

# 1. Einführung

## 1.1 Definition

Die Definition des Begriffs Beschleunigungsverletzung (engl. Whiplash injury) wird kontrovers diskutiert. Die essentiellen Elemente sind, dass die Verletzung in einem Auto stattfindet und der Kopf Beschleunigungskräften ausgesetzt ist, die zu einer Verbiegung der Halswirbelsäule (HWS) führen. Der klassische Fall geht nur von Heckauffahrunfällen aus und beschreibt so nur die Bewegung in der sagittalen Ebene. Es ist jedoch heute, dass die Beschleunigungsverletzung auch nach seitlichen oder frontalen Unfällen auftritt. Auch kann es zu einer Beschleunigungsverletzung außerhalb eines Autounfalls kommen. Entscheidend ist, dass es zu einer gegensätzlichen Beschleunigung von Kopf und Rumpf kommt, wie es Krämer 1986 beschrieben hat [26]:

*„Unter Schleudern versteht man das Erteilen einer raschen Rotationsbewegung, so dass an einem geschleuderten Körper Zentrifugalkräfte auftreten. An der Halswirbelsäule (HWS) ist es der Kopf, der gegenüber dem Rumpf eine plötzliche, starke Beschleunigung erfährt, bis er durch Zug der HWS zurückfedert und eine erneute Beschleunigung in die Gegenrichtung erfährt. Die HWS wird dabei zu heftigen, unkontrollierten Bewegungsabläufen gezwungen, die nahezu ungebremst ablaufen. Dieser Bewegungsablauf ist zum Beispiel dann möglich, wenn der Rumpf stark beschleunigt wird und der Kopf entsprechend der Massenträgheit zunächst zurückbleibt und dann von der HWS nachgezogen wird“.*

Nach Barnsley et al. [2] beschreibt der Begriff eine Verletzung, die nach einem bestimmten Verletzungsmechanismus auftritt. Dieser Verletzungsmechanismus führte in Deutschland zu den Begriffen Schleudertrauma oder Beschleunigungsverletzung, die auch heute noch vielfach benutzt werden. Es ist wichtig sich zu verdeutlichen, dass es sich bei den Begriffen Schleudertrauma und Whiplash (Peitschenschlag) nicht um eine Bezeichnung für eine spezielle Krankheit handelt. Sie beschreiben vielmehr einen Verletzungsmechanismus. Dieser Mechanismus kann dann zu bestimmten Beschwerden führen. Im deutschen medizinischen Sprachgebrauch ist heute überwiegend die Bezeichnung Beschleunigungsverletzung gebräuchlich. Dieser Begriff ist ausschließlich deskriptiv, ohne Herstellung eines ätiologischen Zusammenhangs. Eigentlich sollte man von einem „posttraumatischen Zervikalsyndrom nach Beschleunigungsverletzung“ sprechen.

Seit 1995 verwendet die Quebec Task Force bei dem Symptomenkomplex nach Beschleunigungsunfall den Begriff „Whiplash associated disorders“ (WAD), und liefert eine gebräuchliche Definition und heute vielfach verwendete Einteilung [59]:

*Whiplash is an acceleration-deceleration mechanism of energy transfer to the neck. It may result from "...motor vehicle collisions...". The impact may result in bony or soft tissue injuries, which in turn may lead to a variety of clinical manifestations (Whiplash-Associated-Disorders).*

In der deutschsprachigen Literatur wird immer häufiger der amerikanische Begriff Whiplash associated disorders übernommen. Auch in der vorliegenden Studie wird dieser Begriff benutzt um den Symptomenkomplex nach einem Beschleunigungsunfall zu beschreiben. Charakteristisch im Rahmen der WAD sind die folgenden sechs Merkmale:

1. Unfallmechanismus: Relativbewegung zwischen Kopf und Rumpf mit einem Energietransfer auf die Hals-Kopf-Strukturen
2. Herabgesetzte Grundspannung der Haltemuskulatur
3. Keine äußeren Verletzungen durch direkte Gewalteinwirkung
4. Keine Beteiligung knöcherner Strukturen
5. Mögliche Chronifizierung der Beschwerden, die das initial vermutete Verletzungsmaß übersteigen
6. Häufige Diskrepanz zwischen subjektiven Beschwerden und objektiven Befunden

Im Rahmen einer Beschleunigung des Kopf-Hals-Bereiches kann es natürlich auch zu Verletzungen knöcherner Strukturen kommen. Diese Verletzungen werden allerdings von manchen Autoren definitionsgemäß als Ausschlusskriterium für die Diagnose WAD angesehen [19].

Die subjektive Beschwerdesymptomatik im Rahmen der WAD bietet ein vielschichtiges Bild, welches mit einfachen Nacken- und Kopfschmerzen beginnt und über Schwindelanfälle, die von Seh- und Hörstörungen begleitet werden können, bis hin zum kompletten Schulter-Arm-Syndrom reichen kann. Tabelle 1.1 zeigt die häufigsten Symptome der WAD nach Rothaupt und Liebig [53].

**Tab. 1.1: Symptome der Beschleunigungsverletzung** nach Rothaupt und Liebig [53]

<b>Symptom</b>	<b>Häufigkeit des Auftretens [%]</b>
Nackenschmerz	94,4
Bewegungseinschränkung des Kopfes	91,5
Kopfschmerz	84,5
Schwächegefühle	67,6
Bewegungseinschränkung der Schulter	63,4
Schlafstörungen	58,6
Überempfindlichkeit gegen Lärm, Licht oder Alkohol	48,6
Sehstörungen	39,4
Hörstörungen	32,9
Schwindel	31,0
Veränderung des Geschlechtslebens	26,6
Schluckstörungen	15,7

Der hohe Anteil an Patienten, welche nach diesem Verletzungsmechanismus chronische Beschwerden entwickelten, führte im englischen Sprachgebrauch zu der Einführung der Begriffe acute und late whiplash Syndrom. Unter late-whiplash subsumieren sich all jene Fälle, bei denen die Patienten nach einer Frist von drei bis zwölf Monaten noch Beschwerden angeben.

## **1.2 Klassifikationen der Whiplash associated disorders**

Die am häufigsten verwandte Klassifikation stammt von der Quebec Task Force [59], einer internationalen Arbeitsgemeinschaft zur Erforschung des Beschleunigungsunfalls. Anhand der Daten von entschädigten Unfallopfern wurde eine Einteilung in vier Schweregrade, nach dem klinischen Erscheinungsbild vorgenommen (siehe Tabelle 1.2 auf der folgenden Seite).

**Tab. 1.2: Die Klassifikation der Quebec Task Force [59]**

<b>Grad</b>	<b>Klinisches Erscheinungsbild</b>
<b>0</b>	keine Nackenbeschwerden, keine pathologischen klinischen Befunde
<b>I</b>	Nackenbeschwerden ohne pathologische klinische Befunde
<b>II</b>	Nackenbeschwerden und muskulo-skeletale Befunde
<b>III</b>	Nackenschmerzen und neurologische Befunde
<b>IV</b>	Nackenbeschwerden und Fraktur oder Dislokation

Anmerkungen zu Tabelle 1.2: Nackenbeschwerden im Sinne von Schmerzen, Steifheit oder Empfindlichkeit. Muskulo-skeletale Befunde schließen Einschränkungen der Beweglichkeit, Myogelosen und punktuelle Empfindlichkeit ein. Neurologische Befunde schließen verminderte und vermehrte Muskeleigenreflexe, Schwäche und sensomotorische Defizite ein. Symptome die sich in allen Graden manifestieren können: Taubheit, Schwindel, Tinnitus, Kopfschmerz, Dysphasie, Schmerzen im Temporomandibular-Gelenk)

Seit Anfang der sechziger Jahre gibt es Bemühungen um eine Schweregradeinteilung. Am bekanntesten ist wohl die Einteilung von Erdmann [13]. Basierend auf seinen neuen Ergebnissen legte Schröter 1995 eine Einteilung fest, die den Schweregrad 0 enthielt und zusätzlich den Schaden an dem Fahrzeug mit in die Beurteilung einbezog [55]. Problematisch werden die Schweregradeinteilungen, wenn nicht das eigentliche morphologische Substrat, sondern subjektive Einschätzungen der Verunfallten mit in die Klassifikation aufgenommen werden.

**Tab. 1.3: Einteilung der Schweregrade durch Schröter [55]**

<b>Grad</b>	<b>Kfz-Schaden</b>	<b>Verletzung</b>	<b>Beschwerdearmes Intervall</b>	<b>Dauer der Arbeitsunfähigkeit</b>	<b>Dauerschaden</b>
<b>0</b>	Bagatelle	Keine	0 bis Wochen oder Monate	0	0
<b>I</b>	Mäßige Chassis-Stauchung	Funktionell	Max. einige Stunden < 1 Tag	0-7 Tage	0
<b>II</b>	Erheblicher Verkürzungseffekt	Mikrostrukturell	Max. 20 bis 30 Min	0-14 Tage	Denkbar (selten)
<b>III</b>	Grobe Verformung auch der Fahrgastzelle	Makrostrukturell	Kein beschwerdearmes Intervall	Nach Heilverlauf	Objektiver Befund maßgebend

Rompe entwickelte 1998 eine prospektive und retrospektive Einteilung [51]:

### **Prospektive Einteilung**

#### **Leichte HWS-Distorsion:**

Nicht strukturelle (funktionale) Schädigung. Im Laufe von Stunden kommt es zu (reflektorischen) Verspannungen und Beschwerden, gelegentlich auch zu vegetativen Irritationen sowie mehr oder minder diffusen und unterschiedlich schweren Hinterkopfschmerzen.

#### **Mittelgradige HWS-Distorsion:**

Weichgewebsstrukturzerreißung (Band- und/oder Bandscheibenzerreißung) führen zur akuten Haltungsinsuffizienz, reflektorischer Steife, Zwangshaltung, Schluckbeschwerden, in der Regel stationäre Aufnahme.

#### **Schwere HWS-Distorsion:**

Akute Haltungsinsuffizienz bei Wirbelkörper- oder Wirbelbögenbrüchen, Luxationsfrakturen und/oder Schäden an Rückenmark und Nervenwurzeln, in der Regel stationäre Aufnahme.

### **Retrospektive Einteilung**

#### **Schweregrad I:**

Schmerzsymptomatik nicht über vier Tage;  
keine strukturelle Einwirkung (Muskelzerrung);  
Ausschluss von Zusatzverletzungen.

#### **Schweregrad II:**

Schmerzsymptomatik bis zu 21Tage;  
mikrostrukturelle Weichteilverletzung;  
muskuläre Verspannung;  
Schmerzlinderung unter Physiotherapie.

### **Schweregrad III:**

Radiologisch objektivierbare Fehlstellung;

disko-ligamentäre Verletzung;

reversible Subluxation mit und ohne neurologische Störung.

### **1.3 Historisches**

Ein ähnlich „eigentümlicher Beschwerdekomples nach körperlichen Erschütterungen“ wurde bereits 1888 von Schultze [56] als traumatische Neurose bezeichnet. Prägnantes Merkmal des häufig nach Eisenbahnunfällen gesehenen und daher von Erichsen 1866 als „Railway-spine“ bezeichneten Symptomkomplexes war die starke psychische Begleitsymptomatik, die in keinem Zusammenhang mit der ihr nachfolgenden physischen Veränderung stand. Schon 1879 erkannte der Bahnarzt Riegeler im Hinblick auf das Haftpflichtgesetz, dass die Schwere der Erkrankung in keinem Zusammenhang mit der nachfolgenden psychischen Veränderung steht [56].

Die erste Beschreibung des Unfallmechanismus, der heute als ursächlich für die Entstehung der WAD angesehen wird, findet sich in der Arbeit „Injuries of the cervical spine“ des Orthopäden Crowe aus dem Jahre 1928 [10]. Nach der Untersuchung von acht Patienten die in Heckauffahrunfällen involviert waren, prägte er den Begriff Whiplash, um die Bewegungen zwischen Kopf und Rumpf zu beschreiben. Gay und Abbott gelangt 1953 eine Abgrenzung der verschiedenen Verletzungen die bei diesem Unfallmechanismus auftraten [19]. Sie stellten fest, dass es sich stets um die Folge von Unfällen handelte, bei denen es nicht zu äußeren Verletzungen im Hals-Kopf-Bereich oder knöchernen Verletzungen, sondern primär zu distorsionsbedingten Weichteilläsionen kam.

Ähnliche Beschwerden sind auch von Navy-Piloten nach dem Ersten Weltkrieg bekannt. Nach dem Katapultstart vom Deck der Flugzeugträger kam es wiederholt zu den typischen WAD-Symptomen. Dies führte zur Einführung einer Nackenstütze in den Navy-Jets, 50 Jahre bevor diese Maßnahme auch in den Kraftfahrzeugen Einzug fand [1].

### **1.4 Unfallmechanismus**

Häufigster Unfallmechanismus ist der lineare Heckauffahr- bzw. Frontalaufprallunfall. Daneben sind aber auch kompliziertere Unfallmechanismen wie Diagonalkollisionen möglich. HWS-Distorsionen können weiterhin bei Stürzen und Sprungverletzungen, zum Beispiel beim Sprung in flaches Wasser (diving accident), oder bei direktem, kranio-faszialem Anschlagtrauma des

Kopfes entstehen. Entscheidend ist die gerichtete Beschleunigung des Rumpfes/Körpers mit darauf folgender gegenläufiger, trägheitsbedingter Kopfxkursion und einer sich anschließenden Überdehnung und/oder Stauchung der Halsorgane [8].

Bei dem klassischen Unfallereignis des Heckauffahrunfalls kommt es zu einer Beschleunigungssituation des Kopfes mit einer schnellen Hyperextension und einer nachfolgenden Hyperflexion. Das HWS-Trauma kann sowohl isoliert als auch in Kombination mit anderen Verletzungen auftreten. Man unterscheidet heute aufgrund des unterschiedlichen Mechanismus das Kontakt vom Non-Kontakt-Trauma [36].

#### **1.4.1 Bewertung der Unfallschwere**

Insbesondere bei der Beschleunigungsverletzung ist es wichtig, sich ein Bild von dem Unfallgeschehen zu machen, da die subjektiven Beschwerden nur schlecht mit den objektivierbaren Befunden korrelieren. Um die Belastung der Insassen besser abschätzen zu können, entwickelten Meyer et al. 1994 den Begriff der kollisionsbedingten Geschwindigkeitsänderung als geeigneten Parameter [34]. Hiermit erhielten sie einen objektiven Wert, um sich ein Bild über die Schwere des Unfallgeschehens zu machen. Unter kollisionsbedingter Geschwindigkeitsänderung versteht man dabei die Geschwindigkeitsänderung, die im angestoßenen Fahrzeug durch die Kollision entsteht und unterscheidet sie damit von der Kollisionsgeschwindigkeit. Hiermit steht ein Parameter zur Verfügung, der es erlaubt, sich ein objektives Bild von der Schwere des Unfalls zu machen.

Heute sind Rechtsmediziner wie Hell [21] und Orthopäden wie Castro et al. [7] der Auffassung, dass bei einer Geschwindigkeitsänderung bis zu 8 km/h keine Verletzungen zu erwarten sind. Die Grauzone liegt zwischen 8 und 15 km/h. 65% aller Auffahrunfälle mit Verletzten ereignen sich bei einer kollisionsbedingten Geschwindigkeitsänderungen des angestoßenen Autos von unter 15 km/h [6], 23% der Unfälle sogar unter 10 km/h [50].

Im Hinblick auf eventuelle Rechtsansprüche der Patienten ist es interessant sich zu vergegenwärtigen, dass der Nachweis einer Körperverletzung aus orthopädisch-unfallchirurgischer Sicht voraussetzt, dass die (in-)direkt einwirkende Kraft groß genug gewesen sein muss, um einen Schaden am Körper zu bewirken [53].

## **1.5 Pathophysiologie der HWS-Beschleunigungsverletzung**

Die pathophysiologischen Überlegungen, bei der Entstehung der HWS-Beschleunigungsverletzung beziehen sich meist auf den häufigsten Unfallmechanismus: den Heckaufprall. Hierbei kommt es zu einer Beschleunigung des angestoßenen Autos nach vorne. Der Rumpf der Insassen wird durch den Sitz nach vorne beschleunigt. Trägheitsbedingt folgt, mit einer geringen Verzögerung, die Beschleunigung des Kopf-Hals-Systems. Eine Einteilung der einzelnen Phasen nach Mac Connell ermöglicht ein besseres Verständnis des Energietransfers auf die HWS [27].

### **1. Initialstoß**

Während des Initialstoßes beschleunigt das Auto nach vorne. Diese Beschleunigung erreicht aber die Insassen noch nicht während der ersten 60 ms. Die Insassen befinden sich also noch in ihrer Ausgangsposition.

### **2. Flexion des Halses und Extension der Brustwirbelsäule (BWS) und Lendenwirbelsäule (LWS)**

Die Beschleunigung erreicht jetzt den Torso der Insassen durch die Rückenlehne. Es kommt zu einer leichten Streckung der oberen Wirbelsäule. Gleichzeitig kommt es zur Streckung der unteren HWS und Flexion der oberen HWS. Dieser Aufrichtungseffekt der dorso-zervikalen Wirbelsäule führt zu einem Anheben des Kopfes und zu einer Streckung der Wirbelsäule in der Längsachse.

### **3. Halsextension**

Der Kopf ist nun in eine relative Extensionsstellung gegenüber dem Oberkörper gezwungen, während dieser immer noch nach vorne beschleunigt wird. In dieser Phase, die etwa nach 120 ms beginnt, wird der gesamte Oberkörper nach oben gehoben. Der Körper streckt sich entlang der Rückenlehne. Diese Phase dauert bis zu 200 ms.

### **4. Hyperextension**

Im weiteren Verlauf wird der Kopf immer mehr in die Extension gezwungen. Dieser Vorgang kann durch richtig eingestellte Nackenstützen verringert werden. Bei nicht vorhandenen oder falsch eingestellten Nackenstützen kann diese Bewegung die Achse der Rückenlehne überschreiten.



## 5. Rebound

Am Ende der Extension, etwa nach 300ms, schleudert der Kopf wie eine Peitsche (whiplash) oder Feder in die Flexion, umso die Bewegung des Oberkörpers wieder einzuholen.

## 6. Restitutions- bzw. Wiederherstellungsphase

Am Ende der Reboundphase gelangt der Kopf nun wieder in seine Ausgangsposition, da sich die Geschwindigkeiten von Oberkörper und Hals angepasst haben.

Die nachfolgende Abbildung 1.1 verdeutlicht noch einmal den Ablauf der einzelnen Phasen und die Position des Fahrers bei dem häufigsten Unfallmechanismus dem Heck-Auffahrunfall.

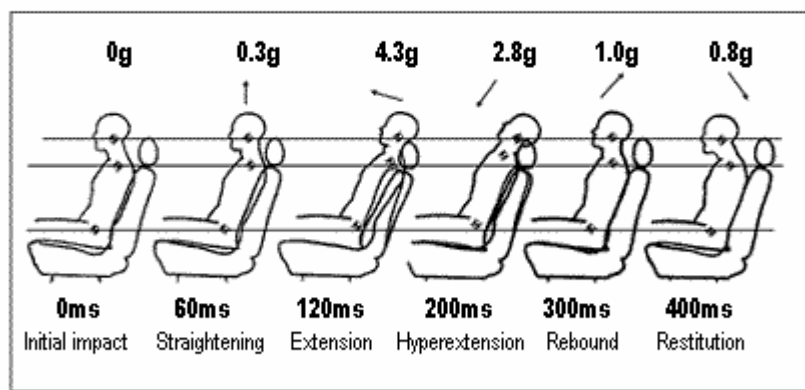


Abb. 1.1: Phasen des Beschleunigungsunfalls [62]

### 1.6 Verletzungsmechanismus und morphologische Folgen

Durch das Trägheitsmoment des Kopfes in Relation zu dem Oberkörper kommt es zu Verschiebungen und Bewegungen im Bereich der HWS-Segmente. Untersuchungen von Ebraheim et al. zeigten, dass die segmentale Translation zu einer Abnahme der Weite des Spinalkanals führt [12]. Dabei rechnet man mit einer Abnahme um 10% bei einer Verschiebung um einen Millimeter. Mac Nab sah 1964 die Hauptursache der Verletzungen in der massiven Hyperextension und der Tatsache, dass dieser Reklinationsbewegung keine Begrenzung gesetzt ist [29]. Diese Erkenntnisse hatten einen hohen Anteil an der beschleunigten Entwicklung der

Kopfstützen in Kraftfahrzeugen. 1985 wiesen Nygren et al. jedoch darauf hin, dass es seit der Entwicklung der Kopfstützen zu einem nur unbefriedigten Rückgang der HWS-Beschwerden nach Kraftfahrzeugunfällen gekommen sei [40]. Bogduk machte 1986 die Hyperinklinationsbewegung, bei der die Nackenstütze begrenzter Reklination verantwortlich [4]. Durch Studien mit Rhesusaffen konnten Thomas und Jessop 1983 zeigen, dass es initial bei einem Frontalaufprall zu einer Dorsaltranslation des Kopfes kommt, bevor die Inklinasion eintritt [60]. Durch die anatomischen Verhältnisse im Kopf-Hals-Bereich kommt es zu Zerreißen der Bänder und Zwischenwirbelscheiben, wenn die Scherbewegungen nicht in angulatoische Bewegungen übertragen werden können. Diese Untersuchungen konzentrieren sich allerdings nur auf eine Ebene. Wenn man die Rotationsbewegungen, und die Tatsache hinzuzieht, dass die meisten Unfälle gar keine reinen Heckauffahrunfälle sind, wird klar, dass der Bewegungsablauf noch viel komplizierter ist. Es ist davon auszugehen, dass es bei einem unvorhersehbaren Unfall durch die wenig tonisierte Nackenmuskulatur zu einem größeren Verletzungsausmaß kommt [36].

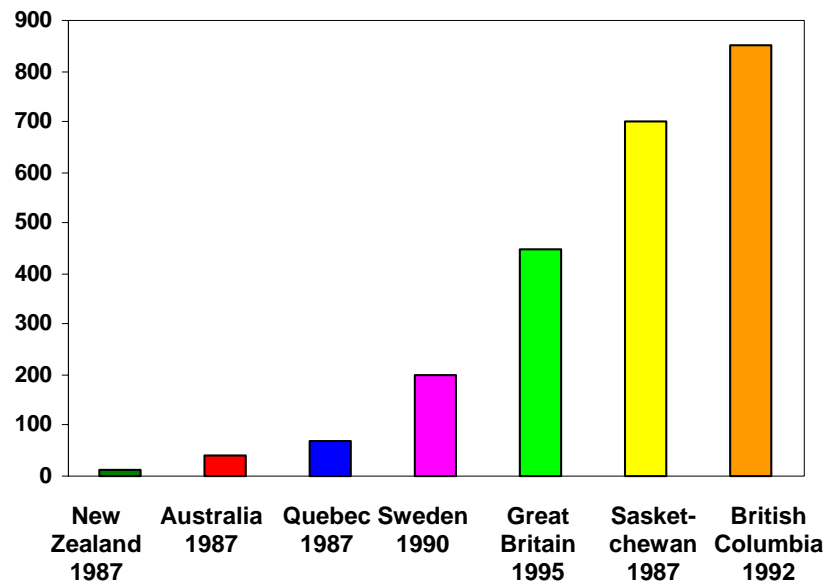
Die Vielfalt der Symptome im Rahmen der WAD erklärt sich durch die anatomische Besonderheit der Zervikalregion. Im Unterschied zum Körperstamm findet sich hier eine erhöhte Dichte afferenter Innervation in ligamentären, kapsulären, muskulösen und kutanen Strukturen. So kann es allein aufgrund von Weichteilverletzungen zu einer erheblichen Irritation der Vestibulariskerne, aber auch zu okulomotorischen Störungen kommen, bei denen Blutungen und Ödeme anhaltende Beschwerden verursachen [39].

Ein weiterer wichtiger Mechanismus scheint nach Penning die Hypertranslations-Bewegung nach hinten, mit Überdehnung der betreffenden Ligamente und Gelenkkapsel zu sein [43].

## **1.7 Wirtschaftliche Aspekte und Epidemiologie**

1994 und 1995 kam es nach Angaben des Bundesministeriums für den Verkehr in Deutschland zu jeweils circa 400 000 Verkehrsunfällen mit Personenschaden [5]. Munker geht davon aus, dass etwa 81% dieser Unfälle zu einer HWS Verletzung geführt haben [38]. Besonders häufig war die Gruppe der 18 bis 34jährigen vertreten. Holm beschrieb 1996 eine Inzidenz in den westlichen Ländern von circa 190 Personen pro 100 000 Einwohnern. Abhängig von Verkehrsaufkommen und Fahrgewohnheiten treten hier allerdings erhebliche Unterschiede auf [23]. Die unterschiedlichen Inzidenzen in verschiedenen Ländern, mit zum Teil gravierend anderer Schadensersatzregelung, ist häufig Gegenstand von Diskussionen über die Belastung der

Patienten mit WAD. Die nachfolgende Abbildung 1.2 zeigt die Häufigkeit von Schadensersatzansprüchen nach Beschleunigungsverletzungen pro 100.000 Einwohner.



**Abb. 1.2: Schadensersatzansprüche nach Beschleunigungsverletzung 100.000 Einwohner[62]**

In circa 90% der Unfälle bei denen es wegen Personenschadens zu Ansprüchen an die Haftpflichtversicherungen in Deutschland kam, besteht eine HWS-Verletzung. Hierfür werden von den Versicherungen jährlich rund eine halbe Milliarde Euros aufgewendet. Das entsprach 1990 in etwa einer Summe von 2500 DM pro Patient bei rund 400 000 Fällen [24].

Nach Berichten der National Highway Traffic Safety Administration kamen im Jahre 1995 5,5 Millionen Amerikaner durch Kraftfahrzeugunfälle zu Schaden [48]. Dabei zeigte sich, dass 53% dieser Verletzten WAD aufwiesen. Daraus folgt, dass im Jahre 1995 allein in den USA und dort nur im Straßenverkehr 2,9 Millionen Menschen einen Beschleunigungsunfall erlitten. Zusätzlich werden in den USA jährlich 29 Milliarden Dollar für Beschleunigungsverletzungen und deren Klärung durch Gerichtsprozesse aufgewendet [8]. 1995 konnte Radonov bei einer zweijährigen Langzeitstudie belegen, dass es bei drei bis fünf Prozent der Verletzten zu einer Reduktion der Arbeitsfähigkeit kam [48]. Die nachfolgende Tabelle 1.4 nach Ono und Kanno [42] zeigt die Zunahme der Beschleunigungsverletzung in Japan. Interessant ist die Tatsache, dass auch der prozentuale Anteil immer mehr steigt, obwohl die passive Sicherheit in den Fahrzeugen immer besser geworden ist.

**Tab. 1.4: Anzahl von Unfallverletzten mit Halswirbelsäulenverletzungen bei allen Arten von Fahrzeugzusammenstößen in Japan in den Jahren 1985 bis 1991 nach Ono und Kanno [42].**

<b>Jahr</b>	<b>Anzahl der Unfallverletzten bei PKW Unfällen</b>	<b>Anzahl der WAD</b>	<b>% der WAD</b>
1985	617 147	270 709	43,9 %
1986	631 421	283 188	44,8 %
1987	632 002	298 919	47,3 %
1988	633 696	302 513	47,7 %
1989	665 337	318 975	47,9 %
1990	674 144	323 928	48,1 %
1991	700 757	355 703	50,8 %

Glasko schätzte 1996 die Kosten aufgrund von Beschleunigungsverletzungen in Großbritannien auf 2,5 Milliarden Pfund pro Jahr, das entspricht 0,4% des Bruttonettoprodukts [16]. Diese Zahlen verdeutlichen die erheblichen finanziellen Belastungen der Bevölkerung durch die hohe Inzidenz an Beschleunigungsverletzungen und den Folgekosten. Die oft geäußerte Vermutung, dass für diese enormen Kosten kollektive, unberechtigte Ansprüche verantwortlich gemacht werden müssten, konnte bis auf nachgewiesene Einzelfälle von Versicherungsbetrug nicht bestätigt werden [61].

Man muss sich bei diesen Zahlen vergegenwärtigen, dass hier nur die Patienten aufgezählt werden, die sich mit Ihren Beschwerden beim Arzt vorgestellt haben. Es ist aber davon auszugehen, dass eine Vielzahl der Patienten ihre eigenen Beschwerden bagatellisieren und gar nicht erst bei Arzt vorstellig werden.

Ein Beleg für die Zunahme dieser Verletzung ergab eine Unfallanalyse im Jahre 1997 [47]: von 3838 verunfallten PKW-Fahrern stieg der Anteil der HWS-Distorsionen von unter 10% in 1985 auf über 30% im Jahre 1997. Dabei wurden nur 15% der Patienten durch einen reinen Heckaufprall verletzt. In 23% der Fälle betrug die Geschwindigkeitsänderung 10 km/h und weniger. Die Dauer der Beschwerden war am längsten nach mehrfachen Kollisionen und einem Beschwerdebeginn nach 24 h. Die volkswirtschaftlichen Kosten für die Folgen dieser objektiv geringfügigen Verletzung betragen für ganz Europa etwa 10 Milliarden Euro pro Jahr [47].

Nach einer Studie über Fahrzeugsicherheit von 1990 wurden 12 200 Unfälle ausgewertet, dabei machte bei 81% aller beteiligten Wagen mindestens ein Insasse ein HWS-Trauma geltend. Bei Bagatellunfällen waren es sogar 91% [21].

Andererseits findet sich in der Literatur nur ein einziger Fall eines achtjährigen Mädchens, dass eine HWS-Beschleunigungsverletzung bei einer Autoskooterkollision erlitt, obwohl diese Art der Kollisionen sicherlich häufig vorkommt [24]. Dies ist um so erstaunlicher, wenn berücksichtigt wird, dass Autoskooterkollisionen mit Geschwindigkeitsänderungen auftreten, die durchaus mit Realunfällen vergleichbar sind [34]. 65% aller Auffahrunfälle mit Verletzten ereignen sich auf einem Geschwindigkeitsniveau, aus dem eine kollisionsbedingte Geschwindigkeitsänderungen des angestoßenen Autos von maximal 15 km/h resultiert. Bei einer Inzidenz von 1 auf 1000 und der Annahme, dass 25% der Unfallopfer chronische Symptome entwickeln, davon 10% schwere, muss man mit 0,25 neuen chronischen Fällen pro 1000 Personen pro Jahr rechnen, bei 0,1 Fällen mit schweren Schmerzen [24].

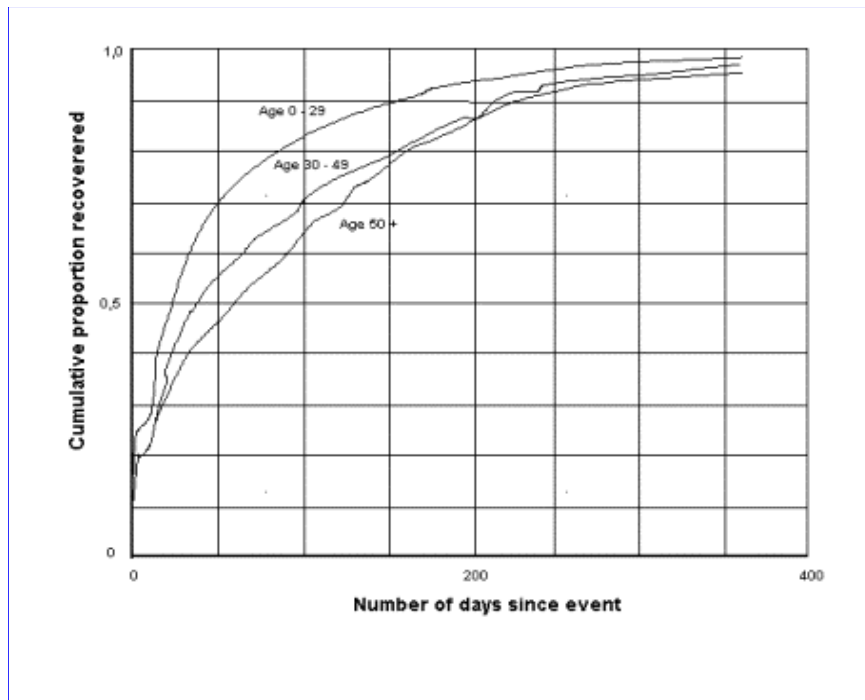
### **1.8 Prognose bei Beschleunigungsverletzungen**

Bei Patienten mit ausschließlich zervikalen Symptomen in Form von Nackenschmerzen und Bewegungseinschränkungen der Halswirbelsäule ist mit unkomplizierten Verläufen zu rechnen. Patienten die Symptome wie Schwindel, Übelkeit, Überempfindlichkeit gegen Alkohol, Lärm, Licht oder Hitze, Sehstörungen, Schwächegefühl und Bewegungseinschränkungen im Schulterbereich zeigen, haben eine deutlich schlechtere Prognose. Ein weiteres wichtiges Kriterium für die Prognose bei diesem Patientengut ist der Rückgang der Beschwerden in den ersten vier Wochen [53]. Gargan und Barnistern haben 1994 bei der Untersuchung von 50 Patienten feststellen können, dass 86% der Patienten, die über drei Monate hinaus Beschwerden angaben, nach zwei Jahren unverändert unter diesen Symptomen litten [17]. Schon 1968 beschrieben Reidenbecher und Lowenthal [49], dass Beschwerden wie Müdigkeit, Schlafstörungen, Kopf-, Muskel- und Gelenkschmerzen keine prognostischen Aussagen zulassen, da diese Symptome bei gesunden Studenten mit einer Häufigkeit von 27% auftreten. Clausen und Clausen kommen nach ihren Studien zu dem Ergebnis, dass 15-20% der Patienten über anhaltende Beschwerden nach einem Beschleunigungsunfall beklagten [9]. Tabelle 1.5 zeigt einige Studien zur Prognose der WAD aus [2].

**Tab. 1.5: Prognosestudien zur Beschleunigungsverletzung**

Studie	Studientyp	N	Nachunter- suchungsrate (%)	Zeit bis zur Nachuntersuchung (Monate)	Anzahl der Patienten mit Nackenschmerzen bei der Nachuntersuchung (%)
Norris and Watt (1983)	Prospektiv	61	100	20	67 (15 schwer)
Olsson et al. (1990)	Prospektiv	33	100	12	36
Pennie and Agambar (1991)	Prospektiv	144	95	5	14
Miles et al. (1988)	Prospektiv	73	100	24	29
Deans et al. (1987)	Retrospektiv	85	78	18	42 (6% konstante Schmerzen)
Maimaris et al. (1988)	Retrospektiv	102	85	24	35
Gargan and Barnister (1990)	Retrospektiv	43	70	120	88
Watkinson et al. (1991)	Retrospektiv	35	57	120	86

Abbildung 1.3, auf der folgenden Seite, zeigt die durchschnittliche Dauer bis die Patienten ihre normale Aktivität wiedererlangten, in Abhängigkeit zum Alter [62]. Dies ist neben der persönlichen Bedeutung für den individuellen Patienten, auch aus wirtschaftlicher Sicht ein wichtiger Teilaspekt der Kosten, welche durch dieses Krankheitsbild entstehen.



**Abb. 1.3: Altersabhängige Dauer bis zur Wiedererlangung normaler Aktivität nach HWS Beschleunigungsverletzungen [62]**

## 1.9 Diagnostik

Nach wie vor bestehen erhebliche Probleme in der Diagnostik der Beschleunigungsverletzung. Dies betrifft vor allem Patienten mit ausschließlichen Weichteilverletzungen. Neben der ausführlichen Anamnese und manuellen Untersuchung mit Gradeinteilung der Bewegungseinschränkung kommen orthopädische, neurologische, ophthalmologische und psychiatrische Untersuchungen zur Anwendung. Einen großen Stellenwert haben die bildgebenden Verfahren. Dazu gehören die Computertomographie, konventionelle Röntgendiagnostik mit Funktionsaufnahmen und Magnetresonanztomographie. Die Differenzierung nach Halswirbelsäulenverletzungen erfolgt nach Claussen [8].

1. Knöcherner Verletzungen
2. Ligamentäre- und Gelenkkapseltraumata
3. intervertebrale Bandscheibenverletzungen
4. Flüssigkeitsaustritte oder Ansammlungen
5. Gefäßverletzungen
6. Verletzungen der Medulla spinalis zervikalis mit Differenzierung von Blutungen, Ödemen und Schwellungszuständen

Während bei den knöchernen Verletzungen die orientierende Röntgenstandard-Untersuchung Methode der Wahl ist, kommen heutzutage bei ligamentären, als auch bei Bandscheibenverletzungen und Flüssigkeitsansammlungen oder -austritten sowie bei Verletzungen der Medulla spinalis zervikalis und des dorsalen muskuloligamentärem Komplex heutzutage die Magnetresonanztomographie (MRT)-Aufnahmen zu den besseren Ergebnissen. Bei Gefäßverletzungen wird heute bevorzugt die MRT-Angiographie eingesetzt [8]. Während die Computertomographie nach wie vor eine sensible Methode zur Feststellung ossärer Verletzungen wie Wirbelfrakturen darstellt, ist sie relativ unsensibel bei der Erfassung von Weichteilverletzungen.

Weitere Probleme bei der bildgebenden Diagnostik sind:

- Wie oft kommen die gefundenen Veränderungen im Normalkollektiv vor ?
- Welche Schäden bestanden schon vor dem Trauma ?
- Ist der Unfall als ursächlich für den Schaden anzusehen ?

Meydam [33] ist der Meinung die MRT-Aufnahme der Zervikalregion eigne sich nicht als Suchmethode bei Beschleunigungsverletzungen. Er empfiehlt die Durchführung einer Kernspintomographie bei pathologischen Röntgenbefunden sowie bei akuten oder subakuten neurologischen Ausfällen. Allerdings wurden bei der Untersuchung von Meydam keine akut MRT-Aufnahmen gemacht. Aufgrund seiner Ergebnisse kommt Rothhaupt zu dem folgenden Schluss: Patienten mit HWS Beschleunigungsverletzung, die

- a) einen positiven Röntgenbefund,
- b) eine radikuläre neurologische Symptomatik,
- c) den Verdacht auf eine vertebrobasiläre Insuffizienz, oder
- d) einen über Wochen persistierenden Beschwerdeverlauf zeigen,

eignet sich die MRT sowohl als Suchmethode zum Nachweis morphologischer Veränderungen wie auch zur Objektivierung von Funktionsstörungen im Bewegungsablauf [53].

Folgende Vorteile sehen Rothhaupt, Liebig und Laser bei der Befundung durch die MRT [54]:

- HWS-Strukturen könne ohne Überlappung in beliebigen Schichten dargestellt werden, Projektionsfehler lassen sich ausschließen.
- Neben knöchernen Strukturen können ligamentäre, vaskuläre, muskuläre, neurale und Weichteil-Strukturen untersucht werden.
- Rotationsdefizite im atlanto-axialen Gelenk können bei axialer Schnittführung diagnostiziert werden.



Da Rückenbeschwerden ein weit verbreitetes Leiden in der heutigen Gesellschaft sind, muss bei der Begutachtung einer Beschleunigungsverletzung auch die vorbestehenden Rückenschmerzen mit einbezogen werden. Wie Morio Matsumoto 1998 in Japan belegte, bestehen bei asymptomatischen Zwanzigjährigen bereits bei 15 bis 17% degenerative Veränderungen an den Zwischenwirbelscheiben, bei den über Sechzigjährigen sogar bei über 86% [31].

### **1.10 Visuelle analoge Schmerzskala**

Das Hauptsymptom unter den whiplash associated disorders ist der Schmerz. Der occipitale Kopfschmerz, Nacken- und Schulterschmerzen werden hier vorrangig angegeben [44]. Gerade Patienten mit chronischen Beschwerden nach einer Beschleunigungsverletzung (late whiplash) geben Kopf, Nacken- und Schulterbeschwerden als Symptome an. Aus diesem Grund wurden die Patienten in der vorliegenden Studie aufgefordert, mit Hilfe einer visuellen analogen Schmerzskala Schmerzscores zu bestimmen. Diese Skalen sind in der Schmerzmedizin anerkannt und haben sich als zuverlässiges Mittel zur Beurteilung von Schmerzen und der Wirksamkeit von Schmerztherapien erwiesen.

### **1.11 Fragestellung**

Ziel dieser Arbeit ist die Beurteilung des Stellenwertes der Akut-MRT-Untersuchung in Kombination mit einer analogen visuellen Schmerzskala und einer fachärztlichen neurologischen Untersuchung bezüglich der Prognose der Beschleunigungsverletzung. Darüber hinaus sollten Risikofaktoren beurteilt werden, die den Verlauf der Beschleunigungsverletzung beeinflussen und die durch einen Fragebogen oder einfache, reproduzierbare Untersuchungen ermittelt werden können. Sind die pathologische Befunde der MRT- Aufnahmen in einen Zusammenhang mit den akuten Schmerzen zu bringen, oder lässt sich ein pathologisches Substrat in den Akut MRT Aufnahmen finden? Dies wäre wichtig, um Patienten mit chronischem Verlauf frühzeitig zu identifizieren und sie so einer geeigneten Therapie schneller zuführen zu können.

In einer prospektiven Beobachtungsstudie sollte daher bei allen Patienten, die mit einer WAD in die Rettungsstelle der Klinik für Allgemein, Visceral, Gefäß- und Thoraxchirurgie der Charité, Campus Mitte eingeliefert wurden untersucht werden, ob eine sofortige MRT Untersuchung sowie eine differenzierte Schmerzanamnese zu einer Änderung der weiteren Behandlung im Vergleich zur Standarddiagnostik und Therapie führt