

Aus der Neurochirurgischen Klinik und Poliklinik  
der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Spondylodese vs. Dekompression:  
Risikofaktoren für eine Reoperation bei Patienten mit stabiler Spondylolisthesis

Inauguraldissertation  
Zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin  
der Universitätsmedizin  
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Vorgelegt von

Tim Nicklas Opitz  
aus Tübingen

Mainz, 2024

Wissenschaftlicher Vorstand: Univ.-Prof. Dr. Hansjörg Schild

Tag der Promotion: 26. September 2024

Meiner Familie

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>II</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>III</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Literaturdiskussion</b> .....	<b>3</b>
2.1. <i>Anatomie und Physiologie der Wirbelsäule</i> .....	3
2.1.1. Allgemeines .....	3
2.1.2. Wirbelkörper .....	4
2.1.3. Bandscheiben .....	5
2.1.4. Ligamente .....	6
2.1.5. Muskulatur.....	7
2.2. <i>Pathophysiologie der Spondylolisthesis</i> .....	7
2.3. <i>Klinik und Diagnostik der Spondylolisthesis</i> .....	12
2.3.1. Symptome und klinischer Befund .....	12
2.3.2. Bildgebende Verfahren .....	13
2.4. <i>Therapie der Spondylolisthesis</i> .....	15
2.4.1. Konservative Behandlungsmethoden .....	15
2.4.2. Operative Behandlungsmethoden.....	16
2.5. <i>Zielsetzung der Arbeit</i> .....	19
<b>3 Methodik</b> .....	<b>20</b>
3.1. <i>Studiendesign</i> .....	20
3.2. <i>Patientenkollektiv</i> .....	21
3.3. <i>Variablen und Verteilungen</i> .....	23
3.4. <i>Statistische Methoden</i> .....	35
3.4.1. <i>Chi-Quadrat-Test</i> .....	35
3.4.2. <i>Binär Logistische Regressionsanalyse</i> .....	35
<b>4 Ergebnisse</b> .....	<b>36</b>
4.1. <i>Stabilisierung vs. Dekompression</i> .....	36
4.2. <i>Geschlecht</i> .....	39
4.3. <i>Alter</i> .....	42
4.4. <i>Grad der Spondylolisthesis</i> .....	45
4.5. <i>Zahl der operierten Segmente</i> .....	48
4.6. <i>Adipositas</i> .....	51
4.7. <i>Rauchen</i> .....	54
4.8. <i>Vorerkrankungen</i> .....	57
<b>5 Diskussion</b> .....	<b>60</b>

5.1. Diskussion von Material und Methoden .....	60
5.2. Diskussion der Hauptfragestellung .....	63
5.3. Diskussion der Nebenfragestellung .....	69
5.2.1. Geschlecht .....	69
6.2.2. Alter .....	69
4.2.3. Grad der Spondylolisthesis .....	70
4.2.4. Zahl der operierten Segmente .....	71
4.2.5. Adipositas .....	72
4.2.6. Rauchen .....	73
4.2.7. Vorerkrankungen .....	73
5.4. Limitationen der Arbeit und Ausblick.....	75
<b>6 Zusammenfassung .....</b>	<b>77</b>
<b>7 Literaturverzeichnis .....</b>	<b>79</b>

## Abkürzungsverzeichnis

BMI	Body-Mass-Index
BWS	Brustwirbelsäule
ca.	Circa
et al.	et alii
HWS	Halswirbelsäule
LWS	Lendenwirbelsäule
M.	Musculus
MRT	Magnetresonanztomographie
OP	Operation
vs.	versus
z.B.	zum Beispiel

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau eines Wirbelkörpers (6).....	5
Abbildung 2: Bandapparat der Wirbelsäule. Aus (6).....	6
Abbildung 3: Klassifikation der Spondylolisthesis nach Meyerding (19) .....	11
Abbildung 4: Sprungschancenphänomen (nach Wittenberg) aus (10) .....	13
Abbildung 5: Dekompression der Neuroforamina durch aufrichtende Spondylodese und beispielhafte Spondylodese (36).....	18
Abbildung 6: Auswahl des Patientenkollektivs .....	21
Abbildung 7: Verteilung stabilisiert vs. dekomprimiert.....	23
Abbildung 8: Verteilung Revisionsoperation .....	24
Abbildung 9: Verteilung Revisionsgruppen .....	26
Abbildung 10: Verteilung echte vs. nicht echte Revision .....	27
Abbildung 11: Verteilung Geschlecht .....	28
Abbildung 12: Verteilung Altersgruppen.....	29
Abbildung 13: Verteilung Spondylolisthesis-Grad nach Meyerding .....	30
Abbildung 14: Verteilung operierte Segmente .....	31
Abbildung 15: Verteilung Adipositas .....	32
Abbildung 16: Verteilung Raucher .....	33
Abbildung 17: Verteilung Vorerkrankungen .....	34

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verteilung stabilisiert vs. dekomprimiert.....	24
Tabelle 2: Verteilung Revisionsoperation.....	25
Tabelle 3: Verteilung Revisionsgruppen .....	26
Tabelle 4: Verteilung echte vs. nicht echte Revision.....	27
Tabelle 5: Verteilung Geschlecht .....	28
Tabelle 6: Verteilung Altersgruppen.....	29
Tabelle 7: Verteilung Spondylolisthesis-Grad nach Meyerding.....	30
Tabelle 8: Verteilung operierte Segmente.....	31
Tabelle 9: Verteilung Adipositas.....	32
Tabelle 10: Verteilung Raucher.....	33
Tabelle 11: Verteilung Vorerkrankungen.....	34
Tabelle 12: Kreuztabelle Stabilisierung / Revisionsoperation .....	36
Tabelle 13: Chi-Quadrat Test Stabilisierung / Revisionsoperation.....	36
Tabelle 14: Kreuztabelle Stabilisierung / Revisionsgruppen .....	37
Tabelle 15: Chi-Quadrat Test Stabilisierung / Revisionsgruppen .....	37
Tabelle 16: Logistische Regressionsanalyse Stabilisierung .....	37
Tabelle 17: Kreuztabelle Geschlecht / Stabilisierung.....	39
Tabelle 18: Chi-Quadrat Test Geschlecht / Stabilisierung .....	39
Tabelle 19: Kreuztabelle Geschlecht / Revisionsoperation.....	39
Tabelle 20: Chi-Quadrat Test Geschlecht / Revisionsoperation .....	40
Tabelle 21: Kreuztabelle Geschlecht / Revisionsgruppen.....	40
Tabelle 22: Chi-Quadrat Test Geschlecht / Revisionsgruppen .....	40
Tabelle 23: Logistische Regressionsanalyse Geschlecht.....	41
Tabelle 24: Kreuztabelle Alter / Stabilisierung .....	42
Tabelle 25: Chi-Quadrat Test Alter / Stabilisierung.....	42
Tabelle 26: Kreuztabelle Alter / Revisionsoperation .....	42
Tabelle 27: Chi-Quadrat Test Alter / Revisionsoperation.....	43
Tabelle 28: Kreuztabelle Alter / Revisionsgruppen .....	43
Tabelle 29: Chi-Quadrat Test Alter / Revisionsgruppen.....	43
Tabelle 30: Logistische Regressionsanalyse Alter.....	44
Tabelle 31: Kreuztabelle Olisthesegrad / Stabilisierung.....	45
Tabelle 32: Chi-Quadrat Test Olisthesegrad / Stabilisierung .....	45

Tabelle 33: Kreuztabelle Olisthesegrad / Revisionsoperation.....	45
Tabelle 34: Chi-Quadrat Test Olisthesegrad / Revisionsoperation .....	46
Tabelle 35: Kreuztabelle Olisthesegrad / Revisionsgruppen .....	46
Tabelle 36: Chi-Quadrat Test Olisthesegrad / Revisionsgruppen .....	46
Tabelle 37: Logistische Regressionsanalyse Olisthesegrad .....	47
Tabelle 38: Kreuztabelle Segmentzahl / Stabilisierung .....	48
Tabelle 39: Chi-Quadrat Test Segmentzahl / Stabilisierung .....	48
Tabelle 40: Kreuztabelle Segmentzahl / Revisionsoperation .....	48
Tabelle 41: Chi-Quadrat Test Segmentzahl / Revisionsoperation .....	49
Tabelle 42: Kreuztabelle Segmentzahl / Revisionsgruppen.....	49
Tabelle 43: Chi-Quadrat Test Segmentzahl / Revisionsgruppen .....	49
Tabelle 44: Logistische Regressionsanalyse Segmentzahl .....	50
Tabelle 45: Kreuztabelle Adipositas / Stabilisierung .....	51
Tabelle 46: Chi-Quadrat Test Adipositas / Stabilisierung.....	51
Tabelle 47: Kreuztabelle Adipositas / Revisionsoperation .....	51
Tabelle 48: Chi-Quadrat Test Adipositas / Revisionsoperation.....	52
Tabelle 49: Kreuztabelle Adipositas / Revisionsgruppen .....	52
Tabelle 50: Chi-Quadrat Test Adipositas / Revisionsgruppen .....	52
Tabelle 51: Logistische Regressionsanalyse Adipositas .....	53
Tabelle 52: Kreuztabelle Rauchen / Stabilisierung .....	54
Tabelle 53: Chi-Quadrat Test Rauchen / Stabilisierung.....	54
Tabelle 54: Kreuztabelle Rauchen / Revisionsoperation .....	54
Tabelle 55: Chi-Quadrat Test Rauchen / Revisionsoperation.....	55
Tabelle 56: Kreuztabelle Rauchen / Revisionsgruppen .....	55
Tabelle 57: Chi-Quadrat Test Rauchen / Revisionsgruppen.....	55
Tabelle 58: Logistische Regressionsanalyse Rauchen.....	56
Tabelle 59: Kreuztabelle Vorerkrankungen / Stabilisierung .....	57
Tabelle 60: Chi-Quadrat Test Vorerkrankungen / Stabilisierung.....	57
Tabelle 61: Kreuztabelle Vorerkrankungen / Revisionsoperation .....	57
Tabelle 62: Chi-Quadrat Test Vorerkrankungen / Revisionsoperation.....	58
Tabelle 63: Kreuztabelle Vorerkrankungen / Revisionsgruppen .....	58
Tabelle 64: Chi-Quadrat Test Vorerkrankungen / Revisionsgruppen .....	58
Tabelle 65: Logistische Regressionsanalyse Vorerkrankungen .....	59

# 1 Einleitung

Rückenschmerzen (Lumbalgie) sind ein Krankheitsbild mit einer Lebenszeitprävalenz von über 80% in Deutschland (1). In der Allgemeinarztpraxis ist es jeder 10. Patient, beim Orthopäden sogar jeder 2. Patient, der wegen Wirbelsäulenbeschwerden den Arzt aufsucht. Auch als Ursache für Arbeitsunfähigkeit sind Rückenschmerzen in Deutschland führend (2).

Es handelt sich jedoch nicht nur um eine Erkrankung von hoher medizinischer, sondern auch soziökonomischer Relevanz.

So hat eine Studie des „German Back Pain Research Networks“ unter Berücksichtigung der direkten und indirekten Kosten, jährliche Kosten von 1322 € pro Patienten im Jahr 2005 errechnet. Auf die deutsche Gesamtbevölkerung wurden die Gesamtkosten in Deutschland auf 48,96 Milliarden Euro jährlich geschätzt. Dabei machten die indirekten Kosten in Form von kurzzeitigem oder langfristigem Arbeitsausfall mit 53,7% mehr Kosten aus, als die direkten Behandlungskosten (1).

Hauptursächlich für Rückenschmerzen ist der Kreuzschmerz, wobei zwischen unspezifischem und spezifischem Kreuzschmerz unterschieden wird.

Die Ursachen für Kreuzschmerzen sind vielfältig, die Behandlungsansätze multimodal und das Beschwerdebild von einer hohen individuellen Variabilität gekennzeichnet.

Aus diesem Grund hat die „Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften“ (AWMF) zwei nationale Versorgungsleitlinien zum Thema „Spezifischer Kreuzschmerz“ und „Nicht-spezifischer Kreuzschmerz“ herausgebracht (3, 4).

Eine mögliche Ursache des spezifischen Kreuzschmerzes ist dabei die Spondylolisthesis. Dabei handelt es sich um ein nach ventral gerichtetes Gleiten eines Wirbelkörpers gegen den kaudal von ihm gelegenen Wirbelkörper. Das Beschwerdebild reicht von Rückenschmerzen (Lumbalgien), über Rückenschmerzen mit Ausstrahlung in die Beine (Lumboischialgie) bis hin zu massiven Gehbeeinträchtigungen (Claudicatio intermittens spinalis).

Dem behandelnden Arzt stehen dabei verschiedene konservative, wie auch operative Behandlungsoptionen zur Verfügung.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit zwei operativen Behandlungsoptionen und deren Outcome in Bezug auf notwendige Revisionsoperationen.

## **2 Literaturdiskussion**

### **2.1. Anatomie und Physiologie der Wirbelsäule**

#### **2.1.1. Allgemeines**

Die Wirbelsäule stellt den beweglichen Teil des zentralen Stützskeletts des Menschen dar.

Sie besteht aus Wirbelkörpern, Bandscheiben, Muskeln, Bändern und einer Vielzahl kleinerer Gelenke, welche die hohe Flexibilität der Wirbelsäule garantieren.

Ein Bewegungssegment, 1951 erstmals von Junghans beschrieben, besteht dabei aus 2 benachbarten Wirbelkörpern, deren dazwischenliegenden Bandscheibe, sowie den angrenzenden Muskeln und Bändern (5, 6).

Die Wirbelsäule besteht im Normalfall aus 23 solcher Bewegungssegmente und unterteilt sich in verschiedene Abschnitte.

Die Halswirbelsäule wird aus 7 Halswirbeln gebildet, wobei sich die ersten beiden in ihrer Form deutlich von den restlichen Wirbelkörpern unterscheiden. Der ringförmige Atlas sitzt dem Dens Axis ohne dazwischenliegende Bandscheibe auf und ermöglicht somit dem Kopf eine freie Beweglichkeit in drei Achsen.

Darauf folgen 12 Brustwirbel, die neben den Facettengelenken zusätzlich Gelenkflächen zur Verbindung mit den Rippen aufweisen.

Es folgen im Normalfall 5 Lendenwirbel, daran schließen sich 5 Sakralwirbel an, die zum Os sacrum verschmolzen sind. Hier kann es jedoch zu Anlagevarianten kommen. So ist bei der Lumbalisation der erste Sakralwirbel nicht mit dem Os sacrum verschmolzen und als freier Wirbelkörper angelegt.

Bei der Sakralisation ist bereits der fünfte Lendenwirbelkörper mit dem Os sacrum verschmolzen.

Es folgt das Steißbein, welches aus 3-5 rudimentär verknöcherten Wirbeln besteht.

Die doppelte S-Form der Wirbelsäule führt im Bereich der HWS und LWS zu einer Lordose und im Bereich der BWS und des OS Sacrum zu einer Kyphose (5, 6).

### **2.1.2. Wirbelkörper**

Ein einzelner Wirbel lässt sich in unterschiedliche anatomische und funktionale Einheiten untergliedern.

Der Wirbelkörper (Corpus vertebrae) ist das stützende Element der Wirbelsäule. Seine Tragfläche nimmt von kranial nach kaudal zu, womit der höheren Belastung auf die Lendenwirbelsäule Rechnung getragen wird. Er begrenzt zusätzlich die Bandscheiben nach kranial und caudal.

Der Wirbelbogen (Arcus vertebrae) entspringt in Form der beiden Pedikel (pediculus arcus vertebrae) dem Corpus vertebrae dorsal und bildet mit ihm das Foramen vertebrale. An ihn sind paarig die Processus articulares (superiores et inferiores) und die Processus transversi, sowie einfach der Processus spinosus angelegt.

Die Processus articulares bilden mit den jeweils darüber oder darunterliegenden Processus articulares die Facettengelenke. Diese Gelenkflächen stehen je nach Lokalisation in unterschiedlichem Winkel zueinander. Im Bereich der HWS stehen sie annähernd horizontal und ermöglichen somit sowohl Flexion, Extension als auch Rotation. An der BWS wird die Beweglichkeit in hohem Maße durch die Rippen limitiert.

Im Bereich der LWS stehen die Gelenkfortsätze dahingegen annähernd sagittal, was die Rotation stark einschränkt, jedoch ein hohes Maß an Flexion und Extension ermöglicht.

Die Processus transversi und der Processus spinosus dienen als Ansatzregion für die autochtone Rückenmuskulatur und deren Faszie (5, 6).

Das Foramen vertebrale bildet in seiner Gesamtheit aller Wirbelkörper den Canalis vertebralis. Er schützt knöchern das in ihm verlaufende Rückenmark.

Zwischen zwei Wirbeln liegt auf jeder Seite ein Foramen intervertebrale, aus welchem die Spinalnerven und Gefäße aus dem Canalis vertebralis austreten (5, 6).

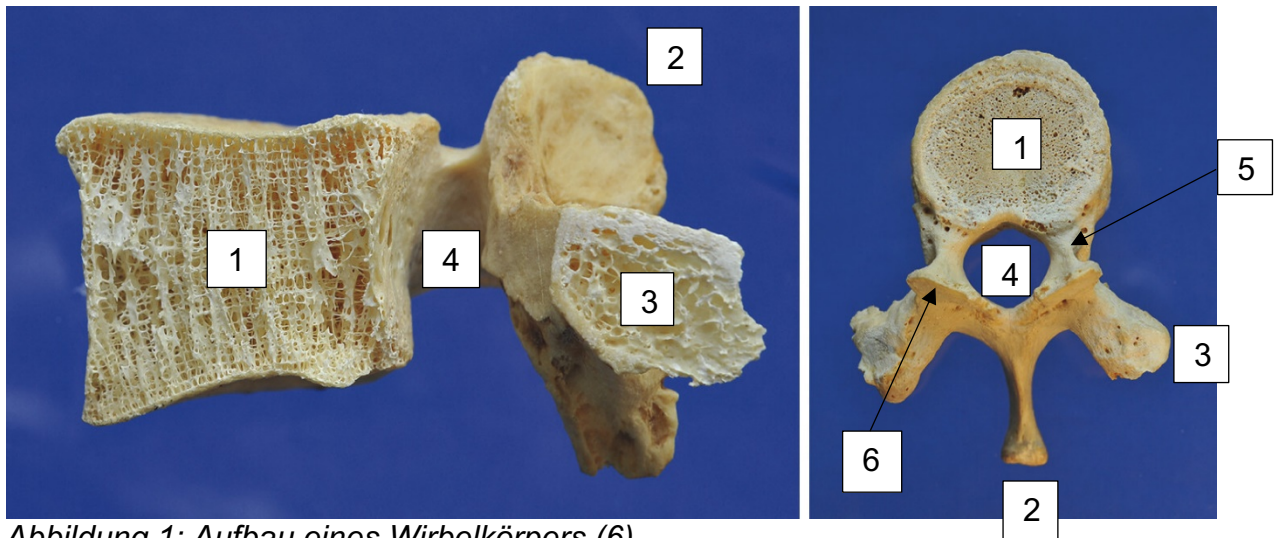


Abbildung 1: Aufbau eines Wirbelkörpers (6)

- 1 corpus vertebrae
- 2 processus spinosus
- 3 processus transversus
- 4 foramen vertebrale
- 5 arcus vertebrae
- 6 processus articularis

### 2.1.3. Bandscheiben

Die Bandscheibe (Discus intervertebralis) ist eine Gewebescheibe, bestehend aus einem Anulus fibrosus und einem gallertigen Nucleus pulposus. Der Anulus fibrosus besteht zu großen Teilen aus Kollagenfasergeflecht vom Typ I (60 bis 80%) und vom Typ II (bis ca. 30%). Der Nucleus pulposus besteht aus einem Gallertkern aus Proteoglykanen und Kollagenfibrillen. Der deutlich höhere Anteil an Proteoglykanen führt zu einem Wassergehalt des Nucleus pulposus von ca. 80%. Dieser Aufbau führt dazu, dass die Bandscheiben auf Druckschwankungen und Lastenwechsel reagieren können und somit als Stoßdämpfer fungieren. Da die Bandscheiben weitestgehend gefäßfrei sind, erfolgt die Ernährung in Form von Diffusion durch die Grund- und Deckplatte der Wirbelkörper (7).

## 2.1.4. Ligamente

Zusätzlich zu den Bandscheiben werden die Wirbelkörper durch Bänder, so genannte Ligamente, miteinander verbunden.

Das ventral liegende vordere Längsband (Ligamentum longitudinale anterius) ist dabei fest mit Wirbelkörpern und Bandscheiben verwachsen.

Das dorsal liegende hintere Längsband (Ligamentum longitudinale posterius) ist nur mit den Bandscheiben verwachsen und begrenzt den Spinalkanal nach ventral. Die dorsale Begrenzung des Spinalkanals bildet das Ligamentum flavum, welches von einem Wirbelbogen zum nächsten zieht.

Zwischen den Processus spinosi verläuft das Ligamentum interspinosum und über den Processus spinosi das Ligamentum supraspinosum (6).

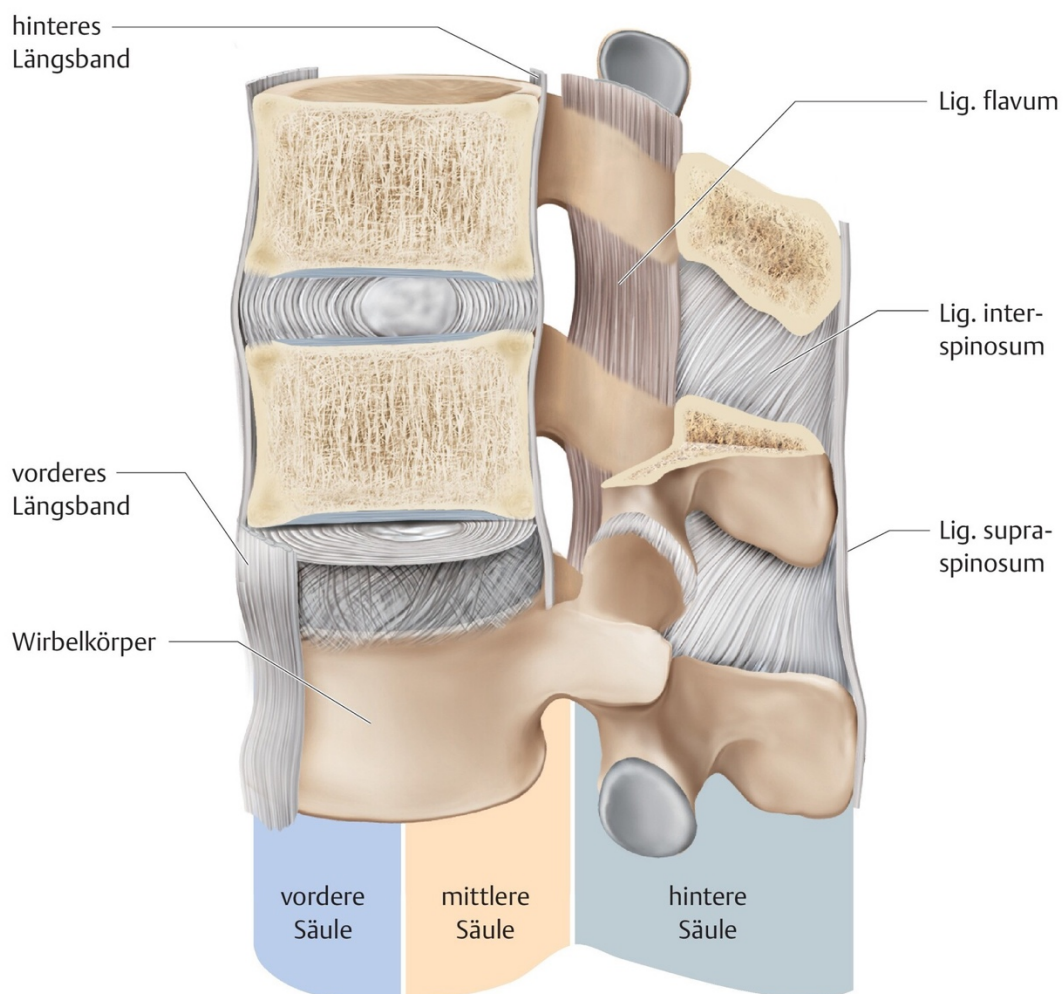


Abbildung 2: Bandapparat der Wirbelsäule. Aus (6)

### **2.1.5. Muskulatur**

Die autochtone Rückenmuskulatur, in ihrer Gesamtheit M. erector spinae genannt, dient sowohl der aktiven Bewegung als auch der dynamischen Stabilisation.

Der M. erector spinae lässt sich in einen medialen und lateralen Trakt unterteilen.

Der mediale Trakt verläuft zwischen Dorn- und Querfortsätzen der Wirbel. Die Innervation erfolgt vom medialen Ast des Ramus posterior der Spinalnerven.

Den lateralen Trakt bildet die Muskulatur zwischen Wirbelsäule und Rippen. Er wird vom lateralen Ast des Ramus posterior der Spinalnerven innerviert.

Umschlossen wird die Muskulatur von der Fascia thoracolumbalis, an der HWS fascia nuchae genannt. (5)

### **2.2. Pathophysiologie der Spondylolisthesis**

Der Begriff der Spondylolisthesis leitet sich aus den griechischen Wörtern „spondylos“ (Wirbel) und „olisthesis“ (Gleiten) ab. Demnach beschreibt es den Vorgang des Gleitens eines Wirbelkörpers gegenüber dem darunter liegenden Wirbelkörpers nach ventral.

Durch diesen Vorgang kann es zur Reizung neuronaler Strukturen im Bereich des Spinalkanals oder der Spinalnerven beim Durchtreten der Neuroforamina kommen.

Dies kann aus einer Unterbrechung der Interartikularportion eines Wirbelbogens (Spondylyolyse) resultieren, oder Folge einer degenerativen Veränderung der Bandscheibe und Facettengelenke sein. Liegt eine Spondylyolyse vor spricht man von einer Spondylolisthesis vera, handelt es sich um einen degenerativen Vorgang spricht man von einer Pseudospondylolisthesis (8).

Die gängigste aktuelle Klassifikation der Spondylolisthesis geht auf Wiltse und Rothman zurück (9). Sie unterteilen die Erkrankung in sechs Typen:

- Typ I:       Dysplastische Form
- Typ II:       Isthmische Form
- Typ III:      Degenerative Form
- Typ IV:      Posttraumatische Form
- Typ V:       Pathologische Form
- Typ VI:      Postoperative Form

### ***Typ I: Dysplastische Form***

Es handelt sich um die einzige angeborene Form der Spondylolisthesis. Sie kommt ausschließlich im Segment L5/S1 vor und ist auf eine Anomalie des lumbosakralen Übergangs zurückzuführen. Der Subtyp A zeichnet sich durch axiale Gelenkfortsätze aus, die so den Vorwärtsschub des Wirbelkörpers nicht abfangen können. Dieser Typ ist häufig mit dem Auftreten einer Spina bifida vergesellschaftet. Beim Subtyp B sind die Wirbelgelenke sagittal ausgerichtet (10).

Aufgrund dieser Dysplasie kommt es in beiden Fällen zu einem ventralen Gleiten der Wirbelsäule über dem Sacrum (9).

### ***Typ II: Isthmische Form***

Bei der isthmischen Form handelt es sich um beidseitige Unterbrechungen in der Interartikularportion des Wirbelkörpers. Es werden drei Subtypen unterschieden:

#### **A. Lytischer Defekt**

Es handelt sich um eine Spondylolyse infolge eines Ermüdungsbruchs in der Pars interarticularis. Es ist eine stets erworbene Form der Spondylolyse. Es ist die häufigste Form bei Patienten unter 50 Jahren. Die Inzidenz liegt im Kindesalter (Ende erstes Schuljahr) bei 4,4% und bei Erwachsenen bei 6%, wobei das männliche Geschlecht doppelt so häufig betroffen ist wie das weibliche (10).

Letts et al. beschreiben eine Korrelation der Stressfrakturen mit Hochleistungssportarten, die mit wiederholter Flexions-Extensionsbewegung oder Haltung in verstärkter Lendenlordose einhergehen (11). Zu diesen Sportarten zählen unter anderem Turnen, Delfinschwimmen und Turmspringen. Von Konermann wurde beispielsweise unter Kunstturnerinnen eine Spondylolyse-Rate von bis zu 42% beschrieben (12).

## B. Elongation der Pars interarticularis

Bei diesem Subtyp kommt es zu einer Verlängerung der Pars interarticularis als Folge von einer oder mehrfachen Stressfrakturen. Folglich ist die Pars interarticularis intakt und es kommt nur bei beidseitiger Verlängerung zu einem Gleitvorgang nach ventral (9)

## C. Fraktur der Pars interarticularis

Dieser Subtyp ist Folge eines akuten Traumas mit symmetrischer Fraktur beider Interartikularportionen. Es handelt sich um eine sehr seltene Unterform.

### ***Typ III: Degenerative Form***

Bei der degenerativen Spondylolisthesis liegt eine verschleißbedingte Veränderung des angrenzenden Zwischenwirbelraums und der Facettengelenke zu Grunde. Im Unterschied zu den anderen Formen kommt es hierbei zu einem Ventralgleiten des Wirbelkörpers ohne Nachweis eines Lyse Prozesses oder eines Spondylolysespalts in der Pars interarticularis. Stattdessen steht hier die Degeneration der Bandscheibe und Facettengelenksarthrosen im Vordergrund (10).

Farfan hält, zusätzlich zur Bandscheibendegeneration, das Auftreten von multiplen Stresskompressionsfrakturen der unteren Gelenkfortsätze für ursächlich.

Grund dafür ist eine rotatorische Fehlbelastung. In der Folge kommt es zur Instabilität mit folgendem ständigem Remodeling im Gelenkbereich (13). Es resultiert ein nach ventral gerichteter Gleitvorgang des gesamten Wirbels, der in einer Spinalkanalstenose oder Neuroforamenstenose münden kann.

Aufgrund des Fehlens eines Lyse Prozesses beschrieb Junghanns diese Form erstmals als „Pseudospondylolisthesis“ (14).

Diese Erkrankungsform kommt gehäuft im Segment L4/5 vor und tritt vermehrt bei einer Sakralisation des fünften Wirbelkörpers auf (15).

Frauen sind häufiger betroffen als Männer (4:1) und auch unter Diabetikern findet sich eine vierfach höhere Prävalenz (16).

#### ***IV: Posttraumatische Form***

Diese Form entsteht sekundär und ist Folge eines akuten Traumas. Im Gegensatz zur akuten isthmischen Form kommt es hier zu einer Fraktur außerhalb der pars interarticularis (9).

#### ***V: Pathologische Form***

Aufgrund einer verminderten Knochenfestigkeit kann der Wirbelkörper den Vorwärtsschub des kranialen Segments nicht kompensieren. Es kommt zur Spaltbildung oder Elongation der pars interarticularis. Bei der lokalen Form kommt es zur stellenweisen Knochendestruktion, beispielsweise infolge von Entzündungen oder Tumoren. Die generalisierte Form ist Symptom einer systemischen Knochenerkrankung, wie der Osteopetrose, Osteomalazie oder dem Marfan-Syndrom (10).

#### ***VI: Postoperative Form***

Die postoperative Form ist direkte Folge von Wirbelsäulenoperationen. Häufig handelt es sich dabei um ausgedehnte Dekompressionen. Auch in Form einer Anschlussinstabilität nach Spondylodese ohne Dekompression kommt diese Form vor (17).

Die jedoch im klinischen Alltag vorherrschende Klassifikation ist die Unterteilung nach Meyerding in fünf Schweregrade (18).

Hierbei unterteilt man die Deckplatte des kaudalen Wirbelkörpers in vier gleich große Teile. Dann wird geprüft in welchem Viertel sich die Hinterkante des kranialen Wirbelkörpers befindet. Der Grad der Spondylolisthesis errechnet sich so wie folgt:

- Grad I: 0-25% Verschiebung
- Grad II: 25-50% Verschiebung
- Grad III: 50-75% Verschiebung
- Grad IV: 75-100% Verschiebung
- Grad V: >100% Verschiebung

Bei einer Verschiebung von >100% handelt es sich um ein vollständiges Abkippen des Wirbelkörpers. Man spricht in diesem Fall auch von einer Spondyloptose.

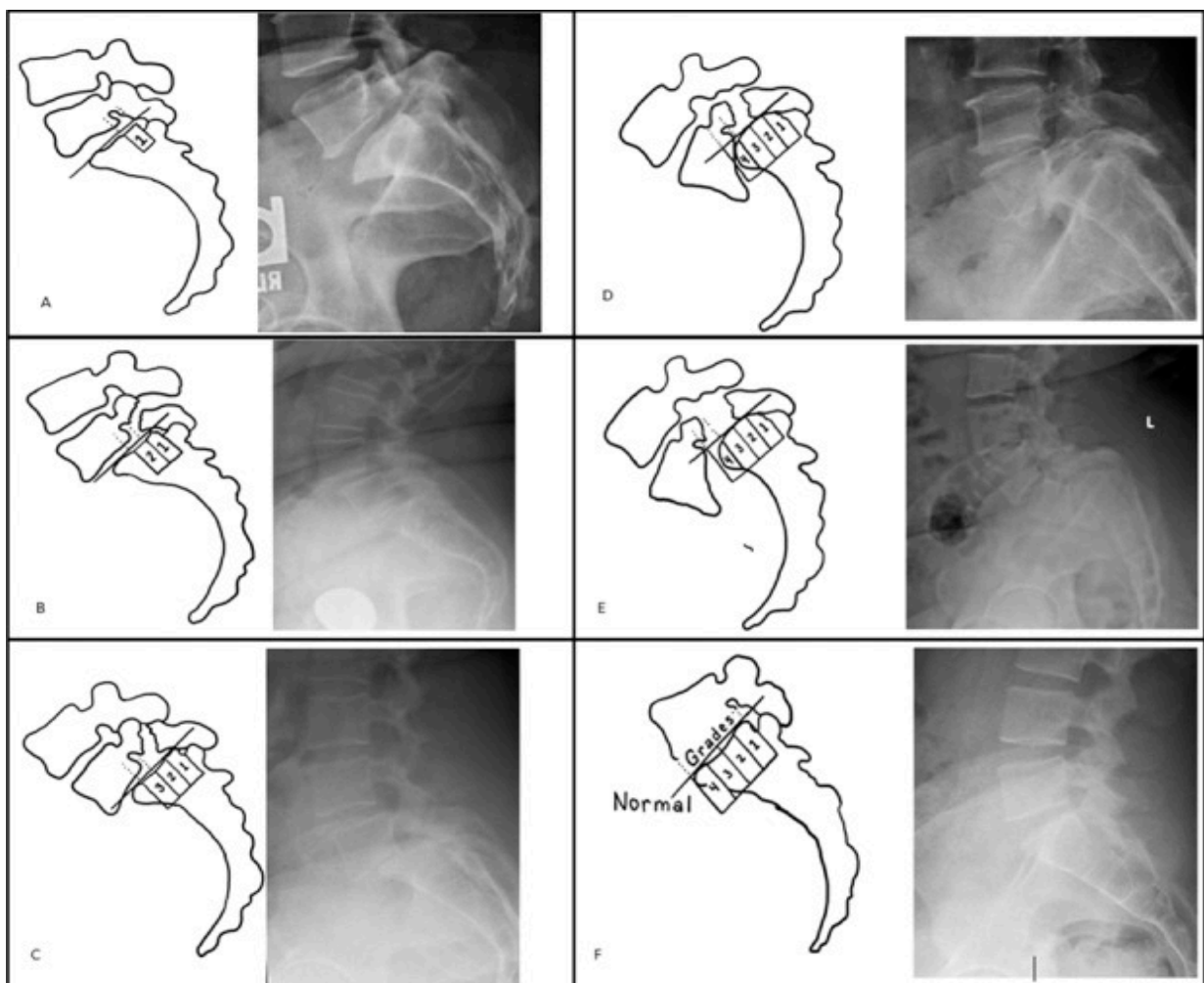


Abbildung 3: Klassifikation der Spondylolisthesis nach Meyerding aus (19)

A: Grad I; B: Grad II; C: Grad III; D: Grad IV; E: Grad V

## 2.3. Klinik und Diagnostik der Spondylolisthesis

### 2.3.1. Symptome und klinischer Befund

Der überwiegende Anteil an Patienten mit Spondylolisthesis bleibt asymptomatisch. Nur ca. 10% entwickeln behandlungsbedürftige Symptome. Ausgelöst werden diese hauptsächlich durch Facettengelenksarthrose, die Einengung des Spinalkanals sowie die Einengung der Neuroforamina. Pearson et al. haben herausgefunden, dass die Symptome einer reinen Spinalkanalstenose ohne Wirbelgleiten sich kaum von denen einer Spondylolisthesis unterscheiden (20).

Das Hauptsymptom der Spondylolisthesis sind tiefsitzende Rückenschmerzen (Lumbalgie). Die Schmerzanamnese geht dabei oft über mehrere Jahre zurück. Meist sind die Schmerzen belastungsabhängig und variieren im Tagesverlauf. So sind morgendliche Anlaufschmerzen typisch, welche sich im Laufe des Tages bessern, bei Belastung jedoch verschlechtern.

Hinzu kommen in vielen Fällen radikuläre Beinschmerzen. Dabei handelt es sich um eine Ausstrahlung in den posterolateralen Oberschenkel (Lumboischialgie). Diese Schmerzen werden durch Irritationen der Nervenwurzeln von L4 und/oder L5 ausgelöst. Typisch hierfür ist, dass die Schmerzen beidseitig abwechselnd auftreten. Monoradikulopathien kommen auch vor, sind allerdings deutlich seltener.

Schreiten diese Radikulopathien fort, kommt es zum Krankheitsbild der „claudicatio intermittens spinalis“. Hierbei handelt es sich um eine schmerzbedingte Verkürzung der Gehstrecke. Sie werden durch die Einengung des Spinalkanals im Rahmen der degenerativen Spondylolisthesis hervorgerufen. Die Schmerzen werden typischerweise durch Hinsetzen oder Vornüberbeugen gelindert.

Laut Kalichman et al. wird eines dieser Symptome von bis zu 82% der Patienten angegeben, die überwiegende Anzahl der Patienten klagt dabei über Kreuzschmerz (10, 21). Eine Korrelation der klinischen Symptomatik mit dem Ausmaß des Befundes konnte nicht nachgewiesen werden. Ebenfalls ist ein Cauda-Equina-Syndrom mit Störung der Blasen- und Mastdarmfunktion selten (10, 15).

In der klinischen Untersuchung imponiert häufig eine verstärkte Lendenlordose. Besteht eine hochgradige Spondylolisthesis, kann bei schlanken Patienten eine Stufenbildung der Dornfortsätze (Sprungschancenphänomen) getastet und

beobachtet werden. Zusätzlich kann oft eine Verhärtung der Muskulatur ertastet werden. Dies kann zu Bewegungseinschränkungen in der Lendenwirbelsäule und einem Pseudo Lasègue Zeichen führen.

Bei einer Spondylolisthesis von >50% kann das Becken retrovertiert sein. Der Patient ist dann nicht mehr in der Lage die Hüfte und Knie voll zu strecken. Es kommt zu einem pseudospastischen, schiebenden Gangbild (10, 17).



*Abbildung 4: Sprungschanzenphänomen (nach Wittenberg) aus (10)*

### **2.3.2. Bildgebende Verfahren**

#### ***Röntgen***

Der Goldstandard zur Diagnose der Spondylolisthesis ist das native Röntgen im Stehen. Es sollte in Seitenaufnahme und im antero-posterioren Strahlengang angefertigt werden und auf den lumbosakralen Übergang ausgerichtet sein (17).

Im seitlichen Bild lässt sich der Schweregrad der Erkrankung anhand der Meyerding Klassifikation bestimmen. Zusätzlich erhält der Untersucher im Nativbild Aufschluss über degenerative Veränderungen, Frakturen, Osteoporose und maligne Prozesse.

Schräge Röntgenaufnahmen im 45° Winkel werden angefertigt, um einen Defekt in der pars interarticularis darzustellen. Eine Lysezone in diesem Bereich stellt sich typischerweise als sogenanntes „Hundehalsband“ dar. Aufgrund ihrer geringen Aussagekraft wird diese Methode jedoch zunehmend kritisch gesehen (22, 23).

Funktionsaufnahmen in Flexion und Extension geben zusätzlich Auskunft über die segmentale Beweglichkeit.

In der postoperativen Phase wird das konventionelle Röntgen als Verlaufs- und Kontrollmethode genutzt. Es wird die korrekte Lage des eingebrachten Materials, sowie das Korrektorausmaß der Spondylolisthesis beurteilt.

### ***Computertomographie und Magnetresonanztomographie***

Das konventionelle Röntgen erlaubt keine Beurteilung des Weichteilgewebes. Um dieses beurteilen zu können, benötigt es einer Schnittbildgebung. Diese ist zur Operationsplanung in mehrerer Hinsicht indiziert. Die Magnetresonanztomographie ist dabei der Goldstandard zur Darstellung einer Spinalkanalstenose (24). Zusätzlich werden mehrere differentialdiagnostisch relevante Strukturen mittels MRT dargestellt. Sowohl Ligamentum flavum, Duralschlauch, Bandscheibe, Epiduralraum als auch Nervenwurzeln kommen hier gut zur Darstellung.

Liegen Kontraindikationen für eine MRT vor, kann auch eine Computertomographie durchgeführt werden. Vorteil dieses Verfahrens, verglichen zur MRT, ist eine zusätzliche Beurteilung der knöchernen Strukturen (25). So können beispielsweise die Pedikel dargestellt werden, was in der Operationsplanung vor einer Spondylodese eine wichtige Rolle spielt.

Wenn möglich sollte zur Operationsplanung eine MRT durchgeführt werden. Dies spiegelt sich in der aktuellen Leitlinie wieder (4).

## **2.4. Therapie der Spondylolisthesis**

Generell gesehen ist die Therapie der Spondylolisthesis abhängig von verschiedenen Faktoren. Dazu gehört das Ausmaß der Beschwerden, die Progredienz des Befunds und auch das Alter. Spondylolisthesen im Kindesalter werden aufgrund des noch anhaltenden Wachstums und der wahrscheinlicheren Zunahme des Gleitprozesses anders therapiert als im Erwachsenenalter. Die nachfolgend aufgeführten Behandlungsmethoden beziehen sich, aufgrund der Altersstruktur in der von uns untersuchten Kohorte, auf die Spondylolisthesis im Erwachsenenalter.

### **2.4.1. Konservative Behandlungsmethoden**

Prinzipiell sollte vor jeder operativen Therapie ein konservativer Therapieversuch angestrebt werden (21). Dies gilt, solange keine frisch aufgetretenen neurologischen Defizite bestehen.

Die nationale Versorgungsleitlinie empfiehlt hierfür eine Kombination aus Analgesie, Physiotherapie, Ergotherapie und physikalischer Therapie (4).

In der Akutphase stehen Analgesie und Immobilisation mittels Korsetts im Vordergrund. Eine Immobilisation sollte jedoch zeitlich begrenzt durchgeführt werden, da es sonst zur Schwächung des Stützapparates kommen kann. Übergewichtigen Patienten sollte zudem zu einer Gewichtsreduktion geraten werden.

Über die Dauer der konservativen Therapie gibt es Stand jetzt in der Literatur keine klare Empfehlung (26). Es wird eine Mindestdauer von 3 Monaten mit individueller Abwägung empfohlen.

Liegen psychische Komorbiditäten, wie Depression oder Somatisierung vor, sollte vor einer Operation eine ausgiebige psychotherapeutische Abklärung und Therapie angestrebt werden.

Eine Empfehlung über die Evidenz einer konservativen Therapie, bei welcher Art der Spondylolisthesis und bis zu welchen Symptomen sie durchgeführt werden soll, wird in der Literatur kontrovers diskutiert.

Während die Evidenzlage zur konservativen Therapie bei isthmischen Spondylolisthesen sehr schwach ist, so zeigen Watters et al., dass degenerative Spondylolisthesen in den meisten Fällen gut und ausreichend konservativ behandelbar sind (24).

In einer Studie von Weinstein et al. hingegen, konnte bei Patienten mit degenerativer Spondylolisthesis eine Besserung der Schmerzen und Funktion durch operative Therapie aufgezeigt werden (27).

Möller et al. haben in Ihrer Studie Ergebnisse präsentiert, die darauf hinweisen, dass die operative Therapie der konservativen Therapie in der Behandlung der isthmischen Spondylolisthesis überlegen ist (28).

Matsunaga et al. beschränken die konservative Therapie in ihrer Studie auf Patienten mit Lumbalgie und Lumboischialgie und empfehlen eine operative Therapie, sobald eine Claudicatio intermittens spinalis oder neurologische Symptome, wie zum Beispiel vesikorektale Störungen vorliegen (29).

Es sollte jedoch allen Patienten, die trotz ausgeschöpfter konservativer Therapie nach 3 Monaten keine Besserung der Schmerzen, Haltungsstörung oder neurologischen Störung verspüren, eine operative Intervention angeboten werden (4, 10, 27, 30). Im Allgemeinen mehren sich Studien, die eine Überlegenheit der operativen gegenüber der nichtoperativen Behandlung nachweisen (31, 32).

#### **2.4.2. Operative Behandlungsmethoden**

Bei der operativen Behandlung stehen zum einen rein stabilisierende Verfahren (Fusionierung) zur Verfügung. Hat ein Patient jedoch im Rahmen der Spondylolisthesis eine Spinalkanalstenose oder Neuroforamenstenose entwickelt, gibt es die Möglichkeit durch eine Dekompressionsoperation eine Entlastung der nervalen Strukturen zu erreichen. In diesem Fall kommen reine Dekompressionen oder Dekompressionen mit Fusionierung zum Einsatz (33).

Unter Fusionierung versteht man heutzutage die instrumentierte Spondylodese (34). Instrumentiert bedeutet dabei das Einbringen von Fremdmaterial in den Körper, Spondylodese bedeutet die Versteifung von zwei oder mehreren benachbarten Wirbelkörpern. Es hat sich gezeigt, dass die instrumentierte Spondylodese der nicht-instrumentierten in Bezug auf die Fusionsrate überlegen ist (35).

Für die Installation der instrumentierten Spondylodese stehen dem Behandler verschiedene Zugangswege zur Verfügung, darunter die anteriore lumbale interkorporale Fusion (ALIF), die posteriore lumbale interkorporale Fusion (pLIF), die

transforaminale lumbale interkorporale Fusion (TLIF), die posterolaterale Fusion (pLF) und die zirkumferentielle Fusion. Wang et al. haben die verschiedenen Fusionstechniken untersucht und keine Fusionstechnik konnte signifikant bessere Ergebnisse aufweisen als andere (36).

Ziel der Spondylodese ist eine langfristige stabile Verbindung zweier oder mehrerer Wirbel. Dies wird typischerweise minimalinvasiv mit einem Schrauben-Stab-System (Fixateur interne) erreicht. In den meisten Fällen wird ein dorsaler Zugangsweg gewählt. Dabei werden in die Pedikel der zu versteifenden Wirbelkörper jeweils Schrauben eingebracht, welche dann mit einem Stabsystem verbunden werden. Es kann zur zusätzlichen Verknöcherung der beiden Wirbel auch Knochenmaterial ins Bandscheibenfach eingebracht werden (37). Dies geschieht, indem man Carbon Cages mit autologem Knochentransplantat befüllt und ins Bandscheibenfach einsetzt. Es konnte gezeigt werden, dass dies die Verknöcherungsrate der Wirbelkörper und damit die gesamte Stabilität der Spondylodese erhöht (38).

Zielsetzung der Spondylodese ist dabei eine deutliche Linderung der Schmerzsymptomatik und eine Verhinderung des weiter fortschreitenden Gleitvorgangs.

Liegt eine Spinalkanalstenose und/oder Neuroforamenstenose vor, kommt eine Dekompression oder die kombinierte Dekompression mit Spondylodese zum Einsatz (24, 26).

Die Dekompression soll vor allem radikuläre Symptome und eine mögliche Claudicatio intermittens spinalis verbessern.

Hierfür stehen die spinale Fensterung in Form einer Laminotomie (partielle Wirbelbogenresektion ohne Resektion des Dornfortsatzes) oder Laminektomie (komplette Wirbelbogenresektion samt Dornfortsatz) zur Verfügung (24).

Des Weiteren können interspinöse Implantate in den Zwischenwirbelraum eingebracht werden. Dies führt zu einer Druckentlastung und kann so den Spinalkanal und die Neuroforamina nachweislich indirekt dekomprimieren (39).

Dasselbe gilt für bestimmte Formen der Spondylodese, welche über eine Aufrichtung des Segments die Neuroforamina entlasten und somit ohne Eröffnung des Spinalkanals zur Dekompression führen.

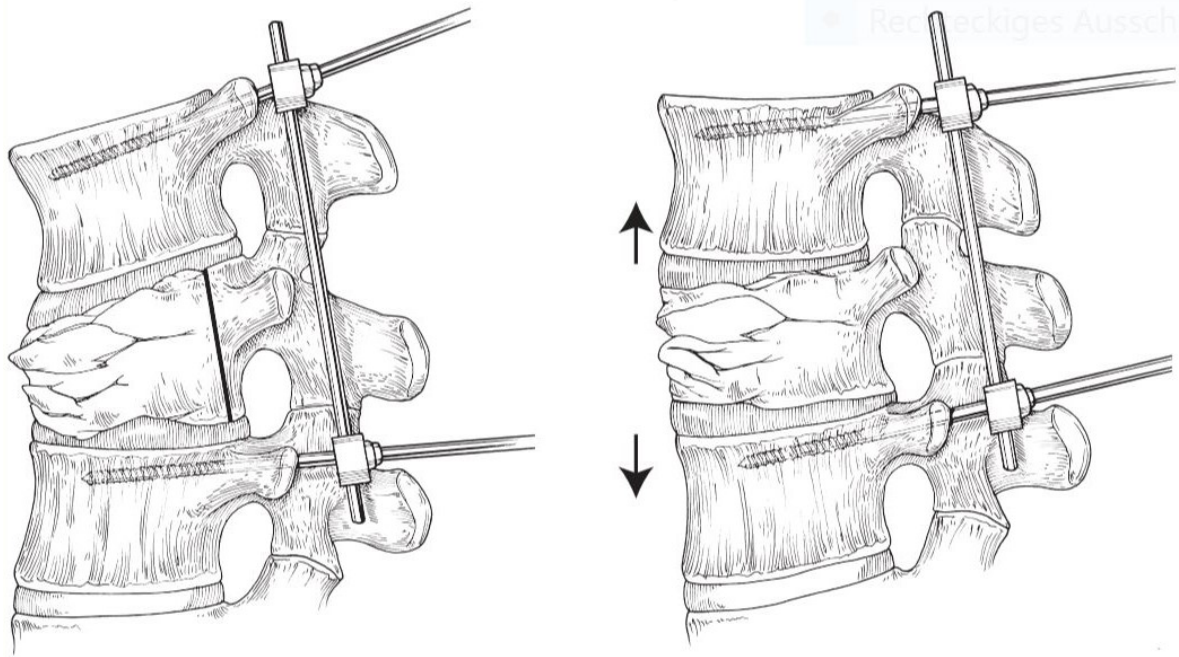


Abbildung 5: Dekompression der Neuroforamina durch aufrichtende Spondylodese (40)

Zusätzlich zur reinen Dekompression kann auch hier eine Stabilisierung der betroffenen Segmente erwogen werden. In diesem Fall wird eine zusätzliche Spondylodese durchgeführt.

## 2.5. Zielsetzung der Arbeit

In den letzten Jahrzehnten wurde die instrumentierte Fusion (zusätzlich zur Dekompression des Spinalkanals) in großem Umfang zur Behandlung der lumbalen Spondylolisthesis eingesetzt. In manchen Ländern macht diese Methode mehr als 90% der Dekompressionsoperationen aus (41, 42), während in skandinavischen Ländern etwa 50% der Patienten eine Dekompression ohne Fusion erhalten (43).

In der aktuellen Literatur erscheint jedoch keine der beiden Methoden der anderen überlegen (33).

Diener und Sure äußern die Vermutung, dass die steigende Zahl der Fusionsoperationen unter anderem der höheren Vergütung der stabilisierenden Operationen geschuldet sein könnte (44).

Sie geben jedoch zu bedenken, dass eine Fusionsoperation einen invasiveren Eingriff bedeutet, der möglicherweise mit einer längeren Operationszeit, einer längeren Aufenthaltsdauer im Krankenhaus und einer höheren Komplikationsrate einhergehen könnte (44).

Bis heute gibt es in keine klare Empfehlung, ob Patienten mit degenerativer Spondylolisthesis langfristig eher von einer reinen Dekompression oder einer Dekompression mit zusätzlicher Fusionierung profitieren. In der Literatur finden sich sowohl widersprüchliche Ergebnisse als auch Ergebnisse, bei denen keine der beiden Methoden der anderen überlegen scheint (33, 45-47).

Unsere Arbeit zielt darauf ab, diese Fragestellung an einer Patientenpopulation der Universitätsmedizin Mainz zu untersuchen und die Ergebnisse mit der vorhandenen Literatur zu vergleichen.

Es wurden zusätzlich verschiedene Variablen erhoben, um im Fall eines statistisch signifikanten Ergebnisses, positive oder negative Prädiktoren für eine der beiden Operationsmethoden oder Revisionen identifizieren zu können.

## **3 Methodik**

### **3.1. Studiendesign**

Es wurde eine retrospektive Kohortenstudie durchgeführt. In die Auswertung aufgenommen wurden 211 Patienten, welche in den Jahren 2014 bis 2018 in der Neurochirurgie der Universitätsmedizin Mainz operiert wurden. Als alleiniges Aufnahmekriterium galt die Diagnose einer degenerativen Spondylolisthesis und eine dadurch bedingte operative Therapie. Es gab keine Ausschlusskriterien.

Das Patientenkollektiv wurde in zwei Gruppen unterteilt. Eine Gruppe hatte als Therapie eine reine Dekompression erhalten, die andere Gruppe hatte zusätzlich zur Dekompression eine Spondylodese erhalten.

Endpunkt der Studie war die Frage, ob eine Patientengruppe eine statistisch signifikant höhere Revisionsrate aufwies als die andere. Die durchgeführten Revisionen galt es je nach Grund für die Revision noch weiter zu unterteilen. Eine Revisionsoperation aufgrund von Wundheilungsstörung wurde somit einer Revision aufgrund von Therapieversagen nicht gleichgestellt, sondern gesondert betrachtet. Je nach statistischem Test wurde diese Variable noch weiter in verschiedene Arten der Revision unterteilt oder in nur zwei Gruppen zusammengefasst.

Um eine mögliche Korrelation kausal zu erklären, wurden des Weiteren verschiedene Variablen erhoben und zusätzlich auf statistische Signifikanz geprüft.

Als Nebenfrage wurde geprüft, ob die erhobenen Variablen eine signifikante Korrelation mit Art der erhaltenen Operation, erfolgter Revision und/oder Art der erfolgten Revision aufwiesen. So sollte geprüft werden, ob Patienten mit bestimmtem Risikoprofil von einer Operationsmethode eher profitierten als von der anderen und ob bestimmte Kriterien bei der Wahl der Operationsmethode zu berücksichtigen sind.

Die Daten wurden mittels statistischer Methoden ausgewertet und die Ergebnisse deskriptiv beschrieben.

### 3.2. Patientenkollektiv

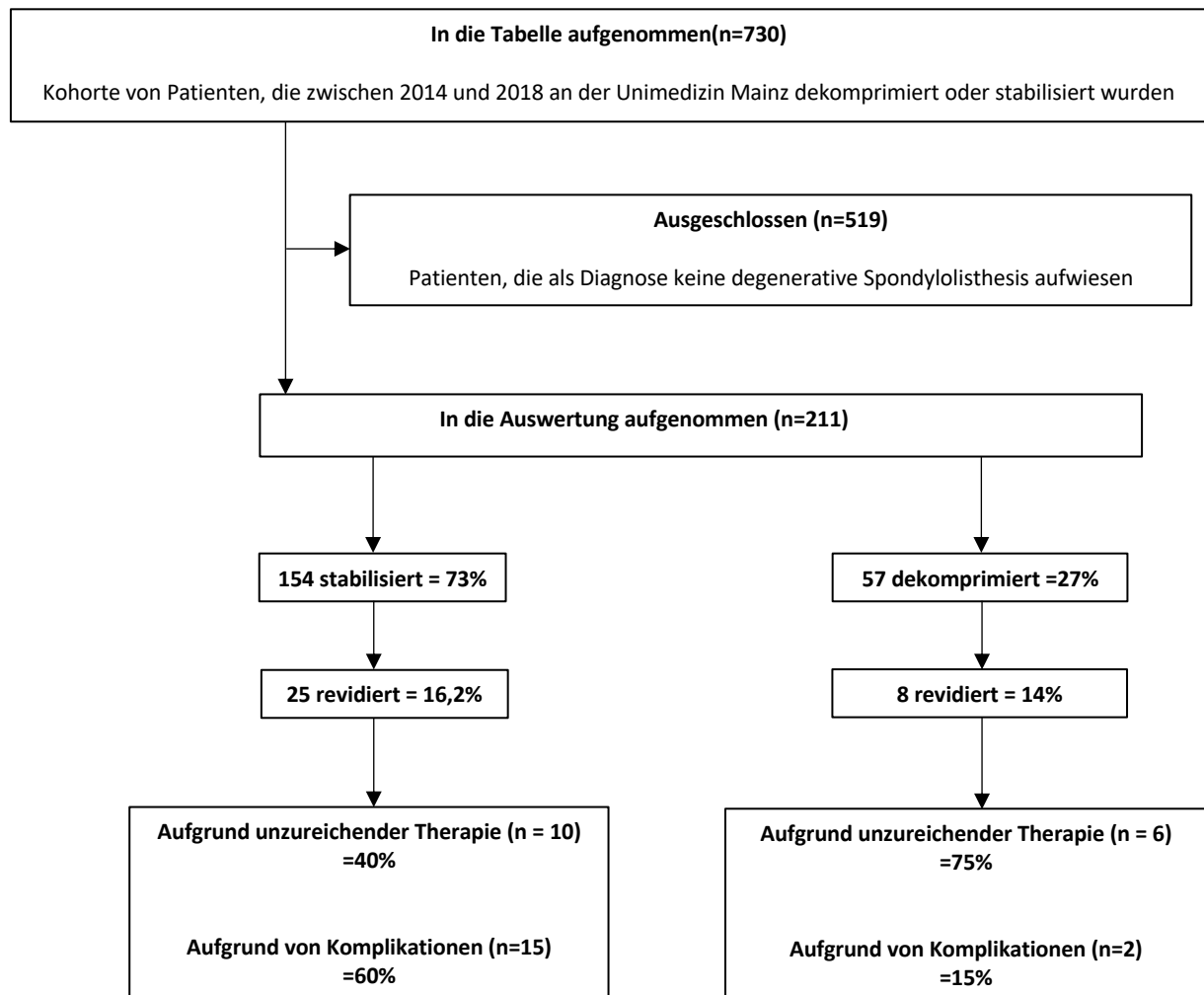


Abbildung 6: Auswahl des Patientenkollektivs

Das Patientenkollektiv wurde dem OP-Plan des Krankenhausmanagement-Systems (SAP Business Client, Version 6.5, Walldorf) entnommen und pseudonymisiert in eine Excel-Tabelle überführt.

In die Liste aufgenommen wurden alle Patienten, die zwischen 2014 und 2018 in der neurochirurgischen Klinik und Poliklinik der Universitätsmedizin Mainz eine Dekompression oder eine Spondylodese erhalten hatten. (n=730)

Aus dieser Liste wurden alle Patienten identifiziert, bei denen eine Spondylolisthesis der OP ursächlich zu Grunde lag und in die Auswertung aufgenommen. (n=211)

Durch Aufnahme aller Patienten, welche eine der aufgeführten Operationen erhalten haben, wurde sichergestellt, dass kein Patient mit einer Spondylolisthesis fälschlicherweise übersehen wird. Dies war nötig, da die Diagnose im OP-Plan nicht immer vollständig hinterlegt ist.

### 3.3. Variablen und Verteilungen

Vor der Datenerhebung wurde festgelegt welche Variablen einen möglichen Einfluss auf unsere Fragestellungen haben könnten. Diese Variablen wurden durch Durchsicht der Arztbriefe, OP-Berichte, Aufklärungsbögen und Auswertung der Röntgenbilder gewonnen.

Bei den erhobenen Variablen handelte es sich um:

- **Stabilisierung vs. Dekompression**

Die Patienten wurden in die zwei zu untersuchenden Gruppen eingeteilt. Die eine Gruppe hat als Therapie eine Spondylodese (Stabilisierung: ja) erhalten. Die andere Gruppe hat eine Dekompression (Stabilisierung: nein) erhalten. Die erhaltene Therapie wurde dem OP-Plan entnommen und mit dem OP-Bericht abgeglichen.

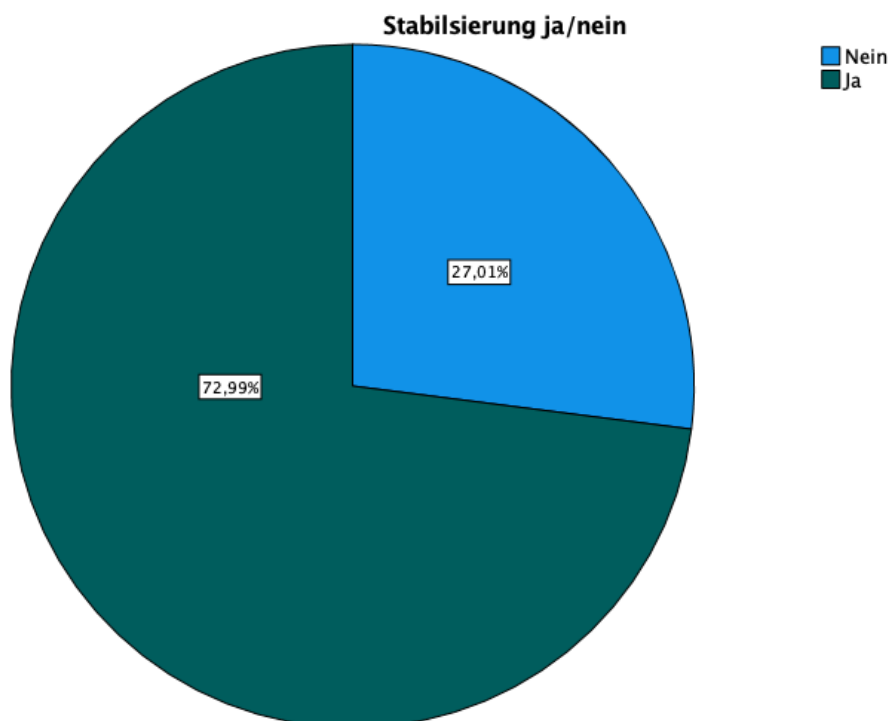


Abbildung 7: Verteilung stabilisiert vs. dekomprimiert

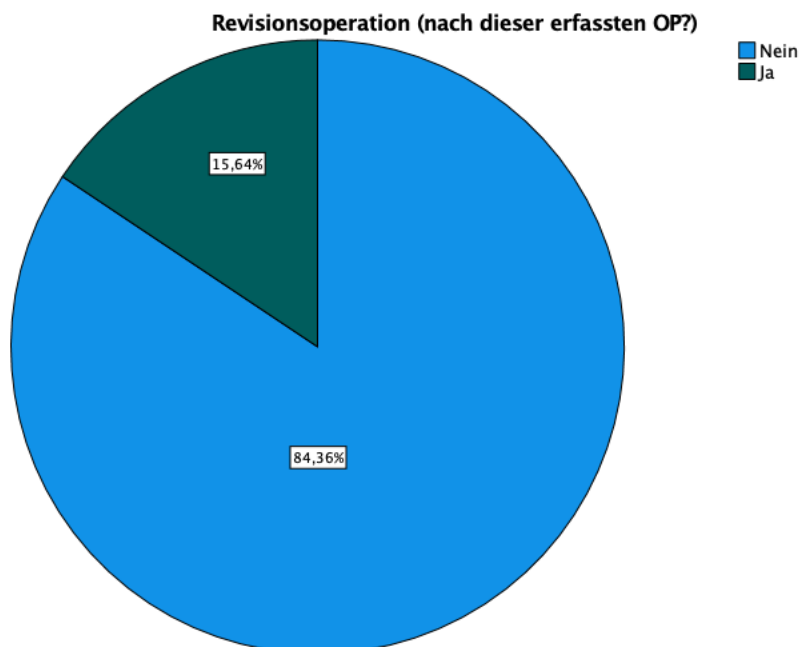
Stabilisierung ja/nein					
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Nein	57	27,0	27,0	27,0
	Ja	154	73,0	73,0	100,0
Gesamt		211	100,0	100,0	

*Tabelle 1: Verteilung stabilisiert vs. dekomprimiert*

Von 211 Patienten haben 154 eine Spondylodese (73%) erhalten und 57 eine Dekompression (27%).

- **Revisionsoperationen**

Es wurde anhand der OP-Berichte entnommen, ob die Patienten nach der erfolgten Operation eine Revision benötigten.



*Abbildung 8: Verteilung Revisionsoperation*

### Revisionsoperation (nach dieser erfassten OP?)

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Nein	178	84,4	84,4	84,4
	Ja	33	15,6	15,6	100,0
	Gesamt	211	100,0	100,0	

Tabelle 2: Verteilung Revisionsoperation

Von 211 Patienten haben 33 eine Revision erhalten (15,6%). 178 Patienten benötigten keine Revision (84,4%).

Von den 154 Patienten, welche eine Spondylodese erhalten hatten, wurden 25 (16,2%) revidiert.

Von den 57 Patienten, welche eine Dekompression erhalten hatten, wurden 8 (14%) revidiert.

- **Art der Revisionsoperationen**

Die erfolgten Revisionen wurden in drei Gruppen unterteilt. Eine Gruppe enthielt Patienten, welche eine Revision aufgrund unzureichender Therapie benötigten. Eine Gruppe enthielt Patienten, welche eine Revision aufgrund von Komplikationen benötigten. Eine Gruppe enthielt Patienten, welche eine Revision aufgrund von beidem benötigten.

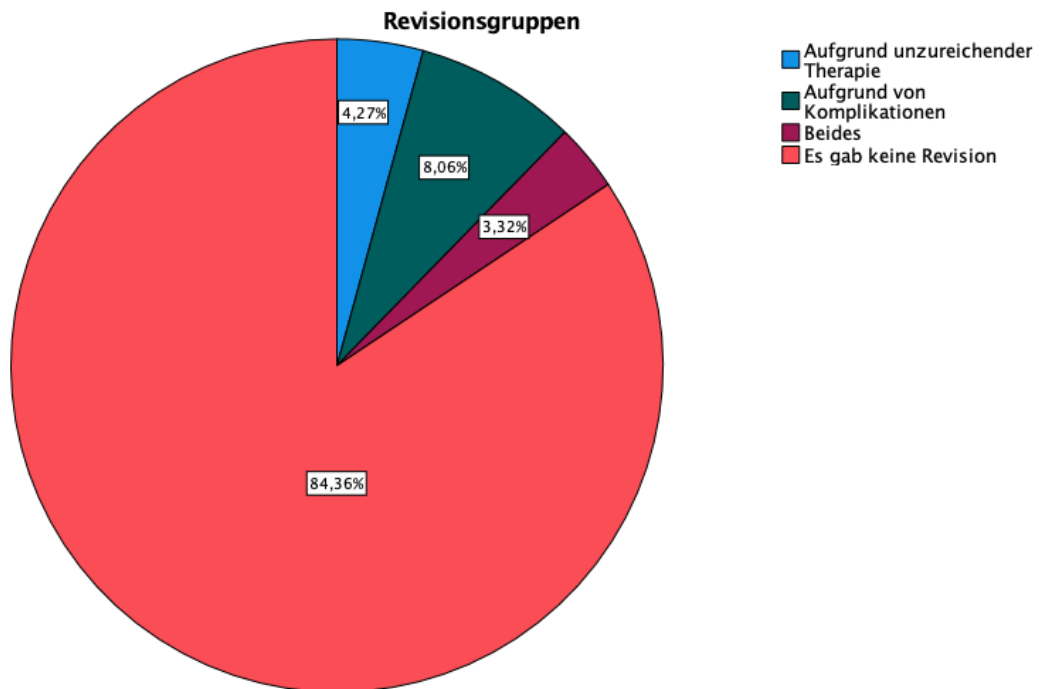


Abbildung 9: Verteilung Revisionsgruppen

**Revisionsgruppen**

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Aufgrund unzureichender Therapie	9	4,3	4,3	4,3
	Aufgrund von Komplikationen	17	8,1	8,1	12,3
	Beides	7	3,3	3,3	15,6
	Es gab keine Revision	178	84,4	84,4	100,0
	Gesamt	211	100,0	100,0	

Tabelle 3: Verteilung Revisionsgruppen

9 der 33 revidierten Patienten benötigten eine Revision aufgrund unzureichender Therapie (4,3%)

17 der 33 revidierten Patienten benötigten eine Revision aufgrund von Komplikationen (8,1%).

7 der 33 revidierten Patienten benötigten eine Revision aufgrund von beidem (3,3%).

- **Echte oder nicht echte Revision**

Patienten, welche eine Revision aufgrund unzureichender Therapie oder aufgrund von beidem benötigten, wurden der Gruppe „Echte Revision“ zugeteilt. Alle anderen Patienten wurden der Gruppe „Nicht echte Revision“ zugeteilt. Diese vereinfachte Unterteilung war für die logistische Regressionsanalyse notwendig, da die abhängige Variable bei diesem Test binär verteilt sein muss.

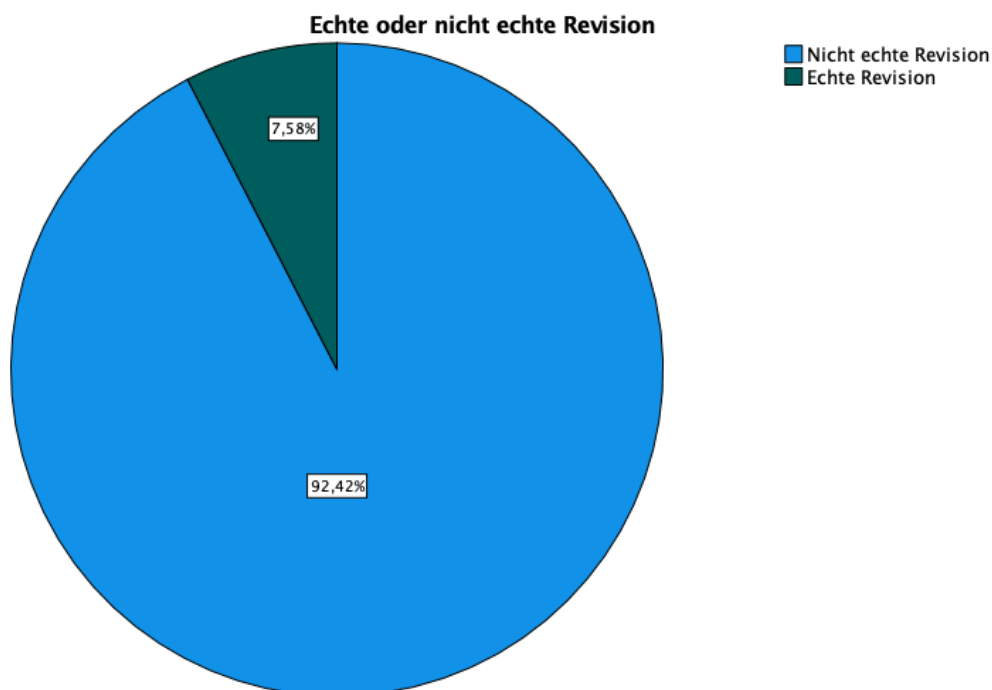


Abbildung 10: Verteilung echte vs. nicht echte Revision

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Nicht echte Revision	195	92,4	92,4	92,4
	Echte Revision	16	7,6	7,6	100,0
Gesamt		211	100,0	100,0	

Tabelle 4: Verteilung echte vs. nicht echte Revision

Insgesamt benötigten 16 Patienten eine echte Revision (7,6%), wovon 10 Patienten eine Spondylodese und 6 Patienten eine Dekompression erhalten

hatten. 195 Patienten benötigten entweder keine oder keine echte Revision (92,4%).

- **Geschlecht**

Die Patienten wurden nach Geschlecht in weiblich und männlich eingruppiert.

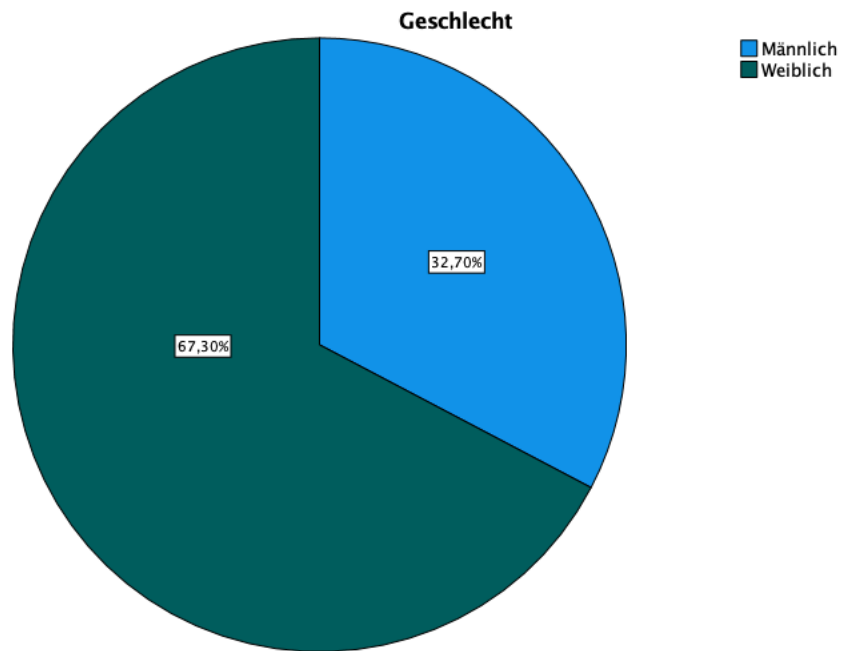


Abbildung 11: Verteilung Geschlecht

		Geschlecht			
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Männlich	69	32,7	32,7	32,7
	Weiblich	142	67,3	67,3	100,0
Gesamt		211	100,0	100,0	

Tabelle 5: Verteilung Geschlecht

69 Patienten waren männlichen Geschlechts (32,7%) und 142 Patientinnen waren weiblichen Geschlechts (67,3%).

- **Alter**

Das Alter zum Operationszeitpunkt wurde in Excel durch die Differenz aus OP-Datum und Geburtsdatum errechnet. Die Patienten wurden in drei Altersgruppen unterteilt. Eine Gruppe enthielt die Patienten unter 50 Jahren, eine Gruppe die Patienten zwischen 50 und 70 Jahren und eine Gruppe die Patienten über 70 Jahre.

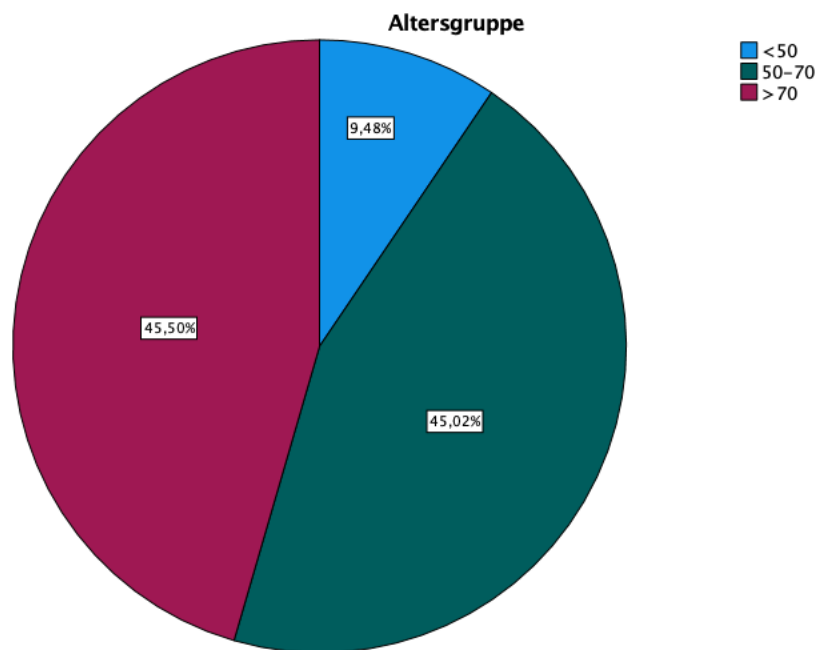


Abbildung 12: Verteilung Altersgruppen

Altersgruppe					
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	<50	20	9,5	9,5	9,5
	50-70	95	45,0	45,0	54,5
	>70	96	45,5	45,5	100,0
	Gesamt	211	100,0	100,0	

Tabelle 6: Verteilung Altersgruppen

20 Patienten waren jünger als 50 Jahre (9,5%), 95 Patienten waren zwischen 50 und 70 Jahren alt (45%) und 96 Patienten waren älter als 70 Jahre (45,5%). Das mittlere Alter lag bei 66,3 Jahren.

- **Spondylolisthesis-Grad nach Meyerding**

Der Grad der Spondylolisthesis wurde entweder den Arztbriefen entnommen, oder anhand der Röntgenbilder durch graphische Einzeichnung bestimmt. Die Patienten wurden in zwei Gruppen unterteilt. Die eine Gruppe enthielt Patienten mit Grad 1 nach Meyerding, die andere Gruppe alle Patienten mit Grad >1 nach Meyerding. (19)

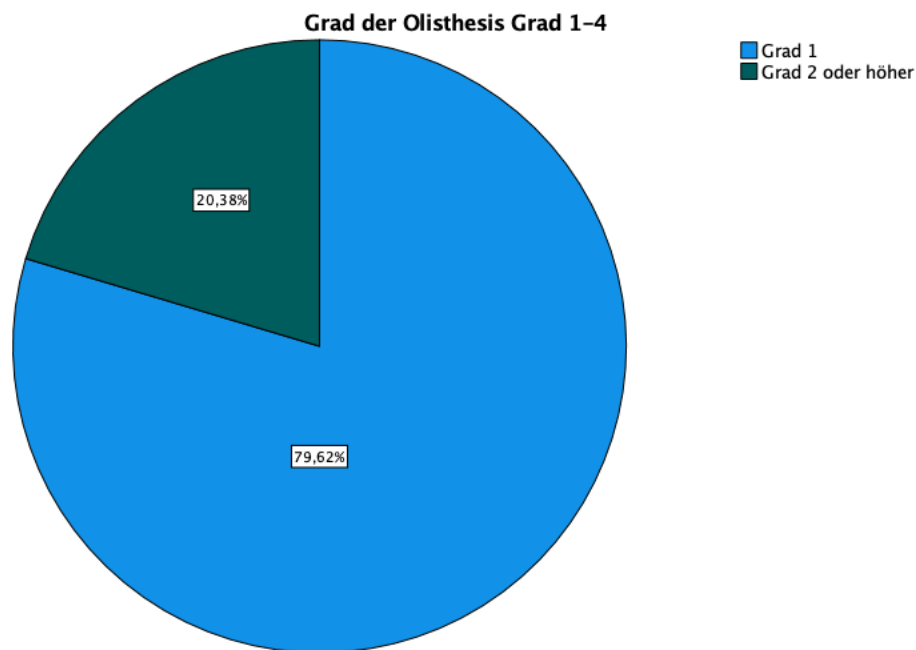


Abbildung 13: Verteilung Spondylolisthesis-Grad nach Meyerding

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Grad 1	168	79,6	79,6	79,6
	Grad 2 oder höher	43	20,4	20,4	100,0
Gesamt		211	100,0	100,0	

Tabelle 7: Verteilung Spondylolisthesis-Grad nach Meyerding

168 Patienten hatten eine Spondylolisthesis Grad 1 nach Meyerding (79,6%), wohingegen 43 Patienten eine Spondylolisthesis Grad 2 oder höher nach Meyerding aufwiesen (20,4%).

- **Anzahl der operierten Segmente**

Die Patienten wurden weiterhin bezüglich der Anzahl operierter Segmente in zwei Gruppen unterteilt. Die eine Gruppe enthielt Patienten mit einem operierten Segment, die andere Gruppe enthielt alle Patienten mit mehr als einem operierten Segment. Die genaue Anzahl der operierten Segmente wurde dem OP-Bericht entnommen.

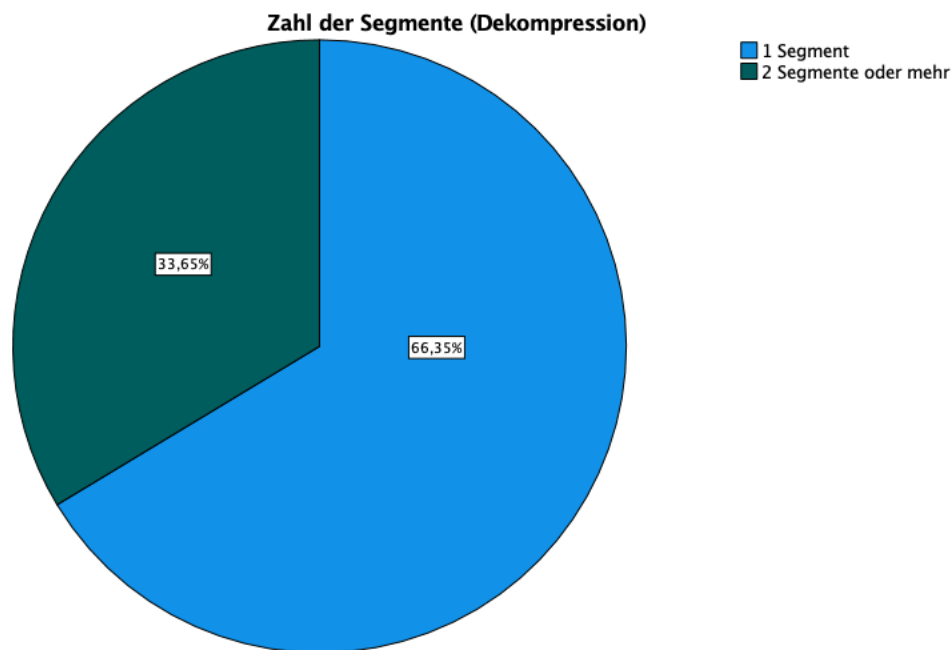


Abbildung 14: Verteilung operierter Segmente

**Zahl der Segmente (Dekompression)**

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	1 Segment	140	66,4	66,4	66,4
	2 Segmente oder mehr	71	33,6	33,6	100,0
Gesamt		211	100,0	100,0	

Tabelle 8: Verteilung operierte Segmente

140 Patienten hatten eine Spondylolisthesis auf einem Segment (66,4%) und 71 Patienten hatten eine Spondylolisthesis auf 2 oder mehr Segmenten (33,6%).

- **Adipositas**

Die Patienten wurden in adipös und nicht adipös unterteilt. Dieser Parameter wurde den Arztbriefen und Aufklärungsbögen der Anästhesie, errechnet anhand des BMI, entnommen.

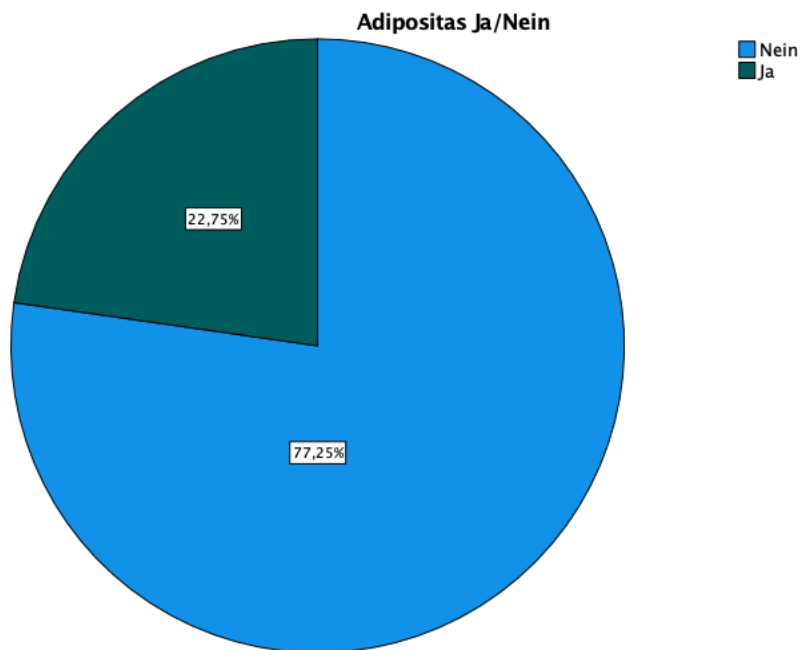


Abbildung 15: Verteilung Adipositas

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Nein	163	77,3	77,3	77,3
	Ja	48	22,7	22,7	100,0
Gesamt		211	100,0	100,0	

Tabelle 9: Verteilung Adipositas

163 Patienten waren nicht adipös (77,3%), 48 Patienten hingegen wiesen eine Adipositas auf (22,7%).

- **Rauchen**

Die Patienten wurden in Raucher und Nicht-Raucher unterteilt, wobei Ex-Raucher den Rauchern zugeteilt wurden. Dieser Parameter wurde dem OP-Aufklärungsbogen der Anästhesie entnommen.

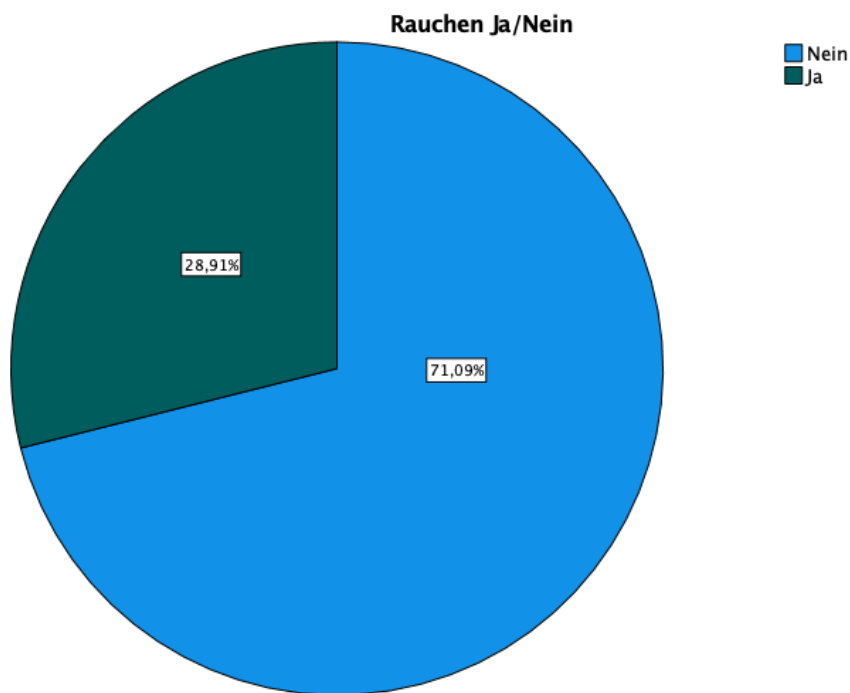


Abbildung 16: Verteilung Raucher

Rauchen Ja/Nein					
		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Nein	150	71,1	71,1	71,1
	Ja	61	28,9	28,9	100,0
Gesamt		211	100,0	100,0	

Tabelle 10: Verteilung Raucher

Unter den Patienten waren 150 Nicht-Raucher (71,1%) und 61 Raucher (28,9%). Die Ex-Raucher wurden den Rauchern zugeordnet.

- **Anzahl der Vorerkrankungen**

Die Vorerkrankungen wurden den Arztbriefen entnommen. Die Patienten wurden in vier Gruppen unterteilt. Eine Gruppe enthielt Patienten ohne Vorerkrankung, eine Gruppe enthielt Patienten mit einer Vorerkrankung, eine Gruppe enthielt Patienten mit zwei oder drei Vorerkrankungen und eine Gruppe enthielt Patienten mit vier oder mehr Vorerkrankungen

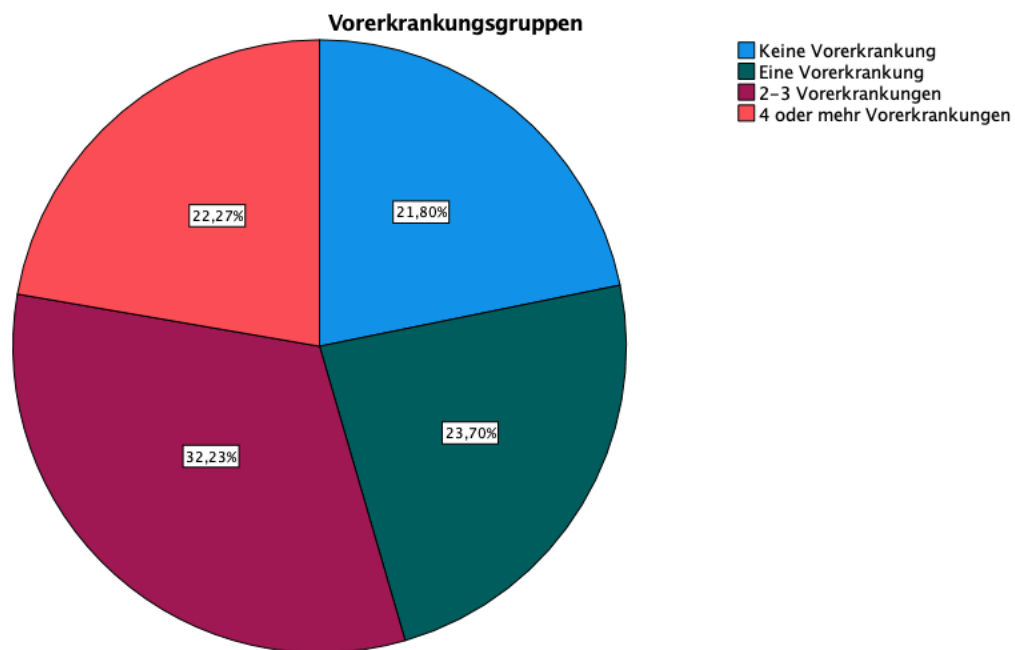


Abbildung 17: Verteilung Vorerkrankungen

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Keine Vorerkrankung	46	21,8	21,8	21,8
	Eine Vorerkrankung	50	23,7	23,7	45,5
	2-3 Vorerkrankungen	68	32,2	32,2	77,7
	4 oder mehr Vorerkrankungen	47	22,3	22,3	100,0
	Gesamt	211	100,0	100,0	

Tabelle 11: Verteilung Vorerkrankungen

Bei 46 Patienten bestand keine Vorerkrankung (21,8%), 50 Patienten hatten eine Vorerkrankung (23,7%).

68 Patienten wiesen 2 oder 3 Vorerkrankungen auf (32,2%), 47 Patienten hatten 4 oder mehr Vorerkrankungen (22,3%)

### **3.4. Statistische Methoden**

Die statistische Analyse erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS (Version 27.0.1.0 für Mac, IBM Corporation, Armonk USA), in enger Absprache mit einem statistischen Berater der Universitätsmedizin Mainz (Herr R. Kuchen vom Institut für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik)

#### **3.4.1. Chi-Quadrat-Test**

Mit Hilfe von Kreuztabellen wurde die relative Häufigkeit der möglichen Einflussfaktoren auf das Eintreten einer Revision bivariat ermittelt und mittels Chi-Quadrat-Test und Fishers Exact Test auf Unabhängigkeit überprüft.

Die Kategorialen Variablen wurden auf ihre Korrelation hinsichtlich der Operationsmethode und einer Revision getestet. Dafür wurde ein Chi-Quadrat-Test mit einem Signifikanzniveau  $p=0,05$  oder ein Fisher's Exact Test durchgeführt.

Für Zellen deren erwartete Häufigkeit größer als 5 war, wurde ein exakter Test nach Fisher-Freeman-Halton durchgeführt.

#### **3.4.2. Binär Logistische Regressionsanalyse**

Mit der binär logistischen Regressionsanalyse lässt sich der Zusammenhang zwischen einer unabhängigen Variablen und der Wahrscheinlichkeit, dass eine abhängige Variable den Wert 1 annimmt, untersuchen. Damit wird die prädiktive Eigenschaft der Variablen auf ein bestimmtes Ereignis und deren statistische Signifikanz überprüft.

Als abhängige Variable fungiert in diesem Fall die Frage nach einer Revision. Da die abhängige Variable in der binär logistischen Regressionsanalyse binär verteilt sein muss, wurden die Revisionen in die Kategorien „echte Revision“ und „nicht echte Revision“ unterteilt.

Als unabhängige Variablen wurden sämtliche Variablen getestet, die vorher in der Tabelle erhoben wurden.

In unserem Fall wird die Vorhersagewahrscheinlichkeit einer Variablen überprüft, ob die Patienten eine echte Revision erhalten haben (=Wert 1).

## 4 Ergebnisse

### 4.1. Stabilisierung vs. Dekompression

#### 4.1.1. Chi-Quadrat-Test

Zur Klärung der Hauptfragestellung wurde als erstes geprüft, ob zwischen der Art der Operation und durchgeführten Revisionen eine signifikante Korrelation besteht.

**Kreuztabelle**

Anzahl

		Revisionsoperation ja/nein		Gesamt
		Nein	Ja	
Stabilisierung ja/nein	Nein	49	8	57
	Ja	129	25	154
Gesamt		178	33	211

Tabelle 12: Kreuztabelle Stabilisierung / Revisionsoperation

**Chi-Quadrat-Tests**

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)
Pearson-Chi-Quadrat	,152 <sup>a</sup>	1	,696		
Kontinuitätskorrektur <sup>b</sup>	,031	1	,860		
Likelihood-Quotient	,155	1	,694		
Exakter Test nach Fisher				,832	,439
Zusammenhang linear-mit-linear	,152	1	,697		
Anzahl der gültigen Fälle	211				

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 8,91.

b. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

Tabelle 13: Chi-Quadrat Test Stabilisierung / Revisionsoperation

Der Chi-Quadrat-Test ergab, dass es keinen signifikanten Zusammenhang ( $p=0,832$ ) zwischen der Art der Operation und erfolgter Revision gab.

Im nächsten Schritt wurde getestet, ob zwischen der Art der Operation und der Art der durchgeführten Revisionen eine signifikante Korrelation besteht.

**Kreuztabelle**

Anzahl

		Revisionsgruppen				Gesamt
		Aufgrund unzureichender Therapie	Aufgrund von Komplikationen	Beides	Es gab keine Revision	
Stabilisierung ja/nein	Nein	5	2	1	49	57
	Ja	4	15	6	129	154
Gesamt		9	17	7	178	211

Tabelle 14: Kreuztabelle Stabilisierung / Revisionsgruppen

**Chi-Quadrat-Tests**

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)	Punkt-Wahrscheinlichkeit
Pearson-Chi-Quadrat	6,323 <sup>a</sup>	3	,097	,095		
Likelihood-Quotient	6,288	3	,098	,148		
Exakter Test nach Fisher-Freeman-Halton	5,714			,108		
Zusammenhang linear-mit-linear	,140 <sup>b</sup>	1	,708	,831	,437	,005
Anzahl der gültigen Fälle	211					

- a. 3 Zellen (37,5%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 1,89.  
 b. Die standardisierte Statistik ist -,374.

Tabelle 15: Chi-Quadrat Test Stabilisierung / Revisionsgruppen

Auch bei diesem Test ergab sich keine signifikante Korrelation ( $p=0,095$ ) zwischen der Art der Operation und der Art einer durchgeführten Revision.

#### 4.1.2. Binär logistische Regressionsanalyse

Es wurde geprüft, ob Patienten mit Spondylodese eine höhere Wahrscheinlichkeit haben, eine echte Revision zu erhalten und ob ein statistisch signifikanter Zusammenhang besteht.

**Codierungen kategorialer Variablen**

		Häufigkeit	Parametercodierung (1)
Stabilisierung ja/nein	Nein	57	,000
	Ja	154	1,000

**Variablen in der Gleichung**

		Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% Konfidenzintervall für EXP(B)	
								Unterer Wert	Oberer Wert
Schritt 1 <sup>a</sup>	Stabilisierung ja/nein(1)	-,527	,541	,948	1	,330	,590	,204	1,706
	Konstante	-2,140	,432	24,587	1	<,001	,118		

- a. In Schritt 1 eingegebene Variablen: Stabilisierung ja/nein.

Tabelle 16: Logistische Regressionsanalyse Stabilisierung

Das binomial logistische Regressionsmodell war statistisch nicht signifikant. Patienten ohne Stabilisierung haben eine 1,69 mal höhere Odds (1/0,590) eine Revision zu erhalten als Patienten, die stabilisiert wurden. Dieser Zusammenhang ist jedoch nicht statistisch signifikant ( $p=0,33$ ).

Nun wurden die restlichen Variablen ebenfalls auf statistische Signifikanz geprüft. Für jede der Variablen wurden sich die drei folgenden Fragen gestellt und mittels Chi-Quadrat-Test getestet.

1. Besteht eine signifikante Korrelation zwischen der zu testenden Variablen und der Art der durchgeführten Operation?
2. Besteht eine signifikante Korrelation zwischen der zu testenden Variablen und einer erfolgten Revision?
3. Besteht eine signifikante Korrelation zwischen der zu testenden Variablen und der Art der Revision?

Da im Chi-Quadrat-Test keine statistisch signifikante Korrelation einer Variablen auf eine mögliche Revision nachgewiesen werden konnte, wurden die Revisionen noch einmal vereinfacht unterteilt und die Variablen im logistischen Regressionsmodell erneut geprüft.

Es sollte geprüft werden, ob sich in diesem Modell für eine Variable eine prädiktive Signifikanz erweist, die vorher unbeobachtet blieb. Falls eine Variable einen Einfluss auf das Eintreten einer echten Revision hat, zeigt dieses Modell zudem an wie stark dieser Einfluss ist.

## 4.2. Geschlecht

### 4.2.1. Chi-Quadrat-Test

**Kreuztabelle**

Anzahl

		Stabilisierung ja/nein		Gesamt
		Nein	Ja	
Geschlecht	Männlich	17	52	69
	Weiblich	40	102	142
Gesamt		57	154	211

Tabelle 17: Kreuztabelle Geschlecht / Stabilisierung

**Chi-Quadrat-Tests**

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)
Pearson-Chi-Quadrat	,294 <sup>a</sup>	1	,588		
Kontinuitätskorrektur <sup>b</sup>	,142	1	,706		
Likelihood-Quotient	,297	1	,586		
Exakter Test nach Fisher				,624	,356
Zusammenhang linear-mit-linear	,292	1	,589		
Anzahl der gültigen Fälle	211				

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 18,64.

b. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

Tabelle 18: Chi-Quadrat Test Geschlecht / Stabilisierung

Es konnte kein signifikanter Zusammenhang ( $p=0,624$ ) zwischen dem Geschlecht und der Art der durchgeführten Operation nachgewiesen werden.

**Kreuztabelle**

Anzahl

		Revisionsoperation ja/nein		Gesamt
		Nein	Ja	
Geschlecht	Männlich	61	8	69
	Weiblich	117	25	142
Gesamt		178	33	211

Tabelle 19: Kreuztabelle Geschlecht / Revisionsoperation

### Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)
Pearson-Chi-Quadrat	1,272 <sup>a</sup>	1	,259		
Kontinuitätskorrektur <sup>b</sup>	,857	1	,355		
Likelihood-Quotient	1,328	1	,249		
Exakter Test nach Fisher				,315	,178
Zusammenhang linear-mit-linear	1,266	1	,261		
Anzahl der gültigen Fälle	211				

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 10,79.

b. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

Tabelle 20: Chi-Quadrat Test Geschlecht / Revisionsoperation

Es konnte kein signifikanter Zusammenhang ( $p=0,315$ ) zwischen dem Geschlecht und einer erfolgten Revision nachgewiesen werden.

### Kreuztabelle

Anzahl

		Revisionsgruppen				Gesamt
		Aufgrund unzureichender Therapie	Aufgrund von Komplikationen	Beides	Es gab keine Revision	
Geschlecht	Männlich	1	5	2	61	69
	Weiblich	8	12	5	117	142
Gesamt		9	17	7	178	211

Tabelle 21: Kreuztabelle Geschlecht / Revisionsgruppen

### Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)	Punkt-Wahrscheinlichkeit
Pearson-Chi-Quadrat	2,243 <sup>a</sup>	3	,524	,550		
Likelihood-Quotient	2,631	3	,452	,472		
Exakter Test nach Fisher-Freeman-Halton	2,014			,598		
Zusammenhang linear-mit-linear	1,280 <sup>b</sup>	1	,258	,252	,115	,014
Anzahl der gültigen Fälle	211					

a. 3 Zellen (37,5%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 2,29.

b. Die standardisierte Statistik ist -1,131.

Tabelle 22: Chi-Quadrat Test Geschlecht / Revisionsgruppen

Auch im dritten Test konnte kein signifikanter Zusammenhang ( $p=0,550$ ) zwischen dem Geschlecht und der Art der Revision nachgewiesen werden.

#### 4.2.2. Binär logistische Regressionsanalyse

Es wurde geprüft, ob Patienten eines bestimmten Geschlechts eine höhere Wahrscheinlichkeit haben, eine echte Revision zu erhalten und ob dieser Zusammenhang statistisch signifikant ist.

##### Codierungen kategorialer Variablen

Geschlecht	Häufigkeit		Parametercodierung (1)
	Männlich	Weiblich	
	69	142	,000
			1,000

##### Variablen in der Gleichung

Schritt 1 <sup>a</sup>	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% Konfidenzintervall für EXP(B)	
							Unterer Wert	Oberer Wert
Geschlecht(1)	,796	,658	1,463	1	,226	2,217	,610	8,054
Konstante	-3,091	,590	27,417	1	<,001	,045		

a. In Schritt 1 eingegebene Variablen: Geschlecht.

Tabelle 23: Logistische Regressionsanalyse Geschlecht

Das binomial logistische Regressionsmodell war statistisch nicht signifikant. Frauen haben eine 2,22 mal höhere Odds eine Revision zu erhalten als Männer. Dieser Zusammenhang ist jedoch nicht statistisch signifikant ( $p=0,226$ ).

## 4.3. Alter

### 4.3.1. Chi-Quadrat-Test

**Kreuztabelle**

Anzahl

		Stabilisierung ja/nein		Gesamt
		Nein	Ja	
Altersgruppe	<50	0	20	20
	50-70	21	74	95
	>70	36	60	96
Gesamt		57	154	211

Tabelle 24: Kreuztabelle Alter / Stabilisierung

**Chi-Quadrat-Tests**

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)	Punkt-Wahrscheinlichkeit
Pearson-Chi-Quadrat	13,917 <sup>a</sup>	2	<,001	<,001		
Likelihood-Quotient	18,810	2	<,001	<,001		
Exakter Test nach Fisher-Freeman-Halton	15,648			<,001		
Zusammenhang linear-mit-linear	13,630 <sup>b</sup>	1	<,001	<,001	<,001	,000
Anzahl der gültigen Fälle	211					

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 5,40.

b. Die standardisierte Statistik ist -3,692.

Tabelle 25: Chi-Quadrat Test Alter / Stabilisierung

Es besteht eine signifikante Korrelation ( $p < 0,001$ ) zwischen dem Alter und der Art der Operation. Die jüngeren Patienten in unserem Kollektiv wurden alle stabilisiert, während die Patienten mit zunehmendem Alter eher eine Dekompression erhalten haben.

**Kreuztabelle**

Anzahl

		Revisionsoperation ja/nein		Gesamt
		Nein	Ja	
Altersgruppe	<50	16	4	20
	50-70	80	15	95
	>70	82	14	96
Gesamt		178	33	211

Tabelle 26: Kreuztabelle Alter / Revisionsoperation

### Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)	Punkt-Wahrscheinlichkeit
Pearson-Chi-Quadrat	,371 <sup>a</sup>	2	,831	,855		
Likelihood-Quotient	,353	2	,838	,855		
Exakter Test nach Fisher-Freeman-Halton	,559			,788		
Zusammenhang linear-mit-linear	,303 <sup>b</sup>	1	,582	,662	,340	,098
Anzahl der gültigen Fälle	211					

a. 1 Zellen (16,7%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 3,13.

b. Die standardisierte Statistik ist -,550.

Tabelle 27: Chi-Quadrat Test Alter / Revisionsoperation

Es ergab sich jedoch keine signifikante Korrelation ( $p=0,855$ ) zwischen dem Alter und einer erfolgten Revision.

### Kreuztabelle

Anzahl

		Revisionsgruppen				Gesamt
		Aufgrund unzureichender Therapie	Aufgrund von Komplikationen	Beides	Es gab keine Revision	
Altersgruppe	<50	0	3	1	16	20
	50-70	3	10	2	80	95
	>70	6	4	4	82	96
Gesamt		9	17	7	178	211

Tabelle 28: Kreuztabelle Alter / Revisionsgruppen

### Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)	Punkt-Wahrscheinlichkeit
Pearson-Chi-Quadrat	6,590 <sup>a</sup>	6	,360	,351		
Likelihood-Quotient	7,465	6	,280	,346		
Exakter Test nach Fisher-Freeman-Halton	6,671			,287		
Zusammenhang linear-mit-linear	,295 <sup>b</sup>	1	,587	,648	,326	,010
Anzahl der gültigen Fälle	211					

a. 7 Zellen (58,3%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist ,66.

b. Die standardisierte Statistik ist ,543.

Tabelle 29: Chi-Quadrat Test Alter / Revisionsgruppen

Auch für die Art der durchgeführten Revision ergab sich für das Alter keine signifikante Korrelation ( $p=0,351$ ).

### 4.3.2. Binär logistische Regressionsanalyse

Es wurde geprüft, ob Patienten einer bestimmten Altersspanne eine höhere Wahrscheinlichkeit haben, eine echte Revision zu erhalten und ob dieser Zusammenhang statistisch signifikant ist.

#### Codierungen kategorialer Variablen

	Häufigkeit	Parameterkodierung	
		(1)	(2)
Altersgruppe <50	20	,000	,000
50-70	95	1,000	,000
>70	96	,000	1,000

#### Variablen in der Gleichung

Schritt 1 <sup>a</sup>		Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% Konfidenzintervall für EXP(B)	
								Unterer Wert	Oberer Wert
	Altersgruppe			1,947	2	,378			
	Altersgruppe(1)	,054	1,124	,002	1	,962	1,056	,117	9,558
	Altersgruppe(2)	,793	1,079	,540	1	,463	2,209	,267	18,311
	Konstante	-2,944	1,026	8,236	1	,004	,053		

a. In Schritt 1 eingegebene Variablen: Altersgruppe.

Tabelle 30: Logistische Regressionsanalyse Alter

Das binomial logistische Regressionsmodell war für keine Altersgruppe statistisch signifikant. Patienten zwischen 50 und 70 haben eine 1,056 mal höhere Odds eine Revision zu erhalten als Patienten unter 50. Dieser Zusammenhang ist jedoch nicht statistisch signifikant ( $p=0,962$ )

Patienten über 70 haben eine 2,209 mal höhere Odds eine Revision zu erhalten als Patienten unter 50. Dieser Zusammenhang ist jedoch nicht statistisch signifikant ( $p=0,463$ )

## 4.4. Grad der Spondylolisthesis

### 4.4.1. Chi-Quadrat-Test

**Kreuztabelle**

Anzahl

		Stabilisierung ja/nein		Gesamt
		Nein	Ja	
Grad der Olisthesis	Grad 1	55	113	168
	Grad 2 oder mehr	2	41	43
Gesamt		57	154	211

Tabelle 31: Kreuztabelle Olistheseegrad / Stabilisierung

**Chi-Quadrat-Tests**

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)
Pearson-Chi-Quadrat	13,699 <sup>a</sup>	1	<,001		
Kontinuitätskorrektur <sup>b</sup>	12,311	1	<,001		
Likelihood-Quotient	17,562	1	<,001		
Exakter Test nach Fisher				<,001	<,001
Zusammenhang linear-mit-linear	13,634	1	<,001		
Anzahl der gültigen Fälle	211				

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 11,62.

b. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

Tabelle 32: Chi-Quadrat Test Olistheseegrad / Stabilisierung

Es gibt einen signifikanten Zusammenhang ( $p < 0,001$ ) zwischen dem Grad der Spondylolisthesis und der Art der Operation. Hochgradige Spondylolisthesen wurden 10mal häufiger stabilisiert als Spondylolisthesen vom Grad 1 nach Meyerding.

**Kreuztabelle**

Anzahl

		Revisionsoperation ja/nein		Gesamt
		Nein	Ja	
Grad der Olisthesis	Grad 1	141	27	168
	Grad 2 oder mehr	37	6	43
Gesamt		178	33	211

Tabelle 33: Kreuztabelle Olistheseegrad / Revisionsoperation

### Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)
Pearson-Chi-Quadrat	,116 <sup>a</sup>	1	,733		
Kontinuitätskorrektur <sup>b</sup>	,011	1	,916		
Likelihood-Quotient	,119	1	,730		
Exakter Test nach Fisher				,818	,471
Zusammenhang linear-mit-linear	,116	1	,734		
Anzahl der gültigen Fälle	211				

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 6,73.

b. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

Tabelle 34: Chi-Quadrat Test Olisthesegrad / Revisionsoperation

Zwischen dem Grad der Spondylolisthesis und einer erfolgten Revision gab es jedoch keine signifikante Korrelation ( $p=0,818$ ).

### Kreuztabelle

Anzahl

		Revisionsgruppen				Gesamt
		Aufgrund unzureichender Therapie	Aufgrund von Komplikationen	Beides	Es gab keine Revision	
Grad der Olisthesis	Grad 1	8	15	4	141	168
	Grad 2 oder mehr	1	2	3	37	43
Gesamt		9	17	7	178	211

Tabelle 35: Kreuztabelle Olisthesegrad / Revisionsgruppen

### Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)	Punkt-Wahrscheinlichkeit
Pearson-Chi-Quadrat	3,452 <sup>a</sup>	3	,327	,316		
Likelihood-Quotient	3,257	3	,354	,482		
Exakter Test nach Fisher-Freeman-Halton	3,063			,351		
Zusammenhang linear-mit-linear	,124 <sup>b</sup>	1	,725	,659	,311	,015
Anzahl der gültigen Fälle	211					

a. 3 Zellen (37,5%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 1,43.

b. Die standardisierte Statistik ist ,352.

Tabelle 36: Chi-Quadrat Test Olisthesegrad / Revisionsgruppen

Auch zwischen der Art der Revision und dem Grad der Spondylolisthesis konnte keine signifikante Korrelation ( $p=0,316$ ) festgestellt werden.

#### 4.4.2. Binär logistische Regressionsanalyse

Es wurde geprüft, ob Patienten mit unterschiedlichem Spondylolisthesis-Grad eine höhere Wahrscheinlichkeit haben, eine echte Revision zu erhalten und ob dieser Zusammenhang statistisch signifikant ist.

Codierungen kategorialer Variablen			
		Häufigkeit	Parameterkodierung (1)
Grad der Olisthesis	Grad 1	168	,000
	Grad 2 oder mehr	43	1,000

Variablen in der Gleichung									
		Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% Konfidenzintervall für EXP(B)	
								Unterer Wert	Oberer Wert
Schritt 1 <sup>a</sup>	Grad der Olisthesis(1)	,288	,604	,227	1	,634	1,333	,408	4,360
	Konstante	-2,565	,300	73,308	1	<,001	,077		

a. In Schritt 1 eingegebene Variablen: Grad der Olisthesis.

Tabelle 37: Logistische Regressionsanalyse Olisthesegrad

Das binomial logistische Regressionsmodell war statistisch nicht signifikant. Patienten mit hochgradiger Olisthese haben eine 1,33 mal höhere Odds eine Revision zu erhalten als Patienten mit einer Olisthese Grad 1. Dieser Zusammenhang ist jedoch nicht statistisch signifikant ( $p=0,634$ ).

## 4.5. Zahl der operierten Segmente

### 4.5.1. Chi-Quadrat-Test

**Kreuztabelle**

Anzahl

		Stabilisierung ja/nein		Gesamt
		Nein	Ja	
Anzahl der Segmente	1 Segment	30	110	140
	2 Segmente oder mehr	27	44	71
Gesamt		57	154	211

Tabelle 38: Kreuztabelle Segmentzahl / Stabilisierung

**Chi-Quadrat-Tests**

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)
Pearson-Chi-Quadrat	6,584 <sup>a</sup>	1	,010		
Kontinuitätskorrektur <sup>b</sup>	5,769	1	,016		
Likelihood-Quotient	6,396	1	,011		
Exakter Test nach Fisher				,014	,009
Zusammenhang linear-mit-linear	6,552	1	,010		
Anzahl der gültigen Fälle	211				

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 19,18.

b. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

Tabelle 39: Chi-Quadrat Test Segmentzahl / Stabilisierung

Es gibt einen signifikanten Zusammenhang ( $p=0,014$ ) zwischen der Anzahl der Segmente und der Art der Operation. Monosegmental operierte Patienten wurden zu einem größeren Anteil stabilisiert als Patienten mit Operation auf einem Segment.

**Kreuztabelle**

Anzahl

		Revisionsoperation ja/nein		Gesamt
		Nein	Ja	
Anzahl der Segmente	1 Segment	119	21	140
	2 Segmente oder mehr	59	12	71
Gesamt		178	33	211

Tabelle 40: Kreuztabelle Segmentzahl / Revisionsoperation

### Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)
Pearson-Chi-Quadrat	,129 <sup>a</sup>	1	,719		
Kontinuitätskorrektur <sup>b</sup>	,025	1	,874		
Likelihood-Quotient	,128	1	,721		
Exakter Test nach Fisher				,694	,431
Zusammenhang linear-mit-linear	,128	1	,720		
Anzahl der gültigen Fälle	211				

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 11,10.

b. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

Tabelle 41: Chi-Quadrat Test Segmentzahl / Revisionsoperation

Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang ( $p=0,694$ ) zwischen der Anzahl der operierten Segmente und einer erfolgten Revision.

### Kreuztabelle

Anzahl		Revisionsgruppen				Gesamt
		Aufgrund unzureichender Therapie	Aufgrund von Komplikationen	Beides	Es gab keine Revision	
Anzahl der Segmente	1 Segment	6	13	2	119	140
	2 Segmente oder mehr	3	4	5	59	71
Gesamt		9	17	7	178	211

Tabelle 42: Kreuztabelle Segmentzahl / Revisionsgruppen

### Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)	Punkt-Wahrscheinlichkeit
Pearson-Chi-Quadrat	3,452 <sup>a</sup>	3	,327	,316		
Likelihood-Quotient	3,257	3	,354	,482		
Exakter Test nach Fisher-Freeman-Halton	3,063			,351		
Zusammenhang linear-mit-linear	,124 <sup>b</sup>	1	,725	,659	,311	,015
Anzahl der gültigen Fälle	211					

a. 3 Zellen (37,5%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 1,43.

b. Die standardisierte Statistik ist ,352.

Tabelle 43: Chi-Quadrat Test Segmentzahl / Revisionsgruppen

Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang ( $p=0,316$ ) zwischen der Anzahl der operierten Segmente und der Art der Revisionen.

#### 4.5.2. Binär logistische Regressionsanalyse

Es wurde geprüft, ob Patienten mit unterschiedlicher Anzahl an operierten Segmenten eine höhere Wahrscheinlichkeit haben, eine echte Revision zu erhalten und ob dieser Zusammenhang statistisch signifikant ist.

##### Codierungen kategorialer Variablen

		Häufigkeit	Parameterkodierung (1)
Anzahl der Segmente	1 Segment	140	,000
	2 Segmente oder mehr	71	1,000

##### Variablen in der Gleichung

		Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% Konfidenzintervall für EXP(B)	
								Unterer Wert	Oberer Wert
Schritt 1 <sup>a</sup>	Anzahl der Segmente(1)	,740	,523	2,001	1	,157	2,095	,752	5,839
	Konstante	-2,803	,364	59,278	1	<,001	,061		

a. In Schritt 1 eingegebene Variablen: Anzahl der Segmente.

Tabelle 44: Logistische Regressionsanalyse Segmentzahl

Das binomial logistische Regressionsmodell war statistisch nicht signifikant. Patienten mit polysegmentaler Operation haben eine 2,095 mal höhere Odds eine Revision zu erhalten als Patienten mit einer Spondylolisthese auf einem Segment. Dieser Zusammenhang ist jedoch nicht statistisch signifikant ( $p=0,157$ ).

## 4.6. Adipositas

### 4.6.1. Chi-Quadrat-Test

**Kreuztabelle**

Anzahl

		Stabilisierung ja/nein		Gesamt
		Nein	Ja	
Adipositas Ja/Nein	Nein	48	115	163
	Ja	9	39	48
Gesamt		57	154	211

Tabelle 45: Kreuztabelle Adipositas / Stabilisierung

**Chi-Quadrat-Tests**

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)
Pearson-Chi-Quadrat	2,152 <sup>a</sup>	1	,142		
Kontinuitätskorrektur <sup>b</sup>	1,644	1	,200		
Likelihood-Quotient	2,275	1	,132		
Exakter Test nach Fisher				,195	,098
Zusammenhang linear-mit-linear	2,142	1	,143		
Anzahl der gültigen Fälle	211				

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 12,97.

b. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

Tabelle 46: Chi-Quadrat Test Adipositas / Stabilisierung

Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang ( $p=0,195$ ) zwischen Adipositas und der Art der Operation.

**Kreuztabelle**

Anzahl

		Revisionsoperation ja/nein		Gesamt
		Nein	Ja	
Adipositas Ja/Nein	Nein	140	23	163
	Ja	38	10	48
Gesamt		178	33	211

Tabelle 47: Kreuztabelle Adipositas / Revisionsoperation

### Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)
Pearson-Chi-Quadrat	1,270 <sup>a</sup>	1	,260		
Kontinuitätskorrektur <sup>b</sup>	,812	1	,368		
Likelihood-Quotient	1,203	1	,273		
Exakter Test nach Fisher				,264	,182
Zusammenhang linear-mit-linear	1,264	1	,261		
Anzahl der gültigen Fälle	211				

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 7,51.

b. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

Tabelle 48: Chi-Quadrat Test Adipositas / Revisionsoperation

Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang ( $p=0,264$ ) zwischen Adipositas und einer erfolgten Revision.

### Kreuztabelle

Anzahl		Revisionsgruppen				Gesamt
		Aufgrund unzureichender Therapie	Aufgrund von Komplikationen	Beides	Es gab keine Revision	
Adipositas Ja/Nein	Nein	8	11	4	140	163
	Ja	1	6	3	38	48
Gesamt		9	17	7	178	211

Tabelle 49: Kreuztabelle Adipositas / Revisionsgruppen

### Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)	Punkt-Wahrscheinlichkeit
Pearson-Chi-Quadrat	4,025 <sup>a</sup>	3	,259	,252		
Likelihood-Quotient	3,774	3	,287	,396		
Exakter Test nach Fisher-Freeman-Halton	4,017			,234		
Zusammenhang linear-mit-linear	1,237 <sup>b</sup>	1	,266	,361	,178	,008
Anzahl der gültigen Fälle	211					

a. 3 Zellen (37,5%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 1,59.

b. Die standardisierte Statistik ist -1,112.

Tabelle 50: Chi-Quadrat Test Adipositas / Revisionsgruppen

Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang ( $p=0,252$ ) zwischen Adipositas und der Art der Revision.

#### 4.6.2. Binär logistische Regressionsanalyse

Es wurde geprüft, ob Patienten mit Adipositas eine höhere Wahrscheinlichkeit haben, eine echte Revision zu erhalten und ob dieser Zusammenhang statistisch signifikant ist.

##### Codierungen kategorialer Variablen

		Häufigkeit	Parametercodierung (1)
Adipositas Ja/Nein	Nein	163	,000
	Ja	48	1,000

##### Variablen in der Gleichung

		Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% Konfidenzintervall für EXP(B)	
								Unterer Wert	Oberer Wert
Schritt 1 <sup>a</sup>	Adipositas Ja/Nein(1)	,134	,602	,050	1	,823	1,144	,351	3,724
	Konstante	-2,532	,300	71,290	1	<,001	,079		

a. In Schritt 1 eingegebene Variablen: Adipositas Ja/Nein.

Table 51: Logistische Regressionsanalyse Adipositas

Das binomial logistische Regressionsmodell war statistisch nicht signifikant.

Patienten mit Adipositas haben eine 1,144 mal höhere Odds eine Revision zu erhalten als Patienten ohne Adipositas.

Dieser Zusammenhang ist jedoch nicht statistisch signifikant ( $p=0,823$ ).

## 4.7. Rauchen

### 4.7.1. Chi-Quadrat-Test

**Rauchen Ja/Nein \* Stabilisierung ja/nein  
Kreuztabelle**

Anzahl

		Stabilisierung ja/nein		Gesamt
		Nein	Ja	
Rauchen Ja/Nein	Nein	46	104	150
	Ja	11	50	61
Gesamt		57	154	211

Tabelle 52: Kreuztabelle Rauchen / Stabilisierung

**Chi-Quadrat-Tests**

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)	Punkt-Wahrscheinlichkeit
Pearson-Chi-Quadrat	3,511 <sup>a</sup>	1	,061	,086	,042	
Kontinuitätskorrektur <sup>b</sup>	2,899	1	,089			
Likelihood-Quotient	3,702	1	,054	,063	,042	
Exakter Test nach Fisher				,086	,042	
Zusammenhang linear-mit-linear	3,494 <sup>c</sup>	1	,062	,086	,042	,024
Anzahl der gültigen Fälle	211					

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 16,48.

b. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

c. Die standardisierte Statistik ist 1,869.

Tabelle 53: Chi-Quadrat Test Rauchen / Stabilisierung

Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang ( $p=0,086$ ) zwischen Rauchen und der Art der Operation.

**Rauchen Ja/Nein \* Revisionsoperation ja/nein  
Kreuztabelle**

Anzahl

		Revisionsoperation ja/nein		Gesamt
		Nein	Ja	
Rauchen Ja/Nein	Nein	126	24	150
	Ja	52	9	61
Gesamt		178	33	211

Tabelle 54: Kreuztabelle Rauchen / Revisionsoperation

### Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)	Punkt-Wahrscheinlichkeit
Pearson-Chi-Quadrat	,051 <sup>a</sup>	1	,821	,840	,502	
Kontinuitätskorrektur <sup>b</sup>	,000	1	,987			
Likelihood-Quotient	,052	1	,820	,840	,502	
Exakter Test nach Fisher				1,000	,502	
Zusammenhang linear-mit-linear	,051 <sup>c</sup>	1	,822	,840	,502	,163
Anzahl der gültigen Fälle	211					

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 9,54.

b. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

c. Die standardisierte Statistik ist -,225.

Tabelle 55: Chi-Quadrat Test Rauchen / Revisionsoperation

Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang ( $p=0,840$ ) zwischen Rauchen und erfolgter Revision.

### Rauchen Ja/Nein \* Revisionsgruppen Kreuztabelle

Anzahl		Revisionsgruppen				Gesamt
		Aufgrund unzureichender Therapie	Aufgrund von Komplikationen	Beides	Es gab keine Revision	
Rauchen Ja/Nein	Nein	8	11	5	126	150
	Ja	1	6	2	52	61
Gesamt		9	17	7	178	211

Tabelle 56: Kreuztabelle Rauchen / Revisionsgruppen

### Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)	Punkt-Wahrscheinlichkeit
Pearson-Chi-Quadrat	1,733 <sup>a</sup>	3	,630	,652		
Likelihood-Quotient	1,995	3	,573	,619		
Exakter Test nach Fisher-Freeman-Halton	1,657			,669		
Zusammenhang linear-mit-linear	,054 <sup>b</sup>	1	,817	,722	,384	,025
Anzahl der gültigen Fälle	211					

a. 4 Zellen (50,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 2,02.

b. Die standardisierte Statistik ist ,232.

Tabelle 57: Chi-Quadrat Test Rauchen / Revisionsgruppen

Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang ( $p=0,652$ ) zwischen Rauchen und Art der Revision.

#### 4.7.2. Binär logistische Regressionsanalyse

Es wurde geprüft, ob Raucher und Ex-Raucher eine höhere Wahrscheinlichkeit haben, eine echte Revision zu erhalten und ob dieser Zusammenhang statistisch signifikant ist.

##### Codierungen kategorialer Variablen

		Häufigkeit	Parameterkodierung (1)
Rauchen Ja/Nein	Nein	150	1,000
	Ja	61	,000

##### Variablen in der Gleichung

		Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% Konfidenzintervall für EXP(B)	
								Unterer Wert	Oberer Wert
Schritt 1 <sup>a</sup>	Rauchen Ja/Nein(1)	,607	,659	,847	1	,357	1,835	,504	6,680
	Konstante	-2,962	,592	25,023	1	<,001	,052		

a. In Schritt 1 eingegebene Variablen: Rauchen Ja/Nein.

Tabelle 58: Logistische Regressionsanalyse Rauchen

Das binomial logistische Regressionsmodell war statistisch nicht signifikant. Nichtraucher haben verglichen zu Rauchern eine 1,84 mal höher Odds eine Revision zu erhalten. Dieser Zusammenhang ist jedoch nicht statistisch signifikant ( $p=0,357$ ).

## 4.8. Vorerkrankungen

### 4.8.1. Chi-Quadrat-Test

**Vorerkrankungsgruppen \* Stabilisierung ja/nein Kreuztabelle**

Anzahl

		Stabilisierung ja/nein		Gesamt
		Nein	Ja	
Vorerkrankungsgruppen	Keine Vorerkrankung	13	33	46
	Eine Vorerkrankung	7	43	50
	2-3 Vorerkrankungen	20	48	68
	4 oder mehr Vorerkrankungen	17	30	47
Gesamt		57	154	211

Tabelle 59: Kreuztabelle Vorerkrankungen / Stabilisierung

**Chi-Quadrat-Tests**

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)	Punkt-Wahrscheinlichkeit
Pearson-Chi-Quadrat	6,528 <sup>a</sup>	3	,089	,089		
Likelihood-Quotient	7,020	3	,071	,076		
Exakter Test nach Fisher-Freeman-Halton	6,821			,076		
Zusammenhang linear mit-linear	1,979 <sup>b</sup>	1	,160	,167	,091	,022
Anzahl der gültigen Fälle	211					

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 12,43.

b. Die standardisierte Statistik ist -1,407.

Tabelle 60: Chi-Quadrat Test Vorerkrankungen / Stabilisierung

Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang ( $p=0,089$ ) zwischen der Anzahl der Vorerkrankungen und der Art der Operation.

**Kreuztabelle**

Anzahl

		Revisionsoperation ja/nein		Gesamt
		Nein	Ja	
Vorerkrankungsgruppen	Keine Vorerkrankung	41	5	46
	Eine Vorerkrankung	45	5	50
	2-3 Vorerkrankungen	56	12	68
	4 oder mehr Vorerkrankungen	36	11	47
Gesamt		178	33	211

Tabelle 61: Kreuztabelle Vorerkrankungen / Revisionsoperation

### Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)	Punkt-Wahrscheinlichkeit
Pearson-Chi-Quadrat	4,354 <sup>a</sup>	3	,226	,229		
Likelihood-Quotient	4,341	3	,227	,243		
Exakter Test nach Fisher-Freeman-Halton	4,146			,249		
Zusammenhang linear-mit-linear	3,733 <sup>b</sup>	1	,053	,061	,032	,011
Anzahl der gültigen Fälle	211					

a. 0 Zellen (0,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 7,19.

b. Die standardisierte Statistik ist 1,932.

Tabelle 62: Chi-Quadrat Test Vorerkrankungen / Revisionsoperation

Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang ( $p=0,229$ ) zwischen der Anzahl der Vorerkrankungen und erfolgter Revision.

### Kreuztabelle

Anzahl		Revisionsgruppen				Gesamt
		Aufgrund unzureichender Therapie	Aufgrund von Komplikationen	Beides	Es gab keine Revision	
Vorerkrankungsgruppen	Keine Vorerkrankung	1	3	1	41	46
	Eine Vorerkrankung	1	4	0	45	50
	2-3 Vorerkrankungen	3	7	2	56	68
	4 oder mehr Vorerkrankungen	4	3	4	36	47
Gesamt		9	17	7	178	211

Tabelle 63: Kreuztabelle Vorerkrankungen / Revisionsgruppen

### Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)	Exakte Sig. (zweiseitig)	Exakte Sig. (einseitig)	Punkt-Wahrscheinlichkeit
Pearson-Chi-Quadrat	10,154 <sup>a</sup>	9	,338	,340		
Likelihood-Quotient	10,470	9	,314	,438		
Exakter Test nach Fisher-Freeman-Halton	8,444			,459		
Zusammenhang linear-mit-linear	3,727 <sup>b</sup>	1	,054	,057	,028	,001
Anzahl der gültigen Fälle	211					

a. 11 Zellen (68,8%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 1,53.

b. Die standardisierte Statistik ist -1,931.

Tabelle 64: Chi-Quadrat Test Vorerkrankungen / Revisionsgruppen

Es gibt keinen signifikanten Zusammenhang ( $p=0,340$ ) zwischen der Anzahl der Vorerkrankungen und der Art der Revision.

#### 4.8.2. Binär logistische Regressionsanalyse

Es wurde geprüft, ob Patienten mit einer unterschiedlichen Anzahl an Vorerkrankungen eine höhere Wahrscheinlichkeit haben, eine echte Revision zu erhalten und ob dieser Zusammenhang statistisch signifikant ist.

**Codierungen kategorialer Variablen**

Vorerkrankungsgruppen	Keine Vorerkrankung	Häufigkeit	Parameterkodierung		
			(1)	(2)	(3)
	Keine Vorerkrankung	46	,000	,000	,000
	Eine Vorerkrankung	50	1,000	,000	,000
	2-3 Vorerkrankungen	68	,000	1,000	,000
	4 oder mehr Vorerkrankungen	47	,000	,000	1,000

**Variablen in der Gleichung**

Schritt 1 <sup>a</sup>	Vorerkrankungsgruppen	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95% Konfidenzintervall für EXP(B)	
								Unterer Wert	Oberer Wert
	Vorerkrankungsgruppen			7,310	3	,063			
	Vorerkrankungsgruppen (1)	-,801	1,242	,416	1	,519	,449	,039	5,124
	Vorerkrankungsgruppen (2)	,557	,859	,421	1	,517	1,746	,324	9,410
	Vorerkrankungsgruppen (3)	1,507	,821	3,372	1	,066	4,513	,904	22,539
	Konstante	-3,091	,723	18,278	1	<,001	,045		

a. In Schritt 1 eingegebene Variablen: Vorerkrankungsgruppen.

*Tabelle 65: Logistische Regressionsanalyse Vorerkrankungen*

Das binomial logistische Regressionsmodell war statistisch nicht signifikant.

Patienten ohne Vorerkrankungen haben Patienten mit einer Vorerkrankung gegenüber eine 2,28 mal höhere Odds eine Revision zu erhalten. Dieser Zusammenhang ist jedoch nicht statistisch signifikant ( $p=0,519$ )

Patienten mit 2-3 Vorerkrankungen haben eine 1,746 mal höhere Odds eine Revision zu erhalten als Patienten ohne Vorerkrankung. Dieser Zusammenhang ist jedoch nicht statistisch signifikant ( $p=0,517$ ).

Patienten mit 4 oder mehr Vorerkrankungen haben eine 4,513 mal höhere Odds eine Revision zu erhalten als Patienten ohne Vorerkrankung. Dieser Zusammenhang ist jedoch nicht statistisch signifikant ( $p=0,066$ ).

## 5 Diskussion

### 5.1. Diskussion von Material und Methoden

Es handelt sich bei dieser Arbeit um eine retrospektive Kohortenstudie. Diese Art der Studie wurde gewählt, da sie sich, wie in unserem Fall, besonders zur Beobachtung von seltenen Ereignissen eignet. Durch das retrospektive Format konnten bereits vorhandene Daten über einen länger zurückliegenden Zeitraum mit einbezogen und ausgewertet werden. So konnte auch sichergestellt werden, dass das Patientenkollektiv für die statistische Auswertung groß genug ist. Allgemein lässt sich bei dieser Form der Datenerhebung die Größe des Patientenkollektivs flexibel gestalten. Tozawa et al. konnten durch diese Form der Datenanalyse ein Patientenkollektiv von  $n=3863$  analysieren (48), wohingegen Park et al. für ihre Analyse nur ein Kollektiv von  $n=45$  benötigten (49). Zudem können anhand der Menge an erhobenen Daten mehrere Fragestellungen gleichzeitig beantwortet werden.

Ein weiterer Vorteil des retrospektiven Studiendesigns ist die unbeeinflusste Datenerhebung. Die Daten wurden ermittelt, ohne das Wissen über eine mögliche Verwendung in einer Studie. Dadurch sind die Daten unbeeinflusst und ohne mögliche Verzerrung erhoben worden. Im Allgemeinen spricht die große Übereinstimmung mit den meisten Studien dafür, dass die Daten dieser Studie sorgfältig dokumentiert, recherchiert und analysiert wurden.

Das Studiendesign hat jedoch auch seine Limitierung. Aufgrund der Monozentrität wurden nur Patienten der Universitätsmedizin Mainz untersucht, was die Pauschalisierung der Ergebnisse einschränkt. Andere retrospektive Arbeiten und META-Analysen arbeiteten dahingegen mit einem multizentrischen Patientenkollektiv (33, 48-56).

Außerdem gibt es in unserer Studie eine Unsicherheit über die Anzahl der Patienten die lost-to-follow-up sind. Es wurden keine Revisionsoperationen erfasst, die an einem anderen Haus oder nach dem Datum der Datenerfassung durchgeführt wurden. Zudem hat jedes Haus und jeder Operateur seine präferierte Operationsart, was besonders in Bezug auf das Ausmaß der durchgeführten Dekompression ein wichtiger Faktor sein kann.

Zum anderen bietet die Retrospektive der Studie verschiedene Einschränkungen. Es bestand nicht die Möglichkeit das subjektive Patientenbefinden prä- und postoperativ

anhand eines Fragebogens einzuholen. Des Weiteren musste sich auf die erhobenen Daten, deren Richtigkeit und Vollständigkeit in den vorliegenden Dokumenten verlassen werden.

Diese Probleme einer retrospektiven Analyse können durch eine Per-Protokoll-Analyse wie sie bei randomisiert kontrollierten Studien gängig ist umgangen werden (57). In diesen Fällen wird vor Studienbeginn ein Studienprotokoll angelegt und es werden nur Patienten in die abschließende Analyse aufgenommen, die das Protokoll wie geplant durchlaufen haben.

Zusätzlich unterlag unser Patientenkollektiv keiner Form der Randomisierung oder Verblindung, da es sich ausschließlich aus Patienten mit dem gleichen Merkmal (operative Therapie einer Spondylolisthesis) zusammensetzte. Auf die Zusammensetzung des Kollektivs hatten wir somit keine Kontrolle und Einwirkung. Einzig die Größe des Kollektivs wurde von uns bestimmt. Wir haben uns dafür entschieden, nur Patienten aufzunehmen, die zwischen 2014 und 2018 operiert wurden, da wir eine Größe von 211 Patienten für ausreichend hielten. Vergleichbare Studien verfügten meist über ein kleineres oder gleich großes Kollektiv (33, 47, 58).

Die Zusammensetzung in Alter und Geschlecht glich den meisten vergleichbaren Studien (33, 44, 47, 48, 50, 52-56, 58-62), weswegen eine Vergleichbarkeit des Patientenkollektivs in weiten Teilen gewährleistet war.

Betrachtet man das Studiendesign, ist eine retrospektive Kohortenstudie einer randomisierten kontrollierten Studie, wie sie von Försth et al., Austervoll et al. und Ghogawala et al. durchgeführt wurden, unterlegen (33, 47, 58).

Die aufgeführten META-Analysen analysierten die zu untersuchenden Studien anhand der PRISMA-Richtlinien (50-52, 54, 63).

Zur statistischen Auswertung entschieden wir uns für den Chi-Quadrat Test und die logistische Regressionsanalyse.

Der Chi-Quadrat Test mit Kreuztabellen ermöglichte uns eine Aussage über die relative Häufigkeit einer Variablen und deren mögliche Korrelation auf das zu untersuchende Ereignis. Diese statistische Methode fand zur Analyse von kategorialen Variablen auch in vielen anderen Studien Anwendung (33, 47, 49-51, 53, 56, 62). Da in vielen Studien außer kategorialen Variablen auch kontinuierliche Variablen ausgewertet wurden, kam hier ein t-Test zum Einsatz (33, 47, 53, 56, 62).

Um eine mögliche Kausalität einer Korrelation zu beweisen, wurde eine logistische Regressionsanalyse durchgeführt. Zudem ermöglicht dieses statistische Mittel eine Vorhersagewahrscheinlichkeit einer Variablen auf ein bestimmtes zu interessierendes Ereignis.

Die bivariat logistische Regressionsanalyse kann jedoch nur die Vorhersagewahrscheinlichkeit einer Variablen auf ein Ereignis testen. Mittels multipler logistischer Regression hätte auch die Vorhersagewahrscheinlichkeit mehrerer Variablen gleichzeitig getestet werden können. Da die Zahl der zu untersuchenden Ereignisse jedoch gering war und die Aussage einer multiplen Regression daher stark abgeschwächt gewesen wäre, wurde darauf verzichtet.

Nur wenige Studien wendeten das Mittel der logistischen Regressionsanalyse an. In diesen Studien wurde ein multivariates logistisches Regressionsmodell gewählt. Es handelte sich jedoch um Studien mit einer deutlich höheren Fallzahl als in unserer Studie, so dass von einem höheren prädiktiven Wert ausgegangen werden kann (45, 53, 55).

In der Auswahl der untersuchten Variablen sind im Vergleich zu anderen Studien Diskrepanzen aufgefallen. Zwar beschäftigten sich auch andere Studien mit der Revisionsquote der beiden Operationsmethoden (62). Es wurde jedoch deutlich, dass sich die Mehrzahl der Studien mit dem klinischen Outcome der Patienten, statt mit der Anzahl an Revisionsoperationen beschäftigten (33, 47, 49, 58). Die Revisionsquote als harter Outcome-Parameter führte in unserer Studie zu einer kleinen Fallzahl an beobachteten Ereignissen ( $n=33$ ). Dies schränkt zum einen die Möglichkeiten der statistischen Analyse ein und macht eine größere Zahl an Probanden erforderlich. Zum anderen ist die klinische Relevanz des subjektiven Patientenbefindens womöglich schwerer zu gewichten als das reine Erfolge einer Revisionsoperation.

Auch fiel auf, dass keine der anderen Studien eine Unterteilung anhand der Anzahl an Vorerkrankungen vornahm, sondern die relevanten Vorerkrankungen entweder separat oder den allgemeinen Patientenzustand anhand des ASA-Scores betrachteten (33, 47, 53, 55, 56, 58). Die Aussagekraft der reinen Anzahl an Vorerkrankungen über den Gesundheitszustand und damit über das Operations- oder Revisionsrisiko erscheint daher fraglich.

## 5.2. Diskussion der Hauptfragestellung

Die Hauptfragestellung beschäftigt sich mit der Frage, ob eine der beiden untersuchten Kollektive eine höhere Quote an Revisionsoperationen benötigte.

Die Revisionsquote in unserem gesamten Patientenkollektiv lag bei 15,6%, wobei sich die Revisionsquote in den beiden Untergruppen kaum unterschied (16,2% bei stabilisierten Patienten; 14% bei dekomprimierten Patienten). Die Nachbeobachtungszeit betrug 2 bis 6 Jahre. Die Daten wurden von Januar 2020 bis Juli 2021 erhoben und die Patienten wurden im Zeitraum von 2014-2018 erstmalig operiert. Jede Revision, die bis zum Zeitpunkt der Datenerhebung durchgeführt wurde, wurde erfasst.

Die Revisionsquote von 15,6% beinhaltet alle Reoperationen, die im Zusammenhang mit der ersten Operation im lumbalen Bereich durchgeführt wurden. Dies betrifft zum einen Operationen, die im direkten Zusammenhang mit dem Krankheitsprogress oder unzureichender Therapie standen. Zum anderen sind auch Operationen erfasst, die auf eine Komplikation (z.B. Wundinfektion, Schraubenfehlage) der ersten Operation zurückzuführen sind.

Die Revisionen wurden daher noch einmal in ihre verschiedenen Untergruppen unterteilt und am Ende in „echte Revision“ und „nicht echte Revision“ unterteilt. Hier lag die kumulative Revisionsquote bei 7,6%.

Aus unseren Daten ging keine Operationsart mit einer höheren Revisionsquote als die andere einher. Des Weiteren fanden sich weder im Chi-Quadrat-Test noch in der logistischen Regressionsanalyse eine statistisch signifikante Korrelation zwischen der Operationsart und den Revisionsgruppen, beziehungsweise der echten und nicht echten Revision.

Bezogen auf den Endpunkt einer Revisionsoperation war keine Operationsart der anderen überlegen.

Auffällig war jedoch, dass sich die beiden untersuchten Gruppen in ihrem Grund für die Revisionsoperation unterschieden. So wurden von den stabilisierten Patienten 60% (n=15) aufgrund von Komplikationen operiert, während es in der Gruppe der dekomprimierten nur 15% waren (n=2).

Dahingegen mussten 75% (n=6) der dekomprimierten Patienten aufgrund unzureichender Therapie revidiert werden, wohingegen dies bei den stabilisierten Patienten nur bei 40% (n=10) der Fall war.

Dies könnte darauf hindeuten, dass die dekomprimierten Patienten aufgrund des weniger invasiven Eingriffs weniger Komplikationen erlitten, es jedoch häufiger zu einer anschließenden Stabilisierung oder Redekompression gekommen sein könnte. Die stabilisierten Patienten hatten mehr Komplikationen, was auf die höhere Invasivität des Eingriffs, das Einbringen von Fremdmaterial, die längere Operationsdauer und die längere Liegezeit im Krankenhaus zurückzuführen sein könnte. Die Revisionen aufgrund unzureichender Therapie könnten mit einer Anschlussinstabilität nach Spondylodese erklärt werden.

Diese Zahlen decken sich weitestgehend mit einer Studie von Ahmad et al. von 2017 (62). Sie untersuchten in einer prospektiven Kohortenstudie 83 Patienten, die alle mit einer Dekompression behandelt wurden und stellten sich die Frage wie viele von diesen im Anschluss revidiert und stabilisiert wurden. Die Revisionsrate betrug insgesamt 17%, wovon 11% anschließend stabilisiert und 6% redekomprimiert wurden. Die Revisionsrate ist etwas höher als in unserem Kollektiv, allerdings hatte die Studie auch eine höhere Fallzahl an Patienten.

Bereits viele ältere, sowie aktuelle Studien - darunter hochqualitative randomisierte kontrollierte Studien, sowie große Meta-Analysen – gingen der Frage nach, ob eine zusätzliche Fusion einer alleinigen Dekompression tatsächlich überlegen sei.

Die meisten Studien beschäftigen sich als Endpunkt mit der Besserung des subjektiven Empfindens der Patienten. Dafür wurden in den meisten Studien prä- und postoperativ der Oswestry Disability Index (ODI) oder der SF-36-Score angewandt (33, 47, 55, 58).

Der ODI ist ein heute weit verbreiteter Fragebogen zur Beurteilung der Funktionalität und Lebensqualität bei Patienten mit Rückenschmerzen(64) .

Der SF-36 ist ein Fragebogen, der die gesundheitsbezogene Lebensqualität erfasst. Er wird jedoch im Gegensatz zum ODI allgemeiner angewandt und ist nicht speziell für Erkrankungen des Rückens entwickelt worden (65).

Es fanden sich jedoch auch einige Studien, welche die Revisionsquoten als sekundären Endpunkt miterfasst und analysiert haben.

Eine norwegische Studie von Austevoll et al. (33) aus dem Jahr 2021, ist eine von 3 hochqualitativen Studien die im „New England Journal of Medicine“ veröffentlicht wurde. Sie wurde durchgeführt, nachdem die Studien von Försth et al. (58) und Ghogawala et al. (47) aus dem Jahr 2016 zu widersprüchlichen Ergebnissen kamen.

Försth et al. kamen in ihrer Studie zu dem Schluss, dass es weder im ODI-Score noch im 6-Minuten-Gehtest einen signifikanten Unterschied zwischen dekomprimierten und stabilisierten Patienten gibt. Bei einer Nachbeobachtungszeit von 6,5 Jahren kamen sie auf eine Revisionsquote von 22% bei fusionierten Patienten und 21% bei dekomprimierten Patienten. Eine Revision definierten sie dabei als jede weitere Operation im lumbalen Bereich.

Im Widerspruch dazu stehen die Ergebnisse von Ghogawala et al., die in einer amerikanischen Studie 66 Patienten mit Spondylolisthesis Grad 1 untersuchten. Sie kamen zu einem signifikant höheren Anstieg des SF-36-Scores für stabilisierte Patienten bei einer Nachbeobachtungszeit von 4 Jahren. Auch die Reoperationsrate war bei dekomprimierten Patienten mit 34% signifikant höher als bei stabilisierten Patienten (14%). Diese Ergebnisse sind jedoch mit Vorsicht zu betrachten. Zum einen war die Nachbeobachtungsrate in dieser Studie mit 70% relativ gering. Zum anderen wurden die dekomprimierten Patienten mit einer Laminektomie und nicht mit einer partiellen Laminotomie therapiert. Durch die großflächige Wegnahme tragender Elemente des Wirbelkörpers kann es in höherem Maße zu einer postoperativen Instabilität kommen als bei minimalinvasiven Dekompressionen, die heutzutage der Standard sind.

Austevoll et al. untersuchten daraufhin in einer multizentrischen Studie 262 Patienten, die randomisiert in zwei Gruppen unterteilt wurden, wovon eine Gruppe dekomprimiert und die andere zusätzlich stabilisiert wurde. Als primären Endpunkt untersuchten sie 2 Jahre postoperativ die Verringerung im ODI um mindestens 30%. Hier glichen die Ergebnisse denen von Försth et al., die Dekompression war der Fusion nicht unterlegen. Im sekundären Endpunkt, der Reoperationsrate binnen 2 Jahren postoperativ, schnitt die Dekompression (12,5%) etwas schlechter ab als die

Stabilisierung (9,1%). Allerdings waren die Unterschiede nicht so gravierend wie in der Studie von Ghogawala et al.

Sie führten die Ergebnisse darauf zurück, dass eine Dekompression eine anschließende Stabilisierung oder Redekompression notwendig machen kann und dies etwas häufiger auftritt als eine sekundäre Operation bei Stabilisierung, welche in ihrer Studie bei Implantat Versagen, Schraubenfehlage oder Anschlussinstabilität notwendig war.

Martin et al. beschäftigten sich in ihrer 2007 veröffentlichten Studie mit der allgemeinen Frage, bei welchen Erkrankungen des Rückens eine Fusion der Dekompression bezüglich der Reoperationsrate überlegen sei (66). Sie fanden heraus, dass die Spondylolisthesis die einzige Diagnose war, bei der die Reoperationsrate nach Fusion niedriger war als nach alleiniger Dekompression. Die kumulative 11-Jahres-Inzidenz der Reoperationen lag bei einer Fusion bei 17,1%, während sie bei alleiniger Dekompression bei 28% lag.

Sato et al. veröffentlichten 2015 eine Studie, in der sie 163 Patienten über 5 Jahre beobachtet hatte, welche zwischen 2003 und 2008 operiert worden waren (67). Sie beobachteten eine signifikant höhere Inzidenz an Reoperationen bei Patienten, welche nur eine Dekompression erhalten hatten.

Vier META-Übersichtsstudien aus den Jahren 2018, 2019, 2021 und 2022 kamen wiederum zu widersprüchlichen Ergebnissen.

Dijkerman et al. fanden in ihrer Arbeit keine ausreichenden Belege dafür, dass eine zusätzliche Fusion bessere klinische Ergebnisse erzielt als eine alleinige Dekompression. Sie fanden dafür aber eine höhere Anzahl an Reoperationen bei dekomprimierten Patienten (54).

Zu demselben Ergebnis kamen Koenig et al., die bei Patienten mit alleiniger Dekompression eine höhere Revisionsrate, jedoch keine klinische Unterlegenheit gegenüber fusionierten Patienten feststellen konnten (52).

Wu et al. fanden dahingegen heraus, dass die Dekompression der Fusionierung weder in Bezug auf die Besserung von Kreuzschmerzen, Beinschmerzen, ODI, postoperative Komplikationen oder Revisionseingriffe unterlegen war (51).

In einer aktuellen Übersichtsarbeit von Pranata et al. wird wieder berichtet, dass die zusätzliche Fusion zu besseren klinischen Ergebnissen führt, die Revisionsrate in beiden Gruppen jedoch ähnlich ist (50).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Datenlage bis heute uneindeutig ist. Auch ist eine Vergleichbarkeit der Studien nicht immer gegeben. So geben viele Studien nicht an, welche Operationen sie als Revision mit einbezogen haben. Manche Studien haben eine Wundrevision als Komplikation aufgeführt, andere als Revision und andere haben dies nicht klar definiert.

Des Weiteren ist in den wenigsten Studien ersichtlich, welche Art der Dekompression durchgeführt wurde. Es macht den Anschein, dass in älteren Studien, als die vollständige Laminektomie noch der Goldstandard zur Dekompression war, eine signifikant höhere Revisionsrate zu verzeichnen war als in den neueren Studien.

Heutzutage wird eine Dekompression standardmäßig minimalinvasiv durchgeführt (68). Da bei dieser Technik größere Teile des Wirbelbogens erhalten bleiben ist die Stabilität des Wirbelkörpers in größerem Maße gesichert. Dies könnte ein Faktor sein, warum sich die Revisionsrate der beiden Gruppen in neueren Studien zunehmend angleicht.

Der klinische Nutzen der Fusion scheint in vielen Studien durch eine signifikant höhere Verringerung des ODI belegt zu sein.

Allerdings konnten alle Studien, die sich mit den folgenden Parametern beschäftigt haben, nachweisen, dass die Fusionsoperation mit einer längeren Operationsdauer, höherem Blutverlust und längerem Krankenhausaufenthalt verbunden ist. Dies ist in einer aktuellen Studie von Tozawa et al., die sich ausschließlich mit dem Outcome von Patienten mit einer Meyerding Grad 2 Spondylolisthesis beschäftigt haben, sehr gut beschrieben (48).

Es bleibt demnach stets eine individuelle Risiko-Nutzen-Abwägung, ob die höhere Invasivität des Eingriffs das bessere Outcome rechtfertigt.

Unsere Arbeit reiht sich zu den Studien, deren Ergebnisse keine Unterschiede in der Revisionsrate zeigen konnten. Betrachtet man die Art der Revision allerdings genauer, so zeigt sich in unserer Studie eine höhere Rate an Revisionen aufgrund unzureichender Therapie in der Dekompressions-Gruppe. Patienten, die eine Fusion erhalten haben, hatten dahingegen eine höhere Rate an Komplikationen zu

verzeichnen. Dies deckt sich weitestgehend mit der These, dass die Fusion bessere klinische Ergebnisse erzielen kann, es jedoch zwingend notwendig ist die Invasivität des Eingriffs mit dem individuellen Risikoprofil des Patienten abzuwägen.

Dies bedeutet jedoch auch, dass an der Universitätsmedizin Mainz der gleiche Standard in der Therapie der Spondylolisthesis zu finden ist, wie in der Literatur beschrieben.

Nachdem Chan et al. in ihrer Studie 2019 ähnlich deutliche Ergebnisse pro Fusion, wie Ghogawala et al. präsentierten (55), verfassten Chan und Ghogawala einen Brief der auf dem „Congress of Neurological Surgeons“ 2021 vorgestellt wurde (69). Sie stellten in diesem Brief die öffentliche Frage, ob „Decompression vs. Fusion“ für die Erkrankung der Spondylolisthesis die richtige Fragestellung sei. Sie regten vielmehr an, vermehrt Studien durchzuführen, welche die für eine Fusion am besten geeigneten Patienten identifizieren.

### **5.3. Diskussion der Nebenfragestellung**

Der Brief von Chan und Ghogawala führt zur Diskussion unserer Nebenfragestellungen. Wir wollten untersuchen, ob bestimmte Variablen einen Einfluss auf die Operationsart oder die Art und Rate der Revisionen nehmen, um dadurch ein mögliches Risikoprofil für die beiden Operationsarten zu erstellen.

#### **5.2.1. Geschlecht**

Unser Kollektiv bestand zu 67,3% aus weiblichen Patientinnen. Es konnte im Chi-Quadrat-Test kein signifikanter Zusammenhang zu Art der durchgeführten Operation, einer Revisionsoperation oder Art der Revisionsoperation nachgewiesen werden. Im logistischen Regressionsmodell ergab sich keine Vorhersagewahrscheinlichkeit für das Erwarten einer Revision.

In vergleichbaren Studien lag der Anteil an weiblichen Patientinnen zwischen 46% und 80%, wobei nur eine Studie einen Anteil unter 55% aufwies (33, 44, 47, 48, 50, 52-56, 58-62). Der mittlere Durchschnitt lag bei einem Anteil von 64,2% weiblichen Patientinnen.

In keiner der Studien wurde eine signifikante Korrelation zwischen dem Geschlecht und der Art der Operation oder dem Outcome nachgewiesen. Damit deckt sich unsere Datenlage mit den vorhandenen Studien.

Da es sich um eine Erkrankung der vornehmlich älteren Bevölkerung handelt, scheint es sich um die normale Demographie in dieser Altersstruktur in Deutschland zu handeln (70).

#### **6.2.2. Alter**

Das mittlere Alter unseres Kollektivs betrug 66,3 Jahre. Auch dies deckt sich mit der Altersstruktur der vorhandenen Literatur, in der ein mittleres Alter zwischen 64 und 70 Jahren beschrieben wird (33, 44, 47, 48, 50, 52-56, 58-62).

Während weder im Chi-Quadrat-Test noch in der logistischen Regressionsanalyse eine signifikante Korrelation zwischen Alter und Revision oder Art der Revision nachgewiesen werden konnte, so zeigte sich in unserer Studie aber eine Signifikanz in Bezug auf die Art der Operation. In der Unterteilung in drei Altersgruppen sank die

Rate an stabilisierten Patienten mit zunehmendem Alter ab. Die Kohorte der Patienten unter 50 Jahren wurden alle stabilisiert, während die älteren Patienten zunehmend eine reine Dekompression erhielten. Dies könnte der bereits beschriebenen Tatsache geschuldet sein, dass ein womöglich besserer Outcome der Stabilisierung mit der Invasivität des Eingriffs abgewogen werden muss. Bei jüngeren Patienten könnte es demnach der Fall sein, dass die Invasivität und die Risiken des Eingriffs, das bessere langfristige Outcome rechtfertigen. Bei älteren Patienten griff man dahingegen eher zu einer weniger invasiven Methode. Diese erzielt auch ausreichend gute Ergebnisse, man reduziert jedoch die Risiken, die ein invasiver Eingriff für alte Patienten darstellt und trägt auch der kürzeren Lebenserwartung dieser Kohorte Rechnung.

Dies deckt sich unter anderem mit der META-Analyse von Koenig et al., die 20 Studien in ihrer finalen Analyse berücksichtigten. Sie zeigten in ihrer Übersichtsstudie, dass die Patienten in der Fusionskohorte mit 60,6 Jahren signifikant jünger waren, als die Patienten in der Dekompressionskohorte (66,4 Jahre) (52).

In der Studie von Gerling et al. erwies sich ein niedrigeres Alter als Risikofaktor für eine Revisionsoperation (53). Die revidierten Patienten waren im Schnitt 3 Jahre jünger als Patienten, die keine Revision benötigten. Dies lässt sich womöglich mit der Tatsache erklären, dass Patienten, welche in jüngeren Jahren bereits eine Operation benötigten im Verlauf ihres Lebens eher eine Revision erhalten mussten als Patienten, die in hohem Alter erstmalig operiert wurden und zu diesem Zeitpunkt bereits eine signifikant niedrigere Lebenserwartung hatten.

#### **4.2.3. Grad der Spondylolisthesis**

79,6% der Patienten stellten sich mit einer Spondylolisthesis vom Meyerding Grad I vor, während 20,4% einen Grad II oder mehr aufwiesen. Der Grad des Abrutschens hatte keine Auswirkung auf das Eintreten einer Revision oder Art der Revision, jedoch sehr wohl auf die Art der Operation. So wurden die höhergradigen Spondylolisthesen zu 95% stabilisiert, während die Spondylolisthesen Grad I zu 67% stabilisiert wurden.

In der Kohorte von Ahmad et al. fanden sich 86% der Patienten mit einem Meyerding Grad I und 14% mit einem Meyerding Grad II. Sie beschrieben in ihren Ergebnissen

keine signifikante Korrelation zwischen dem Grad der Erkrankung und der Operationsart oder des Outcomes.

Viele andere Studien gaben für ihre Kohorte keinen Grad der Spondylolisthesis an. Diejenigen die es taten, nutzen nicht wie wir die Meyerding Klassifikation, sondern gaben den Grad des Gleitens in mm an. Sie definierten eine Spondylolisthesis demnach als ein Gleiten des cranialen Wirbels um 3mm gegenüber es sakralen Wirbels (33, 47, 58, 61). Aufgrund der sich unterscheidenden Klassifikation ist die Vergleichbarkeit zu unseren Daten eingeschränkt. Jedoch erwies sich das Ausmaß des Gleitens in keiner Studie als signifikante Variable für eine Revisionsoperation oder den klinischen Outcome.

Dazu passen die Ergebnisse von Tozawa et al., die sich als erste die Frage nach der Notwendigkeit einer zusätzlichen Stabilisierung nur an einer Kohorte mit Meyerding Grad II Patienten ansahen (48). Sie kamen zum Ergebnis, dass eine zusätzliche Fusionierung auch bei Patienten mit Grad II Spondylolisthesis keinen signifikant besseren klinischen Outcome erzielt als eine alleinige Dekompression. Auch die Revisionsrate war in beiden Kohorten ähnlich und unterschied sich somit nicht zu Patienten mit Grad I Spondylolisthesis.

#### **4.2.4. Zahl der operierten Segmente**

Unserer Studienkohorte bestand zu 66,4% aus Patienten, die eine Operation auf einem Segment benötigten, während 33,6% der Patienten auf 2 oder mehr Segmenten operiert wurden.

Es war auffällig, dass 79% der monosegmental operierten Patienten eine Stabilisierung erhielten, während es bei den polysegmental operierten nur 62% waren. Es bestand jedoch keine Korrelation zu einer benötigten Revision oder Art der Revision. Auch das logistische Regressionsmodell war in seiner prädiktiven Aussagekraft nicht signifikant.

Nur wenige Studien haben die Anzahl der operierten Segmente in ihren Studien angegeben.

Ahmad et al. untersuchten in ihrer Studie nur Patienten, die eine Dekompression erhalten hatten und stellten sich die Frage wie viele Patienten im Anschluss eine Spondylodese erhielten. Ihr Kollektiv bestand zu 71% aus Patienten mit einem oder zwei dekomprimierten Segmenten und zu 29% aus Patienten mit drei oder mehr dekomprimierten Segmenten. Sie wiesen nach, dass Patienten, die auf mehreren Ebenen dekomprimiert wurden, später weniger dazu neigten eine Fusion zu erhalten (62). Sie stellten die Hypothese auf, dass eine initial mehrstufige Dekompression im Verlauf eine Spondylodese weniger wahrscheinlich erforderlich macht.

Diese Ergebnisse könnten begründen, warum in unserem Patientenkollektiv Patienten mit polysegmentaler Dekompression eine geringere Rate an Stabilisierungen erhalten haben.

Zu einem anderen Ergebnis kommen Smorgick et al. in ihrer Studie. Sie verglichen die chirurgischen Ergebnisse und Komplikationen einer mehrstufigen Dekompression und einer einstufigen Fusion mit einer mehrstufigen Dekompression und einer mehrstufigen Fusion bei Patienten mit einer mehrstufigen lumbalen Stenose und einer einstufigen degenerativen Spondylolisthesis. Sie kamen zu dem Schluss, dass Dekompression und Fusion auf einer Ebene sowie Dekompression und Fusion auf mehreren Ebenen ähnliche Ergebnisse erzielen (71). Allerdings wurde in dieser Studie in allen Fällen mindestens ein Segment operiert. Außerdem wurde nicht die Notwendigkeit einer zukünftigen Spondylodese – und damit einer Revision - untersucht, sondern der postoperative Outcome in Form des ODI und SF-36. Daher lässt die Studie von Ahmad et al. möglicherweise eine bessere Vergleichbarkeit zu unseren Ergebnissen zu.

#### **4.2.5. Adipositas**

Der Anteil an adipösen Patienten betrug in unserem Kollektiv 22,7%. Entnommen wurde dies den Aufklärungsbögen der Anästhesie. In diesen stand jedoch nicht der errechnete BMI, sondern ob der Patient an einer Adipositas leidet oder nicht. Es konnte in der statistischen Auswertung keine signifikante Korrelation zu einer der Haupt- und Nebenfragestellungen gefunden werden. Eine Adipositas scheint somit weder einen Einfluss auf die gewählte Operationsmethode zu haben noch ein Risikofaktor oder Prädiktor für ein schlechteres Outcome oder eine Revision zu sein.

Dies deckt sich mit der vorhandenen Literatur. Die relevanten Studien haben für jeden Patienten den individuellen BMI errechnet, kamen jedoch auch zu dem Ergebnis, dass der BMI keinen Einfluss auf die Reoperationsrate oder das klinische Ergebnis zu nehmen scheint. Gerling et al., sowie Ghogawala et al. beschrieben dies in ihren Ergebnissen explizit (47, 53).

#### **4.2.6. Rauchen**

Die Rate an Rauchern war in unserem Kollektiv signifikant höher als in anderen Studien. Während wir einen Anteil von 28,9 % an Rauchern zu verzeichnen hatten, so berichteten andere Studien über eine Rate von 15-18,3% (33, 53, 55, 56, 58). Diese Differenz lässt sich wahrscheinlich dadurch erklären, dass wir in unserer Auswertung die Ex-Raucher dem Raucherkollektiv zugeteilt wurden.

Es ließ sich in unserer Arbeit keine Korrelation zwischen Rauchen und der erfolgten Operation, einer erfolgten Revision oder Art der erfolgten Revision nachweisen.

Auch in der Literatur finden sich keine Hinweise, dass das Rauchen ein negativer Einflussfaktor ist. Gerling et al. berichten explizit davon, dass Raucher kein höheres Risiko für eine Revision haben (53). Auch Studien, die sich vor allem mit dem klinischen Ergebnis der beiden Operationstechniken befassen, fanden keine Korrelation (33, 47, 58).

#### **4.2.7. Vorerkrankungen**

Es ergab sich in unserem Kollektiv eine sehr homogene Verteilung von Patienten mit keinen, wenigen oder mehreren Vorerkrankungen. Es ließ sich jedoch weder für die Art der Operation noch für eine erfolgte Revision oder Art der Revision eine signifikante Korrelation nachweisen.

Eine Unterteilung in die unterschiedliche Anzahl an Vorerkrankungen ließ sich in keiner weiteren Studie finden. Vielmehr untersuchten die meisten Studien entweder explizite Vorerkrankungen separat und/oder unterteilten die Patienten in die Kategorien ASA I - IV (33, 47, 53, 55, 56, 58). Da die Spondylolisthesis im Normalfall eine elektive Operation darstellt, die zum Ziel hat die Beschwerden des Patienten zu lindern und

eine bessere Lebensqualität zu gewährleisten, fielen keine Patienten in die Kategorien ASA V und VI (72).

Koexistierende Erkrankungen, die am meisten mitbetrachtet wurden, waren Diabetes Mellitus, Arterielle Hypertonie, Osteoporose und Depressionen.

Chan et al. berichten, dass ein Diabetes Mellitus mit einem schlechteren klinischen Outcome assoziiert ist (55).

Gerling et al. beschrieben, dass Diabetiker jedoch kein höheres Risiko für eine Revision zu haben scheinen (53).

In allen anderen Studien wurde nicht über eine weitere Korrelation zwischen Revision oder klinischem Outcome und einer bestimmten Vorerkrankung berichtet.

## 5.4. Limitationen der Arbeit und Ausblick

Im Prozess unserer Arbeit offenbarten sich bestimmte Limitationen. Dabei handelte es sich hauptsächlich um methodische Schwachpunkte.

Bei unserer Studie handelt es sich um eine monozentrische retrospektive Datenanalyse, welche dem Goldstandard einer multizentrischen prospektiven doppelverblindeten Studie unterlegen ist.

Daher wurde in unserer Studie mit der Frage nach erhaltenen Revisionen ein harter Outcome-Parameter gewählt, obwohl die Frage nach dem prä- und postoperativen Patientenbefinden klinisch wohl eine höhere Relevanz gehabt hätte.

Zudem war das Patientenkollektiv in bestimmten Fragestellungen leider zu klein, um eine belastbare Signifikanz im Ergebnis nachweisen zu können.

Somit konnte im univariaten logistischen Regressionsmodell für keine Variable eine statistische Signifikanz nachgewiesen werden. Es könnte jedoch sein, dass im multimodalen Modell eine Signifikanz sichtbar gewesen wäre.

Auf ein solches Modell wurde jedoch verzichtet, da es aufgrund der geringen Anzahl an Ereignissen (16 echte Revisionen) nicht aussagekräftig gewesen wäre.

Da auch die prädiktiven Werte der einzelnen Variablen gering waren, ist nicht davon auszugehen, dass ein Vorhersagemodell mit allen Variablen belastbare prädiktive Daten erbracht hätte.

Auch bei der Auswahl der Variablen „Vorerkrankungen“ mussten wir feststellen, dass der allgemeine Patientenzustand mittels ASA-Score ein klinisch relevanterer Parameter gewesen wäre als die reine Anzahl an Vorerkrankungen.

Unsere Arbeit reiht sich in eine Vielzahl von Studien ein, die untersucht haben, ob eine zusätzliche Fusionierung bei Spondylolisthesis der alleinigen Dekompression überlegen ist. Und, wie in vielen Studien zuvor, konnte diese Frage nicht abschließend beantwortet werden.

Es kann zur weiteren Klärung der Fragestellung empfohlen werden eine multizentrische prospektive Studie durchzuführen, welche vor allem auf genauer Identität der erhobenen Parameter und der durchgeführten Operationen beruht. Es sollte darauf geachtet werden, dass alle Patienten dieselbe Art der Dekompression erhalten, um eine Vergleichbarkeit der Daten sicherzustellen.

Des Weiteren schließen wir uns der Fragestellung von Chan und Ghogawala (69) an und bekräftigen, in verschiedenen Studien der Frage nachzugehen, welches Patientenprofil eher von einer Fusion und welches eher von einer Dekompression profitiert. Wir halten diese Fragestellung auf Grund der individuellen Risiko-Nutzen-Abwägung für zielführender als den direkten Vergleich der beiden Operationsmethoden.

## 6 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit soll das langfristige postoperative Outcome von Patienten mit stabiler Spondylolisthesis untersuchen. Es wurden zwei verschiedene Operationstechniken – die Dekompression ohne Spondylodese und die Dekompression mit Spondylodese – im Hinblick auf die Revisionsrate der jeweiligen Patientenpopulationen miteinander verglichen.

Dafür wurde eine retrospektive Kohortenstudie mit in der Neurochirurgie der Universitätsmedizin Mainz operierten Patienten durchgeführt. Als Endpunkt wurde festgelegt, ob eine der beiden Patientengruppen eine statistisch signifikant höhere Revisionsrate aufwies als die andere. Als Nebenfrage wurde überprüft, ob vorher festgelegte Variablen einen Einfluss auf die Revisionsrate, Art der Revision oder die Operationsmethode haben.

Die Hauptfragestellung konnte mittels Kreuztabellen, Chi-Quadrat-Test und Fishers Exact Test beantwortet werden. Um die Nebenfrage zu erörtern, wurde die Vorhersagewahrscheinlichkeit der einzelnen Variablen mittels binär logistischer Regressionsanalyse getestet.

Die methodische Analyse ergab, dass es keinen statistisch signifikanten Zusammenhang ( $p=0,832$ ) zwischen der Art der Operation und einer erfolgten Revision gab.

Es konnte nachgewiesen werden, dass sowohl Alter ( $p<0,001$ ), Grad der Spondylolisthesis ( $p<0,001$ ) und Anzahl der betroffenen Segmente ( $p=0,014$ ) einen statistisch signifikanten Zusammenhang mit der Operationsmethode aufweisen.

Ansonsten konnte für keine Variable ein signifikanter Zusammenhang auf Art der Operation, erforderliche Revision oder Art der erforderlichen Revision nachgewiesen werden.

Die Ergebnisse unserer Arbeit wurden im Anschluss mit der vorhandenen Literatur verglichen. Es zeigte sich eine große Deckungsgleichheit mit den Ergebnissen anderer Studien, wobei methodische Schwachpunkte in unserer Studie eingeräumt werden müssen.

Zur weiteren Klärung der Hauptfragestellung kann eine multizentrische prospektive Studie empfohlen werden. Wir regen jedoch an, sich vielmehr der Fragestellung zu widmen, welche Patientengruppe zusätzlich zur Dekompression von einer Fusion

profitiert. So kann der individuellen Risiko-Nutzen-Abwägung bei Patienten mit dieser Erkrankung Rechnung getragen werden.

## 7 Literaturverzeichnis

1. Schmidt C. Kosten von Rückenschmerzen in Deutschland. *manuelletherapie*. 2012;16(01):4-6.
2. Pöckler-Schöniger C, Wollanka H. Pathophysiologie, Neurologie und radiologische Diagnostik degenerativer lumbaler Wirbelsäulenerkrankungen. *Der Radiologe*. 2007;47(2):167-86.
3. Fachgesellschaften AdWM. Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (Internet)  
Nationale Versorgungsleitlinie Nicht-spezifischer Kreuzschmerz, 2. Auflage 2017, Version 12017 03.06.2022.
4. Fachgesellschaften AdWM. Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften  
S2k-Leitlinie Spezifischer Kreuzschmerz, letzte Aktualisierung: 26.01.20182017 03.06.2022.
5. Zilles K, Tillmann B. *Anatomie*. 1st ed. 2010 ed. Berlin, Heidelberg2010.
6. Stein G, Eysel P, Scheyerer MJ. *Wirbelsäule (E-Book)*. Stuttgart2019 31.05.2022.
7. Raj PP. Intervertebral disc: anatomy-physiology-pathophysiology-treatment. *Pain Pract*. 2008;8(1):18-44.
8. de Cuveland E, Eufinger H. Zur Klinik, Pathogenese und Ätiologie der Pseudospondylolisthesis. *Archiv für orthopädische und Unfall-Chirurgie, mit besonderer Berücksichtigung der Frakturenlehre und der orthopädisch-chirurgischen Technik*. 1952;45(2):107-21.
9. Wiltse LL. Classification, Terminology and Measurements in Spondylolisthesis. *The Iowa Orthopaedic Journal*. 1981;1:52-7.
10. Wittenberg RH, Willburger RE, Krämer J. Spondylolyse und Spondylolisthese. *Der Orthopäde*. 1998;27(1):51-63.
11. Letts M, Smallman T, Afanasiev R, Gouw G. Fracture of the pars interarticularis in adolescent athletes: a clinical-biomechanical analysis. *Journal of pediatric orthopedics*. 1986;6(1):40-6.
12. Konermann W, Sell S. Die Wirbelsäule-Eine Problemzone im Kunstturnhochleistungssport. *Sportverletzung· Sportschaden*. 1992;6(04):156-60.

13. Farfan HF, Gracovetsky S. The Nature of Instability. Spine. 1984;9(7):714-9.
14. Junghanns H. Spondylolisthesen ohne Spalt im Zwischengelenkstück. Archiv für orthopädische und Unfall-Chirurgie, mit besonderer Berücksichtigung der Frakturenlehre und der orthopädisch-chirurgischen Technik. 1931;29(1):118-27.
15. Rosenberg NJ. Degenerative spondylolisthesis. Predisposing factors. The Journal of bone and joint surgery American volume. 1975;57(4):467-74.
16. Wiltse LL, Newman PH, Macnab I. Classification of spondylolysis and spondylolisthesis. Clin Orthop Relat Res. 1976(117):23-9.
17. Fritsch EW. Spondylolisthesis. Der Orthopäde. 2003;32(4):340-61.
18. Meyerding HW. Spondylolisthesis. Surg Gynecol Obstet. 1932;54:371-7.
19. Koslosky E, Gendelberg D. Classification in Brief: The Meyerding Classification System of Spondylolisthesis. Clin Orthop Relat Res. 2020;478(5):1125-30.
20. Pearson A, Blood E, Lurie J, Tosteson T, Abdu WA, Hillibrand A, et al. Degenerative spondylolisthesis versus spinal stenosis: does a slip matter? Comparison of baseline characteristics and outcomes (SPORT). Spine. 2010;35(3):298-305.
21. Kalichman L, Hunter DJ. Diagnosis and conservative management of degenerative lumbar spondylolisthesis. European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society. 2008;17(3):327-35.
22. Schlenzka D. Spondylolisthesis in children and adolescents. Der Orthopäde. 1997;26(9):760-8.
23. Saifuddin A, White J, Tucker S, Taylor BA. Orientation of lumbar pars defects. The Journal of Bone and Joint Surgery British volume. 1998;80-B(2):208-11.
24. Watters WC, Bono CM, Gilbert TJ, Kreiner DS, Mazanec DJ, Shaffer WO, et al. An evidence-based clinical guideline for the diagnosis and treatment of degenerative lumbar spondylolisthesis†. The Spine Journal. 2009;9(7):609-14.
25. Hirschfelder H, editor CT-Diagnostik bei Wirbelgleiten. Erkrankungen des zervikookzipitalen Übergangs Spondylolisthesis Wirbelsäule in Arbeit und Beruf; 1988 1988//; Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
26. Steiger F, Becker HJ, Standaert CJ, Balague F, Vader JP, Porchet F, et al. Surgery in lumbar degenerative spondylolisthesis: indications, outcomes and

- complications. A systematic review. *European Spine Journal*. 2014;23(5):945-73.
27. Weinstein JN, Lurie JD, Tosteson TD, Hanscom B, Tosteson ANA, Blood EA, et al. Surgical versus Nonsurgical Treatment for Lumbar Degenerative Spondylolisthesis. *New England Journal of Medicine*. 2007;356(22):2257-70.
  28. Möller H, Hedlund R. Surgery Versus Conservative Management in Adult Isthmic Spondylolisthesis: A Prospective Randomized Study: Part 1. *Spine*. 2000;25(13):1711-5.
  29. Matsunaga S, Ijiri K, Hayashi K. Nonsurgically managed patients with degenerative spondylolisthesis: a 10- to 18-year follow-up study. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2000;93(2):194-8.
  30. Wood KB, Fritzell P, Dettori JR, Hashimoto R, Lund T, Shaffrey C. Effectiveness of spinal fusion versus structured rehabilitation in chronic low back pain patients with and without isthmic spondylolisthesis: a systematic review. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2011;36(21 Suppl):S110-9.
  31. Weinstein JN, Tosteson TD, Lurie JD, Tosteson A, Blood E, Herkowitz H, et al. Surgical versus nonoperative treatment for lumbar spinal stenosis four-year results of the Spine Patient Outcomes Research Trial. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35(14):1329-38.
  32. Akkawi I, Zmerly H. Degenerative Spondylolisthesis: A Narrative Review. *Acta bio-medica : Atenei Parmensis*. 2022;92(6):e2021313-e.
  33. Austevoll IM, Hermansen E, Fagerland MW, Storheim K, Brox JI, Solberg T, et al. Decompression with or without fusion in degenerative lumbar spondylolisthesis. *New England Journal of Medicine*. 2021;385(6):526-38.
  34. Jones TR, Rao RD. Adult isthmic spondylolisthesis. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2009;17(10):609-17.
  35. Ye Y-p, Chen D, Xu H. The comparison of instrumented and non-instrumented fusion in the treatment of lumbar spondylolisthesis: a meta-analysis. *European Spine Journal*. 2014;23(9):1918-26.
  36. Wang S-J, Han Y-C, Liu X-M, Ma B, Zhao W-D, Wu D-S, et al. Fusion techniques for adult isthmic spondylolisthesis: a systematic review. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. 2014;134(6):777-84.
  37. Hubbe U. Minimalinvasive Spondylodese über perkutanen Zugang mit tubulären Retraktoren. In: Jerosch J, editor. *Minimalinvasive*

- Wirbelsäulenintervention. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2019. p. 227-36.
38. McAfee PC, DeVine JG, Chaput CD, Prybis BG, Fedder IL, Cunningham BW, et al. The Indications for Interbody Fusion Cages in the Treatment of Spondylolisthesis: Analysis of 120 Cases. *Spine*. 2005;30(6S):S60-S5.
  39. Vinas-Rios JM, Arabmotlagh M, Rahim T, Schmidt S, Sellei RM, Rauschmann M. Stellenwert der interspinösen Implantate in der Therapie der lumbalen Spinalkanalstenose. *Der Orthopäde*. 2019;48(10):831-6.
  40. Whang PG, Vaccaro AR. Thoracolumbar fracture: posterior instrumentation using distraction and ligamentotaxis reduction. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2007;15(11):695-701.
  41. Kepler CK, Vaccaro AR, Hilibrand AS, Anderson DG, Rihn JA, Albert TJ, et al. National Trends in the Use of Fusion Techniques to Treat Degenerative Spondylolisthesis. *Spine*. 2014;39(19):1584-9.
  42. Kim CH, Chung CK, Choi Y, Kim M-J, Kim MJ, Shin S, et al. Increased Proportion of Fusion Surgery for Degenerative Lumbar Spondylolisthesis and Changes in Reoperation Rate: A Nationwide Cohort Study With a Minimum 5-Year Follow-up. *Spine*. 2019;44(5):346-54.
  43. Lønne G, Fritzell P, Hägg O, Nordvall D, Gerdhem P, Lagerbäck T, et al. Lumbar spinal stenosis: comparison of surgical practice variation and clinical outcome in three national spine registries. *The Spine Journal*. 2019;19(1):41-9.
  44. Diener H-C, Sure U. Reine Dekompression reicht meist aus. *InFo Neurologie + Psychiatrie*. 2022;24(2):20-1.
  45. Försth P, Michaëlsson K, Sandén B. Does fusion improve the outcome after decompressive surgery for lumbar spinal stenosis? A two-year follow-up study involving 5390 patients. *The bone & joint journal*. 2013;95(7):960-5.
  46. Ghogawala Z, Benzel EC, Amin-Hanjani S, Barker FG, Harrington JF, Magge SN, et al. Prospective outcomes evaluation after decompression with or without instrumented fusion for lumbar stenosis and degenerative Grade I spondylolisthesis. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2004;1(3):267-72.
  47. Ghogawala Z, Dziura J, Butler WE, Dai F, Terrin N, Magge SN, et al. Laminectomy plus Fusion versus Laminectomy Alone for Lumbar Spondylolisthesis. *New England Journal of Medicine*. 2016;374(15):1424-34.

48. Tozawa K, Matsubayashi Y, Kato S, Doi T, Taniguchi Y, Kumanomido Y, et al. Surgical outcomes between posterior decompression alone and posterior decompression with fusion surgery among patients with Meyerding grade 2 degenerative spondylolisthesis: A multicenter cohort study. 2022.
49. Park JH, Hyun S-J, Roh SW, Rhim SC. A comparison of unilateral laminectomy with bilateral decompression and fusion surgery in the treatment of grade I lumbar degenerative spondylolisthesis. *Acta Neurochirurgica*. 2012;154(7):1205-12.
50. Pranata R, Lim MA, Vania R, Bagus Mahadewa TG. Decompression Alone Compared to Decompression With Fusion in Patients With Lumbar Spondylolisthesis: Systematic Review, Meta-Analysis, and Meta-Regression. *International Journal of Spine Surgery*. 2022;16(1):71-80.
51. Wu J, Zhang J, Xu T, Pan Y, Cui B, Wei W, et al. The necessity or not of the addition of fusion to decompression for lumbar degenerative spondylolisthesis patients: A PRISMA compliant meta-analysis. *Medicine*. 2021;100(14):e24775-e.
52. Koenig S, Jauregui JJ, Shasti M, Jazini E, Koh EY, Banagan KE, et al. Decompression Versus Fusion for Grade I Degenerative Spondylolisthesis: A Meta-Analysis. *Global Spine J*. 2019;9(2):155-61.
53. Gerling MC, Leven D, Passias PG, Lafage V, Bianco K, Lee A, et al. Risk Factors for Reoperation in Patients Treated Surgically for Degenerative Spondylolisthesis: A Subanalysis of the 8-year Data From the SPORT Trial. *Spine*. 2017;42(20):1559-69.
54. Dijkerman ML, Overvest GM, Moojen WA, Vleggeert-Lankamp CLA. Decompression with or without concomitant fusion in lumbar stenosis due to degenerative spondylolisthesis: a systematic review. *European Spine Journal*. 2018;27(7):1629-43.
55. Chan AK, Bisson EF, Bydon M, Glassman SD, Foley KT, Potts EA, et al. A comparison of minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion and decompression alone for degenerative lumbar spondylolisthesis. *Neurosurgical Focus FOC*. 2019;46(5):E13.
56. Austevoll IM, Gjestad R, Solberg T, Storheim K, Brox JI, Hermansen E, et al. Comparative Effectiveness of Microdecompression Alone vs Decompression

- Plus Instrumented Fusion in Lumbar Degenerative Spondylolisthesis. *JAMA Network Open*. 2020;3(9):e2015015-e.
57. Ranganathan P, Pramesh C, Aggarwal R. Common pitfalls in statistical analysis: Intention-to-treat versus per-protocol analysis. *Perspectives in clinical research*. 2016;7(3):144.
  58. Försth P, Ólafsson G, Carlsson T, Frost A, Borgström F, Fritzell P, et al. A Randomized, Controlled Trial of Fusion Surgery for Lumbar Spinal Stenosis. *New England Journal of Medicine*. 2016;374(15):1413-23.
  59. Moayeri N, Rampersaud YR. Revision surgery following minimally invasive decompression for lumbar spinal stenosis with and without stable degenerative spondylolisthesis: a 5- to 15-year reoperation survival analysis. *Journal of Neurosurgery: Spine*. 2022;36(3):385-91.
  60. Minamide A, Yoshida M, Simpson AK, Nakagawa Y, Iwasaki H, Tsutsui S, et al. Minimally invasive spinal decompression for degenerative lumbar spondylolisthesis and stenosis maintains stability and may avoid the need for fusion. *The Bone & Joint Journal*. 2018;100-B(4):499-506.
  61. Inose H, Kato T, Yuasa M, Yamada T, Maehara H, Hirai T, et al. Comparison of Decompression, Decompression Plus Fusion, and Decompression Plus Stabilization for Degenerative Spondylolisthesis: A Prospective, Randomized Study. *Clinical spine surgery*. 2018;31(7):E347-E52.
  62. Ahmad S, Hamad A, Bhalla A, Turner S, Balain B, Jaffray D. The outcome of decompression alone for lumbar spinal stenosis with degenerative spondylolisthesis. *European Spine Journal*. 2017;26(2):414-9.
  63. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman D. Bevorzugte Report Items für systematische Übersichten und Meta-Analysen: Das PRISMA-Statement. *DMW-Deutsche Medizinische Wochenschrift*. 2011;136(08):e9-e15.
  64. Fairbank J, Couper J, Davies JB, O'Brien JP. The Oswestry low back pain disability questionnaire. *Physiotherapy*. 1980;66(8):271-3.
  65. Ware Jr JE. SF-36 health survey update. *Spine*. 2000;25(24):3130-9.
  66. Martin BI, Mirza SK, Comstock BA, Gray DT, Kreuter W, Deyo RA. Reoperation Rates Following Lumbar Spine Surgery and the Influence of Spinal Fusion Procedures. *Spine*. 2007;32(3):382-7.
  67. Sato S, Yagi M, Machida M, Yasuda A, Konomi T, Miyake A, et al. Reoperation rate and risk factors of elective spinal surgery for degenerative

- spondylolisthesis: minimum 5-year follow-up. *The Spine Journal*. 2015;15(7):1536-44.
68. Zhang J, Liu T-F, Shan H, Wan Z-Y, Wang Z, Viswanath O, et al. Decompression Using Minimally Invasive Surgery for Lumbar Spinal Stenosis Associated with Degenerative Spondylolisthesis: A Review. *Pain and Therapy*. 2021;10(2):941-59.
  69. Chan AK, Ghogawala Z, Mummaneni PV. Letter: Is “Decompression vs Fusion for Spondylolisthesis” the Right Question? *Neurosurgery*. 2022;90(2):e54.
  70. Bildung Bfp. Bevölkerung nach Altersgruppen und Geschlecht (Internet) 2020 [11.07.2022]. Available from: <https://www.bpb.de/kurz-knapp/zahlen-und-fakten/soziale-situation-in-deutschland/61538/bevoelkerung-nach-altersgruppen-und-geschlecht/>.
  71. Smorgick Y, Park DK, Baker KC, Lurie JD, Tosteson TD, Zhao W, et al. Single-versus multilevel fusion for single-level degenerative spondylolisthesis and multilevel lumbar stenosis: four-year results of the spine patient outcomes research trial. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38(10):797-805.
  72. Doyle DJ, Goyal A, Garmon EH. American Society of Anesthesiologists Classification. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing Copyright © 2022, StatPearls Publishing LLC.; 2022.