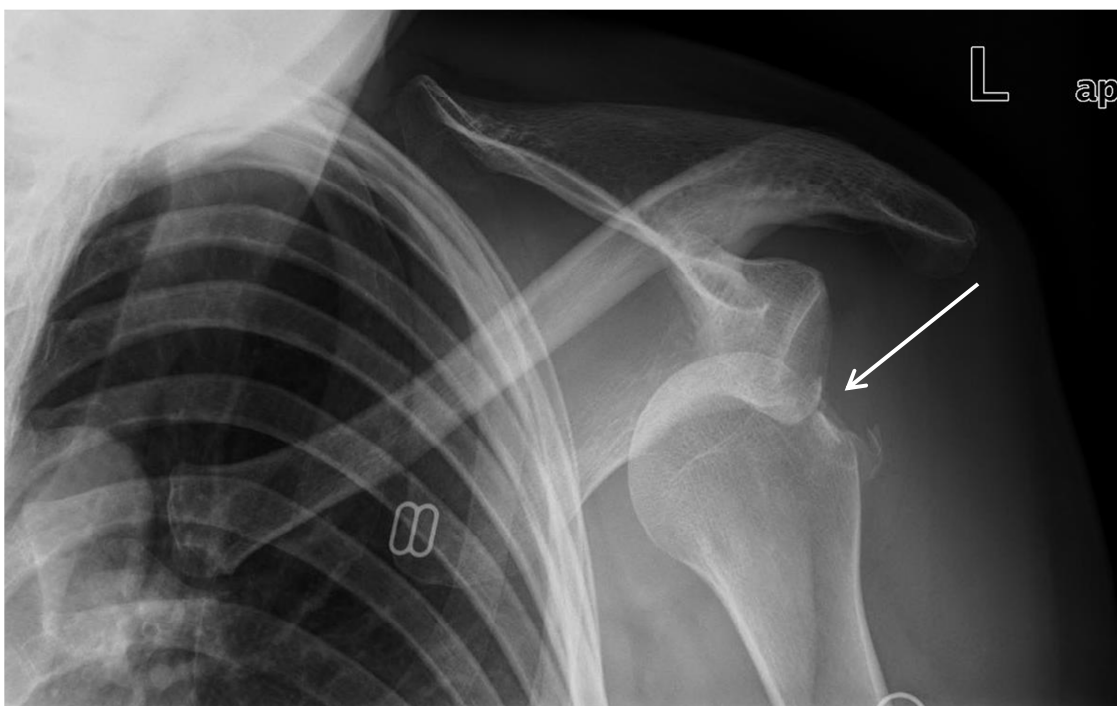
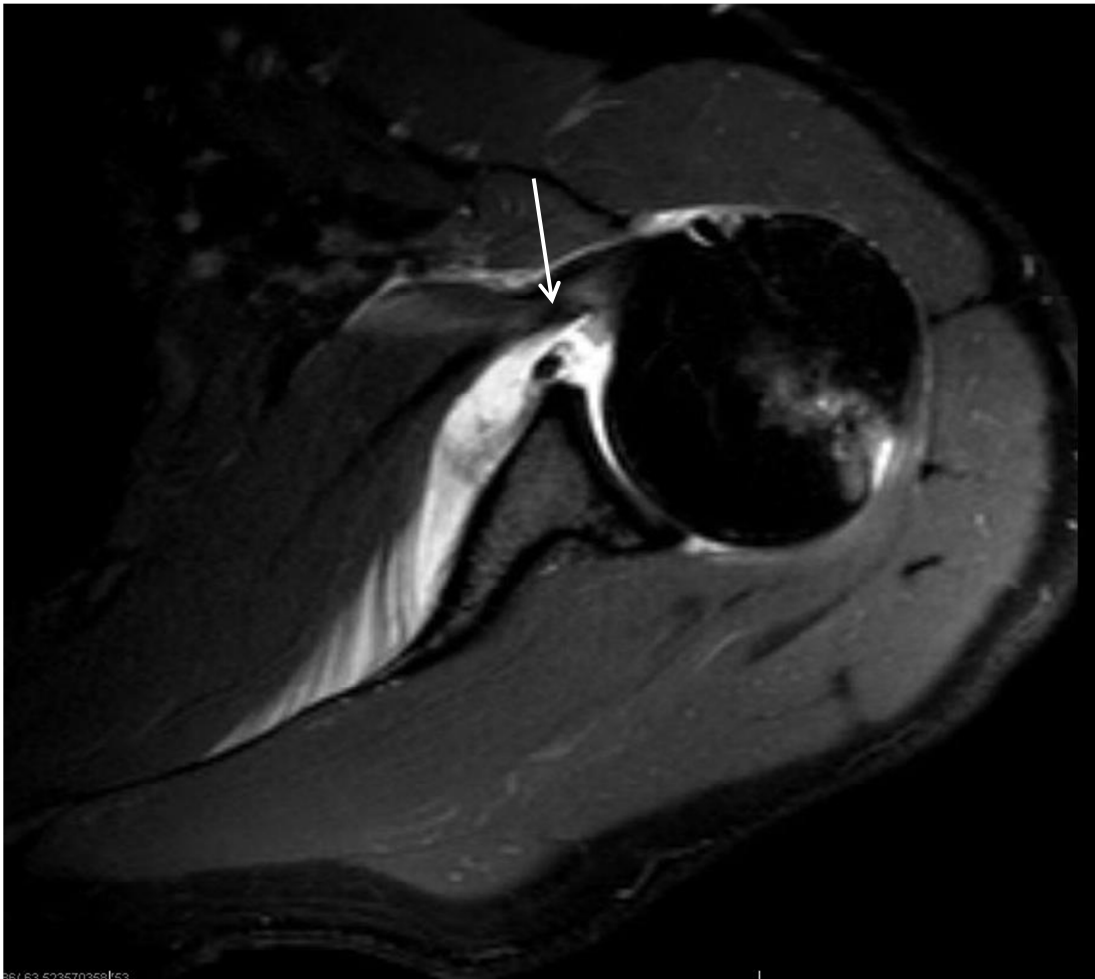


Abbildung 29: Schulterluxation mit Hill-Sachs-Delle im konventionellen a.-p.-Röntgenbild



**Abbildung 30: Knorpelige Bankart-Läsion (Grad I) mit Verlagerung des anterioren Labrums**



**Abbildung 31: Knöcherner Bankart-Läsion mit Fraktur im Bereich des inferioren Glenoids**

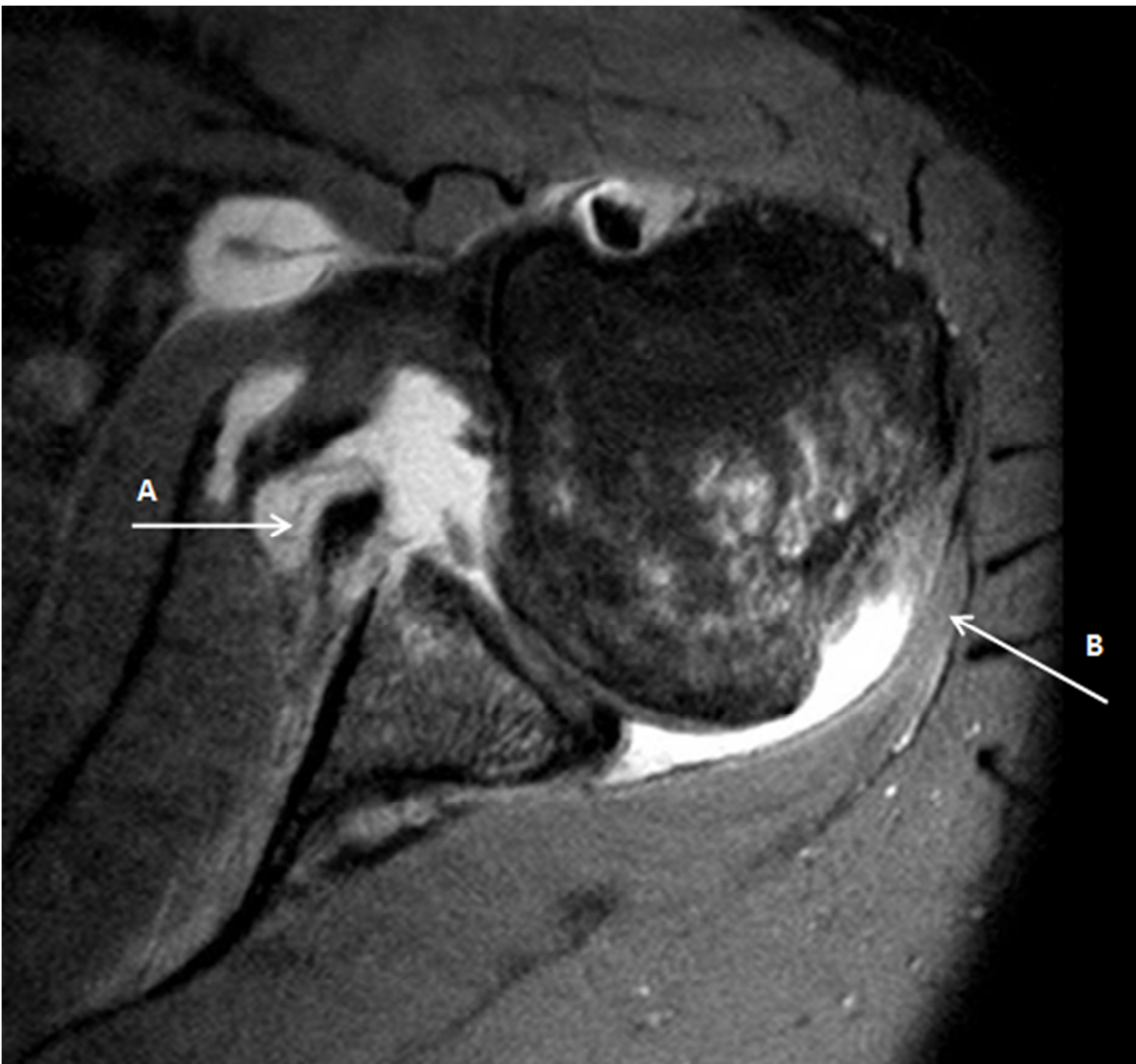


Abbildung 32: Knöcherner Bankart-Läsion Grad II mit abgelöstem Fragment (A) und Hill-Sachs-Delle Grad II (B)



Abbildung 33: Axiale Aufnahme einer Hill-Sachs-Delle

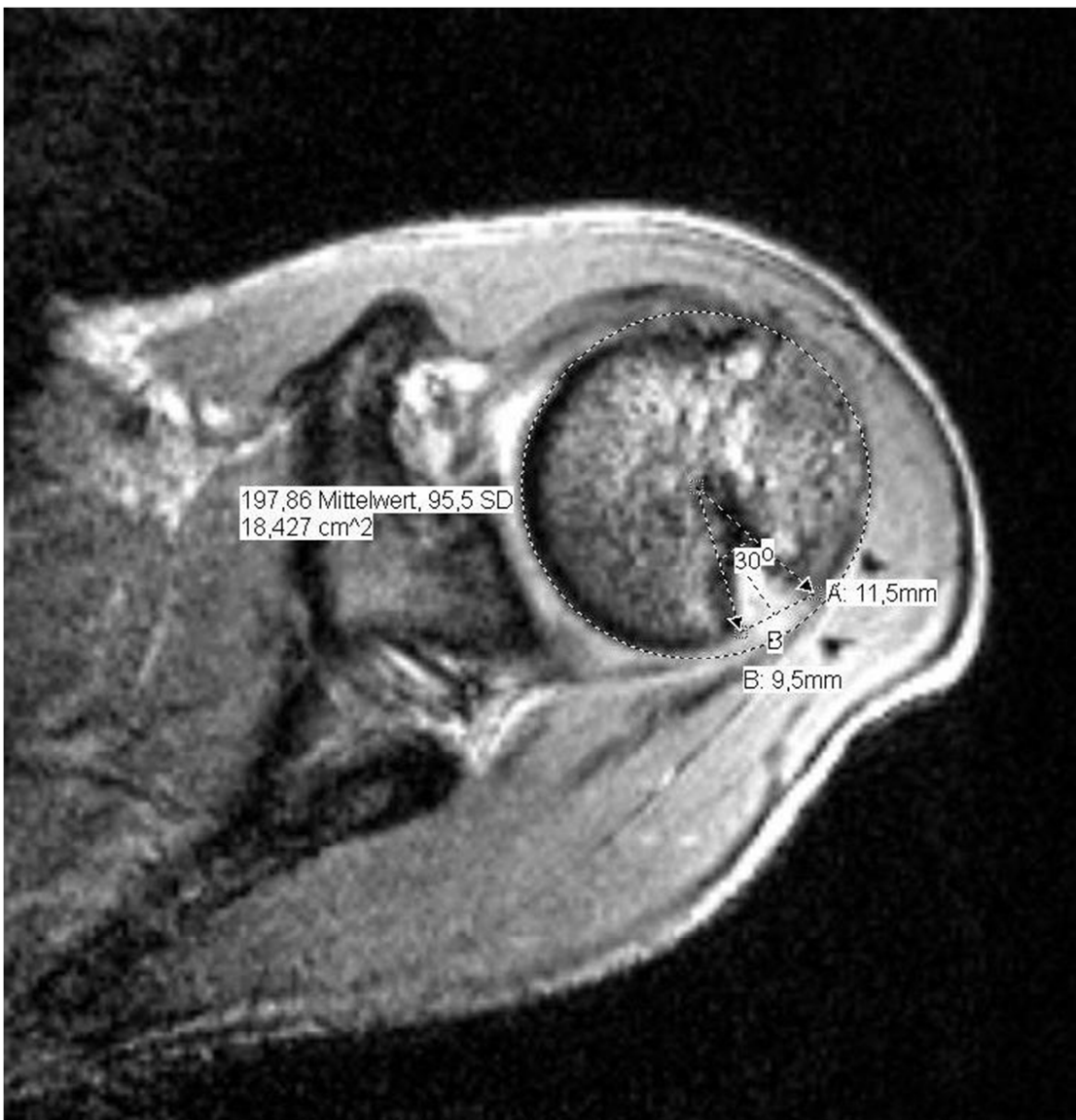


Abbildung 34: Ausgemessene Hill-Sachs-Delle mit  $d = 11,5 \text{ mm}$ ,  $t = 9,5 \text{ mm}$  und  $a = 30^\circ/360^\circ \cdot 100\% = 8,3\%$

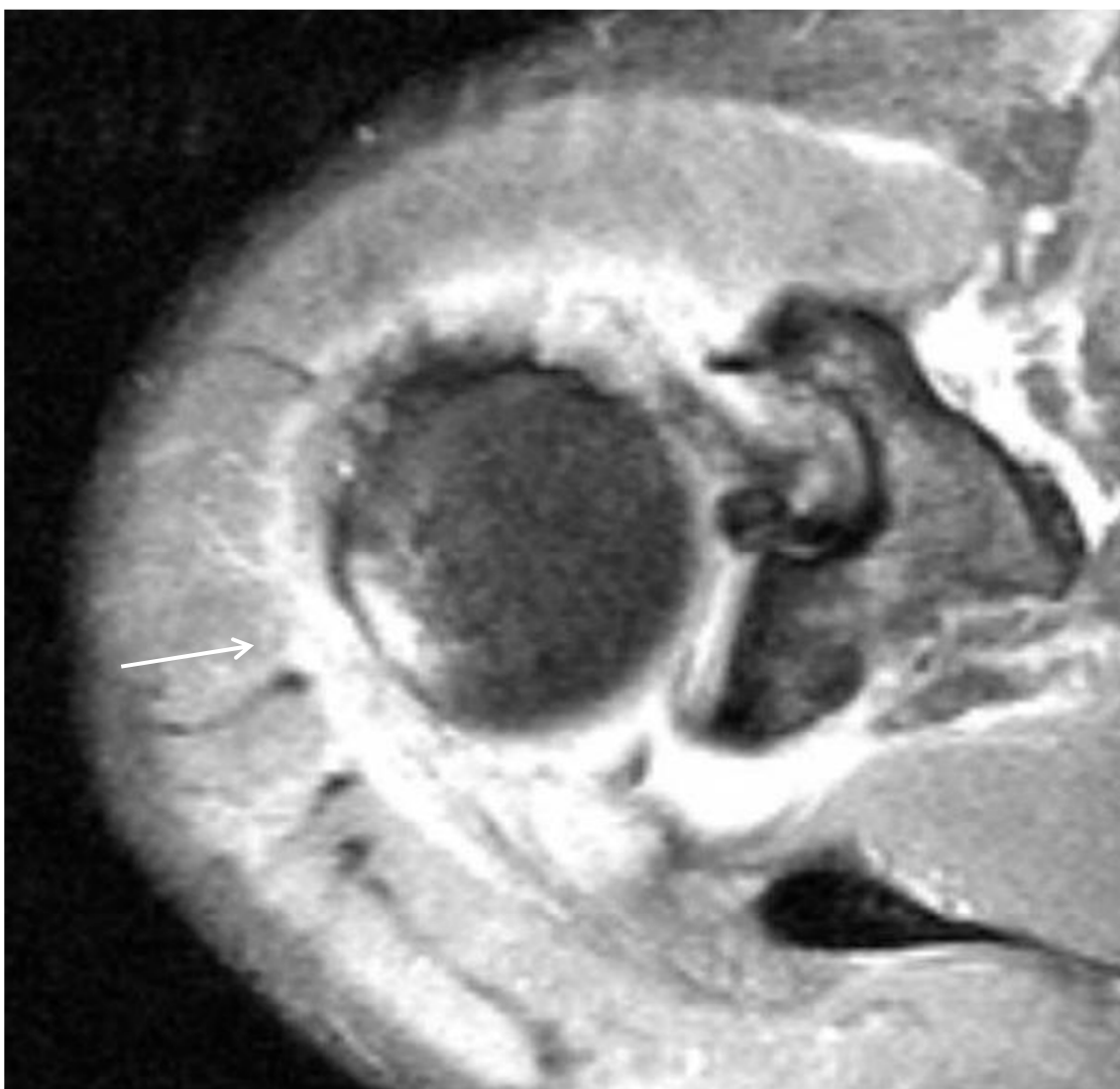


Abbildung 35: Hill-Sachs-Delle (Grad I) mit Knorpelkontusion



Abbildung 36: Ausgeprägte Hill-Sachs-Delle (Grad III)

---

**Literaturverzeichnis**

Prevention and management of osteoporosis (2003). In: *World Health Organ Tech Rep Ser* 921, S. 1-164, back cover.

Antonio, G. E.; Griffith, J. F.; Yu, A. B.; Yung, P. S. H.; Chan, K. M.; Ahuja, A. T. (2007): First-time shoulder dislocation: High prevalence of labral injury and age-related differences revealed by MR arthrography. In: *J Magn Reson Imaging* 26 (4), S. 983–991.

Armitage, M. S.; Faber, K. J.; Drosdowech, D. S.; Litchfield, R. B.; Athwal, G. S. (2010): Humeral head bone defects: remplissage, allograft, and arthroplasty. In: *Orthop. Clin. North Am.* 41 (3), S. 417–425.

Bahk, M.; Keyurapan, E.; Tasaki, A.; Sauers, E. L.; McFarland, E. G. (2007): Laxity testing of the shoulder: a review. In: *Am J Sports Med* 35 (1), S. 131–144.

Baker, C. L.; Uribe, J. W.; Whitman, C. (1990): Arthroscopic evaluation of acute initial anterior shoulder dislocations. In: *The American Journal of Sports Medicine* 18 (1), S. 25–28.

Bankart, A. S. (1923): Recurrent or habitual dislocation of the shoulder-joint. In: *Br Med J* 2 (3285), S. 1132–1133.

Bigliani, L. U.; Newton, P. M.; Steinmann, S. P.; Connor, P. M.; McIlveen, S. J. (1998): Glenoid rim lesions associated with recurrent anterior dislocation of the shoulder. In: *Am J Sports Med* 26 (1), S. 41–45.

Boileau, P.; O'Shea, K.; Vargas, P.; Pinedo, M.; Old, J.; Zumstein, M. (2012): Anatomical and functional results after arthroscopic Hill-Sachs remplissage. In: *J Bone Joint Surg Am* 94 (7), S. 618–626.

Boileau, P.; Villalba, M.; Héry, J.; Balg, F.; Ahrens, P.; Neyton, L. (2006): Risk factors for recurrence of shoulder instability after arthroscopic Bankart repair. In: *J Bone Joint Surg Am* 88 (8), S. 1755–1763.

Bollier, M. J.; Arciero, R. (2010): Management of glenoid and humeral bone loss. In: *Sports Med Arthrosc* 18 (3), S. 140–148.

Burkhart, S. S.; Beer, J. F. de (2000): Traumatic glenohumeral bone defects and their relationship to failure of arthroscopic Bankart repairs: significance of the inverted-pear glenoid and the humeral engaging Hill-Sachs lesion. In: *Arthroscopy* 16 (7), S. 677–694.

Burkhart, S. S.; Danaceau, S. M. (2000): Articular arc length mismatch as a cause of failed bankart repair. In: *Arthroscopy* 16 (7), S. 740–744.

- Burkhart, S. S. (2007): The bare spot of the glenoid. In: *Arthroscopy* 23 (4), S. 449; author reply 449-50.
- Burkhart, S. S.; Barth, J. R. H.; Cresswell, T.; Criswell, T.; Roberts, C.; DeBeer, J. F.; Richards, D. P. (2007): Results of modified Latarjet reconstruction in patients with anteroinferior instability and significant bone loss. In: *Arthroscopy* 23 (10), S. 1033–1041.
- Burkhart, S. S.; DeBeer, J. F.; Tehrany, A. M.; Parten, P. M. (2002): Quantifying glenoid bone loss arthroscopically in shoulder instability. In: *Arthroscopy* 18 (5), S. 488–491.
- Bushnell, B. D.; Creighton, R. A.; Herring, M. M. (2008a): Bony instability of the shoulder. In: *Arthroscopy* 24 (9), S. 1061–1073.
- Bushnell, B. D.; Creighton, R. A.; Herring, M. M. (2008b): The bony apprehension test for instability of the shoulder: a prospective pilot analysis. In: *Arthroscopy* 24 (9), S. 974–982.
- Calandra, J. J.; Baker, C. L.; Uribe, J. (1989): The incidence of Hill-Sachs lesions in initial anterior shoulder dislocations. In: *Arthroscopy* 5 (4), S. 254–257.
- Cetik, O.; Uslu, M.; Ozsar, B. K. (2007): The relationship between Hill-Sachs lesion and recurrent anterior shoulder dislocation. In: *Acta Orthop Belg* 73 (2), S. 175–178.
- Chalidis, B.; Sachinis, N.; Dimitriou, C.; Papadopoulos, P.; Samoladas, E.; Pournaras, J. (2007): Has the management of shoulder dislocation changed over time? In: *International Orthopaedics (SICOT)* 31 (3), S. 385–389.
- Chandnani, V. P.; Yeager, T. D.; DeBerardino, T.; Christensen, K.; Gagliardi, J. A.; Heitz, D. R. et al. (1993): Glenoid labral tears: prospective evaluation with MRI imaging, MR arthrography, and CT arthrography. In: *AJR Am J Roentgenol* 161 (6), S. 1229–1235.
- Chen, A. L.; Hunt, S. A.; Hawkins, R. J.; Zuckerman, J. D. (2005): Management of bone loss associated with recurrent anterior glenohumeral instability. In: *Am J Sports Med* 33 (6), S. 912–925.
- Davy, A. R.; Drew, S. J. (2002): Management of shoulder dislocation--are we doing enough to reduce the risk of recurrence? In: *Injury* 33 (9), S. 775–779.
- Denti, M.; Monteleone, M.; Trevisan, C.; Romedis, B. de; Barmettler, F. (1995): Magnetic resonance imaging versus arthroscopy for the investigation of the osteochondral humeral defect in anterior shoulder instability. A double-blind prospective study. In: *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 3 (3), S. 184–186.

Dumont, G. D.; Russell, R. D.; Robertson, W. J. (2011): Anterior shoulder instability: a review of pathoanatomy, diagnosis and treatment. In: *Curr Rev Musculoskelet Med* 4 (4), S. 200–207.

Edwards, T. B.; Boulahia, A.; Walch, G. (2003): Radiographic analysis of bone defects in chronic anterior shoulder instability. In: *Arthroscopy* 19 (7), S. 732–739.

Flatow, E. L.; Warner, J. J. (1998): Instability of the shoulder: complex problems and failed repairs. Part I. Relevant biomechanics. multidirectional instability. and severe loss of glenoid and humeral bone. In: *J Bone Joint Surg Am.* 1998;80(1):122-140.

Flower, W. H. (1861): On the pathological changes produced in the shoulder joint by traumatic dislocation, as derived from an examination of all specimens illustrating this injury in the museums of London. In: *Trans Pathol Soc London* (12), S. 179.

Franceschi, F.; Longo, U. G.; Ruzzini, L.; Rizzello, G.; Maffulli, N.; Denaro, V. (2008): Arthroscopic salvage of failed arthroscopic Bankart repair: a prospective study with a minimum follow-up of 4 years. In: *Am J Sports Med* 36 (7), S. 1330–1336.

Godin, J.; Sekiya, J. K. (2011): Systematic review of arthroscopic versus open repair for recurrent anterior shoulder dislocations. In: *Sports Health* 3 (4), S. 396–404.

Greis, P. E.; Scuderi, M. G.; Mohr, A.; Bachus, K. N.; Burks, R. T. (2002): Glenohumeral articular contact areas and pressures following labral and osseous injury to the anteroinferior quadrant of the glenoid. In: *J Shoulder Elbow Surg* 11 (5), S. 442–451.

Griffith, J. F.; Antonio, G. E.; Yung, P. S. H.; Wong, E. M. C.; Yu, A. B.; Ahuja, A. T.; Chan, K. M. (2008): Prevalence, pattern, and spectrum of glenoid bone loss in anterior shoulder dislocation: CT analysis of 218 patients. In: *AJR Am J Roentgenol* 190 (5), S. 1247–1254.

Griffith, J. F.; Yung, P. S. H.; Antonio, G. E.; Tsang, P. H.; Ahuja, A. T.; Chan, K. M. (2007): CT compared with arthroscopy in quantifying glenoid bone loss. In: *AJR Am J Roentgenol* 189 (6), S. 1490–1493.

Gusmer, P. B.; Potter, H. G.; Schatz, J. A.; Wickiewicz, T. L.; Altchek, D. W.; O'Brien, S. J.; Warren, R. F. (1996): Labral injuries: accuracy of detection with unenhanced MR imaging of the shoulder. In: *Radiology* 200 (2), S. 519–524.

Gyftopoulos, S.; Hasan, S.; Bencardino, J.; Mayo, J.; Nayyar, S.; Babb, J.; Jazrawi, L. (2012): Diagnostic Accuracy of MRI in the Measurement of Glenoid Bone Loss. In: *American Journal of Roentgenology* 199 (4), S. 873–878.

- Habermeyer, P.; Baierle, T. (Hg.) (2010): *Schulterchirurgie*. München: Elsevier Urban & Fischer.
- Hall, R. H., Isaac, F., Booth, C. R. (1959): Dislocations of the shoulder with special reference to accompanying small fractures. In: *J Bone Joint Surg Am* 41 (3), S. 489–494.
- Hayes, M. L.; Collins, M. S.; Morgan, J. A.; Wenger, D. E.; Dahm, D. L. (2010): Efficacy of diagnostic magnetic resonance imaging for articular cartilage lesions of the glenohumeral joint in patients with instability. In: *Skeletal Radiol.* 39 (12), S. 1199–1204.
- Hill, H. A.; Sachs, M. D. (1940): The groove defect of the humeral head. A frequently unrecognized complication of dislocations of the shoulder joint. In: *Radiology* 1940 (35), S. 690–700.
- Hintermann, B.; Gächter, A. (1995): Arthroscopic findings after shoulder dislocation. In: *Am J Sports Med* 23 (5), S. 545–551.
- Hovellius, L.; Augustini, B. G.; Fredin, H.; Johansson, O.; Norlin, R.; Thorling, J. (1996): Primary anterior dislocation of the shoulder in young patients. A ten-year prospective study. In: *J Bone Joint Surg Am* 78 (11), S. 1677–1684.
- Huysmans, P. E.; Haen, P. S.; Kidd, M.; Wouter, J. D.; Willems, J.W. (2006): The shape of the inferior part of the glenoid: a cadaveric study. In: *J Shoulder Elbow Surg* (15): S. 759-763.
- Ito, H.; Takayama, A.; Shirai, Y. (2000): Radiographic evaluation of the Hill-Sachs lesion in patients with recurrent anterior shoulder instability. In: *J Shoulder Elbow Surg* 9 (6), S. 495–497.
- Itoi, E.; Lee, S. B.; Berglund, L. J.; Berge, L. L.; An, K. N. (2000): The effect of a glenoid defect on anteroinferior stability of the shoulder after Bankart repair: a cadaveric study. In: *J Bone Joint Surg Am* 82 (1), S. 35–46.
- Itoi, E.; Lee, S. B.; Amrami, K. K.; Wenger, D. E.; An, K. N. (2003): Quantitative assessment of classic anteroinferior bony Bankart lesions by radiography and computed tomography. In: *Am J Sports Med* 31 (1), S. 112–118.
- Kaar, S. G.; Fening, S. D.; Jones, M. H.; Colbrunn, R. W.; Miniaci, A. (2010): Effect of Humeral Head Defect Size on Glenohumeral Stability: A Cadaveric Study of Simulated Hill-Sachs Defects. In: *The American Journal of Sports Medicine* 38 (3), S. 594–599.
- Kim, D. S.; Yi, C. H.; Kwon, K. Y.; Oh, J. R. (2012): Relationship between the extent of labral lesions and the frequency of glenohumeral dislocation in shoulder instability. In: *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.*

- Kim, D. S.; Yoon, Y. S.; Yi, C. H. (2010): Prevalence comparison of accompanying lesions between primary and recurrent anterior dislocation in the shoulder. In: *Am J Sports Med* 38 (10), S. 2071–2076.
- Kirkley, A.; Litchfield, R.; Thain, L.; Spouge, A. (2003): Agreement between magnetic resonance imaging and arthroscopic evaluation of the shoulder joint in primary anterior dislocation of the shoulder. In: *Clin J Sport Med* 13 (3), S. 148–151.
- Kralinger, F. S.; Golser, K.; Wischatta, R.; Wambacher, M.; Sperner, G. (2002): Predicting recurrence after primary anterior shoulder dislocation. In: *Am J Sports Med* 30 (1), S. 116–120.
- Lazarus, M. D.; Sidles, J. A.; Harryman, D. T.; Matsen, F. A. (1996): Effect of a chondral-labral defect on glenoid concavity and glenohumeral stability. A cadaveric model. In: *J Bone Joint Surg Am* 78 (1), S. 94–102.
- Legan, J. M.; Burkhard, T. K.; Goff, W. B.; Balsara, Z. N.; Martinez, A. J.; Burks, D. D. et al. (1991): Tears of the glenoid labrum: MR imaging of 88 arthroscopically confirmed cases. In: *Radiology* 179 (1), S. 241–246.
- Lenters, T. R.; Franta, A. K.; Wolf, F. M.; Leopold, S. S.; Matsen, F. A. (2007): Arthroscopic compared with open repairs for recurrent anterior shoulder instability. A systematic review and meta-analysis of the literature. In: *J Bone Joint Surg Am* 89 (2), S. 244–254.
- Li, H.; Liu, Y.; Li, Z.; Li, C.; Dong, X.; Zhu, J.; Liu, Y. (2012): Correlation analysis between recurrent anterior shoulder dislocation and secondary intra-articular injuries. In: *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi* 26 (3), S. 308–312.
- Lo, I. K. Y.; Parten, P. M.; Burkhart, S. S. (2004): The inverted pear glenoid: an indicator of significant glenoid bone loss. In: *Arthroscopy* 20 (2), S. 169–174.
- Lynch, J. R.; Clinton, J. M.; Dewing, C. B.; Warme, W. J.; Matsen, F. A. (2009): Treatment of osseous defects associated with anterior shoulder instability. In: *J Shoulder Elbow Surg* 18 (2), S. 317–328.
- Milano, G.; Grasso, A.; Russo, A.; Magarelli, N.; Santagada, D. A.; Deriu, L. et al. (2011): Analysis of risk factors for glenoid bone defect in anterior shoulder instability. In: *Am J Sports Med* 39 (9), S. 1870–1876.
- Milgrom, C.; Mann, G.; Finestone, A. (1998): A prevalence study of recurrent shoulder dislocations in young adults. In: *J Shoulder Elbow Surg* 7 (6), S. 621–624.
- Mologne, T. S.; Provencher, M. T.; Menzel, K. A.; Vachon, T. A.; Dewing, C. B. (2007): Arthroscopic stabilization in patients with an inverted pear glenoid: results in patients with bone loss of the anterior glenoid. In: *Am J Sports Med* 35 (8), S. 1276–1283.

- Morrey, B. F.; Janes, J. M. (1976): Recurrent anterior dislocation of the shoulder. Long-term follow-up of the Putti-Platt and Bankart procedures. In: *J Bone Joint Surg Am* 58 (2), S. 252–256.
- Norlin, R. (1993): Intraarticular pathology in acute, first-time anterior shoulder dislocation: an arthroscopic study. In: *Arthroscopy* 9 (5), S. 546–549.
- Pavlov, H.; Warren, R. F.; Weiss, C. B.; Dines, D. M. (1985): The roentgenographic evaluation of anterior shoulder instability. In: *Clin. Orthop. Relat. Res.* (194), S. 153–158.
- Piasecki, D. P.; Verma, N. N.; Romeo, A. A.; Levine, W. N.; Bach, B. R.; Provencher, M. T. (2009): Glenoid bone deficiency in recurrent anterior shoulder instability: diagnosis and management. In: *J Am Acad Orthop Surg* 17 (8), S. 482–493.
- Porcellini, G.; Campi, F.; Paladini, P. (2002): Arthroscopic approach to acute bony Bankart lesion. In: *Arthroscopy* 18 (7), S. 764–769.
- Provencher, M. T.; Frank, R. M.; Leclere, L. E.; Metzger, P. D.; Ryu, J. J.; Bernhardson, A.; Romeo, A. A. (2012): The Hill-Sachs lesion: diagnosis, classification, and management. In: *J Am Acad Orthop Surg* 20 (4), S. 242–252.
- Richards, R. D.; Sartoris, D. J.; Pathria, M. N.; Resnick, D. (1994): Hill-Sachs lesion and normal humeral groove: MR imaging features allowing their differentiation. In: *Radiology* 190 (3), S. 665–668.
- Rowe, C. R. (1956): Prognosis in dislocations of the shoulder. In: *J Bone Joint Surg Am* 38 (5), S. 957–977.
- Rowe, C. R.; Patel, D.; Southmayd, W. W. (1978): The Bankart procedure: a long-term end-result study. In: *J Bone Joint Surg Am* 60 (1), S. 1–16.
- Rowe, C. R.; Sakellarides, H. T. (1961): Factors related to recurrences of anterior dislocations of the shoulder. In: *Clin Orthop* 20, S. 40–48.
- Rowe, C. R.; Zarins, B.; Ciullo, J. V. (1984): Recurrent anterior dislocation of the shoulder after surgical repair. Apparent causes of failure and treatment. In: *J Bone Joint Surg Am* 66 (2), S. 159–168.
- Scheibel, M.; Kraus, N.; Gerhardt, C.; Haas, N. P. (2009): Anteriore Glenoidranddefekte der Schulter. In: *Orthopade* 38 (1), S. 41-8, 50-3.
- Sekiya, J. K.; Wickwire, A. C.; Stehle, J. H.; Debski, R. E. (2009): Hill-Sachs defects and repair using osteoarticular allograft transplantation: biomechanical analysis using a joint compression model. In: *Am J Sports Med* 37 (12), S. 2459–2466.
- Simonet, W. T.; Cofield, R. H. (1984): Prognosis in anterior shoulder dislocation. In: *Am J Sports Med* 12 (1), S. 19–24.

- Skendzel, J. G.; Sekiya, J. K. (2012): Diagnosis and Management of Humeral Head Bone Loss in Shoulder Instability. In: *Am J Sports Med*.
- Smith, T. O.; Drew, B. T.; Toms, A. P. (2012): A meta-analysis of the diagnostic test accuracy of MRA and MRI for the detection of glenoid labral injury. In: *Arch Orthop Trauma Surg* 132 (7), S. 905–919.
- Spatschil, A.; Landsiedl, F.; Anderl, W.; Imhoff, A.; Seiler, H.; Vassilev, I. et al. (2006): Posttraumatic anterior-inferior instability of the shoulder: arthroscopic findings and clinical correlations. In: *Arch Orthop Trauma Surg* 126 (4), S. 217–222.
- Sugaya, H.; Moriishi, J.; Dohi, M.; Kon, Y.; Tsuchiya, A. (2003): Glenoid rim morphology in recurrent anterior glenohumeral instability. In: *J Bone Joint Surg Am* 85 (5), S. 878–884.
- Sugaya, H.; Moriishi, J.; Kanisawa, I.; Tsuchiya, A. (2005): Arthroscopic osseous Bankart repair for chronic recurrent traumatic anterior glenohumeral instability. In: *J Bone Joint Surg Am* 87 (8), S. 1752–1760.
- Taylor, D. C.; Arciero, R. A. (1997): Pathologic changes associated with shoulder dislocations. Arthroscopic and physical examination findings in first-time, traumatic anterior dislocations. In: *Am J Sports Med* 25 (3), S. 306–311.
- Theodoropoulos, J. S.; Andreisek, G.; Harvey, E. J.; Wolin, P. (2010): Magnetic resonance imaging and magnetic resonance arthrography of the shoulder: dependence on the level of training of the performing radiologist for diagnostic accuracy. In: *Skeletal Radiol.* 39 (7), S. 661–667.
- Voos, J. E.; Livermore, R. W.; Feeley, B. T.; Altchek, D. W.; Williams, R. J.; Warren, R. F. et al. (2010): Prospective evaluation of arthroscopic bankart repairs for anterior instability. In: *Am J Sports Med* 38 (2), S. 302–307.
- Waldt, S.; Rummeny, E. J. (2006): Stellenwert der MR-Bildgebung bei der Diagnostik der Schulterinstabilität. In: *Rofo* 178 (6), S. 590–599.
- Widjaja, A. B.; Tran, A.; Bailey, M.; Proper, S. (2006): Correlation between Bankart and Hill-Sachs lesions in anterior shoulder dislocation. In: *ANZ J Surg* 76 (6), S. 436–438.
- Woertler, K.; Waldt, S. (2006): MR imaging in sports-related glenohumeral instability. In: *Eur Radiol* 16 (12), S. 2622–2636.
- Workman, T. L.; Burkhard, T. K.; Resnick, D.; Goff, W. B.; Balsara, Z. N.; Davis, D. J.; Lapoint, J. M. (1992): Hill-Sachs lesion: comparison of detection with MR imaging, radiography, and arthroscopy. In: *Radiology* 185 (3), S. 847–852.
- Yamamoto, N.; Itoi, E.; Abe, H.; Minagawa, H.; Seki, N.; Shimada, Y.; Okada, K. (2007): Contact between the glenoid and the humeral head in abduction,

external rotation, and horizontal extension: a new concept of glenoid track. In: *J Shoulder Elbow Surg* 16 (5), S. 649–656.

Yiannakopoulos, C. K.; Mataragas, E.; Antonogiannakis, E. (2007): A comparison of the spectrum of intra-articular lesions in acute and chronic anterior shoulder instability. In: *Arthroscopy* 23 (9), S. 985–990.

Zacchilli, M. A.; Owens, B. D. (2010): Epidemiology of shoulder dislocations presenting to emergency departments in the United States. In: *J Bone Joint Surg Am* 92 (3), S. 542–549.

Zappia, M.; Negri, G.; Grassi, S.; Pecoraro, C.; Rotondo, A. (2008): The CT-arthrography in the antero-inferior glenoid labral lesion: Pictorial presentation and diagnostic value. In: *Int J Shoulder Surg* 2 (1), S. 7.

## Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die mir die Vollendung dieser Dissertation ermöglicht haben.

Ich danke Herrn Univ.-Prof. Dr. med. Hans-Christoph Pape für die Möglichkeit der Durchführung meiner Dissertation an der Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie sowie für die Korrektur der Arbeit.

Herzlich danken möchte ich Herrn Dr. med. Klemens Horst für die freundliche und engagierte Betreuung, die Unterstützung bei der Akquirierung der Daten und die Korrektur der Arbeit.

Herrn Dr. rer. nat. Lieven Kennes vom Institut für medizinische Statistik der RWTH Aachen danke ich für die Beratung bei der Auswertung der umfangreichen statistischen Daten. Frau Simone Poßelt danke ich für die Erstellung der Listen von Patienten, die für diese Studie in Frage kamen. Sebastian Grünewald danke ich für die Hilfe bei der Erstellung der Abbildung 2.

Janica Wendl danke ich für das Korrekturlesen und die praktischen Tipps. Außerdem möchte ich ihr und meinen Kommilitonen Simone Heidenreich, Marcel Jühling, Sandra Porath und Teresa Schriever für die schöne gemeinsame Studienzeit danken, die die Grundlage für diese Dissertation bildet.

Mein besonderer Dank gilt Mattias Berwanger, der mir über das gesamte Studium zur Seite gestanden und diese Zeit bereichert hat. Auch für die ausführliche Korrektur der Arbeit und die Hilfe bei der Formatierung möchte ich danken.

Zuletzt und ganz besonders möchte ich meiner Familie danken, die mir das Medizinstudium und diese Dissertation durch ihre Unterstützung ermöglicht hat. Meinem Bruder Jan sowie meinen Eltern Gerd und Lucia von Harten danke ich für die Ratschläge und Ermutigungen und vor allem für meine wunderbare Kindheit.

## **Erklärung § 5 Abs. 1 zur Datenaufbewahrung**

Hiermit erkläre ich, dass die dieser Dissertation zu Grunde liegenden Originaldaten bei mir, Ronja von Harten, Pelikanweg 22, 46487 Wesel, hinterlegt sind.

---

**Eidesstattliche Erklärung gemäß § 5 Abs. (1) und § 11 Abs. (3)**

**12. der Promotionsordnung**

Hiermit erkläre ich, **Frau Ronja von Harten** an Eides statt, dass ich folgende in der von mir selbstständig erstellten Dissertation

„Die ventrale Schulterluxation - Assoziation zwischen Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle“

dargestellten Ergebnisse erhoben habe:

Entwicklung des Studiendesigns

Sammlung der Daten und Erstellung der Datenbank

Ausmessung der Hill-Sachs-Dellen auf MRT-Bildern

Durchführung der statistischen Auswertung mit SAS 9.2

Bei der Durchführung der Arbeit hatte ich folgende Hilfestellungen, die in der Danksagung angegeben sind:

Simone Poßelt (Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie des UK Aachen): Erstellung der Patientenlisten mit SAS® Enterprise Guide®.

Dr. med. Klemens Horst (Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie des UK Aachen): Unterstützung bei der Entwicklung des Studiendesigns, Bereitstellung und Zugang zu den Patientendaten in medico®, Korrektur der Dissertation.

Lieven Kennes (Institut für medizinische Statistik der RWTH Aachen, Direktor: Univ. Prof. Dr. rer.nat. Ralf-Dieter Hilgers): Beratung bei der statistischen Auswertung der Daten.

Sebastian Grünwald: Hilfe bei der Erstellung der Abbildung 2.

Herrn Univ.-Prof. Dr. med. Hans-Christoph Pape, FACS (Direktor der Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie des UK Aachen): Korrektur der Dissertation.



---

## Curriculum vitae

### Persönliche Daten

---

Name: Ronja von Harten  
 Geburtsdatum: 06.09.1987  
 Geburtsort: Bielefeld  
 Staatsangehörigkeit: deutsch  
 Familienstand: ledig

### Ausbildung

---

seit 04/2015 Assistenzärztin, Frauenklinik Spital Uster, CH  
 12/2014 2. Staatsexamen Humanmedizin  
 Gesamtnote: sehr gut  
 08/2013-07/2014 Praktisches Jahr (PJ)  
 3. Tertial Chirurgie, Stadtspital Triemli, Zürich  
 2. Tertial Gynäkologie und Geburtshilfe, Marienhospital Aachen  
 1. Tertial Innere Medizin, Stadtspital Triemli, Zürich  
 10/2011-07/2015 Dissertation in der Klinik für Unfall- und  
 Wiederherstellungschirurgie (Prof. Dr. Pape FACS),  
 Universitätsklinikum Aachen,  
 Titel: „Die ventrale Schulterluxation - Assoziation  
 zwischen Bankart-Läsion und Hill-Sachs-Delle.“  
 09/2011 Basisprüfung Humanmedizin  
 Gesamtnote: 2  
 10/2008-12/2014 Studium der Humanmedizin an der RWTH Aachen  
 08/1998-06/2007 Abitur, Konrad-Duden-Gymnasium, Wesel

### Publikationen

---

02/2014 Horst, K.; von Harten, R.; Weber, C.; Andruszkow, H.;  
 Pfeifer, R.; Dienstknecht, T.; Pape, H.C.: Assessment of  
 coincidence and defect sizes in Bankart and Hill-Sachs  
 lesions after anterior shoulder dislocation - a radiological  
 study. In: Br J Radiol 2014; 87: 20130673