

M. Weber, B. Wimmer

Orthopädische Abteilung (Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. A. Reichelt) und Abteilung Röntgendiagnostik (Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. W. Wenz) der Chirurgischen Universitätsklinik Freiburg

## Die klinische und radiologische Begutachtung von Wirbelsäulenverletzungen nach dem Segmentprinzip

Aus den Untersuchungen ergeben sich folgende Konsequenzen: Erneut muß die Forderung erhoben werden, daß die klinische Wirbelsäulendiagnostik verbessert und möglichst standardisiert werden muß. Durch die Einführung der Computertomographie ist eine Klassifikation der Wirbelsäulenverletzungen möglich geworden, die in der Gutachtenlehre berücksichtigt werden muß, da sie prognostische Rückschlüsse und eine Definition der Instabilität zuläßt. Die herkömmliche Art der MdE-Einstufung ist in Anbetracht der verbesserten diagnostischen Möglichkeiten und der Häufigkeit und Kombination von posttraumatischen Instabilitäten, Deformitäten und Ankylosen nicht mehr vertretbar. Es wird ein Konzept vorgestellt, das in Analogie zur Begutachtung peripherer Gelenkschäden das Bewegungssegment und die segmentale Beweglichkeit in den Mittelpunkt der Betrachtung stellt und eine differenzierte Beurteilung der verletzten Wirbelsäule ermöglicht. Dabei werden die bislang gültigen MdE-Sätze nicht verändert, jedoch so fein abgestuft, daß den unterschiedlichen Zuständen Rechnung getragen werden kann. Auch bei der Begutachtung von Wirbelsäulenschäden zeigt sich, daß nur durch eine fachübergreifende Kooperation zwischen konservativer und operativer Orthopädie und Radiologie unnötige Verzögerungen des medizinischen Fortschritts verhindert werden können.

### **The medical legal interpretation of clinical and radiological findings of spinal trauma by segmental evaluation**

Cat scanning of the traumatized spine led to an approved classification of different types of lesions. Its application is important – not only for therapeutic reasons but also for the judgement of the end results. The classification enables the definition of a remaining instability (radiological and clinical) and is useful for the evaluation of the prognosis according to the structural changes within the motion segments. The conventional way of appreciating working capacity is no longer satisfying considering the improved diagnostic tools and the increasing frequency of various deformities, instability and even ankylosis and their combinations. As in the evaluation of peripheral joint function a concept is proposed, which is based on the structural changes in the motion segments and their motility. According to the kind and amount of deformity and instability the segment value is multiplied with factors 1 to 6. The number of involved segments is added to obtain the definite range of working capacity. The concept is practicable in all parts of the vertebral column and allows a differentiated judgement within the usual percentages.

**D**ie grundlegenden Arbeiten zur Begutachtung von Wirbelsäulenverletzungen stammen von Magnus, Lange, Lob, Güntz, Zuckschwerdt und Bürkle de la Camp. Die Arbeiten aus neuerer Zeit [43, 56] fassen die bewährten Prinzipien der Begutachtungslehre und die in den 70er Jahren erschienenen Untersuchungs- und Forschungsergebnisse so umfassend zusammen, daß

hinsichtlich der zu berücksichtigenden Rechtsgrundlagen, der Beurteilung von Vor- und Nachschäden, von Zusammenhangsfragen und der Richtlinien für die Gutachtertätigkeit bei der Beurteilung von Wirbelsäulenschäden nichts Neues hinzugefügt werden kann. Auch die Grundzüge der klinischen und konventionellen radiologischen Diagnostik und ihre Relevanz haben sich im letzten Jahrzehnt nicht mehr verändert. Die computertomographische Untersuchung der verletzten Wirbelsäule hat hingegen erhebliche diagnostische Fortschritte und neue Klassifikationen der Wirbelfrakturen

Herrn Professor Wenz zum 65. Geburtstag.

Eingang des Manuskripts: 26. 11. 1990.

Annahme des Manuskripts: 4. 12. 1990.

ermöglicht. Ihre gutachtliche Relevanz zu überprüfen, soll ebenso Ziel dieser Arbeit sein wie die Beschäftigung mit der Frage, ob die zunehmende operative Behandlung von Wirbelsäulenverletzungen infolge der Verbesserung der diagnostischen Möglichkeiten und der operationstechnischen Fortschritte den Gutachter vor neue Probleme stellt. Schließlich und endlich ist die Frage zu beantworten, ob das schon von Cotta, Erdmann [18] und Wagenhäuser beanstandete Hauptproblem bei der Begutachtung von Wirbelsäulenverletzungen – nämlich die Unzulänglichkeit der Befunddokumentation – beseitigt worden ist und die Relevanz semiobjektiver und objektiver Befunde geklärt werden konnte.

### Klassifikation spinaler Verletzungen

Bei der Begutachtung von Wirbelsäulenverletzungen wurde bislang die Einteilung von Lob zugrunde gelegt. Sie berücksichtigt ausschließlich pathomorphologische Aspekte. Die Einführung der Computertomographie und die Zweisäulentheorie von Holdsworth und ihre Erweiterung in die Dreisäulentheorie [11, 12, 42] machten eine Differenzierung der „voll ausgebildeten Wirbelsäulenverletzung“ und der auf Böhler [6] zurückgehenden pathogenetischen Einteilung der Wirbelfrakturen und eine Erfassung unterschiedlicher Stabilitätsgrade möglich. Im Vergleich zu konventionell angefertigten Röntgenaufnahmen bringt die Computertomographie bei Einzelbefunden einen Informationsgewinn von 63%. Gemessen am computertomographischen Befund, sind konventionelle Röntgenaufnahmen bezüglich der Stabilitätsbeurteilung in fast 20% falschnegativ [17, 71]. Die Klassifikationen von Denis, McAfee et al., Magerl [45, 46] und Harms et al. (Tabelle 1) tragen nicht nur dem Formenreichtum der Wirbelsäulenverletzungen Rechnung, sondern berücksichtigen die Pathomechanik der Frakturformen und die daraus resultierenden therapeutischen Konsequenzen. Diese faßte Magerl nach Richtung der Instabilität (Zug- oder Druckfestigkeit und Verschiebbarkeit) zu einem logischen Therapiekonzept zusammen. Wolter berücksichtigte mit dem „ABCD-0123-System“ (wobei die Buchstaben für die drei Säulen stehen, D für diskoligamentäre Instabilität) zusätzlich das Ausmaß der posttraumatischen Spinalkanalstenose (0 bis 3). Um die ursprünglich nur für die dorsolumbalen Frakturen gültige Einteilung auf die gesamte Wirbelsäule ausdehnen zu können, wurden als zusätzliche Gruppe die Extensionsverletzungen, die bislang nur an der Halswirbelsäule beschrieben worden sind [46], mit aufgenommen.

- 
- A. Flexions-Kompressions-Verletzung
  - B. Flexions-Distraktions-Verletzung
  - C. Seitliche Flexions-Distraktions-Verletzung
  - D. Rotationsverletzung
  - E. Hyperextensions-Scher-Verletzung
  - F. Luxationen
  - G. Bruch der Querfortsätze
  - H. Bruch der Dornfortsätze
  - I. Offene Verletzung
- 

Tabelle 1. Pathogenetische Hauptgruppen.

Eine Klassifikation für alle Halswirbelsäulenverletzungen existiert nicht wegen der Sonderstellung der oberen beiden Halswirbel. Die Verletzungen an der oberen Halswirbelsäule (Jefferson-Frakturen, die Densfrakturen I bis III, Axisbogenfrakturen sowie C2/3-Luxationsfrakturen mit Axisbogenfrakturen und Kombinationsverletzungen) sind in ihrer Morphopathogenese so partikular, daß ihre Einbeziehung in die Gesamtklassifikationen nicht möglich ist.

Die neue Klassifikation der Wirbelsäulenverletzungen sollte auch im Gutachtenwesen die herkömmliche ersetzen, da der Gutachter die gleiche Sprache sprechen muß wie der Kliniker und Radiologe und die Kenntnis der Verletzungsform Rückschlüsse auf Ausmaß und Richtung der zurückbleibenden Instabilität sowie die Lokalisation traumatischer Läsionen innerhalb eines oder mehrerer Bewegungssegmente gestattet.

### Instabilität

Der Begriff „instabile Fraktur“ wurde wahrscheinlich von Nicoll 1949 zum erstenmal an der Wirbelsäule verwandt. Magnus beschrieb schon 1931 „bewegliche Wirbelfrakturen“ – allerdings nur an toten Unfallverletzten. Auch Lob hatte sich bereits 1941 mit dem traumatischen Stabilitätsverlust der Wirbelsäule beschäftigt. Der Begriff Instabilität wurde seither sehr unterschiedlich gebraucht. Giebel wies darauf hin, daß im angloamerikanischen und französischen Schrifttum von „stabiler oder instabiler Heilung“ gesprochen wurde. Kaufer unterschied die akute von der chronischen Instabilität. Weitere Differenzierungen des Instabilitätsbegriffes stammen von Denis und Farfan et al.: Sie unterscheiden die klinische von der radiologischen Instabilität. Nach Denis liegt eine Instabilität ersten Grades vor, wenn sie nur mechanisch ausgeprägt ist. Eine Instabilität zweiten Grades liegt bei neurologischen Ausfällen vor. Mechanische Instabilität und neurologische Ausfälle bedingen die drittgradige Instabilität. Die mecha-

nische Instabilität ist definiert als abnorme Beweglichkeit, also Beweglichkeit in unphysiologischer Richtung; sie muß nicht mit klinischen Symptomen oder Beschwerden verbunden sein. Letztendlich entspricht sie dem, was Junghanns mit Instabilitas intervertebralis bezeichnet hat. Kirkaldy-Willis und Farfan rechnen die Hypermobilität (also die Überbeweglichkeit in physiologischer Richtung) zu den Instabilitäten als sogenannte Instabilität der ersten Kategorie. Louis unterschied nicht nur die diskoligamentäre von der ossären Instabilität, sondern führte auch den Begriff der iatrogenen Instabilität (z. B. nach Reposition von Luxationsfrakturen, Laminektomien usw.) ein.

Die brauchbarste Instabilitätsdefinition ist die von White et al.: „Clinical instability is defined as the loss of the ability of the spine under physiologic loads to maintain relationships between vertebrae in such a way that there is neither damage nor subsequent irritation to the spinal cord or nerve roots and, in addition, there is no development of incapacitating deformity or pain due to structural changes.“

Nach der Dreisäulentheorie ist Instabilität immer dann gegeben, wenn mehr als ein Pfeiler verletzt ist. Prinzipiell ist davon auszugehen, daß es fließende Übergänge von fast vollständiger Stabilität bis zur völligen Instabilität gibt [46, 48]. Dabei ist zu berücksichtigen, daß der Instabilitätsnachweis bei frischen Frakturen nicht nur von der Größe, sondern auch der Richtung der Kräfteinwirkung abhängt. Definitionsgemäß sind so zum Beispiel bestimmte Kompressionsfrakturen auf Druck instabil, in den anderen Ebenen jedoch stabil. Rotationsverletzungen sind in allen Ebenen stabil. Nach Harms ist auch ohne Computertomographie anhand der modernen Klassifikation eine Stabilitätsbestimmung möglich. Sie setzt wohl eine subtile Auswertung der Übersichtsaufnahme und profunde Erfahrung voraus. Dabei ist besonders die Verwechslung von Flexions-Kompressions- und Distraktionsverletzungen gefährlich. Böhler [7] hielt generell eine Kyphosierung von mehr als 10° für instabil. Dementsprechend stufte auch Beck einen Keilwirbel mit einem Wirbelindex (Vorderkantenhöhe dividiert durch Hinterkantenhöhe) von weniger als 0,8 als instabil ein. Bei solchen Deformitäten sei eine Zerreißung des „hinteren Bandapparates“ anzunehmen. Bilow et al. wiesen 1977 darauf hin, daß diese Instabilität durch Nachsinterung des gebrochenen Wirbelkörpers vorgetäuscht werden könne. Mit falschen Quotienten ist auch bei Flexions-Kompres-

sions-Frakturen mit Vorderkantenabbrüchen und Hinterkantenverletzungen zu rechnen [33].

Auf den Funktionsaufnahmen sind eine Angulation über 11° und eine Translation über 3,5 mm auf der Seitenaufnahme für eine Spätinstabilität beweisend [15, 29, 66, 69]. Kirkaldy-Willis et al. sahen Erweiterungen der Bandscheibenraumhöhe um mehr als 25 bis 30 % (10 % Zuschlag für Hypermobile) als pathologisch an.

Der radiologische Nachweis von posttraumatischen Veränderungen in einem Bewegungssegment mit oder ohne Instabilitäten innerhalb von Jahresfrist [40, 60] ist für den Gutachter bei der retrospektiven Auswertung von Röntgenaufnahmen im Vergleich zur primären Stabilitätsdiagnostik vergleichsweise einfach.

Eine zuverlässige Korrelation von radiologischer und klinischer Instabilität halten Kirkaldy-Willis et al. aus methodischen Gründen nicht für möglich. In der Tat ist schon der klinische Instabilitätsnachweis schwierig. Die von Vertretern der manuellen Medizin empfohlenen Tests sind – was ihre Sensibilität und Spezifität angeht – nicht überprüft. Für gutachtliche Zwecke reicht entsprechend den Empfehlungen von Hinz et al. und Rompe et al. die „manuelle Untersuchung“ als goldener Mittelweg zwischen „semiobjektiver“ Beweglichkeitsmessung und „hochgezüchteten Tastmethoden“ aus.

Aus sprachlichen Gründen bleibt der Begriff Wirbelsäulenpseudarthrose nichtverheilten Frakturen oder Spondylodesen vorbehalten. Jeden pathologischen Vorgang an der Wirbelsäule nach einer Verletzung als Pseudarthrose zu bezeichnen (wie dies Grass et al., Josten et al. vorschlugen) geht schon aus sprachlichen Gründen nicht an. Bei der Begutachtung sind Pseudarthrosen wie Instabilitäten zu werten.

Für die solide Begutachtung von Wirbelsäulenschäden kann also nicht nur die Angabe der Verletzungsform und Frühinstabilität, sondern auch die Bestimmung der daraus resultierenden radiologischen und klinischen Spätinstabilität gefordert werden.

### Beurteilungskriterien (Befund und Prognose)

In nahezu jeder Arbeit, die sich mit Gutachtenfragen beschäftigt, wird behauptet, daß posttraumatische Formveränderungen der Wirbelsäule (die fälschlicherweise oft auch als Fehlstellungen oder Fehlhaltungen bezeichnet werden), prognostisch ungünstig seien. Mei-

stens bleibt dabei offen, ob damit muskuläre Überforderungen, unmittelbare und mittelbare Verletzungsfolgen an den involvierten oder benachbarten Bewegungssegmenten oder wie auch immer geartete Instabilitäten gemeint sind.

Mit *degenerativen Spätschäden* wird bei Keilwirbeln über  $15^\circ$  bzw. einer Vorderkantenhöhenminderung über 50 % gerechnet [1, 57]. Bei entsprechenden Deformitäten wurde sowohl das Ansteigen der Spondylose rate als auch der Spondylarthroserate [1, 44, 59] beschrieben. Schlechte Ergebnisse sowohl hinsichtlich der Beweglichkeit als auch anderer, unterschiedlich definierter klinischer Befunde wurden ebenfalls bei Deformitäten mit einem Keilwirbel von über  $15^\circ$  oder Vorderkantenniedrigung um 50 % festgestellt [30, 36, 45, 64, 70]. Soreff sprach sogar von einer statistisch abgesicherten Korrelation zwischen Schmerzausmaß und spinaler Deformität. Nur Skuginna et al. kamen zu dem Schluß, daß es keine Korrelation gebe zwischen klinischem Ergebnis und Ausmaß des sogenannten Kompressionswinkels. Ob sich die obigen Angaben auch auf den dorsolumbalen Übergang und die Lendenwirbelsäule beziehen lassen, geht aus den zitierten Arbeiten nicht eindeutig hervor. Nur Jacobs betont ausdrücklich, daß Kyphosewinkel am dorsolumbalen Übergang unter  $30^\circ$  vertretbar seien, die über  $45^\circ$  nicht mehr. Entsprechende Maßzahlen gibt es für Hals- und Lendenwirbelsäule nicht.

Skoliotische Abknickungen werden prognostisch als noch ungünstiger angesehen als kyphotische [45, 68]. Krümmungswinkel wurden nicht angegeben. Da es sich bei den posttraumatischen Skoliosen um das Gibbusäquivalent in der Frontalebene handelt, sind möglicherweise die gleichen Größenangaben bedeutsam. Der Kyphosewinkel der Brustwirbelsäule schwankt zwischen  $15^\circ$  und  $49^\circ$ , der Lordosewinkel der Lendenwirbelsäule liegt physiologischerweise unter  $60^\circ$  [72]. Unter Berücksichtigung einer Meßfehlerbreite von  $10^\circ$  liegen pathologische Werte für Krümmungen an der Brustwirbelsäule vor, wenn der Krümmungswinkel größer ist als  $60^\circ$ , an der Lendenwirbelsäule bei Werten über  $70^\circ$ . Ab wann eine Delordosierung pathologisch relevant ist, ist nicht festgelegt.

Erstaunlicherweise läßt sich bei Durchsicht der Literatur kein Beweis für die vielfach aufgestellte Behauptung [10, 21, 49, 50, 56, 63, 68] finden, daß Deformierungen im Krümmungsscheitel besser kompensierbar seien als am Ende einer Krümmung oder zwischen zwei Krüm-

mungen. Im Gegensatz zu dieser Lehrmeinung steht die Feststellung von Ludolph et al., daß bei sonst intakter Wirbelsäule auch Fehlstellungen des dorsolumbalen Überganges gut kompensierbar seien. Daß sich hingegen zusätzliche Kyphosierungen der Brustwirbelsäule bei vorbestehender Hyperkyphose ungünstig bemerkbar machen und als abgrenzbare Verschlimmerung auch bei kleinen Krümmungswinkeln mit einem rentenberechtigenden MdE-Satz bedacht werden müssen, hatte schon Güntz hervorgehoben.

Über die funktionellen Auswirkungen von *Spondylodesen* ist relativ wenig bekannt. Kahanovitz et al. wiesen die Entstehung einer Spondylarthrose an nicht versteiften Gelenken im Harrington-Stabbereich nach. Nach monosegmentalen und sogar zweisegmentigen Fusionen wurden bislang noch keine Einschränkungen der Wirbelsäulenglobalbeweglichkeit festgestellt [16, 37]. Hypomobilitäten spielen in funktioneller Hinsicht an der Wirbelsäule infolge deren guter Kompensationsfähigkeit im Gegensatz zur Instabilität keine bedeutsame Rolle [22, 58, 68]. Andererseits schränken Spondylodesen die Kompensationsfähigkeit der Wirbelsäule ein [24]. Dies ist gerade bei operativ herbeigeführten Fusionen mit verbleibender Fehlstellung relevant. Hinz et al. hatten nicht nur auf die verminderte Kompensationsfähigkeit vorgeschädigter Wirbelsäulen, sondern auch auf deren erhöhte Verletzungsanfälligkeit hingewiesen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß Spondylodesen in besonders beweglichen Wirbelsäulenabschnitten (HWS, untere LWS) zu erheblichen Funktionseinbußen der Wirbelsäule führen. Levine hielt deswegen (unter Berufung auf Cochram et al.) eine Fusion der Lendenwirbelsäule nur bis L3 für vertretbar. Bei Fusionen bis L5 beobachtete er in über 90 % schwere Funktionseinbußen, Schmerzen und ein drastisches Ansteigen der Pseudarthroserate (entsprechend den Erfahrungen bei der operativen Skoliosebehandlung [67]).

Über die Entwicklung der segmentalen oder regionalen *Wirbelsäulenbeweglichkeit* nach konservativer und operativer Behandlung von Wirbelsäulenverletzungen gibt es weder in der klinischen noch in der gutachtlichen Literatur Angaben. Eine einzige Ausnahme macht die Arbeit von Bilow et al.: Sie konnten zumindest radiologisch nachweisen, daß die klinisch festgestellte Bewegungseinschränkung ausschließlich zu Lasten des verletzten Bewegungssegmentes geht, und zwar genau in dem Ausmaß, in dem das Gelenk physiologischerweise anteilmäßig an der Gesamtwirbelsäulenbeweglichkeit beteiligt war. Da die Beweglichkeitsmessung nach

Gliedmaßenverletzungen zum Routineprogramm gehört, kann aus dieser beachtlichen Tatsache nur der Schluß gezogen werden, daß die klinische Wirbelsäulendiagnostik in praxi ein Stiefkind der traumatologischen Orthopädie geblieben ist. Die pauschalen Angaben zur Gesamtbeweglichkeit – oft sogar nur deskriptiv erfaßt – sind für gutachtliche Belange wertlos.

Die Feststellung einzelner Autoren [2, 13, 52], daß es keine Korrelation zwischen *Frakturform* und *Ausheilungsergebnis* gebe, kann sich wohl nur auf die Wirbelkörperbrüche („major injuries“ nach Denis) beziehen, da die Quer- und Dornfortsatzbrüche als „minor injuries“ in der Regel folgenlos ausheilen. In Anbetracht der Fehlerquote konventioneller Röntgenmethoden und der oben geschilderten Unzulänglichkeiten der klinischen Befunderhebung ist zu vermuten, daß die fehlende Korrelation methodisch bedingt ist. So kann es nicht verwundern, daß gerade Erdmann [18] und Lob davon ausgehen, daß das *Ausheilungsergebnis* sehr wohl von der Schwere der Verletzung abhängt.

Die *Schmerzanalyse* ist in allen, auch den neueren Arbeiten, stiefmütterlich behandelt worden. Das Vorhandensein eines Wirbelsäulenschmerzes wird entweder bejaht oder verneint, in keiner Arbeit wurde der Lokalisation oder gar den Ursachen des Schmerzes nachgegangen. Bei Donk et al. findet sich die beunruhigende Mitteilung, daß zwei Jahre nach der operativen Behandlung veralteter Deformitäten die Schmerzrate erheblich ansteigt.

Schließlich ist noch festzuhalten, daß diskoligamentäre Verletzungen eine ungünstigere Prognose haben als ossäre. Diese heilen meistens unabhängig von der Therapie stabil aus [22, 42, 45, 55, 58].

Für die Begutachtung der Folgeschäden gilt nach wie vor die Feststellung von Güntz, daß es für die Beurteilung von Wirbelsäulenverletzungen nur grobe klinische Richtwerte gibt und ihre Relevanz mit größter Vorsicht zu bewerten ist.

### **Einstufung der Minderung der Erwerbsfähigkeit**

Der Gutachter hat bei der Einstufung der Minderung der Erwerbsfähigkeit bei den Wirbelsäulenverletzungen einen großen Spielraum [63]. Die Prozentsätze schwanken zwischen minimal 0% und maximal 40%. Tabellarische Aufstellungen gibt es zum Beispiel bei Bilow et al., Erdmann [19], Lob, Probst, Rompe et al.

Die Höhe der MdE solle sich am Ausmaß des „Achsnicks“, der „Stabilität“ oder der „Schwere der Deformierung“ oder dem „Ausheilungsergebnis“ orientieren. Keiner der Begriffe ist jedoch entsprechend den obigen Ausführungen definiert oder quantifiziert. Ob eine in Fehlstellung verheilte Fraktur stabil ist oder nicht, bedingt allenfalls eine MdE-Änderung von 10%. Die Feststellung von Güntz: „Richtlinien und präzise Anhaltspunkte, wie sie für die Extremitäten existieren, gibt es für die Wirbelsäule nicht“, trifft nach wie vor zu.

Bei Rompe et al. ist ebenso wie bei Mehrtens nachzulesen, daß die Gradzahl des Achsfehlers früher mit den MdE-Prozentsätzen gleichgesetzt wurde. Eine dementsprechende Einstufung lehnten die Autoren jedoch ab unter Berufung auf die Behauptung von Weller, daß es keine lineare Beziehung zwischen Ausmaß der Deformierung und „Belastungs- und Funktionseinbuße“ gebe. Da die Behinderung von Skoliosepatienten oder Patienten mit einer Spondylitis ankylopoetica nach dem Grad der Deformierung und dem Ausmaß der Funktionsverluste beurteilt wird, ist schwer vorstellbar, daß bei der Begutachtung der posttraumatischen Wirbelsäulendeformitäten andere Prinzipien gelten sollen, zumal bei den posttraumatischen Deformitäten eine Kompensation durch Formänderung wie bei den sich allmählich entwickelnden anderen Wirbelsäulenfehlformen nicht möglich ist. Übertragen auf die Begutachtung von zum Beispiel Kniegelenkschäden, bedeutete dies zudem, daß lediglich die Stabilität des Gelenkes, die Beschaffenheit der Muskulatur, nicht jedoch das Ausmaß des Achsfehlers oder gar die Kniegelenkbeweglichkeit berücksichtigt würde. Nach den Gepflogenheiten an der Wirbelsäule würde allenfalls die Gesamtbeweglichkeit aller Gelenke der unteren Gliedmaße gemessen (oder sogar nur geschätzt).

Nirgends in der Gutachtenliteratur ist festgelegt, wie eine ein- oder mehrsegmentige Ankylose zu bewerten ist. Weller erwähnte nur, daß ein posttraumatischer Blockwirbel als „besonders günstiges“ Ergebnis anzusehen sei. Posttraumatische „Spangengebilden“ stufte Bilow et al. mit 10% ein.

So wie sich seinerzeit Payr gegen die Entwicklung einer „halbmondförmigen Sonderwissenschaft“ bei der gutachtlichen Beurteilung von Meniskusschäden ausgesprochen hat, wandten sich Ludolph et al. gegen eine „vollmondförmige Sonderwissenschaft“ bei der Begutachtung von Bandscheibenschäden. Dies bedeutet, daß bei der Beurteilung von Wirbelsäulenschäden die

Anwendung der Prinzipien gefordert wurde, die auch bei den Gliedmaßenverletzungen gelten. Zu Recht bemängelte auch Lob bei der von Junghanns vorgenommenen Einteilung der Wirbelsäulenverletzungen die Ausrichtung am Kriterium Bandscheibe. Er selbst beschränkte sich auf den Wirbelkörper und seine radiologisch erkennbare Verformung. Ludolph et al. führten als einziges Unterscheidungsmerkmal bei Wirbelfrakturen auch nur die Bandscheibenbeteiligung an.

Die angesprochenen Probleme lassen sich lösen, wenn bei der Beurteilung der Wirbelsäulenschäden das Bewegungssegment in den Vordergrund gestellt wird, wie dies mit Erfolg bei allen anderen Wirbelsäulenerkrankungen geschehen ist. Magnus formulierte 1931: „Die Veränderungen an der Zwischenwirbelscheibe und der Abschlußplatte stehen seit den Untersuchungen Schmorls sehr im Vordergrund des Interesses. Es erscheint verfrüht, auf diese Dinge heute schon eingehen zu wollen. Wieweit diese Ergebnisse für die Verletzungschirurgie und im besonderen für die unfallmedizinische Begutachtung von Wichtigkeit sind, läßt sich heute noch nicht übersehen.“ Diese Zurückhaltung kann heute sicher aufgegeben werden. Folgende Argumente sprechen für eine segmentbezogene Beurteilung von Wirbelsäulenschäden:

1. Die Wirbelsäulenfunktion ist unter normalen und pathologischen Bedingungen im wesentlichen von den Bewegungssegmenten abhängig.
2. Die meisten Schmerzsyndrome der Wirbelsäule (vertebrale und vertebrale Syndrome) entstehen innerhalb des Bewegungssegmentes.
3. Die Endzustände nach Wirbelsäulenverletzungen sind nicht abhängig von der Verletzungsform an sich, sondern vom Ausmaß der Mitbeteiligung der Bewegungssegmente (die computertomographisch bereits posttraumatisch objektiv festgestellt werden kann).
4. Die Wirbelsäuleninstabilität läßt sich segmentbezogen analysieren.
5. Nicht alle Bewegungssegmente haben die gleiche funktionelle Bedeutung, so daß segmentbezogene Unterscheidungen bei der gutachtlichen Beurteilung notwendig sind.
6. Die Umsetzung des Ausmaßes der Wirbelsäulendeformität in Prozentsätze anhand von Krümmungswinkeln usw. war bisher nur willkürlich möglich. Hingegen ist die Bestimmung der Anzahl der von der posttraumatischen Krümmung betroffenen Bewegungssegmente entsprechend dem Krümmungs-

radius (anstatt des Krümmungswinkels) pathomechanisch sinnvoll und rechnerisch objektiv möglich.

Die Gesamtbeweglichkeit der Wirbelsäule beträgt 635°. Für jedes Bewegungssegment bedeutet dies eine Beweglichkeit von insgesamt ungefähr 25°. Wird angenommen, daß ein totaler Bewegungsverlust der gesamten Wirbelsäule eine Minderung der Erwerbsfähigkeit von 100% bedingt, so bedeutet der vollständige Bewegungsverlust in einem Segment eine Minderung der Erwerbsfähigkeit von 4%. Die individuelle Segmentbeweglichkeit differiert jedoch erheblich, so daß sich eine segmentbezogene Umrechnung empfiehlt. Legt man die bei Louis angegebenen Bewegungsmaße zugrunde, so entfallen auf die einzelnen Segmente unterschiedliche Prozentzahlen (Tabelle 2).

Bei stabil ausgeheilten Frakturen ohne Deformierung kommen die einfachen Prozentsätze zur Anwendung. Sind zwei Bewegungssegmente betroffen, sind die entsprechenden Segmentwerte zu addieren. Bei klinischer Instabilität im Sinne von White et al. mit radiologischer Instabilität Grad I nach Meyerding ist der Segmentwert mit 4, bei Instabilitäten Grad II mit 6 zu multiplizieren.

Segment	Grad	%
C0/C1	50	7,8
C1/2	46	7,2
C2/3	37	5,8
C3/4	39	6,1
C4/5	46	7,2
C5/6	42	6,6
C6/7	39	6,1
C7/T1	32	5,0
T1/2	14	2,2
T2/3	14	2,2
T3/4	14	2,2
T4/5	14	2,2
T5/6	14	2,2
T6/7	16	2,5
T7/8	12	1,8
T8/9	12	1,8
T9/10	12	1,8
T10/11	14	2,2
T11/12	12	1,8
T12/L1	23	3,6
L1/2	21	3,3
L2/3	23	3,6
L3/4	29	4,5
L4/5	36	5,6
L5/S1	30	4,7

Tabelle 2

Segmentale Hypomobilitäten und Ankylosen sind funktionell gleichzustellen. Da im Gegensatz zu den Gliedmaßengelenken an der Wirbelsäule Ankylosen oder Äquivalente funktionell günstiger sind als Instabilitäten, ist bei ihnen der segmentale Prozentsatz nur mit 3 zu multiplizieren.

Bei posttraumatischen Wirbelsäulendeformitäten mit Verkrümmungen in der Scheitel- oder Frontalebene sind die doppelten Segmentprozentsätze zu addieren. Bei Krümmungen in beiden Ebenen wird jeweils die längere Krümmung berechnet. Bei kompensatorischen Gegenkrümmungen sind die entsprechenden einfachen Segmentprozentsätze hinzuzuzählen. Bei Instabilität und Ankylose sind die errechneten Einzelwerte zu addieren. Bei zusätzlicher Fehlform werden die Werte der zudem betroffenen Segmente addiert (einzelne Segmente dürfen nicht mehrfach berechnet werden).

Die errechneten Endwerte sind auf die nächste 5%-Stufe aufzurunden und gelten für die Feststellung der ersten Dauerrente. Eine exakte Einstufung ist auch unter 20% wichtig, da wegen der Häufigkeit von Begleitverletzungen insbesondere auf neurologischem Gebiet diese niedrigen MdE-Sätze zum Tragen kommen können. In den beiden ersten Unfalljahren sind bis zu doppelt so hohe Werte vertretbar je nach Trainingszustand (Muskulatur, Motilität) des Patienten. Dabei ist zu berücksichtigen, daß eine zu großzügige anfängliche Einstufung Widerspruchsverfahren nach Reduktion des MdE-Satzes provoziert [43].

Das Segmentprinzip ist auch bei der Beurteilung von Verletzungsfolgen an der oberen Halswirbelsäule anwendbar.

#### Literatur

1. Beck, E.: Brustwirbelsäulen- und Lendenwirbelsäulenfrakturen. Hefte Unfallheilk. 149 (1980), 119.
2. Bedbrook, G. M.: Spinal injuries with tetraplegia and paraplegia. J. Bone Jt Surg 61-B (1979), 267.
3. Bilow, H., H. Pahl: Posttraumatische Veränderungen bei Kompressionsfrakturen an der Brust- und Lendenwirbelsäule. Hefte Unfallheilk. 129 (1977), 276.
4. Bilow, H., S. Weller: In: Marx, H. H. (Hrsg.): Medizinische Begutachtung. Thieme, Stuttgart-New York 1987.
5. Bilow, H., S. Weller: Halswirbelsäulenverletzungen – Die Konservative Behandlung und ihre Ergebnisse. Hefte Unfallheilk. 149 (1980), 77.
6. Böhler, L.: Wirbelbrüche und Wirbelverrenkungen. Chirurg. 7 (1935), 444.
7. Böhler, L.: Wandlungen in der Begutachtung und Behandlung von Wirbelbrüchen. Arch. klin. Chir. 200 (1940), 321.
8. Bürkle de la Camp, H.: Die Unfallchirurgie der Wirbelsäule. Beih. zur Mschr. Unfallheilk. 66 (1961), 112.
9. Cotta, H.: Probleme der Begutachtung angeborener und erworbener Veränderungen der Wirbelsäule. Schriftenreihe: Unfallmedizinische Tagungen der Landesverbände der gewerblichen Berufsgenossenschaften 7 (1969), 181.
10. Dahmen, G.: Veraltete schwere Fehlstellungen der Wirbelsäule und ihre Folgen – Möglichkeiten einer operativen Therapie. Hefte Unfallheilk. 108 (1971), 173.
11. Denis, F.: Updated classification of thoracolumbar fractures. Orthop. Trans. 6 (1982), 8.
12. Denis, F.: The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. Spine 8 (1983), 817.
13. Dolanc, B.: Operative Behandlung bei Frakturen Th 11-5. Hefte Unfallheilk. 149 (1980), 169.
14. Donk, R., J. Harms, H.-P. Hack, K. Zielke: Operative Versorgung veralteter Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule. Unfallheilkunde 189 (1987), 1121.
15. Dorr, L., J. P. Harvey, V. L. Nickel: Clinical review of the early stability of spine injuries. Spine 7 (1982), 545.
16. Ecke, H., N. Papastavrou: Zur Objektivierung von posttraumatischen Bewegungseinschränkungen der Wirbelsäule. Hefte Unfallheilk. 108 (1971), 209.
17. Ellebrect, Th., G. Hohlbach, M. Kern, B. Tänzer: Einteilung und Therapieplanung bei frischen Wirbelfrakturen – Entscheidungshilfe durch Computertomographie? Hefte Unfallheilk. 189 (1987), 1117.
18. Erdmann, H.: Die Begutachtung der Wirbelsäule. Wirbelsäule in Forsch. u. Prax. 40 (1968), 7.
19. Erdmann, H.: Begutachtung der Wirbelsäule aus chirurgischer Sicht. Unfallchirurgie 3 (1977), 70.
20. Farfan, H. F., S. Gracovetsky: The nature of instability. Spine 9 (1984), 714.
21. Fredenhagen, H.: Veränderungen der Statik der Wirbelsäule und deren Folgen. Z. Unf.-med. Berufskr. 65 (1972), 194.
22. Giebel, M. C.: Die stabile und die instabile Wirbelsäule. Wirbelsäule in Forsch. u. Prax. 40 (1968), 158.
23. Grass, Th., J. Harms: Pseudarthrosen nach Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule. Hefte Unfallheilk. 189 (1987), 1134.
24. Güntz, E.: Begutachtungsfragen der Wirbelsäule. In: Hohmann, G., M. Hachenbroch, K. Lindemann (Hrsg.): Handbuch der Orthopädie. Bd. II. Spezielle Orthopädie. Thieme, Stuttgart 1958, S. 899.
25. Harms, J.: Klassifikation der BWS- und LWS-Frakturen. Fortsch. Med. 105 (1987), 545.
26. Harms, J., F. Magerl: Einteilung der Frakturen im Brustwirbelsäulen- und Lendenwirbelsäulenbereich. Vortrag 1. Tagung der Konferenz Deutschsprachiger Wirbelsäulenchirurgen, Bad Wildungen 1986.
27. Hinz, P., H. Erdmann: Zur manuellen Untersuchung der Halswirbelsäule in der Gutachterpraxis. Z. Orthop. 104 (1967), 28.
28. Hinz, P., R. Plaue: Begutachtung von Schleuder- und Abknickverletzungen der Halswirbelsäule. Akt. Orthop. 2 (1972), 153.
29. Holdsworth, F.: Fractures, dislocations, and fracture-dislocations of the spine. J. Bone Jt Surg. 52-A (1970), 1533.
30. Jacobs, R. R., M. P. Casey: Surgical management of thoracolumbar spinal injuries. Clin. Orthop. 189 (1984), 22.
31. Josten, C. A., A. Ekkernkamp, J. Scheuer, W. Knopp: Pseudarthrosen der Halswirbelsäule – Konservative und operative Verfahren. Hefte Unfallheilk. 189 (1987), 1137.
32. Kahanovitz, N., P. Bullough, R. R. Jacobs: The effect of internal fixation without arthrodesis on human facet joint cartilage. Clin. Orthop. 189 (1984), 204.
33. Katthagen, B.-D., J. Rehn: Formveränderungen von Wirbelfrakturen im Röntgenbild unter frühfunktioneller Therapie. Hefte Unfallheilk. 149 (1980), 139.

34. Kaufer, H.: The thoracolumbar spine. In: Rockwood, C. A., D. P. Green (eds.): Fractures. Vol. 2. Lippincott, Philadelphia-Toronto 1975, p. 861.
35. Kirkaldy-Willis, W. H., H. F. Farfan: Instability of the lumbar spine. Clin. Orthop. 165 (1982), 110.
36. Konecny, O.: Für die Behandlung der Wirbelsäulenkompressionsfrakturen nach Böhler. Z. Unf.-med. Berufskr. 65 (1972), 135.
37. Kunze, K., P. Schermuly: Erfahrungen mit segmentalen Wirbelsäulenstabilisierungen nach Roy-Camille bei Wirbelsäulenfrakturen. Wirbelsäule in Forsch. u. Prax. 107 (1988), 84.
38. Lange, M.: Grundlagen der Beurteilung von Wirbelsäulenverletzungen und -erkrankungen. Beiheft Mschr. Unfallheilk. 41 (1951), 1.
39. Levine, A., Ch. C. Edwards: Lumbar spine trauma. In: Camins, M. B., P. F. O'Leary Camins (eds.): The lumbar spine. Raven Press, New York 1987, p. 183.
40. Lob, A.: Die Wirbelsäulenverletzungen und ihre Ausheilung. 1. u. 2. Aufl. Thieme, Stuttgart 1941 und 1954.
41. Louis, R.: Die Chirurgie der Wirbelsäule. Springer, Berlin-Heidelberg-New York-Tokyo 1985.
42. Louis, R., J. Sorbier, J. Bonnoit: Instabilité expérimentale. Rév. Chir. Orthop. 63 (1977), 428.
43. Ludolph, E., G. Riedel: Begutachtung posttraumatischer Wirbelsäulenschäden in der gesetzlichen Unfallversicherung. Akt. Chir. 24 (1989), 120.
44. Macnab, I.: Backache. Williams und Wilkins, Baltimore 1977.
45. Magerl, F.: Der Wirbel-Fixateur externe. In: Weber, B. G., F. Magerl (Hrsg.): Springer, Heidelberg-New York-Tokyo 1985, S. 290.
46. Magerl, F.: Klassifizierung der Wirbelsäulenverletzung. Hefte Unfallheilk. 189 (1987), 597.
47. Magnus, G.: Die Behandlung und Begutachtung des Wirbelbruchs. Arch. Orthop. Unfallchir. 29 (1931), 277.
48. McAfee, P. C., H. A. Yuan, B. E. Fredrickson, J. P. Lubicky: The value of computed tomography in thoracolumbar fractures. J. Bone Jt Surg. 65-A (1983), 461.
49. Mehrtens, G., H. Valentin, A. Schönberger: Arbeitsunfall und Berufskrankheit. Schmidt, Berlin 1988.
50. Muhr, G., H. Tscherne: Folgezustände nach Wirbelsäulenverletzungen. Hefte Unfallheilk. 149 (1980), 252.
51. Nicoll, E. A.: Fractures of the dorsolumbar spine. J. Bone Jt Surg. 31-B (1949), 376.
52. Nicoll, E. A.: Fractures and dislocations of the spine. In: Modern trends in orthopaedics. Butterworth, London 1962.
53. Payr, E.: Die Meniscusfrage, Vor- und Nacherkrankungen des Gelenkes, Sportunfall, Berufsschaden – Folge. Zbl. Chir. 63 (1936), 976.
54. Probst, J., M. Graeber: Begutachtung von Wirbelsäulenverletzungen. Schriftenreihe: Unfallmedizinische Tagungen der Landesverbände der gewerblichen Berufsgenossenschaften 62 (1987), 73.
55. Roaf, R.: Spinal deformities. 2. Aufl., Pitman Medical, Kent 1980.
56. Rompe, G., G. Möllhoff, O. Pongratz: Die Begutachtung der verletzten Wirbelsäule. Orthopäde 9 (1980), 84.
57. Rüter, A., C. Burri: Frakturen und Luxationen der Brust- und Lendenwirbelsäule. Hefte Unfallheilk. 149 (1980), 199.
58. Rüter, A., C. Burri: Folgezustände nach Wirbelsäulenverletzungen. Hefte Unfallheilk. 149 (1980), 263.
59. Schiestel, H.: Spätschäden der Wirbelsäule nach traumatischer Gibbusbildung. Hefte Unfallheilk. 108 (1971), 182.
60. Schlegel, K. F.: Entstehung und Entwicklung der zirkumskripten posttraumatischen Spondylose und ihre gutachterliche Abtrennung gegenüber degenerativen Vorschädigungen an der Wirbelsäule. Hefte Unfallheilk. 110 (1977), 224.
61. Skuginna, A., G. Hierholzer, E. Ludolph: Funktionelle Behandlung bei Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule. Hefte Unfallheilk. 149 (1980), 129.
62. Soreff, J.: Assessment of the late results of traumatic compression fractures of the thoracolumbar vertebral bodies. Karolinska Hospital, Stockholm 1977, p. 1.
63. Spier, W.: Begutachtung von Wirbelsäulenverletzungen. Hefte Unfallheilk. 149 (1980), 257.
64. Trojan, E.: Langfristige Ergebnisse von 200 Wirbelbrüchen der Brust- und Lendenwirbelsäule ohne Lähmung. Z. Unf.-med. Berufskr. 65 (1972), 122.
65. Wagenhäuser, F. J.: Bewegungsdiagnostik der Wirbelsäule in ihrer Gesamtheit und in ihrer Region. Wirbelsäule in Forsch. u. Prax. 40 (1968), 35.
66. Webb, J. K., R. B. K. Broughton, T. McSweeney, W. M. Park: Hidden flexion injury of the cervical spine. J. Bone Jt Surg. 58-B (1976), 322.
67. Weber, M., G. Rompe: Veränderungen an den freien Wirbelgelenken nach Risser-Spondylodese. Sommertagung der Österr. Gesellschaft f. Orthopädie, Villach 1981.
68. Weller, S.: Posttraumatische Achsenabweichung der Wirbelsäule. Act. Traum. 1 (1971), 143.
69. White, A. A., M. M. Panjabi: Clinical biomechanics – Doily of the spine. Lippincott, Philadelphia-Toronto 1978.
70. Whitesides, T. E., Jr., S. G. A. Shah: On the management of unstable fractures of the thoracolumbar spine: Rationale for the use of anterior decompression and fusion and posterior stabilization. Spine 1 (1976), 99.
71. Wimmer, B., E. Hofmann, A. Jacob: Trauma of the spine. Springer, Berlin-Heidelberg-New York-London-Paris-Hongkong 1990.
72. Winter, R. B.: Zit. nach Levine.
73. Wolter, D.: Vorschlag für eine Einteilung von Wirbelsäulenverletzungen. Unfallchirurg 88 (1985), 481.
74. Zuckschwerdt, L., E. Emminger, F. Biedermann, H. Zettel: Wirbelgelenke und Bandscheibe. 2. Aufl. Hippokrates, Stuttgart 1960, S. 221.

Für die Verfasser: Prof. Dr. M. Weber, Orthopädische Abteilung der Chirurgischen Universitätsklinik, Hugstetter Straße 55, D-7800 Freiburg.