

Aus der Orthopädischen Klinik und Poliklinik  
der Universität Würzburg  
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. med. J. Eulert

**Deformität der kindlichen Wirbelsäule  
nach Mehrsegment-Laminotomien**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde der  
Medizinischen Fakultät  
der  
Bayerischen Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg  
vorgelegt von  
Harald Gloger  
aus Würzburg

Würzburg, April 2004

Referent: Privatdozent Dr. med. P. Raab  
Korreferent: Professor Dr. med. N. Sörensen  
Dekan: Professor Dr. med. S. Silbernagl

Tag der mündlichen Prüfung: 02. Februar 2005

Der Promovend ist Arzt.

## Inhaltsverzeichnis:

<b>1 Einleitung</b>	<b>Seite 1</b>
1.1 Gedanken zur Geschichte der Chirurgie der Wirbelsäule	Seite 1
1.2 Ätiologie und Epidemiologie operationsbezogener Wirbelsäulendeformitäten im Kindesalter	Seite 3
1.3 Zielsetzung	Seite 5
<b>2 Methodik</b>	<b>Seite 6</b>
2.1 Patientenkollektiv, Einschlusskriterien	Seite 6
2.1.1 Voruntersuchung	Seite 6
2.1.2 Diagnosen (Fehlbildungen, Tumoren)	Seite 6
2.2 Operationstechnik der Mehrsegment-Laminotomie	Seite 7
2.3 Evaluation	Seite 10
2.3.1 Zeitpunkt der Untersuchungen	Seite 10
2.3.2 Kriterien	Seite 11
2.3.2.1 Anamnese	Seite 11
2.3.2.2 Klinische Untersuchung	Seite 11
2.3.2.3 Röntgenuntersuchung	Seite 11

2.3.2.4 Definition der Kriterien für Deformität	Seite 12
2.3.2.4.a Asymmetrie	Seite 12
2.3.2.4.b Kyphose / Lordose	Seite 12
2.3.2.4.c Skoliose	Seite 12
2.3.2.5 Vergleich des Ausmaßes der prä- und postoperativen Deformität	Seite 13
2.3.2.6 Längsanalyse der Deformitäten-Inzidenz	Seite 15
2.3.2.7 Neurologische Symptomatik	Seite 15
2.4 Statistische Auswertung	Seite 16
2.4.1 Tukey-Kramer-Vergleichstest, $\chi^2$ -Test und exakter Fishertest	Seite 16
2.4.2 Kaplan-Meier-Schätzer	Seite 16
2.5 Vergleich mit laminektomierten Kindern	Seite 16
<b>3 Ergebnisse</b>	<b>Seite 17</b>
3.1 Patientenkollektiv	Seite 17
3.2 Operationstechnik der Mehrsegment-Laminotomie	Seite 20
3.3 Evaluationsparameter	Seite 22

3.3.1 Verteilung der Deformitäts-Kategorien	Seite 22
3.3.2 Statistische Analyse	Seite 23
3.3.3 Deformitäteninzidenz	Seite 30
3.3.4 Neurologische Symptomatik	Seite 31
3.3.5 Kaplan-Meier-Schätzer	Seite 34
3.4 Vergleich mit laminektomierten Kindern	Seite 36
3.4.1 Statistische Analyse der Deformitäten-Inzidenz	Seite 37
3.4.2 Wahrscheinlichkeit der Deformitäten	Seite 37
<b><u>4 Diskussion</u></b>	<b>Seite 39</b>
<b><u>5 Zusammenfassung</u></b>	<b>Seite 46</b>
<b><u>6 Referenzen</u></b>	<b>Seite 52</b>

## **1. Einleitung**

### **1.1 Gedanken zur Geschichte der Chirurgie der Wirbelsäule**

Operationen an der Wirbelsäule wurden schon seit dem Altertum durchgeführt. Im 7. Jahrhundert n. Chr. beschrieb der byzantinische Arzt Paulus von Aegina eine Operation an der Wirbelsäule, wobei aber weder Indikation noch Erfolg dieses Eingriffs überliefert sind.<sup>34</sup> Zu den ersten Veröffentlichungen über operative Therapien an der Wirbelsäule zählt ein Bericht aus dem vorletzten Jahrhundert, in dem Maydl 1884 eine Dekompression des Rückenmarks nach einem spinalen Trauma beschreibt.<sup>23</sup> Drei Jahre später erläuterten Govers und Forsley die Entfernung eines Tumors aus dem Spinalkanal. Seit dieser Zeit wurden die chirurgischen Techniken der Wirbelsäulenoperation stetig verfeinert und immer wieder auch die Indikation und die Folgen dieser Eingriffe diskutiert. In seinem Lehrbuch der Chirurgie schrieb Heinrich Braun (1862-1934) im Jahr 1910 beispielsweise: "Die komplizierten Methoden sind überflüssig geworden, seitdem sich die Besorgnis, dass die Wirbelsäule nach Wegnahme einiger Bögen ihren Halt verlieren würde, als irrig erwiesen hat. Die Erfahrung hat vielmehr gelehrt, dass unbedenklich vier und fünf, im Extremfalle sogar sieben Bögen reseziert werden können (...)."<sup>3</sup> Rückblickend lässt sich sagen, dass Braun mit dieser Aussage nicht recht hatte, denn selbst heute, über 90 Jahre später, sind komplizierte Operationsmethoden und eine zu beobachtende Deformität der Wirbelsäule trotz aufwendiger Nachsorge fester Bestandteil in der Behandlung von Patienten mit intraspinalen Wirbelsäulenproblemen. Noch 1973 fanden sich Aussagen in den damaligen Lehrbüchern, die, ähnlich wie Braun, die Laminektomie als unbedenklich einstufen, obwohl schon in zahlreichen Studien<sup>1,5,9,11</sup> auf Statikstörungen hingewiesen worden ist: " ...Die klinische Erfahrung hat gezeigt, dass bei einer Entfernung in diesem Ausmaß [drei bis vier Dornfortsätze mit ihren Bögen] statische Störungen der Wirbelsäule und Verbiegungen nicht auftreten. (...) Eher empfiehlt sich bei (...) adipösen Patienten die Entfernung von noch ein oder zwei zusätzlicher Wirbelbögen." <sup>37</sup>

Diese Aussagen treffen heute zumindest bezogen auf Operationen an der kindlichen Wirbelsäule ganz sicher nicht zu, denn gerade in der pädiatrischen Wirbelsäulen-Chirurgie liegt die Inzidenz der Deformität der Wirbelsäule nach Laminektomien häufig über 50%.<sup>8,22,30</sup>

Aufgrund dieser hohen Komplikationsrate beschrieben japanische Orthopäden und Neurochirurgen 1971 Alternativen zur herkömmlichen Laminektomie, die erst aufgrund der technischen Errungenschaft des chirurgischen Luftdruckbohrers 1970 möglich wurden: die Laminoplastik<sup>17,27</sup> bzw. die Laminotomie. 1975 stellte als erster westlicher Mediziner der Amerikaner Raimondi seine Laminotomie im Rahmen des Jahrestreffen der "American Association of Neurological Surgeons" vor.<sup>35</sup> Seither wurden vor allem im asiatischen und englischen Sprachraum neue Operationsmethoden publiziert, die sich vor allem in der Schnittführung bei der Laminotomie unterscheiden. Der Frage, ob sich die Inzidenz der Deformität der Wirbelsäule durch diese neuen Techniken tatsächlich erniedrigt, widmeten sich nur wenige Vergleichsstudien, die sich aber fast ausschließlich mit erwachsenen Patienten beschäftigten und vor allem die laminoplastische Dekompression betreffen.<sup>12,28,33</sup>

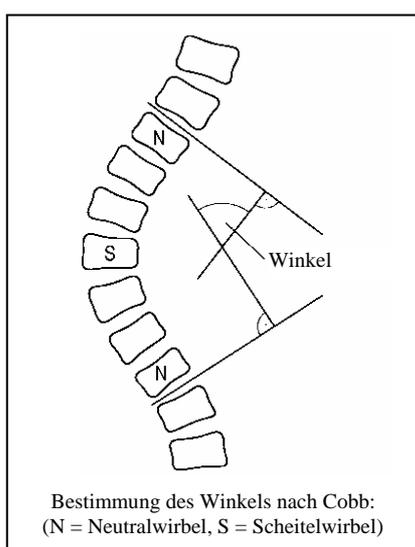
## 1.2 Ätiologie und Epidemiologie operationsbezogener Wirbelsäulendeformitäten im Kindesalter

Einer der wichtigsten Probleme im Rahmen der postoperativen Entwicklung von Kindern nach Wirbelsäuleneingriffen ist das Auftreten einer Deformität der Wirbelsäule.

Als Deformität wird der aus einer postnatal eintretenden verunstaltenden Formveränderung eines Körperabschnittes resultierenden Zustand bezeichnet. Diese kann als Skoliose und Kyphose bzw. Lordose auftreten.

Eine Skoliose ist eine dreidimensionale Deformität der Wirbelsäule. Im Vordergrund steht die Seitenausbiegung, die mit einer Änderung des sagittalen Profils (Steilstellung) sowie einer Rotation der Wirbelkörper einhergeht.<sup>31</sup> Eine Skoliose kann neben neurologischen Symptomen durch die Dehnung bzw. Kompression des Spinalkanals und der Nervenwurzeln auch zur Einengung von Organen im Thorakal- und Abdominalbereich führen.

Im Gegensatz dazu sind die Kyphose und Lordose eindimensionale Abweichungen in der Sagittalebene. Eine kyphotische bzw. lordotische Deformität liegt vor, wenn die dorsal-konvexe bzw. dorsal-konkave Krümmung der Wirbelsäule über das physiologische Maß hinausgeht, und damit zu einer



**Abb. 1: Winkelmessung von Wirbelsäulenkrümmungen nach Cobb anhand einer a.p.- (Skoliose) oder einer seitlichen (Lordose bzw. Kyphose) Röntgenaufnahme**

Beeinträchtigung der Bewegungssegmente führt. Eine Steilstellung der Wirbelsäule (Entlordosierung) wirkt noch besondere Probleme bezüglich der biomechanischen Schwingungsfähigkeit der Wirbelsäule auf.

Die physiologischen Maße der Wirbelsäulenkrümmungen sind, nach der Methode nach Cobb gemessen (siehe Abb. 1), für die Thorakal-kyphose etwa 20° bis 35° und für die Lendenlordose zwischen etwa 20° und 40°<sup>41, 46, 47, 49,</sup> der physiologische Status der Wirbelsäule in der Frontalebene ist das Lot (0° nach Cobb). Von einer geringgradigen Skoliose spricht man bei

Werten bis etwa 10° nach Cobb. Bei ca. 10° bis 25° nach Cobb liegt eine mittelgradige, bei ca. 25° bis 50° eine hochgradige Skoliose vor. Eine massive Skoliose beginnt bei 50° nach Cobb.

Eine Asymmetrie liegt vor, wenn bei der klinischen Untersuchung ein Schulterhochstand, ein Beckenschiefstand oder seitendifferente Taillendreiecke registriert werden.

Die Ursache für die Entstehung einer Deformität der kindlichen Wirbelsäule bleibt meist ungeklärt (etwa 85% der Fälle). Von den bekannten Ursachen einer Deformität der kindlichen Wirbelsäule stellen neben operativen Eingriffen an der Wirbelsäule intraspinale Prozesse, wie z.B. Tumore, sowie neuromuskuläre Dysbalancen oder kongenitale Skelettanlagefehler die Häufigsten dar. Außerdem können systemische Gründe, wie z.B. endokrinologische Erkrankungen oder selten einmal die Folgen einer Radiochemotherapie als mögliche Ursache für Formveränderungen der Wirbelsäule in Betracht kommen.

Häufigste Indikationen zu Dekompressionseingriffen an der Wirbelsäule von Kindern sind intraspinale Tumore (Abb. A1 im Anhang) und spinalkanalstenosierende Anlage- bzw. Entwicklungsfehler (knöchernen Fehlbildungen, Meningocelen). Weitere Indikationen sind intraspinale Entwicklungsstörungen (z.B. Syringomyelie) oder selten auch inflammatorische Prozesse (Myelitis).

### **1.3 Zielsetzung**

Ziel dieser Arbeit ist es, die klinischen Ergebnisse nach einer Mehrsegment-Laminotomie bei Kindern zu beurteilen und im Vergleich als Alternativmethode zur „Laminektomie“ bezüglich der postoperativen Entwicklung von Deformitäten bzw. deren Progredienz zu bewerten. Desweiteren sollen Risikofaktoren herausgearbeitet werden, die die Ausbildung von Deformitäten begünstigen.

## **2. Methodik**

### **2.1 Patientenkollektiv, Einschlusskriterien**

Von Oktober 1985 bis September 1997 wurden in der Neurochirurgischen Klinik der Universität Würzburg 86 Patienten (47 Mädchen und 38 Knaben) im Alter von 10 Tagen bis 13 Jahren 9 Monate (Median: 2,3 Jahre) über mindestens zwei Segmente laminotomiert. In diese Studie eingeschlossen wurden alle Kinder, die jünger als 14 Jahre zum Zeitpunkt der Operation waren und entweder wegen eines Tumors oder wegen einer Fehlbildung operiert wurden. Vom Studienkollektiv von 86 Kindern wurden für diese Studie 16 Patienten ausgeschlossen: 3 Patienten sind vor Ablauf des ersten postoperativen Jahres verstorben, 5 Kinder sind unbekannt verzogen und bei 8 Patienten war bis zum Studienende noch keine 12-Monats-Kontrolle möglich. Somit konnten 70 Patienten (81,4%) in dieser Studie erfasst werden, 39 Mädchen und 31 Jungen.

#### **2.1.1 Voruntersuchung**

Die präoperativen orthopädischen und neurologischen Befunde der Patienten wurden retrospektiv aus den Patientenakten der beteiligten Kliniken (Orthopädische Klinik, Klinik für Neurochirurgie, Kinderklinik der Universität Würzburg) entnommen. Desweiteren wurden Auffälligkeiten der präoperativen kindlichen Entwicklung notiert.

#### **2.1.2 Diagnosen**

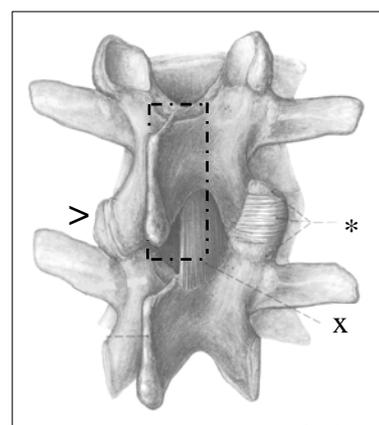
Von den 70 Kindern wurden 35 Kinder wegen einer kongenitalen Fehlbildung der Wirbelsäule und 35 Kinder wegen eines intraspinalen Tumors operiert.

## 2.2 Operationstechnik der Mehrsegment-Laminotomie, Nachbehandlung

Bis zur Einführung des chirurgischen Luftdruckbohrers etwa um 1970 war die **Laminektomie** (Entfernung des *Arcus vertebrae*) der einzig etablierte Zugang, um von dorsal zum offenen Rückenmark zu gelangen. Bei der Laminektomie werden nach Abpräparation der paravertebralen Muskulatur die Dornfortsätze mit einer Zange entfernt, die *Ligamenta flava* und *interspinalia* scharf durchtrennt und schließlich die Wirbelbögen (*Arcus vertebrae*) der jeweiligen Segmente herausgesägt. Aufgrund dieser traumatisierenden Vorgehensweise ist ein Wiedereinsetzen der einzelnen *Laminae* nicht mehr möglich.

Die Verwendung von **Hochgeschwindigkeitsbohrern** während chirurgischer Eingriffe am Knochen eröffnete dem Operateur neue Möglichkeiten. Mit Hilfe dieses Instrumentes kann Knochensubstanz millimetergenau und in beliebigen Formen bearbeitet werden. Mit der Möglichkeit des Abfräßen des Knochens auf bestimmte Schichten und des Schneidens des ausgedünnten Knochens mit geringstmöglicher Traumatisierung entwickelte sich die **Laminotomie**. Bei der Laminotomie entfernt der Operateur die Wirbelbögen der entsprechenden Etagen, um im Intraspinalraum operieren zu können und setzt den Knochen wieder exakt so ein, dass die ursprüngliche Anatomie wiederhergestellt wird: Zuerst werden nach der Methode nach Raimondi die Wirbelbögen von ligamentären und muskulären Strukturen freipräpariert. Hierbei ist darauf zu achten, dass das Periost und die *Ligamenta interspinalia* unversehrt bleiben. Dann wird mit einem chirurgischen Bohrer die Dissektion des *Arcus vertebra* mit pinselstrichartigen Bewegungen entlang der geplanten Linie medial der *Articulationes zygoapophysiales* durchgeführt.

Weder die Gelenke noch die kapsulären Bänder werden hierbei verletzt (Abb. 2). Ebenso wird auf der Gegenseite verfahren.



**Abb. 2:** *Articulatio zygoapophysialis* (>) und deren ligamentäre Kapselstrukturen (\*); *Ligamentum flavum* (x), Sektionslinie (- · - ·) am Beispiel der LWS

Anschließend wird das *Ligamentum interspinosum* zwischen dem am weitesten caudal liegenden dissezierten und dem nächsten (intakten) Bogen mit einem Skalpell scharf durchtrennt. Sobald in den Spinalkanal vorgedrungen wird oder epidurales Fett heraustritt, wird die scharfe Dissektion entlang der knöchernen Inzisure weiter fortgeführt, so dass die *Ligamenta flava* beiderseits in Weiterführung der longitudinalen intersegmentären Laminotomie geschlitzt werden (Abb. 3). Der so entstandene "**laminar flap**" bleibt mit seinem oberen Ende an dem nächst höheren

Wirbel über das *Ligamentum interspinosum* in Verbindung.

Um nun das Rückenmark zugänglich zu machen, wird dieser "laminar flap" nach cranio-lateral weggehalten, wobei er für die gesamte Operationsdauer warm und feucht gehalten werden muss.

Nach dem Verschluss der

*Dura mater* und damit dem Ende der intraspinalen Operation, wird der "laminar flap" wieder in seine anatomische Position gebracht. Über symmetrisch angeordnete Bohrungen werden die jeweiligen Bogen-Teilstücke wieder an die korrespondierenden Wirbelbogenanteile genäht und die *Ligamenta interspinalia* ebenfalls wieder aneinander adaptiert (Abb. 4). Da die Traumatisierung des Knochens bei der Verwendung eines Bohrers noch immer relativ hoch ist,

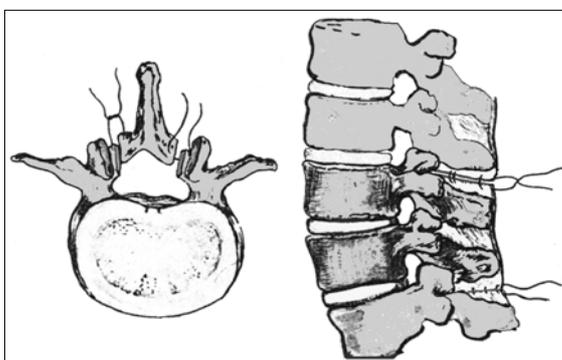


Abb. 4: Transossäre Fixation des Arcus vertebrae (li.), Adaptation der *Ligamenta interspinalia* (re.)

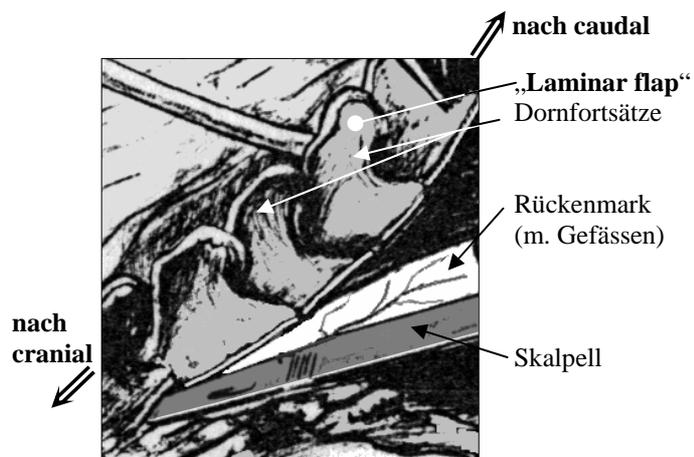


Abbildung 3: Durchtrennen der *Ligg. flava* zur Bildung des cranial gestielten laminar flaps.

verwendet die Neurochirurgische Klinik der Universität Würzburg als einzige Modifikation der Raimondi-Methode anstelle des Hochgeschwindigkeitsbohrers zur Laminotomie eine **oszillierende Säge** mit einer Blattstärke von 0,5 Millimeter.

Ziel der postoperativen Behandlung ist die Vermeidung einer Deformität oder Instabilität der Wirbelsäule durch eine knöcherne Durchbauung der Laminae. Nach einer Woche Bettruhe wurde den Patienten in der Orthopädischen Klinik ein Rumpfgips für 6 Wochen angepasst. Anschließend wurde der Rumpfgips abgenommen und gegen ein angepasstes Korsett getauscht, das in manchen Fällen zur Körperpflege und zur Bettruhe abgenommen werden durfte.

## **2.3 Evaluation**

### **2.3.1 Zeitpunkt der Untersuchungen**

Bei allen Patienten wurde anhand der stationären Krankenakten der präoperative Status erhoben. Hierzu wurde ein Untersuchungsbogen entworfen, mit dessen Hilfe der orthopädische, neurologische und der pädiatrische Status erfasst wurde.

Eine klinische und radiologische Kontrolle erfolgte nach 12 Monaten und zum Zeitpunkt der aktuellsten Nachuntersuchung. Anhand der Veränderung des postoperativen Befundes zum präoperativen Befund wurde jeder Patient einer Deformitäts-Kategorie (A-D) und entsprechend seiner Operationsindikation einer Diagnosegruppe (FB= Fehlbildung oder TU= Tumore) zugeteilt:

Patienten der Deformitäts-Kategorie A wiesen prä- und postoperativ keine Deformität auf. Eine postoperativ unveränderte oder verminderte Deformität kennzeichnet Patienten der Deformitäts-Kategorie B. Zeigte sich postoperativ eine neu aufgetretene Deformität, so wurde der Patient in Deformitäts-Kategorie C eingeteilt. Patienten der Deformitäts-Kategorie D wiesen präoperativ eine Deformität auf und erfuhren postoperativ eine Progredienz dieser Deformität (Tab. 1).

**Tab. 1: Einteilung der Patienten in die Deformitäts-Kategorien A-D anhand klinischer und radiologischer Befunde**

	<b>Befund präoperativ</b>	<b>Befund postoperativ</b>
Deformitäts-Kategorie A	keine Deformität	keine Deformität
Deformitäts-Kategorie B	vorhandene Deformität	unverändert oder besser
Deformitäts-Kategorie C	keine Deformität	neu aufgetretene Deformität
Deformitäts-Kategorie D	vorhandene Deformität	progrediente Deformität

### **2.3.2 Kriterien**

Die Nachuntersuchungen der Kinder wurden von einem einzigen Untersucher durchgeführt und in einem standardisierten Bogen erfasst.

#### **2.3.2.1 Anamnese**

Das meist mit den Eltern geführte anamnestische Gespräch beinhaltete vor allem Fragen nach der allgemeinen kindlichen Entwicklung und abweichendem, auffälligem Verhalten. Schmerzäußerungen der Kinder, Episoden von vermehrtem Stolpern und Hinfallen im Sinne einer Koordinationsstörung fanden ebenso Eingang in die Befundung, wie Probleme mit der Miktion oder der Defäkation als Hinweise für eine spinale Problematik.

#### **2.3.2.2 Klinische Untersuchung**

Bei der klinischen Untersuchung wurde neben der allgemeinen kindlichen Entwicklung das Gangbild bzw. die altersentsprechende Fortbewegungsweise beobachtet. Die passive Beweglichkeit der Wirbelsäule und der Extremitäten, die Sensibilität von Körperstamm und Extremitäten als auch die allgemeine Motorik bildeten weitere Schwerpunkte der klinischen Untersuchung.

#### **2.3.2.3 Röntgenuntersuchung**

Zu den entsprechenden Untersuchungszeitpunkten wurde ein Röntgenbild der Wirbelsäule in zwei Ebenen (a.p. und seitlich) angefertigt (s.a. Abb. A2 im Anhang).

### **2.3.2.4 Definition der Kriterien für Deformität**

#### **2.3.2.4.a Asymmetrie**

Bei den Untersuchungen wurden als Ausdruck einer Asymmetrie des entsprechenden Wirbelsäulenabschnittes folgende Auffälligkeiten dokumentiert: ein Schulterschiefstand bzw. Torticollis für das Vorliegen einer zervikalen, seitendifferente Taillendreiecke als Hinweis auf eine thorakale und ein Beckenschiefstand als Zeichen für eine lumbale Asymmetrie. Hierbei wurde nur das Vorliegen einer Ungleichheit dokumentiert, nicht das Ausmaß.

#### **2.3.2.4.b Kyphose / Lordose**

Thorakale kyphotische bzw. lordotische Veränderungen wurden anhand der klinischen und der radiologischen Untersuchung beurteilt, wobei eine hochgradige (>60° nach Cobb) und eine mittelgradige Kyphose (ca. 55°-60° nach Cobb) bzw. eine hochgradige (<5° nach Cobb; Steilstellung) und eine mittelgradige Lordose (ca. 5°-10° nach Cobb) unterschieden wurden. Konnte bei der klinischen Untersuchung keine auffällige Deformität festgestellt werden, wurde anhand der Röntgenaufnahme eine physiologische Schwingung (20°-35° nach Cobb) von einer geringgradigen Kyphose (35°-55° nach Cobb) bzw. Lordose (10°-20° nach Cobb) unterschieden.

#### **2.3.2.4.c Skoliose**

Auch skoliotische Veränderungen wurden anhand der klinischen Untersuchung eingeteilt. Eine im Stehen erkennbare Skoliose mit deutlichem Rippenbuckel wurde als massive, eine im Stehen sichtbare Skoliose ohne nennenswerten Rippenbuckel als hochgradige Skoliose bezeichnet, wobei eine nur bei Rumpfvorbeuge sichtbare Skoliose als mittelgradige Skoliose bewertet wurde. Konnte bei der klinischen Untersuchung keine Skoliose erkannt werden, wurde anhand der Röntgenaufnahme eine physiologische Schwingung von einer radiologisch feststellbaren geringgradigen Skoliose unterschieden. Das

Ausmaß der Skoliose wurde zusätzlich nach der Methode nach Cobb am Röntgenbild ausgemessen (s. Abb. 1): Es wurde eine massive (ab etwa 50° n. Cobb), eine hochgradige (25°-50° n. Cobb), eine mittelgradige (10°-25° n. Cobb, s. Abb. A2) und eine geringgradige Skoliose (bis etwa 10° n. Cobb) unterschieden.

### **2.3.2.5 Vergleich des Ausmaßes der prä- und postoperativen Deformität**

In Anlehnung an die "Erhebungskriterien der Japanese Orthopedic Association (JOA) zur Beurteilung neurologischer Störungen"<sup>28</sup>, wurde ein Score entworfen, der Veränderungen einer Deformität bzw. einer Asymmetrie beurteilt (Tab. 2). Gemäss der JOA wurden die Ergebnisse des präoperativen sowie des postoperativen Tests in eine Formel eingesetzt. Das Ergebnis D dieser Formel gibt die prozentuale Änderung des Befundes wieder.

$$\text{Qualitätsindex D(\%)} = \frac{\text{Punkte postOP} - \text{Punkte präOP}}{(24) - \text{Punkte präOP}}$$

Dieses Ergebnis wurde basierend auf dem Qualitätsindex D in fünf Qualitäts-Intervalle eingeteilt:

D >	75%:	ausgeprägte Verbesserung
D =	50%-75%:	deutliche Verbesserung
D =	20%-49%:	leichte Verbesserung
D =	0%-19%:	unveränderter Befund
D <	0%:	verschlechterter Befund

**Tab. 2: Beurteilung der Asymmetrie, Kyphose bzw. Lordose und Skoliose in Graden, je Wirbelsäulenabschnitt in Punkten**

	Punkte pro Wirbelsäulenabschnitt (zervikal, thorakal, lumbal)				
	0	1	2	3	4
Asymmetrie	ja*	nein*			
Kyphose bzw. Lordose	3°	2°	1°	phys.	
Skoliose	4°	3°	2°	1°	phys.

Zu Tab. 2:

\*=betrifft das Vorhandensein einer Deformität, nicht das Ausmaß

phys.= physiologische Schwingung

1°= geringgradige Deformität (s.o.)

2°= mittelgradige Deformität (s.o.)

3°= hochgradige Deformität (s.o.)

4°= nur Skoliose: massive skoliotische Deformität

Gemäss unter Punkt 2.3.2.4 erläuterten Kriterien zur Beurteilung einer Deformität ergibt sich folgendes Punkteverteilungssystem:

#### Kriterien für **Asymmetrie**:

- Schulterschiefstand bzw. Torticollis als Ausdruck einer zervikalen Asymmetrie
- Ungleiche Taillendreiecke als Zeichen einer thorakalen Asymmetrie
- Beckenschiefstand als Zeichen einer lumbalen Asymmetrie

**Maximale Punktzahl = 3 Punkte**

#### Kriterien für **Kyphose bzw. Lordose**:

- Klinisch im Stehen erkennbar = hochgradige Kyphose = 0 Punkte
- Klinisch in Bewegung erkennbar = mittelgradige Kyphose = 1 Punkt

- nur radiologisch feststellbar = geringgradige Kyphose oder Steilstellung = 2 Punkte
- keine Abweichung feststellbar = physiologische Schwingung = 3 Punkte

**Maximale Punktzahl = 9 Punkte**

Kriterien für **Skoliose**:

- massive Skoliose (s.o.) = 0 Punkte
- hochgradige Skoliose (s.o.) = 1 Punkt
- mittelgradige Skoliose (s.o.) = 2 Punkte
- nur radiologisch nachweisbar = geringgradige Skoliose (s.o.) = 3 Punkte
- keine Skoliose = physiologische Schwingung = 4 Punkte

**Maximale Punktzahl = 12 Punkte**

#### **2.3.2.6 Längsanalyse der Deformitäten-Inzidenz**

Um nicht nur die aktuelle klinische Situation der Patienten vor Augen zu haben, sondern auch die Entwicklung der Kinder bezüglich der Deformität beurteilen zu können, wurde bei allen Kindern noch eine Analyse der klinisch-orthopädischen Entwicklung durchgeführt. Hierbei wurde sowohl bei den Nachuntersuchungen, als auch durch das Studium der Patientenakten erkundet, zu welchem postoperativen Zeitpunkt der Patient eine Deformität (Skoliose, Kyphose oder Kyphoskoliose) aufwies. Die Ergebnisse für jedes postoperative Jahr wurden mit dem Kaplan-Meier-Schätzer<sup>15</sup> analysiert.

#### **2.3.2.7 Neurologische Symptomatik**

Bei allen Patienten wurde sowohl prä- als auch postoperativ eine neurologische Untersuchung durchgeführt, deren Befunde dokumentiert wurden.

## **2.4 Statistische Auswertung**

### **2.4.1 Tukey-Kramer-Vergleichstest, $\chi^2$ -Test und exakter Fishertest**

Zur statistischen Auswertung wurden der  $\chi^2$ -Test, der exakte Fisher-Test und der Tukey-Kramer-Mehrfach-Vergleichstest verwendet. Wurden Medianwerte miteinander verglichen, wurde der Tukey-Kramer-Mehrfach-Vergleichstest verwendet. Beim Vergleich von Gruppen wurde der  $\chi^2$ -Test und zur Bestätigung der zweiseitige exakte Fishertest benutzt.

Signifikante Ergebnisse ( $p > 0,05$ ) wurden mit einem Stern (\*) markiert, hochsignifikante Ergebnisse ( $p < 0,01$ ) wurden mit zwei Sternen (\*\*) markiert.

### **2.4.2 Kaplan-Meier-Schätzer**

Mit dem Kaplan-Meier-Schätzer wurde eine Zeitentwicklungskurve zur Deformitätenentwicklung und die theoretische Wahrscheinlichkeit zur Entwicklung einer Deformität errechnet.

## **2.5 Vergleich mit laminotomierten Kindern**

Um zu beurteilen, ob die Laminotomie eine Alternative zur Laminektomie darstellt, die signifikant bessere Ergebnisse ( $\chi^2$ -Test) erwarten lässt, wurden die Ergebnisse dieser Studie mit Ergebnissen früherer Studien zur Deformitäten-Inzidenz bei laminotomierten Kindern verglichen.

Hierzu wurden die Ergebnisse früherer Studien zur Deformitäten-Inzidenz bei laminotomierten Kindern aufgearbeitet und zusammengefasst. Die daraus entstandene Vergleichsgruppe beinhaltete 330 Kinder. Die beiden Kriterien bei der Auswahl der Studien waren erstens eine Patientenzahl  $n > 10$ , um Einzelfalldarstellungen auszuschließen, und zweitens ein maximales Patientenalter von 18 Jahren.

### **3. Ergebnisse**

#### **3.1 Patientenkollektiv**

##### **Altersverteilung:**

Der Median des Operationsalters lag bei 2 Jahren und 5 Monaten (Spanne: von 10 Tagen bis 13 Jahre und 10 Monate), das Durchschnittsalter betrug 4 Jahre und 2 Monate.

##### **Altersverteilung innerhalb der Gruppen:**

Für die 35 Kinder, die aufgrund einer Fehlbildung operiert wurden (Gruppe FB), errechnet sich ein Durchschnittsalter von 3 Jahren 3 Monaten, der Median liegt bei einem Jahr und 8 Monaten. Der jüngste Patient war zum Zeitpunkt der Operation 10 Tage alt, die älteste Patientin 13 Jahre und 8 Monate.

Der Altersmedian der 35 Kinder, die wegen eines Tumors operiert werden mussten (Gruppe TU), lag bei 3 Jahren und 4 Monaten (von 10 Tagen bis 13 Jahre und 10 Monate; Durchschnitt: 5 Jahre und 1 Monate) (Tab. 3).

**Tab. 3: Altersverteilung der Patienten zum Zeitpunkt der Operation**

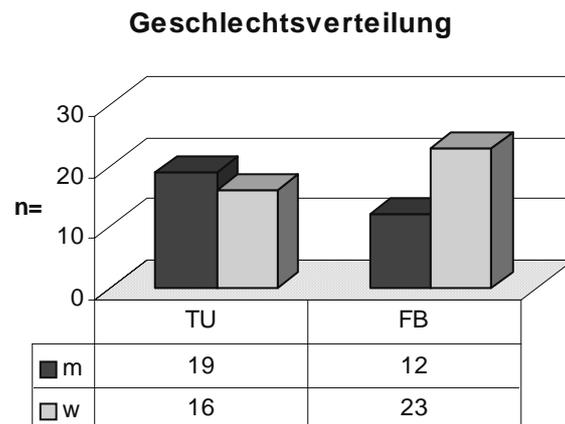
<b>OP-Alter</b>	<b>FB</b>	<b>TU</b>	<b>gesamt</b>
min.	10 Tage	10 Tage	10 Tage
<b>med.</b>	<b>1,6 Jahre</b>	<b>3,3 Jahre</b>	<b>2,4 Jahre</b>
max.	13,6 Jahre	13,7 Jahre	13,7 Jahre

FB=Fehlbildung; TU=Tumor;  
min.=Minimum; med.=Median; max.=Maximum

##### **Geschlechtsverteilung:**

Mit 23 Mädchen war das weibliche Geschlecht in der Gruppe FB deutlich stärker vertreten, als das männliche mit 12 Personen. In der Gruppe TU lag mit

16 Mädchen und 19 Knaben  
eine gleichmäßige Geschlechtsverteilung vor  
(Abb.5).



**Abb.5: Verteilung des Geschlechtes innerhalb der Gruppen.**  
m=männlich, w=weiblich,  
TU=Gruppe der Kinder mit Tumoren,  
FB=Gruppe der Kinder mit Fehlbildungen.

### Diagnosenverteilung:

Je 35 Kinder wurden wegen eines Tumors oder wegen einer Fehlbildung operiert.

Die Operationsindikationen bei den Kindern mit Fehlbildungen stellten sich wie folgt dar: 8 Patienten mit Myelocelen, 9 mit Dermalsinus, 14 mit intraspinalen Lipomen, 3 zystische intraspinale Veränderungen und 1 Patient mit einer embryonalen Fehlbildungsanlage (Teratom).

In der Gruppe TU war das Astrozytom mit seinen 4 Subtypen mit 20 von 35 Kindern (= 57,1%) die häufigste Diagnose. Die genaue Verteilung der verschiedenen Tumoren im Studienkollektiv ist in Tabelle 4 ersichtlich.

**Tab. 4: Verteilung der Tumor-Typen und Subtypen bei den Patienten der Tumor-Gruppe**

Tumor-Typ	Subtyp	n=
Astrozytom	I° (pilozyt. Astrozytom)	10
	II°	6
	III°	3
	IV° (Glioblastom)	1
B-Zell-Lymphom	hochmaligne	1

Forts. Tab. 4:

Tumor-Typ	Subtyp	n=
Ependymom	II°	1
	IV°	1
Gangliogliom		2
Neurinom		1
Neuroblastom	III°	1
	IV°	2
Neurofibrom		1
Neurofibrosarkom		2
Primitiver neuroendothelialer Tumor (PNET)		1
Teratom		2
insgesamt=		35

**Nachuntersuchung:**

Alle 70 Patienten wurden etwa 1 Jahr postoperativ (Spanne: 11 bis 18 Monate) nachuntersucht.

Eine weitere Nachuntersuchung wurde im Durchschnitt nach 3 Jahren und 3 Monaten durchgeführt (Spanne: 11 Monate bis 10 Jahre 7 Monate). Der Median des Nachuntersuchungszeitpunkt für alle Kinder lag bei 2 Jahren und 8 Monaten. Tabelle 5 zeigt alle zeitlichen Daten der Nachuntersuchungen insgesamt und innerhalb der Gruppen.

Tab.5: Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung

[Jahre]	FB	TU	gesamt
Minimum	1	1	1
Median	2,3	2,9	2,6
Durchschnitt	2,6	3,7	3,1
Maximum	10,5	8,9	10,5

### 3.2 Operationstechnik der Mehrsegment-Laminotomie

Es wurden alle 70 Patienten nach der in Punkt 2.2 erläuterten Standardtechnik an mindestens zwei Wirbelbögen laminotomiert.

#### **Nachoperationen:**

Insgesamt wurden von allen (n=70) Kindern 16 Kinder (22,9%) revidiert, 5 davon zweimal.

Aus der Gruppe FB (n=35) mussten sich 4 Kinder (11,4%) einer zweiten Operation unterziehen. Ein Kind (2,9%) wurde zweimal nachoperiert.

Aus der Gruppe TU (n=35) mussten sich 7 Kinder (20,0%) einer Nachoperation unterziehen. 4 Kinder (11,4%) wurden zweimal nachoperiert.

#### **Ausdehnung:**

Bei annähernd gleicher minimaler (2 Höhen) und maximaler Ausdehnung der Laminotomie (11 bzw. 13 Höhen) differierten sowohl der Durchschnitts- als auch der Medianwert beider Gruppen um etwa eine Höhe (Tab. 6).

**Tab. 6: Ausdehnung der Laminotomie  
in Höhen**

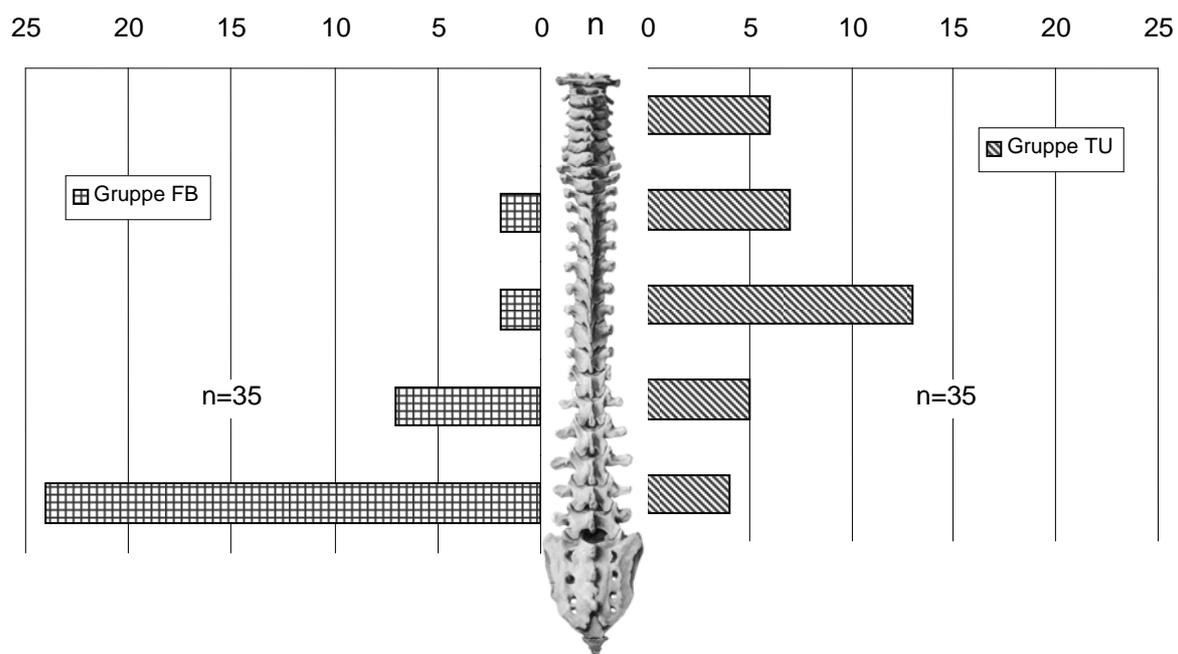
	<b>FB</b>	<b>TU</b>	<b>gesamt</b>
Minimum	2	2	2
<b>Median</b>	<b>3,0</b>	<b>4,0</b>	<b>3,0</b>
<i>Durchschnitt</i>	3,8	4,9	4,4
Maximum	13	11	13

#### **Lokalisation:**

Bezüglich der Lokalisation zeigte sich ein deutliches Überwiegen der lumbalen bzw. thorako-lumbalen Manifestation bei den Kindern mit Fehlbildungen, wobei Patienten mit Tumoren besonders in den mittleren bzw. oberen Wirbelsäulenabschnitten operiert wurden (Tab. 7, Abb. 6).

**Tab. 7: Verteilung der topographischen Lokalisation der Laminotomien in beiden Gruppen**

Lokalisation	FB	TU	gesamt
zervikal	0	6	6
zerviko-thorakal	2	7	9
thorakal	2	13	15
thorako-lumbal	7	5	12
lumbal	24	4	28



**Abb. 6: Verteilung der Lokalisation der Laminotomien innerhalb beider Gruppen**

li.: Gruppe FB=Gruppe der Kinder mit Fehlbildungen

re.: Gruppe TU=Gruppe der Kinder mit Tumoren

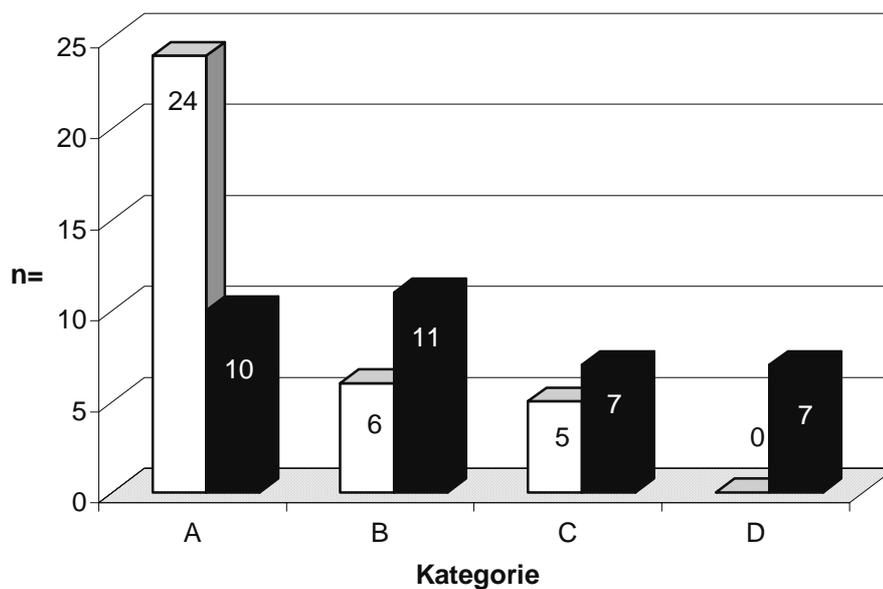
### 3.3 Evaluationsparameter

#### 3.3.1 Verteilung der Deformitäts-Kategorien

Die Einteilung der postoperativen Entwicklung der Patienten erfolgte nach in Punkt 2.3.1 beschriebenem Schema.

24 von 35 Kindern (68,6%) der Gruppe FB wurden in Kategorie A eingeteilt, 6 (17,1%) Patienten in Kategorie B und 5 (14,3%) in Kategorie C. Auf Kategorie D fielen keine Patienten der Gruppe FB.

In der Gruppe TU wurden je 7 der 35 Kinder in die Kategorien C und D eingestuft (je 20%). 10 Patienten fielen auf Kategorie A (28,6%), 11 auf Kategorie B (31,4%) (Abb.7).



**Abb. 7: Verteilung der Deformitäts-Kategorien (n=70)**

□ Gruppe FB      ■ Gruppe TU  
 FB=Fehlbildung;    TU=Tumore

### 3.3.2 Statistische Analyse

In der statistischen Untersuchung zur Entwicklung bzw. Progression einer Deformität ließen sich folgende signifikante Ergebnisse feststellen:

#### **Alle Patienten (n=70):**

Die Entwicklung bzw. Progression einer Deformität ist abhängig von der Diagnose. Sowohl im  $\chi^2$ -Test (Irrtumswahrscheinlichkeit  $p < 0,05$ ) als auch im exakten Fisher-Test\* ( $p = 0,03$ ) ließ sich feststellen, dass die Diagnose „**Fehlbildung**“ im Vergleich zur Diagnose „**Tumor**“ signifikant günstiger ist.

Ebenso ist die Lokalisation des Eingriffgebietes an der Wirbelsäule prognostisch aussagekräftig. Hier zeigte sich im  $\chi^2$ -Test ( $p < 0,05$ ) und im exakten Fisher-Test ( $p = 0,0026$ ;  $SEM = 0,1295$ ), dass Eingriffe an der **Halswirbelsäule** signifikant ungünstiger sind in Bezug auf die Entwicklung oder Progression einer Wirbelsäulendeformität.

Desweiteren konnte nachgewiesen werden, dass eine Ausdehnung des Operationsgebietes über mehr als **5 Etagen** ebenfalls zu einer signifikant höheren Inzidenz von progredienten bzw. neu auftretenden Deformitäten führte ( $\chi^2$ -Test:  $p < 0,05$ ; exakter Fisher-Test:  $p = 0,0151$ ;  $SEM = 0,1177$ ). Bei mehr als **6 Höhen** (exakter Fisher-Test:  $p = 0,0131$ ) war dies auch zu beobachten. Bei mehr als **7 Höhen** (exakter Fisher-Test:  $p = 0,0097$ ) war das Ergebnis sogar hochsignifikant, d.h. Kinder, die über mehr als 7 Höhen laminotomiert wurden, hatten ein deutlich erhöhtes Risiko eine Neuentwicklung bzw. eine Progredienz einer Wirbelsäulendeformität zu erfahren.

Bei Kindern, die sich einer Reoperation unterziehen mussten, war die Wahrscheinlichkeit der Entwicklung oder Progression einer Wirbelsäulendeformität im Vergleich zu Kindern ohne Reoperation erhöht ( $\chi^2$ -Test:  $p < 0,05$ ; exakter Fisher-Test:  $p = 0,008$ ,  $SEM = 0,1266$ ).

\* = jeweils zweischwänziger exakter Fisher-Test

**Gruppe TU (n=35):**

Innerhalb der Gruppe TU konnte festgestellt werden, dass die Entwicklung bzw. Progression einer Deformität der Wirbelsäule von der Lokalisation des Operationsgebietes abhängig ist. So wiesen Kinder, die sich Eingriffen im Bereich der Halswirbelsäule unterziehen mussten, ein signifikant erhöhtes Risiko auf, eine neue Wirbelsäulendeformität zu entwickeln bzw. eine vorhandene Wirbelsäulendeformität noch zu verschlechtern ( $\chi^2$ -Test:  $p < 0,05$ ).

**Gruppe FB (n=35):**

Da lediglich 3 Patienten eine Deformität der Wirbelsäule neu entwickelten (Deformitäts-Kategorie C) und kein Kind eine Progression einer vorhandenen Deformität erfuhr (Deformitäts-Kategorie D), ließ sich hier keine statistische Analyse durchführen, und somit konnte keine statistische Aussage getroffen werden.

**Analyse des erhobenen Scores:**

Verglichen wurden der präoperative Score, die Werte nach einem Jahr und zum Zeitpunkt der letzten Untersuchung. In den Tabellen 8 und 9 sind die Gesamtpunkte des Scores zu den Zeitpunkten „präoperative Untersuchung“, „Untersuchung 1 Jahr postoperativ“ und „letzte Untersuchung“ für jeden einzelnen Patienten aufgeführt, ergänzt durch die Angabe der Differenz des präoperativen Scores sowohl zum Wert nach einem Jahr als auch zum aktuellsten Wert. In der letzten Spalte ist die Angabe zum Qualitätsindex D (s. Kap. 2.3.2.5) aufgeführt, wobei eine Prozentangabe die „rechnerische postoperative Verbesserung“ dokumentiert und ein  $\otimes$  zeigt, dass keine präoperative Deformität bestand. Das Zeichen  $\oslash$  steht für eine postoperative Verschlechterung des Scores, was einer Verschlechterung in Bezug auf die Entwicklung oder Progression einer Wirbelsäulendeformität entspricht.

**Tab. 8: Scorewerte der einzelnen Patienten in Gruppe FB**

n=	Score			Differenz zum		D
	präoperativ	postoperativ		präoperativen Score	aktuell	
		1 Jahr	aktuell	1 Jahr	aktuell	
1	24,00	24,00	18,00	0,00	<b>-6,00</b>	∅
2	24,00	24,00	19,00	0,00	<b>-5,00</b>	∅
3	24,00	22,50	22,50	<b>-1,50</b>	<b>-1,50</b>	∅
4	24,00	23,00	23,00	<b>-1,00</b>	<b>-1,00</b>	∅
5	24,00	23,00	23,00	<b>-1,00</b>	<b>-1,00</b>	∅
6	23,50	23,50	23,50	0,00	0,00	0%
7	24,00	24,00	24,00	0,00	0,00	⊗
8	24,00	24,00	24,00	0,00	0,00	⊗
9	23,00	23,00	23,00	0,00	0,00	0%
10	24,00	24,00	24,00	0,00	0,00	⊗
11	24,00	24,00	24,00	0,00	0,00	⊗
12	24,00	24,00	24,00	0,00	0,00	⊗
13	24,00	24,00	24,00	0,00	0,00	⊗
14	24,00	24,00	24,00	0,00	0,00	⊗
15	24,00	24,00	24,00	0,00	0,00	⊗
16	24,00	24,00	24,00	0,00	0,00	⊗
17	24,00	19,00	24,00	<b>-5,00</b>	0,00	⊗
18	24,00	24,00	24,00	0,00	0,00	⊗
19	17,50	17,50	17,50	0,00	0,00	0%
20	24,00	24,00	24,00	0,00	0,00	⊗
21	24,00	24,00	24,00	0,00	0,00	⊗
22	24,00	24,00	24,00	0,00	0,00	⊗
23	24,00	24,00	24,00	0,00	0,00	⊗
24	24,00	24,00	24,00	0,00	0,00	⊗
25	24,00	24,00	24,00	0,00	0,00	⊗
26	24,00	24,00	24,00	0,00	0,00	⊗
27	24,00	24,00	24,00	0,00	0,00	⊗
28	24,00	24,00	24,00	0,00	0,00	⊗
29	24,00	24,00	24,00	0,00	0,00	⊗
30	24,00	24,00	24,00	0,00	0,00	⊗
31	22,00	23,00	23,00	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	50%
32	19,00	19,00	20,00	0,00	<b>1,00</b>	20%
33	23,00	24,00	24,00	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	100%
34	23,00	24,00	24,00	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	100%
35	21,00	21,00	24,00	0,00	<b>3,00</b>	100%

**Zahlen in fett-kursiv: positive Score-Differenz=besserer Score**

**Zahlen in fett: negative Score-Differenz=schlechterer Score**

n=1-5: postoperativ schlechterer Score (n=5)

n=6-30: unveränderter Score (kursiv: nie eine Deformität) (n=25)

n=31-35: postoperativ besserer Score (n=5)

D=Qualitätsindex, errechneter Erfolg bei präoperativ existenter Deformität

(s. Kap. 2.3.2.5)

⊗=keine präoperative Deformität; ∅=postoperative Verschlechterung.

Tab. 9: Scorewerte der einzelnen Patienten in Gruppe TU

n=	präoperativ	Score		Differenz zum präoperativen Score		D
		1 Jahr	postoperativ aktuell	1 Jahr	aktuell	
1	24,00	24,00	18,00	0,00	<b>-6,00</b>	∅
2	24,00	22,00	18,00	<b>-2,00</b>	<b>-6,00</b>	∅
3	24,00	24,00	18,00	0,00	<b>-6,00</b>	∅
4	18,00	20,00	14,00	<b>2,00</b>	<b>-4,00</b>	∅
5	19,00	21,00	15,00	<b>2,00</b>	<b>-4,00</b>	∅
6	24,00	24,00	20,00	0,00	<b>-4,00</b>	∅
7	19,00	19,00	15,75	0,00	<b>-3,25</b>	∅
8	20,00	17,00	17,00	<b>-3,00</b>	<b>-3,00</b>	∅
9	23,25	20,50	20,50	<b>-2,75</b>	<b>-2,75</b>	∅
10	21,50	22,00	19,00	<b>0,50</b>	<b>-2,50</b>	∅
11	24,00	21,50	21,50	<b>-2,50</b>	<b>-2,50</b>	∅
12	24,00	23,00	22,00	<b>-1,00</b>	<b>-2,00</b>	∅
13	20,00	19,50	19,50	<b>-0,50</b>	<b>-0,50</b>	∅
14	24,00	24,00	24,00	0,00	0,00	⊗
15	23,50	23,50	23,50	0,00	0,00	0%
16	23,00	24,00	23,00	<b>1,00</b>	0,00	0%
17	24,00	24,00	24,00	0,00	0,00	⊗
18	24,00	24,00	24,00	0,00	0,00	⊗
19	20,50	21,00	20,50	<b>0,50</b>	0,00	0%
20	24,00	23,50	24,00	<b>-0,50</b>	0,00	⊗
21	24,00	24,00	24,00	0,00	0,00	⊗
22	24,00	24,00	24,00	0,00	0,00	⊗
23	24,00	24,00	24,00	0,00	0,00	⊗
24	22,00	22,50	22,50	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>	25%
25	23,50	24,00	24,00	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>	100%
26	21,00	21,00	22,00	0,00	<b>1,00</b>	33%
27	20,50	22,00	22,00	<b>1,50</b>	<b>1,50</b>	43%
28	19,50	23,00	21,00	<b>3,50</b>	<b>1,50</b>	33%
29	21,00	22,00	23,00	<b>1,00</b>	<b>2,00</b>	67%
30	15,00	17,00	17,00	<b>2,00</b>	<b>2,00</b>	22%
31	20,00	24,00	22,00	<b>4,00</b>	<b>2,00</b>	50%
32	21,50	20,00	23,50	<b>-1,50</b>	<b>2,00</b>	80%
33	22,00	24,00	24,00	<b>2,00</b>	<b>2,00</b>	100%
34	18,50	19,75	20,75	<b>1,25</b>	<b>2,25</b>	41%
35	14,00	13,00	20,00	<b>-1,00</b>	<b>6,00</b>	60%

**Zahlen in fett-kursiv: positive Score-Differenz=besserer Score**

**Zahlen in fett: negative Score-Differenz=schlechterer Score**

n=1-13: postoperativ schlechterer Score (n=13)

n=14-23: unveränderter Score (kursiv: nie eine Deformität) (n=10)

n=24-35: postoperativ besserer Score (n=12)

D=Qualitätsindex, errechneter Erfolg bei präoperativ existenter Deformität (s. Kap. 2.3.2.5)

⊗=keine präoperative Deformität; ∅=postoperative Verschlechterung.

Die Zusammenfassung und die statistische Auswertung der Werte des Scores der Gruppen TU und FB zueinander zeigt Tab. 10:

Die Ergebnisse der Gruppe FB fielen im Durchschnitt vom präoperativen Wert 23,43 stetig ab über 23,27 (nach einem Jahr) bis auf 23,21 zum aktuellsten Zeitpunkt (Unterschied  $\Delta s = -0,22$ ). In der Gruppe TU kam es zu einem Abfall von  $\Delta s = -0,66$  von 21,66 auf einen Wert von 21,00 zum Zeitpunkt der letzten Untersuchung. In der Untersuchung nach einem Jahr postoperativ stieg der Wert innerhalb der Gruppe TU im Durchschnitt auf 21,88 an (Tab. 10).

Zur statistischen Analyse wurde der Tukey-Kramer-Mehrfach-Vergleichstest verwendet:

Es stellte sich ein signifikanter Unterschied der Ergebnisse beim Vergleich des präoperativen Scores der Gruppe FB mit dem präoperativen Score der Gruppe TU dar. Der Unterschied der Mittelwerte betrug 1,764 ( $p < 0,05$ ).

Ein noch deutlicherer Unterschied fiel beim Vergleich der Scores beider Gruppen FB und TU zum Zeitpunkt der letzten Untersuchung auf. Hier lag der Unterschied der Mittelwerte bei 2,214 ( $p < 0,001$ ).

**Tab. 10: Vergleich der Werte des Scores**

	präoperativ		nach 1 Jahr		aktuellste Untersuchung	
	FB n=35	TU n=35	FB n=35	TU n=35	FB n=35	TU n=35
<b>Durchschnitt</b>	<b>23,43</b>	<b>21,66</b>	<b>23,27</b>	<b>21,88</b>	<b>23,21</b>	<b>21,00</b>
Minimum	17,5	14	17,5	13	17,5	14
Median	24	22	24	22,5	24	22
Maximum	24	24	24	24	24	24
Standardabweich.	1,456	2,655	1,619	2,561	1,750	2,912
Standardfehler	0,2461	0,4487	0,2737	0,4329	0,2958	0,4923

FB: Patienten der Gruppe FB,

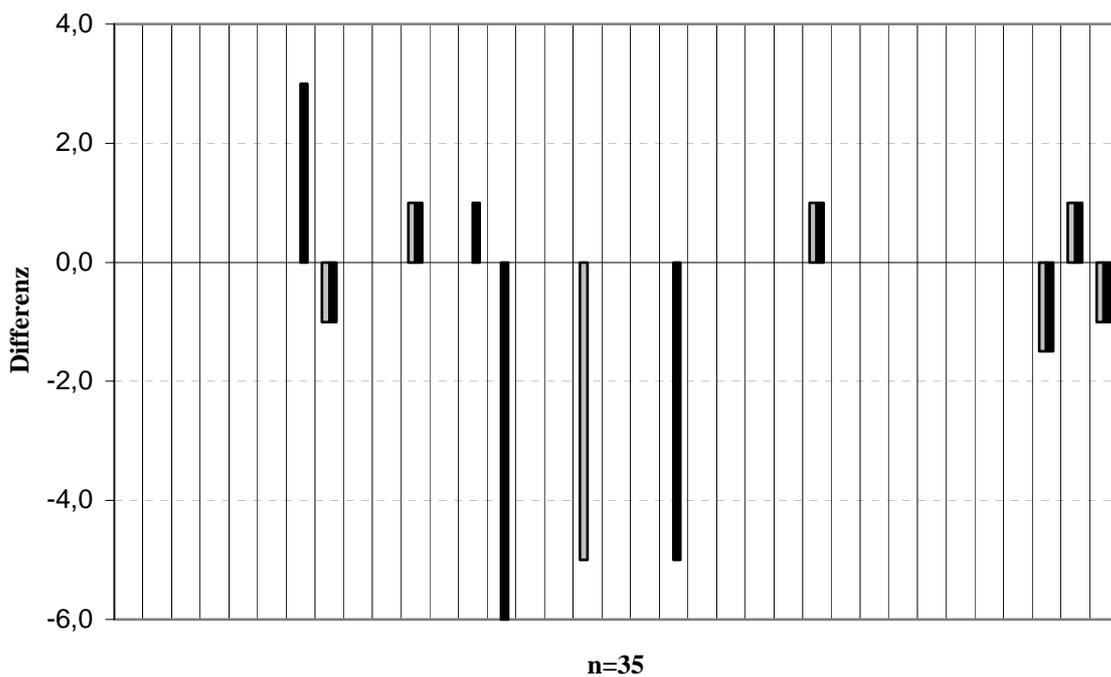
TU: Patienten der Gruppe TU,

Die Abbildungen 8 und 9 zeigen je eine graphische Übersicht der Unterschiede der Score-Werte in beiden Gruppen zum Zeitpunkt „1-Jahr-postoperativ“ ( □ ) und zum Zeitpunkt „letzte Untersuchung“ ( ■ ) jeweils zum präoperativen Score. Ein Balken repräsentiert die Abweichung des jeweiligen Untersuchungsergebnisses eines Patienten zum präoperativen Score desselben Patienten. Ausschlaggebend war der Wert der letzten postoperativen Untersuchung:

Innerhalb der Gruppe FB (Abb. 8) wurden 3 Kinder mit einer Abweichung von mehr als 2 Punkten vom prä- zum postoperativen Score beobachtet, 7 Kinder wiesen Abweichungen von weniger als 2 Punkten auf, d.h. bei insgesamt 10 der 35 Kinder (29%) kam es zu einer Veränderung der Werte des präoperativen Scores zum postoperativen Scores. Bei 25 der 35 Kindern (71%) blieb der postoperative Score zum aktuellsten Untersuchungszeitpunkt unverändert zum präoperativen Wert.

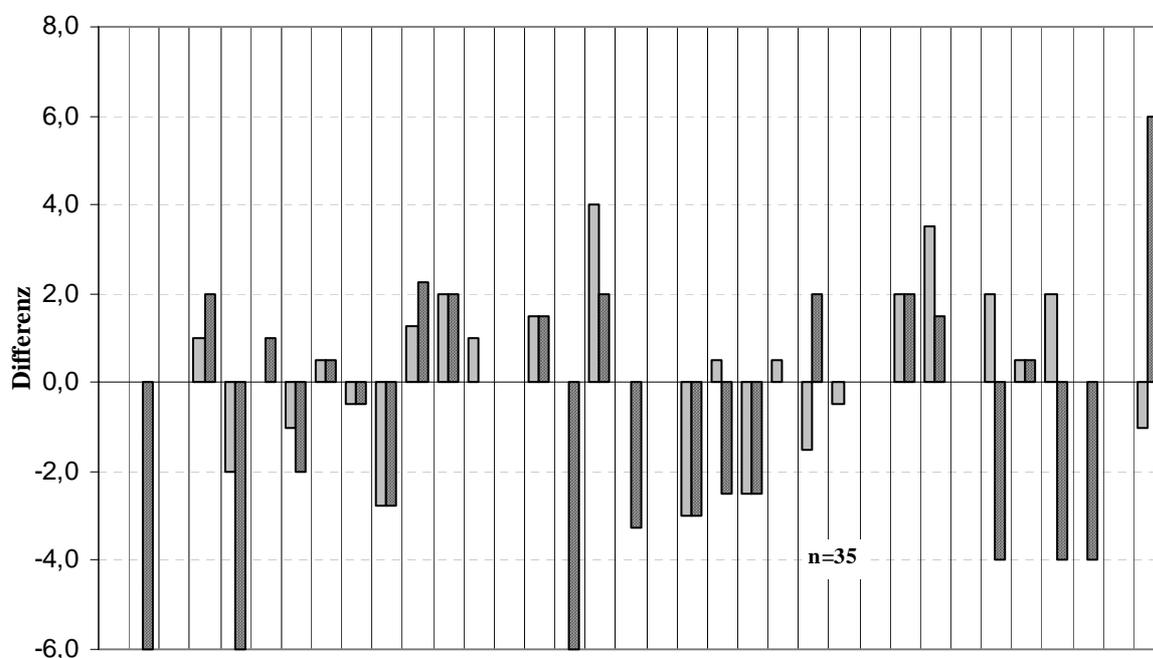
5 Kinder (14%) erfuhren eine Verbesserung (schwarzer Balken nach oben) und 5 Kinder (14%) erfuhren eine Verschlechterung (schwarzer Balken nach unten) des Scores bei der letzten Untersuchung verglichen mit der präoperativen Untersuchung.

Innerhalb der Gruppe TU (Abb. 9) wurden 19 Kinder mit einer Abweichung von mindestens 2 Punkten beobachtet, bei 6 Kindern konnten Abweichungen von weniger als 2 Punkten festgestellt werden, d.h. bei 25 der 35 Kinder (71%) kam es zu einer Veränderung der Werte des präoperativen Scores zum postoperativen Score. Bei 10 der 35 Kindern (29%) blieb der postoperative Score zum aktuellsten Untersuchungszeitpunkt unverändert zum präoperativen Wert. 12 Kinder (34%) erfuhren eine Verbesserung (schraffierter Balken ▨ nach oben) und 13 Kinder (37%) erfuhren eine Verschlechterung (schraffierter Balken ▩ nach unten) des Scores bei der letzten Untersuchung verglichen mit der präoperativen Untersuchung.



□ 1-Jahres-Untersuchung vs. präop.      ■ aktuellste Untersuchung vs. präop.

**Abb. 8: Vergleich der Score-Werte innerhalb der Gruppe FB zu verschiedenen Zeitpunkten.**  
 FB=Fehlbildungen.

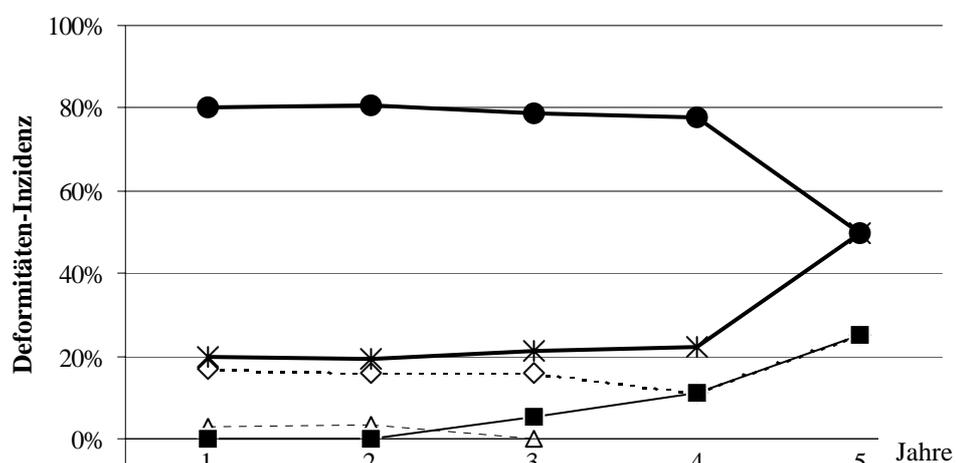


□ 1-Jahres-Untersuchung vs. präop.      ■ aktuellste Untersuchung vs. präop.

**Abb. 9: Vergleich der Score-Werte innerhalb der Gruppe TU zu verschiedenen Zeitpunkten.**  
 TU=Tumore.

### 3.3.3 Deformitäteninzidenz

In der Längsanalyse wurde die Inzidenz der postoperativen Deformitäten untersucht. Hierbei wurden Skoliosen, Kyphosen und Kyphoskoliosen unterschieden. In der Gruppe FB ließen sich im ersten postoperativen Jahr von 35 Kindern bei 6 Kindern (17%) eine postoperative Skoliose und bei einem Kind (3%) eine Kyphose feststellen. Nach 4 Jahren konnten bei 9 Patienten je ein Patient mit einer Kyphoskoliose und mit einer Skoliose (je 11%) beobachtet werden (Abb. 10). Zum Vergleich ist in Abbildung 10 zusätzlich die Inzidenz „ohne Deformität“ graphisch dargestellt.



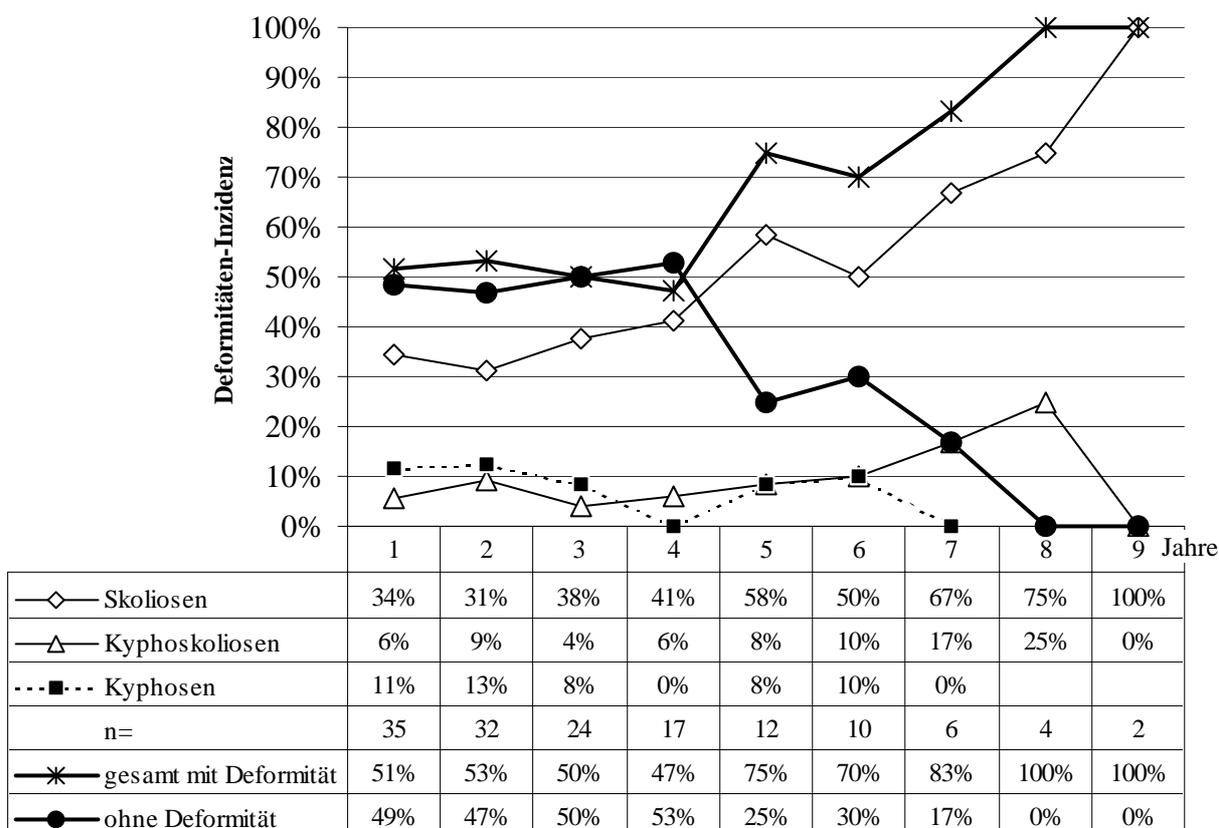
	1	2	3	4	5
---◇--- Skoliosen	17%	16%	16%	11%	25%
--△-- Kyphosen	3%	3%	0%	0%	0%
—■— Kyphoskoliosen	0%	0%	5%	11%	25%
n=	35	31	19	9	4
—*— gesamt mit Deformität	20%	19%	21%	22%	50%
—●— ohne Deformität	80%	81%	79%	78%	50%

**Abb. 10: Graphische Darstellung der Entwicklung der Deformitäteninzidenz innerhalb der Gruppe FB.**

FB: Gruppe der Kinder mit Fehlbildungen.

In der Gruppe TU ließen sich im ersten postoperativen Jahr von 35 Kindern bei 12 Kindern (34%) eine postoperative Skoliose, bei 2 Kindern (6%) eine Kyphoskoliose und bei 4 Kindern (11%) eine Kyphose feststellen. Insgesamt ließ sich eine Gesamtinzidenz der postoperativen Deformitäten im ersten

postoperativen Jahr von 51% beobachten. In den weiteren ersten vier beobachteten Jahren ließ sich jeweils eine Deformitäteninzidenz um etwa 50% erkennen. Ab dem fünften postoperativen Jahr stieg das Auftreten einer Deformität kontinuierlich auf 100% bis zum achten postoperativen Jahr an (Abb. 11). Zum Vergleich ist in Abbildung 11 zusätzlich die Inzidenz „ohne Deformität“ graphisch dargestellt.



**Abb. 11: Graphische Darstellung der Entwicklung der Deformitäteninzidenz innerhalb der Gruppe TU.**

TU: Gruppe der Kinder mit Tumoren.

### 3.3.4 Neurologische Symptomatik:

Bei der Analyse ließ sich eine deutliche Abhängigkeit der prä- und postoperativen neurologischen Befunde von der Grunderkrankung feststellen.

Bei 25 der 35 Patienten (71,4%) der Gruppe TU sind postoperativ neurologische Auffälligkeiten im Sinne von Paresen oder Plegien beobachtet worden:

Hemi- oder Paraparesen wurden 15 mal gesehen, von denen postoperativ 10 besser und 3 schlechter wurden. Bei zwei Patienten wurde durch die Operation die Symptomatik nicht verändert.

Bei 5 Kindern, die präoperativ keine neurologischen Symptome boten, entwickelten sich Hemi- oder Paraparesen neu.

Eine präoperative Querschnittssymptomatik, die sich bei 4 Kindern zeigte, verschlechterte sich bei einem Kind. Bei den anderen drei Patienten wurde die Symptomatik postoperativ weder verbessert noch verschlechtert.

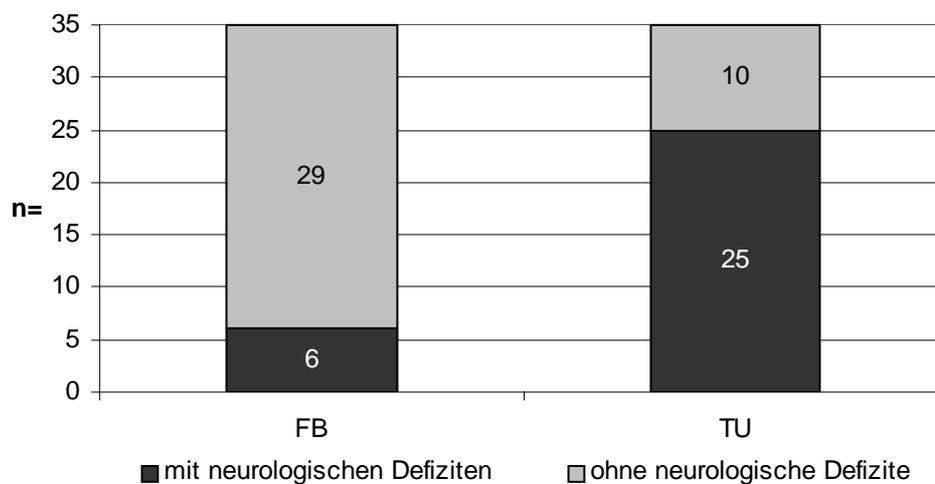
Ein Kind mit einer Spastik besserte sich postoperativ.

In der Gruppe FB wiesen lediglich 6 der 35 Kinder (17,1%) postoperativ neurologische Symptome im Sinne von Paresen oder Plegien auf:

Bei allen 6 Kindern traten Blasenentleerungsstörungen oder Inkontinenzsymptome auf.

Ebenso konnte bei allen 6 Kindern eine postoperative Besserung der Hemiparesen bzw. -plegien verzeichnet werden.

Abbildung 12 zeigt die Abhängigkeit der neurologischen Symptome von der Diagnose.



**Abb. 12: Aufteilung der Patienten mit bzw. ohne neurologische Auffälligkeiten in den beiden Gruppen FB und TU.**

FB: Gruppe der Patienten mit Fehlbildungen

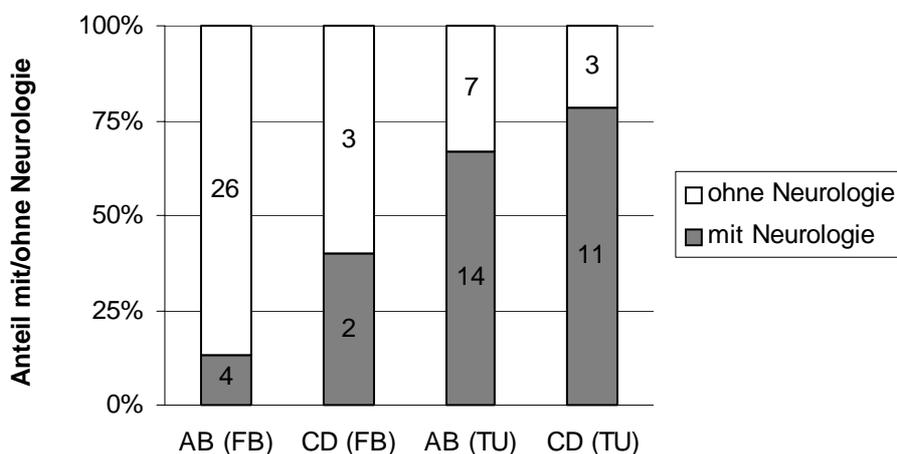
TU: Gruppe der Patienten mit Tumoren.

Sowohl im  $\chi^2$ -Test als auch im zweiseitigen Fisher-Test stellte sich die Abhängigkeit der neurologischen Symptomatik von der Diagnose als deutlich signifikant heraus ( $p < 0,0001$ , SEM=0,1203).

Die prozentuale Verteilung der Patienten mit neurologischer Symptomatik in den Gruppen abhängig von der Entwicklung von Wirbelsäulendeformitäten zeigte ebenfalls, dass Kinder der Gruppe FB insgesamt deutlich weniger neurologische Probleme aufwiesen, als Kinder der Gruppe TU:

In Gruppe FB wurden 30 Kinder in die Kategorie A oder B eingeteilt. Von diesen wiesen 4 neurologische Probleme auf (**13,3%**). Kinder dieser Gruppe, die in Kategorie C oder D eingeteilt wurden (n=5), zeigten zu **40,0%** (2 von 5) neurologische Probleme.

21 Kinder aus der Gruppe TU wurden in Kategorie A oder B eingeteilt; 14 davon boten neurologische Auffälligkeiten (**66,6%**). Bei den in Kategorie C oder D eingestuften Kindern (n=14) dieser Gruppe lag der Anteil an Patienten mit Neurologie bei **78,6%** (11 von 14) (Abb. 13).



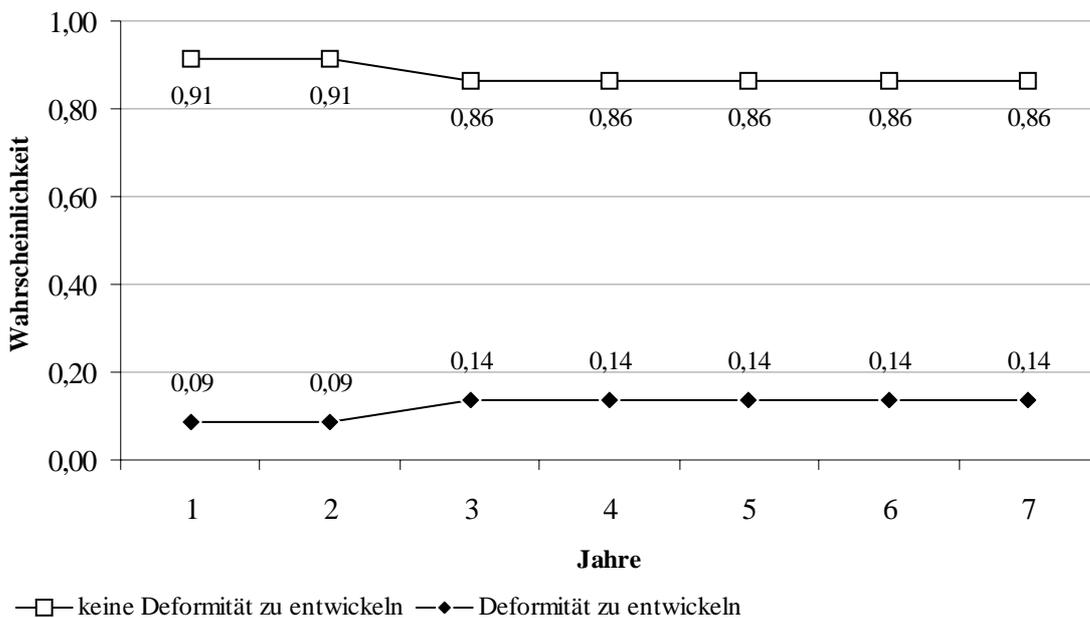
**Abb. 13: Darstellung des prozentualen Anteils an Patienten mit postoperativer Neurologie unterschieden nach Gruppe.**

AB (FB): Gruppe FB (Fehlbildungen) }  
 AB (TU): Gruppe TU (Tumore) } mit einem post- zu präoperativ gleichen oder besserem Ergebnis hinsichtlich der Entwicklung von Deformitäten der Wirbelsäule

CD (FB): Gruppe FB (Fehlbildungen) }  
 CD (TU): Gruppe TU (Tumore) } mit einer neuen oder progredienten Deformität.

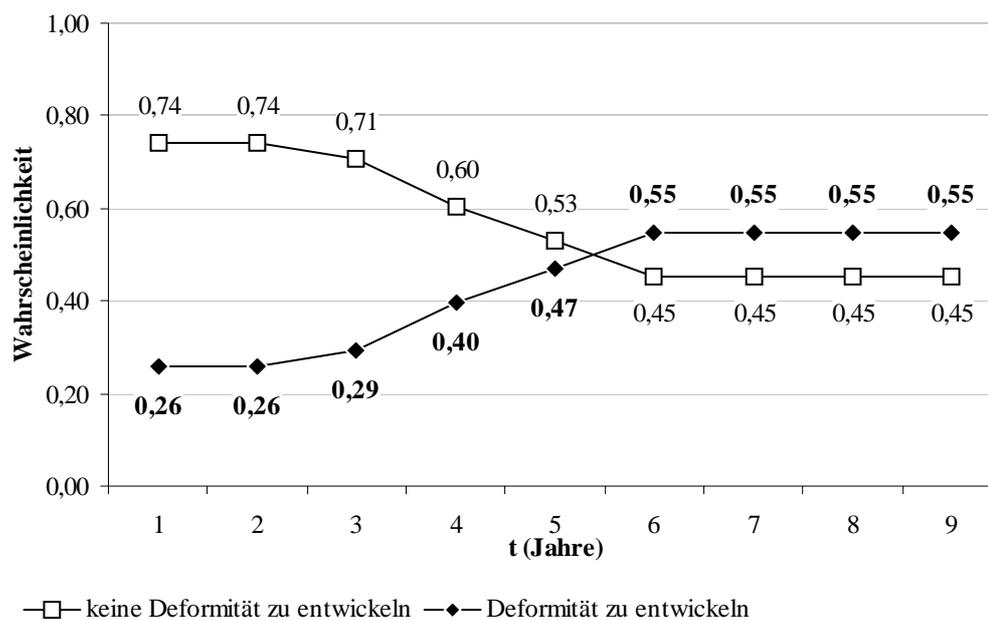
### 3.3.5 Kaplan-Meier-Schätzer:

Mit dem Kaplan-Meier-Schätzer konnte festgestellt werden, dass die theoretische Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer postoperativen Deformität in der Gruppe FB im ersten postoperativen Jahr bei unter **10%** lag. Im dritten postoperativen Jahr stieg diese Wahrscheinlichkeit auf **14%** und blieb bis zum 7. postoperativen Jahr konstant (Abb. 14).



**Abb. 14: Zeitentwicklungskurve nach Kaplan-Meier:**  
**Darstellung der Wahrscheinlichkeit der Entwicklung**  
**einer postoperativen Deformität der Patienten der Gruppe FB.**  
 Gruppe FB: Kinder mit Fehlbildungen.

In der Gruppe TU konnte für das Auftreten einer Deformität eine Wahrscheinlichkeit von **26%** ermittelt werden, die pro Jahr stetig stieg und zwischen dem 5. und 6. postoperativen Jahr die 50%-Marke kreuzte. Ab dem 6. Jahr blieb die Wahrscheinlichkeit bei 55% konstant bis zum 9 postoperativen Jahr (Abb. 15).



**Abb. 15: Zeitentwicklungskurve nach Kaplan-Meier:**  
**Darstellung der Wahrscheinlichkeit der Entwicklung**  
**einer postoperativen Deformität der Patienten der Gruppe TU.**  
 Gruppe TU: Kinder mit Tumoren.

### 3.4 Vergleich mit laminektomierten Kindern

In 8 Vergleichsstudien zur Laminektomie bei Kindern konnte eine durchschnittliche Inzidenz der postoperativen Deformitäten bei laminektomierten Kindern von 45,9% (von 26,1% bis 78,2%) ermittelt werden, obwohl sehr viele Patienten ausgeschlossen wurden, die Befunde aufwiesen, die ihrerseits einen Risikofaktor zur Entwicklung einer Wirbelsäulendeformität darstellten, wie zum Beispiel Patienten mit kongenitalen Fehlbildungen, malignen Tumoren oder Metastasen. Wegen des erhöhten Risikos zur Entwicklung einer Wirbelsäulendeformität bei Operationen an der Halswirbelsäule, wurden zum Teil auch Patienten mit einer zervikalen Operationslokalisation ausgeschlossen (Tab. 11).

**Tab. 11: Studien zur Multi-Level-Laminektomie  
(n > 10, Alter ≤ 18 J.) zum Vergleich mit vorliegender Studie**

Autor, Jahr	n=	n <sub>Def.</sub> =	Inzidenz [%]	Bemerkung
Haft <sup>11</sup> , 1959	17	10	58,8%	Ausschluss von Patienten mit Metastasen, kongenitalen Fehlbildungen und extraspinalen Tumoren
Tachdjian <sup>42</sup> , 1965	115	30	26,1%	
Boersma <sup>2</sup> , 1969	51	25	49,0%	
Dubousset <sup>8</sup> , 1970	55	43	78,2%	
Fraser <sup>10</sup> , 1977	29	10	34,5%	nur Tumorpatienten
Yasuoka <sup>44</sup> , 1982	26	12	46,2%	Ausschluss: zervikale Beteiligung, Kongenitale Fehlbildungen, Patienten mit Metastasen
Lunardi <sup>22</sup> , 1993:	25	15	60,0%	nur Tumorpatienten
Papagelopoulos <sup>30</sup> 1996	12	6	50,0%	Ausschluss aller Patienten mit präoperativer Deformität
<b>Summe:</b>	<b>330</b>	<b>151</b>	<b>45,9%</b>	

n<sub>Def.</sub>= Patienten mit postoperativer Deformitätenentwicklung

### 3.4.1 Statistische Analyse der Deformitäten-Inzidenz

Im Kollektiv „Laminektomie“ (n=330) ließ sich bei 151 Patienten eine postoperative Deformität beobachten, was einer Inzidenz von 45,9% entspricht. Im Kollektiv „Laminotomie“ konnten bei 19 von 70 Kindern (27,1%) eine postoperative Deformität festgestellt werden. Beim Vergleich der beiden Kollektive „Laminotomie“ (n=70) und „Laminektomie“ (n=330) zeigte sich sowohl im  $\chi^2$ -Test ( $p < 0,05$ ) als auch im einseitigen exakten Fisher-Test ( $p = 0,035$ ; SEM=0,0528) eine deutliche Signifikanz bezüglich der Inzidenz einer Deformität (s. Tab. 12).

**Tab. 12: Vergleich der Deformitäten-Inzidenz der Patienten dieser Studie mit der Deformitäten-Inzidenz der Patienten aus den Studien zur Laminektomie**

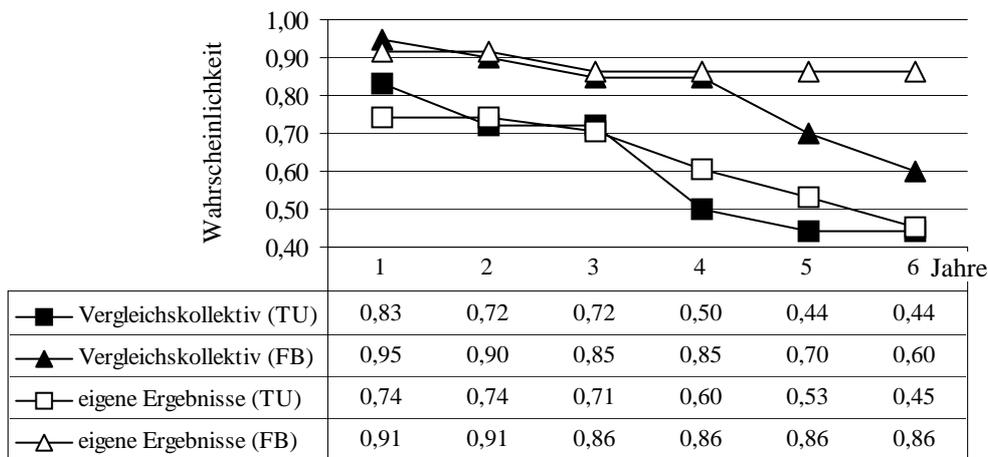
	n=	n <sub>Def.</sub> =	Inzidenz (%)
Laminotomie (eigene Ergebnisse)	70	19	27,1
Laminektomie (Vergleichskollektiv)	330	151	45,9

### 3.4.2 Wahrscheinlichkeit der Deformitäten

Anhand der Berichte von Yasuoka<sup>44</sup> (n=26) und Papagelopoulos<sup>30</sup> (n=12), bei denen das zeitliche Auftreten der postoperativen Deformitäten bei laminektomierten Kindern ersichtlich war, wurde für diese Vergleichsgruppe (n=38) bei Kindern mit Tumoren (**Gruppe TU**) eine theoretische Wahrscheinlichkeit, **keine** Deformität zu entwickeln von 83% im ersten postoperativen Jahr errechnet. Im Verlauf von 6 Jahren fiel diese Wahrscheinlichkeit, **keine** Deformität zu entwickeln, stetig ab bis auf 44%.

Für Kinder mit Fehlbildungen (**Gruppe FB**) errechnete sich für das erste postoperative Jahr eine theoretische Wahrscheinlichkeit von 95%, **keine** Deformität zu entwickeln. Im Verlauf von 6 Jahren fiel die Wahrscheinlichkeit, **keine** Deformität zu entwickeln, stetig ab auf 60%.

Für die Kinder in der vorliegenden Studie (n=70) ließ sich eine theoretische Wahrscheinlichkeit, **keine** Deformität zu entwickeln, von 74% für die **Gruppe TU** und von 91% für **Gruppe FB** für das erste postoperative Jahr errechnen. Im Verlauf von 6 Jahren fiel diese Wahrscheinlichkeit in **Gruppe TU** auf 45% ab. Die Wahrscheinlichkeit, **keine** Deformität zu entwickeln, hielt sich in **Gruppe FB** der vorliegenden Studie über 6 Jahre annähernd konstant bei 86% (Abb. 16).



**Abb. 16: Zeitentwicklungskurve nach Kaplan-Meier:**  
**Darstellung der Wahrscheinlichkeit der Entwicklung**  
**keiner postoperativen Deformität der Patienten des Vergleichskollektivs**  
**und des Studienkollektivs.**  
 TU: Kinder mit Tumoren  
 FB: Kinder mit Fehlbildungen

## **4. Diskussion**

### **Inzidenz der Deformitäten**

In zahlreichen Studien wird von postoperativen Wirbelsäulendeformitäten im Erwachsenenalter nach Multi-Level-Laminektomien berichtet, wobei Inzidenzen ab 45% häufig beobachtet werden<sup>2,8,11,19,22,30,40,44</sup>. Deutlich weniger Studien befassen sich mit dieser Frage in Bezug auf die kindliche, im Wachstum befindliche Wirbelsäule. Hier wird von deutlich höheren Inzidenzen um oder über 50% berichtet<sup>2,8,11,22,30,44</sup>. Sicherlich ist die Frage nach der Prognose bezüglich der Entwicklung einer Deformität nach Operationen an der Wirbelsäule gerade für Kinder und Jugendliche von entscheidender Bedeutung, auch wenn sie oft keine Alternative zur Operation am Rückenmark aufgrund ihrer Grunderkrankung haben. Aber gerade deswegen ist es essentiell, nach einer prognostisch möglichst guten Operationsmethode zu suchen.

Es wurde die Inzidenz von neu aufgetretenen oder progredienten Deformitäten der kindlichen Wirbelsäule nach Multi-Level-Laminotomien untersucht, einer Operationsmethode, die den Anspruch hat, dass im Vergleich zur Laminektomie weniger postoperative Deformitäten entstehen. In dieser Studie (n=70) zeigte sich eine Gesamtinzidenz neu aufgetretener oder progredienter Deformitäten von 27,1% (n<sub>Def.</sub>=19), wobei sich in den zwei gebildeten Gruppen TU (Tumorpatienten, n<sub>TU</sub>=35) und FB (Patienten mit Fehlbildungen, n<sub>FB</sub>=35) ein sehr deutlicher Unterschied zeigte. Die Zahl der beobachteten postoperativ neuen oder progredienten Deformitäten in der Gruppe TU waren um den Faktor 2,8 höher als in der Gruppe FB (TU: 40,0%, n=14; FB: 14,3%, n=5).

### **Ursachen für Deformitäten**

#### **Articulationes zygoapophyseales (Facettengelenke)**

Viele Studien weisen als Ursache für die Deformitätenentwicklung auf zerstörte oder verletzte Articulationes zygoapophyseales (Facettengelenke), bzw. deren Bandstrukturen, hin. Bei einer Laminotomie nach Raimondi wird besonders auf die Unversehrtheit dieser Strukturen Wert gelegt, was die postoperative Stabilität positiv beeinflusst. Obwohl Yasuoka<sup>44</sup> der Meinung ist, die Entfernung

der Facettengelenke spielen keine entscheidende Rolle, wird in neueren Studien zur Laminektomie bei Kindern betont, dass bei der Operation darauf geachtet werden soll, diese Gelenke zu schonen<sup>22,30</sup>. Dass die Inzidenz der beobachteten postoperativen Fehlstellungen bei laminotomierten Kindern trotz der Schonung dieser Strukturen höher ist als bei laminotomierten Kindern, lässt den Schluss zu, dass es noch weitere Einflussfaktoren zur Stabilität der Wirbelsäule gibt.<sup>8,11,22,30</sup>

## **Biomechanische Aspekte**

### **Säulenmodell nach Butler**

Butler (1992)<sup>4</sup> beschreibt die Biomechanik der Wirbelsäule als Säulenmodell. Die hintere Säule definiert er als osteo-ligamentären Komplex, dorsal des Ligamentum longitudinale posterior. Die vordere Säule wird aus den übereinander stehenden Wirbelkörpern gebildet. Die paarigen Facettengelenke formieren nach Butler die mittlere Säule.

Bei biomechanischen in-vitro-Funktionstests an der Halswirbelsäule wurde festgestellt, dass eine senkrecht zur Wirbelsäulenachse applizierte Last sich zu je ziemlich genau einem Drittel auf die vordere Säule (=Wirbelkörper 36%) und auf jedes Facettengelenk (je 32%) verteilt<sup>29</sup>. Die hinteren Elemente dagegen zeigten ihre besondere Bedeutung in der Stabilitätssicherung während der Bewegung<sup>43</sup>. Die Bewegung der Wirbelsäule setzt sich immer aus der Summe von Einzelbewegungen zusammen. Die Einzelbewegungen finden in den kleinsten funktionellen Einheiten, den sogenannten "Bewegungssegmenten" (motion segments) statt. Ein solches Segment besteht aus zwei korrespondierenden Wirbelkörpern inklusive ihrer ligamentären Verbindungen<sup>7,38</sup>. Diese Bewegungssegmente sind Mittelpunkt zweier experimenteller Studien, die sich mit der Rolle der Bänder und der Facettengelenke bezüglich der Stabilität der Wirbelsäule beschäftigen.

In einem Experiment an isolierten Wirbelsäulenabschnitten verstorbener Patienten untersuchte Ding (1991) die Wirkung von Last auf die einzelnen Wirbelsäulenstrukturen und verglich dabei intakte mit laminotomierten Wirbelsäulenpräparaten.<sup>7</sup> Er fand dabei heraus, dass im Halswirbelbereich axialer Druck und

Extension unter Belastung zu einem signifikanten Unterschied in Bezug auf die Deformitäten- bzw. Instabilitätsentwicklung zwischen intakten und laminektomierten Präparaten führte, nicht jedoch die Flexion oder die Seitneigung unter Belastung.

Sharma (1995)<sup>38</sup> benutzte für einen ähnlichen Aufbau Bewegungssegmente der Lendenwirbelsäule. Er verglich Wirbelsäulenpräparate ohne Facettengelenke (d.h. ohne mittlerer Säule) mit teillaminektomierten Exemplaren, bei denen nur der Bereich der Processi spinosi mit den ligamentären Strukturen (=hintere Säule) entfernt wurde, um die Rolle von Bändern und Facetten bei der Stabilitätssicherung getrennt zu untersuchen. Es wurde festgestellt, dass die Ligamente bei Flexion der Rotationsbewegung, wohingegen die Facettengelenke bei Flexion den axialen Kräften entgegenwirken.

Die Unversehrtheit der Facettengelenke und die operative Wiederherstellung des hinteren Bandapparates, wie es für die Laminotomie typisch ist, mag also nach rein biomechanischen Gesichtspunkten der Grund für die deutlich niedrigere Inzidenz von Deformitäten sein.

### **Neurogene Ursachen**

Peterson (1994) schrieb: "Die resultierende Paraplegie ist gewöhnlich assoziiert mit einer signifikant progressiven spinalen Deformität."<sup>32</sup> Dieses Zitat bezog sich zwar auf eine Rückenmark-Ischämie, kann aber allgemein gelten, denn die Folgen der Parese (hier: die Entwicklung von Deformitäten) sind unabhängig von der Genese derselbigen (zum Beispiel: Ischämie, Druck, Degeneration). Er führte weiter aus, dass "die Pathophysiologie der spinalen Deformitäten [...] oft unklar bleibt, aber dass sie normalerweise einer lokalen Irritation von Nerven oder von knöchernen Strukturen zugeschrieben werden kann, die zu einer muskulären Imbalance führt."<sup>32</sup>

Als das vorliegende Kollektiv dahingehend untersucht wurde, welche Deformitäten mit einer länger bestehenden neurologischen Symptomatik - im Sinne einer Parese oder Plegie - einherging, stellte sich heraus, dass viele von einem entsprechenden neurologischen Defizit schon vor Entwicklung einer Deformität berichteten. Ganz besonders deutlich fiel dies in der Gruppe der

Tumorpatienten auf. Bei 25 der 35 Patienten (71,4%) dieser Gruppe waren postoperativ neurologische Auffälligkeiten beobachtet worden, die alle bereits präoperativ dokumentiert worden waren, so dass diese neurologischen Defizite überwiegend auf das Tumorgeschehen zurückzuführen waren. Verglichen mit den Kindern der Gruppe FB zeigte sich ein signifikanter Unterschied (zweiseitiger Fisher-Test\*\*  $p < 0,0001$ ,  $SEM = 0,1203$ ) beim Auftreten von neurologischen Auffälligkeiten. In der Gruppe FB zeigten lediglich 6 der 35 Kindern (17,1%) postoperativ neurologische Symptome. Das Auftreten neurologischer Symptome in Abhängigkeit von der Grunderkrankung korreliert stark mit dem Auftreten einer Deformität.

### **Ausdehnung und Lokalisation**

Bei der Frage nach den Ursachen für die Deformitäten, die nicht neurogen, sondern ossär bzw. operativ bedingt sind, belegten einige Autoren, dass ein statistisch signifikanter Unterschied der Ergebnisse bei Laminektomien in bestimmten Wirbelsäulenbereichen (Lokalisationen) oder bei Operationen über mehrere Höhen besteht<sup>30,32,39,45</sup>. Die meisten Arbeiten zum Thema „Laminektomie“ beziehen sich nur auf die Halswirbelsäule, weil in diesem Bereich vermehrt Deformitäten bzw. Instabilitäten auftreten.

Im Gegensatz zu Studien, die eine signifikante Abweichung der Ergebnisse bei Laminektomien über mehr als 2 Höhen festgestellt haben<sup>30</sup>, fand sich in dieser Untersuchung eine Signifikanz erst bei 5 Etagen. Gerade dieser Unterschied bezüglich der Operationsausdehnung ist ein wichtiges Argument für eine Laminotomie und gegen die Laminektomie bei Patienten, die eine ausgedehntere Operation an der Wirbelsäule benötigen.

Wie bei den Autoren der Arbeiten zur Laminektomie ließen sich auch in vorliegender Studie signifikante Unterschiede bei den Ergebnissen der Patienten erkennen, die im Bereich der Halswirbelsäule operiert worden waren. Hier kam es zu signifikant schlechteren klinischen Befunden bei den postoperativen Untersuchungen. Ein Grund hierfür kann die schwächere muskuläre Fixation der Halswirbelsäule sein oder auch die interne Statik der Halswirbelkörper mit ihren frontalen Gelenkflächen. Bei Patienten, deren Operationsgebiet im

Bereich der Lendenwirbelsäule lokalisiert war, kam es hingegen zu signifikant besseren klinischen Untersuchungsergebnissen postoperativ<sup>30,32,39,45</sup>.

### **Operationsalter**

Peterson (1994) und Yasuoka (1982) belegten in ihren Studien, dass das Operationsalter von großer Wichtigkeit für die Entstehung einer Wirbelsäulendeformität des betroffenen Patienten ist<sup>32,45</sup>. Die Laminektomie bei Kindern ist generell mit einem signifikant höherem Risiko für die Entwicklung einer Instabilität oder Deformität behaftet, als die Operation bei Erwachsenen. So berichtet beispielsweise Yasuoka von einer Deformitäten-Inzidenz von 46% bei laminektomierten Kindern unter 15 Jahren, bei Jugendlichen über 15 Jahren (15-24 Jahre) dagegen von nur 6%<sup>44</sup>. Auch Peterson spricht einen ähnlichen Sachverhalt bei laminektomierten Patienten an<sup>32</sup>. In der vorliegenden Studie konnte dargestellt werden, dass bis zu einem Alter von 18 Jahren das Operationsalter keinen signifikanten Einfluss auf die Entwicklung einer Deformität nach Laminotomie hat, und dass das Einwachsen der Laminae bei den Kindern normalerweise sicher stattfindet.

### **Vergleich mit Studien zur Laminektomie bei Kindern**

Aus zwei Arbeiten zur Laminektomie bei Kindern (Yasuoka<sup>44</sup>: n=26 und Papagelopoulos<sup>30</sup>: n=12) ließ sich das zeitliche Auftreten der beobachteten Deformitäten ablesen, so dass eine Kaplan-Meier-Schätzung zur Wahrscheinlichkeit der Entstehung einer postoperativen Deformität berechnet werden konnte.

Trotz der deutlich umfangreicheren Ausschlusskriterien, die erwarten ließen, dass postoperativ deutlich günstigere klinische Untersuchungsergebnisse erzielt wurden, stellte sich in den Referenzstudien eine höhere Inzidenz der Entwicklung einer postoperativen Deformität im Verlauf dar. Dieser Unterschied wurde sowohl bei Kindern mit der Operationsindikation „Fehlbildung“ beobachtet als auch etwas weniger ausgeprägt bei Kindern mit einer Tumorerkrankung. Der Graph (S. 38; Abb. 16) zeigt für die eigenen Ergebnisse, d.h. für Kinder der Gruppe FB, die laminotomiert wurden, ab dem 4. Jahr eine

im Vergleich zu den Vergleichsstudien höhere Wahrscheinlichkeit keine Deformität zu entwickeln.

Bei den Tumorpatienten (TU) fiel vor allem das Ausschlusskriterium "präoperative Deformität" der Vergleichsstudien ins Gewicht, d.h. alle Patienten mit einer präoperativ existenten Deformität wurden, anders als in der vorliegenden Studie, ausgeschlossen. Dies erklärt den besseren Anfangswert der Kurve "Vergleichskollektiv (TU)" verglichen mit der Kurve "eigene Ergebnisse (TU)" (S. 39; Abb. 16). Ab dem 2. Jahr entwickelten sich jedoch beide Kurven zu einem nahezu identischen Verlauf mit fast den selben Werten im 2.,3. und 6. postoperativen Jahr.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass im Vergleich zu den Studien zur Laminektomie bei Kindern, die Laminotomie in diesen Altersgruppen bessere klinische Ergebnisse zeigt:

In vorliegender Studie wurden weder Kinder mit präoperativ bestehenden Deformitäten, noch mit deformitätsbegünstigenden Konditionen (z.B. Spina bifida), noch Kinder mit malignen Tumoren oder erfolgter Radiotherapie ausgeschlossen. Dagegen wurden in den beiden Vergleichsstudien alle Kinder ausgeschlossen, die eine präoperative Deformität oder außeroperative Risikofaktoren für eine Deformitätenentwicklung aufwiesen. Somit gingen in die Berechnung der Kurven "Vergleichskollektiv" (TU und FB) nur Patienten ein, die rein operationsbedingte Deformitäten aufwiesen. Im Vergleich dazu stellt der Graph "eigene Ergebnisse" (TU und FB) eine Summe der operationsbedingten, präoperativ vorhandenen und aufgrund sonstiger Risikofaktoren entstandenen Deformitäten dar.

Dies zeigt bei vergleichbarem Kurvenverlauf eine deutlich bessere Prognose für Kinder mit Tumorerkrankungen hinsichtlich der Entwicklung einer Deformität, wenn sie sich einer Laminotomie statt einer Laminektomie unterziehen.

## **Fazit**

Abgesehen von den beeinflussbaren Größen, wie der Operationsart (Laminotomie oder Laminektomie) sind wenig beeinflussbare Kriterien, wie die Ausdehnung des Operationsgebietes oder das Operationsalter des Patienten,

vor allem aber unbeeinflussbare Gründe, wie z.B. die Grunderkrankung oder die Lokalisation, für die Ausbildung einer Deformität der kindlichen Wirbelsäule relevant. Dies gilt nicht nur für die Entwicklung einer Wirbelsäulendeformität, sondern auch für die gesamte Entwicklung der Kinder, wobei hier Störungen im Bereich der neuro-muskulären Koordination im Vordergrund stehen.

In seinem Artikel über iatrogene Deformitäten der Wirbelsäule schreibt Peterson (1994): "Der beste Weg, eine Deformität [...] zu behandeln, ist, sie zu vermeiden."<sup>32</sup> Dieser Satz ist zwar sicher richtig, aber schwer zu praktizieren.

Für Kinder, die wegen einer Fehlbildung an der Wirbelsäule operiert werden müssen, ist die Laminotomie sicher eine gute Möglichkeit eine Deformität zu vermeiden. Eine bessere Prognose im Vergleich zur Laminektomie zeichnet sich auch für Kinder ab, die über bis zu 5 Etagen oder aber im Bereich der Lendenwirbelsäule laminotomiert werden müssen. Daher ist die Laminotomie in der beschriebenen modifizierten Technik unbedingt einer Laminektomie vorzuziehen. Die vorliegenden Daten sprechen für eine deutlichen Reduktion der Entwicklung postoperativer Deformitäten im Vergleich zu früheren Publikationen.

## **5. Zusammenfassung**

### **Einleitung**

Durch verbesserte Operationstechniken hat sich die Wirbelsäulenchirurgie in den letzten 100 Jahren deutlich verändert. Verantwortlich dafür sind einerseits verbesserte Werkzeuge und Materialien, andererseits aber auch neue Verfahren, veränderte Methoden und verfeinerte Arbeitstechniken. Die im Jahr 1975 von Raimondi vorgestellte Methode der Laminotomie stellte eine die Anatomie wiederherstellende Alternative zur damals gängigen Praxis der Laminektomie bei spinalen Prozessen dar.

Ziel dieser Studie war, die Inzidenz der Deformitäten der kindlichen Wirbelsäule nach Mehrsegment-Laminotomien zu untersuchen, und herauszuarbeiten, ob die Wahl der Methode (Laminotomie vs. Laminektomie) Einfluss auf die Inzidenz von postoperativen Deformitäten hat.

### **Patienten**

Untersucht wurden 70 Kinder mit einem Altersmedian von 2,4 Jahren. Die 31 Jungen und 39 Mädchen wurden in der Zeit von Oktober 1985 bis September 1997 in der Neurochirurgischen Universitätsklinik Würzburg an der Wirbelsäule über mindestens zwei Etagen mit der Methode der Laminotomie operiert.

Eingeschlossen wurden alle Kinder unter 14 Jahren deren OP-Indikation entweder ein spinaler Tumor (n=35) oder eine spinale Fehlbildung (n=35) war.

### **Methode**

Von allen Patienten wurden retrospektiv die präoperativen Befunde der neurologischen und orthopädischen Untersuchung aus den Patientenakten herausgeschrieben. Ein Jahr nach Durchführung der Laminotomie wurde eine erneute Untersuchung durchgeführt und der Befund dokumentiert. Ergänzt durch eine dritte Untersuchung (Median 2 Jahre 7 Monate; Spanne: 1 Jahr bis 10 Jahre 7 Monate) wurden diese drei Untersuchungsergebnisse im Verlauf verglichen. Anhand des Vergleiches von prä- zu postoperativem Befund wurde jeder Patient in eine Deformitätskategorie eingeteilt.

Zur Beurteilung der Veränderung der Deformität nach der Operation wurde in Anlehnung an die „Erhebungskriterien der Japanese Orthopedic Association (JOA) zur Beurteilung neurologischer Störungen“ ein Score entworfen, der mit Hilfe einer Formel die prozentuale Veränderung der Deformität wiedergab.

Zum Vergleich mit den Ergebnissen zur Laminektomie bei Kindern wurde eine Metaanalyse durchgeführt. Die daraus entstandene Vergleichsgruppe umfasste 330 Kinder unter 18 Jahren. Mit Hilfe des Kaplan-Meier-Schätzers wurde eine Zeitentwicklungskurve zur Deformitätenentwicklung sowohl für laminektomierte als auch für laminotomierte Kinder errechnet und die theoretische Wahrscheinlichkeit zur Entwicklung einer Deformität bestimmt.

Zur statistischen Auswertung kamen in dieser Studie der Tukey-Kramer-Vergleichstest, der exakte Fishertest und der  $\chi^2$ -Test zur Anwendung.

## **Ergebnisse**

### **Einteilung der Deformitätskategorien**

Bezogen auf alle Kinder stellte sich anhand radiologischer und klinischer Gesichtspunkte ein gutes Ergebnis (Deformitäts-Kategorie A und B) bei 51 Kindern (73%) und ein unbefriedigendes Ergebnis (Deformitäts-Kategorie C und D) bei 19 Kindern (27%) dar.

Davon konnten in der Gruppe der Kinder mit spinalen Tumoren (Gruppe TU) 21 Kinder (60%) in Deformitäts-Kategorie A und B und 14 Kinder (40%) in die Deformitäts-Kategorie C und D eingeteilt werden. In der Gruppe der Kinder mit spinalen Fehlbildungen (Gruppe FB) entfielen 30 Kinder (86%) auf Deformitäts-Kategorie A und B und 5 Kinder (14%) auf Deformitäts-Kategorie C.

### **Beurteilung der Veränderung der Deformität**

Die Analyse des Scores zur Beurteilung der Veränderung der Deformität legte einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Diagnosegruppen (Gruppe TU und Gruppe FB) dar: In beiden Gruppen trat eine Progredienz der Deformitäten zum Zeitpunkt der aktuellsten Untersuchung ein. In Gruppe FB verschlechterte sich der Score um 0,9%, in Gruppe TU um 3,0%.

### **Risikofaktoren für die Entwicklung einer Deformität**

Es konnte festgestellt werden, dass vor allem die zugrundeliegende Diagnose eines spinalen Tumors ( $\chi^2$ -Test und exakter Fisher-Test:  $p < 0,05$ ) und die Lokalisation der Operation im Halswirbelsäulenbereich (exakter Fisher-Test:  $p < 0,01$ ) maßgeblichen, signifikanten Einfluss auf die Entwicklung einer Deformität bei Kindern hat. Die Ausdehnung der Operation über mehr als 5 Etagen ( $\chi^2$ -Test und exakter Fisher-Test:  $p < 0,05$ ) und notwendige Reoperationen (exakter Fisher-Test:  $p < 0,01$ ) erwiesen sich ebenfalls als signifikante Risikofaktoren zur Entwicklung einer Deformität.

### **Inzidenz der Deformitäten (Vergleich)**

In einer Metaanalyse der Studien über laminektomierte Kinder ( $n=330$ ) lag die Inzidenz von postoperativ neuen bzw. progredienten Deformitäten mit 45,9% deutlich höher als in unserem Patientengut ( $n=70$ ; Inzidenz: 27,1%).

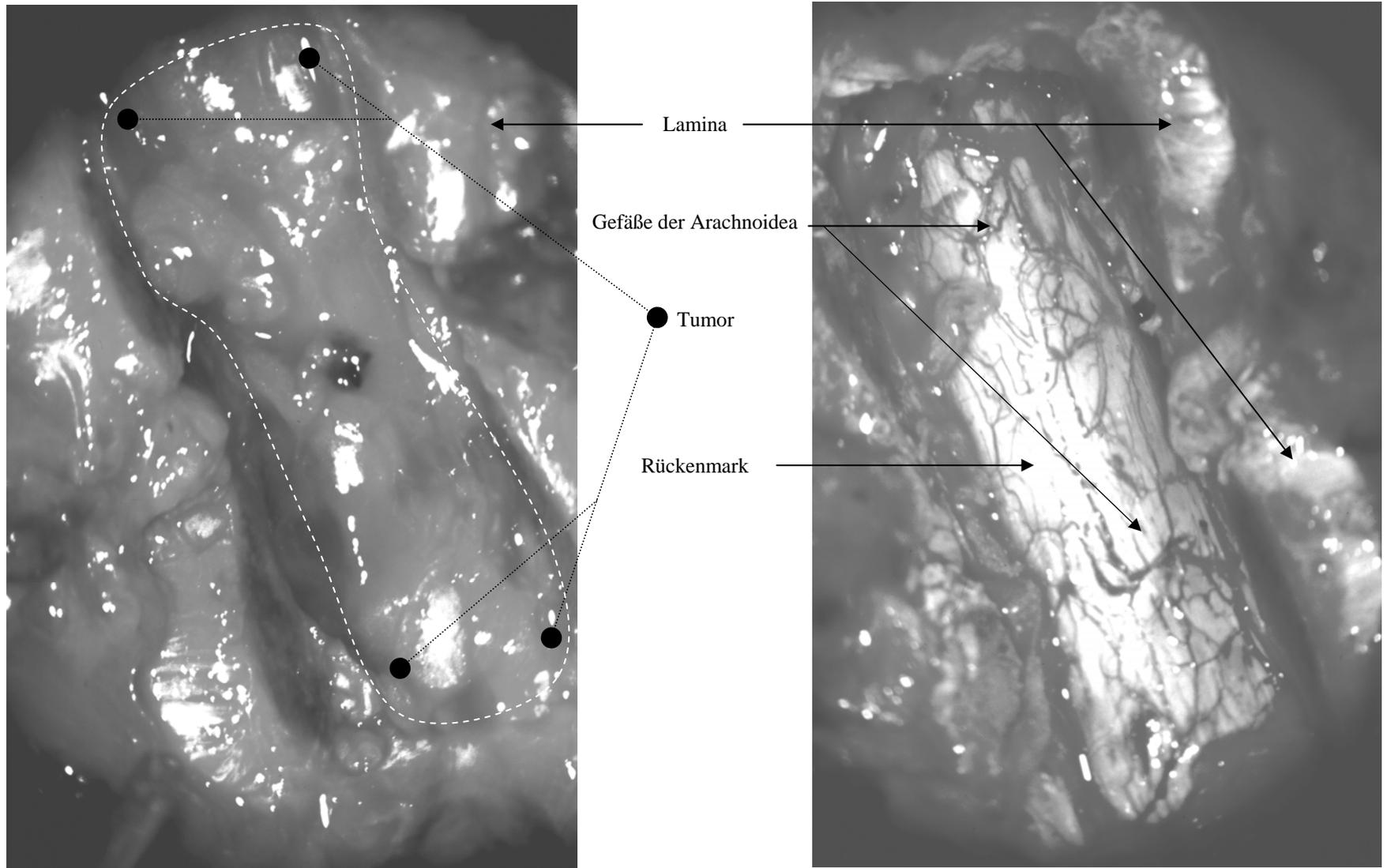
### **Kaplan-Meier-Schätzer**

In der „Zeitentwicklungskurve zur Darstellung der Wahrscheinlichkeit der Entwicklung einer Deformität“ für die Gruppen FB und TU dieser Studie und der Vergleichsstudien konnte trotz der umfangreichen Ausschlusskriterien der Vergleichsstudien bis zum dritten (Gruppe TU) bzw. vierten (Gruppe FB) postoperativen Jahr vergleichbare, nahezu identische Kurvenverläufe ermittelt werden. Ab dem vierten postoperativen Jahr ergaben sich für beide Gruppen dieser Studie günstigere Verläufe verglichen mit dem Literaturkollektiv.

### **Schlussatz**

Ein entscheidender Faktor zur Entwicklung einer Deformität stellt die zugrundeliegende Diagnose dar. Die Wahl der Operationsmethode kann jedoch ein maßgebliches Mittel sein, die Entwicklung bzw. Progredienz einer Deformität zu beeinflussen: Biomechanische Untersuchungen belegen die Wichtigkeit der Unversehrtheit der knöchernen Strukturen der kindlichen Wirbelsäule. Die in dieser Studie beschriebene Methode der Laminotomie nach

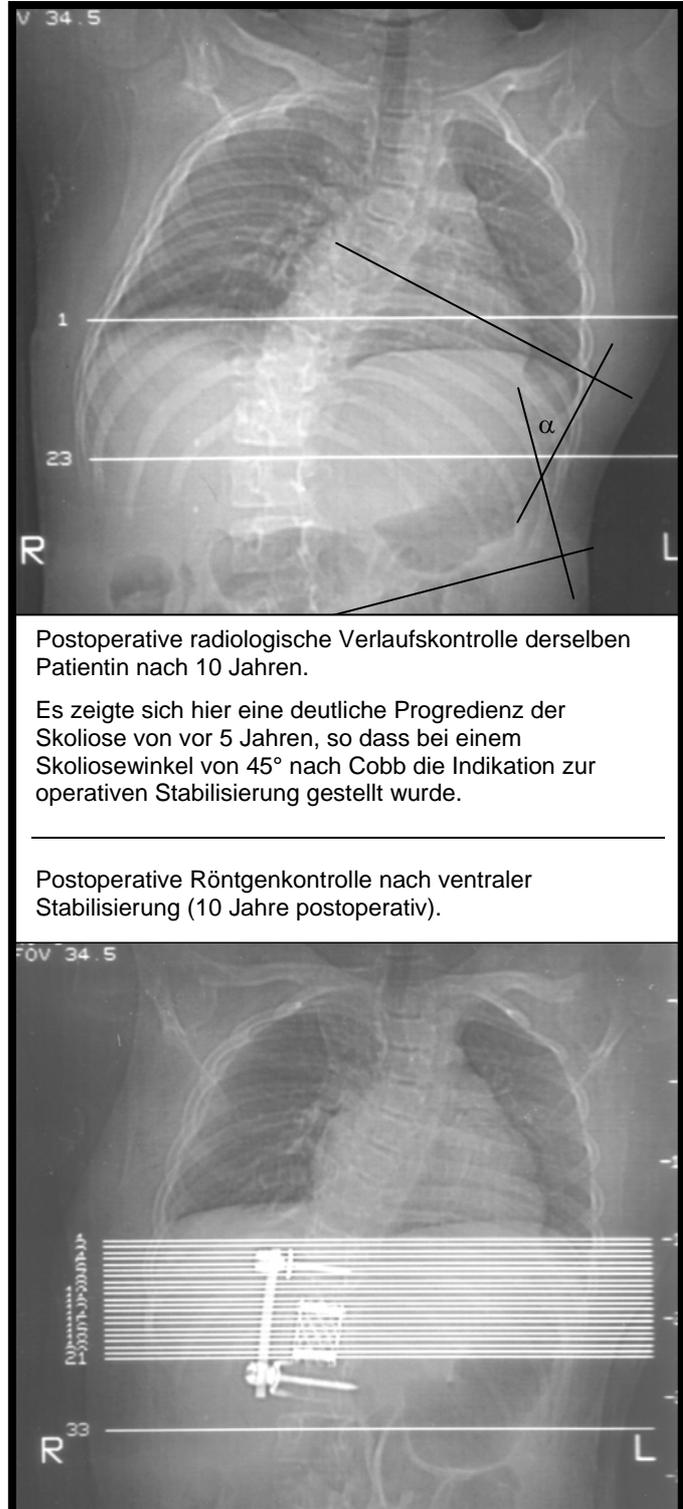
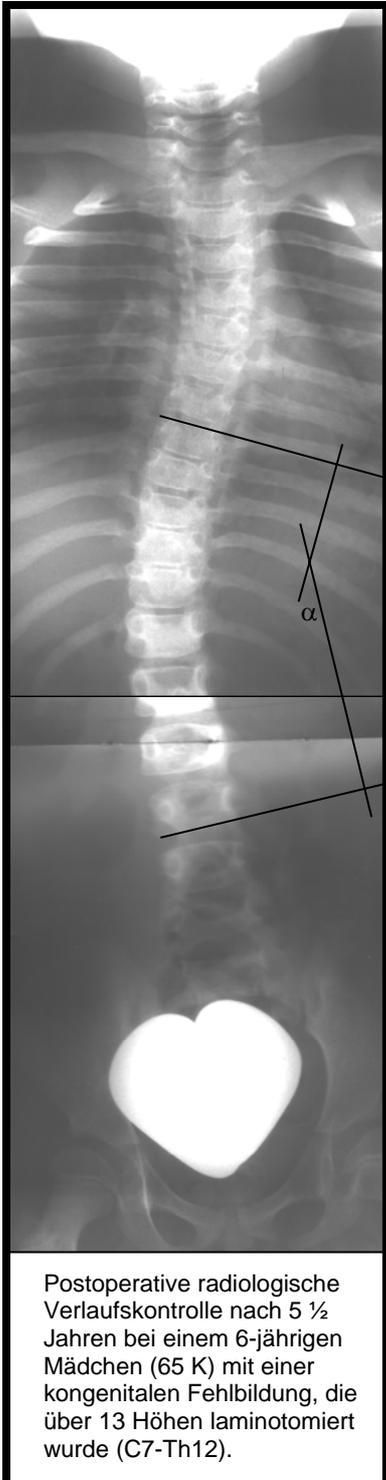
Raimondi legt gerade auf die Schonung bzw. Wiederherstellung der anatomischen Strukturen besonders viel Wert. Somit stellt sich gerade bei im Wachstum befindlichen Kindern die Laminotomie als besserer Zugang für Operationen am offenen Rückenmark dar, als die Laminektomie.



**Abb. A1: Intraoperativer Situs einer 7jährigen Patientin mit einem malignen intraspinalen Tumor vom Typ "PNET" (primitiver neuroendothelialer Tumor).**

Links: Situs nach Laminotomie und Wegsperren des "laminar flap" nach cranial (nicht sichtbar). Die gestrichelte Linie kennzeichnet die sichtbare Ausdehnung des Tumors zu Beginn der Operation.

Rechts: Derselbe Situs nach Tumor-Resektion



## **6. Referenzen**

- 1 Bette H, Engelhardt H:**  
Folgezustände von Laminektomien an der Halswirbelsäule.  
Z Orthop 85: 564-573, 1955
  
- 2 Boersma G:**  
Curvatures of the spine following laminectomies in children.  
Amsterdam, Born, 1969
  
- 3 Braun:**  
Chirurgische Therapie. In Lewandowski (ed.):  
Handbuch der Neurologie, Springer Verlag; Berlin: 1251-1292, 1910
  
- 4 Butler JC, Whitecloud TS:**  
Postlaminectomie kyphosis.  
Orthopedic Clinics of North America 23: 505-511, 1992
  
- 5 Cattell HS, Clark GL:**  
Cervical kyphosis and instability following multiple laminectomies in children.  
J Bone Joint Surg 49 (A): 713-720, 1967
  
- 6 Cooper PR, Epstein F:**  
Radical resection of intramedullary spinal cord tumors in adults.  
J Neurosurg 63: 492-499, 1985
  
- 7 Ding S, Zhang Z, Jiang Z, Gu X, Li H, Wang Y:**  
Biomechanical evaluation of cervical spine:  
Instability after multiple level laminectomie.  
Chinese Medical Journal 104 (8): 626-633, 1991

- 8 Dubousset J:**  
Paper presented to neurosurgical congress of infants.  
In Leo: Compressions medullaires non-traumatique de l'enfant.  
Editor rougerie, Paris, 1973
- 9 Eiselsberg A:**  
Über eine bemerkenswerte Gestaltsveränderung der Wirbelsäule  
nach einer ausgedehnten Laminektomie wegen Rückenmarktumors.  
Arch Orthop Trauma Surg 28: 132-139, 1930
- 10 Fraser RD, Patterson TL:**  
Orthopaedic aspects of spinal cord tumors in children.  
J Bone Joint Surg 59 (B): 143-146, 1977
- 11 Haft H, Ransohoff J, Carter S:**  
Spinal cord tumors in children.  
Pediatrics 23: 1152-1159, 1959
- 12 Herkowitz HN:**  
A comparison of anterior cervical fusion, cervical laminectomy,  
and cervical laminoplasty for the surgical management  
of multiple level spondylotic radiculopathy.  
Spine 13: 774-780, 1988
- 13 Ishida Y, Suzuki K, Ohmori K, Kikata Y, Hattori Y:**  
Critical analysis of extensive cervical laminectomy.  
Neurosurgery 24: 215-222, 1989
- 14 Johnston CE:**  
Post laminectomy kyphoskoliosis following surgical treatment  
for spinal cord Astrocytoma.  
Orthopedics 9: 587-594, 1986

- 15 Kaplan EL, Meier P:**  
Nonparametric estimation from incomplete observations.  
J Am Stat Assoc 53: 457-481, 1958
- 16 Katsumi Y, Honma T, Nakamura T:**  
Analysis of cervical instability resulting from laminectomies  
for removal of spinal cord tumor.  
Spine 14: 1171-1176, 1989
- 17 Kawai S, Sunago K, Doi K, Saika M, Taguchi T:**  
Cervical laminoplasty (Hattori's method).  
Spine 13: 1245-1250, 1988
- 18 Kurokawa T, Tsuyama N, Tanaka H:**  
Enlargement of the spinal canal by sagittal splitting of spinous process.  
Bessatsu Seikeigeka 2: 234-240, 1982 (Japan., Ref. unverified)
- 19 Lonstein JE, Winter RB, Bradford DB:**  
Postlaminectomy spine deformity.  
J Bone Joint Surg 58 (A): 727, 1976
- 20 Lonstein JE:**  
Postlaminectomy kyphosis.  
In Chou SN, Seljeskog EL (eds.):  
Spinal deformities and neurological dysfunction.  
New York, Raven Press: 53-63, 1976
- 21 Love JG:**  
Laminectomie for the removal of spinal cord tumors.  
J Neurosurg 25: 116-121, 1966

- 22 Lunardi P, Licastro G, Missori P, Ferrante L, Fortuna A:**  
Management of intramedullary tumors in children.  
Acta Neurochir (Wien) 120: 59-65, 1993
- 23 Maydl K:**  
Ein Fall von Resektion der Wirbelsäule.  
Wiener medizinische Presse; 25/42. S: 1336-1340, 1884
- 24 McLaughlin MR, Wahlig JB, Pollack IF:**  
Incidence of postlaminectomy kyphosis after Chiari decompression.  
Spine 22: 613-617, 1997
- 25 Mikawa Y, Shikata J, Yamamuro T:**  
Spinal deformity and instability after multilevel cervical laminectomy.  
Spine 12: 6-11, 1987
- 26 Miyazaki K, Kirita Y:**  
Extensive simultaneous multisegment laminectomy for myelopathy due to the ossification of the posterior longitudinal ligament in the cervical region.  
Spine 11: 531-542, 1986
- 27 Miyazaki Y, Tada K, Matsuda Y, Okuno M, Yasuda T, Murakami H:**  
Posterior extensive simultaneous multisegment decompression with posterolateral fusion for cervical instability and kyphotic and/or s-shaped deformities.  
Spine 14: 1160-1170, 1989
- 28 Nakano N, Nakano T, Nakano K:**  
Comparison of the results of laminectomy and open-door-laminoplasty for cervical spondylotic myeloradiculopathy and ossification of the posterior longitudinal ligament.  
Spine 13: 792-794, 1988

- 29 Pal GP, Sherk HH:**  
The vertikal stability of the cervical spine.  
Spine 13: 447-449, 1988
- 30 Papagelopoulos PJ, Peterson HA, Ebersold MJ, Emmanuel PR, Choudhury SN, Quast LM:**  
Spinal deformity and instability after lumbar or thorakolumbar laminectomy for intraspinal tumors in children and young adults.  
Spine 22: 442-451, 1997
- 31 Peters KM:**  
Wirbelsäule. In Orthopädie-Ambulanz: Kasuistiken und Repetitorium.  
Weinheim; Chapman and Hall, 1997, Seite 260-263
- 32 Peterson HA:**  
Iatrogenic spinal deformities.  
In: Weinstein (ed.): The Pediatric Spine.  
Raven Press, New York: Kap. 29, 651-662, 1994
- 33 Postacchini F, Cinotti G, Perugia D, Gumina S:**  
The surgical treatment of central lumbar stenosis.  
J Bone Joint Surg 75 (B): 386-392, 1993
- 34 Poulakou-Rebelakou E, Marketos SG:**  
Kidney disease in Byzantine medical texts.  
Am J Nephrol 19: 172-176, 1999
- 35 Raimondi AJ, Cutierrez FA, Di Rocco C:**  
Laminotomie and total reconstruction of the posterior spinal arch for spinal canal surgery in childhood.  
J Neurosurg 45: 555-560, 1976

- 36 Raynor RB, Pugh J, Shapiro I:**  
Cervical facetectomy and its effect on spine strength.  
J Neurosurg 63: 278-282, 1985
- 37 Richert J, Hemmer P:**  
Operationen an der Wirbelsäule und am Rückenmark.  
In: Bier, Braun, Kümmell: Chirurgische Operationslehre Bd. 2/1, Leipzig,  
1973
- 38 Sharma M, Langrana N, Rodriguez J:**  
Role of ligaments and facets in lumbar spinal stability.  
Spine 20: 887-900, 1995
- 39 Shikata J, Yamamuro T, Shimizu K, Saito T:**  
Combined laminoplasty and posterolateral fusion  
for spinal canal surgery in children and adolescents.  
Clin Orthop 259: 92-99, 1990
- 40 Sim FH, Suijen HJ, Bickel WH:**  
Swan-neck deformity following extensive cervical laminectomy.  
J Bone Joint Surg 56 (A): 564-580, 1974
- 41 Stagnara P, De Mauroy JC, Dran G, Gonon GP, Costanzo G, Dimnet J,  
Pasquet A:**  
Reciprocal angulation of vertebral bodies in a sagittal plane: Approach to  
references for the evaluation of kyphosis and lordosis.  
Spine 7: 335-342, 1982
- 42 Tachdjian MO, Matson DD:**  
Orthopaedic aspects of intraspinal tumors in infants and children.  
J Bone Joint Surg 47 (A): 223-248, 1965

- 43 White AA, Johnson RM, Panjabi MM:**  
Biomechanical analysis of clinical stability of the cervical spine.  
Clin Orthop 109: 85-96, 1975
- 44 Yasuoka S, Peterson HA, MacCarthy CS:**  
Incidence of spinal column deformity after multilevel laminectomy  
in children and adults.  
J Neurosurg 57: 441-445, 1982
- 45 Yasuoka S, Peterson HA, Laws ER:**  
Pathogenesis and prophylaxis of postlaminectomy deformity of the spine  
after multiple level laminectomy: Difference between children and adults.  
Neurosurgery 9: 145-152, 1981
- 

**Internetrecherche:**

- 46 [www.pubmed.gov](http://www.pubmed.gov) (Nr. 11923669)**
- 47 [www.iscoliosis.com/causes-kyphosis.html](http://www.iscoliosis.com/causes-kyphosis.html)**
- 48 [www.google.de](http://www.google.de)**
- 49 [www.spineuniverse.com/displayarticle.php/article1437.html](http://www.spineuniverse.com/displayarticle.php/article1437.html)**
- 50 [www.esurgeon.com/scripts/content/anatomyandcauses/scoliosis.html?](http://www.esurgeon.com/scripts/content/anatomyandcauses/scoliosis.html?)**
-

# HARALD GLOGER

## PERSÖNLICHE ANGABEN:

---

- Geburtsdatum: 22. Oktober 1969
- Geburtsort: Regensburg
- Konfession: evangelisch
- Familienstand: verheiratet, zwei Kinder
- Wohnort: Alte-Würzburger-Straße 18, 97076 Würzburg
- Ehefrau: Dr. med. Elke Gloger, geb. Vogel, Prakt. Ärztin
- Eltern: Wolfgang Gloger, EDV-Organisator  
Ulrike Gloger, Fachredakteurin

## SCHULAUSBILDUNG:

---

9/1976 – 2/1978 Grundschule Regensburg-Prüfening  
2/1978 – 7/1980 Grundschule Würzburg-Lengfeld  
9/1980 – 7/1988 Riemenschneider-Gymnasium Würzburg  
9/1988 – 6/1990 Röntgen-Gymnasium Würzburg  
6/1990 Abitur

## ERSATZDIENST:

---

7/1989 – 7/1996 erweiterter Katastrophenschutz beim Bayerischen Roten Kreuz,  
Kreisverband Würzburg

---

10/1990 – 3/1991 hauptamtlicher Sanitäter im Rettungsdienst des Bayerischen Roten Kreuz,  
Kreisverband Würzburg

## BERUFSAUSBILDUNG:

---

4/1991 – 10/1993 Staatliche Berufsfachschule für Massage der Universität Würzburg  
Berufsabschluß: *Masseur und med. Bademeister*  
▪ Praktische Ausbildung in der Orthopädischen Klinik „König-Ludwig-Haus“

---

11/1993 – 4/1994 hauptamtlicher Sanitäter im Rettungsdienst des Bayerischen Roten Kreuz,  
Kreisverband Würzburg  
seit 5/1994 ehrenamtliche Tätigkeit als Sanitäter im Rettungsdienst  
nebenamtliche Tätigkeit als Masseur in einer Praxis für Physiotherapie

#### HOCHSCHULAUSBILDUNG:

---

5/1994 – 10/2000	Studium der Medizin an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg
3/1996	ärztliche Vorprüfung, Note: befriedigend
3/1997	1. Staatsexamen, Note: ausreichend
9/1999	2. Staatsexamen, Note: befriedigend
10/2000	3. Staatsexamen, Note: gut

#### FAMULATUREN:

---

8/96	Orthopädie (König-Ludwig-Haus, Würzburg)
8/97	Allgemeinmedizin (Praxis Dr. med. Rost, Randersacker)
10/97	Gynäkologie (Kreiskrankenhaus Wertheim)
10/98	Innere Medizin (Missionsärztliche Klinik, Würzburg)

#### ÄRZTLICHE TÄTIGKEIT UND WISSENSCHAFTLICHES ARBEITEN:

---

11/2000 – 5/2002	AiP in der Chirurgischen Universitätsklinik Würzburg Direktor: Prof. Dr. Thiede
seit 5/2002	Wissenschaftlicher Assistent in der Chirurgischen Universitätsklinik Würzburg Direktor: Prof. Dr. Thiede
Promotion:	Prof. Dr. Eulert Ärztlicher Direktor der Orthopädischen Klinik „König-Ludwig-Haus“ Thema: „Deformität der kindlichen Wirbelsäule nach Mehrsegment-Laminotomien“
seit 11/2000	Arbeitsgruppe „Knorpel“ (Leiter: Prof. Dr. med. A. Weckbach Chirurgische Klinik II, Unfall- und Wiederherstellungschirurgie)
seit 07/2002	Arbeitsgruppe „endokrine Chirurgie“ (Leiter: PD Dr. med. W. Hamelmann Chirurgische Klinik I, Allgemeinchirurgie)

#### SONSTIGE ERFAHRUNG:

---

EDV:	gute Computerkenntnisse (Windows, Word, Excel, Power Point)
Sprachen:	Englisch