

Notfall Rettungsmed
<https://doi.org/10.1007/s10049-024-01330-5>
Angenommen: 10. April 2024

© The Author(s), under exclusive licence to Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2024

Wissenschaftliche Leitung

J. Breckwoldt, Zürich
M. Christ, Luzern
G. Matthes, Berlin
G. Rücker, Rostock
R. Somasundaram, Berlin
U. Zeymer, Ludwigshafen



CME

Zertifizierte Fortbildung

Lawinenrettung 2024 – aktuelle Empfehlungen

Bernd Wallner¹ · Frederik Eisendle^{1,2} · Simon Rauch² · Peter Paal³

¹ Universitätsklinik für Anästhesie und Intensivmedizin, Medizinische Universität Innsbruck, Innsbruck, Österreich

² Institut für Alpine Notfallmedizin, Eurac Research, Bozen, Italien

³ Abteilung für Anästhesie und Intensivmedizin, Krankenhaus Barmherzige Brüder, Paracelsus Medizinische Universität, Salzburg, Österreich

Zusammenfassung

Lawinenunfälle, in die Wintersportler verwickelt sind, haben deutlich zugenommen; die Zahl der Toten in Europa ist durch bessere Prävention und Rettung stabil. Lawinenunfälle sind in Gebirgsregionen häufig; jährlich gibt es in Europa etwa 100 Todesopfer. Die Überlebenschancen werden hauptsächlich durch den Grad und die Dauer der Lawinenverschüttung, eine mögliche Verlegung der Atemwege, das Vorhandensein einer Atemhöhle, die Schneeeigenschaften und etwaige schwere Verletzungen bestimmt. Häufigste Todesursache ist die Asphyxie, gefolgt von Traumata. Die Hypothermie verursacht nur eine Minderheit der Todesfälle. Ein hypothermer Herz-Kreislauf-Stillstand hat eine günstige Prognose und begründet eine verlängerte Wiederbelebung und extrakorporale Wiedererwärmung. Die Unterscheidung zwischen asphyktischem und hypothermem Herz-Kreislauf-Stillstand ermöglicht eine optimierte Triage. Im Folgenden werden die Pathophysiologie des Lawinenunfalls und das Management von Lawinenopfern vor Ort behandelt.

Schlüsselwörter

Asphyxie · Hypothermie · Atemwegsverlegung · Wiederbelebung · Alpine Notfallmedizin

Online teilnehmen unter:
www.springermedizin.de/cme

Für diese Fortbildungseinheit werden 3 Punkte vergeben.

Kontakt

Springer Medizin Kundenservice
Tel. 0800 77 80 777
(kostenfrei in Deutschland)
E-Mail:
kundenservice@springermedizin.de

Informationen

zur Teilnahme und Zertifizierung finden Sie im CME-Fragebogen am Ende des Beitrags.

Zusatzmaterial online

Die Online-Version dieses Beitrags (<https://doi.org/10.1007/s10049-024-01330-5>) enthält die zwei besprochenen Algorithmen als Download-PDF, eine Übersicht publizierter extremer Lawinenunfälle und die Empfehlungen der Internationalen Kommission für Alpine Notfallmedizin. Zur Online-Version des Artikels kommen Sie über den QR-Code auf der folgenden Seite.

An einem kalten Tag im Januar entschieden sich 3 Freunde trotz heftigen Schneefalls, Temperaturen von -10°C und einer Lawinenwarnstufe 4 (große Lawinengefahr), den gesicherten Skiraum zu verlassen. Zwei von Ihnen wurden von einem fernausgelösten Schneebrett erfasst und verschüttet. Die alarmierten Rettungskräfte suchten mehrere Stunden, mussten dann aufgrund der Dunkelheit und der großen Gefahr für die Retter die Suche über Nacht einstellen. Am nächsten Tag konnten die 2 Verschütteten geborgen werden, einer von ihnen war aufgrund der verschlossenen Atemwege wahrscheinlich 15–30 min nach der Verschüttung an einer Asphyxie verstorben. Der zweite Verschüttete hatte eine Atemhöhle und konnte nach 20 h Verschüttungsdauer in einer Tiefe von 2,3 m ausgegraben werden. Der Patient war ansprechbar, bewegte alle 4 Extremitäten, war jedoch desorientiert und äußerst unruhig. Er war kreislaufstabil, bradykard und hatte eine epitympanale Temperatur von $22,5^{\circ}\text{C}$. Nach einer schonenden Bergung wurde er mit dem Rettungshubschrauber in das nächstgelegene Krankenhaus transportiert. Bei Aufnahme im Krankenhaus war der Patient nach wie vor wach, unruhig und wies im EKG einen bradykarden Sinusrhythmus mit typischen Osborn-Wellen sowie multiple Breitkomplexextrasystolen auf. Die Harnblasentemperatur betrug $24,1^{\circ}\text{C}$. Er wurde zu Überwachung, Stabilisierung und nichtinvasiver Wiedererwärmung (mithilfe von Warmluftdecken) auf die Intensivstation aufgenommen und überlebte diese extrem lange Verschüttung ohne jegliche Residuen.

Lernziele

Nach der Lektüre dieses Beitrags ...

- benennen Sie die wichtigsten pathophysiologischen Veränderungen, die unmittelbar nach einer Lawinenverschüttung auftreten.
- ziehen Sie aus den vorliegenden Informationen aus Verschüttungszeit, Körperkerntemperatur, Herzrhythmus und dem Status der Atemwege die richtigen Schlüsse zur Prognoseabschätzung Ihres lawinenverschütteten Patienten.
- wenden Sie die aktuellen Guidelines zur lebensrettenden Therapie des kritisch verschütteten Lawinenopfers richtig an und führen neben den richtigen Therapieentscheidungen korrekte Triageentscheidungen durch.
- unterscheiden Sie anhand der vorliegenden klinischen Parameter zwischen einem asphyktischen und hypothermen Herz-Kreislauf-Stillstand bei einem kritisch verschütteten Lawinenopfer.
- erwägen Sie in Abhängigkeit hiervon die richtige Therapieoption und entscheiden entsprechend dieser klinischen Parameter über das Fortführen oder die Beendigung der Therapie.



QR-Code scannen & Beitrag online lesen

Avalanche rescue 2024—Current recommendations

Avalanche accidents in which winter sports enthusiasts are involved have significantly increased but the number of deaths remains stable due to better prevention and rescue. Avalanche accidents are frequent in mountainous regions and there are around 100 fatalities each year in Europe. The chances of survival are mainly determined by the degree and duration of avalanche burial, a possible airway obstruction, the presence of an air pocket, the snow characteristics and possible severe injuries. The most frequent cause of death is asphyxia, followed by trauma. Hypothermia accounts for only a minority of deaths. Hypothermic cardiac arrest has a favorable prognosis and justifies prolonged resuscitation and extracorporeal rewarming. The distinction between asphyxial and hypothermic cardiac arrest enables an optimized triage. This article deals with the pathophysiology of avalanche accidents and the management of avalanche victims in the field.

Keywords

Asphyxia · Hypothermia · Airway obstruction · Resuscitation · Alpine emergency medicine

Einleitung

Schneelawinen entstehen im steilen schneebedeckten Gelände. Sie stellen eine der **bedrohlichsten Naturgefahren** im winterlichen Gebirge dar, insbesondere für Wintersportler, die sich im freien Gelände bewegen. In Europa verstirbt der Großteil der Lawinenverschütteten in den Alpenländern Schweiz, Österreich, Italien und Frankreich, dort forderten Lawinen in den letzten 10 Jahren durchschnittlich 85 Tote/Jahr. In den kleineren Gebirgen Europas wie z. B. den Pyrenäen (ca. 10 Tote/Jahr), den norwegisch-schwedischen Bergen (66 Tote in den letzten 10 Jahren allein in Norwegen) und der Tatra zwischen Polen und der Slowakei versterben jedes Jahr weitere Menschen an den Folgen einer **Lawinenverschüttung** [1]. Innerhalb weniger Minuten nach der Verschüttung sinken die Überlebenschancen rapide, weshalb der schnellstmöglichen Ortung und Befreiung von Verschütteten im Rahmen der **Kameradenrettung** eine zentrale Rolle zukommt. Für die **organisierte Rettung** stellt der Lawinenunfall eine besondere Herausforderung dar: Bei einem Lawinennotfall ist die Situation anfänglich häufig komplex und unübersichtlich. Es gilt, rasch grundlegende und weitreichende Entscheidungen über den weiteren Verlauf von Rettung und Behandlung zu treffen. Im Bereich Pathophysiologie, Prognoseerstellung und Behandlung hat es in den letzten Jahren einige wesentliche neue Erkenntnisse gegeben. Ziel dieses Fortbildungsbeitrages ist es, eine State-of-the-art-Übersicht über die Lawinenverschüttung und die Rettung von Lawinenopfern zu geben.

Pathophysiologie des Lawinenunfalls

Die Morbidität und Mortalität von Lawinenverschütteten hängen weitgehend von etwaigen Begleitverletzungen, der Dauer der Verschüttung, dem Vorhandensein einer Atemhöhle, der Größe der Atemhöhle sowie der Verschüttungstiefe ab. Es wird zwischen einer „**kritischen Verschüttung**“ (d. h. Kopf und Brustkorb sind unter dem Schnee begraben) und einer „**nichtkritischen Verschüttung**“ (Kopf und Brustkorb sind nicht unter Schnee begraben) unterschieden

[2]. Eine Atemhöhle ist definiert als eine Schneehöhle vor Mund und Nase und gleichzeitig nichtverlegten Atemwegen (Mund und Nase sind frei) [3, 4, 5, 6]. Die Überlebenschance eines unverletzten Lawinenopfers nach kritischer Verschüttung beträgt etwa 50 %. Bei nichtkritischer Verschüttung beträgt die Überlebenschance nahezu 100 %, falls kein relevantes Trauma oder **Erfrieren** vorliegt [3, 7, 8].

Beim Lawinenunfall kommen mehrere Todesursachen, d. h. Trauma, Asphyxie und Hypothermie, infrage. Die Kombination dieser Todesursachen ist sehr spezifisch für den Lawinenunfall und bedingt die spezielle Pathophysiologie der Lawinenverschüttung.

Trauma

Etwa ein Viertel aller tödlichen Lawinenunfälle ist auf Verletzungen zurückzuführen. An Verletzungen stirbt das Lawinenopfer in der Mehrzahl der Fälle in der ersten Phase nach der Lawinenverschüttung. Die **Unfallgeländetopografie** und die **Lawinenschneebeschaffenheit** sind für das Verletzungsmuster wesentlich mitbestimmend [10]. Frühjahrsschnee ist schwerer und hat mehr kinetische Energie, sodass die Wahrscheinlichkeit einer Traumatisierung höher ist als im Hochwinter bei Pulverschnee. Die lawinenbedingten Verletzungen betreffen meist Kopf, Halswirbelsäule, Thorax und Extremitäten [10]. Bei **Kopfverletzungen** und **beeinträchtigter Vigilanz** steigt die Wahrscheinlichkeit eines Erstickungstodes [11]. **Stumpfe Traumata** sind die Regel.

Asphyxie

Rund 75 % aller Lawinentoten versterben an einer Asphyxie. Bei einer kritischen Verschüttung ist die Überlebenschance stark zeitabhängig, und die Zeit bis zur Bergung ein entscheidender Faktor für das Überleben [9, 12]. Wenn das Lawinenopfer innerhalb der ersten 15–20 min gerettet wird, beträgt die Überlebensrate noch etwa 90 %. Anschließend sinkt die Überlebenschance rapide und beträgt nach 35 min Verschüttungszeit nur noch 30 % („**Asphyxiephase**“, 18 bis 35 min nach kritischer Verschüttung, **Abb. 1**). Die Haupttodesursache in dieser zweiten Phase ist die Asphyxie. Die Asphyxie tritt während der Lawinenverschüttung aufgrund einer **Atemwegsverlegung** durch Schnee oder einer fehlenden Atemhöhle auf. Das Einsetzen der Asphyxie hängt unmittelbar von der Beschaffenheit der Atemhöhle und den Eigenschaften der Schneemassen ab [13]. Je größer das **Atemhöhlenvolumen** ist, desto länger ist potenziell die Überlebensdauer nach einer Lawinenverschüttung. Ein größeres Volumen der Atemhöhle bietet eine größere Oberfläche für den Gasaustausch mit dem umgebenden Schnee, sodass ausgeatmetes CO₂ aus der Atemhöhle in die Schneedecke diffundieren und O₂ aus der Schneedecke in die Atemhöhle diffundieren kann. Die Dichte und Durchlässigkeit des Schnees, der die Atemhöhle umgibt, sind wichtige Faktoren für die Diffusion dieser Gase [14]. Wenn die Atemhöhle groß genug ist, wird die Erstickung verzögert und ein Lawinenopfer kann mehrere Stunden überleben („**Latenzphase**“, 35–90 min nach Verschüttung, [5, 15]).

Hypothermie

Die akzidentelle Hypothermie ist nur bei etwa 1 % der kritisch verschütteten Lawinenopfer die Haupttodesursache, da der Tod durch Trauma oder Ersticken vor dem Tod durch Unterkühlung eintritt. Die durchschnittliche **Abkühlungsrate** während Lawinenverschüttung, Rettung und Transport ins Krankenhaus beträgt ca. 3 °C/h [16]. Die individuelle Abkühlungsgeschwindigkeit variiert zwischen 0,1° bis 9 °C/h und hängt von diversen Faktoren ab [17]. In wenigen Extremfällen ist also in weniger als 60 min eine Abkühlung unter 30 °C und das Auftreten eines **hypothermiebedingten Herz-Kreislauf-Stillstands** möglich [18, 19, 20, 21]. Ein Lawinenunfall kann erstaunlich lange überlebt werden, wenn die richtigen Faktoren zusammenkommen. Das Zusatzmaterial online: **ESM 1** fasst die extremen bisher publizierten Fälle eines Überlebens in einer Lawine zusammen. Vor Kurzem wurde die drittlängste jemals überlebte Lawinenverschüttung publiziert [22]. Um das Verständnis für und die Versorgung von selten auftretenden Notfällen zu verbessern ist, es wichtig, Daten in internationalen Registern zu sammeln, z. B. bezüglich Lawinenverschüttung (<https://www.mountain-registries.org>) und akzidenteller Hypothermie (<https://hypothermia-registry.org>).

Mortalität und Morbidität bei Lawinenunfällen

Das Überleben nach einem Lawinenunfall hängt maßgeblich von folgenden Faktoren ab:

- Verschüttungsgrad,
- Verschüttungszeit,
- Verschüttungstiefe,
- Atemwegsstatus (frei oder verlegt),
- Vorhandensein und Größe der Atemhöhle,
- Schwere des Traumas,
- Eigenschaften des Schnees (u. a. Schneedichte).

Die Überlebenskurve in **Abb. 1** zeigt den rapiden Abfall der Überlebenschance nach einer Lawinenverschüttung als Funktion über die Zeit [3, 12]. Hier werden nochmals die unterschiedlichen Phasen des Lawinenunfalls und die führenden Todesursachen nach der Verschüttung durch eine Lawine dargestellt. Einer der entscheidenden Faktoren, der über das Überleben und die weitere Prognose entscheidet, ist der **Verschüttungsgrad**. Im Allgemeinen wird zwischen nichtkritischer und kritischer Verschüttung unterschieden [2]. Speziell in der initialen Asphyxiephase ist die Überlebenschance entsprechend der Überlebenskurve stark von der **Verschüttungszeit** abhängig. Studien zeigen, dass eine Ortung und das Ausgraben des kritisch Verschütteten innerhalb dieser ersten 15 min unter realistischen Bedingungen auch durch geübte Wintersportler nur selten erreicht wird [23]. Gelingt die Rettung des Verschütteten aus dem Schnee innerhalb dieses Zeitfensters, ist ein Überleben mit > 90 % sehr wahrscheinlich. Umso mehr müssen der Ablauf der Lawinenrettung und die Bedienung der Lawinenrettungsausrüstung, d. h. Lawinenverschüttetensuchgerät (LVS), Lawinsonde und -schaufel, regelmäßig geübt werden, um eine effiziente und rasche Ortung sowie Ausgrabung zu gewährleisten. Die **Ausgrabungszeit** ist direkt proportional zur

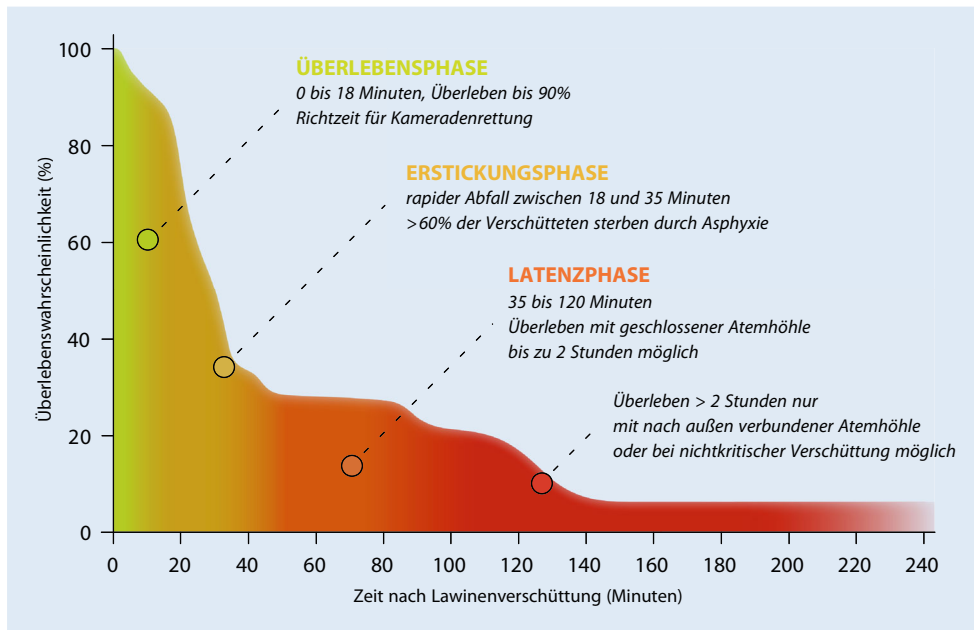


Abb. 1 ◀ Phasen der Überlebenskurve nach Lawinenschüttung: rapider Abfall der Überlebenswahrscheinlichkeit als Funktion über die Zeit

Verschüttungstiefe und beträgt ca. 10 min bei einer Verschüttungstiefe von 1 m [23].

Merke. Ein in der Lawinenrettung geübter Tourenpartner ist die beste Lebensversicherung, da er eine rasche Ortung und Ausgrabung des verschütteten Partners in den kritischen ersten 15 min noch vor Eintreffen der professionellen Rettung ermöglichen kann.

In der darauffolgenden Phase der Verschüttung („Latenzphase“, 15–90 min nach Verschüttung) sind der **Atemwegsstatus** und das Vorhandensein einer Atemhöhle von größter Wichtigkeit. Sind die Atemwege nach Verschüttung frei und besteht zusätzlich eine ausreichend große Atemhöhle, können auch Verschüttungsdauern bis zu 90 min überlebt werden. Die Bildung einer Atemhöhle und die Möglichkeit des Atems nach einer Lawinenschüttung sowie die Diffusion der Gase durch den Schnee sind direkt von den physikalischen Eigenschaften des Schnees (u. a. Schneedichte) abhängig.

Neben der Asphyxie hat auch die Hypothermie einen direkten Einfluss auf die Mortalität und Morbidität bei Lawinenunfällen. Mittlerweile weiß man, dass die meisten Lawinopfer den Herz-Kreislauf-Stillstand normotherm erleiden und erst dann abkühlen. Entsprechend schlecht sind die Chancen auf Überleben und gutes neurologisches Outcome [24, 25]. In jedem Fall muss die Hypothermie als mögliche Ursache für den Herz-Kreislauf-Stillstand bei einer Verschüttungsdauer von 60 min und länger in Kombination mit freien, nicht durch Schnee verschlossenen Atemwegen in Betracht gezogen werden. Ab 60 min Verschüttungsdauer sollte bei einem Patienten im Herz-Kreislauf-Stillstand und mit freien Atemwegen von einem hypothermen Herz-Kreislauf-Stillstand ausgegangen und die **kardiopulmonale Reanimation** (CPR) entsprechend durchgeführt werden [19]. Mittermair et al. stellen Extrembeispiele von Patienten, die trotz langer Verschüttungszeit und profunder Hypothermie mit erhaltenem **Spontankreislauf** geborgen werden konnten, vor [17]. Nur wenige Lawi-

nenopfer überleben eine Verschüttung von 120 und mehr Minuten („**Langzeitüberlebensphase**“, > 90 min nach Verschüttung). Das Überleben einer derart langen Verschüttungszeit ist im Fall einer kritischen Verschüttung nur mit einer mit der Umgebungsluft kommunizierenden Atemhöhle oder im Falle einer nichtkritischer Verschüttung möglich, da eine kontinuierlichen O₂-Zufuhr und die Abatmung von CO₂ unabdingbar sind (Abb. 1). Wenige Stunden nach erfolgter Ausgrabung kann es zu einem **Unterdrucklungenödem** („negative pressure pulmonary edema“, NPPE) kommen. Dies ist ein klinisches Phänomen, das durch die Erzeugung eines hohen Unterdrucks in den Atemwegen während der versuchten Inspiration bei einer Obstruktion der oberen Atemwege (wie bei kritischer Verschüttung) entsteht.

Diagnostik/„on-site treatment“

Kernaussage.

- Die Sicherheit der Retter hat oberste Priorität.
- Beginn und Dauer eines Lawinenrettungseinsatzes müssen dem Risiko angepasst, bei hoher Gefahr kritisch hinterfragt und evtl. auch abgebrochen sowie zu einem späteren Zeitpunkt wieder aufgenommen werden.

Ortung und Rettung auf dem Lawinenkegel

Aufgrund der äußerst zeitkritischen Gefahr der Asphyxie hängt das Überleben der Lawinenopfer zum größten Teil von der sofortigen Rettung der Verschütteten ab. Die stark **zeitabhängige Überlebensrate** unterstreicht die Bedeutung der sofortigen Rettung durch nichtverschüttete Kameraden [26]. Die Überlebenswahrscheinlichkeit kann 4-mal höher sein, wenn das Opfer von unverletzten Begleitern gerettet wird, als bei einer organisierten Rettung, da die unverschütteten Kameraden das Lawinenopfer im Idealfall in weniger als 15 min orten und ausgraben können

[26]. Die organisierte Rettung schafft es erst in 15–30 min, den Lawinenkegel zu erreichen. Zusammenfassend beträgt die Überlebensrate von kritisch verschütteten Lawinenopfern ~80 %, wenn das Lawinenopfer von Kameraden rasch geortet, ausgegraben und gerettet wird, gegenüber <20 %, wenn es von der Notarztthubschrauberbesatzung und der Bergrettung/Bergwacht gerettet wird [26].

Diagnostik und Therapie

Im Lawinenrettungseinsatz von professionellen Rettern gilt der Grundsatz, dass die Rettung und die **Erstbeurteilung** so vorsichtig wie möglich und nicht so schnell wie möglich durchgeführt werden müssen, da die zeitkritische Phase der ersten 60 min bis zu deren Eintreffen meist schon verstrichen ist. Die Retter sollten zunächst die Lage des Opfers beurteilen und sich dann einen Zugang zum Kopf des Opfers verschaffen. Es folgt eine Überprüfung der Atemwege und einer potenziellen Atemhöhle, also ob sich vor Mund und Nase ein Freiraum befindet, und ob die Atemwege frei sind oder durch Schnee blockiert werden. Diese Einschätzung ist entscheidend für die Entscheidung über Wiederbelebung und Transport und soll idealerweise von einem **Notarzt** erfolgen. Wenn die Lage des Opfers es zulässt, sollte die erste Beurteilung der Atemwege und der Vitalzeichen vor der vollständigen Ausgrabung erfolgen [27]. Zudem sollte so schnell wie möglich ein **Elektrokardiogramm** angelegt werden, da die Erkennung von Herzrhythmusstörungen, die im Rahmen der Bewegung des Patienten ausgelöst werden können, von größter Relevanz ist [28].

Des Weiteren muss die **Körperkerntemperatur**, entweder mithilfe eines **Epitympanalthermometers** bei Nichtintubierten oder einer Temperatursonde im Ösophagus bei Intubierten gemessen werden [29]. Eine **Ösophagustemperatursonde**, die mit dem distalen Ende im unteren Drittel der Speiseröhre platziert wird, gilt als Goldstandard für intubierte Patienten oder bei Patienten im Herz-Kreislauf-Stillstand [30]. Die epitympanale Messung mithilfe eines Thermistors ist eine zuverlässige Alternative bei wachen und spontan atmenden Patienten, kann aber in sehr kalter Umgebung eine falsch-niedrige Temperatur anzeigen [31]. Ist kein Thermometer vorhanden, sollte die modifizierte Schweizer Stadieneinteilung angewendet werden (**Tab. 1**). Hintergrund ist, dass der **Bewusstseinszustand** am besten von allen Vitalparametern mit dem Risiko eines hypothermiebedingten Herz-Kreislauf-Still-

stands korreliert [32]; eine Intoxikation oder ein Schädel-Hirn-Trauma verunmöglichen die Anwendung der modifizierten Schweizer Stadieneinteilung.

Die **Pulsoxymetrie** ist nicht zwingend erforderlich, da sie bei Kälteexposition aufgrund der peripheren Vasokonstriktion nicht einsetzbar oder ungenau sein kann [27]. Sobald das Lawinenopfer ausgegraben ist, sollte eine erste Beurteilung der Vitalzeichen und von offensichtlichen Verletzungen (**Traumacheck**) vorgenommen werden. Der Herzrhythmus und die Kerntemperatur sollten während der gesamten Rettung kontinuierlich überwacht werden, um einen lebensbedrohlichen Abfall der Körpertemperatur („**afterdrop**“) oder Herz-Kreislauf-Stillstand im Rahmen der Bergung („**Bergetod**“) frühzeitig erkennen zu können [27]. Idealerweise werden im Zuge dieser Evaluierung und dieses Monitorings auch gleich **Defibrillator-Pads** angebracht und das Lawinenopfer vor weiterer Auskühlung nach erfolgter Rettung aus dem Schnee geschützt [7].

Trauma-Management

Aktuelle Wiederbelebungsempfehlungen betonen die **schonen de Rettung** des Körpers und die Anwendung von **Immobilisierungsmaßnahmen** der Wirbelsäule bei allen Lawinenopfern [19, 33]. Allgemeine Konzepte der Traumabehandlung gelten auch für Lawinenopfer: Die aktuellen Guidelines unterstreichen die **frühzeitige Blutstillung** (ggf. mithilfe des Tourniquets), Erstversorgung gemäß dem „**Damage control**“-Konzept, das Atemwegsmanagement, die Stabilisierung der lebensbedrohlichen Verletzungen und den sofortigen Abtransport zur definitiven Versorgung [34, 35]. Bei schweren Schädel-Hirn-Traumata, z. B. GCS-Werten <9, werden eine frühzeitige **endotracheale Intubation** und **normokapnische Beatmung** empfohlen. Ebenso sollte ein ausreichender **zerebraler Perfusionsdruck** durch Erhaltung eines systolischen Blutdrucks ≥ 110 mm Hg bzw. eines arteriellen Mitteldrucks ≥ 80 mm Hg aufrechterhalten werden [36, 37]. Ein rascher Transport in ein entsprechendes **Traumazentrum** (Level 1) mit den notwendigen Spezialisierungen (z. B. Herz-, Thorax-, Neurochirurgie) ist essenziell. Bei Opfern eines **traumatischen Herz-Kreislauf-Stillstands** ist die Überlebensrate gering; eine verlängerte CPR ist mit schlechten neurologischen Ergebnissen verbunden [27].

Tab. 1 Modifizierte Schweizer Stadieneinteilung zur Einstufung der akzidentellen Hypothermie. (Adaptiert nach Musi et al. [32])

	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4
Klinische Befunde ^a	Wach ↓	Reaktion auf Ansprache ↓	Reaktion auf Schmerz ↓	Bewusstlos <i>und</i> keine erkennbaren Lebenszeichen ^b ↓
Risiko eines Herz-Kreislauf-Stillstands	Niedrig	Mäßig	Hoch	Hypothermer Herz-Kreislauf-Stillstand

Das englische **AVPU** („alert, voice, pain, unconscious“) kann im Deutschen mit dem Akronym **WASB** (wach, Ansprache, Schmerz, bewusstlos) angewendet werden [32]

^aIn der modifizierten Schweizer Stadieneinteilung zur Einstufung der akzidentellen Hypothermie entspricht „wach“ einem GCS-Wert von 15; „Ansprache“ einem GCS-Wert von 9–14, einschließlich verwirrter Patienten; „Schmerz“ und „bewusstlos“ entsprechen einem GCS-Wert <9. Obwohl Zittern in der modifizierten Schweizer Stadieneinteilung nicht als stadienbestimmendes Zeichen verwendet wird, bedeutet sein Vorhandensein, dass die Temperatur >30 °C beträgt; eine Temperatur, bei der ein hypothermer Herz-Kreislauf-Stillstand unwahrscheinlich ist [40]

^bKeine Atmung, kein fühlbarer Karotis- oder Femoralispuls, kein messbarer Blutdruck. Prüfen der Lebenszeichen (Puls und insbesondere Atmung) bis zu 1 min [19]

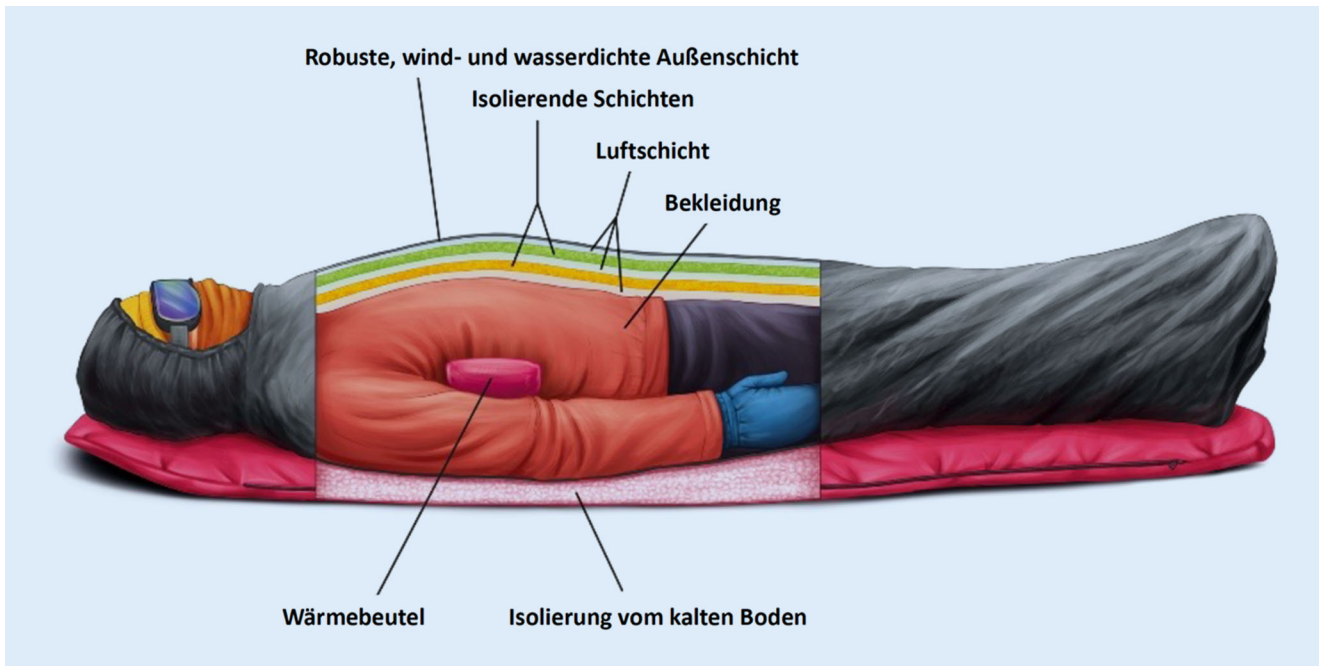


Abb. 2 ▲ Mehrschichtige Isolierung eines Lawinenopfers. (Aus Paal et al. [38])

Hypothermie-Management

Bei allen bewusstlosen Lawinenopfern, die nicht innerhalb der ersten 35 min nach der Verschüttung an einer Asphyxie verstorben sind, sollte von einer Hypothermie ausgegangen werden, insbesondere bei einer Verschüttungszeit > 60 min [18]. Die Rettung sollte behutsam, mit möglichst wenig Bewegung und unter Immobilisierung erfolgen, um einen „Bergetod“, also einen hypothermieinduzierten Herz-Kreislauf-Stillstand im Rahmen der Rettung, zu vermeiden. Wenn das Opfer weder zittert noch sich bewegt, kann die Exposition gegenüber Kälte und Wind nach der Befreiung mit einer sehr raschen Abkühlung einhergehen. Dies steigert zudem das Risiko für eine tödliche **kälteinduzierte Arrhythmie**, meist Kammerflimmern oder Asystolie [32]. Für alle immobilen Lawinenopfer sind eine Isolierung während der gesamten prähospitalen Versorgung und eine externe Wärmezufuhr unmittelbar nach der Rettung aus dem Schnee obligatorisch. Das Entfernen der nassen Kleidung erhöht den Komfort des Opfers, bewirkt aber in einer kalten oder windigen Umgebung ein rasches Auskühlen und ist nicht notwendig, wenn das Opfer luftdicht und mehrschichtig isoliert werden kann (Abb. 2; [33]).

Stark unterkühlte Lawinenopfer mit einer Kerntemperatur $< 30^{\circ}\text{C}$, einem systolischen Blutdruck < 90 mm Hg, ventrikulärer Arrhythmie oder einer anderen kardialen Instabilität sollten direkt in ein überregionales Traumazentrum (Level 1), das eine Herzchirurgie, die Möglichkeit zur extrakorporalen Lebenserhaltung („extracorporeal life support“, ECLS) und die Wiedererwärmung bei hypothermiebedingtem Herz-Kreislauf-Stillstand vorhält, transportiert werden (Abb. 3 und 4; [19, 27]).

Transport und intrahospitale Therapie

Der Transport eines Lawinenopfers sollte angesichts einer potenziellen raschen Zustandsverschlechterung dringlich organisiert werden. Bei der Wahl des Zielkrankenhauses (Level-1-Traumazentrum mit Herzchirurgie vs. regionales Krankenhaus) sollten lawinenassoziierte Verletzungen und die Körpertemperatur berücksichtigt werden (Abb. 2 und 3).

Durch eine detaillierte und **strukturierte Vorankündigung** im Zielkrankenhaus sollen die wichtigsten Informationen der Lawinenverschüttung, einschließlich kritische vs. nichtkritische Verschüttung, Verschüttungsdauer, Körperkerntemperatur, Kreislauf bei Ausgrabung, aktuelle Vitalparameter, Begleitverletzungen, medizinische Interventionen, sowie benötigte Ressourcen im Krankenhaus und evtl. Art der laufenden CPR, klar mitgeteilt werden.

Vor dem Transport unter laufender CPR von Patienten im therapierefraktären Herz-Kreislauf-Stillstand muss die **kritische Nutzenfrage** gestellt werden. Es soll ein Transport von Lawinenopfern mit nichtgegebenen Überlebenschancen vermieden werden, z. B. bei Verschüttung länger als 60 min, verlegten Atemwegen und Asystolie bei Auffinden [2]. Die Therapie des Lawinenopfers folgt dem kürzlich publizierten Algorithmus der Internationalen Kommission für Alpine Notfallmedizin (ICAR MedCom, [2]). Grundsätzlich ist festzuhalten, dass bei einem Herz-Kreislauf-Stillstand nach einer Verschüttungsdauer ≤ 60 min (oder einer Körperkerntemperatur $\geq 30^{\circ}\text{C}$) die Hypothermie als Ursache höchst unwahrscheinlich ist. In diesem Fall gelten die European-Resuscitation-Council(ERC)-Empfehlungen 2021 für die Versorgung eines Patienten mit normothermem Herz-Kreislauf-Stillstand [19], und die Maßnahmen können nach 20 min frustrierender CPR ohne „return of spontaneous circulation“ (ROSC) beendet werden. Der Patient ist in diesem Fall nicht an der Hypothermie, sondern an einem Trauma oder ei-

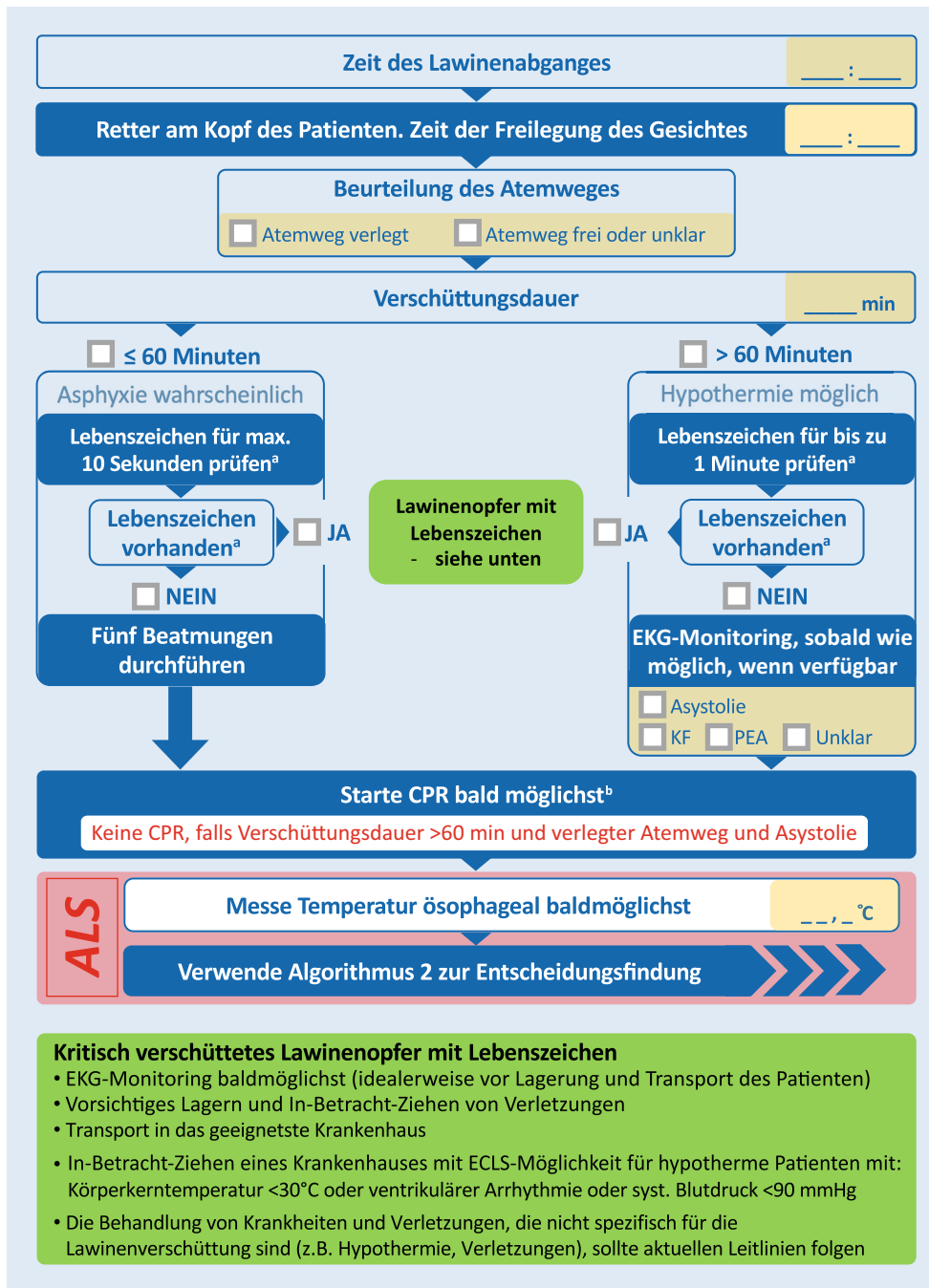


Abb. 3 ◀ Initiales Management eines kritisch verschütteten Lawinenopfers. ALS Advanced Life Support, CPR kardiopulmonale Reanimation, ECLS „extracorporeal life support“, KF Kammerflimmern, PEA pulslose elektrische Aktivität. ^aLebenszeichen gemäß AVPU-Schema („alert, voice, pain, unresponsive“) beinhaltet A, V oder P oder einen Wert >3 auf der Glasgow Coma Scale, jegliche ersichtliche Bewegung, Atemanstrengung oder tastbare A.-carotis- oder A.-femoralis-Pulse (für erfahrene ALS Provider). ^bStandardalgorithmus Herzdruckmassage/Beatmungen. Medikamentendosierung und Defibrillation, abhängig von Körperkerntemperatur (KKT) oder, falls nicht verfügbar, Verschüttungsdauer. Bei persistierendem KF nach 3 Defibrillationen, keine weiteren Defibrillationen bis KKT ≥30°C. Keine Adrenalingabe bei KKT <30°C. (Aus Pasquier et al. [2], © ICAR MedCom, mit freundlicher Genehmigung. Den Algorithmus finden Sie zum Download im Zusatzmaterial online: ESM 2)

ner Asphyxie verstorben. Wenn aber die Dauer der Verschüttung > 60 min beträgt (oder die Körperkerntemperatur < 30°C ist) und das Lawinenopfer mit Herz-Kreislauf-Stillstand und freien Atemwegen aufgefunden wird, sollte der Transport unter kontinuierlicher CPR zu einem Krankenhaus mit der Möglichkeit einer „**Extracorporeal-life-support**“-Wiederaufwärmung erfolgen. Wenn ein direkter Transport zu einem ECLS-Zentrum nicht rechtzeitig, z.B. innerhalb 6 h, möglich ist, sollten eine Non-ECLS-Wiedererwärmung im bestgeeigneten Krankenhaus erfolgen [39]. Die Triage erfolgt anhand des auf 6 Parametern beruhenden Hypothermia Outcome Prediction after Extracorporeal Life Support for Hypothermic Cardiac Arrest Patients (HOPE) Score (<https://www.hypothermiascore.org>)

und nicht mehr nur nach den Serum-Kalium-Werten [40, 41]. Ist die Berechnung des HOPE-Scores nicht möglich, kann bei einer Körpertemperatur < 30°C der **Kaliumspiegel** > 7 mmol/l als Abbruchkriterium einer CPR in Betracht gezogen werden [19]. Der HOPE-Score ist das empfohlene Prognoseinstrument für Patienten im Herz-Kreislauf-Stillstand mit einer Körpertemperatur < 30°C. Im Fall von kritisch verschütteten Lawinenopfern sollte beim HOPE-Score als Herz-Kreislauf-Stillstand-Ursache Asphyxie angegeben werden.

Alle Lawinenopfer mit kardiovaskulärer Instabilität (d.h. ventrikuläre Arrhythmien oder einem systolischen Blutdruck < 90 mm Hg) sowie einer Kerntemperatur < 28°C sollten in ein ECLS-Zentrum

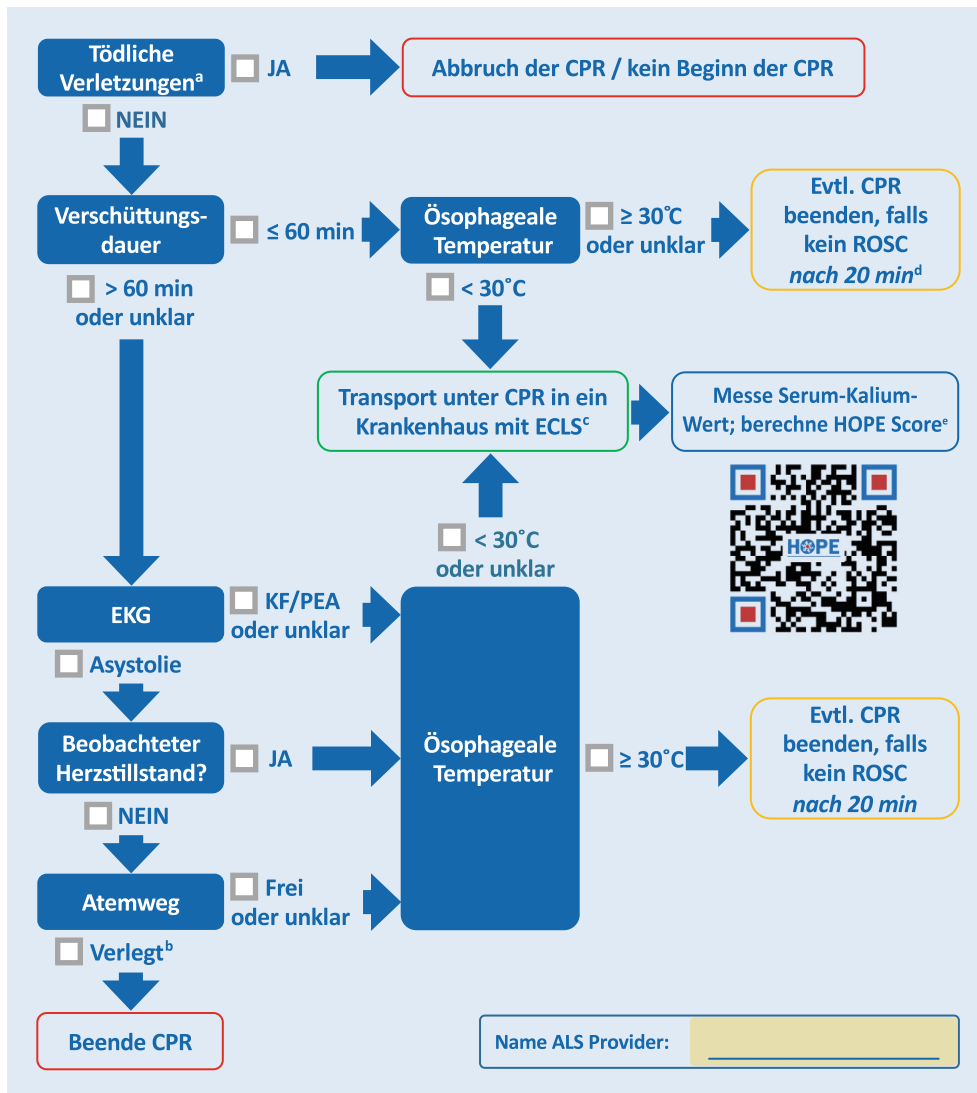


Abb. 4 ▲ Entscheidungsalgorithmus für die erweiterte Therapie von kritisch verschütteten Lawinenofern im Herz-Kreislauf-Stillstand. CPR kardiopulmonale Reanimation, ECLS „extracorporeal life support“, KF Kammerflimmern, PEA pulslose elektrische Aktivität, ROSC „return of spontaneous circulation“. ^aPrüfe auf tödliche Verletzungen: Dekapitation; Durchtrennung des Rumpfes. Falls vorhanden, kardiopulmonale Reanimation (CPR) nicht starten. ^bEin „verlegter“ oder „blockierter“ Atemweg setzt voraus, dass sowohl Nase als auch Mund vollständig mit kompaktem Schnee oder anderen Ablagerungen verlegt sind. ^cBei einem tief hypothermen Patienten (<28°C) kann die CPR verzögert erfolgen, falls diese am Unfallort zu gefährlich ist. Eine intermittierende CPR kann bei technisch schwierigem Transport durchgeführt werden. ^dSteht keine Körperkerntemperatur (KKT)-Messung zur Verfügung, kann nach dem Ermessen des Retters trotz einer Verschüttungsdauer ≤ 60 min bei einem Opfer mit freiem Atemweg und ohne Lebenszeichen ein hypothermer Herz-Kreislauf-Stillstand in Betracht gezogen werden, wenn die Möglichkeit einer sehr schnellen Abkühlung besteht (z.B. Verschüttung im Aufstieg, sehr dünne oder zierliche Person, minimal bekleidet, Schwitzen vor der Verschüttung). ^eIm Krankenhaus sollte die Prognostizierung einer erfolgreichen Wiedererwärmung eines Lawinenoferns die Abschätzung der Überlebenswahrscheinlichkeit anhand des Hypothermia Outcome Prediction after Extracorporeal Life Support for Hypothermic Cardiac Arrest Patients (HOPE) Score beinhalten. Bestehen Zweifel, ob das Lawinenofer trotz kritischer Verschüttung erstickt sein könnte, sollte der HOPE-Score mit der Option „non asphyxia“ berechnet werden. Dies reduziert das Risiko einer medizinischen Unterversorgung. Falls der HOPE-Score nicht berechnet werden kann, kann die Kombination aus Serum-Kalium-Wert < 7 mmol/l und KKT < 30°C zur Indikationsstellung einer ECLS-Erwärmung verwendet werden. (Aus Pasquier et al. [2], © ICAR MedCom, mit freundlicher Genehmigung. Den Algorithmus finden Sie zum Download im Zusatzmaterial online: ESM 2)

transportiert werden [19]. Dort sollte eine Wiedererwärmung mithilfe nichtinvasiver und extern aktiver Maßnahme, d.h. Warmluftgebläse und warmen Infusionen, erfolgen. Falls der Patient einen hypothermieinduzierten Herz-Kreislauf-Stillstand erleiden sollte, kann umgehend eine ECLS idealerweise mit Wiedererwärmung mithilfe der **extrakorporalen Membranoxygenierung (ECMO)** erfolgen (Zusatzmaterial online: ESM 3).

Individuelle Prognose

Die zentrale Frage bei der Erstellung einer individuellen Prognose ist der zeitliche Zusammenhang von Hypothermie und Asphyxie. Tritt die Asphyxie vor der Hypothermie ein, senkt dies die Prognose deutlich. Nur in Fällen, in denen eine Assoziation des Herz-Kreislauf-Stillstands mit einer Asphyxie ausgeschlossen werden kann, z.B. bei Vorliegen eines freien Atemwegs und einer großen Atemhöhle, die mit der Atmosphäre verbunden ist, kann die Auswahl Hypothermie ohne Asphyxie gewählt werden [27]. Aussagekräftige Daten für seine prognostische Sensitivität und Spezifität für hypotherme Lawinenopfer sind hingegen rar, weshalb Behandlungsentscheidungen für Lawinenopfer durch den HOPE-Score unterstützt werden können, aber nicht ausschließlich auf dem Ergebnis dieser Berechnung beruhen sollten [42].

Resümee

Die Mortalität von kritisch verschütteten Lawinenopfern beträgt etwa 50%. Die häufigste Todesursache ist die Asphyxie, gefolgt von Traumata, während die Hypothermie als Ursache für den Herz-Kreislauf-Stillstand selten ist. **Schwere Hypothermie** hat jedoch eine **neuroprotektive Wirkung**; daraus resultiert, dass ein hypothermer Herz-Kreislauf-Stillstand mit einer günstigen Prognose verbunden ist. Ein Lawinenopfer, bei dem ein nach der Bergung eingetretener Herz-Kreislauf-Stillstand vorliegt, hat gute Chancen auf Überleben mit einem guten neurologischen Outcome. Die klare Unterscheidung zwischen einem asphyktischen und hypothermen Herz-Kreislauf-Stillstand ermöglicht neben einer optimierten Triage auch ein optimiertes **Ressourcenmanagement**. Das initiale Management von Lawinenopfern mit einem Herz-Kreislauf-Stillstand nach einer kurzen (60 min) Verschüttungsdauer muss sich auf die Beatmung konzentrieren. Das Management des Herz-Kreislauf-Stillstands nach langer Verschüttungsdauer (> 60 min) umfasst eine verlängerte Überprüfung auf Lebenszeichen (1 min) und der Vitalparameter sowie die Diagnostik von Hypothermie. Lawinenopfer mit einer Verschüttungsdauer > 60 min, verschlossenen Atemwegen und Asystolie sollten nicht wiederbelebt werden. Jene mit einer Kerntemperatur < 30°C sowie jene mit einer unbekanntenen Kerntemperatur, aber mit einer langen Verschüttungsdauer (> 60 min) und beobachtetem Herz-Kreislauf-Stillstand oder einem Herzrhythmus wie Kammerflimmern („ventricular fibrillation“, VF) oder pulsloser elektrischer Aktivität (PEA), sollten unter laufender CPR in ein Krankenhaus mit ECLS-Möglichkeiten transportiert werden.

Fazit für die Praxis

- Bei Lawinenverschüttung sind die Asphyxie die häufigste (> 70%) und der hypotherme Herz-Kreislauf-Stillstand die seltenste Todesursache (< 5%).
- Nur wenige Lawinenopfer überleben einen Herz-Kreislauf-Stillstand schadlos.
- Lawinenverschüttete, bei denen der Herz-Kreislauf-Stillstand unmittelbar vor oder nach der Bergung eingetreten ist, haben gute Chancen auf ein Überleben mit gutem neurologischen Outcome.
- Wichtig ist die kardiopulmonale Basisreanimation (BLS) durch die Kameraden vor Ort.
- Das Management der Lawinenverschütteten im Herz-Kreislauf-Stillstand nach einer Verschüttungsdauer > 60 min umfasst bei möglichem hypothermieinduzierten Herz-Kreislauf-Stillstand (Körpertemperatur < 30 °C):
 - eine verlängerte Überprüfung auf Lebenszeichen (1 min) sowie eine Analyse von Herzrhythmus und Körpertemperatur und
 - eine möglichst kontinuierliche kardiopulmonale Reanimation bis zum Beginn einer extrakorporalen Erwärmung, falls der Hypothermia Outcome Prediction after Extracorporeal Life Support for Hypothermic Cardiac Arrest Patients (HOPE) Score > 10 beträgt.

Korrespondenzadresse

Dr. med. univ. Bernd Wallner, PhD, EDAIC

Universitätsklinik für Anästhesie und Intensivmedizin, Medizinische Universität Innsbruck
Anichstraße 35, 6020 Innsbruck, Österreich
bernd.wallner@i-med.ac.at

Dr. med. univ. Bernd Wallner ist Facharzt für Anästhesie und Intensivmedizin; Flugrettungsarzt, Notarzt, Alpin- und Höhenmediziner, Allgemeinmediziner in Innsbruck

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. Gemäß den Richtlinien des Springer Medizin Verlags werden Autoren und Wissenschaftliche Leitung im Rahmen der Manuskripterstellung und Manuskriptfreigabe aufgefordert, eine vollständige Erklärung zu ihren finanziellen und nichtfinanziellen Interessen abzugeben.

Autoren. B. Wallner: A. Finanzielle Interessen: B. Wallner gibt an, dass kein finanzieller Interessenkonflikt besteht. – B. Nichtfinanzielle Interessen: Universitätsfacharzt an der Universitätsklinik für Anästhesie und Intensivmedizin an der Medizinischen Universität Innsbruck | Mitgliedschaften: Österr. Gesellschaft für Alpin- und Höhenmedizin, Christophorus Flugrettungsverein des ÖAMTC, Österr. Rotes Kreuz. **S. Rauch:** A. Finanzielle Interessen: Wissenschaftspreis „Junior Research Award Südtirol“, erhalten von der Autonomen Provinz Bozen-Südtirol im Jahr 2021. – Referentenhonorar von der „Deutschen Gesellschaft für Berg- und Expeditionsmedizin“, der „Alpinärzteschmiede“ sowie den „Höhenmedizinischen Intensivkursen“. – B. Nichtfinanzielle Interessen: Oberarzt an der Abteilung für Anästhesie und Intensivmedizin am Krankenhaus Meran, Südtiroler Sanitätsbetrieb (IT); Senior Researcher am Institut für alpine Notfallmedizin, Eurac Research, Bozen (IT); Ärztlicher Leiter des Bergrettungsdienstes im AVS Südtirol; Mitglied der Traumakommission des Italian Resuscitation Council | Mitgliedschaften: ESICM, ESAIC, BexMed, ÖGHAM. **F. Eisendle:** A. Finanzielle Interessen: Stipendium betreffend das Forschungsjahr 2023 am Institut für Alpine Notfallmedizin, Eurac Research (Bozen, Italien) im Rahmen des Clinical-PhD-Studiums an der Medizinischen Universität Innsbruck. – B. Nichtfinanzielle Interessen: Arzt in Ausbildung zum Facharzt für Anästhesie und Intensivmedizin, Medizinische Universität Innsbruck | Mitgliedschaft: Österreichische Gesellschaft für Alpin- und Höhenmedizin. **P. Paal:**

A. Finanzielle Interessen: P. Paal gibt an, dass kein finanzieller Interessenkonflikt besteht. – B. Nichtfinanzielle Interessen: Facharzt für Anästhesie und Intensivmedizin in der Abteilung für Anästhesie und Intensivmedizin, Krankenhaus Barmherzige Brüder, Paracelsus Medizinische Universität, Salzburg, Österreich | Wissenschaftlicher Leiter der Internationalen Kommission für Alpine Notfallmedizin (ICAR MedCom); Präsident des Österreichischen Kuratoriums für Alpine Sicherheit – ÖKAS; Vizepräsident der Österreichischen Gesellschaft für Alpin- und Höhenmedizin (ÖGAHM); Vizepräsident der International Society of Mountain Medicine (ISMM); Medizinischer Leiter der Alpinärztekurse der ÖGAHM; European Resuscitation Council – Advanced Life Support (ALS) – Science and Education Committee | Mitgliedschaft: Bergrettungsdienst im Alpenverein Südtirol (BRD im AVS).

Wissenschaftliche Leitung. Die vollständige Erklärung zum Interessenkonflikt der Wissenschaftlichen Leitung finden Sie am Kurs der zertifizierten Fortbildung auf www.springermedizin.de/cme.

Der Verlag erklärt, dass für die Publikation dieser CME-Fortbildung keine Sponsorengelder an den Verlag fließen.

Für diesen Beitrag wurden von den Autor/-innen keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Literatur

- European Avalanche Warning Services (2023) Fatalities statistics of the EAWS. Innsbruck, Austria: Office of the Tyrolean Provincial Government. <https://www.avalanches.org/fatalities/fatalities-statistics/>
- Pasquier M, Strapazzon G, Kottmann A et al (2023) On-site treatment of avalanche victims: Scoping review and 2023 recommendations of the international commission for mountain emergency medicine (ICAR MedCom). *Resuscitation* 184:
- Haegeli P, Falk M, Brugger H, Etter HJ, Boyd J (2011) Comparison of avalanche survival patterns in Canada and Switzerland. *Cmaj* 183(7):789–795
- Brugger H, Etter HJ, Zweifel B et al (2007) The impact of avalanche rescue devices on survival. *Resuscitation* 75(3):476–483
- Brugger H, Sumann G, Meister R et al (2003) Hypoxia and hypercapnia during respiration into an artificial air pocket in snow: implications for avalanche survival. *Resuscitation* 58(1):81–88
- Paal P, Strapazzon G, Braun P et al (2013) Factors affecting survival from avalanche burial—a randomised prospective porcine pilot study. *Resuscitation* 84(2):239–243
- Brugger H, Durrer B, Elsensohn F et al (2013) Resuscitation of avalanche victims: Evidence-based guidelines of the international commission for mountain emergency medicine (ICAR MEDCOM): intended for physicians and other advanced life support personnel. *Resuscitation* 84(5):539–546
- Brugger H, Durrer B, Adler-Kastner L et al (2001) Field management of avalanche victims. *Resuscitation* 51(1):7–15
- Procter E, Strapazzon G, Dal Cappello T et al (2016) Burial duration, depth and air pocket explain avalanche survival patterns in Austria and Switzerland. *Resuscitation* 105:173–176
- Hohlrieder M, Brugger H, Schubert HM et al (2007) Pattern and severity of injury in avalanche victims. *High Alt Med Biol* 8(1):56–61
- Johnson SM, Johnson AC, Barton RG (2001) Avalanche trauma and closed head injury: adding insult to injury. *Wilderness Environ Med* 12(4):244–247
- Falk M, Brugger H, Adler-Kastner L (1994) Avalanche survival chances. *Nature* 368(6466):21
- Strapazzon G, Paal P, Schweizer J et al (2017) Effects of snow properties on humans breathing into an artificial air pocket—an experimental field study. *Sci Rep* 7(1):17675
- Grissom CK, Radwin MI, Harmston CH et al (2000) Respiration during snow burial using an artificial air pocket. *JAMA* 283(17):2266–2271
- Grissom CK, Radwin MI, Scholand MB et al (1985) Hypercapnia increases core temperature cooling rate during snow burial. *J Appl Physiol* 96(4):1365–1370
- Locher T, Walpoth BH (1996) Differential diagnosis of circulatory failure in hypothermic avalanche victims: retrospective analysis of 32 avalanche accidents. *Praxis* 85(41):1275–1282
- Mittermair C, Foidl E, Wallner B et al (2021) Extreme Cooling Rates in Avalanche Victims: Case Report and Narrative Review. *High Alt Med Biol* 22(2):235–240
- Boyd J, Brugger H, Shuster M (2010) Prognostic factors in avalanche resuscitation: a systematic review. *Resuscitation* 81(6):645–652
- Lott C, Truhlar A, Alfonso A et al (2021) European Resuscitation Council Guidelines 2021: Cardiac arrest in special circumstances. *Resuscitation* 161:152–219
- Eidenbenz D, Techel F, Kottmann A et al (2021) Survival probability in avalanche victims with long burial (>=60 min): A retrospective study. *Resuscitation* 166:93–100
- Rauch S, Kompatscher J, Clara A et al (2023) Critically buried avalanche victims can develop severe hypothermia in less than 60 min. *Scand J Trauma Resusc* 31(1)
- Wallner B, Lienhart H (2024) Cools EPP Surviving 20 hours of critical avalanche burial and a core temperature of 22.5 °C. *Wilderness Environ Med*
- Wallner B, Moroder L, Brandt A, Mair P et al (2019) Extrication Times During Avalanche Companion Rescue: A Randomized Single-Blinded Manikin Study. *High Alt Med Biol* 20(3):245–250
- Moroder L, Mair B, Brugger H et al (2015) Outcome of avalanche victims with out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 89:114–118
- Boué Y, Payen JF, Brun J et al (2014) Survival after avalanche-induced cardiac arrest. *Resuscitation* 85(9):1192–1196
- Mair P, Frimmel C, Vergeiner G et al (2013) Emergency medical helicopter operations for avalanche accidents. *Resuscitation* 84(4):492–495
- Rauch S, Strapazzon G, Brugger H (2021) On-Site Medical Management of Avalanche Victims-A Narrative Review. *Int J Environ Res Public Health* 18(19)
- Strapazzon G, Beikircher W, Procter E, Brugger H (2012) Electrical heart activity recorded during prolonged avalanche burial. *Circulation* 125(4):646–647
- Strapazzon G, Procter E, Paal P, Brugger H (2014) Pre-hospital core temperature measurement in accidental and therapeutic hypothermia. *High Alt Med Biol* 15(2):104–111
- Pasquier M, Paal P, Kosinski S et al (2020) Esophageal Temperature Measurement. *N Engl J Med* 383(16):e93
- Strapazzon G, Procter E, Putzer G et al (2015) Influence of low ambient temperature on epitympanic temperature measurement: a prospective randomized clinical study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 23:90
- Musi ME, Sheets A, Zafren K et al (2021) Clinical staging of accidental hypothermia: The Revised Swiss System: Recommendation of the International Commission for Mountain Emergency Medicine (ICAR MedCom). *Resuscitation* 162:182–187
- Van Tilburg C, Grissom CK, Zafren K et al (2017) Wilderness Medical Society Practice Guidelines for Prevention and Management of Avalanche and Nonavalanche Snow Burial Accidents. *Wilderness Environ Med* 28(1):23–42
- Sumann G, Moens D, Brink B, Brodmann Maeder M et al (2020) Multiple trauma management in mountain environments—a scoping review: Evidence based guidelines of the International Commission for Mountain Emergency Medicine (ICAR MedCom). *Intended for physicians and other advanced life support personnel. Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 28(1):117
- Spahn DR, Bouillon B, Cerny V et al (2019) The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: fifth edition. *Crit Care* 23(1):98
- Picetti E, Catena F, Abu-Zidan F et al (2023) Early management of isolated severe traumatic brain injury patients in a hospital without neurosurgical capabilities: a consensus and clinical recommendations of the World Society of Emergency Surgery (WSES) (vol 18, 5, 2023). *World J Emerg Surg* 18(1)
- Rossaint R, Afshari A, Bouillon B et al (2023) The European guideline on management of major bleeding and coagulopathy following trauma: sixth edition. *Crit Care* 27(1)
- Paal P, Pasquier M, Darocha T et al (2022) Accidental Hypothermia: 2021 Update. *Int J Environ Res Public Health* 19(1)
- Paal P, Gordon L, Strapazzon G et al (2016) Accidental hypothermia—an update: The content of this review is endorsed by the International Commission for Mountain Emergency Medicine (ICAR MEDCOM). *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 24(1):111
- Pasquier M, Hugli O, Paal P et al (2018) Hypothermia outcome prediction after extracorporeal life support for hypothermic cardiac arrest patients: The HOPE score. *Resuscitation* 126:58–64
- Pasquier M, Rousson V, Darocha T et al (2019) Hypothermia outcome prediction after extracorporeal life support for hypothermic cardiac arrest patients: An external validation of the HOPE score. *Resuscitation* 139:321–328
- Wallner B, Putzer G, Mair P (2022) Prognostication of cardiac arrest in avalanche victims. *Resuscitation* 171:121–122

Hinweis des Verlags. Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.



Lawinenrettung 2024 – aktuelle Empfehlungen

Zu den Kursen dieser Zeitschrift: Scannen Sie den QR-Code oder gehen Sie auf www.springermedizin.de/kurse-notfall-und-rettungsmedizin

- ? Welches ist die häufigste Todesursache nach kritischer Lawinenverschüttung?**
- Hypothermie
 - Schwere Trauma
 - Asphyxie
 - Hyperkaliämie
 - Hypovolämie
- ? Welche Methode gilt als Goldstandard der präklinischen Messung der Körperkerntemperatur bei Lawinenopfern im Herz-Kreislauf-Stillstand?**
- Epitympanale Temperaturmessung mithilfe eines Thermistors
 - Ösophageale Temperaturmessung
 - Blasen temperaturmessung
 - Epitympanale Temperaturmessung mithilfe eines Infrarotsensors
 - Rektale Temperaturmessung
- ? Ein 40-jähriger Skitourengeher wird von einer Lawine komplett verschüttet. Nach etwa 80 min Verschüttungsdauer wird er von Bergrettern gefunden und ausgegraben. Der Patient weist keine Lebenszeichen auf. Seine Atemwege sind frei, aber er atmet nicht und hat keinen tastbaren Karotispuls. Im EKG zeigt sich ein idioventrikulären Rhythmus. Er weist keine relevanten äußeren Verletzungen auf. Welches weitere Vorgehen ist korrekt?**
- Erweiterte Reanimationsmaßnahmen und Transport unter kontinuierlicher Reanimation in ein „Extracorporeal-life support“(ECLS)-Zentrum
 - Erweiterte Reanimationsmaßnahmen vor Ort für 20 min
 - Keine Reanimationsmaßnahmen und Todesfeststellung vor Ort
 - Erweiterte Reanimationsmaßnahmen und schnellstmöglicher Transport in das nächstgelegene Krankenhaus
 - Erweiterte Reanimationsmaßnahmen vor Ort für mindestens 60 min
- ? Welche der folgenden Aussagen zur Hypothermie bei Lawinenopfern trifft nicht zu?**
- Die Hypothermie ist nach kritischer Lawinenverschüttung eine seltene Todesursache.
 - Die durchschnittliche Abkühlungsrate des Körpers nach kritischer Lawinenverschüttung beträgt etwa 3°C/h.
 - Ein hypothermer Herz-Kreislauf-Stillstand nach Lawinenverschüttung tritt erst bei Körperkerntemperaturen < 30°C auf.
 - In der Regel tritt ein hypothermer Herz-Kreislauf-Stillstand erst nach einer Verschüttungsdauer > 60 min auf.
 - Ein hypothermer Herz-Kreislauf-Stillstand nach kritischer Lawinenverschüttung ist mit einer schlechten Prognose assoziiert.

Informationen zur zertifizierten Fortbildung

Ärzte: Diese Fortbildung wurde von der Ärztekammer Nordrhein für das „Fortbildungszertifikat der Ärztekammer“ gemäß § 5 ihrer Fortbildungsordnung mit **3 Punkten** (Kategorie D) anerkannt und ist damit auch für andere Ärztekammern anerkennungsfähig.

Anerkennung in Österreich: Für das Diplom-Fortbildungs-Programm (DFP) werden die von deutschen Landesärztekammern anerkannten Fortbildungspunkte aufgrund der Gleichwertigkeit im gleichen Umfang als DFP-Punkte anerkannt (§ 14, Abschnitt 1, Verordnung über ärztliche Fortbildung, Österreichische Ärztekammer (ÖAK) 2013).

Rettenungsdienstfachpersonal: Die Fortbildung für das Rettungsdienstfachpersonal wird durch das jeweils zuständige Landesrettungsdienstgesetz geregelt, wonach die Anerkennung den jeweils zuständigen Ausbildungsstätten obliegt. Die Teilnahmebescheinigung dieser Fortbildung ist dem Arbeitgeber zur Prüfung der Anerkennung vorzulegen.

Es gelten folgende Anerkennungen:

- Der Malteser Hilfsdienst erkennt 1,5 Fortbildungspunkte bei erfolgreichem Abschluss dieser Fortbildung an. Es wird ein Umfang von max. 10 Fortbildungspunkten jährlich für dieses Fortbildungsformat anerkannt.

- Die Akademie für Rettungsdienst und Gefahrenabwehr der Landesfeuerweherschule erkennt 3 Fortbildungspunkte pro erfolgreichem Abschluss einer Fortbildung an.
- Die Feuerwehr München/Branddirektion erkennt 3 Fortbildungspunkte pro erfolgreichem Abschluss einer Fortbildung an.

Hinweise zur Teilnahme:

- Die Teilnahme an dem zertifizierten Kurs ist nur online auf www.springermedizin.de/cme möglich.
- Der Teilnahmezeitraum beträgt 12 Monate. Den Teilnahmeschluss finden Sie online beim Kurs.
- Die Fragen und ihre zugehörigen Antwortmöglichkeiten werden online in zufälliger Reihenfolge zusammengestellt.
- Pro Frage ist jeweils nur eine Antwort zutreffend.
- Für eine erfolgreiche Teilnahme müssen 70% der Fragen richtig beantwortet werden.
- Teilnehmen können Abonnenten dieser Fachzeitschrift und e.Med- und e.Dent

? Ein Lawinopfer wird unter laufender Reanimation in eine Klinik mit Möglichkeit des „Extracorporeal life support“ (ECLS) gebracht. Welche der folgenden Bestimmungen bei Klinikaufnahme ist Goldstandard zur Triage des Patienten, Entscheidung über Fortführung oder Beendigung der Reanimationsmaßnahmen?

- Modifizierte Schweizer Stadieneinteilung
- Dauer bis zur Rettung
- Höhe des Lactatspiegels
- Höhe der Körperkerntemperatur
- Bestimmung des Hypothermia Outcome Prediction after Extracorporeal Life Support for Hypothermic Cardiac Arrest Patients (HOPE) Score

? Ab welcher Verschüttungsdauer (kritische Verschüttung) sollte auch die Hypothermie als potenzielle Ursache für einen Herz-Kreislauf-Stillstand eines Lawinopfers in Betracht gezogen werden?

- 5 min
- 15 min
- 35 min
- 60 min
- 120 min

? Welche Faktoren sind entscheidend für die erste Prognoseeinschätzung eines Patienten nach kritischer Verschüttung vor Ort?

- EKG, bei Asystolie keine Überlebenschance
- Verschüttungsdauer, Atemweg, EKG, Körperkerntemperatur
- Ausschließlich die Verschüttungsdauer
- Serum-Kalium-Spiegel
- Schwere der Verletzungen

? Welche Aussage zum Trauma beim Lawinenunfall ist korrekt?

- Trauma hat keinen Einfluss auf das Überleben bei Lawinenverschüttung.
- Trauma führt im Rahmen von Lawinenunfällen nur in Kombination mit Hypothermie zum Tod.
- Etwa ein Viertel aller Todesfälle im Rahmen von Lawinen ist auf ein Trauma zurückzuführen.
- Traumata als Begleitverletzung sind beim Lawinenunfall selten.
- Penetrierende Verletzungen sind die Regel.

? Eine 27-jährige Skifahrerin ist mit einer Gruppe abseits einer Skipiste unterwegs. Sie wird bei einem Lawinenabgang als Einzige zu einem kritisch verschütteten Lawinopfer. Welche der folgenden Aussagen zur erfolgreichen Rettung innerhalb von 15 min, die auch mit einer hohen Überlebenschance einhergeht, ist richtig? Eine erfolgreiche Rettung ...

- kann nur durch mehrere qualifizierte Bergretter erfolgen.
- erfolgt durch Kameraden vor Ort und erfordert richtige Ausrüstung und Training.
- ist durch die rasche Alarmierung der Bergrettung üblicherweise möglich.
- ist bei einer kritischen Verschüttung nicht möglich.
- erfolgt üblicherweise durch den Verschütteten selbst (Selbstrettung).

? Welche Aussage zu Überleben und Verschüttungsdauer ist korrekt?

- Etwa 50% der Lawinopfer überleben eine Verschüttungsdauer über 60 min.
- Ein Überleben nach mehr als 120 min Verschüttungsdauer ist nicht möglich.
- Eine Verschüttungsdauer von mehr als 120 min kann nur bei einer mit der Umgebungsluft kommunizierenden Atemhöhle oder bei nichtkritischer Verschüttung überlebt werden.
- Bereits nach 15 min versterben 80% der kritisch Verschütteten.
- Eine Verschüttungsdauer von 5 min geht mit einer Überlebenschance von 100% einher.