



effizienz am lawinenkegel

Notfallausrüstung für Tourenger und Variantenfahrer. Eine kritische Analyse.

von Hermann Brugger, Martin Kern, Peter Mair, Hans-Jürg Etter und Markus Falk

Ärzte stellen sich in ihrer Tätigkeit immer wieder dieselbe Frage: wie wirksam ist ein Heilmittel oder ein medizinischer Eingriff wirklich? Zur Beurteilung der therapeutischen Wirksamkeit hat sich in der Medizin im letzten Jahrzehnt das Prinzip der "evidence based medicine" als ein neues und sehr effizientes Konzept etabliert. Mit dem Ziel, die Grundprinzipien dieses Konzeptes auch auf die Beurteilung der Wirksamkeit von Sicherheitsausrüstungen für Tourenger und Variantenfahrer anzuwenden, haben sich Lawinenexperten, Mediziner und Biostatistiker zu einer Arbeitsgruppe zusammengefunden.

Sie haben erstmals einen Vorschlag erarbeitet, wie eine wissenschaftlich fundierte Evaluierung von Notfallausrüstungen für Tourenger und Variantenfahrer aussehen könnte (siehe nebenstehenden Kasten). Im Wesentlichen geht es darum, das vorhandene Datenmaterial (experimentelle Untersuchungen, Unfallstatistiken) dahingehend kritisch zu beurteilen, mit welcher Sicherheit Rückschlüsse daraus möglich sind.

Im Folgenden möchten wir eine erste, statistisch fundierte, kritische Analyse der Sicherheitsausrüstung für Tourenger und Variantenfahrer versuchen. Zuallererst jedoch einige grundsätzliche medizinische Überlegungen zum Lawinenunfall.

Die entscheidenden Faktoren

Das Überleben in einer Lawine hängt von mehreren Faktoren ab. Eine von einer Lawine erfasste Person kann schon während des Lawinenabgangs durch den mechanischen Schneedruck, Hindernisse in der Lawinenbahn oder Absturz tödlich verletzt werden. Nach Stillstand der Lawine hängt das Überleben davon ab, ob die verschüttete Person atmen kann und wie rasch sie geborgen wird. Verfügt das Lawinenopfer nicht über freie Atemwege und eine Atemhöhle, so ist sein Schicksal bereits rund 30 Minuten nach Verschüttung mit großer Wahrscheinlichkeit besiegelt und jede Hilfe zu spät. Mit Atemhöhle und freien Atemwegen ist es hingegen möglich, länger zu überleben, wobei Volumen der Atemhöhle, Schneedichte und weitere, bisher unbekannte individuelle Faktoren die Überlebensdauer bestimmen. Der Lawinentod wird in etwa 70 % durch akutes Ersticken, in etwa 20 % durch ein tödliches Trauma und in circa 10 % durch das so genannte 3-H-Syndrom verursacht: Hypoxie = Sauerstoffmangel, Hyperkapnie = Anreicherung von Kohlendioxid, Hypothermie = Unterkühlung.

Die größte Gefahr beim Lawinenunfall ist offensichtlich der Erstickungstod. Deshalb sollte die optimale Notfallausrüstung darauf ausgerichtet sein, ein Ersticken zu verhindern. Auf drei verschiedenen Wegen wird derzeit versucht, dies zu erreichen: Verringerung des Verschüttungsgrades, Verkürzung der Verschüttungsdauer oder Verlängerung der Überlebenszeit bei Ganzverschüttung.

■ Rettungsmittel zur Verringerung des Verschüttungsgrades

Die Verhinderung einer Ganzverschüttung ist nach allgemein akzeptierter Meinung eine sehr wirksame Rettungsmaßnahme. Dies beruht auf der Tatsache, dass die Statistik des Eidgenössischen Instituts für Schnee- und Lawinenforschung Davos für den Fall einer Ganzverschüttung im freien Gelände eine Sterblichkeit von 51,3 %, für den Fall einer Nicht- oder Teilverschüttung aber

Tabelle 1

	Verschüttungsgrad					
	Gesamtzahl Verschüttete		ganz verschüttet		teil- oder nicht verschüttet	
lebend geborgen	1.603	78,2 %	369	48,7 %	1.234	95,6 %
tot geborgen	446	21,8 %	389	51,3 %	57	4,4 %
total	2.049	100 %	758	37,0 %	1.291	63,0 %

Analyse der Gesamtzahl der von einer Lawine im freien Gelände erfassten Personen in der Schweiz 1981/82 bis 2000/01 in Bezug auf den Verschüttungsgrad (Auszug aus der Schadenlawinendatenbank des SLF, Davos).



Der Lawintod wird in etwa 70 % durch akutes Ersticken, in etwa 20 % durch ein tödliches Trauma und in circa 10 % durch das so genannte 3-H-Syndrom verursacht: Hypoxie = Sauerstoffmangel, Hyperkapnie = Anreicherung von Kohlendioxid, Hypothermie = Unterkühlung.

nur von 4,4 % zeigt (2049 Lawinenofer, Schweiz 1981/82 - 2000/01 (Tab. 1).

Jede Maßnahme, die eine Ganzverschüttung verhindert, sollte somit die Sterblichkeit beträchtlich senken. Auf dieser Überlegung beruhen Sicherheitsausrüstungen mit Auftriebswirkung, z.B. der Lawinen-Airbag und Avagear™. Maßnahmen zur Selbstrettung wie Schwimmbewegungen während des Lawinenabgangs gehören ebenfalls in diese Gruppe.

Der Lawinen-Airbag

Der Lawinen-Airbag ist zurzeit die einzige im Handel erhältliche Sicherheitsausrüstung zur Verringerung des Verschüttungsgrades. Er besteht aus zwei zusammengefalteten Kunststoffballons, die in einem Rucksack seitlich integriert sind und nach dem Ziehen einer Reißleine in 2 - 3 Sekunden mit 150 Liter eines Stickstoff-Luft-Gemisches aufgeblasen werden. Durch den Effekt der inversen Segregation wird die von der Lawine erfasste Person nahe der Oberfläche des fließenden Schnees gehalten. Der Effekt ist nur innerhalb der fließenden Lawine wirksam. Nach Stillstand der Lawine ergibt sich keine weitere Verringerung der Verschüttungstiefe mehr. Das heißt, dass nachfließender Schnee Opfer und Ballon überdecken kann.

1991 - 2003 wurden weltweit 47 Unfälle bekannt, bei denen insgesamt 60 Personen, ausgerüstet mit einem Airbag-System, von einer Lawine erfasst wurden (Tab. 2). Die Daten wurden vom Eidgenössischen Institut für Schnee- und Lawinenforschung Davos mittels Fragebogen erhoben und dokumentiert. Bei 53 Personen wurde ein aufgeblähter Ballon bei Lawinenstillstand dokumentiert, wobei 1 Person mit aufgeblähtem Ballon von einer Nachlawine erfasst, ganz verschüttet und getötet wurde (Todesrate mit aufgeblähtem Airbag 1,9 %). Weitere 7 Personen mit aufgeblähtem Ballon wurden ganz verschüttet (Kopf und Brustkorb unter Schnee), wobei in allen Fällen der Ballon an der Oberfläche sichtbar war und eine Bergung daher rasch erfolgen konnte (alle über-

lebt). Die Ganzverschüttungsrate mit aufgeblähtem Ballon beträgt 15,1 %. In 7 Fällen (11,7 % aller Airbagbenutzer) war der Ballon bei Lawinenstillstand nicht aufgebläht, dreimal, weil die Reißleine nicht gezogen wurde, zweimal aufgrund technischer Fehlfunktion (defekter Auslöser) und zweimal wegen fehlender Wartung (leere Patrone). Drei Personen mit nicht aufgeblähtem Ballon wurden ganz verschüttet, eine davon tödlich (Ganzverschüttungsrate mit nicht aufgeblähtem Ballon 42,9 %, Todesrate 14,3 %), wobei sich nachträglich herausstellte, dass bei der tödlich verunglückten Person die Patrone des Airbag-Systems nicht gefüllt war.

Welchen Rückschluss erlauben diese Unfalldaten auf die Wirksamkeit des Airbag-Systems? Um dies abzuschätzen, können als Vergleichsgruppe z.B. all jene bekannt gewordenen Fälle herangezogen werden, in denen zwischen 1981/82 und 2000/01 in der Schweiz Personen im freien Gelände von einer Lawine erfasst wurden (externer Vergleich, siehe Kasten). Hier findet sich, unabhängig von der verwendeten Sicherheitsausrüstung, eine Ganzverschüttungsrate von 37,0 % und eine Todesrate von 21,8 % (Tab. 1). Im Gegensatz dazu zeigt die Unfallstatistik jener 53 Lawinenofer mit aufgeblähtem Airbag-System (nur sie sind sinnvoll, um die prinzipielle Wirksamkeit des Systems zu testen) eine Ganzverschüttungsrate von 15,1 % und eine Todesrate von 1,9 %. Sowohl Todesrate (21,8 % versus 1,9 %, Fisher's Exact Test, $p < 0,001$) als auch Wahrscheinlichkeit einer Ganzverschüttung (37,0 % versus 15,1 %, Fisher's Exact Test, $p = 0,001$) sind in diesem externen Vergleich hochsignifikant unterschiedlich. Signifikant unterschiedlich bedeutet in diesem Zusammenhang, dass der beobachtete Unterschied nicht etwa auf Grund eines Zufalles gefunden wurde, sondern ein tatsächlich vorhandener Unterschied ist. Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, dass bei einem externen Vergleich ein "Bias" (das heißt, die Gruppen sind nicht wirklich vergleichbar, siehe Kasten) möglich, wenn nicht sogar wahrscheinlich ist. So kann z.B. die Art der Lawinen zwischen beiden Kollektiven oder vor allem auch die Dunkelziffer in der Erfassung von überlebten Lawinenunfällen verschieden sein, die Airbagun-

Tabelle 2

	Verschüttungsgrad				Status bei der Bergung					
	Gesamtzahl Erfasste		teil- oder nicht verschüttet	ganz verschüttet	lebend		tot			
Airbag aufgebläht	53	100 %	45	84,9 %	8	15,1 %	52	98,1 %	1	1,9 %
Airbag nicht aufgebläht *	7	29,2 %	4	57,1 %	3	42,9 %	6	85,7 %	1	14,3 %
ohne Airbag	17	70,8 %	9	52,9 %	8	47,1 %	11	64,7 %	6	35,3 %
total ohne aufgeblähtem Airbag	24	100 %	13	54,2 %	11	45,8 %	17	70,8 %	7	29,2 %

1991 bis 2003 wurden vom Eidgenössischen Institut für Schnee- und Lawinenforschung Davos, weltweit 47 Lawinenunfälle mit Beteiligung von Personen mit Lawinen-Airbag dokumentiert. Insgesamt wurden 77 Personen von einer Lawine erfasst, davon 60 mit Airbag, 17 ohne Airbag. * In zwei Fällen waren die Ballons teilweise aufgebläht.

fälle wurden weltweit, hingegen die Unfälle der Vergleichsgruppe nur in der Schweiz erfasst.

Zur Interpretation kann aber auch eine interne Vergleichsgruppe herangezogen werden. In den dokumentierten 47 Unfällen waren 7 Personen zwar mit dem Airbag-System ausgerüstet, die Ballons aber bei Lawinstillstand nicht (5 Fälle) oder nur teilweise (2 Fälle) aufgebläht. 17 weitere Personen, die nicht mit Lawinen-Airbag ausgerüstet waren, wurden von denselben Lawinen erfasst (Tab. 2). Bei diesen Opfern muss davon ausgegangen werden, dass das Airbag-System das Überleben und die Ganzverschüttungsrate nicht beeinflusst hat. Von diesen 24 Personen ohne Airbag bzw. mit nicht aufgeblähten Ballons haben 17 (70,8 %) Personen überlebt, 7 (29,2 %) waren tot. 11 (45,8 %) Personen wurden ganz verschüttet (davon 7 tödlich), 13 (54,2 %) Personen teil- oder unverschüttet (alle überlebt). Der Unterschied in der Sterblichkeit ist in diesem internen Vergleich (siehe Kasten) ebenso signifikant (29,2 % versus 1,9 %, Fisher's Exact Test, $p = 0,001$) wie der Unterschied in der Wahrscheinlichkeit einer Ganzverschüttung (45,8 % versus 15,1 %, Fisher's Exact Test, $p = 0,009$).

Einiges in den Unfalldaten lässt vermuten, dass derzeitige Airbagnutzer möglicherweise ein insgesamt niedriges Sterblichkeitsrisiko bei Lawinenunfällen haben. Dies sollte vor allem eine Warnung vor einer Überschätzung der Überlebenschancen mit dem Airbag-System sein.

Zusammenfassend kann man sagen, dass bei kritischer Analyse der Lawinen-Airbag sowohl die Sterblichkeit als auch die Wahrscheinlichkeit einer Ganzverschüttung beim Lawinenunfall mit großer Sicherheit verringert (Evidenzniveau II, siehe Kasten). Dies kann sowohl in einem internen als auch externen Vergleich mit Lawinopfern ohne Airbag-System nachgewiesen werden, obwohl die Fallzahl noch klein ist. Es muss auch gesagt werden, dass eine "Versagerquote" von $11,7 \% \pm 5 \%$ (Airbag nicht aufgebläht zum Zeitpunkt des Lawinstillstandes) für ein Rettungsmittel als inakzeptabel angesehen werden muss. Auch wenn das Prinzip an sich effizient ist, lässt seine derzeitige technische Realisierung (Auslösemechanismus, technische Verlässlichkeit, Überwachung des Patronenfüllzustandes) noch Platz für Verbesserungen und diese sind eine Voraussetzung, um das Airbag-System zur bedingungslos empfehlenswerten Sicherheitsausrüstung zu machen.

Selbstverständlich müssen auch Ausrüstungen zur Verringerung des Verschüttungsgrades immer mit LVS und Schaufel kombiniert werden, da eine Ganzverschüttung nicht ausgeschlossen werden kann und man auch zur Kameradenhilfe an Verunfallten ohne Zusatzausrüstung in der Lage sein muss.

Avagear™

Die Rettungsweste Avagear™ wurde in den USA entwickelt und befindet sich im Versuchsstadium. Im Gegensatz zum ABS-Lawinenairbag umschließen hier die Ballons die Schulter- und Halsregion. Dadurch soll der Kopf des Lawinopfers häufiger an der Oberfläche bleiben und die auf die Halswirbelsäule wirkenden Kräfte während des Lawinenabgangs verringert werden. Zudem erhofft man sich nach Stillstand der Lawine die Bildung einer Atemhöhle im Gesichtsbereich. Bei den bisher durchgeführten Testversuchen blieben die Gesichter von allen drei in eine Testlawine eingebrachten Dummies frei. Avagear™ stellt somit möglicherweise eine sinnvolle Weiterentwicklung des Lawinenairbagprinzips dar.

■ Rettungsmittel zur Verkürzung der Verschüttungsdauer

Die Überlebenswahrscheinlichkeit nimmt während einer Ganzverschüttung diskontinuierlich ab (Abb. 1). Während einer Verschüttung gibt es Phasen, in denen die Überlebenswahrscheinlichkeit steil absinkt, mit hohem Sterberisiko wie zwischen 18 und 35 Minuten (Erstickungsphase) und Phasen mit nahezu gleich bleibender Überlebenswahrscheinlichkeit, geringem Sterberisiko, wie zwischen 35 und 90 Minuten (Latenzphase). Durch eine Verkürzung der Verschüttungsdauer kann die Sterblichkeit prinzipiell verringert werden. Allerdings hängt das Ausmaß der Verringerung davon ab, in welchen Bereich der Überlebensfunktion die Verkürzung fällt. Eine Verkürzung der Verschüttungsdauer wirkt sich besonders dann günstig aus, wenn sie steile Abschnitte der Überlebensfunktion mit einschließt. Es sollte also möglichst darauf geachtet werden, die Verschüttungsdauer unter 15 Minuten zu verkürzen.

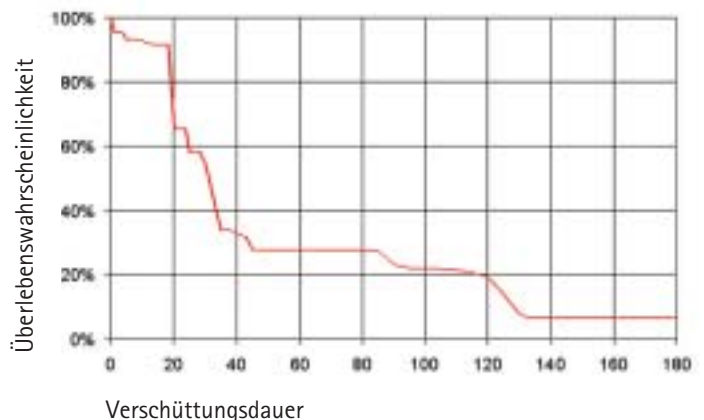


Abb. 1: Überlebenswahrscheinlichkeit von Personen, die im freien Gelände von einer Lawine ganz verschüttet wurden in Abhängigkeit zur Verschüttungsdauer (Schweiz 1981/82-1997/98, $n=735$)

LVS-Geräte

LVS-Geräte verringern die Sterblichkeit beim Lawinenunfall mit großer Wahrscheinlichkeit. Zudem kann vermutet werden, dass sich durch das bekannt werden der 15-Minuten-Schwelle (Überlebenschance über 90 % innerhalb der ersten Viertelstunde) seit 1994 das Suchverhalten der LVS-Benützer verbessert hat.



Das Lawinenverschüttetensuchgerät (LVS)

Das erste LVS wurde 1968 von Lawton, USA entwickelt. Das LVS ist heute das meistverwendete Gerät zur Verkürzung der Verschüttungsdauer bei einer Ganzverschüttung. Eine Analyse von 328 Ganzverschüttungen in der Schweiz 1981/82 - 1993/94 zeigt eine hochsignifikante Verringerung der durchschnittlichen Verschüttungsdauer durch die Anwendung des LVS von 120 auf 35 Minuten ($p < 0,001$). Auch die Sterblichkeit wurde von 75,9 % auf 66,2 % verringert, allerdings nur grenzwertig signifikant ($p = 0,05$). Der Einfluss des LVS auf die Sterblichkeit war im Vergleich zur Verkürzung der Verschüttungsdauer nicht im gleichen Maß offensichtlich, da die Verkürzung der Verschüttungsdauer hauptsächlich den flachen Verlauf der Überlebensfunktion betrifft und nicht den steil abfallenden Kurvenverlauf (18 - 35 Minuten nach Verschüttung, Abb. 1). Allerdings wurden in dieser Untersuchung nur Unfälle bis 1994 berücksichtigt. Es kann vermutet werden, dass sich durch das bekannt werden der 15-Minuten-Schwelle (Überlebenschance über 90 % innerhalb der ersten Viertelstunde, Abb.1) seit 1994 das Suchverhalten der LVS-Benützer verbessert hat. Außerdem wurden inzwischen die Geräte digitalisiert und die Richtungsanzeigen verbessert. Es ist somit wahrscheinlich, dass für die letzten Jahre die Bilanz besser ausfällt, es fehlt jedoch eine Auswertung der gesammelten Daten, um diese Vermutung mit einer statistisch fundierten Auswertung zu bestätigen. Zusammenfassend kann man sagen, dass bei kritischer Analyse LVS Geräte die Sterblichkeit beim Lawinenunfall mit großer Wahrscheinlichkeit verringern (Evidenzniveau Klasse II, siehe Kasten). Dies konnte in einem internen Vergleich zwar nur mit grenzwertiger statistischer Signifikanz, aber dafür an einer großen Zahl von Lawinenopfern nachgewiesen werden. Möglicherweise unterschätzen wir auf Grund alter, nicht mehr repräsentativer Daten die Effizienz der LVS Geräte und eine Neuauswertung der Daten nach 1994 erscheint dringend notwendig.

Es muss auch klar darauf hingewiesen werden, dass die Angaben zur Sterblichkeit in der LVS-Studie von 1997 nicht direkt mit der Sterblichkeit der Airbag-Studie verglichen werden dürfen, da es sich um verschiedene und nicht vergleichbare Kollektive handelt. In der LVS-Studie wurde die Sterblichkeit von ganz verschütteten Personen berechnet, während in der Airbag-Studie die Sterblichkeit aller Personen, die von einer Lawine erfasst werden, also auch der Teil- und Unverschütteten berechnet wird. Der Schluss, das LVS verringere die Sterblichkeit "nur" von 76 % auf 66 %, hingegen der Lawinen-Airbag von 21,8 % auf 1,9 %, ist so nicht zulässig.

Avalanche Ball

Der Avalanche Ball ist eine Weiterentwicklung der Lawinenschnur. Er markiert den Ort der Verschüttung deutlich mit dem

Ziel, die Zeit bis zum Auffinden des Opfers signifikant zu verkürzen. Nach Ziehen einer Reißleine entfaltet sich ein lampionförmiger Ball von rund 45 cm Durchmesser, der während des Lawinenabgangs auf der Schneeoberfläche mit dem Skifahrer über eine 6 m lange Schnur verbunden bleibt. Durch schnelles Nachgraben entlang der Schnur, die zum Verschütteten führt, kann die Verschüttungsdauer theoretisch verkürzt werden. Es gibt bisher einzelne Tests, aber keine Unfallberichte. Vom Hersteller werden Versuche angeführt, bei denen der Ball immer talwärts vom Verschütteten lag. Er hebt neben dem geringeren Gewicht zudem die Vorteile hervor, dass keine Elektronik nötig ist und dass sich die einfache visuelle Suche bei Mehrfachverschüttungen positiv auswirkt. Unklar bleibt der Aufwand für das unter Umständen mühsame Nachgraben entlang der Schnur im kompakten Lawinenschnee und ob in diesem Fall ein gezieltes Orten mit dem LVS nicht zu einem rascheren Auffinden führt. Es sind also noch umfangreiche Tests erforderlich, um dieses Rettungsmittel abschließend zu beurteilen.

■ Rettungsmittel zur Verlängerung der Überlebenszeit

Die Überlebenszeit eines Ganzverschütteten ist nach Stillstand der Lawine vom Vorhandensein freier Atemwege und einer Atemhöhle abhängig. Gelingt es, einem Verschütteten, die Atemwege frei zu halten und sich eine Atemhöhle zu schaffen, kann die Überlebenszeit in der Lawine verlängert werden. Das bedeutet Zeitgewinn für die Bergung und erhöht die Überlebenschance.

AvaLungTM

Die Rettungsweste AvaLungTM bietet ein System an, das der künstlichen Schaffung einer Atemhöhle entspricht. Sie wurde 1996 durch den Arzt Thomas Crowley patentiert und von der Herstellerfirma Black Diamond Equipment Ltd. in Salt Lake City, Utah USA, entwickelt. Es handelt sich um eine ärmellose Kunststoffweste oder ein Gurtensystem, die im Gelände getragen werden. Im Fall einer Lawinenauslösung muss der Skifahrer ein aus dem Kragen ragendes Mundstück zur Atmung in den Mund nehmen und während Lawinenabgang und Verschüttung im Mund behalten. Dabei wird durch ein Ventil die Einatmungs- von der Ausatemungsluft getrennt: bei Einatmung wird die Luft von vorne aus dem umgebenden Lawinenschnee angesaugt und bei Ausatmung über den Rücken in den umgebenden Schnee abgeatmet. Dadurch wird die Kohlendioxidrückatmung vermieden. AvaLungTM hat die Zielsetzung, die Überlebenszeit im Fall einer Ganzverschüttung auf mindestens eine Stunde zu verlängern. Die Funktionstüchtigkeit der Sicherheitsausrüstung wurde durch 33 erfolgreich durchgeführte experimentelle Tests abgesichert, bei denen Versuchspersonen jeweils 1 Meter tief im Schnee eingegraben wurden. Allerdings wurden erst 3 Verschüttungen bei realen Lawinenun-



fällen mit AvaLung bekannt (alle 3 Personen haben überlebt) und es bleibt die Frage offen, wie oft das Mundstück während des Lawinenabgangs tatsächlich richtig im Mund positioniert und gehalten werden kann. Gegenüber dem Lawinen-Airbag hat AvaLungTM den Vorteil des geringeren Gewichts. Da das Gerät eine Ganzverschüttung in Kauf nimmt, muss auch dieses Gerät immer gemeinsam mit Lawinenverschüttetensuchgerät und Schaufel verwendet werden.

■ Fazit

Notfallausrüstungen für Tourenger und Variantenfahrer sind bis heute nur retrospektiv (B Studien) oder experimentell (C Studien), d.h. an Hand von Unfallprotokollen oder Testversuchen, geprüft worden (siehe Kasten). Der statistische Nachweis einer signifikanten Senkung der Sterblichkeit bei realen Lawinenunfällen im Vergleich mit einer adäquaten Vergleichsgruppe stellt das wichtigste Kriterium für eine Bewertung von Notfallausrüstungen dar. Nur bei zwei Systemen - LVS Gerät und Airbag-System - verfügen wir heute über ausreichend verwertbare Unfalldaten, um eine Beurteilung in diese Richtung durchführen zu können. Beide Systeme sind effektiv und senken die Sterblichkeit (Evidenzniveau Klasse II). In welchem Ausmaß aber die Überlebenschancen tatsächlich erhöht werden, lässt sich aus den heute vorliegenden Unfalldaten nicht verlässlich sagen. Die bestechend logische Annahme, dass Lawinenrettungsgeräte, die eine Verschüttung verhindern (Airbag-System) besser sind als solche, welche die Verschüttungszeit verkürzen (LVS Geräte), lässt sich mit den vorliegenden Unfalldaten nicht fundiert belegen. Dies heißt natürlich nicht, dass diese Annahme falsch ist, dies bedeutet möglicherweise nur, dass unsere Unfalldaten derzeit noch zu gering sind um dies nachzuweisen oder dass die derzeitige technische Ausführung des Airbagrucksacks noch unzureichend ist. Für AvaLungTM, AvagearTM und Avalanche Ball liegen derzeit keine ausreichenden Daten vor, die ihre Wirksamkeit bei realen Lawinenunfällen untermauern (Evidenzniveau Klasse III, d.h. die Geräte sind nur experimentell untersucht und können unter gewissen Umständen, zumindest theoretisch, die Sterblichkeit verringern). Es muss auch hier klar gesagt werden, dass das derzeitige Fehlen eines fundierten Beweises der Wirksamkeit nicht bedeutet, dass diese Geräte tatsächlich wirkungslos sind. Es heißt nur, dass wir derzeit ihre Wirksamkeit wissenschaftlich nicht einschätzen können.

■ Praktische Konsequenzen für den Tourenger und Variantenfahrer

Mit LVS-Geräten und dem Airbagrucksack stehen uns zwei unabhängig voneinander wirksame Rettungsgeräte mit nachgewiese-

ner Effizienz zur Verfügung. Der vorsichtige und sicherheitsbewusste Tourenger und Variantenfahrer wird wohl beide gemeinsam verwenden, unter der nahe liegenden Annahme, dass sich die positiven Effekte zweier unabhängig voneinander wirksamer Sicherheitsausrüstungen im Falle eines Lawinenunfalls addieren. Diese Annahme lässt sich mit den bis heute vorliegenden Unfalldaten statistisch nicht belegen, so dass bei der derzeitigen Datenlage einem kommerziellen Anbieter von Skitouren oder Variantenabfahrten nicht zwingend vorgeschrieben werden kann, seine Kunden neben LVS-Geräten auch mit Airbagrucksäcken auszurüsten, um ihnen im Falle eines Lawinenunfalls bessere Überlebenschancen zu garantieren.

Ganz allgemein ist zu erwähnen, dass für eine umfassende Beurteilung der Notfallausrüstungen zukünftig eine umfassendere Unfalldatenerhebung und eine bessere Kommunikation von Vorteil wären. Hier sind einerseits die Skitouristen selbst gefordert, indem sie ermuntert werden, ihre Erfahrungen bei allfälligen Lawinenverschüttungen mitzuteilen. Andererseits bedarf es erhöhter Anstrengungen der Rettungsdienste, Lawinenwarndienste und nicht zuletzt der Hersteller solcher Geräte, um gemeinsam die bekannt gewordenen Fälle zu analysieren. Zusammen mit der Analyse der Gelände- und Wetterverhältnisse beim Lawinenunfall kann man lernen und daraus Verbesserungsvorschläge für den vorbeugenden Schutz vor Lawinen ableiten.

Offenlegung

Diese Untersuchung wurde nicht finanziell unterstützt. Die Autoren haben weder patentrechtliche noch finanzielle Interessen an der Produktion oder am Vertrieb einer der beschriebenen Sicherheitsausrüstungen.

Literatur

- Brugger H.,** Sumann G., Meister R., Adler-Kastner L., Mair P., Gunga H.C., Schobersberger W., Falk M.: Hypoxia and hypercapnia during respiration into an artificial air pocket in snow: implications for avalanche survival. *Resuscitation* 2003;58/1:75-81
- Brugger H.,** Flora G., Falk M.: Möglichkeiten der Selbstrettung und posttraumatische Belastungsstörungen beim Lawinenunfall. *Der Notarzt* 2002;18:1-4
- Kern M.,** Tschirky F., Schweizer J.: Feldversuche zur Wirksamkeit einiger neuer Lawinen-Rettungsgeräte. In: Brugger H. et al. (Hrsg.) *Jahrbuch 2001 Österreichische Gesellschaft für Alpin- und Höhenmedizin*, Ragg, Innsbruck 2001:127-45
- Tschirky F.,** Brabec B., Kern M.: Lawinenrettungsgeräte, Stand der Entwicklungen, Erfolge und Misserfolge. In: Brugger H. et al. (Hrsg.) *Jahrbuch 2001 Österreichische Gesellschaft für Alpin- und Höhenmedizin*, Ragg, Innsbruck 2001:101-25



1 Airbag Obwohl die Fallzahlen noch klein sind kann man auch bei kritischer Analyse sagen, dass der Lawinen-Airbag sowohl die Sterblichkeit als auch die Wahrscheinlichkeit einer Ganzverschüttung beim Lawinenunfall mit großer Sicherheit verringert.

2 Avalung Die Funktionstüchtigkeit der Avalung wurde durch 33 erfolgreich durchgeführte experimentelle Tests abgesichert, bei denen Versuchspersonen jeweils 1 Meter tief im Schnee eingegraben wurden. Allerdings wurden erst 3 Verschüttungen bei realen Lawinenunfällen mit Avalung bekannt (alle 3 Personen haben überlebt).

Exkurs

Möglichkeiten zur wissenschaftlich fundierten Beurteilung der Wirksamkeit von Notfallsausrüstungen

Methode der Wahl und "Goldstandard" zur Beurteilung der Wirksamkeit ist eine **"kontrollierte, prospektive, randomisierte Evaluierung"** (A Studie). Zur Beurteilung von Sicherheitsausrüstungen müsste man nach dem Zufallsprinzip ausgewählte (= randomisierte), ausreichend große Gruppen von Skibergsteigern mit den unterschiedlichen Rettungsmitteln ausrüsten und die Sterblichkeit dieser Skifahrer bei Lawinenunfällen über die folgenden Jahre hinweg laufend beobachten. Gleichzeitig müsste man rein theoretisch die Sterblichkeit dieser Gruppen mit der Sterblichkeit einer Kontrollgruppe, die mit keinem Rettungsmittel ausgerüstet ist, vergleichen. Es ist evident, dass eine solche Untersuchung verschiedener Rettungsmittel aus praktischen und ethischen Gründen nie durchgeführt werden wird.

Als Alternative kann eine so genannte **retrospektive Evaluierung** (B Studie) durchgeführt werden. Dabei wird die Sterblichkeit an Hand von Unfallprotokollen im Nachhinein analysiert. Da in dieser Art von Untersuchung die zu vergleichenden Gruppen nicht nach dem Zufallsprinzip ausgewählt sind, besteht immer das Risiko eines so genannten "Bias", das heißt Faktoren, welche die Sterblichkeit beeinflussen (z.B. Verschüttungstiefe, Verletzungsrisiko), sind nicht gleichmäßig auf beide Gruppen verteilt.

In der Statistik kennen wir bei retrospektiver Evaluierung 2 Fälle. **A) Studien mit internem Vergleich**, d.h. Untersuchungs- und Vergleichsgruppe werden aus einem gemeinsamen Pool von Unfällen erhoben. Beispielsweise kann die Sterblichkeit von Personen verglichen werden, die mit und ohne Airbag in dieselben Unfälle verwickelt sind.

B) Studien mit externem Vergleich, d.h. eine Untersuchungsgruppe wird erhoben und mit publizierten Daten anderer Lawi-

3 Avagear™ Die Rettungsweste Avagear™ befindet sich im Versuchsstadium. Durch Ballons in der Schulter- und Halsregion erhofft man sich u.a. nach Stillstand der Lawine die Bildung einer Atemhöhle im Gesichtsbereich. Möglicherweise eine sinnvolle Weiterentwicklung des Lawinenairbagprinzips?

4 Avalanche Ball Der Avalanche Ball ist eine Weiterentwicklung der Lawinenschnur. Unklar bleibt der Aufwand für das unter Umständen mühsame Nachgraben entlang der Schnur im kompakten Lawinenschnee und ob in diesem Fall ein gezieltes Orten mit dem LVS nicht zu einem rascheren Auffinden führt.

nenunfälle verglichen. Ein Beispiel ist der Vergleich der Sterblichkeit von Airbagbenutzern mit Personen, die in der Schweiz 1981-1994 von einer Lawine erfasst wurden. Interne Vergleiche sind aussagekräftiger als externe.

Schließlich können Rettungsmittel **experimentell** getestet werden. Beispiele sind die Ballonversuche des Eidgenössischen Instituts für Schnee- und Lawinenforschung und die Versuche der Gruppe um Grissom mit der Rettungsweste Avalung. Experimente können zeigen, dass ein Rettungsmittel funktioniert. Daraus kann aber nicht zwangsläufig abgeleitet werden, wie wirksam es in der Anwendung durch Tourenger und Variantenfahrer bei realen Lawinenunfällen ist. Trotzdem sind experimentelle Tests zum Nachweis der Funktionstüchtigkeit unerlässlich, bevor das Gerät zum Verkauf zugelassen wird.

Nach den oben angeführten Kriterien können Daten zur Beurteilung der Wirksamkeit von Rettungsmitteln in drei Evidenz-Niveaus eingeteilt werden.

Klasse I: die Daten sind statistisch zweifelsfrei beweisend für die Wirksamkeit eines Rettungsmittels. Ein solcher Beweis kann streng genommen nur mit A Studien erfolgen.

Klasse II: aufgrund der Daten ist die Wirksamkeit eines Rettungsmittels sehr wahrscheinlich, aber aufgrund möglicher Verzerrungen der Quelldaten nicht wirklich zweifelsfrei beweisbar. Dieses Evidenzniveau lässt sich mit B Studien nachweisen.

Klasse III: Dieses Evidenzniveau umfasst nahe liegende Vermutungen, experimentelle Daten oder Fallberichte und lässt den Schluss zu, dass ein Rettungsmittel unter gewissen Umständen, zumindest theoretisch, die Sterblichkeit beim Lawinenunfall verringern kann. ■