

# Medizinische Aspekte zum Lawinenunfall

Hermann Brugger\*

Präsident Internationale Kommission für Alpine Notfallmedizin  
ICAR MEDCOM

\* Dr. Hermann Brugger, Europastraße 17, I-39031 Bruneck, Südtirol.  
Tel 0039 0474 554235 Fax 0039 0474 553422 E-mail [brugger.med@pass.dnet.it](mailto:brugger.med@pass.dnet.it)

## Grundlagen

Im Zeitraum 1981-1998 wurden in den 17 europäischen und nordamerikanischen Mitgliedsländern der Internationalen Kommission für Alpines Rettungswesen (IKAR) jährlich im Durchschnitt 146 Lawinentote registriert.

Die Anzahl der Katastrophenlawinen mit der Verschüttung von Wohnsiedlungen und Verkehrswegen konnte durch die Errichtung von technischen Schutzbauten in den letzten 30 Jahren erheblich reduziert werden. Sie stellen in den Alpen ein seltenes Ereignis dar.

Heute ist der Lawinenunfall in den meisten Fällen ein Sportunfall, der Skifahrer und Snowboarder im freien Gelände betrifft. Es ist bemerkenswert, dass im Unterschied zu anderen alpinen Sportunfällen (Bergwandern, Felsklettern, Pistenskillauf) mehr erfahrene als unerfahrene Skialpinisten vom Lawinenunfall betroffen sind. Das Risiko einer Lawinenverschüttung betrifft vorwiegend Mitglieder von alpinen Vereinen, Bergführer oder Mitglieder von Rettungsorganisationen, was die bisherige Art der Ausbildung fragwürdig erscheinen lässt.

### ***Die Überlebenswahrscheinlichkeit***

Von einer Ganzverschüttung spricht man, wenn mindestens Kopf und Oberkörper durch Lawinenschnee verschüttet sind, von einer Teilverschüttung, wenn Kopf und Oberkörper frei bleiben. Die Mortalität (Sterberate) aller von einer Lawine erfassten Personen beträgt 23%. Während die Mortalität der Ganzverschüttung mit 52% extrem hoch ist, führt eine Teilverschüttung nur in 4% zum Tode.

---

**Alle Maßnahmen, die im Falle einer Lawinenauslösung eine Ganzverschüttung verhindern, führen zu einer beträchtlichen Senkung der Mortalität.**

---

Die in Abbildung 1 dargestellte Überlebenswahrscheinlichkeit bei Ganzverschüttung stellt die Wahrscheinlichkeit dar, zu einem bestimmten Zeitpunkt nach einer Verschüttung in der Lawine am Leben zu sein.

Bei einer Ganzverschüttung **im freien Gelände** (typische „Skifahrerlawine“) beträgt die Überlebenswahrscheinlichkeit innerhalb der ersten 18 Minuten nach der Verschüttung 91%. In dieser **Überlebensphase** sterben 9% aller Verschütteten, fast ausschließlich an tödlichen Verletzungen. Anschließend tritt zwischen 18 und 35 Minuten nach der Verschüttung der „tödliche Knick“ der Überlebenswahrscheinlichkeit ein mit einem steilen Kurvenabfall auf 34%. In dieser **Erstickungsphase** sterben alle Verschütteten ohne Atemhöhle an akuter Asphyxie (raschem Ersticken). Davon sind circa 60% der Verschütteten betroffen. Bei 35 Minuten Verschüttungsdauer liegt der „point of no return“ (Zeitpunkt der Irreversibilität) für alle Verschütteten ohne Atemhöhle. Der Tod durch akute Asphyxie kann durch Verlegung der Atemwege durch Lawinenschnee, Erbrochenes (Aspiration) oder Thoraxkompression verursacht sein.

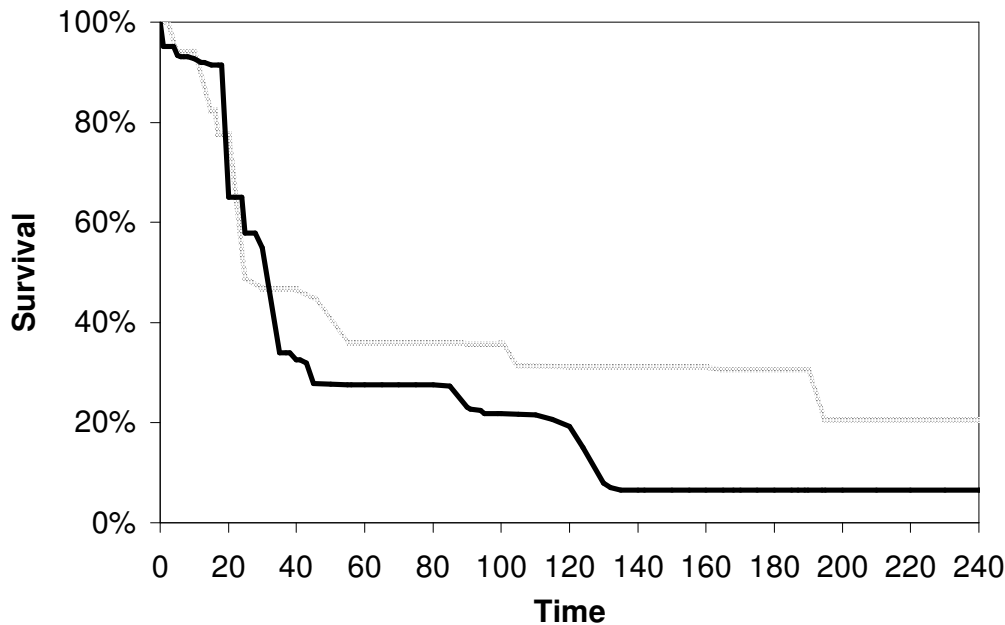


Abbildung 1: Überlebenswahrscheinlichkeit ganzverschütteter Personen der Schweiz 1981–1998 in Abhängigkeit von der Verschüttungsdauer (Minuten) im freien Gelände (schwarz) und in Gebäuden, auf Verkehrswegen (grau). Nachdruck aus: Brugger H, Durrer B, Adler-Kastner L, Falk M, Tschirky F. Field management of avalanche victims. Resuscitation 2001;51:7-15 mit freundlicher Genehmigung von Elsevier Science.

Zwischen 35 und 90 Minuten nach der Verschüttung nimmt die Kurve einen flachen Verlauf ein, der einer geringen Sterberate entspricht. Circa ein Viertel der Verschütteten überleben mit einer „geschlossenen Atemhöhle“, d.h. einem Hohlraum vor Mund und Nase, diese so genannte **Latenzphase**, stirbt jedoch anschließend zwischen 90 und 130 Minuten.

Nur etwa 7% der Verschütteten überleben länger als 130 Minuten in der Lawine. Sie verfügen über eine so genannte „offene Atemhöhle“ (d.h. mit einer Luftverbindung nach außen), leiden nicht an Asphyxie und kühlen nur sehr langsam ab.

Bei Verschüttungen **in Gebäuden und Verkehrsmitteln** zeigt die Überlebenswahrscheinlichkeit einen gestreckten Verlauf: ab 35 Minuten liegt die Kurve höher als im freien Gelände (Abb. 1), erst bei 190 Minuten tritt ein weiteres Absinken ein. Das ist darauf zurückzuführen, dass diese Verschütteten häufiger über große Hohlräume oder über eine Verbindung nach außen verfügen, als Verschüttete im freien Gelände. Hingegen ist die Gefahr einer tödlichen Verletzung größer als im freien Gelände.

Die längste Überlebensdauer einer ganzverschütteten Person betrug bis heute im freien Gelände 44 Stunden (Italien, Macugnaga 1974), in einem Gebäude 13 Tage (Österreich, Heiligenblut 1951).

### **Verschüttungstiefe**

Die durchschnittliche Verschüttungstiefe von ganzverschütteten Personen beträgt circa 1 m. Zwischen Verschüttungstiefe und Verschüttungsdauer besteht ein enger Zusammenhang, d.h. je tiefer ein Verschütteter zu liegen kommt, desto später wird

er meist geborgen. Somit hängt die Überlebenschance auch wesentlich von der Verschüttungstiefe ab.

### ***Atemhöhle***

Es gilt heute als sicher, dass ein Überleben länger als 35 Minuten nach der Verschüttung nur mit einer Atemhöhle möglich ist.

---

**Das Vorhandensein einer Atemhöhle zum Zeitpunkt der Bergung ist ein sicherer Beweis dafür, dass der Verschüttete nach dem Stillstand der Lawine noch geatmet hat und gibt Grund zur Hoffnung auf ein Überleben des Verschütteten.**

---

Die Atemhöhle stellt ein wichtiges Entscheidungskriterium für den Notarzt bei der Durchführung der therapeutischen Maßnahmen und für die Durchführung der Triage dar (s. unten).

---

**Als „Atemhöhle“ gilt jeder noch so kleine Hohlraum vor Mund und Nase bei gleichzeitig freien Atemwegen. Der Befund „keine Atemhöhle“ gilt nur dann, wenn Mund und Nase durch Schnee oder Mageninhalt luftdicht verschlossen sind.**

---

Die in vielen Unfallberichten beschriebenen Hohlräume vor Mund und Nase sind bei Skifahrerlawinen im Allgemeinen nur wenige Zentimeter breit.

Aus einer Studie, bei der künstlich geschaffene Atemhöhlen von freiwilligen Testpersonen beatmet wurden (Abb. 2), kann geschlossen werden, dass die Dauer des Überlebens vom Volumen der Atemhöhle, von der Schneedichte und noch unbekanntem individuellen Faktoren abhängig ist.

Dabei kommt es anfangs zur Hypoxie (Sauerstoffmangel) und Hyperkapnie (Anreicherung von Kohlendioxid im Blut). Nach längerer Verschüttungsdauer tritt als dritter Faktor die Hypothermie dazu, die den Sauerstoffverbrauch um circa 6% pro Grad Celsius verringert. Dieses Zusammentreffen von Hypoxie, Hyperkapnie und Hypothermie wird als sogenanntes „**3 H Syndrom**“ bezeichnet. Möglicherweise schützen der erhöhte Kohlendioxidgehalt und die Unterkühlung den Organismus vor einem hypoxischen Dauerschaden.

Die Frage "**Atemhöhle ja oder nein?**" ist in der Praxis nur bei aufmerksamer Beobachtung während des Ausgrabens zu beantworten. Bei vorsichtiger Bergung und entsprechender Aufmerksamkeit sind Hohlräume jedoch meistens erkennbar, besonders wenn sie an ihrer Innenwand vereist sind. Aufgrund der Bedeutung dieses Befundes ist es äußerst wichtig, diesen Befund im Zuge der Bergung ohne Hektik zu erheben. Verfügt ein Verschütteter über eine besonders große Atemhöhle oder eine Luftverbindung zur Außenwelt, so kann er auch stundenlang in der Lawine ohne großes Risiko überleben.

## Hypothermie

Die Unterkühlung spielt beim Lawinenunfall eine andere Rolle als bei der Exposition im Freien oder beim Spaltenunfall. Zum Unterschied von der Hypothermie nach Exposition im Freien ist die Erfolgsrate aller Wiedererwärmungsversuche beim Lawinenunfall enttäuschend. Der Grund liegt darin, dass beim Lawinenunfall bei vielen Verschütteten der Tod durch Erstickten eintritt, bevor die Unterkühlung zum Tragen kommt. Nur Verschüttete mit einer ausreichend großen Atemhöhle und der für die Atmung notwendigen Thoraxfreiheit können eine reversible Hypothermie entwickeln. Eine große Rolle spielt die Hypothermie nach der Bergung.

**Nach der Bergung können Lawinenopfer sehr rasch auskühlen, vor allem wenn sie bewusstlos und Wind und Kälte ausgesetzt sind.**

Die vielfach angegebene, durchschnittliche Abkühlungsgeschwindigkeit von 3°C pro Stunde betrifft den gesamten Zeitraum zwischen der Verschüttung und der Krankenhausaufnahme und umfasst somit nicht nur die Dauer der Verschüttung, sondern auch der Bergung und des Transportes.

## Verletzungen

Das Verletzungsrisiko hängt im Wesentlichen vom Gelände der Lawinenbahn und von der Schneebeschaffenheit ab. Lawinenabgänge über felsige Geländestufen, Waldgebiete sowie Nassschneelawinen sind mit einem erhöhten Verletzungsrisiko verbunden. In mindestens 15% der Lawinenunfälle ist der Tod auf ein mechanisches Trauma zurückzuführen (Tab. 1). Häufig finden sich Frakturen der Extremitäten, stumpfe Brust- und Bauchverletzungen sowie Schädelhirntraumen und Verletzungen der Wirbelsäule.

|           |                     |
|-----------|---------------------|
| Circa 65% | Akute Asphyxie      |
| Circa 20% | 3 H Syndrom         |
| Circa 15% | Mechanisches Trauma |

Tabelle 1: Ursachen des Lawinentodes

## Bergung

Aufgrund des Verlaufs der Überlebensfunktion (Abb. 1) erhalten wir **zwei Richtzeiten**, in denen eine Bergung der Lawinenopfer aus den Schneemassen anzustreben ist: 1. unverschüttete Kameraden sollten versuchen, mit allen Mitteln eine Bergung innerhalb von 15 Minuten durchzuführen, da innerhalb dieser Frist praktisch alle nicht tödlich verletzten Lawinenopfer gerettet werden können. 2. Für die organisierte Rettung gelten 90 Minuten als Richtzeit, um auch diejenigen lebend bergen zu können, die eine geschlossene Atemhöhle besitzen.

---

**Der Zeitraum zwischen dem Ausgraben eines Lawinenopfers aus den Schneemassen und dessen Aufnahme in ein Krankenhaus (Bergungsphase) stellt für den Verschütteten ein erhöhtes Risiko dar.**

---

Während des Ausgrabens muss darauf geachtet werden, eine eventuell vorhandene, lebensrettende Atemhöhle nicht zu zerstören. Nach erfolgter Befreiung aus der Lawine besteht die Gefahr der raschen Abkühlung und beim Umlagern die Gefahr der Kreislaufinstabilität und des Kreislaufstillstandes. Zahlreiche Fälle des sogenannten „Bergungstodes“ sind auf diesen Mechanismus zurückzuführen.

## **Präklinische Versorgung von Lawinenopfern**

Jeder Lawinenunfall stellt eine große Herausforderung für alle Beteiligten einer organisierten Rettungsaktion dar. Bei allen Entscheidungen müssen die Vorteile einer raschen Bergung der Verschütteten gegen die Risiken für die Rettungsmannschaften abgewogen werden. Die Gefahr einer Nachlawine, Schnee- und Wetterbedingungen, Tageszeit sowie die Geländebeschaffenheit müssen mit berücksichtigt werden. Bei allen Entscheidungen sollte man versuchen, „voraus zu denken“. Prinzipiell ist bei jedem Lawinenunfall der Helikoptereinsatz anzustreben.

---

**Notarzt und Rettungssanitäter sowie Lawinenhundeführer mit Lawinensuchhund („docs and dogs“) müssen möglichst rasch zum Unfallort geflogen werden.**

---

Je mehr Verschüttete vermutet werden, desto mehr Notärzte und/oder Rettungssanitäter und Suchmannschaften müssen eingesetzt oder in Bereitschaft gesetzt werden.

Alle notfallmedizinischen Maßnahmen auf einem Lawinenfeld sind darauf ausgerichtet, den Sekundärtod von lebend geborgenen Verschütteten zu vermeiden. Oxygenierung (Beatmung und Sauerstoffgabe) und Therapie der Hypothermie haben dabei die höchste Priorität.

Zur standardmäßigen Ausrüstung gehören komplette Winterausrüstung, Thermometer zur Messung der Kerntemperatur, Hilfsmittel zur Wärmepackung (vgl. Kapitel Hypothermie) und heißer, süßer Tee.

Ist ein vermisstes Lawinenopfer noch nicht geborgen oder sind mehrere Personen vermisst, sollte während der Sucharbeit ein windgeschütztes Depot außerhalb des Lawinenkegels mit Patientensammelstelle (Triagestation) eingerichtet werden.

Metallaryngoskop und Notfallmedikamente müssen vor der Kälte geschützt sein (am Körper tragen oder einen Wärmebeutel in den Notarztkoffer legen). Wegen der tiefen Außentemperaturen ist auf eine ausreichende Batterieladung aller Überwachungsgeräte besonders zu achten.

---

**Gelingt den Rettungsmannschaften die Ortung eines oder mehrerer Verschütteten, so wird der Notarzt sofort zum Fundort gerufen, damit er zum Zeitpunkt der Bergung die entscheidenden drei Befunde (Atemhöhle, Atemwege, Vitalfunktionen) erheben kann.**

---

Fallen mehrere Verschüttete gleichzeitig zur Behandlung an, so hat die Erhaltung der Vitalfunktionen überlebender Patienten Vorrang vor der Reanimation von Verschütteten ohne Vitalfunktionen.

### ***Algorithmus zur Behandlung von Lawinenverschütteten***

2001 wurden von der Internationalen Kommission für Alpine Notfallmedizin (ICAR-MEDCOM) die folgenden Richtlinien zur Behandlung von Lawinenverschütteten empfohlen, die in Abb. 2 in Form eines Algorithmus dargestellt sind.

In der Behandlung von Lawinenopfern verfolgen wir zwei unterschiedliche Strategien in Abhängigkeit von der vermuteten Verschüttungsdauer.

---

**Bei kurzer Verschüttungsdauer (bis 35 Minuten) zählt jede Minute! Rasche Bergung und Reanimation haben Priorität, um ein drohendes Ersticken zu verhindern.**

**Bei langer Verschüttungsdauer (ab 35 Minuten) hingegen spielen Minuten keine Rolle. Das Schwergewicht liegt in einer schonenden, bewegungsarmen Bergung der Verschütteten und einer adäquaten Therapie der Hypothermie.**

---

Aufgrund dieses grundlegenden Unterschiedes werden diese beiden Therapiekonzepte getrennt behandelt.

## BEURTEILUNG DES GEBORGENEN PATIENTEN

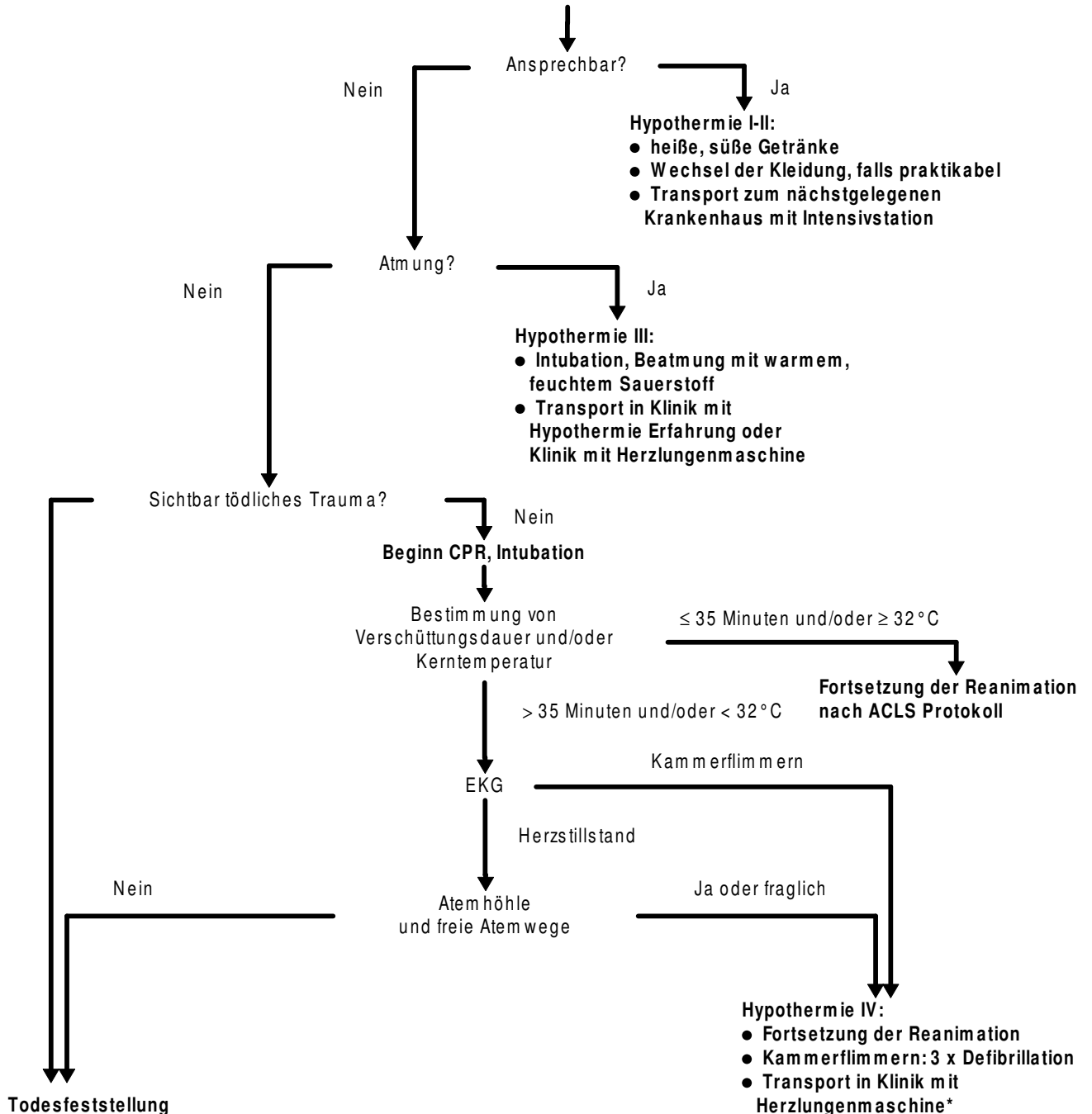


Abbildung 2: Algorithmus zur präklinischen Behandlung von Lawinenopfern. \* Transport zum nächstgelegenen Krankenhaus zur Bestimmung des Serumkaliums, wenn Transport in eine Klinik mit Herzlungenmaschine aus logistischen Gründen nicht möglich. Nachdruck aus: Brugger H, Durrer B, Adler-Kastner L, Falk M, Tschirky F. Field management of avalanche victims. Resuscitation 2001;51:7-15, mit freundlicher Genehmigung von Elsevier Science.



### **Notfallmedizinische Maßnahmen bei Verschüttungsdauer bis 35 Minuten**

In diesem Zeitabschnitt ist die **Schnelligkeit der Bergung** entscheidend, um ein rasches Erstickten zu verhindern. Die Feststellung einer Atemhöhle ist von zweitrangiger Bedeutung. Noch während der Bergung müssen verlegte Atemwege so rasch wie möglich freigelegt werden. Bei Ateminsuffizienz oder Atemstillstand muss die Beatmung bereits in der Bergungshöhle begonnen werden.

Da eine lebensbedrohliche Hypothermie nicht zu erwarten ist, wird der Patient nach den allgemeinen notfallmedizinischen Richtlinien (ILCOR guidelines 2000) behandelt. Befindet er sich in kritischem Zustand, so kann man davon ausgehen, dass dieser auf akute Asphyxie durch Verlegung der Atemwege, mechanische Thoraxkompression, Aspiration oder auf ein mechanisches Trauma zurückzuführen ist. Bei eingetretenem Herzkreislaufstillstand muss die Basisreanimation (BLS, Basic Life Support), bzw. erweiterte Reanimation (ALS, Advanced Life Support) eingeleitet werden. Die Behandlung der Patienten sollte unter windstillen Verhältnissen in der Bergungshöhle oder einem Behandlungszelt durchgeführt werden, um ein Abkühlen bei kalten Außentemperaturen und Wind zu verhindern. Bei einer Intubation auf dem Lawinenfeld kann es für den Notarzt notwendig sein, sich selbst und den Kopf des Patienten mit einer Decke oder Windjacke abzudecken, um störende Lichtreflexe zu vermeiden.

Vor einem längeren **Abtransport** muss der Patient prophylaktisch mit einer Wärmepackung versorgt werden, bestehend aus chemischen Wärmebeuteln, Aluminiumfolie, Wolldecken, Biwaksack und Mütze. Die Wahl des geeigneten Zielkrankenhauses richtet sich bei traumatisierten Patienten nach der Art der Verletzung, ansonsten wird das nächstgelegene Krankenhaus mit Intensivabteilung angefliegen.

### **Notfallmedizinische Maßnahmen bei Verschüttungsdauer über 35 Minuten**

**Ab 35 Minuten Verschüttungsdauer: die Existenz einer Atemhöhle ist Voraussetzung für das Überleben, weshalb bei der Freilegung des Verschütteten genau darauf geachtet werden muss.**

Wird ein Verschütteter mit Atemhöhle geborgen, stellt die Behandlung der Hypothermie die wichtigste notfallmedizinische Maßnahme dar. Die Bergung muss nicht so rasch, sondern so sanft wie möglich erfolgen.

Beim Ausgraben muss auf die **Erhaltung einer eventuell vorhandenen Atemhöhle** und das **Freihalten der Atemwege** genau geachtet werden. Der Körper des(r) Verschütteten muss zur Gänze ausgegraben sein, bevor er ohne große Bewegungen geborgen wird. Sind Bewegungen des Rumpfes und der großen Gelenke für die Bergung und Lagerung notwendig, so müssen sie so langsam wie möglich durchgeführt werden.

Bereits am Unfallort sollte der **Schweregrad der Hypothermie** an Hand der Schweizer Stadieneinteilung abgeschätzt werden.

Diagnostisch sollte routinemäßig ein **Monitoring der Kerntemperatur** tympanal (oder ösophageal durch den Notarzt) durchgeführt werden. Obwohl man bei der tympanalen Messung in Erwägung ziehen muss, dass sie zu tiefe Werte anzeigen kann, gibt sie Hinweise auf den Temperaturverlauf während des Transportes. Auch zur Durchführung der Triage (s. unten) durch den Notarzt kann die tympanale Messung herangezogen werden, da sich ein eventuell zu tief gemessener Wert für den Patienten nicht nachteilig auswirkt.

So früh wie möglich sollte das **EKG** monitorisiert werden, um provozierte Arrhythmien und Kammerflimmern beim Ausgraben und Umlagern frühzeitig zu erkennen.

---

**Ab 35 Minuten Verschüttungsdauer: bewegungsarme Bergung und Lagerung, Herstellen windstillen Verhältnisse, Isolation.**

---

Einem wachen Patienten mit erhaltenem Schluckreflex (Stadium I, II) können heiße, süße Getränke (ohne Alkohol) verabreicht und die nassen Kleider bewegungsarm (durch Aufschneiden) gewechselt werden. Die **Indikation zur Intubation** eines bewusstlosen, hypothermen Patienten (Stadium III) kann großzügig gestellt werden, da sich die Gefahr des Kammerflimmerns in zahlreichen Studien als unbedeutend erwiesen hat (Tab. 2).

- 
- |    |                               |
|----|-------------------------------|
| 1. | Monitoring der Kerntemperatur |
| 2. | EKG-Monitoring                |
| 3. | Sauerstoffgabe                |
| 4. | Intubation                    |
- 

*Tabelle 2: Standardmaßnahmen beim bewusstlosen, hypothermen Lawinenopfer.*

Die Gabe von **Sauerstoff** ist notwendig, da sich das unterkühlte Lawinenopfer zusätzlich in einem asphyktischen Zustand (Hypoxie und Hyperkapnie) befindet und eine ausreichende Oxygenierung einen effizienten Schutz gegen weiteres Abkühlen darstellt.

Die **Verabreichung von Notfallmedikamenten** wird im Hypothermiestadium III-IV aufgrund der Gefahr der Auslösung von Rhythmusstörung nicht empfohlen. Im Stadium I-II können ACLS Medikamente verabreicht werden, jedoch in längeren Abständen als bei Patienten mit normaler Körpertemperatur. Eine **Infusionstherapie** ist nicht zwingend erforderlich. Besteht ein intravenöser Zugang, wird als Volumen NaCl 0,9% mit Glucose 5% empfohlen, Ringerlaktat soll vermieden werden, da Laktat bei Hypothermie schlecht abgebaut wird.

---

**Am Unfallort kann auf das Legen eines peripheren intravenösen Katheters dann verzichtet werden, wenn der Zugang aufgrund der Zentralisation des Kreislaufs erschwert oder mit Zeitverlust verbunden ist.**

---

Bei Kerntemperaturen unter 28°C ist die **elektrische Defibrillation** von Kammerflimmern in der Regel erfolglos. Bleiben 3 Defibrillationsversuche ohne Erfolg, müssen Patienten mit persistierendem Kammerflimmern bis zur Wiedererwärmung mit kardiopulmonalem Bypass ohne Unterbrechung reanimiert werden.

Bei Pulslosigkeit (Stadium IV) muss die Reanimation durch den Bergretter begonnen und so lange weitergeführt werden, bis der Patient an die nächste Rettungsequipe oder an den Notarzt übergeben wird.

### ***Lawinenverschüttete mit Asystolie: Triage durch den Notarzt***

***Als Triage wird die Entscheidung des Notarztes bezeichnet, in Abhängigkeit von der Prognose einer Verletzung die Dringlichkeit der Behandlung und das Transportziel zu definieren.***

Beispielsweise haben im Normalfall die Versorgung von Schwerverletzten Vorrang vor der Behandlung von Leichtverletzten, Patienten mit erhaltenen Vitalfunktionen Vorrang vor Patienten mit Herzkreislaufstillstand. Die Triage muss durch einen Arzt erfolgen.

1996 wurden von der Internationalen Kommission für Alpine Notfallmedizin Richtlinien zur **Triage von Lawinenverschütteten mit Asystolie** (Nulllinie im Ekg) empfohlen mit dem Ziel, bei Verschütteten mit Herzkreislaufstillstand die Fälle mit Verdacht auf reversible Hypothermie bereits am Unfallort zu erkennen und gezielt zur Wiedererwärmung in eine **Klinik mit Herzlungenmaschine** einzuweisen. Bei Patienten mit einem Herzkreislaufstillstand aufgrund Asphyxie können hingegen wiederbelebende Maßnahmen am Unfallort abgebrochen werden.

Als Kriterien für die Triage gelten die **Verschüttungsdauer**, die **Körperkerntemperatur** und die Existenz einer **Atemhöhle**. Die Angaben darüber müssen authentisch sein, das heißt, sie müssen vom Notarzt selbst stammen oder von der Person, die die Bergung durchgeführt hat.

Es ist deshalb außerordentlich wichtig, dass der Arzt bei der Bergung von Verschütteten anwesend ist. Führen Bergretter die Bergung allein durch, so muss auf das Vorhandensein einer Atemhöhle und auf die Atemwege besonders geachtet werden.

Bei Verschütteten mit Atemhöhle sollte der Tod nur nach einem Aufwärmversuch in einer Klinik mit Herzlungenmaschine festgestellt werden. Gregory's Prinzip (siehe Hypothermie) gilt somit beim Lawinenunfall mit folgender Einschränkung:

***No hypothermic avalanche victim with an air pocket is dead until warm and dead.***

***Kein unterkühlter Lawinenverschütteter mit Atemhöhle ist tot, bis er wiedererwärmt und tot ist***

## Posttraumatische Belastungsreaktionen

Eine Studie hat gezeigt, dass nach einem Lawinenunfall insgesamt 28% der Verschütteten, nach einer Ganzverschüttung sogar 41% vorübergehend unter psychischen Belastungsreaktionen (z.B. sich aufzwängende Erinnerungen, Schlafstörungen, Appetitlosigkeit, Übelkeit, Erbrechen, Schuldgefühle) leiden. Bei 18% der Ganzverschütteten bleiben die Beschwerden über Jahre bestehen. Dieser hohe Anteil an posttraumatischen Belastungsstörungen (Post Traumatic Stress Disorder PTSD) gibt zu bedenken, dass psychotraumatologische Folgeschäden bisher unterschätzt wurden und sollte dazu Anlass geben, auch bei Lawinenunfällen ein Team zur Krisenintervention (KIT) bereitzuhalten. Dem entsprechend ist es auch notwendig, die Rettungsmannschaft mit Debriefings (critical incident stress debriefing, CISD) zu betreuen, vor allem bei Unfällen mit mehrfachen Totbergungen.

## Maßnahmen zur Selbstrettung

In zahlreichen Schriften wird Skifahrern empfohlen, im Fall einer Lawinenauslösung die Lawinenbahn durch eine Schussfahrt zu verlassen und, sollte dies nicht mehr gelingen, sich von Skiern und Stöcken zu befreien und während des Lawinenabgangs aktive Schwimmbewegungen durchzuführen. Im Fall einer Ganzverschüttung sollte der Betroffene vor Stillstand der Lawine in Kauerstellung gehen und die Hände vor das Gesicht halten.

Nach einer Umfrage unter Überlebenden von Lawinenunfällen können sich jedoch während des Lawinenabgangs nur 18% von den Skiern und 8% von Skiern und Stöcken befreien. 46% sind zwar imstande, Schwimmbewegungen durchzuführen, die Vermutung, dass Schwimmbewegungen den Verschüttungsgrad verringern, lässt sich aber nicht erhärten. Hingegen waren 50% der Ganzverschütteten imstande, während des Lawinenabgangs eine Hand vor das Gesicht zu halten und konnten sich dadurch einen Hohlraum schaffen, der die freie Atmung ermöglicht hat.

**Wird jemand von einer Lawine ganz verschüttet, so sollte er in jedem Fall versuchen, die Hände vor das Gesicht zu halten und sich einen Hohlraum zu schaffen. Das ist die wirksamste Maßnahme zur Selbstrettung.**

## Kameradenrettung

**Im Fall einer Ganzverschüttung ist die Bergung durch unverschüttete Begleitpersonen innerhalb 15 Minuten für das Überleben entscheidend**

Wenn man bedenkt, dass man im günstigsten Fall 3-5 Minuten für die Ortung mit dem Lawinenverschüttetensuchgerät benötigt und circa 10 Minuten, um ein Lawinenopfer mit der Schaufel aus einem Meter Tiefe auszugraben, dann sieht man, dass auch der Kameradenrettung natürliche Grenzen gesetzt sind.

Tabelle 3 zeigt die Richtlinien für das Verhalten von Begleitpersonen im Fall einer Lawinenauslösung.

|    |   |
|----|---|
| 1. | Die erfassten Personen in der fließenden Lawine mitverfolgen, Verschwindpunkte markieren.   |
| 2. | Sofortige Alarmierung über Handy, falls verfügbar.  |
| 3. | Suche durch alle verfügbaren Personen für mindestens 15 Minuten. Erst anschließendes Abfahren und Alarmieren durch ein Gruppenmitglied (falls keine Alarmierung per Handy). |
| 4. | Ortung mit dem Verschüttetensuchgerät bei gleichzeitiger Oberflächensuche mit Auge und Ohr.   |
| 5. | Lage und Tiefe des Verschütteten mit der Tourensonde feststellen, Sonde steckenlassen.  |
| 6. | Ausgraben mit allen verfügbaren Schaufeln nicht direkt von oben, sondern schräg von der Seite.  |
| 7. | Bei Erreichen eines Körperteiles des Verschütteten sofort mit der Hand am Körper entlang einen Luftkanal zum Gesicht graben und Atemwege freilegen.                         |

*Tabelle 3: Richtiges Verhalten unverschütteter Begleitpersonen im Falle einer Lawinenauslösung.*

## Sicherheitsausrüstung

Prinzipiell haben wir folgende Möglichkeiten, das Risiko einer tödlichen Lawinenverschüttung zu verringern: Verringerung des Verschüttungsgrades, Verkürzung der Verschüttungsdauer und Verlängerung der Überlebenszeit bei einer Ganzverschüttung.

### ***Verringerung des Verschüttungsgrades***

Wird ein Lawinenopfer nur teilweise verschüttet, so kann es von unverschüttet gebliebenen Personen durch aufmerksames optisches und akustisches Absuchen des Lawinenfeldes rasch geortet und geborgen werden.

**Jede Maßnahme, die eine Ganzverschüttung verhindert, verringert beträchtlich die Mortalität. Eine Sicherheitsausrüstung, die eine Ganzverschüttung verhindert, ist Geräten, die eine Ganzverschüttung in Kauf nehmen, prinzipiell überlegen.**

## Lawinen-Airbag

Bei dieser seit 1991 im Handel verfügbaren und inzwischen mehrfach modifizierten Sicherheitsausrüstung handelt es sich um zwei in einem Rucksack seitlich integrierte Kunststoffballons, die im Falle eines Lawinenabgangs durch Ziehen einer Reißleine mit 150 Liter eines Stickstoff-Luftgemisches gefüllt werden. Durch die Verringerung der Gesamtdichte der Einheit Skifahrer-Ballon und durch den physikalischen Effekt der „inversen Segregation“ (große Granula bleiben an der Oberfläche) wird eine Ganzverschüttung verhindert. Im Zeitraum von 1991 bis 2002 wurden 40 Fälle dokumentiert, in denen Personen mit Lawinen-Airbag von einer Lawine erfasst wurden. Davon haben 39 Personen den Unfall überlebt, 1 Skifahrerin wurde trotz ausgelöstem Airbag tödlich verschüttet. Voraussetzung für den Auftrieb ist eine ausreichende Fließstrecke der Lawine. Gerät die erfasste Person in den Stauraum einer Lawine und wird sie von einer Nachlawine verschüttet, kann der Auftrieb nicht mehr wirksam werden.

**Die Wahrscheinlichkeit, ganz verschüttet zu werden, wird durch den Airbag von 39% auf 16.2%, die Mortalität von 23% auf 2.5% verringert. Es zeichnet sich heute ab, dass der Airbag, verglichen mit anderen Rettungsmitteln, das beste Gerät zur Verringerung der Mortalität durch Lawinenverschüttung darstellt**

### *Verkürzung der Verschüttungsdauer*

Wird eine Person von einer Lawine vollkommen verschüttet, so dass sie durch die Oberflächensuche nicht aufgespürt werden kann, kann die Verschüttungsdauer nur durch ein technisches Ortungsmittel, durch den Einsatz des bewährten Lawinensuchhundes oder durch improvisiertes oder organisiertes Sondieren verkürzt und damit die Überlebenschance verbessert werden. Der Erfolg einer Bergungsaktion hängt jedoch nicht allein vom Zeitaufwand für die Ortung, sondern auch für das Ausgraben des Lawinenopfers ab. Alle Ortungsmittel sind deshalb nur in Verbindung mit einer Bergeschaukel wirksam.

### **Lawinenverschüttetensuchgerät (LVS)**

1968 wurde das erste Sender-Empfänger-Gerät für Skitourengeher durch Lawton in den USA („Skadi“) konstruiert. Rückblickend kann man sagen, dass das LVS die Überlebenschance bei Ganzverschüttung verbessert hat, jedoch nicht so deutlich, wie vielfach angenommen wurde.

Die durchschnittliche Verschüttungsdauer kann bei Verwendung des LVS von 120 auf 35 Minuten deutlich gesenkt werden kann, die Mortalität hingegen nur von 76% auf 66%. Der Grund dafür liegt im steilen Verlauf der Überlebensfunktion (Abb. 1): da die Überlebenswahrscheinlichkeit bereits 35 Minuten nach der Verschüttung auf ein tiefes und anschließend flach verlaufendes Niveau abgesunken ist, kann sich auch die deutliche Verkürzung der Verschüttungsdauer von 120 Minuten auf 35 Minuten nicht im selben Ausmaß auf die Mortalität auswirken. In 27% erfolgt die LVS - Ortung nicht durch Kameraden, sondern durch organisierte Rettungsmannschaften, wobei die Mortalität 97% beträgt.

---

**Das LVS erfüllt seinen Zweck nur dann, wenn es in der Kameradenhilfe unmittelbar nach der Verschüttung fachgemäß eingesetzt wird, was eine fundierte Ausbildung im Umgang mit dem Gerät voraussetzt.**

---

Es bleibt abzuwarten, in wie weit sich die neue, digitalisierte Generation von Suchgeräten, mit der Möglichkeit einer direktionalen, d.h. die Richtungweisenden Ortung, auf die Mortalität auswirken wird.

### ***Verlängerung der Überlebenszeit bei Ganzverschüttung***

#### **Avalung™**

AvaLung™ wurde 1996 durch Thomas Crowley und die Herstellerfirma Black Diamond Equipment Ltd. in den USA entwickelt. Es handelt sich um eine ärmellose Weste oder ein Gurtensystem, das im ungesicherten Gelände am Oberkörper getragen wird. Im Fall einer Lawinenauslösung muss der Skifahrer ein Mundstück in den Mund nehmen und während der Verschüttung zur Atmung im Mund behalten, wobei die Einatemluft durch ein Ventil von der Ausatemluft getrennt wird. Damit wird ein künstlicher Hohlraum geschaffen und eine Kohlendioxid-Anreicherung vermieden.

Aus den 33 bisher erfolgreich durchgeführten Tests kann man schließen, dass ein Ganzverschütteter bis zu einer Stunde im Schnee überleben kann. Bisher wurden zwei Lawinenschüttungen mit AvaLung™ überlebt (Alaska 2000, Chamonix 2001). Trotzdem hat die Internationale Kommission für Alpine Notfallmedizin bisher keine Empfehlung zur Verwendung dieser Rettungsweste gegeben.

---

**Zweifel bleiben vor allem, ob der Träger der Weste AvaLung™ im Ernstfall imstande ist, das Mundstück rechtzeitig zu positionieren.**

---

Der gravierende Nachteil des Systems ist die Tatsache, dass AvaLung™ eine Ganzverschüttung mit all ihren Risiken bewusst in Kauf nimmt und eine rechtzeitige Bergung auch bei einer Verlängerung der Überlebenszeit nicht garantiert werden kann.

---

***Allen Sicherheitsausrüstungen ist gemeinsam, dass sie dem Benützer ein Gefühl der Sicherheit geben. Erhöht dieser jedoch seine Risikobereitschaft, geht der Gewinn an Sicherheit wieder verloren (Risikokompensation).***

---

## **Perspektiven**

Der organisierte Lawineneinsatz und die Behandlung von Lawinopfern sind für die gesamte Rettungsmannschaft häufig ein enttäuschendes Unterfangen, da 85% der Verschütteten tot geborgen werden. Es ist auch in Zukunft nicht zu erwarten, dass allein durch eine Verbesserung der notfallmedizinischen Versorgung die hohe Mortalität

lität des Lawinenunfalls erheblich verringert werden kann, da alle organisierten Rettungsmaßnahmen aus logistischen Gründen erst relativ spät zum Tragen kommen können und ein medizinisches Therapiekonzept nur darauf ausgerichtet sein kann, im Fall einer Lebendbergung den Sekundärtod zu verhindern. Die Chance, lebend geborgen zu werden, hängt aber in erster Linie vom Zeitpunkt der Bergung ab, also von der Schnelligkeit der Alarmierung, der Erreichbarkeit des Unfallortes, der Verschüttungstiefe, Faktoren also, auf die die organisierte Rettung einen geringen Einfluss hat.

In den letzten Jahren ist es in mehreren Fällen gelungen, Alarmierung, Startzeit und Ortung so zu optimieren, dass die Bergung durch organisierte Mannschaften in den steil abfallenden Teil der Überlebensfunktion (innerhalb 35 Minuten, Abb. 1) fällt. Diese frühen Bergungen sind Beweis für eine ausgezeichnete Einsatzfähigkeit dieser Rettungsstellen, sie sind aber nur dann möglich, wenn die Alarmierung *augenblicklich* nach dem Lawinenunfall erfolgt, etwa durch zufällige Beobachtung von außen stehenden Personen, durch Handfunk oder Mobiltelefon und nur dann, wenn eine rasche Ortung mittels Helikopter durchgeführt wird.

Diese Einzelerfolge haben sich bisher auf die Gesamtmortalität nicht ausgewirkt. Zur Verringerung der Mortalität der Lawinenverschüttung sind zusätzliche Maßnahmen notwendig, die unmittelbar nach dem Ereignis des Lawinenabgangs greifen und entweder eine Verschüttung verhindern oder die Verschüttungsdauer signifikant verkürzen. In einer Verbesserung der Kameradenhilfe liegt die einzige reelle Möglichkeit, die Überlebenschance beim Lawinenunfall zu verbessern. Eine Optimierung der elektronischen Ortung (LVS) und eine bessere Akzeptanz von Rettungsgeräten mit Auftriebswirkung von Seiten der Tourengerer und Variantenskifahrer sind erforderlich.

Trotz wirksamer technischer Hilfsmittel sollte nie vergessen werden, dass das Auslösen einer Lawine an und für sich bereits eine tödliche Gefahr darstellt, sowohl für den auslösenden Skifahrer als auch für andere Personen, die sich möglicherweise in der Lawinenbahn befinden.

**Nach wie vor ist die Primärprävention mit einem dem Risiko angepassten Verhalten der Skitourengerer und Variantenskifahrer jeder anderen Überlegung voranzustellen und durch nichts zu ersetzen.**

#### Literatur

Ammann W, Buser, O, Vollenwyder U. Lawinen. Birkhäuser Basel 1997.

Bauer H. Lawinen. Bergverlag Rother München 1993.

Berghold F. Lawinenmedizin als eine Disziplin der alpinen Unfallvorbeugung. Institut für Sportwissenschaften der Universität Salzburg 1992.

Brugger H, Falk M. Neue Perspektiven zur Lawinenverschüttung. Wien Klin Wochenschr 1992; 104/6: 167-173.

Brugger H, Falk M. Vier Phasen der Lawinenverschüttung. Notfallmedizin 1993; 2: 22-27.



- Brugger H, Durrer B, Adler-Kastner L. On-site triage of avalanche victims with asystole by the emergency doctor. *Resuscitation* 1996; 31: 11-16.
- Brugger H, Falk M, Tschirky F, Buser O. Der Einfluss des Lawinenverschüttetensuchgerätes auf die Letalität bei Lawinenverschüttung. *Der Notarzt* 1997; 13: 143-146.
- Brugger H, Falk M, Kastner L. Der Lawinennotfall. Neue Aspekte zur Pathophysiologie und Therapie von Lawinenverschütteten. *Wien klin Wochenschr* 1997; 109/5: 145-159.
- Brugger H, Durrer B, Adler-Kastner L, Falk M, Tschirky F. Field management of avalanche victims. *Resuscitation* 2001; 51: 7-15.
- Brugger H, Flora G. Möglichkeiten der Selbstrettung und posttraumatische Belastungsstörungen beim Lawinenunfall. *Notarzt* 2002; 18: 1-4.
- Brugger H, Sumann G, Meister R, Adler-Kastner L, Mair P, Gunga HC, Schobersberger W, Falk M. Hypoxia and hypercapnia during respiration into an artificial air pocket in snow: implications for avalanche survival. *Resuscitation* 2003; in press
- Danzl DF, Pozos RS, Hamlet MP. *Management of Wilderness and Environmental Emergencies*. CV Mosby Company St. Louis 1989.
- Falk M, Brugger H, Adler-Kastner L. Avalanche survival chances. *Nature* 1994; 368: 21.
- Gabl K, Lackinger B et al. *Lawinenhandbuch*. Tyrolia Innsbruck 1996.
- Grissom CK, Radwin MI, Harmston CH, Hirshberg EL, Crowley TJ. Respiration During Snow Burial Using an Artificial Air Pocket. *JAMA* 2000; 283: 2266-2271.
- Munter W. *3x3 Lawinen*. Schweizer Alpen Club Bern 1997.
- Stalsberg H, Albretesen C, Gilbert M, Kearney M et al. Mechanism of death in avalanche victims. *Virchows Archiv* 1989; 414: 415-22