

# Versorgung Polytraumatisierter im internationalen Vergleich

## Zusammenfassung

Weltweit wird es bis zum Jahr 2020 zu einem erheblichen Anstieg der Verletztenzahlen und Unfalltoten von derzeit 5,1 auf 8,4 Mio. kommen. Die Ursache liegt vor allen Dingen in der rasanten technischen Entwicklung innerhalb der 3. Welt. In den westlichen Ländern ging die Zahl der Unfalltoten in den letzten Jahren zurück, 1998 in Deutschland auf den niedrigsten Stand mit unter 8.000 Unfalltoten. International bestehen noch erhebliche Unterschiede in der präklinischen Versorgung der Polytraumen. In vielen Ländern ist das Paramedicsystem mit ATLS-Schulung etabliert (USA, Südafrika). Lange Rettungszeiten und unzureichende präklinische Schockbehandlung sind die Hauptprobleme der Unfallopfer (z. B. Rußland, in Teilen Griechenlands). Die Etablierung von Traumazentren hat sich weltweit als medizinisch erfolgreich, aber ökonomisch aufwendig erwiesen. Entscheidend für die Ergebnisse ist das jährliche Aufkommen von Polytraumen in derartigen Zentren. Gefordert werden für Level-1-Traumazentren in den USA zwischen 600 und 1.000 schwere Traumen mit einem persönlichen Erfahrungsschatz von mindestens 65 Polytraumen pro Jahr. Infrastruktur, Algorithmen und die persönliche Erfahrung des Traumaleaders sind, weltweit durch viele Studien belegt, was eine Voraussetzung für die Messung der Ergebnisqualität darstellt. Ein meßbarer Qualitätsfaktor ist die Zahl potentiell vermeidbarer Todesfälle. Die Analyse der Krankengeschichten und Sektionsergebnisse von einem unabhängigen Expertenteam hat sich dabei als bestes Kriterium erwiesen. Die Ergebnisse der Level-1-Traumazentren variieren zwi-

schen 1 und 2 % vermeidbarer Todesfälle. Ein weiteres Instrument der Qualitätsverbesserung sind Traumaregister, wie das MTOS in den USA und England und das Deutsche Traumaregister der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie. Das Traumaregister in Deutschland umfaßt bisher 2.069 Schwerverletzte. Die Letalität betrug 18,6% bei einem Injury Severity Score nach Baker (ISS) von  $21 \pm 13$ . In der MTOS-Studie betrug der ISS  $12,8 \pm 11,3$ , die Letalität 9,2%. Die Unterschiede im Verletzungsmuster zeigen in den USA einen dreimal so hohen Anteil penetrierender Traumen in der MTOS-Studie (21,1 gegenüber 7,2%).

## Schlüsselwörter

Polytrauma • Traumazentren • Präklinische Versorgung • Epidemiologie der Unfälle

Nach Untersuchungen der Weltgesundheitsorganisation zusammen mit dem Harvard-Zentrum für Entwicklungsstudien wird weltweit das Trauma ansteigen. Dies hängt im wesentlichen mit der technischen Entwicklung in den Ländern der 3. Welt zusammen.

Unter den 15 Haupttodesursachen im Jahre 2020 werden die Straßenverkehrsunfälle erheblich ansteigen und der Unfalltod wird auf Platz 6 der wichtigsten Todesursachen stehen. Auch suizidbedingte Verletzungen werden bis zum Jahre 2020 zunehmen.

Häufiger als der Unfalltod sind Todesfälle durch Herzerkrankungen, zere-

brovaskuläre Erkrankungen und obstruktive Lungenerkrankungen sowie tracheobronchiale Infektionen und Bronchialkarzinome. Der Unfalltod wird von derzeit 5,1 auf 8,4 Mio. im Jahr 2020 ansteigen. In gleicher Weise werden unfallbedingte Krankheitsjahre auf geschätzte 71,2 Mio. zunehmen, davon entfallen 90% auf die Länder der 3. Welt [32].

## Polytraumaversorgung in Deutschland

### Epidemiologie der Unfallentwicklung in den alten Bundesländern

Die Zahl der Verkehrstoten war in den 70er Jahren in den alten Bundesländern am höchsten. 1970 wurden 19.193 Menschen bei Verkehrsunfällen getötet. Zugelassen waren seinerzeit 17 Mio. Fahrzeuge mit einer Jahreskilometerleistung von 250 Mrd. Kilometern.

In den alten Bundesländern ging die Zahl der tödlich Verunfallten im Straßenverkehr stark zurück und betrug 1997 6.067 bei 40,8 Mio. Kraftfahrzeugen. Verletzt wurden 399.203 Personen (+ 2,1%). Bis 31. August 1998 nahm im Vergleich zum Zeitraum 1997 die Zahl der Schwerverletzten um 4,9% und die der Leichtverletzten um 0,5% ab.

Prof. Dr. H.-J. Oestern  
Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie,  
Allgemeines Krankenhaus, Siemensplatz 4,  
D-29 223 Celle

H.-J. Oestern

## International comparison of the treatment of polytraumatized patients

### Summary

Worldwide there will be an increase in polytraumatized patients. The number of death after trauma will increase from 5,1 Mill. to 8,4 Mill. The reason is the technical progress in the third world. In western countries there was a decrease in trauma death, in Germany below 8.000 due to traffic accidents in 1998. In most countries the paramedic system and ATLS are established (USA, South Africa). Long rescue times and inadequate shock treatment preclinically are the biggest problems in Russia and Greece. Worldwide the institution of trauma centers (Level I, II, III) has brought much better results comparing to nontrauma centers but is economically expensive. The annual number of polytraumatized patients (Level I 600–1.000 severe trauma, > 65 personal experience) is essential for the success rate. Infrastructure, Algorithmus and the personal experience of the trauma leader are the keys for optimal results. One parameter for Quality measurement is the number of potentially preventable deaths. Retrospective analysis of treatment protocols and pathological results by an expert team is the best practical way. The results of level I trauma teams reach between 1 and 2 % preventable deaths. A further instrument of quality improvement are Trauma registers like in US and England (MTOS) and the German Trauma register of the German Society of Trauma. The Trauma register in Germany contents till now 2.069 polytraumatized patients. The lethality is 18,6 % (ISS  $21 \pm 13$ ), comparing to MTOS (ISS  $12,8 \pm 11,3$ , lethality 9,2 %). The differences in injury pattern show in the US three times more penetrating injuries than in the German Traumaregister (21,1 % versus 7,2 %).

### Key words

Polytrauma • Trauma center • Prehospital treatment • Epidemiology of trauma

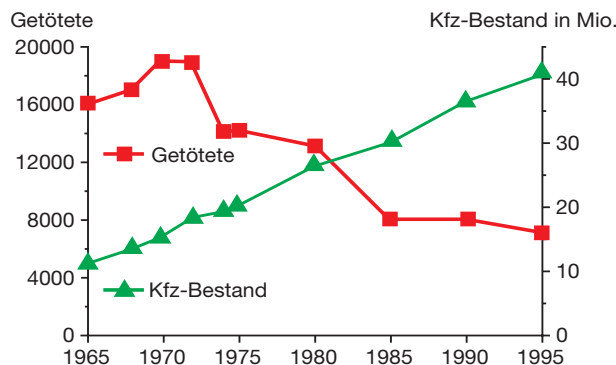


Abb. 1 ▲ Vergleich des Kraftfahrzeugbestands und der getöteten Personen im Straßenverkehr über einen 30-Jahres-Zeitraum

### Epidemiologie der Unfallentwicklung in den neuen Bundesländern

Der Motorisierungsgrad lag hier bis zum Jahre 1989 knapp unter demjenigen von Irland und Portugal. Bis 1997 stieg der Kraftfahrzeugbestand um mehr als die Hälfte (60 %) an. Während in den westeuropäischen Staaten der Höhepunkt der Unfalltoten im Jahre 1970 erreicht war, stieg in der ehemaligen DDR die Zahl der Verkehrstoten erst im Jahre 1978 auf ihr Maximum von 2.641 Verkehrstoten an. Bis zum Jahre 1987 ging die Zahl auf 1.531 zurück, um mit der Wiedervereinigung bis auf 3.759 Verkehrstote im Jahre 1991 wieder anzusteigen. Aufgrund intensiver Maßnahmen in der Verkehrsinfrastruktur, durch Verkehrsaufklärungs- und Präventionsarbeit ging die Zahl der Verkehrstoten zurück und 1997 war auch eine Trendwende in der Zahl der Unfälle feststellbar.

In den neuen Bundesländern wurden 1997 insgesamt 541.872 Straßenverkehrsunfälle aufgenommen. Diese Zahl liegt um 3,2 % niedriger als 1996. Während die Zahl der Unfälle mit Personenschaden von 1990 auf 1991 um rund 30 % und 1992 noch einmal um 10 % angestiegen war, ist sie 1997 um 0,2 % auf 78.474 gesunken. Die Zahl der Verletzten sank 1997 auf 101.891, die der Verkehrstoten ist 1997 um 5,7 % auf insgesamt 2.482 Menschen im Vergleich zu 1996 zurückgegangen und 1998 abermals gefallen [50].

### Bundesländerabhängige Entwicklung

Je 100.000 Einwohner starben in den neuen Bundesländern 1997 16,1 Menschen bei Straßenverkehrsunfällen,

während in den alten Bundesländern 9,1 Personen/100.000 Einwohner verstarben. Besondere Beachtung finden die regionalen Unterschiede der getöteten Personen je 100.000 Einwohner. Die niedrigsten Zahlen mit 2,5, 2,7 und 3,5 getöteten Personen/100.000 Einwohner wiesen die Stadtstaaten Berlin, Hamburg und Bremen auf. Demgegenüber weisen die neuen Bundesländer eine wesentlich höhere Zahl von Verkehrstoten pro 100.000 Einwohner auf. Diese Zahl liegt in Brandenburg (25,2) 10mal so hoch wie in Berlin. Es folgen Mecklenburg-Vorpommern (23,1), Sachsen-Anhalt (15,8), Thüringen (14,7) und Sachsen mit 13,0 Getöteten pro 100.000 Einwohner (Tabelle 1).

Bis 31. August 1998 nahmen die Verkehrstoten in Deutschland im Vergleich zu 1997 um 5,9 % ab, während in einigen Bundesländern eine gegenläufige Entwicklung stattfand (Tabelle 2). Die Gesamtzahl der Toten beläuft sich 1998 erstmals auf unter 8.000.

### Unfalltote nach Verkehrsbeteiligung und Unfallort

1997 gab es in der BRD 40,8 Mio. zugelassene Personenwagen (Abb. 1). Dementsprechend hoch war mit 61,4 % der Verkehrstoten und 61,5 % der Verletzten die Zahl der in einem Pkw verunglückten Personen. Je 13,4 % der Getöteten waren Fußgänger bzw. Motorradfahrer und 7,9 % Fahrradfahrer. Die meisten tödlichen Unfälle/1.000 Unfälle mit Personenschaden ereigneten sich auf Landstraßen (Tabelle 3).

Tabelle 1  
Zahl der Getöteten bei Verkehrsunfällen /100 000 Einwohner bezogen auf die einzelnen Bundesländer

Land	Getötete /100 000 Einwohner						
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Mecklenburg-Vorpommern	32,7	32,0	30,1	29,0	27,3	23,7	23,1
Brandenburg	36,3	34,4	31,8	31,6	30,2	25,8	25,2
Sachsen	18,3	14,0	13,4	15,0	14,2	13,1	13,0
Sachsen-Anhalt	24,5	23,3	19,1	20,5	19,9	17,6	15,8
Thüringen	21,1	18,6	16,7	14,2	16,3	16,5	14,7
Berlin (Ost)	7,6	5,8	5,6	4,6	4,1	3,7	2,8
Neue Länder	23,6	21,2	19,3	19,3	18,9	17,0	16,1
Baden-Württemberg	11,5	11,1	10,7	10,4	9,3	8,7	9,0
Bayern	16,8	15,6	14,6	14,1	13,4	13,0	12,2
Berlin (West)	4,7	5,0	4,1	4,1	4,1	3,3	2,4
Bremen	4,1	4,4	3,6	5,1	5,3	4,3	3,5
Hamburg	5,4	4,5	4,4	3,2	2,7	3,3	2,7
Hessen	12,9	12,5	11,1	10,8	10,4	10,4	9,9
Niedersachsen	15,8	15,5	14,3	14,0	13,5	12,9	12,8
Nordrhein-Westfalen	8,1	7,8	7,5	7,6	7,6	6,5	6,6
Rheinland-Pfalz	12,3	12,1	12,5	11,6	10,8	9,3	9,6
Saarland	8,5	7,2	7,7	8,5	6,1	7,3	8,0
Schleswig-Holstein	13,3	12,0	11,0	10,5	9,9	9,5	10,3
Alte Länder	11,8	11,3	10,6	10,3	9,9	9,2	9,1

Tabelle 2  
Unfälle mit Personenschaden, Getötete, Schwerverletzte und Leichtverletzte in der Zeit vom 01. 01. 1998–31. 08. 1998

	Unfälle mit							
	Personen- schaden	%	Getötet	%	Schwer- verletzt	%	Leicht- verletzt	%
Baden-Württemberg	27 633	4,6	612	3,2	8 595	3,0	28 498	5,5
Bayern	40 767	1,4	913	-4,8	12 266	-1,4	43 618	2,0
Berlin	10 596	-6,8	57	5,6	1 474	-6,5	11 222	-6,5
Brandenburg	9 652	-7,5	346	-17,6	3 982	-14,8	8 355	-4,9
Bremen	2 250	0,7	18	38,5	385	-2,5	2 338	0,3
Hamburg	6 227	2,6	30	-16,7	571	-9,4	7 578	2,8
Hessen	17 362	-1,0	360	-9,1	4 713	-4,2	18 576	-0,4
Mecklenburg-Vorpommern	7 031	-5,2	262	-10,0	2 650	-10,3	6 604	-2,9
Niedersachsen	25 839	-4,3	579	-12,0	6 491	-6,8	27 892	-2,9
Nordrhein-Westfalen	49 003	-2,6	717	-9,5	14 269	-6,0	48 163	-1,9
Rheinland-Pfalz	11 922	-0,9	268	-1,1	3 866	-3,9	11 932	-1,6
Saarland	3 527	7,6	62	24,0	640	6,7	4 040	7,3
Sachsen	12 836	-1,5	342	-6,0	5 287	-4,2	11 424	-0,1
Sachsen-Anhalt	8 976	-3,7	281	-1,4	3 295	-10,7	8 203	-2,0
Schleswig-Holstein	9 577	-3,0	171	-6,0	2 167	-7,2	10 500	-2,1
Thüringen	7 765	-3,6	223	8,3	3 330	-6,2	7 165	-4,9
Deutschland	250 963	-1,4	5 241	-5,9	73 980	-4,9	256 108	-0,5

Die Prozentzahlen geben die Veränderungen zum gleichen Zeitraum im Jahr 1997 an

Tabelle 3

### Verunglückte und getötete Personen /1 000 Unfälle mit Personenschaden

	Verunglückte	Getötete
	1338	22,4
Innerorts	1231	8,5
Landstraßen	1506	49,2
Autobahnen	1624	37,6

### Kinderunfälle

Besonders hoch ist der Rückgang der schweren Verkehrsunfälle bei Kindern. 1970 verstarben noch 2.167 Kinder im Straßenverkehr.

1997 wurden 311 Kinder im Straßenverkehr tödlich verletzt, in den alten Bundesländern 17% weniger als 1996 (218 Kinder 1997, 263 Kinder 1996). Auf den Straßen der neuen Bundesländer verstarben 93 Kinder 1997 und 95 Kinder 1996 (-2%). Im Zeitraum bis August 1998 ist leider die Zahl der tödlich Verunfallten unter 15 Jahren wieder um 6,4% angestiegen, besonders durch die

Zunahme der Fußgängerunfälle um 17% und der Fahrradunfälle um 23,3%. Die Altersverteilung der Verunfallten zeigt, daß 1997 47% zwischen 10 und 14 Jahre alt waren und 19,9% unter 6 Jahre; 3 von 4 Kindern verunfallten in geschlossenen Ortschaften; 29.371 Kinder wurden 1996 auf dem Weg von oder zur Schule bzw. Kindergarten verletzt.

### Unfallzahlen im internationalen Vergleich

Bei den Kinderunfällen liegt Deutschland mit 368 verunglückten Kindern je 100.000 Einwohner hinter Großbritannien ( $n = 370$ ) und den Vereinigten Staaten ( $n = 608$ ). Die höchste Todesrate unter den verunfallten Kindern hat Estland (7,5) und Portugal (7,0). In Deutschland liegt diese Zahl bei 2,7 (Tabelle 4).

Im internationalen Vergleich liegt Deutschland mit 10,4 Getöteten pro 100.000 Einwohner für alle Altersgruppen im mittleren Feld (Tabelle 5, Abb. 2).

### Ökonomische Bedeutung

Betrachtet man den Verlust an Lebensarbeitsjahren durch die verschiedenen Todesursachen bei den unter 45-jährigen,

Tabelle 5

### Internationaler Vergleich der bei Verkehrsunfällen getöteten Personen/100 000 Einwohner

Schweden	6,1
Großbritannien	6,3
Niederlande	7,6
Schweiz	8,7
Deutschland	10,4
Ungarn	13,4
Belgien	13,4
Frankreich	14,4

gen, so weisen die Unfälle einen Verlust von 304.270 Arbeitsjahren auf, gefolgt von den Karzinomen mit 239.530 Arbeitsjahren und den Herz-Kreislauf-Erkrankungen mit 164.000 Arbeitsjahren [37].

### Präklinische Versorgung

In der BRD gibt es knapp 400 Rettungsleitstellen in 326 Rettungsdienstbereichen. Ein Rettungsdienstbereich erstreckt sich im Durchschnitt über eine Fläche von etwa 1.100 km<sup>2</sup> mit ca. 2,5 Mio. Einwohner.

In einem Rettungsdienstbereich befinden sich im Mittel 3,7 Notarztstandorte und 6,5 Rettungswachen, so daß auf jede Rettungswache etwa 410.000 Einwohner entfallen. Von den 1.800 Rettungswachen sind etwa 90% ständig mit mindestens einem Rettungsfahrzeug besetzt; 1,65 Mio. Einsätze werden vom Notarzt begleitet, davon 98,1% im bodengebundenen Rettungsdienst. Das Luftrettungswesen mit mehr als 50 Hubschrauberstationen führt 52.000 Rettungsflüge pro Jahr durch. Von diesen Flügen sind rund 30.000 Primäreinsätze. Bei 9% war 1997 der Anlaß ein Verkehrsunfall, während dieser Anteil 1985 noch 15,7% betrug. Der internistische Notfall führt mit 44,9%.

Im Durchschnitt war das erste Rettungsmittel 7,6 min nach Eingang der Meldung in der Leitstelle am Unfallort; 95% der Verkehrsunfälle werden innerhalb von 15,9 min versorgt. Der bodengebundene Notarzt war im Durchschnitt 10,1 min nach Eingang der Meldung am Unfallort, 95% der Notärzte sind innerhalb von 20,9 min eingetroffen (Tabelle 6).

Tabelle 4

### Verunglückte und verstorbene Kinder /100 000 Einwohner

Land	Verunglückte Kinder/100 000 Einwohner	Verstorbene Kinder/100 000 Einwohner
Rumänien	31	5,9
Russische Föderation	76	5,7
Dänemark	83	4,0
Estland	89	7,5
Türkei	93	5,1
Schweden	100	1,3
Spanien	114	3,0
Polen	115	4,0
Norwegen	130	2,0
Italien	134	2,2
Frankreich	134	3,5
Ungarn	136	2,8
Niederlande	173	2,3
Kroatien	197	5,0
Schweiz	198	2,9
Österreich	303	3,6
Portugal	313	7,0
Belgien	334	4,2
Deutschland	368	2,7
Großbritannien	370	2,0
USA	608	4,7

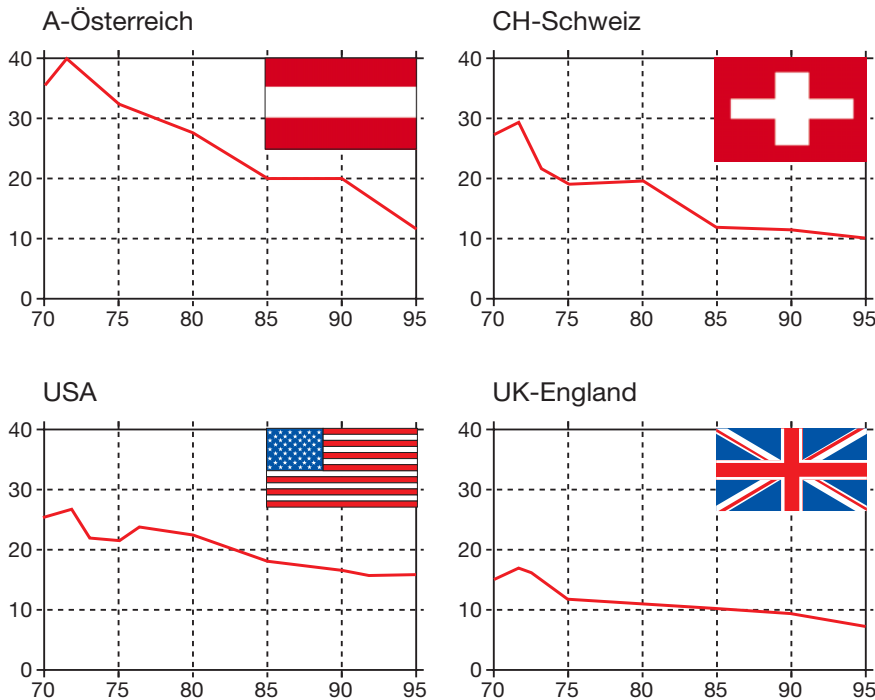


Abb. 2 ▲ Abnahme der Verkehrstoten in England, Schweiz, Österreich und USA über einen 25-Jahres-Zeitraum

Innerorts ist das erste Rettungsmittel am Tage 6,7 min und nachts 7,7 min nach Meldungseingang am Unfallort. Außerorts liegen die Zeiten bei 8,8 min tags und 10,4 min nachts.

Die Verteilung der Notarztstandorte kann nach verschiedenen Gesichtspunkten beurteilt werden. Betrachtet man die Einwohnerzahl als Maß, so versorgt ein Notarztstandort in Berlin 247.000 Einwohner, dagegen in Mecklenburg-Vorpommern 39.000 und in Brandenburg 45.000 Menschen.

Wird die Fläche/qkm/Notarztstandort betrachtet, so beträgt das Verhältnis in Berlin 1: 64, im benachbarten Brandenburg betreut dagegen ein Notarztstandort 574 km<sup>2</sup>. Die Notarzteinsätze pro Standort sind in Berlin mit 3.335 pro Jahr am höchsten, dagegen in Rheinland-Pfalz mit 800 Einsätzen am niedrigsten [7].

### Klinische Versorgung

Die klinische Versorgung erfolgt in etwa 90 Traumazentren bundesweit, die dem Standard eines Level-1- oder Level-2-Krankenhauses entsprechen. Die durchschnittliche Versorgungsleistung der Traumazentren beläuft sich auf 100–200 Polytraumen/Jahr. Die ungefähre Versorgung mit Polytraumen pro

Traumazentrum ist in Europa ähnlich – Österreich mit 12 Traumazentren, die Schweiz mit 7 und die Niederlande mit 12 Traumazentren weisen ähnliche jährliche Versorgungszahlen auf. In Holland versorgen 4 Traumazentren unter 100 und 8 Traumazentren über 100 Schwerverletzte [21].

### Traumaregister der DGU

Während in den USA und in England die jeweiligen MTOS-Studien (Major Trauma Outcome Studies) zur Quali-

tätssicherung eingerichtet sind, besteht in Deutschland das Traumaregister der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie [4]. Ausgewertete Daten liegen bisher von 2.069 Patienten vor. Die Letalität betrug 18,6% bei einem mittleren ISS von 22 ± 13. Das Verhältnis stumpfer zu penetrierenden Traumen betrug 92,8 zu 7,2% (Tabelle 7).

Die Dauer der präklinischen Zeit zwischen dem Unfallereignis und Klinikaufnahme betrug für Patienten mit einem ISS über 15 71 ± 67 min. Die Intubationsrate durch den Notarzt bei Patienten mit schwerem Schädel-Hirn-Trauma (SHT), (Glasgow-Coma-Scale < 9) betrug 94%.

Im Rahmen des Traumaregisters werden die wesentlichen Versorgungsdaten der eigenen Klinik dem Durchschnittswert aller am Traumaregister teilnehmenden Kliniken gegenüber gestellt. Diese Abschnitte umfassen das Patientenkollektiv, die prä- und klinische Behandlung, das Behandlungsergebnis und schließlich das Qualitätsmanagement. Im Rahmen des Qualitätsmanagements werden Kriterien analysiert, die optimierungsfähige Bereiche aufdecken können oder als Erklärung für unerwartete Ergebnisse dienen.

### USA

#### Bedeutung des Traumas

Tod durch Trauma ist in den USA die 4. Haupttodesursache unter allen Altersgruppen nach Herzkrankungen, Krebs und zerebrovaskulären Erkran-

Tabelle 6

#### Eintreffzeiten bei Verkehrsunfällen des ersten Rettungsmittels und des Notarztes

Eintreffzeit bis ...	Eintreffen 1. Rettungsmittel [%]	Eintreffen Notarzt [%]
2 min	6,3	2,9
5 min	37,3	19,4
7 min	57,5	36,3
10 min	79,4	62,1
12 min	87,3	74,4
15 min	94,1	85,2
20 min	98,2	94,1
Mittelwert	7,6 min	10,1 min
95%-Eintreffzeit	15,9 min	20,9 min



Tabelle 7

### Strukturvergleich der amerikanischen MTOS-Studie und des Traumaregisters der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie

	MTOS	DGU Traumaregister
Patienten	80 544	2 069
Zeitraum	1982–1988	1993–1997
Letalität	9,2%	18,6%
Trauma		
Stumpf	78,9%	92,8%
Penetrierend	21,1%	7,2%
ISS	12,8 ± 11,3	21 ± 13
Unfallart [%]		
Auto	34,7	32,9
Zweirad	6,9	15,3
Fußgänger	7,5	8,4
Sturz	16,5	13,9

kungen. Das Durchschnittsalter der Patienten beträgt 28 Jahre. Verkehrsunfälle sind die Haupttodesursache von Patienten unterhalb des 44. Lebensjahres. Im Jahre 1996 verunglückten etwa 150.000 Amerikaner tödlich, 50 % durch Verkehrsunfälle. Unter den übrigen Todesursachen dominieren Selbstmord, Mord und Stürze. Die jährlichen Kosten für Trauma und dessen Folgekosten belaufen sich in den USA auf 444,1 Mrd. Dollar [19].

Der Unfalltod hat 3 zeitliche Spitzen. Die erste innerhalb von Minuten nach dem Unfall mit Hirnverletzungen, Herz- und Aortenverletzungen sowie Rückenmarktraumen [5].

Der 2. Gipfel innerhalb von Minuten bis Stunden nach der Verletzung: Dies sind die Patienten, die in Traumazentren eingeliefert werden und, unzureichend behandelt, an Verblutung, subduralen, epiduralen Hämatomen, am Hämatopneumothorax, Milz- und Leberrupturen sowie an den Frakturen des Beckens und der langen Röhrenknochen sterben. Diese Patienten können sehr von regionalisierter Traumaversorgung profitieren. Der 3. Gipfel stirbt einige Tage oder Wochen nach der Verletzung an Sepsis und multiplen Organversagen.

**„Die Zahl der penetrierenden Traumen der MTOS-Studie ist 3mal so hoch, die Verletzungsschwere in der MTOS-Studie deutlich niedriger und damit verbunden ist auch die Letalität geringer“**

Die epidemiologische Verteilung der Schwerverletzten wurde in einer Analyse von Los Angeles gezeigt [18]. Während des Jahres 1996 wurden 12.136 schwere Traumen in die 13 Traumazentren in Los Angeles eingeliefert; 1.929 Verletzte starben am Unfallort. Der Anteil der Schwerverletzten betrug 151/100.000 und die Todesrate 30,9/100.000 Einwohner. Haupttodesursache war Mord mit 45,3 %, während Verkehrsunfälle für 31,9 % der Todesfälle verantwortlich waren. Am meisten gefährdet sind dunkelhäutige Amerikaner mit einer Mordrate von 40,4/100.000, während sie ansonsten durchschnittlich 14/100.000 Einwohner betrug.

#### Epidemiologie der Todesursachen

Die Frage der Todesursachen nach Trauma und die Unterschiede zu Europa wurden in einer Untersuchung von Acosta [1] an 900 verstorbenen Patienten aus einem 11-Jahres-Zeitraum in San Diego und Peng [39] an 155 Verstorbenen eines 3-Jahres-Zeitraums in Torrance analysiert. Beides sind Level-1-Krankenhäuser. Innerhalb von 15 min nach Ankunft in der Klinik verstarben in San Diego 219 Patienten, davon 103 an kardiovaskulären überwiegend penetrierenden Verletzungen.

Zwischen der 16. und 60. min kamen weitere 49 Patienten ad exitum, davon 43 durch penetrierende und 6 durch stumpfe Verletzungen. In Torrance verstarben 61 % der Früh-todesfälle innerhalb der 1. h an Verblutung. Die Todesursachen änderten sich bei den Verstorbenen innerhalb der 1. bis 24. h in der Weise, daß 165 Patienten ihrem schweren SHT erlagen (92 stumpfe und 73 penetrierende Traumen). Insgesamt verstarben in dieser Zeit 290 Patienten, bei 43,6 % war das schwere SHT die Haupttodesursache.

#### Präklinische Versorgung

Vor 1980 existierten in den USA keine standardisierten nationalen Trauma-programme, um Ärzte in der Erstbehandlung von Verletzten auszubilden. 1976 wurde der „Advanced Trauma Life-Support Course“ (ATLS) durch einen Chirurgen aus Nebraska initiiert. Dieser Chirurg war mit einem Flugzeug verunfallt, verlor dabei seine Frau, er selbst und 3 Kinder wurden schwer verletzt. Die Erstbehandlung war nach heutigen Maßstäben völlig unzureichend und gab den Anstoß für einen Traumakurs speziell für lokale Krankenhäuser und Ärzte. Im Jahr 1979 wurde dieser Kurs aktualisiert und durch das „American College of Surgeons, Committee on Trauma“ verbessert und ist seitdem das standardisierte nationale Trauma-ausbildungsprogramm. Das „American College of Surgeons“ publizierte Leitlinien zur Organisation und Durchführung effektiver Unfallbehandlung [3].

#### Klinische Strukturen

Das „American College of Surgeons, Committee on Trauma“ hat bestimmte Voraussetzungen festgelegt für die Qualifikation von Traumazentren.

► Level I: Die Klinik muß im Stande sein, jede Verletzung zu behandeln; 24 h Präsenz eines Traumachirurgen ist absolute Voraussetzung. Ein Level-1-Hospital muß jährlich 600–1.000 schwerverletzte Patienten behandeln, die persönliche Erfahrungen muß nach den neusten Bestimmungen auf 65 Polytraumen jährlich basieren.

Das „American College of Surgeons“ hat 108 Kriterien herausgear-

beitet, die für die Anerkennung als Level-1-Traumazentrum notwendig sind. In einer jüngsten Untersuchung von 120 Kliniken hatten 54 zwischen 1 und 15 Defizite [29]. Die häufigsten Mißstände waren kein spezieller unfallchirurgischer Dienst, inadäquate neurochirurgische Versorgung, kein Traumakoordinator, fehlende 24-h-Operationskapazität, fehlende unfallchirurgische Erfahrung.

- ▶ Ein Level-II-Krankenhaus sollte 350–600 Traumapatienten/Jahr behandeln können. Der Unfallchirurg muß bei der Ankunft des Patienten in der Notfallaufnahme anwesend sein. Es wird jedoch keine 24-h-Anwesenheit gefordert. Im Gegensatz zum Level-1-Traumazentrum sind nicht alle Subspezialitäten erforderlich.
- ▶ Eine Level-III-Klinik ist verantwortlich für Gemeinden, die keinen direkten Zugang zu einem Level-1- oder -2-Zentrum haben. Ein Traumateteam wird geleitet durch einen General-Surgeon und dient der Reanimation, Notfalloperationen und der Stabilisierung. Anästhesie muß in der Notfallaufnahme 24 h verfügbar sein. Level-III-Krankenhäuser benötigen eine gute Anbindung für einen schnellen Transfer von Patienten zu einer Einrichtung, die eine definitive Behandlung vornehmen kann.
- ▶ Level-IV-Krankenhäuser können lediglich einen „advanced-trauma-lifesupport“ vorhalten, bevor Patienten verlegt werden. In diesen Einrichtungen sind gewöhnlich keine Chirurgen erreichbar.

Die Amerikaner konnten den Wert ihres Systems nachweisen. In einer vergleichenden Untersuchung wurde in Orange County (Kalifornien) eine Klinik ohne Traumazentrum mit dem Traumazentrum in San Francisco verglichen und die Zahl der vermeidbaren Todesfälle ermittelt.

Die vermeidbare Todesrate in Orange County lag bei 76%, wohingegen in San Francisco nur ein vermeidbarer Todesfall während der Studienperiode auftrat [56]. Diese Resultate führten 1980 zur Implementierung eines Traumasystems in Orange County mit 5 Traumazentren. Als Folge dieser Einführung sank die Zahl vermeidbarer Todesfälle von 73 auf 9% in den 5 Traumazentren, wohingegen die vermeidbare

Todesrate noch 67% betrug bei den Patienten, die in einem Nichttraumazentrum behandelt wurden [57]. Trotz dieser Ergebnisse stehen auf der anderen Seite die erheblichen ökonomischen Belastungen eines Traumazentrums, die nicht adäquat honoriert werden. Dadurch mußten 66 Traumazentren in 14 Staaten wieder schließen.

## Kanada

### Präklinische Versorgung

In Kanada wird die präklinische Behandlung entweder durch Ärzte oder durch „Emergency Medical Technicians“ (EMT) durchgeführt. In einer Untersuchung von 360 schwerverletzten Patienten wurde durch eine Expertenkommission die Zahl der vermeidbaren Todesfälle mit 44 beziffert, dies entspricht einem Anteil von 62% [45]. Folgeschwere Fehlentscheidungen betrafen Intubation, Volumensubstitution sowie nicht erfolgter Transport in ein Level-I-Traumazentrum. Die klinische Situation ist mit der in den USA vergleichbar.

## Südafrika

### Epidemiologie

Südafrika hat eine der höchsten Todesraten nach Trauma weltweit. Dabei steht Mord an erster Stelle. Während in den USA die jährliche Todesrate durch Mord bei 15/100.000 liegt, beträgt sie in Südafrika 72/100.000 Einwohner. In Cape Peninsula beträgt die Mordrate 220/100.000 Einwohner und die Todesrate durch Trauma 351/100.000 [26].

### Präklinische Versorgung

In den meisten Gegenden Südafrikas sind Privatambulanzen primär zuständig für die Versorgung der Patienten. Schwerverletzte in großen Städten werden häufig von Paramedics behandelt, deren Ausbildung zeitlich variiert. In Johannesburg dauert die Ausbildung 3 Jahre. Die Kliniken werden eingeteilt in Level-I-, -II- und -III-Krankenhäuser, wobei die meisten Patienten mit schweren Verletzungen zum nächsten Level-I-Traumazentrum transportiert werden.

Eines der größten Traumazentren in Südafrika ist das Groote-Schur-Krankenhaus mit etwa 7.000 Schwerverletzten/Jahr, davon über 2.000 mit penetrierende Thoraxverletzungen. Hier wird mit einem kleinen Traumateteam die Primärbehandlung durchgeführt. Dieses Team besteht aus einem Chirurgen, 2 Schwestern und einer Röntgen-MTA. Die Ergebnisse sind im Vergleich zur amerikanischen MTOS-Studie nicht schlechter [17].

## Polytraumaversorgung in Großbritannien

### Epidemiologie

Die Inzidenz von Polytraumen in den letzten Jahren mit einem ISS über 16 Punkten liegt in England zwischen 10.035 und 10659/Jahr. Die Zahl der Unfalldodesfälle beträgt in England 9,4/100.000 Einwohner [48].

### Entwicklung eines Traumasystems

1987 beschrieb Trunkey die britischen Verletztenbehandlung als Stückwerk, desorganisiert mit einem nicht zu akzeptierenden schlechten Endergebnis [43]. Um den Wahrheitsgehalt dieses Statements zu untersuchen, richtete das „Royal College of Surgeons“ ein Komitee unter der Leitung von Prof. Miles Irving ein [43]. Dieses Komitee berichtete über die Resultate einer Analyse von 1.000 Polytraumatisierten in England aus dem Jahr 1988. Die Fakten waren schlechter als viele erwartet hatten; 43% aller Todesfälle ohne SHT waren vermeidbar. Unter den möglicherweise vermeidbaren Todesfällen waren 61,8% mit operationswürdigen Verletzungen, 79% dieser Patienten wurden entweder nicht oder nur unzureichend operiert. Bei 63 Patienten ohne schweres SHT waren starke Blutungen entscheidend, nur ein Patient wurde adäquat versorgt. In einer weiteren Untersuchung wurden die Ursachen der schlechten Resultate ermittelt. Nur 11% der Patienten mit Polytrauma waren durch einen traumatologisch erfahrenen Oberarzt oder Consultant untersucht und nur 6% operativ durch den Consultant versorgt worden. In dieser Studie wurde die fehlende Teilnahme von erfahrenen Chirurgen an der Behandlung Polytraumatisierter heftig kritisiert.

In einer weiteren Untersuchung in Edinburgh/Schottland wurde das Problem der verspäteten Operation analysiert. Es handelte sich hierbei um Patienten, die in andere Krankenhäuser verlegt wurden [14] mit einer entsprechend hohen Mortalität aufgrund primärer inadäquater Schockbehandlung und fehlender Basisbehandlung vor Verlegung.

Aufgrund dieser Ergebnisse wurde die Einrichtung eines Traumazentrums forciert, als Standort wurde „Stoke-on-trent“ ausgewählt und das „North Staffordshire Trauma Centre“ dort eingerichtet. Zur Zeit sind in England 3 unterschiedliche Modelle vorhanden [15]. Zum ersten das experimentelle Level-1-Traumazentrum, zum zweiten gibt es einige Kliniken, welche die notwendige Infrastruktur vorhalten mit traumatologisch engagierten Consultants. In diesen Kliniken ist die Behandlung auch deutlich besser geworden.

Ein dritter Typ behandelt weiterhin Patienten, dem Urteil von Trunkey entsprechend, mit unerfahrenen jungen Assistenten, welche die Polytraumabehandlung zu verantworten haben. In einer Untersuchung der „British Orthopaedic Association“ wurden die verfügbaren Disziplinen in den 217 Kliniken untersucht, die von sich behaupteten, ein größeres Traumasystem zu besitzen. In diesen Krankenhäusern verfügten nur 50 % über ein CT, nur 12 % der Krankenhäuser hatten eigene Neurochirurgische Abteilungen.

Ein weiteres Problem war die niedrige Anzahl erfahrener Unfallchirurgen. Während in Schweden und in den USA das Verhältnis traumatologisch Erfahrener zur Bevölkerungszahl 1:20.000 beträgt, liegt es in England bei 1:66.000. Yates [58] publizierte eine Studie über die Ergebnisse von 33 Kliniken. Nur eine Klinik wies bessere Ergebnisse auf als die durchschnittlichen Resultate der „major-trauma-outcome-study“. In einer weiteren Untersuchung wurden 5 schottische Lehrkrankenhäuser untersucht, von denen nur 2 schlechtere Ergebnisse als in den USA aufwiesen. Die Beteiligung erfahrener Traumachirurgen an der Erstbehandlung konnte verbessert werden [41].

Um die Effektivität eines regionalen Traumasystems zu untersuchen wurde die Mortalität in einem großen Traumazentrum vor und nach dessen Einfüh-

rung untersucht [34]. Das Einzugsgebiet des Traumazentrums belief sich auf ein Gebiet von 5.500 km<sup>2</sup> mit 1,8 Mio. Einwohnern. Neben dem Traumazentrum gehörten 6 weitere Krankenhäuser in das Einzugsgebiet dieser Gegend. Zusätzlich wurde ein Vergleichsgebiet in die Untersuchung einbezogen, welches kein Traumazentrum besitzt. Die wichtigsten Ergebnisse zeigten, daß die Zahl der in das Traumazentrum mit schweren Verletzungen eingelieferten Patienten um 6 % auf 39 % anstieg. Auch die Zahl der Patienten, die von einem Erfahrenen in der Primärphase behandelt wurden, stieg von 36 auf 79 % an. Demgegenüber war jedoch die Zahl der Patienten, die an ihren Verletzungen verstarben, in den Studienjahren unmittelbar nach Einführung des Traumazentrums nur unwesentlich geringer [34]. Inzwischen aber ist die Letalität auf 20 % gefallen [53].

Die Ursachen für die diskrepanten Ergebnisse zwischen England und den USA sind im wesentlichen darin zu suchen, daß Unterschiede im Verletzungsmuster (penetrierend/stumpf) und in der Verletzungsursache bestehen. Weiterhin gelang es bisher nicht, alle wirklich schweren Traumen in das Traumazentrum zu bringen. Bisher liegen weder eindeutige Untersuchungen über die Zahl der vermeidbaren Todesfälle nach Einführung des Traumazentrums vor noch über die funktionellen und sozialen Endergebnisse [59].

## Holland

In Holland verunfallen etwa 3 Mio. entsprechend 20 % der Bevölkerung in jedem Jahr, davon 4.500 schwer. Tod durch Trauma ist in der Gruppe zwischen 5 und 29 Jahren die häufigste Todesursache. In der gesamten holländischen Bevölkerung nimmt dies die 4. Stelle ein. Eines der größten Level-I-Traumazentren ist die Universitätsklinik in Groningen, die allein 4 % aller holländischen Schwerstverletzten behandelt. In dieser Klinik starben aus einer konsekutiven Serie von 723 Schwerstverletzten 186 Patienten entsprechend 25,7 % [49]. 121 verstarben innerhalb der ersten 48 h. Haupttodesursache waren in 76,4 % schwere SHT. Der durchschnittliche ISS der überlebenden Patienten betrug 27,6, gegenüber 37,3 bei den Verstorbenen. Von den überleben-

den Patienten konnten 47,1 % nach Hause entlassen werden, 29,2 % wurden in eine Rehabilitationsklinik verlegt.

## Österreich

### Epidemiologie

Die Zahl der Verunfallten bei Straßenverkehrsunfällen betrug 1997 52.696. Die Zahl der Toten lag mit 1.105 höher als im Jahr 1996 ( $n = 1027$ ). 1997 betrug die Schwerverletztenzahl 8.537, gegenüber 8.336 im Jahre 1996. Bis einschließlich September 1998 betrug die Zahl der Verletzten bei Straßenverkehrsunfällen in Österreich 38.110, die Zahl der Toten ( $n = 696$ ) deutet auf einen deutlichen Rückgang gegenüber dem Vorjahr hin.

### Präklinische und klinische Versorgung

Die präklinische Versorgung in Österreich erfolgt durch Notarztwagen, Hubschrauber und Rettungswagen. Die Behandlung erfolgt zumeist in speziellen Traumazentren, die eine lange Tradition und Vorbildfunktion haben.

In einer jüngsten Untersuchung aus Wien wurden 165 Schwerverletzte analysiert mit einer durchschnittlichen Verletzungsschwere nach dem Polytraumaschlüssel [36] von 28 Punkten. Die Letalität betrug 30 %, unter Ausschluß der ersten 6 h verstarben 18 %. Das primäre Traumateteam besteht aus 2 Unfallchirurgen, 2 Anästhesisten, 2 Schockraum-schwestern und 1 röntgentechnischen Assistentin [31].

## Griechenland

Die Todesrate nach Verkehrsunfällen betrug 1996 in Griechenland 2.000 bei 32.000 Verletzten. Insgesamt kam es zu 24.000 Verkehrsunfällen. Die unfallbedingten Kosten für das Land betragen 1 Mrd. Dollar/Jahr. Während im übrigen Europa die Zahl der Verkehrsunfälle um 9 %, die Zahl der Toten um 22 % und die der Verletzten um 19 % abnahm, kam es in Griechenland zu einem Anstieg der Verkehrsunfälle um 34 %, der Toten um 64 % und der Verletzten um 30 %. Im gleichen Zeitraum stieg in Griechenland die Zahl der Kraftfahrzeuge um 122 % gegenüber 34 % im übrigen Europa. Die durchschnittliche Todeszahl/1 Mio. Ein-



wohner beträgt in den westeuropäischen Ländern 131 und in Griechenland 217. Die Zahl der Toten/1 Mio. Fahrzeuge beträgt in Europa 285 und in Griechenland 801.

Die Verteilung der Krankenhäuser in Griechenland ist sehr unterschiedlich. Ländliche Gegenden liegen häufig sehr weit von größeren Krankenhäusern entfernt, die Möglichkeiten für den Patiententransport mit Hubschraubern sind inadäquat.

Untersuchungen über die präklinische Versorgung existieren aus einem Traumazentrum in Piräus mit einem Einzugsbereich von nahezu 1,5 Mio. Menschen. Unter Zugrundelegung der dort analysierten vermeidbaren Todesfälle (29 %) liegt diese Zahl bei Übertragung auf das ganze Land in Griechenland bei etwa 800. Unzureichende Intubation und Volumensubstitution waren die Hauptgründe für die vermeidbaren Todesfälle [38].

### Norwegen

Norwegen hat eine Einwohnerzahl von 4,2 Mio. Die größte Distanz Süd/Nord entspricht der von Oslo nach Rom.

### Präklinische Versorgung

Außer durch 12 Hubschrauberstationen wird in weniger dichtbesiedelten Gebieten der Transport auch mit Tragflächenflugzeugen durchgeführt. Die ärztliche Versorgung erfolgt durch Anästhesisten. Am besten versorgt sind Oslo, Starwanger und einige andere Städte in der Nähe von Hubschrauberstationen. Zusätzlich gibt es 604 Ambulanzfahrzeuge, von denen 259 mit nur einer Person besetzt sind.

### Klinische Versorgung

Die Letalität der jährlich 2.000 schwerverletzten polytraumatisierten Patienten beträgt 25–30 % [40]. Im ganzen Land sind über 70 Krankenhäuser in die Traumaversorgung eingebettet, im Südosten 20 Krankenhäuser in 6 verschiedenen Bezirken.

4 der 5 regionalen Krankenhäuser arbeiten de facto als Traumazentren. Die kleinen Krankenhäuser haben insbesondere nachts große Probleme, da sie über wenig Ressourcen verfügen und der Lufttransport häufig aufgrund der

Wetterverhältnisse unmöglich ist. In Oslo kommen alle schwerverletzten Patienten zum Oslo-City-Hospital (Ullevål), dem Traumazentrum für 2,4 Mio. Einwohner. Hier werden jährlich 150 Schwerverletzte und zusätzlich 50 Patienten mit penetrierenden Verletzungen von einem oder mehreren Fachärzten im 24-h-Dienst betreut. Alle chirurgischen Spezialgebiete haben Consultants in Rufbereitschaft, die innerhalb von 30 min im Krankenhaus sind.

Obwohl das Ullevål-Krankenhaus das größte in Norwegen ist, ist die Verletztenanzahl nicht so groß, als daß sich ein spezieller Traumadienst lohnen würde. Deshalb wird die Behandlung in Zusammenarbeit mit allen Spezialisten durchgeführt. Insgesamt hat sich die Letalität der Patienten in Oslo in den letzten Jahren nicht vermindert, wohl aber die Zahl der Patienten, die an einer Verblutung gestorben sind.

Der Leiter des Traumateams ist der chirurgische Oberarzt, der zusammen mit dem Anästhesisten die Entscheidungen trifft. Die in den übrigen Landesteilen geringe Inzidenz und damit fehlende Praxis in der Behandlung von Schwerverletzten wird durch entsprechende Pflichtfortbildungskurse wettgemacht. Dazu gehört ein Wochenkurs in operativer Frakturbehandlung, in chirurgischen Basistechniken sowie ein Kurs über Pathophysiologie des Traumas. Für Assistenten steht bei einem weiteren Pflichtkurs die Schwerverletztenbehandlung im Vordergrund. Darüber hinaus wird ein Lehrgang in Traumatologie und Kriegschirurgie durch die norwegische Armee organisiert, an dem 16 Chirurgen, 8 Anästhesisten, 8 Operationschwestern und 8 Anästhesieschwestern teilnehmen. Hier wird an Tiermodellen der Zugang zu den Gefäßen, Clamping der Aorta- und Cava sowie die Tamponade bei Leber- und Beckenverletzungen geübt. Diese Kurse werden auch von Tierschützern akzeptiert.

### China

In China sterben rund 300.000 Menschen pro Jahr an einem Trauma [24]. Die Todesrate durch Verkehrsunfälle liegt heute zwischen 6 und 7/100.000 Einwohner und das bei einer Motorisierungsrate von 5 Fahrzeugen/1.000 Einwohner im Vergleich zu 777 Fahrzeugen/1.000 Einwohner in den USA.

### Präklinische und klinische Versorgung

Dies ist das schwächste Glied in der Versorgung Unfallverletzter. In Shanghai mit 13 Mio. Einwohnern gibt es 21 Rettungsstationen und 168 Ambulanzen. Diese werden von 517 Mitarbeitern betreut, von denen 238 ausschließlich Fahrer sind. Dadurch ist es verständlich, daß die meisten verletzten Patienten keine Behandlung an der Unfallstelle erhalten und die Rettungszeiten mehrere Stunden in Anspruch nehmen.

Die Unfälle werden auf insgesamt 192 Krankenhäuser verteilt, von denen nur 14 % über eine Intensivstation verfügen. Spezialisierte Traumazentren sind rar, im Süden des Landes sind weitere geplant.

### Rußland

#### Epidemiologie der Unfälle

In Rußland sterben 105.000 Menschen in jedem Jahr durch Unfälle. Das Trauma stellt die Haupttodesursache bei Frauen bis zum 35. und Männern bis zum 45. Lebensjahr dar. Bei Männern zwischen dem 20. und 29. Lebensjahr machen die Verletzungen 80 % aller Todesfälle aus, bei Frauen zwischen dem 15. und 19. Lebensjahr 55 %. Die Todesrate durch Unfall in Rußland beträgt 67/100.000 Einwohner, das entspricht 107,3 bei Männern und 33,6 bei Frauen. An erster Stelle stehen die Verkehrsunfälle mit 38,7 %. 64,3 % der verstorbenen Polytraumatisierten starben auf dem Weg zur Klinik und 35,7 % nach Klinikaufnahme, davon 76,4 % innerhalb des 1. Tages nach Trauma. Haupttodesursache waren Verletzungen lebenswichtiger Organe (31,7 %) [60].

Präklinisch wurden nur 11 % beatmet, in ländlichen Gebieten wurden 41,7 % ohne jede präklinische Behandlung in Kliniken gebracht. Der Zeitfaktor spielt eine erhebliche Rolle, nur 56,5 % der Patienten wurden innerhalb 1 h nach Trauma in ein spezialisiertes Krankenhaus eingeliefert, 27,1 % zwischen der 1. und 3. h [60].

#### Klinische Versorgung

Erhebliche Unterschiede bestanden zwischen den präklinischen und klinischen Diagnosen. Schwere intrathorakale und intraabdominelle Verletzungen

gen wurden bei 38,7% der Verletzten nicht diagnostiziert, schwere Verletzungen des Beckens und des proximalen Femur in 45% nicht erkannt [60].

Zusammenfassend wurden nur bei 2/3 der Verletzten optimale diagnostische Maßnahmen und nur bei 1/3 notwendige notfalltherapeutische Maßnahmen während des 1. Tages durchgeführt. Die retrospektive Analyse zeigte, daß die nicht erkannten Verletzungen zur Haupttodesursache wurden [60].

Neben der Infrastruktur sind somit die präklinische Behandlung und die unfallchirurgische Ausbildung der Ärzte verbesserungswürdig.

## Australien

Eines der bevölkerungsreicheren Gebiete in Australien ist Victoria mit einer Einwohnerzahl von 4,6 Mio. und der Hauptstadt Melbourne. Die Zahl der Verkehrstoten in diesem Staat hat von 30,8/100.000 Einwohner (1970) auf 8,4/100.000 im Jahr 1994 und auf 8 im Jahr 1997 abgenommen [11].

## Präklinische Versorgung

Die präklinische Versorgung erfolgte in der Mehrzahl durch ATLS erfahrene Paramedics, die 67% der Verkehrsunfälle in Melbourne versorgen, aber nur 34% auf den Landstraßen. Die übrigen Verletzten werden durch „basic-trauma-life-support“ (BTLS) ausgebildete Krankenwagenfahrer versorgt. In der Analyse von 257 Todesfällen ergab sich, daß innerstädtisch 8% und in ländlichen Gegenden 14% an der Unfallstelle oder auf dem Weg zum Krankenhaus verstarben. Analysiert wurden die Todesfälle nach der Qualität der erstbehandelnden Klinik.

## Klinische Versorgung

In Victoria existiert ein großes Traumazentrum, mehrere spezialisierte Teaching Krankenhäuser, entsprechend einem Level-II-Traumazentrum, schließlich noch Level-III-Häuser und kleinere ländliche Hospitäler. Bei der Analyse der Verstorbenen nach potentiell vermeidbaren Todesfällen betrug der Anteil im Traumazentrum 20%, in den Level-II-Krankenhäusern 40% und in den kleineren ländlichen Krankenhäusern 62%.

Die Ergebnisse des Traumazentrums basieren auf der ausgezeichneten Ausstattung und der sehr großen Erfahrung, die auf der Behandlung von 330 Schwerverletzten mit einem ISS über 15 jährlich beruht. Diese Zahl entspricht der Hälfte aller Polytraumatisierten jährlich, die übrigen 330 Schwerstverletzten verteilen sich auf 10 weitere Krankenhäuser.

## Diskussion

Der internationale Vergleich der epidemiologischen Daten über Polytraumen bestätigt die Abnahme der Todesfälle durch Verkehrsunfälle in hoch entwickelten Ländern [9, 28]. So sank z. B. in der Schweiz die Zahl der Verkehrstoten von 1.246 im Jahre 1980 auf 587 (1997). Die Gründe liegen zum einen in der verbesserten Technik der Autos, den Sicherheitsvorkehrungen, den verschärften gesetzlichen Bestimmungen, zum andern aber auch in einer Verbesserung der Behandlung Schwerverletzter.

Die Unterschiede in der präklinischen Versorgung resultieren zum einen aus geographischen Besonderheiten, z. B. das Paramedicsystem in den USA und anderen Ländern [2], zum andern basieren sie auf ökonomischen Besonderheiten. Die hohe Zahl penetrierender Verletzungen [1, 39, 55] in den USA ist nicht vergleichbar mit den europäischen Verhältnissen überwiegend stumpfer Traumen und muß bei der Analyse der Ergebnisse berücksichtigt werden. Die Analyse vermeidbarer Todesfälle zeigt gerade im präklinischen Bereich den Einfluß adäquater Volumensubstitution und Intubation auf das spätere Überleben des Patienten [30].

Ganz entscheidend – und das zeigen letztlich alle Untersuchungen – ist die Einrichtung spezialisierter Traumazentren. In allen Ländern ist eine Reduktion der Todeszahlen mit der Einrichtung von Traumazentren feststellbar. Wesentliche Einflußgrößen für die verbesserten Ergebnisse sind neben der Infrastruktur vor allen Dingen die Versorgung der Schwerverletzten nach bestimmten Protokollen [10, 12].

Die nach Trunkey Anfang der 80er Jahre in England vorhandenen unakzeptablen schlechten Ergebnisse hatten ihre Ursache vielfach in der insuffizien-

ten Primärbehandlung. Wenn nur jeder 5. Schwerverletzte von einem erfahrenen Traumachirurgen primär gesehen wird, ist die berühmte „goldene Stunde“ für den Polytraumatisierten sehr rasch verfliegen, was in Anbetracht der ungeheuren Kosten für ein Polytrauma, die sich in der Literatur [35] und auch im eigenen Krankengut zwischen 60.000 und 100.000 DM belaufen, auch erhebliche ökonomische Auswirkungen hat.

Wird die für ein optimales Management notwendige Zahl Polytraumatisierter aufgrund der schwachen Besiedlung eines Landes, wie z. B. in Norwegen nicht erreicht, sind praktisch experimentelle und klinische Kurse von enormer Bedeutung. Entscheidend sind Algorithmen für spezielle Verletzungen [10, 13, 20, 25, 27, 33, 44, 47, 54, 55].

Eine entscheidende Aussage über die Qualität eines Systems erlaubt die Zahl der vermeidbaren Todesfälle. Diese international vielfach übliche Größe vermeidbarer und möglicher vermeidbarer Todesfälle mit Hilfe eines Expertenteams ermittelt, gestattet nicht nur die Analyse, sondern bildet vor allen Dingen die Grundlage für weitergehende Verbesserungen [13]. Dies setzt aber auch gleichzeitig eine nahezu 100%ige Sektionsrate aller Verkehrsunfalltoten voraus. Hier besteht in Deutschland im Vergleich zu den übrigen Ländern noch ein erheblicher Nachholbedarf. Zur Qualitätssteigerung sind Nachuntersuchungen notwendig [8, 22, 23, 42, 52].

Weitere Möglichkeiten, die Qualität der Polytraumaversorgung zu analysieren, bieten Studien wie die „Major Trauma Outcome Study“ (MTOS), die UK-MTOS oder das Traumaregister der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie. Wie Südafrika, England und die USA, aber auch Deutschland zeigen können, sind derartige Datenbanken die einzige Möglichkeit für eine interne und externe Qualitätskontrolle. In dem von der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie initiierten Traumaregister werden alle Patienten der eigenen Klinik, der Gesamtzahl aller am Register beteiligten Kliniken gegenübergestellt. Die völlige Anonymität der Untersuchungen und die Hinweise für mögliche Verbesserungen im präklinischen und klinischen Bereich erlauben substantiierte Veränderungen innerhalb des Traumasystems.

Die Letalität von 2.069 Polytraumen des Traumaregisters der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie beträgt 18,6% bei einem mittleren ISS [6] von 22,1. Die Letalität der MTOS-Studie betrug 9,2% bei einem wesentlich geringeren ISS von 12,8 ± 11,3. Ein weiterer erheblicher Unterschied liegt im Verletzungsmuster mit einer 3mal so hohen Anzahl penetrierender Verletzungen in der MTOS-Studie im Vergleich zum Deutschen Traumaregister [4].

Ein international ungelöstes Problem sind die Todesfälle aufgrund schwerer SHT. Im Traumaregister der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie hatten unter den 385 Verstorbenen 64,2% ein relevantes SHT.

Trotz der flächendeckenden Rettungshubschrauber und der Notarztwagen sind Unterschiede in den Rettungszeiten nachweisbar. Während Regel [42] in 75% der Polytraumatisierten, die in der Medizinischen Hochschule in Hannover versorgt wurden, eine Zeitdauer von unter 1 h zwischen Unfallzeitpunkt und Aufnahme in der MHH nachweisen konnte, lag die durchschnittliche Zeit in einer Untersuchung von Sturm [51] in einer mehr ländlichen Gegend bei durchschnittlich 78 min. Der Grund liegt sicherlich in der ungünstigen temporären Verteilung schwerer Unfälle zu Zeiten, in denen eine Luftrettung allgemein nicht möglich ist. Trotz der Betriebskosten eines Rettungshubschraubers von 2,5 Mio. DM/Jahr und der damit verbundenen Kosten von 45,00–90,00 DM/Flugminute hat sich der Wert der Luftrettung im internationalen Vergleich bestätigt [46].

In einer Untersuchung von Cunningham [16] zeigte sich bei Schwerverletzten (ISS 21–30) ein signifikant besseres Abschneiden der mit Hubschrauber transportierten Gruppe gegenüber der mit Ambulanz versorgten Patientengruppe.

Besonders eindrücklich wird der Wert der präklinischen Therapie bei Polytraumen in einem internationalen Vergleich dreier Traumazentren mit unterschiedlichem Entwicklungsstand [30]. Die vergleichende Untersuchung aus Seattle, Monterrey (Mexiko) und Kumasi (Ghana) zeigte sehr deutlich die präklinischen Zeitunterschiede.

Während in Kumasi die präklinische Zeit für Schwerverletzte 102 ± 126 min, in Monterrey 73 ± 38 min betrug, lag sie in Seattle bei 31 ± 10 min. Dazu korrelierte auch die Zahl der Patienten, die bereits präklinisch verstarben. Diese Zahl lag in Kumasi bei 63%, in Monterrey bei 55% und in Seattle bei 35%. Während in Monterrey und Seattle 96% der Patienten durch eine Ambulanz in die Klinik eingeliefert wurden, erfolgte der Transport in Ghana in 58% mit dem Taxi und in 22% mit Privatwagen. Kein Patient wurde mit einem Krankenwagen eingeliefert. Die innerklinische Letalität war in Ghana mit 19% gegenüber Monterrey 8% und Seattle 11% deutlich erhöht.

Beim internationalen Vergleich mit nur einigen wenigen Ländern zeigt sich, daß effektive Polytraumaversorgung auf mehreren Säulen stehen muß. Schnelle Rettungszeiten, effektive Schockbehandlung am Unfallort, ein erfahrenes Traumazentrum mit entsprechender Infrastruktur, ein erfahrener Trauma-Leader sind Voraussetzung für das Überleben nach einem schweren Trauma.

Gute funktionelle Ergebnisse hängen ab von der besonders kompetenten, engagierten, integrativen und zeitintensiven Nachbehandlung dieser medizinisch sehr anspruchsvollen Patientengruppe.

## Literatur

1. Acosta JA, Yang JC, Winchell RJ, Simons RK, Fortlage DA, Hollingsworth-Fridlund J, Hoyt DB (1998) **Lethal injuries and time to death in a level I trauma center.** *J Am Coll Surg* 186: 528–533
2. Ali J, Adem R, Josa D et al. (1998) **Effect of basic prehospital trauma life support program on cognitive and trauma management skills.** *World J Surg* 22: 1192–1196
3. American College of Surgeons (1989) **Committee on trauma: Advanced trauma life support course manual.** American College of Surgeons, Chicago
4. Arbeitsgemeinschaft „Scoring“ der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (1994) **Das Traumaregister der DGU.** *Unfallchirurg* 97: 230–237
5. Arroyo JS, Crosby LA (1995) **Basic rescue and resuscitation. Trauma system concept in the United States.** *Clin Orthop* 318: 11–16
6. Baker SP, O'Neill B, Haddon W, Long WB (1974) **The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care.** *J Trauma* 14: 187
7. Beneker J, Heidt P (1997) **Präklinische Versorgung Unfallverletzter in der Großstadt.** *Z Ärztl Fortbild* 91: 403–414
8. Birkmeyer JD (1998) **Outcomes research and surgeons.** *Surgery* 124: 477–483
9. Brismar B (1996) **Trauma care organisation in Sweden.** In: Risberg B (ed) *Trauma care – an update.* Pharmacia & Upjohn, Göteborg, pp 3–4
10. Britt LD, Cole FJ (1998) **„Alternative“ surgery in trauma management.** *Arch Surg* 133: 1177–1181
11. Cooper DJ, McDermott FT, Cordner SM, Trre-mayne AB (1998) **The Consultative Committee on Road Traffic Fatalities in Victoria: Quality assessment of the management of road traffic fatalities at a level I trauma center compared with other hospitals in Victoria, Australia.** *J Trauma* 45: 772–779
12. Cornwell III EE (1998) **Trauma and critical care.** *Am Coll Surg* 186: 115–121
13. Cornwell EE III, Velmahos GC, Berne TV et al. (1998) **Lethal abdominal gunshot wounds at a level I trauma center: Analysis of TRISS (revised trauma score and injury severity score) fallouts.** *Am Coll Surg* 187: 123–129
14. Court-Brown CM (1990) **The treatment of the multiply injured in the United Kingdom.** *J Bone Joint Surg Br* 72: 345–346
15. Court-Brown CM (1995) **Treatment of polytraumatized patients in the United Kingdom.** *Clin Orthop* 318: 36–42
16. Cunningham P, Rutledge R, Baker, CC, Clancy TV (1997) **A comparison of the Association of Helicopter and Ground Ambulance Transport with the outcome of injury in trauma patients transported from the scene.** *J Trauma* 43: 940–946
17. Deo SD, Knottenbelt JD, Peden MM (1997) **Evaluation of a small trauma team for major resuscitation.** *Injury* 28: 633–637
18. Demetriades D, Murray J, Sinz B et al. (1998) **Epidemiology of major trauma and trauma death in Los Angeles County.** *J Am Coll Surg* 187: 373–383
19. Eachempati SR, Reed II RL, St. Louis JE, Fischer RP (1998) **„The Demographics of Trauma in 1995“ revisited: An assessment of the accuracy and utility of trauma predictions.** *J Trauma* 45: 208–214
20. Ertel W, Trentz O (1997) **Neue diagnostische Strategien beim Polytrauma.** *Chirurg* 68: 1071–1075
21. Haas NP, v. Fournier C, Tempka A, Südkamp NP (1997) **Traumazentrum 2000 – Wieviele und welche Traumazentren braucht Europa um das Jahr 2000?** *Unfallchirurg* 100: 852–858
22. Holbrook TL, Anderson JP, Sieber WJ, Browner D, Hoyt DB (1998) **Outcome after major trauma: Discharge and 6-month follow-up results from the trauma recovery project.** *J Trauma* 45: 315–324
23. Horne G, Schemitsch E (1989) **Assessment of the survivors of major trauma accidents.** *Aust N Z J Surg* 59: 465–470



24. Jiang Ch, Driscoll P, Woodford M, Wang Z, Yates D (1996) **Trauma care in China: challenge and development.** *Injury* 27: 471–475
25. Kanz KG, Eitel Z, Waldner H, Schweiberer L (1994) **Entwicklung von klinischen Algorithmen für die Qualitätssicherung in der Polytraumaversorgung.** *Unfallchirurg* 97: 303–307
26. Lecky FE, Yates DW, Little RA (1996) **Trauma care systems in the United Kingdom, the United States and South Africa.** In: Risberg B (ed) *Trauma care – an update.* Pharmacia & Upjohn, Göteborg, pp 18–26
27. Maghsudi M, Nerlich M (1998) **Polytrauma-Management. Präklinisches Handling und Schockraumversorgung.** *Chirurg* 3: 313–322
28. Meyer AA (1998) **Death and disability from injury: A global challenge.** *J Trauma* 44: 1–12
29. Mitchell FL, Thal ER, Wolferth CC (1994) **American College of Surgeons verification/consultation programme: An analysis of unsuccessful verification reviews.** *J Trauma* 37: 557–562
30. Mock CN, Jurkovich GJ, nii-Amon-Kotei D, Arreola-Risa C, Maier RV (1998) **Trauma mortality patterns in three nations at different economic levels: Implications for global trauma system development.** *J Trauma* 44: 804–814
31. Müllner T, Kutscha-Lissberg F, Kwasny O, Vécsei V (1998) **Das Polytrauma in Österreich: Kritische Analyse der notwendigen strukturellen Voraussetzungen und deren Finanzierbarkeit in der Zukunft.** *Acta Chir Austriaca* 4: 250–253
32. Murray C, Lopez A (1997) **Alternative projections of mortality and disability by cause 1990–2020: global burden of disease study.** *Lancet* 349: 1498–1504
33. Nast-Kolb D, Waydhas C, Kanz KG, Schweiberer L (1994) **Algorithmus für das Schockraummanagement beim Polytrauma.** *Unfallchirurg* 97: 292–302
34. Nicholl J, Turner J (1997) **Effectiveness of a regional trauma system in reducing mortality from major trauma: before and after study.** *Br Med J* 315: 1349–1354
35. Obertacke U, Neudeck F, Wihs HJ, Schmit-Neuerburg KP (1996) **Erstversorgungs- und Behandlungskosten polytraumatisierter Patienten.** *Langenbecks Arch [Suppl]* II: 641–645
36. Oestern HJ, Kabus K (1997) **Klassifikation Schwer- und Mehrfachverletzter – was hat sich bewährt?** *Chirurg* 68: 1059–1065
37. Oestern HJ (1997) **Die gesundheitspolitische Bedeutung der Unfallchirurgie in Deutschland und ihre Auswirkungen auf Gesellschaft und Wirtschaft.** In: Oestern H-J, Probst J (Hrsg) *Unfallchirurgie in Deutschland*, S 63–79
38. Papadopoulos IN, Bukis D, Karalas E, Katsagragakis S, Stergiopoulos S (1996) **Preventable prehospital trauma deaths in a Hellenic urban health region: An audit of prehospital trauma care.** *J Trauma* 41: 864–869
39. Peng R, Chang C, Gilmore D, Bongrad F (1998) **Epidemiology of immediate and early trauma deaths at an urban level I trauma center.** *Am Surg* 64: 950–954
40. Pillgram-Larsen J (1996) **Trauma care organisation in Norway.** In: Risberg B (ed) *Trauma care – an update.* Pharmacia & Upjohn, Göteborg, pp 5–11
41. Preliminary analysis of the care of injured patients in five Scottish teaching hospitals (1995) **First report from the Scottish Trauma Audit Group (STAG).** *Health Bull* 53: 55–65
42. Regel G, Lobenhofer P, Lehmann U (1993) **Ergebnisse in der Behandlung Polytraumatisierter. Eine vergleichende Analyse von 3406 Fällen zwischen 1972–1991.** *Unfallchirurg* 96: 350–362
43. Royal College of Surgeons of England (1988) **Report of the working party on the management of patients with major injuries.** Royal College of surgeons of England, London
44. Ruchholtz S, Zintl B, Nast-Kolb D, Waydhas C, Schwender D, Pfeifer KJ, Schweiberer L (1997) **Qualitätsmanagement der frühen klinischen Polytraumaversorgung.** *Unfallchirurg* 100: 859–866
45. Sampali JS, Boukas St, Lavoie A et al. (1995) **Preventable death evaluation of the appropriateness of the on-site trauma care provided by urgences-santé physicians.** *J Trauma* 39: 1029–1035
46. Schmidt U, Frame SB, Nerlich ML, Rowe DW, Enderson BL, Maull RI, Tscherno H (1992) **On-scene helicopter transport of patients with multiple injuries-comparison of a German and an American System.** *J Trauma* 33: 548–553
47. Schweiberer L, Nast-Kolb D, Duswald KH, Waydhas C, Mueller K (1990) **Das Polytrauma – Behandlung nach dem diagnostischen und therapeutischen Stufenplan.** *Unfallchirurg* 90: 529–538
48. Scottish Office (1994) **Scottish Accident Statistics 1980–1991.** The Scottish Office. Home and Health Department, Edinburgh
49. Sluis van der CK, ten Duis HJ, Geertzen JHB (1995) **Multiple injuries: An overview of the outcome.** *J Trauma* 38: 681–686
50. Statistisches Bundesamt Wiesbaden (1998) **Straßenverkehrsunfälle.** Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
51. Sturm JA (1997) **Polytrauma und Krankenhausstruktur.** *Langenbecks Arch Chir [Suppl]* II: 123–129
52. Swiontkowski Mf, Chapman JR (1995) **Cost and effectiveness issues in care of injured patients.** *Clin Orthop* 318: 17–24
53. Templeton J, Bickley S (1998) **Organisation of trauma care in the UK.** *J R Soc Med* 99: 23–25
54. Tscherno H, Regel G (1997) **Die Gesamtversorgung des polytraumatisierten Patienten.** In: Oestern H-J, Probst J (Hrsg) *Unfallchirurgie in Deutschland*, S 217–254
55. Velmahos GC, Chan L, Chan M et al. (1998) **Is there a limit to massive blood transfusion after severe trauma?** *Arch Surg* 133: 947–952
56. West JG, Trunkey DD, Lim RC (1979) **System of trauma care. A study of two countries.** *Arch Surg* 114: 455–460
57. West JG, Cales RH, Gazzaniga A (1983) **Impact of regionalization. The Orange County experience.** *Arch Surg* 118: 740–744
58. Yates DW, Woodford M, Hollis S (1992) **Preliminary analysis of the care of injured patients in 33 British hospitals: First Report of the United Kingdom major trauma outcome study.** *Br Med J* 305: 737–740
59. Yates DW (1997) **Regional trauma systems. The negative results from an evaluation do not tell the whole story.** *Br Med J* 315: 1321–1322
60. Zhuravlev SM, Novikov PE, Theodoridis CA (1995) **Mortality caused by polytrauma.** *Clin Orthop* 320: 43–45