

# Phasenabgestimmtes Behandlungskonzept ausgedehnter Defektverletzungen an den Extremitäten im Rahmen des Polytraumamanagements

## Phase matched treatment plan of injuries of the extremities with large bone and soft tissue defects under polytrauma management conditions

### Abstract

Polytrauma is a term describing the condition of a person who has been simultaneously subjected to multiple traumatic injuries to at least two different areas of the body. The injuries are life threatening individually or in combination, e.g. a serious head injury in addition to a tension pneumothorax. It is defined via an Injury Severity Score (ISS) of at least 16 points.

Adequate initial treatment of severely injured patients is significantly affected by the prediction or the knowledge of the post-traumatic course. Under pathophysiological aspects we distinguish between four different phases in polytrauma management:

- Acute care and resuscitation phase (up to 6 hours)
- Primary stabilization phase (48 hours)
- Secondary regeneration and supply phase (2 to 10 days)
- Tertiary recovery and rehabilitation phase (weeks to months after the injury)

The surgical strategy should respect the phase-like post-traumatic course. We distinguish 4 phases: lifesaving immediate surgery, urgent primary interventions, secondary and tertiary interventions.

After the acute care ("day 1-surgery") there are 2 time windows where plastic surgery for reconstruction of extensive soft tissue defects can be performed. First, this is the period between the 5<sup>th</sup> and 10<sup>th</sup> posttraumatic day ("window of opportunity"). Here, after definitive fracture stabilization, a remaining soft tissue defect can be covered with split thickness skin graft or a local rotation flap. Another possibility for soft tissue reconstruction opens up after the period of immunosuppression (about 11 to 21 days after injury).

In many multiply injured patients, primary closure of soft tissue injuries is critical. The relative hypoxia of tissues may lead to impairment and delayed wound healing. In addition, there is an increased risk of infection.

For small soft-tissue injuries, we recommend a secondary wound closure after temporary covering the wound with artificial skin or skin substitutes until the swelling goes down.

For medium soft tissue defects, a secondary closure is often achieved by mobilizing the surrounding soft tissues.

In extensive soft tissue defects which are associated with considerable periosteal damage, soft tissue covering requires excellent perfusion. The defect coverage should be performed within 72 hours after the trauma. Otherwise there is a risk of further damage to this extremity.

Large post-traumatic soft tissue defects are a challenge for the surgeon and require a well-defined therapeutic strategy. The overall concept of soft tissue coverage depends on the extent of exposed bone, tendons and nerves. An absolute prerequisite for wound closure is to completely cover the implants with vital and well-vascularized soft tissue. To obtain

**Matthias Aurich<sup>1</sup>**  
**Gunther O. Hofmann<sup>2</sup>**

1 Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Elblandklinikum Riesa, Deutschland

2 Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, Berufsgenossenschaftliche Kliniken, Bergmannstrost Halle/Saale, Halle, Deutschland

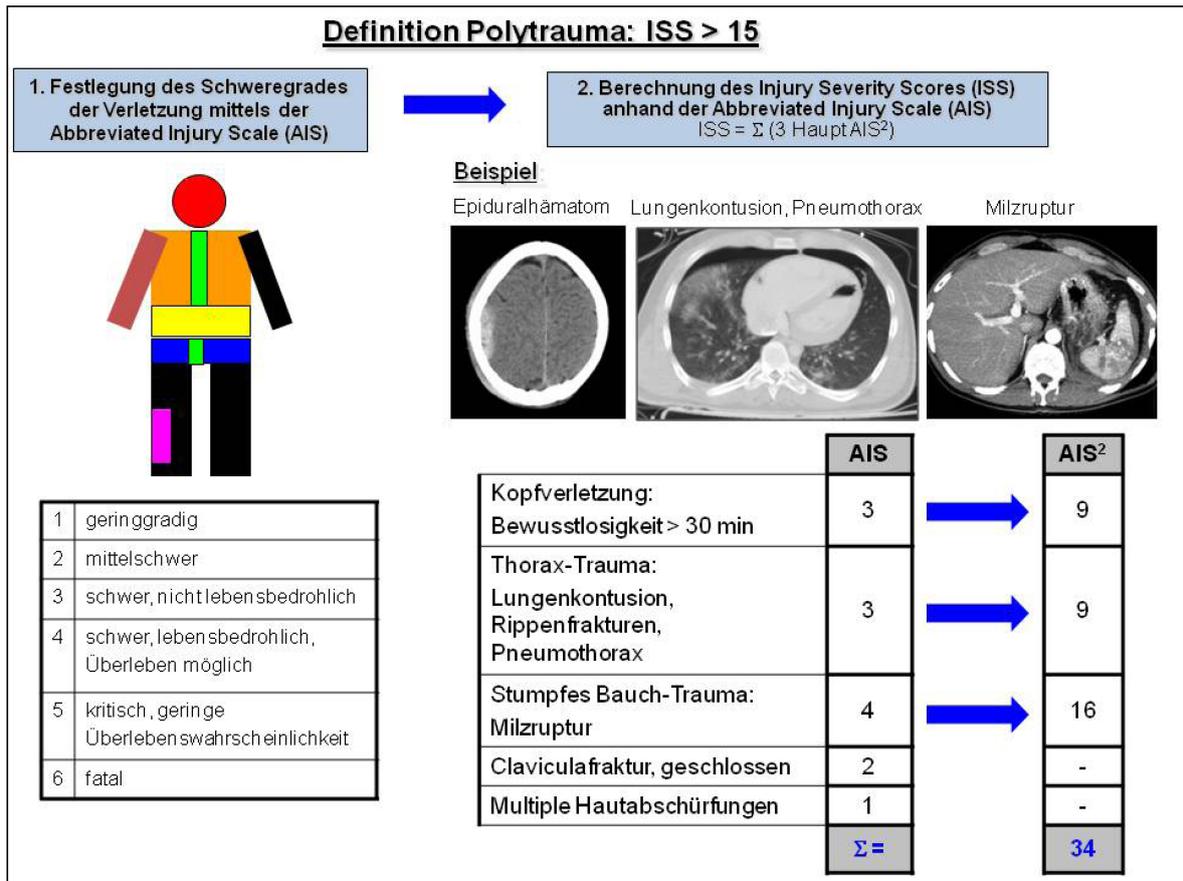


Abbildung 1: Beispielhafte Berechnung des „Injury Severity Scores“ (ISS) zur Definition des Polytraumas. Dargestellt sind die 6 anatomischen Körperregionen (Schädel, Gesicht, Thorax, Abdomen, Extremitäten (inklusive Becken), Wirbelsäule, externe Strukturen), bei denen die jeweilige Verletzungsschwere von 1 (geringgradig) bis 6 (letal) erfasst wird. Dies wird als „Abbreviated Injury Scale“ (AIS) bezeichnet. Die Quadratsumme der 3 am schwersten verletzte Körperregionen ergibt dann den ISS.

satisfactory results, early communication and cooperation between orthopaedic surgeons and plastic surgeons is recommend.

In highly open fractures with extensive soft tissue defects (Group IIIb and IIIc) one must consider the possibility of early amputation, although the primary goal is to save the limbs. Long-term hospitalization has significant social and economic implications for the patient. The “mangled extremity severity score” (MESS) is an established decision-making aid.

## Polytraumamanagement

Als Polytrauma bezeichnet man gleichzeitig entstandene Verletzungen mindestens zweier unterschiedlicher Körperregionen, die einzeln für sich oder in ihrer Kombination lebensbedrohlich sind [1].

In der Regel wird als Polytrauma eine Verletzung mit einem Schweregrad nach „Injury Severity Score“ (ISS) von mindestens 16 Punkten definiert. Der Injury Severity Score (ISS) zur Beurteilung des Ausmaßes der anatomischen Verletzungsschwere ergibt sich aus der Quadratsumme der drei schwersten Verletzungen von sechs abgegrenzten anatomischen Regionen, deren einzelne Verletzungsschwere als „Abbreviated Injury Scale“ (AIS) erfasst wird. Der ISS kann Werte zwischen 0 und theoretisch 75 Punkten annehmen, mit höheren Werten für

höhere Verletzungsschwere [2]. Die Berechnung des ISS ist beispielhaft in Abbildung 1 dargestellt.

## Phasen des Polytraumamanagements

Die adäquate Erstversorgung von schwerverletzten Patienten wird maßgeblich von der Vorhersage bzw. der Kenntnis des posttraumatischen Verlaufes beeinflusst. In Anlehnung an Tscherne et al. [3] unterscheiden wir unter pathophysiologischen Gesichtspunkten vier verschiedene zeitliche Phasen des Polytraumamanagements:

- Akute Reanimations- und Versorgungsphase (bis 6 Stunden)
- Primäre Stabilisierungsphase (bis 48 Stunden)
- Sekundäre Regenerations- und Versorgungsphase (2 bis 10 Tage)

- Tertiäre Wiederherstellungs- und Rehabilitationsphase (Wochen bis Monate nach dem Trauma)

## Akute Reanimations- und Versorgungsphase

Diese Phase beinhaltet den ersten Kontakt des Verletzten mit medizinischem Personal am Unfallort. Dabei ist ein systematisches Vorgehen nach den Prinzipien des „Advanced Trauma Life Support“ (ATLS) notwendig [4], um potenziell lebensbedrohliche Verletzungen sofort zu erkennen und nach den Richtlinien der präklinischen Versorgung zu behandeln [5]. Durch die Anwendung der ATLS-Protokolle und die Etablierung von Trauma-Netzwerken konnte die Versorgung von Unfallopfern deutlich verbessert werden. Studien haben gezeigt, dass durch den Einsatz von ausgebildeten Rettungssanitätern und Ärzten am Unfallort sowie eine umgehende boden- oder luftgebundene Evakuierung zu einem ausgewiesenen Trauma-Zentrum die Überlebensrate deutlich erhöht werden kann [6], [7], [8], [9], [10], [11].

## Primäre Stabilisierungsphase

Diese Phase beginnt, wenn eine akute lebensbedrohliche Situation beseitigt wurde (z. B. durch Kraniotomie, Laparotomie, Thorakotomie) und der Verletzte respiratorisch, hämodynamisch und neurologisch stabil ist. In dieser Phase werden Verletzungen der Extremitäten, wie offene oder geschlossene Frakturen versorgt, insbesondere wenn diese mit Gefäßverletzungen sowie einem akuten Kompartmentsyndrom assoziiert sind. Dabei hat sich die Verwendung eines Fixateur externe im Rahmen der sogenannten „damage control“-Chirurgie bewährt, um möglichst rasch eine temporäre Stabilisierung der meist multiplen Frakturen zu erreichen (Abbildung 2). Aufschiebbare, zeitaufwendige chirurgische Eingriffe sollten jedoch in dieser akuten posttraumatischen Phase nicht durchgeführt werden.

## Sekundäre Regenerations- und Versorgungsphase

In dieser Phase soll der Allgemeinzustand des Patienten stabilisiert und überwacht werden. Eine regelmäßige Neubewertung des klinischen Bildes ist notwendig, um negative Auswirkungen der intensivmedizinischen Behandlung oder Folgen der operativen Eingriffe zu minimieren bzw. zu vermeiden. Dabei können verschiedene Scoring-Systeme eingesetzt werden, um den klinischen Verlauf zu überwachen. Insbesondere die Lungenfunktion, die Körpertemperatur und die Blutgerinnung sind zu überwachen. Auf die Entwicklung einer systemischen Entzündungsreaktion (Systemic Inflammatory Response Syndrome, SIRS) bzw. eines Multiorgandysfunktionssyndroms (MODS) sollte besonders geachtet werden. Größere Operationen sollten nach Möglichkeit in dieser Phase unterbleiben.



**Abbildung 2:** Polytraumatisierter Patient mit multiplen Frakturen der oberen und unteren Extremitäten, welche im Rahmen der „damage control“-Chirurgie durch Anlage mehrerer externer Fixateure am Unfalltag stabilisiert wurden („day 1-surgery“).

## Tertiäre Rekonstruktions- und Rehabilitationsphase

Bei ausreichender Stabilisation des Allgemeinzustandes können in dieser Phase komplexe chirurgische Eingriffe durchgeführt werden. Solche Interventionen beinhalten das endgültige Management komplexer Wirbelsäulen- und Beckenfrakturen sowie die definitive Rekonstruktion von Extremitäten- und Gelenkverletzungen.

## Phasengerechte Operationsstrategie

Das operative Vorgehen sollte unter Beachtung des phasenhaften posttraumatischen Verlaufs erfolgen. Man kann vier Operations-Phasen unterscheiden: lebensrettende Sofort-Operationen, dringliche Primäreingriffe, Sekundär- und Tertiäreingriffe.

OP-Phase 1: „Lebensrettende“ Sofort-Operationen

- Pleuradrainage, Perikardpunktion
- Kontrolle von Massenblutungen
- Trepanation, Kraniotomie

**OP-Phase 2: Dringliche Primäreingriffe (day-1 surgery)**

- OP-pflichtige Innere Blutungen und Hohlorgan-Perforationen
- ICP-Monitoring, intrakranielle Raumfordernde Blutungen, offene Hirnläsionen
- Rückenmarkskompressionen mit Defiziten
- Verletzungen großer Stammgefäße
- Stark blutende Wunden
- Offene Frakturen, offene Gelenke, Wunden mit frei liegenden Sehnen, Nerven und Gefäßen
- Kompartmentsyndrom
- Temporäre Fixation offener Frakturen
- Grobe Skeletinstabilitäten: Frakturen langer Röhrenknochen, Luxationsfrakturen, instabile Beckenringverletzungen, instabile Wirbelsäulenverletzungen
- Verletzungen, die primär unversorgt zu gravierenden Funktionsausfällen führen

**OP-Phase 3: Sekundäreingriffe**

- Zeitraum: 2.–4. Tag: „Hyperinflammation“
  - Der Körper ist in diesem Zeitraum sehr vulnerabel, deshalb nur dringend erforderliche Eingriffe, „second-look“-Eingriffe, Tamponadenwechsel, Wechsel temporärer Wunddeckung, Verbandswechsel, dringliche Folgeeingriffe nach „damage-control“-Maßnahmen
- Zeitraum: 5.–10. Tag: „window of opportunity“
  - In diesem Zeitfenster können und sollten geplante Folgeeingriffe, wie z.B. Becken-Osteosynthesen, definitive Frakturversorgung inklusive Gelenkrekonstruktion und die plastisch-chirurgische Wiederherstellung von Weichteildefekten erfolgen.
- Nach Ablauf dieses Zeitfensters kommt es ab ca. dem 11. posttraumatischen Tag infolge der chirurgischen Interventionen („interventional load“) zur Immunsuppression, welche bis etwa 2–3 Wochen nach Trauma andauert. In diesem Zeitraum sollten keine größeren Operationen durchgeführt werden.

**OP-Phase 4: Tertiäreingriffe**

- Zeitraum: Wochen bis Monate nach dem Trauma
  - Nachdem sich der Körper von der Belastung durch die Sekundäreingriffe erholt hat („interventional load“), können in diesem Zeitraum rekonstruktive Operationen, wie z.B. Knochentransplantationen, Korrekturoperationen und ausgedehnte Weichteilrekonstruktionen und plastische Deckungen durchgeführt werden.

An dieser Stelle ist es wichtig herauszustellen, dass es nach der Akutversorgung („day 1-surgery“) zwei Zeitfenster gibt, wo plastisch-chirurgische Eingriffe zur Deckung bzw. Rekonstruktion ausgedehnter Weichteildefekte durchgeführt werden können. Einerseits ist dies der Zeitraum zwischen dem 5. bis 10. posttraumatischen Tag (Therapiefenster, „window of opportunity“), wo z.B. nach definitiver Frakturstabilisierung ein verbliebener Weichteildefekt mit Spalthaut oder einem lokalen Schwenklappen gedeckt werden kann. Eine weitere Möglichkeit zur

Weichteilrekonstruktion eröffnet sich erst wieder, wenn die Phase der Immunsuppression (ca. 11. bis 21. Tag) überwunden ist (Abbildung 3).

**Initiales Assessment und Erstversorgung (Primary Survey)**

Das primäre Ziel der Erstversorgung ist es, lebensbedrohliche Zustände schnell zu diagnostizieren und sofort zu behandeln. Nach der Bergung des Verletzten, der Stabilisierung der Vitalfunktionen am Unfallort und dem Transport in ein Trauma-Zentrum ist die akute Behandlung in der Notaufnahme von entscheidender prognostischer Bedeutung.

Das Schockraum-Team muss das Ausmaß der Verletzung feststellen sowie den pulmonalen und hämodynamischen Status des Patienten umgehend beurteilen. Es gilt, die diagnostische und operative Taktik schnell und sorgfältig zu planen. Der Unfallchirurg als „Trauma-Leader“ sollte dabei die Koordination übernehmen.

Durch die Verwendung eines Mehrzeilen-Spiral-CTs (MSCT) zur Durchführung einer „Polytraumaspirale“ kann man bereits nach wenigen Minuten eine komplette Bildgebung „vom Scheitel bis zur Sohle“ erhalten. Damit ist eine schnelle und präzise Diagnosestellung sowie ggf. die sofortige Durchführung lebensrettender Notfalloperationen möglich [12].

Als Konsequenz der initialen Diagnostik ergibt sich ein imperativer Handlungszwang zur Durchführung vitaler operativer Maßnahmen (z. B. Thoraxdrainage, Tracheotomie).

Die gezielte sonographische Notfalldiagnostik des Abdomens („focused abdominal sonography for trauma“, FAST) bietet die Möglichkeit, intraabdominelle Blutungen auch dann zu erkennen, wenn die initiale CT-Diagnostik negativ war. Ist ein polytraumatisierter Patient hämodynamisch weiter instabil, so kann durch einen FAST-scan eine intraabdominelle Blutung identifiziert bzw. ausgeschlossen werden. In jedem Fall sollte jedoch eine Kontroll-Sonographie nach 6 Stunden wiederholt werden.

**Sekundäre und tertiäre Untersuchung (Secondary and Tertiary Survey)**

Aufgrund einer Notfalloperation kann es notwendig sein, eine vollständige Untersuchung von Kopf bis Fuß zu verschieben, bis der lebensbedrohliche Zustand behoben ist und der Patient stabilisiert wurde. Eine systematische sekundäre Untersuchung sollte jedoch immer sobald als möglich stattfinden. Vergleichsweise leichte, jedoch übersehene und damit nicht oder verspätet behandelte Verletzungen können längerfristig den Verlust der Funktion bedeuten und sind zudem oft Gegenstand von Rechtsstreitigkeiten trotz lebensrettender Therapie für andere schwerere Verletzungen. Darüber hinaus ist es sinnvoll, die sekundäre Untersuchung abseits der hektischen Notaufnahme zu wiederholen, sobald die unmittelbare Gefahr vorüber ist.

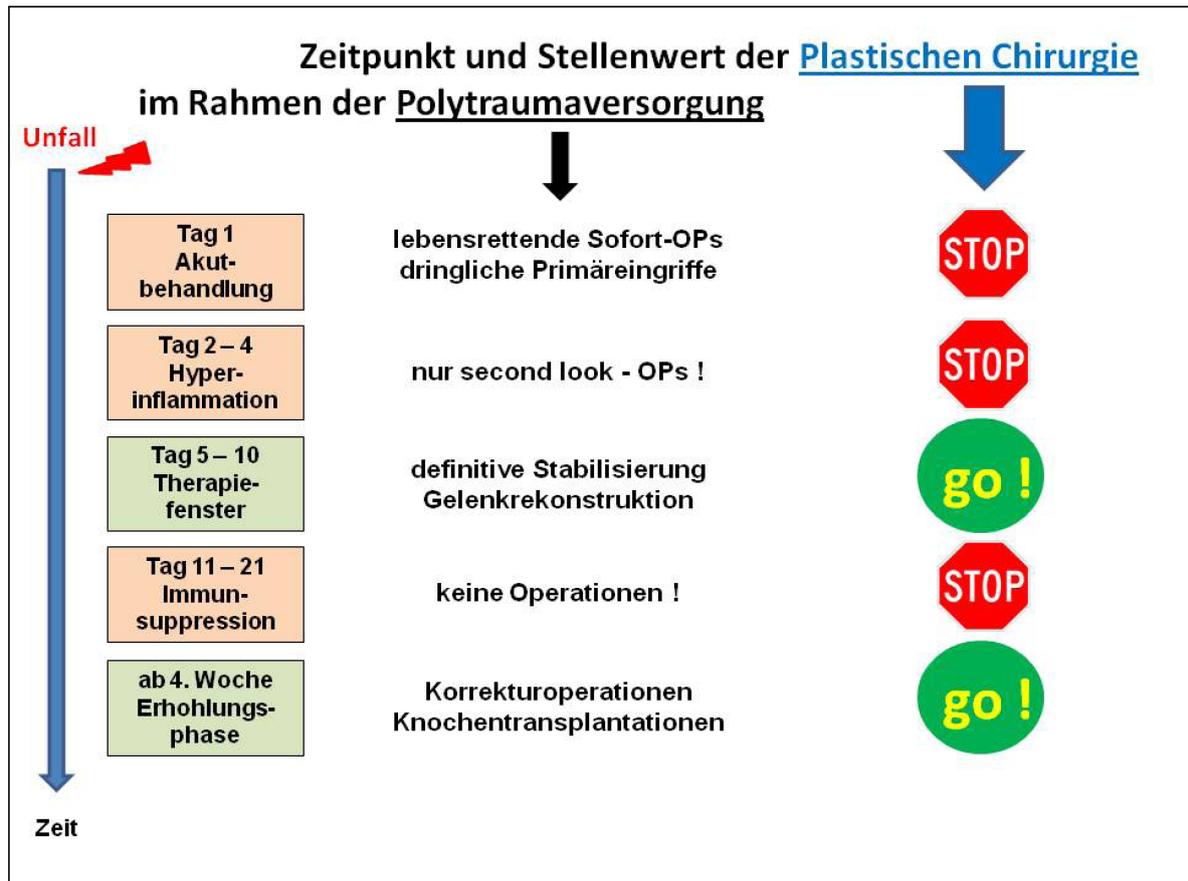


Abbildung 3: Phasenabgestimmte Operationsstrategie und Stellenwert plastisch-chirurgischer Eingriffe im Rahmen des Polytraumamanagements. Erläuterung siehe Text.

Es wurde festgestellt, dass Fehler in der ersten klinischen Untersuchung durch unzureichende oder unsystematische Untersuchung oder Fehlinterpretation des verletzten Körperteils entstehen [13].

Die tertiäre Untersuchung bietet eine weitere Gelegenheit, aktuelle klinische, paraklinische und radiologische Daten auszuwerten und mit der ursprünglichen Diagnose zu vergleichen. Sie besteht ebenfalls aus einer Untersuchung von Kopf bis Fuß. Regelmäßige Labordaten und ergänzende radiologische Untersuchungen (Projektionsradiographie, MRT) sollten zusammen mit den klinischen Symptomen in Betracht gezogen werden.

Eine wiederholte körperliche Untersuchung sowie die Kontroll-Sonographie des Abdomens inklusive des Retroperitoneums zum Ausschluss zweizeitiger Organrupturen ist von größter Bedeutung und wirkt sich positiv auf das langfristige Behandlungsergebnis aus.

## Definition des Patientenzustandes

Polytraumatisierte Patienten können auf der Basis der gesamten Verletzungsschwere, des Vorhandenseins von spezifischen Verletzungen und dem aktuellen hämodynamischen Status in eine von vier Kategorien eingeteilt werden, um die allgemeine Vorgehensweise und evtl. notwendige Interventionen besser zu planen [14].

## Stabil

Stabile Patienten haben keine unmittelbar lebensbedrohlichen Verletzungen und sind hämodynamisch stabil ohne inotrope Unterstützung. Diese Patienten haben die physiologische Reserve, auch längere operative Eingriffe zu überstehen. Somit sind sie zur Primärversorgung auch komplexer Verletzungen geeignet, wie z.B. die definitive Frakturversorgung mit Gelenkrekonstruktion im Rahmen einer Tibiakopffraktur. Dieses Vorgehen bezeichnet man als „Early Total Care“ (ETC).

## Borderline

Borderline-Patienten haben sich als Reaktion auf die Notfallbehandlung stabilisiert, zeigen aber klinische Merkmale oder Kombinationen von Verletzungen, die mit einer schlechten Prognose und der Gefahr einer raschen Verschlechterung in Verbindung gebracht werden. Diese werden wie folgt definiert [15]:

- ISS <40
- Hypothermie <35°C
- initialer mittlerer pulmonaler arterieller Druck >24 mm Hg
- Mehrfachverletzungen (ISS >20) in Verbindung mit Thoraxtrauma (AIS >2)
- Mehrfachverletzungen im Zusammenhang mit schweren Bauch- oder Beckenverletzungen und hämor-

rhagischem Schock (systolischer Blutdruck <90 mm Hg)

- radiologischer Nachweis von Lungenkontusion
- Patienten mit bilateraler Femurfraktur
- Patienten mit mäßigen oder schweren Kopfverletzungen

Auch bei dieser Gruppe von Patienten kann die Primäerversorgung mit Hilfe eines ETC-Ansatzes erfolgen. Dabei ist jedoch Vorsicht geboten. Ein niedriger Schwellenwert sollte für die Umstellung auf einen lediglich auf Schadensbegrenzung ausgelegten Therapieansatz („Damage Control“) angelegt werden.

### Instabil

Patienten, die trotz initialer Intervention hämodynamisch instabil bleiben, haben ein stark erhöhtes Risiko für eine rasche Verschlechterung bis hin zum Multiorganversagen und Tod. Die Behandlung sollte in diesen Fällen mit einem „Damage Control“-Ansatz erfolgen. Dies beinhaltet lediglich schnelle lebensrettende Operationen wenn absolut notwendig, wie interne Blutungskontrolle, die Versorgung von akuten Organverletzungen und intrakraniellen Blutungen. Komplexe rekonstruktive Eingriffe sollten verzögert werden, bis der Patient wieder stabilisiert ist und die akute immunentzündliche Reaktion auf die Primärverletzung abgeklungen ist.

### In Extremis

Diese Patienten erlitten schwerste Verletzungen und haben oft einen unkontrollierten Blutverlust. Sie bleiben trotz der laufenden Reanimationsmaßnahmen instabil und sind in der Regel unter dem Einfluss einer „tödlichen Trias“ von Hypothermie, Azidose und Koagulopathie. Ein „Damage Control“-Ansatz mit lediglich lebensrettenden Verfahren sollte durchgeführt werden. Skelettverletzungen können ggf. in der Notaufnahme oder der Intensivstation z.B. mit Fixateur externe versorgt werden. Die Patienten sollten direkt auf die Intensivstation aufgenommen werden. Rekonstruktive chirurgische Maßnahmen können nach Stabilisierung des Patienten verzögert durchgeführt werden.

## Management von Skelettverletzungen

Bis zur Mitte des letzten Jahrhunderts, wurde die primäre Fraktur-Stabilisierung nur in Ausnahmefällen durchgeführt, da man glaubte, dass mehrfach verletzte Patienten zu instabil sind, um chirurgische Interventionen zu überleben. Erst in den frühen 1980er Jahren wurde die erste aussagekräftige Studie veröffentlicht, die zeigte, dass eine frühe definitive Stabilisierung von Frakturen der langen Röhrenknochen die Inzidenz von Fettembolien reduziert [16].

Als weitere klinische Studien den Vorteil der frühen, endgültigen Stabilisierung der Fraktur zeigten, wurde die

Akzeptanz dieser Behandlungsmethode weiter verbreitet [17], [18]. Eine frühe operative Behandlung impliziert die Stabilisierung innerhalb von 24 Stunden [16] nach dem Unfall. Es konnte gezeigt werden, dass der Effekt einer frühen Frakturstabilisierung mit zunehmender Verletzungsschwere deutlicher wurde [19]. Die erste prospektive, randomisierte Studie wurde von Bone et al. [20] veröffentlicht und demonstriert die Vorteile der frühen Frakturstabilisierung („early total care“, ETC). Diese waren insbesondere deutliche Schmerzreduktion, frühe Mobilisation sowie die damit verbundene Reduktion thromboembolischer und infektiöser Komplikationen [21].

Patienten mit sehr hohen ISS-Werten profitieren jedoch anscheinend nicht von diesem Verfahren. Selbst unter idealen Rettungsbedingungen wurde eine unverhältnismäßig hohe Anzahl von Komplikationen beobachtet. Mehrere Studien unterstützten die Erkenntnisse von Ecker et al. [22], welcher zeigen konnte, dass eine höhere Inzidenz von Komplikationen bei Patienten mit schweren Thoraxverletzungen oder hämorrhagischem Schock sowie bei instabilen Patienten, bei denen chirurgische Eingriffe durchgeführt wurden, vorlag [23], [24], [25]. Dies trifft auch auf polytraumatisierte Patienten mit assoziiertem Schädel-Hirn-Trauma zu [26]. Durch die Auswertung der Daten wurde klar, dass diese speziellen Untergruppen von polytraumatisierten Patienten nicht von ETC profitieren, und sie wurden daher als "Borderline-Patient" bezeichnet (siehe Absatz oben). Diese Patienten haben ein erhöhtes Risiko für eine schlechte Langzeitprognose.

Das Konzept der „Damage Control“ ist ein Behandlungsansatz für das Management von Borderline-Patienten und solchen in einem instabilen Zustand. Bei polytraumatisierten Patienten sollen die Verletzungen durch die chirurgische Behandlung frühzeitig stabilisiert, aber nicht endgültig repariert werden. Nach der Wiederherstellung der normalen Physiologie (Körperkerntemperatur, Hämostase, Hämodynamik, respiratorischer Status) wird dann die endgültige Versorgung der Verletzungen durchgeführt [27]. Das „Damage Control“-Konzept besteht aus drei separaten Komponenten:

1. Lebensrettender Notfalleingriff für die schnelle Blutstillung
2. Wiederherstellung der normalen physiologischen Parameter
3. Definitive chirurgische Behandlung

Basierend auf den Konzepten von „Damage-Control-Chirurgie“ wurden die gleichen Grundsätze für die Behandlung eines polytraumatisierten Patienten mit Beckenfrakturen sowie Frakturen der langen Röhrenknochen angewendet und als "Damage Control Orthopaedics" (DCO) bezeichnet. Dabei können erneut drei Phasen unterschieden werden:

1. Die erste Phase beinhaltet die frühe vorübergehende Stabilisierung von instabilen Frakturen und die Kontrolle von Blutungen.

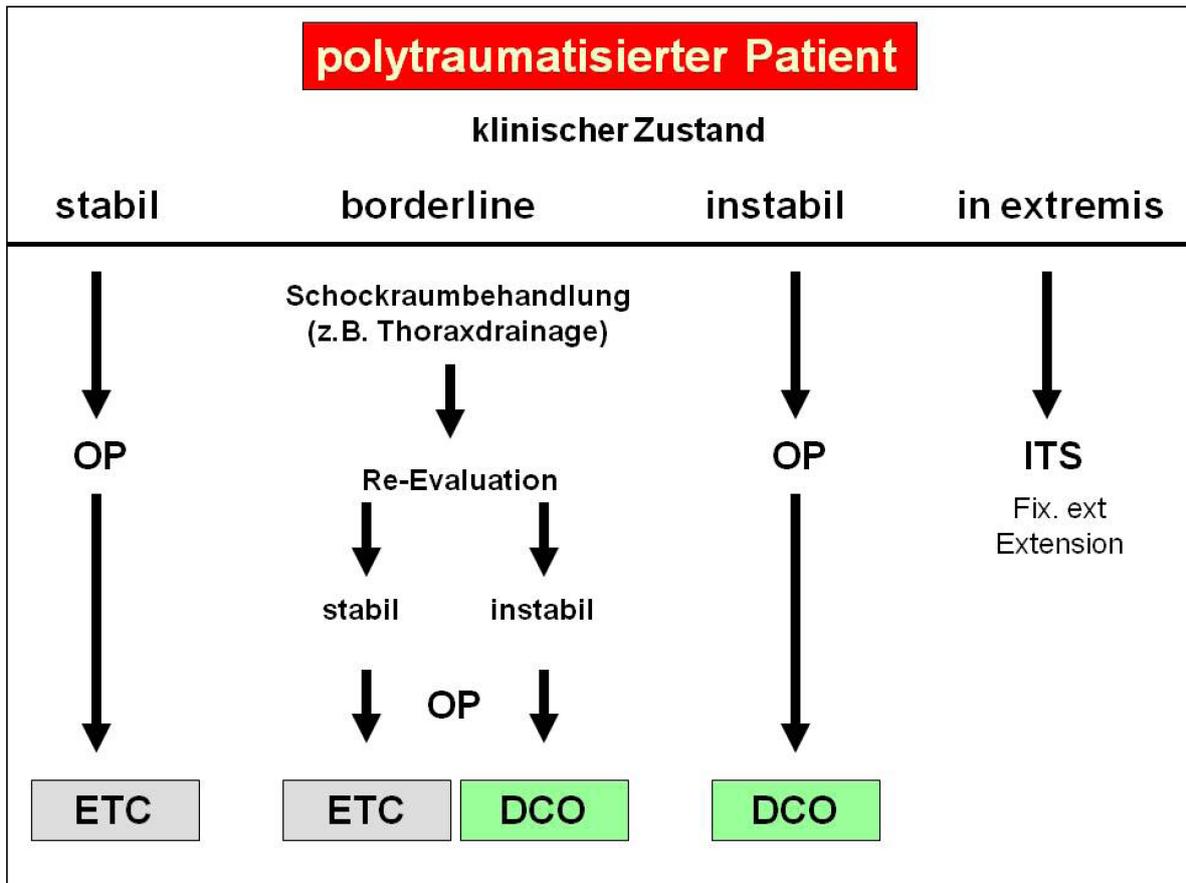


Abbildung 4: Hannoveraner Behandlungsalgorithmus für polytraumatisierte Patienten nach klinischem Allgemeinzustand (nach Pape et al. [41]). OP=Operationssaal, ETC=early total care, DCO=damage control orthopaedics, ITS=Intensivstation, Fix. ext.=Fixateur externe. Erläuterungen siehe Text.

2. Die zweite Phase besteht aus der Überwachung der Patienten auf der Intensivstation und der Optimierung ihres Allgemeinzustandes.
3. Die dritte Phase beinhaltet die verzögerte definitive Frakturbehandlung, wenn der Zustand des Patienten dies erlaubt.

Die bevorzugte Methode in der Unfallchirurgie zur vorübergehenden Stabilisierung eines gebrochenen Beckens oder eines langen Röhrenknochens ist der Fixateur externe. Der Fixateur externe ist ein minimal-invasives Verfahren und wird genutzt, um kurzzeitig Frakturstabilität zu erzielen, und zwar ohne eine zusätzliche Belastung des Körpers durch längere chirurgische Eingriffe. Das am häufigsten eingesetzte definitive Verfahren, um Frakturen langer Röhrenknochen zu stabilisieren, ist die Marknagelung. Diese wird durchgeführt, sobald der Zustand des Patienten es erlaubt.

Basierend auf diesem Konzept lassen sich Empfehlungen für die verschiedenen Gruppen je nach klinischem Zustand der Patienten formulieren (Abbildung 4).

Ein polytraumatisierter Patient in klinisch stabilem Zustand sollte innerhalb von 24 h nach dem Unfall nach Möglichkeit definitiv im Rahmen des ETC-Konzeptes im OP versorgt werden. Handelt es sich jedoch um einen klinisch instabilen Patienten, so sollten die chirurgischen Maßnahmen auf die schnellstmögliche und dabei wenig

invasive Stabilisierung abzielen (DCO-Konzept). Borderline-Patienten können nach Stabilisierung im Schockraum durchaus definitiv versorgt werden, solange der Zustand auch nach Transfer in den OP stabil bleibt. Anderenfalls muss man jedoch jederzeit in der Lage sein, das geplante definitive Operationsverfahren zugunsten einer „Damage Control“-Technik umzustellen. In extremis-Patienten müssen umgehend und umfassend primär intensivmedizinisch auf der Intensivstation behandelt werden. Sollten unfallchirurgische Maßnahmen erforderlich sein, so sind diese nach Möglichkeit außerhalb des Operationssaales (Schockraum, Intensivstation) durchzuführen.

Die Praxis der Verzögerung der endgültigen Operation in DCO reduziert die biologische Belastung des chirurgischen Traumas auf den bereits traumatisierten Organismus [28]. Es hat sich gezeigt, dass 2 bis 4 Tage nach dem initialen Trauma keine optimalen Bedingungen für die definitive Operation vorliegen. In der Regel ist diese Phase geprägt von Immunreaktionen [29] und generalisierten Ödemen [30]. Deshalb sollten größere chirurgische Eingriffe an Tag 2 bis 4 vermieden werden.

Zusammenfassend erscheint die initiale temporäre Fraktur stabilisierung eine vorteilhafte Behandlungsstrategie bei polytraumatisierten Patienten zu sein, welche ein erhöhtes Risiko insbesondere systemischer Komplikationen wie MODS haben.

## Prioritäten in der Frakturbehandlung

Die Reihenfolge der Frakturbehandlung bei mehrfach verletzten Patienten ist ein entscheidender Teil des Management-Konzeptes. Einige Körperabschnitte sind aufgrund ihrer Anatomie anfällig für progressive Weichteilschäden. Daher ist die empfohlene Reihenfolge der Behandlung Tibia, Femur, Becken, Wirbelsäule, und schließlich die oberen Extremitäten.

In diesem Zusammenhang sollte die simultane Behandlung von verschiedenen Extremitätenverletzungen in Betracht gezogen werden. Die Art der Osteosynthese in mehrfach verletzten Patienten hängt nicht nur von der lokalen Knochen- und Weichteilsituation, sondern insbesondere vom allgemeinen, pulmonalen und hämodynamischen Status des Patienten ab. Auch hier ist eine an den Prioritäten der Trauma-Versorgung orientierte Management-Strategie in der Regel äußerst wertvoll.

## Verletzungen der unteren Extremitäten

Frakturen langer Röhrenknochen, welche mit einer schweren Kopfverletzung oder einem Thoraxtrauma (Lungenkontusionen) einhergehen, benötigen eine besondere Behandlungsstrategie. Dazu gehört die engmaschige Überwachung von Atmung, Lungenfunktion, Hämodynamik, sowie die Kontrolle und das Monitoring der zentralnervösen Funktionen inklusive Hirndruckmessung [31].

## Beurteilung der Schwere von Fraktur und Weichteilschaden

### Geschlossene Frakturen

Die Beurteilung des tatsächlichen Weichteilschadens bei geschlossenen Frakturen kann gelegentlich Schwierigkeiten bereiten. Eine Hautkontusion bei einer ansonsten geschlossenen Fraktur kann mehr therapeutische und prognostische Probleme aufwerfen als eine Inside-Out-Stichwunde bei einer offenen Fraktur. Diese Art von stumpfen Verletzungen implizieren eine erheblichen Schwächung der natürlichen Hautbarriere. Hautnekrosen sekundär nach Kontusion sind oft der Ausgangspunkt für Infektionen, insbesondere auf der Intensivstation. Geschlossene Frakturen inklusive der Weichteilverletzungen können nach Oestern und Tscherne [32] wie folgt eingeteilt werden:

**G 0 (geschlossen Grad 0):** Einfache Frakturformen – fehlende oder unbedeutende Weichteilverletzung, indirekte Gewalteinwirkung,

**G I (geschlossen Grad I):** Einfache bis mittelschwere Frakturformen – oberflächliche Hautabschürfung oder Kontusion durch Fragmentdruck von innen,

**G II (geschlossen Grad II):** Mittelschwere bis schwere Frakturformen – tiefe, verschmutzte Hautabschürfung, Kontusion durch direkte Gewalteinwirkung, drohendes Kompartmentsyndrom,

**G III (geschlossen Grad III):** Schwere Frakturformen – ausgedehnte Hautkontusion oder Zerstörung der Muskulatur, subkutanes Decollement, manifestes Kompartmentsyndrom, Verletzung eines Hauptgefäßes.

### Offene Frakturen

Die offene Frakturbehandlung ist ein wesentlicher Bestandteil der Primärversorgung polytraumatisierter Patienten.

Eine sorgfältige Beurteilung der Verletzungsschwere ist der erste Schritt bei der Entwicklung einer geeigneten Behandlungsstrategie. Der Verletzungsmechanismus, die einwirkende Energie, und die Schwere der Fraktur müssen berücksichtigt werden. Im Hinblick auf die Erhaltung einer verletzten Extremität sind das Ausmaß der Gefäß- und Nervenschäden und der Allgemeinzustand des Patienten von großer Bedeutung.

Verschiedene Klassifikationen sind im Laufe der Jahre für die Einteilung offener Frakturen vorgeschlagen worden. Offene Frakturen inklusive der Weichteilverletzungen können ebenfalls nach Oestern und Tscherne [32] wie folgt eingeteilt werden:

- **O I (offen Grad I):** Durchspießung der Haut, unbedeutende Kontamination
- **O II (offen Grad II):** Durchtrennung der Haut, umschriebene Haut- und Weichteilkontusion, mittelschwere Kontamination
- **O III (offen Grad III):** Ausgedehnte Weichteilzerstörung, häufig Gefäß- und Nervenverletzung, starke Wundkontamination, ausgedehnte Knochenzertrümmerung
- **O IV (offen Grad IV):** Totale oder subtotale Amputationsverletzung, wobei weniger als 1/4 des Weichteilmantels intakt ist und Durchtrennungen der wichtigsten Nerven und Blutgefäßen vorliegen, vollständige Ischämie

Der Standard ist jedoch nach wie vor die Einteilung von Gustilo et al. [33]. Trotz der existierenden Zweifel hinsichtlich der Zuverlässigkeit hat sie sich insbesondere aufgrund der Einfachheit international behauptet.

- **Grad 1:** Durchtrennung der Haut mit fehlender oder geringer Weichteilkontusion, als gering erachtete bakterielle Kontamination, Fragmentdurchspießung der Weichteildecke von innen
- **Grad 2:** Eröffnung des Weichteilmantels von außen durch direkte Gewalteinwirkung mit umschriebener Haut- und Weichteilkontusionen, als mittelschwer erachtete Kontamination
- **Grad 3a:** ausgedehnte Weichteilstrukturen, starke Wundverschmutzung und länger bestehende Wundkontamination, Schussfrakturen
- **Grad 3b:** freiliegender Knochen, Knochenhaut abgelöst, massive Wundverschmutzung
- **Grad 3c:** rekonstruktionspflichtige Gefäßverletzung, totale und subtotale Amputationen

Eine eingehende Beurteilung des Weichteilschadens ist insbesondere bei mehrfach verletzten Patienten sehr

**Tabelle 1: Protokoll des Managements offener Frakturen im Rahmen des Polytraumas**

<u>Notaufnahme:</u> (Tag 1)	klinische Untersuchung Klassifizieren des Weichteilschadens Doppler-Untersuchung neurologische Untersuchung Antibiotika/Tetanusprophylaxe
<u>Primäroperationen:</u> (Tag 1)	gründliches Debridement ggf. Gefäßrekonstruktion Fasziotomie bei >6 h Ischämie Frakturstabilisierung ggf. Transfixation bei Gelenkverletzungen
<u>Intensivstation:</u> (Tag 2–4)	keine größeren Operationen/Rekonstruktionen! kontinuierliche Überwachung von: <ul style="list-style-type: none"> <li>• peripherer Durchblutung</li> <li>• Kompartimentdruckmessung</li> <li>• Sauerstoff-Sättigung</li> </ul>
<u>Sekundäre Operationen:</u> (Tag 5–10)	definitive Frakturstabilisierung inklusive Gelenkrekonstruktion Weichteildeckung bzw. -rekonstruktion Mesh-Graft-Transplantation, Nah- bzw. Fernlappen
<u>Normalstation:</u> (Tag 11–21)	keine größeren Operationen/Rekonstruktionen! Wundbehandlung Mobilisation
<u>Tertiäre Operationen:</u> (ab Woche 4)	Knochen transplantation Kallusdistraktion Lappenreduktionsplastik

wichtig. In dieser Gruppe hängt die Prognose des Weichteilschadens von einer Vielzahl von Parametern ab. Neben der allgemeinen Gewebehypoxie und Azidose gibt es eine allgemeine Hypoperfusion der Extremitäten aufgrund von hämorrhagischem Schock bzw. Zentralisation. All diese Faktoren sollten bei der klinischen Entscheidungsfindung und Planung berücksichtigt werden.

Die Erstversorgung von offenen Frakturen besteht aus radikalem Debridement, ausgiebiger Spülung, der Beurteilung der Schäden an den Weichteilen, und schließlich der stabilen Frakturversorgung.

Offene Frakturen bei Niedrigenergie-Traumata sind in der Regel mit weniger Weichteilschaden verbunden und können fast wie geschlossene Verletzungen behandelt werden. Nach dem initialen Debridement kann die Fraktur mit dem am besten geeigneten Verfahren stabilisiert werden.

Offene Frakturen beim Hochenergie-Trauma sind ein besonderes Problem, da es sich um eine Kombination von erheblichem Weichteilschaden und umfangreicher Knochenzerstörung handelt. Diese Verletzungen erfordern ein abgestuftes Behandlungskonzept (Tabelle 1).

Dieses beinhaltet ein sorgfältiges Weichteildebridement, eine vorübergehende Stabilisierung der Fraktur (Fixateur externe) sowie den Wundverschluss. Bei polytraumatisierten Patienten muss zudem die allgemeine Verletzungsschwere sowie das Ausmaß des Schocks und der initiale Blutverlust berücksichtigt werden. Unter Beachtung dieser Faktoren sollte dann ein klares therapeutisches Konzept für jeden Patienten individuell erstellt werden.

## Rekonstruktion versus Amputation

Als Folge neuer mikrochirurgischer Techniken, neuer Methoden zur Knochenrekonstruktion und geschickter

Anwendung der Ilizarov-Technik wird die Erhaltung einer Extremität heutzutage häufiger versucht, vor allem bei offenen Frakturen der Gruppe IIIb und IIIc an der unteren Extremität. Rekonstruktive Knochen- und Weichteilchirurgie erfordern in der Regel wiederholte Operationen, langfristige Krankenhausaufenthalte und längere Behandlung. Dadurch entstehen allerdings auch erhebliche soziale und wirtschaftliche Auswirkungen für den Patienten und seine Familie, die vom verantwortlichen Chirurgen abgeschätzt werden müssen. Vom chirurgischen Standpunkt aus scheint der Versuch, die Extremität zu erhalten, medizinisch die beste Entscheidung für den Patienten zu sein. Von einem sozioökonomischen Standpunkt aus kann der längere Krankenhausaufenthalt jedoch schwerwiegende Auswirkungen für den Patienten haben. Der finanzielle Verlust für den Patienten durch verlängerten Krankenhausaufenthalt und Zeitverlust bei der Rückkehr zum Arbeitsprozess erwies sich als höher im Vergleich mit einer primären Amputation [34].

Es ergeben sich folgende Szenarien:

1. Wenn ein schwerverletzter Patient nach der primären Amputation überlebt, stellt sich die Frage, ob die Amputation unvermeidbar war oder die Rekonstruktion doch möglich gewesen wäre.
2. Wenn der Patient stirbt, ist die Frage, ob die Schwere der Verletzungen unterschätzt wurde und durch eine frühe Amputation das Leben des Patienten hätte gerettet werden können.
3. Wenn der Patient nach der primären Rekonstruktion überlebt, jedoch unter Komplikationen durch die längere Behandlung leidet, ist die Frage, ob das schlechte Ergebnis die aufgewendeten Ressourcen rechtfertigt.

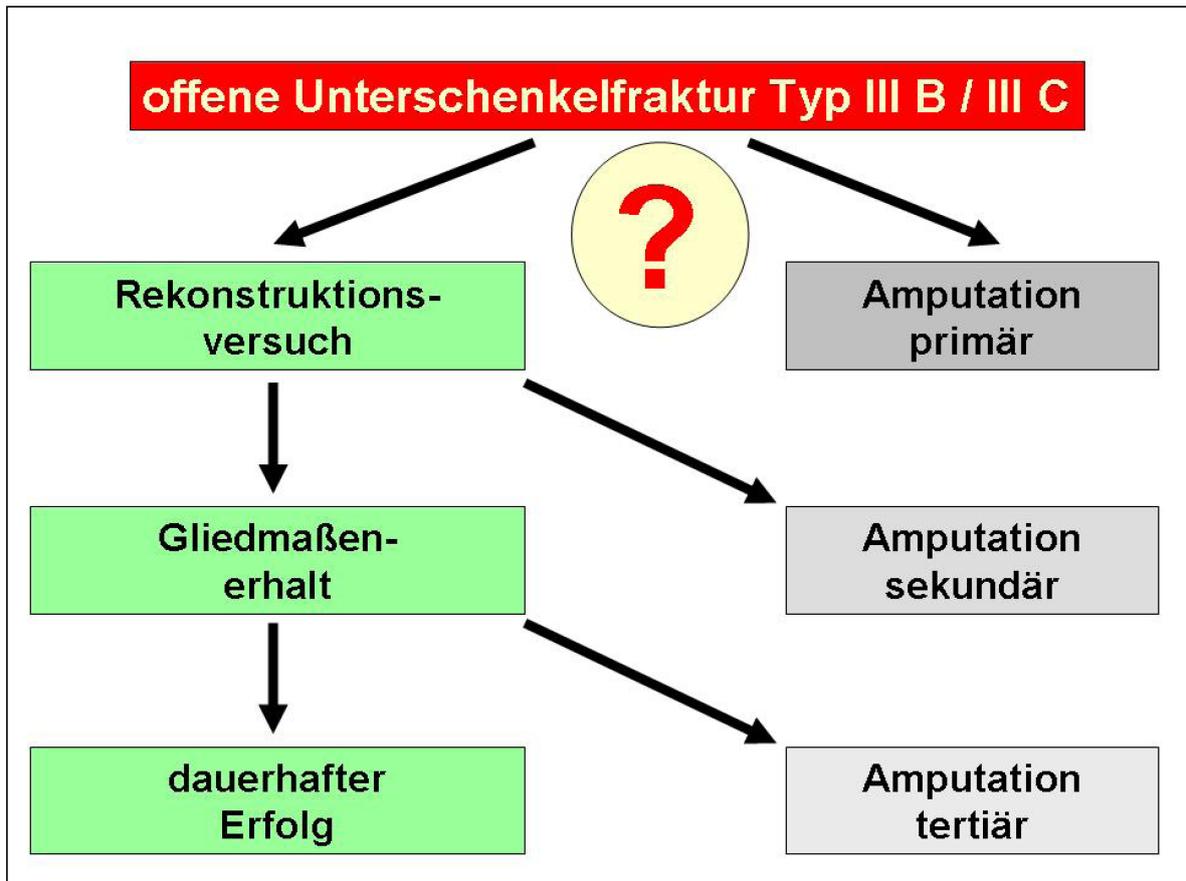


Abbildung 5: Zeitliche Ebenen der Amputationsindikation bei offenen IIIB-/IIIC-Tibiafrakturen, primär/verzögert primär: Gliedmaßenerhalt a priori unmöglich, sekundär: Erhaltungsversuch in der Frühphase aufgrund von Ischämie oder Infekt gescheitert, tertiär: Erhaltung zunächst erfolgreich, im weiteren Verlauf durch chronische Osteitis kompliziert (modifiziert nach Hofmann et al. [35])

Um eine medizinisch optimale und dabei sozioökonomisch akzeptable Behandlungsstrategie für schwere Extremitätenverletzungen zu definieren, müssen diese Szenarien in den Entscheidungsprozess einfließen. Die Gefahren, die in einer zu spät gestellten Indikation zur Amputation liegen, sind vielfältig. Demgegenüber stehen die guten Rehabilitationserfolge bei jungen Patienten mit primären Amputationen. Die definitive Entscheidung im Einzelfall bleibt klinisch individuell und patientenspezifisch. Ziel muss der Gliedmaßenerhalt sein, die Amputation sollte der Ausnahmefall bleiben. Den Zeitpunkt einer traumaverursachten Gliedmaßenamputation definieren wir in Abhängigkeit von der Zeitspanne zwischen dem Unfallereignis und der Amputation wie folgt [35]:

- **primär:** durch Unfall oder bis zu 24 h nach dem Trauma
- **verzögert primär:** 2.–7. Tag nach dem Trauma
- **sekundär:** 2.–6. Woche nach dem Trauma
- **tertiär:** >6. Woche nach dem Trauma

Konkret auf die offenen IIIB/IIIC-Tibiafrakturen angewandt, bedeutet dies (Abbildung 5): Bei einer primären Amputation scheidet aufgrund der Verletzungsschwere jeder Konstruktionsversuch a priori aus. Die betroffene Gliedmaße wird binnen 24 h nach dem Unfall geopfert,

wenn sie nicht schon durch das Unfallereignis selbst abgetrennt wurde, eine Replantation ausscheidet und die chirurgische Behandlung sich auf die Stumpfversorgung beschränkt.

Bei der verzögert primären oder sekundären Amputation wird zunächst ein Rekonstruktionsversuch unternommen. Dieser erweist sich in der Frühphase nach dem Unfallereignis, meist aufgrund ischämischer und infektiöser Probleme, als nicht Erfolg versprechend. In Abhängigkeit vom Gesamtzustand des Verletzten wird die geschädigte Extremität innerhalb von 6 Wochen nach dem Trauma amputiert.

Bei der tertiären Amputation gelingt der Gliedmaßenerhalt, und die Wundheilung wird abgeschlossen. Es stellt sich ein mehr oder weniger anatomisch und funktionell befriedigendes Resultat ein. Im weiteren Verlauf kommt es jedoch zur Ausbildung einer chronischen Osteitis. Nach meist zahlreichen Revisionen wird im weiteren Verlauf doch noch der Entschluss zur Amputation gefasst. Oftmals bleibt ein somatisch, psychisch, sozial und finanziell ruinierter Patient zurück.

In einem Literaturüberblick von Helfet et al. [36] wurden 59% drittgradiger offener Tibiafrakturen (Gustilo Grad IIIC) amputiert. Die Hälfte dieser Verfahren waren sekundäre Amputationen, mindestens 24 Stunden nach dem Trauma. Die Autoren folgerten, dass offensichtlich

Tabelle 2: Der „Mangled Extremity Severity Score (MESS)“ [36]

1.	<i>Knochen/Weichteilverletzung</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>durch geringe Energie (Stich, einfache Fraktur; Schußverletzung mit geringer Geschwindigkeit)</li> <li>durch mittlere Energie (offene oder Mehretagenbrüche, Luxationen)</li> <li>durch hohe Energie (Schußverletzung aus nächster Nähe oder mit hoher Geschwindigkeit, Crush injury)</li> <li>durch sehr hohe Energie (wie oben erwähnt, zusätzlich mit einer groben Wundkontamination und Gewebeerfetzung)</li> </ul>	Punkte 1 2 3 4
2.	<i>Gliedmaßenischämie</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pulslosigkeit oder Pulsverminderung, aber erhaltene Perfusion</li> <li>Pulslosigkeit, Parästhesie, keine kapilläre Wiederauffüllung</li> <li>kühle, gelähmte, gefühllose Extremität</li> </ul> * doppelter Score bei Ischämiezeiten von mehr als 6 Stunden	1* 2* 3*
3.	<i>Schock</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>systolischer RR immer über 90 mm Hg</li> <li>vorübergehende Hypotension</li> <li>dauerhafte Hypotension</li> </ul>	0 1 2
4.	<i>Alter</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>unter 30</li> <li>30–50</li> <li>über 50</li> </ul>	0 1 2

die Kriterien zur primären Amputation zu diesem Zeitpunkt nicht ausreichend waren, was zur sekundären Amputation führte. Die retrospektive Analyse von 26 schweren Verletzungen der unteren Extremitäten mit Gefäßverletzungen (Gustilo Grad IIIc) zeigte vier signifikante Parameter:

1. das Ausmaß der Knochen- und Weichteiltumoren Schäden
2. Ischämiezeit
3. initialer Schock
4. Alter des Patienten

Die resultierende Summe der Punkte der einzelnen Parameter ergab, dass eine Amputation bei Vorhandensein von mehr als sieben Punkten durchgeführt wurde (Tabelle 2). In einer unabhängigen Studie konnte McNamara et al [37] diese Punktzahl verifiziert. Es konnte gezeigt werden, dass bei Patienten mit einem Score von mehr als sieben Punkten die Amputationsrate bei 100% lag.

## Debridement

Nach der Entscheidung das Bein zu retten ist ein umfangreiches und kritisches Debridement der erste Schritt im operativen Therapieplan. Hierbei sind alle Weichteilkomponenten zu beachten. Ist man zu vorsichtig mit dem Debridement, insbesondere von avialem Gewebe bei mehrfach verletzten Patienten, kann dies zu einer Verschlechterung des Zustandes bis hin zum Organversagen führen. Ausreichende operative Freilegung der Verletzung ist zur Beurteilung und Behandlung des Weichteilschadens wichtig. Auch an die Gefahr eines umfangreichen Decollements muss gedacht werden. Der Verletzungsmechanismus und eine gründliche klinische Untersuchung liefern wichtige Informationen für die Beurteilung einer solchen Verletzung.

Bei polytraumatisierten Patienten besteht ein hohes Risiko von Weichteilnekrosen durch eine gestörte Gewebepfusion (z. B. durch ein posttraumatisches Ödem, eine erhöhte Kapillarpermeabilität, massive Volumengabe, instabiler Kreislauf). Aus diesem Grund müssen bei vielen Patienten regelmäßige operative Revisionen eingeplant werden. Diese sogenannten „Second-look-Operationen“ erlauben die wiederholte Beurteilung und erneute Reinigung/Debridierung der Weichteile, z.B. mit einer Jet-Lavage. Diese operativen Weichgeweberevisionen sollten alle 48–72 Stunden durchgeführt werden, solange eine gestörte Durchblutung vorliegt. Durch die Einführung der Vakuum-Therapie („vacuum assisted closure“, VAC) können ggf. einige Second-look-Operationen eingespart werden.

Nach erfolgreichen Debridement, Gefäßrekonstruktion und Stabilisierung der Fraktur sollte die Weichteilrekonstruktion exakt geplant werden.

## Die operative Strategie ist abhängig von der Verletzungsschwere

Die Frage, ob polytraumatisierte Patienten rekonstruktive chirurgische Maßnahmen benötigen und tolerieren wird mehr durch den Allgemeinzustand und das Ausmaß der Begleitverletzungen als von der lokalen Situation allein diktiert (Abbildung 6). Eine langwierige Rekonstruktion oder Replantation kann den Patienten unter Umständen eher schaden oder sogar in eine lebensbedrohliche Situation bringen. Darüber hinaus muss die langfristige Prognose der offenen Verletzung berücksichtigt werden. Um einen Therapieplan zu entwickeln, müssen alle diese Punkte berücksichtigt werden.

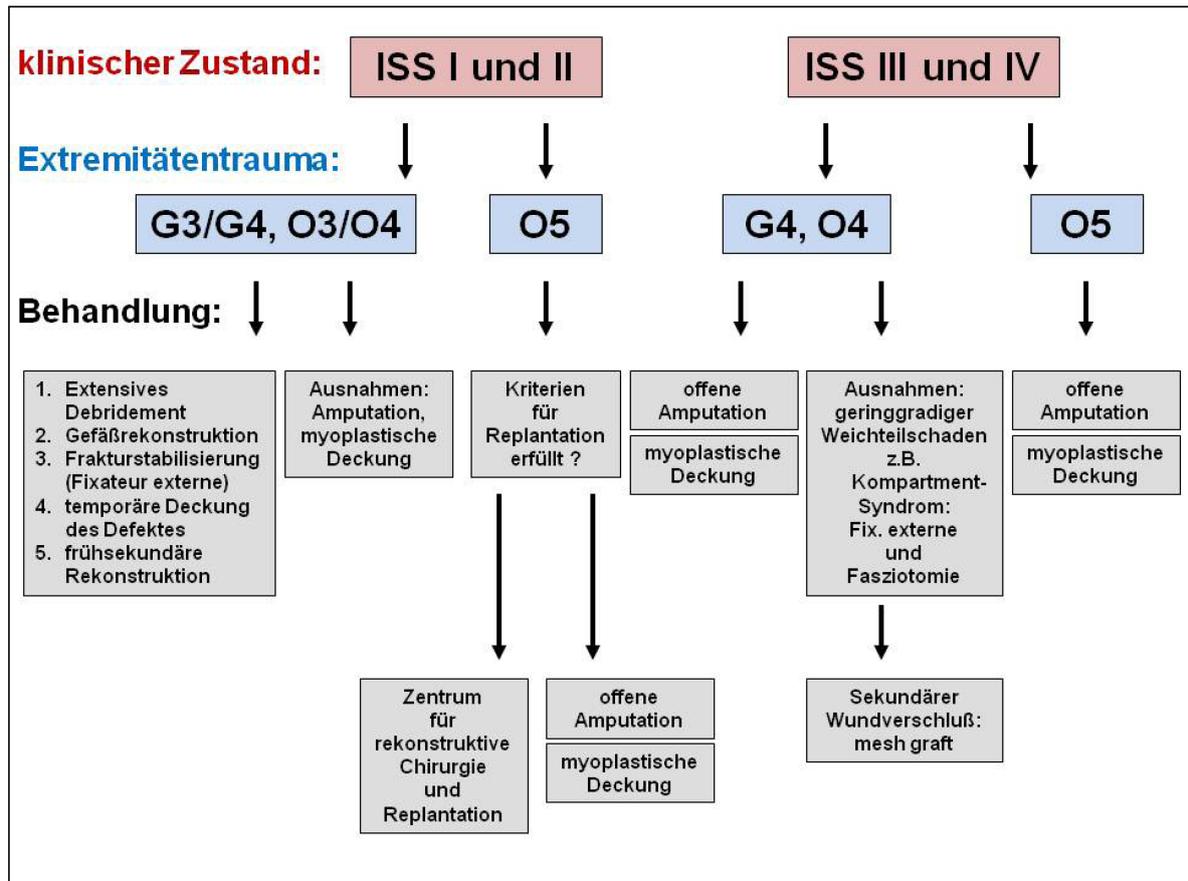


Abbildung 6: Algorithmus für „Rekonstruktion versus Amputation“ bei offenen Frakturen in Abhängigkeit der allgemeinen Verletzungsschwere nach „Injury Severity Score (ISS)“. ISS Gruppe I:  $\leq 15$ ; ISS II: 16–25; ISS III: 26–50; ISS IV:  $>50$  Punkte. (modifiziert nach Südkamp et al. [39])

### Die Patienten der ISS-Gruppen I und II (1–15 Punkte und 16–25 Punkte) und Grad IIIa-c Weichteilverletzungen:

Bei dieser Untergruppe polytraumatisierter Patienten besteht prinzipiell die Indikation zur Rekonstruktion. Die Operation ist weitgehend standardisiert. Nach radikalem Debridement wird im Falle einer Gefäßverletzung eine Gefäßrekonstruktion durchgeführt. Frakturen sollten in der Regel mit einem Fixateur externe oder einer intramedullären Osteosynthese stabilisiert werden. Diese Art von Implantaten ist im Vergleich zur Plattenosteosynthese weichteilschonend und zeigt nur eine minimale Beeinträchtigung der Zirkulation des Knochens [38].

Die Deckung bzw. der Verschluss des Weichteildefektes hängt vom Ausmaß der Schädigung ab. In den meisten Fällen wird die Wunde vorübergehend mit synthetischen Hautersatz (z.B. Epigard) oder einem VAC-System gedeckt. Nach Konditionierung der Wunde erfolgt die endgültige Deckung durch plastisch-rekonstruktive Maßnahmen. Im Allgemeinen sollte das zu erwartende Ergebnis einer Rekonstruktion oder extremitätenerhaltenden Operation das Ergebnis einer Amputation mit nachfolgender Exoprothesenversorgung übertreffen.

### Die Patienten der ISS-Gruppen I und II (1–15 Punkte und 16–25 Punkte) mit vollständigen und unvollständigen Amputationen:

Im Hinblick auf die operative Behandlung sind diese Verletzungen sehr ähnlich. Die Option einer Replantation sollte geprüft und möglichst in einem darauf spezialisierten Zentrum durchgeführt werden. Zuvor sollten Blutungen durch Anlage eines Druckverbandes gestoppt werden. Die Erhaltung der amputierten Gliedmaße folgt dabei den entsprechenden Richtlinien der Notfallmedizin [39].

Bei kindlichen Amputationsverletzungen sollte eine Replantation immer in Betracht gezogen werden. Kinder zeigen aufgrund ihrer im Vergleich zum Erwachsenen erhöhten Regenerationsfähigkeit der Gewebe ein besseres funktionelles Ergebnis als ähnlich verletzte Erwachsene.

### Die Patienten der ISS-Gruppen III und IV (26–50 Punkte und $>50$ Punkte):

In dieser Untergruppe der am schwersten polytraumatisierten Patienten mit hochgradigen Extremitätenverletzungen sollte der Erhalt der Extremität erst gar nicht versucht werden [40]. Das Prinzip „Leben vor Extremitätenerhalt“ („life before limb“) sollte unbedingt befolgt werden und die Indikation zur Amputation eher großzügig

gestellt werden. Bei stark verschmutzten Wundrändern bzw. hochgradigem Weichteilschaden im Amputationsgebiet sollte auf einen primären Wundverschluss verzichtet werden, da dies mit einem hohen Komplikationsrisiko verbunden ist. Das gesamte Ausmaß der Weichteilschäden und der posttraumatischen Ödeme ist initial schwer abzuschätzen. Ein sekundärer Wundverschluss ist somit eine sichere Alternative.

## Weichteilrekonstruktion

Bei vielen mehrfach verletzten Patienten ist ein primärer Wundverschluss der Weichteilverletzungen kritisch. Die relative Hypoxie der Gewebe kann zu einer Beeinträchtigung und verzögerten Wundheilung führen. Zudem besteht ein erhöhtes Infektionsrisiko. Bei kleinen Weichteilverletzungen empfehlen wir einen sekundären Verschluss der Wunde nach temporärer Abdeckung der Wunde mit Kunsthaut bzw. Hautersatz (z.B. Epigard), bis die Schwellung zurückgegangen ist.

Bei mittleren Weichteildefekten wird ein sekundärer Verschluss oft durch lokale Gewebeverschiebung nach Mobilisierung der umgebenden Weichteile erreicht.

Bei ausgedehnten Weichteildefekten, welche mit erheblichen periostalen Schäden verbunden sind, benötigen die Weichteilabdeckungen eine ausgezeichnete Perfusion. Die Defektdeckung sollte innerhalb von 72 Stunden nach dem Trauma durchgeführt werden. Andernfalls besteht die Gefahr weiterer Schädigung dieses Extremitätenabschnittes.

Große posttraumatische Weichteildefekte sind für den Chirurgen eine Herausforderung und erfordern eine gut definierte therapeutische Strategie. Das Gesamtkonzept der Weichteildeckung hängt vom Ausmaß der freiliegenden Knochen, Sehnen und Nerven ab. Eine der entscheidenden Voraussetzungen für den Wundverschluss ist es, die Implantate mit vitalen und gut durchbluteten Weichteilen vollständig zu bedecken. Um zufriedenstellende Ergebnisse zu erzielen, wird eine frühzeitige Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen Unfallchirurgen und plastischen Chirurgen empfohlen.

## Lokale Lappen

Rotations- bzw. Schwenklappen werden verwendet, um kleine und mittlere Weichteildefekte zu decken. Diese Lappen bestehen aus verschiedenen Kombinationen von Muskel, Faszien und Haut. Sie ermöglichen den Verschluss von Defekten und sollten ohne jede Spannung angewendet werden. Dennoch gibt es auch Nachteile, welche mit lokalen Klappen verbunden sind. Auf der einen Seite kann die Hebung des Lappens aus den lokalen Weichteilen bei polytraumatisierten Patienten wegen der Begleitverletzungen schwierig sein. Auf der anderen Seite ist das Verfahren durch den vorbestehenden Weichteilschaden gefährdet. Darüber hinaus muss die Durchblutung der Muskulatur bzw. des myokutanen Lappens beachtet werden. Oft wird das wahre Ausmaß der erforderlichen Gewebetransposition unterschätzt. Daher ist eine

sorgfältige präoperative Planung notwendig. Für die häufigsten Defekte auf der anteromedialen tibialen Oberfläche werden Schwenklappen des M. gastrocnemius oder des M. soleus verwendet.

## Fernlappen

Die Indikation für Fernlappen ist bei polytraumatisierten Patienten häufig. Mikrovaskuläre Lappen, wie der radiale Unterarmklappen oder Latissimuslappen, werden relativ häufig eingesetzt. Die Indikation für einen Fernlappen muss jedoch kritisch diskutiert werden. Einerseits erfordert die lokale Situation an der Defektstelle eine zügige Behandlung; auf der anderen Seite stellt ein längerer chirurgischer Eingriff eine erhebliche traumatische Belastung für den schwerverletzten Patienten dar. Deshalb ist ein sorgfältiges Auswählen des Operationszeitpunktes von äußerster Wichtigkeit. Lokale und systemische Komplikationen sind bei dieser Patientengruppe deshalb relativ häufig zu finden.

## Fazit

Die Behandlung ausgedehnter Defektverletzungen an den Extremitäten im Rahmen eines Polytraumas muss sich an den pathophysiologischen Rahmenbedingungen und den damit verbundenen Operationsphasen orientieren. In der akuten Reanimationsphase sowie der primären Stabilisierungsphase geht es um die Aufrechterhaltung der Vitalfunktionen und die damit verbundenen dringend notwendigen operativen Maßnahmen. Erst nachdem der Unfallverletzte ausreichend stabilisiert ist und die akuten Folgen des Traumas („first hit“) überwunden sind („Hyperinflammation“), sollte in der sekundären Versorgungsphase, dem sogenannten „window of opportunity“, welches etwa von Tag 5 bis 10 geöffnet ist, neben der definitiven Frakturversorgung auch die definitive Weichteildeckung erfolgen. Hierzu eignen sich neben der Spalthaut-Plastik (mesh graft) lokale Schwenk- bzw. bei ausgedehnten Defekten auch Fernlappen. Im darauf folgenden Zeitraum von etwa Tag 11 bis 21 kommt zur Immunsuppression, u.a. ausgelöst durch die erfolgten operativen Interventionen („second hit“). Erst in der Erholungsphase, d.h. ab der 4. Woche nach dem Trauma können erneut größere Operationen durchgeführt werden. Die betrifft dann zu meist Korrekturoperation an Knochen und Weichteilen. Bei hochgradig offene Frakturen mit ausgedehnten Weichteildefekten (Gruppe IIIB und IIIC) muss man an die Möglichkeit der primären Amputation denken, obwohl natürlich das primäre Ziel der Gliedmaßenerhalt ist. Durch langfristige Krankenhausaufenthalte entstehen jedoch erhebliche soziale und wirtschaftliche Auswirkungen für den Patienten. Der „mangled extremity severity score“ (MESS) ist dabei eine etablierte Entscheidungshilfe.

## Anmerkung

## Interessenkonflikte

Die Autoren erklären, dass sie keine Interessenkonflikte in Zusammenhang mit diesem Artikel haben.

## Literatur

1. Tscherne H, Regel G, Sturm JA, Friedl HP. Schweregrad und Prioritäten bei Mehrfachverletzungen. *Chirurg*. 1987;58:631-40.
2. Baker SP, O'Neill B, Haddon W Jr, Long WB. The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma*. 1974 Mar;14(3):187-96. DOI: 10.1097/00005373-197403000-00001
3. Tscherne H, Oestern HJ, Sturm J. Osteosynthesis of major fractures following polytrauma. *World J Surg*. 1983;7:80-87. DOI: 10.1007/BF01655915
4. Weigelt JA, ed. *Advanced trauma life support for doctors*. Chicago: American College of Surgeons; 1997. Initial assessment and management; p. 21-49.
5. Kanz KG, Sturm JA, Mutschler W. Algorithmus für die präklinische Versorgung bei Polytrauma [Algorithm for prehospital blunt trauma management]. *Unfallchirurg*. 2002;105:1007-14. DOI: 10.1007/s00113-002-0518-0
6. Osterwalder JJ. Mortality of blunt poly-trauma: A comparison between emergency physicians and emergency medical technicians: prospective cohort study at a level I hospital in eastern Switzerland. *J Trauma*. 2003;55:355-61. DOI: 10.1097/01.TA.0000034231.94460.1F
7. Schmidt U, Muggia-Sullam M, Holch M, Kant CJ, Brummerloh C, Frame SB, Rowe DW, Enderson BL, Nerlich M, Maull KI, et al. Primärversorgung des Polytraumas. Vergleich eines deutschen und amerikanischen Luftrettungssystems [Primary management of polytrauma. Comparison of a German and American air rescue unit]. *Unfallchirurg*. 1993 Jun;96(6):287-91.
8. Oppe S, De Charro FT. The effect of medical care by a helicopter trauma team on the probability of survival and the quality of life for hospitalised victims. *Accid Anal Prev*. 2001;33:129-38. DOI: 10.1016/S0001-4575(00)00023-3
9. Sanson G, Di Bartolomeo S, Nardi G, Albanese P, Diani A, Raffin L, Filippetto C, Cattarossi A, Scian E, Rizzi L. Road traffic accidents with vehicular entrapment: incidence of major injuries and need for advanced life support. *Eur J Emerg Med*. 1999 Dec;6(4):285-91. DOI: 10.1097/00063110-199912000-00002
10. Haas NP, Hoffmann RF, Mauch C, von Fournier C, Südkamp NP. The management of polytraumatized patients in Germany. *Clin Orthop Relat Res*. 1995 Sep;(318):25-35.
11. Biewener A, Aschenbrenner U, Rammelt S, Grass R, Zwipp H. Impact of helicopter transport and hospital level on mortality of polytrauma patients. *J Trauma*. 2004 Jan;56(1):94-8. DOI: 10.1097/01.TA.0000061883.92194.50
12. Hilbert P, zur Nieden K, Hofmann GO, Kaden I, Stuttmann R. Diagnostik mittels Multi-Slice-CT senkt signifikant die Letalität beim intensivpflichtigen Traumapatienten. Ergebnisse einer prospektiven Untersuchung. *Anästh Intensivmed*. 2010;51:245.
13. Tscherne H. Hazards of osteosynthesis: indication errors. *Langenbecks Arch Chir*. 1971;329:1136-43. DOI: 10.1007/BF01770747
14. Meregalli A, Oliveira RP, Friedman G. Occult hypoperfusion is associated with increased mortality in hemodynamically stable, high risk, surgical patients. *Crit Care*. 2004;8:R60-65. DOI: 10.1186/cc2423
15. Pape HC, Tscherne H. Early definitive fracture fixation, pulmonary function and systemic effects. In: Baue AE, Faist E, Fry M, eds. *Multiple organ failure*. New York: Springer; 2000. p. 279-90. DOI: 10.1007/978-1-4612-1222-5\_29
16. Riska EB, von Bonsdorff H, Hakkinen S, Jaroma H, Kiviluoto O, Paavilainen T. Primary operative fixation of long bone fractures in patients with multiple injuries. *J Trauma*. 1977 Feb;17(2):111-21. DOI: 10.1097/00005373-197702000-00005
17. Talucci RC, Manning J, Lampard S, Bach A, Carrico CJ. Early intramedullary nailing of femoral shaft fractures: a cause of fat embolism syndrome. *Am J Surg*. 1983 Jul;146(1):107-11. DOI: 10.1016/0002-9610(83)90269-6
18. Goris RJ, Gimbrère JS, van Niekerk JL, Schoots FJ, Booy LH. Early osteosynthesis and prophylactic mechanical ventilation in the multitrauma patient. *J Trauma*. 1982 Nov;22(11):895-903. DOI: 10.1097/00005373-198211000-00002
19. Johnson K, Cadami A, Seibert G. Incidence of ARDS in patients with multiple musculoskeletal injuries: effect of early operative stabilisation of fractures. *J Trauma*. 1985;25:375-84. DOI: 10.1097/00005373-198505000-00001
20. Bone L, Johnson K, Weigelt J, et al. Early versus delayed stabilisation of femoral fractures. A prospective randomised study. *J Bone Joint Surg Am*. 1989;71:336-40.
21. Regel G, Lobenhoffer P, Grotz M, Pape HC, Lehmann U, Tscherne H. Treatment results of patients with multiple trauma: an analysis of 3406 cases treated between 1972 and 1991 at a German Level I Trauma Center. *J Trauma*. 1995 Jan;38(1):70-8. DOI: 10.1097/00005373-199501000-00020
22. Ecke H, Faupel L, Quoika P. Gedanken zum Zeitpunkt der Operation bei Frakturen des Oberschenkelknochens. *Unfallchirurg*. 1985;11:89-93. DOI: 10.1007/BF02587937
23. Nast-Kolb D, Waydhas C, Jochum M, Spannagl M, Duswald KH, Schweiberer L. Günstigster Operationszeitpunkt für die Versorgung von Femurschaftfrakturen beim Polytrauma? [Is there a favorable time for the management of femoral shaft fractures in poly-trauma?]. *Chirurg*. 1990 Apr;61(4):259-65.
24. Reynolds MA, Richardson JD, Spain DA, Seligson D, Wilson MA, Miller FB. Is the timing of fracture fixation important for the patient with multiple trauma? *Ann Surg*. 1995 Oct;222(4):470-8.
25. Schaller W, Gaudernack T. Lungenkomplikationen nach Oberschenkelmarknagelung. *Hefte Unfallheilkd*. 1996;182:273-8.
26. Giannoudis PV, Veysi VT, Pape HC, Krettek C, Smith MR. When should we operate on major fractures in patients with severe head injuries? *Am J Surg*. 2002 Mar;183(3):261-7. DOI: 10.1016/S0002-9610(02)00783-3
27. Shapiro MB, Jenkins DH, Schwab CW, Rotondo MF. Damage control: collective review. *J Trauma*. 2000 Nov;49(5):969-78. DOI: 10.1097/00005373-200011000-00033
28. Pape HC, Grimme K, Van Griensven M, Sott AH, Giannoudis P, Morley J, Roise O, Ellingsen E, Hildebrand F, Wiese B, Krettek C; EPOFF Study Group. Impact of intramedullary instrumentation versus damage control for femoral fractures on immunoinflammatory parameters: prospective randomized analysis by the EPOFF Study Group. *J Trauma*. 2003 Jul;55(1):7-13. DOI: 10.1097/01.TA.0000075787.69695.4E

29. Waydhas C, Nast-Kolb D, Trupka A, Zettl R, Kick M, Wiesholler J, Schweiberer L, Jochum M. Posttraumatic inflammatory response, secondary operations, and late multiple organ failure. *J Trauma*. 1996 Apr;40(4):624-31. DOI: 10.1097/00005373-199604000-00018
30. Staub NC. Pulmonary edema. *Physiol Rev*. 1974;54:678-811.
31. Bulger EM, Nathens AB, Rivara FP, Moore M, MacKenzie EJ, Jurkovich GJ; Brain Trauma Foundation. Management of severe head injury: institutional variations in care and effect on outcome. *Crit Care Med*. 2002 Aug;30(8):1870-6. DOI: 10.1097/00003246-200208000-00033
32. Oestern HJ, Tscherne H. Pathophysiology and classification of soft tissue injuries associated with fractures. In: Tscherne H, Gotzen L, eds. *Fractures with soft tissue injuries*. Berlin: Springer-Verlag; 1984. p. 1-9. DOI: 10.1007/978-3-642-69499-8\_1
33. Gustilo RB, Mendoza RM, Williams DN. Problems in the management of type III (severe) open fractures: A new classification of Type III open fractures. *J Trauma*. 1984;24:742-6. DOI: 10.1097/00005373-198408000-00009
34. Seekamp A, Regel G, Bauch S, Takacs J, Tscherne H. Langzeitergebnisse der Therapie polytraumatisierter Patienten unter besonderer Berücksichtigung serieller Frakturen der unteren Extremität [Long-term results of therapy of polytrauma patients with special reference to serial fractures of the lower extremity]. *Unfallchirurg*. 1994 Feb;97(2):57-63.
35. Hofmann GO, Gonschorek O, Bühren V. Indikationen zur primären Amputation bei Unterschenkelfraktur. *Trauma Berufskrankh*. 2001;3(Suppl 2):110-6. DOI: 10.1007/PL00014695
36. Helfet DL, Howey T, Sanders R, Johansen K. Limb salvage versus amputation. Preliminary results of the Mangled Extremity Severity Score. *Clin Orthop Relat Res*. 1990 Jul;(256):80-6.
37. McNamara MG, Heckman JD, Corley FG. Severe open fractures of the lower extremity: a retrospective evaluation of the Mangled Extremity Severity Score (MESS). *J Orthop Trauma*. 1994;8:81-7. DOI: 10.1097/00005131-199404000-00001
38. Krettek C, Schandelmaier P, Rudolf J, Tscherne H. Aktueller Stand der operativen Technik für die unaufgebohrte Nagelung von Tibiaschaftfrakturen mit dem UTN [Current status of surgical technique for unreamed nailing of tibial shaft fractures with the UTN (unreamed tibia nail)]. *Unfallchirurg*. 1994 Nov;97(11):575-99.
39. Südkamp N, Haas N, Flory PJ, Tscherne H, Berger A. Kriterien der Amputation, Rekonstruktion und Replantation von Extremitäten bei Mehrfachverletzten [Criteria for amputation, reconstruction and replantation of extremities in multiple trauma patients]. *Chirurg*. 1989 Nov;60(11):774-81.
40. Johansen K, Daines M, Howey T, Helfet D, Hansen ST Jr. Objective criteria accurately predict amputation following lower extremity trauma. *J Trauma*. 1990 May;30(5):568-72. DOI: 10.1097/00005373-199005000-00007
41. Pape HC, Giannoudis P, Krettek C. The timing for fracture treatment in polytrauma patients: relevance of damage control orthopaedic surgery. *Am J Surg*. 2002;183:622-9. DOI: 10.1016/S0002-9610(02)00865-6

#### Korrespondenzadresse:

Priv.-Doz. Dr. med. habil. Matthias Aurich  
Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Elblandklinikum  
Riesa, Weinbergstraße 8, 01589 Riesa, Deutschland,  
Tel.: +49 (0)3525 75-40  
Matthias.Aurich@elblandkliniken.de

#### Bitte zitieren als

Aurich M, Hofmann GO. Phasenabgestimmtes Behandlungskonzept ausgedehnter Defektverletzungen an den Extremitäten im Rahmen des Polytraumamanagements. *GMS Interdiscip Plast Reconstr Surg DGPW*. 2013;2:Doc02.  
DOI: 10.3205/iprs000022, URN: urn:nbn:de:0183-iprs0000224

#### Artikel online frei zugänglich unter

<http://www.egms.de/en/journals/iprs/2013-2/iprs000022.shtml>

Veröffentlicht: 08.01.2013

#### Copyright

©2013 Aurich et al. Dieser Artikel ist ein Open Access-Artikel und steht unter den Creative Commons Lizenzbedingungen (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/deed.de>). Er darf vervielfältigt, verbreitet und öffentlich zugänglich gemacht werden, vorausgesetzt dass Autor und Quelle genannt werden.