

# Die Wirksamkeit des Lawinenairbags

Was bringt ein Lawinenauftriebssystem, ein Lawinenairbag tatsächlich? Darüber gibt es mehrere Untersuchungen: einige kommen von Herstellern, andere sind nicht mehr ganz aktuell, die meisten sind nicht vergleichbar, weil unterschiedliches Zahlenmaterial verwendet wurde. Pascal Haegeli und sein Autorenteam haben analysiert und bewertet und in einer internationalen Studie die Wirksamkeit des Lawinenairbags mit den aktuellsten Daten dargestellt.



**V**on Pascal Haegeli, Markus Falk, Benjamin Zweifel, Emily Procter, Frédéric Jarry, Spencer Logan, Kalle Kronholm, Marek Biskupić, Hermann Brugger

In den letzten fünf Jahren haben sich die Lawinenairbags sowohl unter Freizeitsportlern wie Skitourenfahrern oder Freeridern als auch unter Bergführern rasant verbreitet. Waren bis vor einigen Jahren nur wenige verschiedene Airbag-Modelle auf dem Markt erhältlich, so können Wintersportler heute zwischen verschiedenen Modellen von mehrerer Herstellern auswählen. Daneben arbeiten ein paar zusätzliche Hersteller an innovativen Ideen um die Funktionalität von Airbags weiter zu verbessern.

Der Lawinenairbag hat ein enormes Potential, Leben zu retten. Er ist als Lawinennotfallgerät einzigartig, weil nur er aktiv eine Verschüttung verhindern kann – den Hauptgrund für den Tod der meisten Lawinenoopfer. Einige Lawinenwarnzentren empfehlen den Lawinenairbag deshalb auch als nützlichen Zusatz zur Standard Lawinen-Notfallausrüstung mit LVS, Schaufel und Lawinensonde. Während der zugrunde liegende Mechanismus<sup>1</sup> für die Wirksamkeit des Lawinenairbags mit mathematischen Modellen und Feldtests überzeugt, wird über die präzise Auswirkung auf die Sterblichkeitsrate (oder Mortalität) noch viel debattiert. Hersteller stellen Lawinenairbags gerne als das ultimative Lawinennotfallgerät dar (zB „97 % Überlebenschance“, „8 mal sicherer!“<sup>2</sup>), während prominente Lawinenausbildner diesem Marketing als „Allerweltsmittel“ widersprechen und festhalten, dass der Airbag von 100 Lawinendetoten vermutlich weniger als 10 verhindern würde<sup>3</sup>. Weil beide Seiten behaupten, dass ihre Analysen auf soliden Daten und gründlichen Statistiken beruhen, ist es für den Laien schwierig zu ergründen, was nun stimmt. Eine eindeutige



Pascal Haegeli ist ein kanadischer Lawinenforscher und -sicherheitsexperte mit schweizer Wurzeln. Neben seiner Tätigkeit als Berater, arbeitet er auch an der Simon Fraser University in Vancouver als Adjunct Professor, wo er Lawinensicherheitsthemen mit einem interdisziplinären Ansatz erforscht.

<sup>1</sup> Inverse Segregation, auch bekannt unter dem "Paranuss-Effekt", sortiert während eines Lawinenabganges die größeren Partikel an die Lawinenoberfläche. Aufgeblasene Lawinenairbags vergrößern Lawinenopfer vom grossen zum noch größeren Teil in der Lawine. Das erhöht die Chance, am Ende des Lawinenniedergangs an der Oberfläche zu liegen. Keine Rolle spielt hingegen der Auftriebseffekt, wie er bei Schwimmhilfen ausgenutzt wird.

<sup>2</sup> <https://www.abs-airbag.com/de/abs-ueberlebensprinzipien.html>

<sup>3</sup> Dale Atkins in der November 2011 Ausgabe von Power Magazine (<http://www.powder.com/stories/know-boundaries-5/>).

Abb. 1 Datensatz von Brugger et al. von 2007	Überlebt	Getötet	Total
Ohne Airbag (Kontrollgruppe)	1191 (81%)	278 (19%)	1469
Mit Airbag (Behandlungsgruppe)	34 (97%)	1 (3%)	35
Total	1225	279	1504

und verständliche Darstellung des wirklichen Einflusses von Airbags ist allerdings äußerst wichtig, da Überlebensstatistiken zu den bedeutendsten Kriterien beim Kauf eines Lawinenairbags gehören (siehe Studie von Christie, 2012).

Es existiert eine Reihe von unabhängigen statistischen Vergleichen zur Wirksamkeit des Airbags. Die bekannteste ist die Analyse von Brugger et al. (2007). Aber aufgrund ihres fortgeschrittenen Alters und der eher begrenzten Anzahl von analysierten Unfällen mit Lawinenairbags ist die Aussagekraft dieser Studie aus heutiger Sicht begrenzt und muss deshalb vorsichtig interpretiert werden. Das Ziel dieses Artikels ist, die Wirksamkeit des Lawinenairbags auf dem neuesten Stand zu beleuchten. Wir beziehen uns hierbei auf die Resultate einer kürzlich publizierten Studie im Journal Resuscitation (Haegeli et al., 2014). Wir wollen aber nicht einfach nur die Resultate der Studie wiedergeben, sondern die Gelegenheit wahrnehmen, die Problematik der statistischen Auswertung von Lawinen-Notfallgeräten etwas genauer zu beschreiben. Wir hoffen, dass unsere Erklärungen Skitourenfahrer und Freerider helfen, das Marketing von Lawinenairbag-Herstellern differenzierter einzuschätzen und somit besser entscheiden zu können, ob sie einen Lawinenairbag zu ihrer Notfallausrüstung hinzufügen sollten.

## **m** Mortalität, Mortalitätsdifferenz und Mortalitätsverhältnis

Grundsätzlich gilt es, bei der Interpretation von statistischen Angaben über die Wirksamkeit von Notfallgeräten immer fol-

gende Aspekte zu hinterfragen:

■ Welche Fragestellung versucht man zu beantworten?

■ Auf welchen Daten beruht die Analyse?

■ Welche Annahmen wurden während der Analyse getroffen?

Ohne ein klares Verständniss dieser Aspekte haben Statistiken – obwohl technisch womöglich korrekt – nur eine geringe Aussagekraft. Diese Zusatzinformationen sind entscheidend für eine sinnvolle Interpretation der Statistiken und ein realistisches Bild über die Wirksamkeit des Notfallgerätes.

Wenn man die Wirksamkeit von Airbags prüfen will, muss man sich also zuerst für eine spezifische Fragestellung entscheiden. Wir denken, dass folgende Fragen die interessantesten sind:

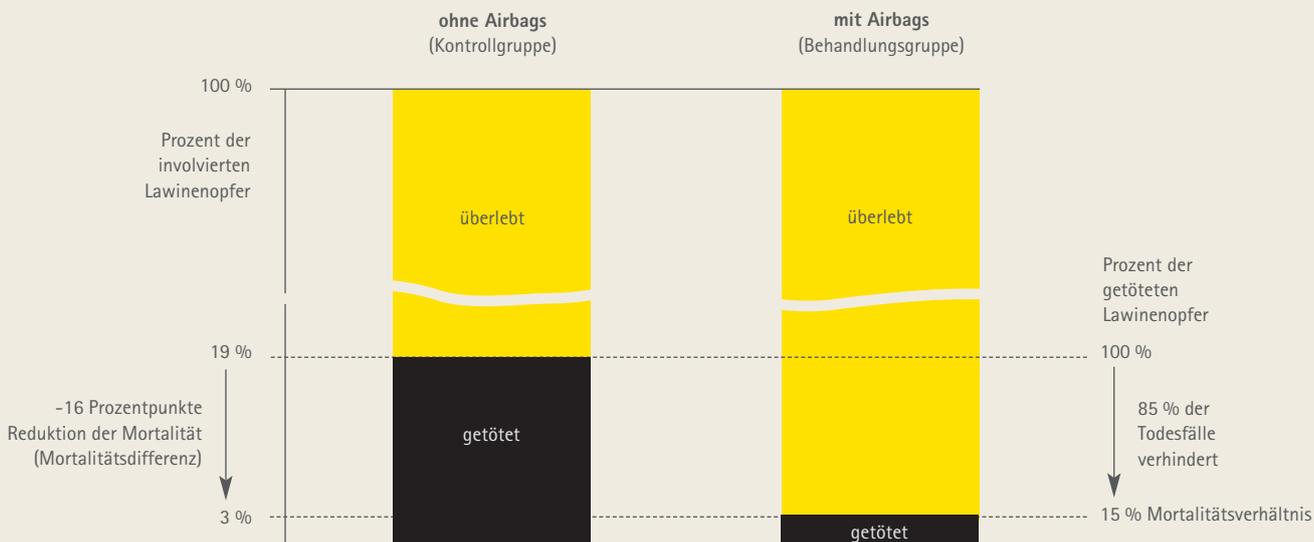
1) Wie beeinflusst die Benutzung eines Lawinenairbags die Sterbewahrscheinlichkeit bei einer ernsthaften Lawinenerfassung?

2) Welcher Anteil von Lawinentoten könnten bei verbreitetem Gebrauch von Lawinenairbags verhindert werden?

Die statistischen Messgrößen zur Beantwortung dieser Fragen sind die Mortalitätsdifferenz für die erste und das Mortalitätsverhältnis für die zweite Frage. Diese zwei Messgrößen sind eng verwandt, bieten aber unterschiedliche Perspektiven an. Es ist deshalb wichtig, ihre Unterschiede genau zu verstehen.

Wir verwenden nun die Resultate von Brugger et al. (2007), um diese beiden statistischen Messgrößen im Detail zu erklären. Der Datensatz dieser Studie enthielt Informationen über 1504 Lawinenopfer, die im freien Gelände in der Schweiz und in Österreich zwischen 1990 und 2005 von Lawinen erfasst wurden. Davon waren 35 Betroffene mit einem Lawinenairbag ausgerüstet. Normieren wir diese Taten zeigen sie, dass von 100 involvierten Personen ohne Airbag (Kontrollgruppe) 81 Personen überlebten

Abb. 2 Mortalitätsdifferenz und Mortalitätsverhältnis illustriert mit den Resultaten von Brugger et al. (2007)



(Abb. 1), weil sie entweder nicht verschüttet oder rechtzeitig geborgen wurden und sich zusätzlich nicht tödlich verletzten. Dies entspricht einer Sterbewahrscheinlichkeit oder Mortalität von 19 %. Von 100 involvierten Personen mit Airbag (Behandlungsgruppe) überlebten 97 was einer Mortalität von 3 % entspricht. Brugger et al. (2007) zeigt, dass die Benutzung eines Lawinenairbags die Mortalität signifikant um 16 Prozentpunkte von 19 % auf 3 % reduziert (Abb. 2, linke Achse). Dies ist die sogenannte Mortalitätsdifferenz. Das Mortalitätsverhältnis normiert die verbleibende Mortalität mit Airbags bezüglich der ursprünglichen Mortalität ohne Airbags (Mortalität der Behandlungsgruppe dividiert durch die Mortalität der Kontrollgruppe; Abb. 2, rechte Achse). Das Mortalitätsverhältnis in der Studie von Brugger et al. (2007) ist 15 %, was bedeutet, dass von 100 Lawinentoten ohne Airbag 15 Opfer auch trotzdem gestorben wären, wenn alle mit einem Lawinenairbag ausgerüstet gewesen wären. In anderen Worten, die Nutzung von Airbags hätte von 100 Todesfällen 85 verhindern können.

## n Nur relevante Fälle

Die heute vorhandenen Studien beruhen mehrheitlich auf einem europäischen Datensatz, der vom Airbaghersteller ABS und dem WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF zusammen erfasst wurde. Dieser Datensatz beinhaltet ein weites Spektrum von Unfällen von großen Lawinen mit mehreren Erfassten bis hin zu kleinen Unfällen mit Einzelopfern, oder Betroffenen, die einer Lawinenverschüttung entfliehen konnten. Obwohl alle Fälle wert-

volle Information zur Funktionsweise von Airbags enthalten, eignen sich nicht alle für eine statistische Analyse der Wirksamkeit. Eine detaillierte Beschreibung der spezifischen Auswahlkriterien (wurden alle bekannten Fälle berücksichtigt oder nur spezifische Fälle?) ist deshalb äußerst wichtig für die Interpretation der Resultate.

Ein Ziel unserer Studie war die Zusammenstellung eines grösseren, geographisch breiteren und auf die Effektivität fokussierten Datensatzes. Wir untersuchten dafür alle existierenden Lawinenunfallberichte mit mindestens einer involvierten Person mit Airbag aus Quellen aus Kanada (Canadian Avalanche Association), Frankreich (Association Nationale pour l'Étude de la Neige et des Avalanches), der Slowakei (Lawinenpräventionszentrum), Norwegen (Geotechnisches Institut Norwegen, Rotes Kreuz Norwegen), der Schweiz (WSL-Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF) und den USA (Colorado Avalanche Information Centre). Um sicher zu stellen, dass die Resultate unserer Analyse den Effekt von Airbags wahrheitsgetreu darstellen, haben wir nur relevante Lawinenerfassungen mit dem Potential für eine Ganzverschüttung in unseren Datensatz aufgenommen. Das haben wir erreicht, indem wir nur Unfälle mit Lawinen der Größenklasse 2 und größer (Abb. 3) und nur Lawinenopfer, die ernsthaft in der Lawine involviert waren (d.h. richtig im Lawinenfluss involviert oder von der Lawine von oben getroffen und teilweise oder ganz verschüttet) berücksichtigten. Lawinenopfer, die nur am Rand der Lawinen leicht erfasst wurden oder in der Lawine stehen blieben oder gar seitlich aus der Lawine fahren konnten, wurden aus dem Datensatz ausgeschlossen, da ein Airbag in diesen Fällen nicht die Möglichkeit hat, den Ausgang des Unfalles zu beeinflussen. Der resultierende Datensatz enthielt 245 Unfälle mit 424 ernsthaft

Abb. 3 Kanadische Lawinengrößen Skala (CAA, 2007)

Größe & Datencode	Zerstörungspotential der Lawine	Typische Masse	Typische Lawinenlänge
1	Relativ harmlos für Personen	<10 t	10 m
2	Kann eine Person verschütten, verletzen oder töten	10 <sup>2</sup> t	100 m
3	Kann einen PKW verschütten oder zerstören, einen LKW beschädigen, ein einfaches Holzhaus zerstören oder einige Bäume brechen	10 <sup>3</sup> t	1.000 m
4	Kann einen schweren LKW, einen Zugwaggon, mehrere Gebäude oder Waldflächen bis zu 4 Hektar zerstören	10 <sup>4</sup> t	2.000 m
5	Größte bekannte Schneelawine; kann Dörfer oder Waldflächen von 40 Hektar zerstören	10 <sup>5</sup> t	3.000 m

\*Halbe Größen wurden teilweise verwendet für Lawinen, die zwischen zwei Klassen waren.

involvierten Personen. 264 (58 %) der involvierten Opfer hatten einen aufgeblasenen Airbag, 61 (14 %) hatten einen Airbag, der nicht aufgeblasen war und 117 (28 %) waren nicht mit einem Lawinenairbag ausgerüstet.

und der Datensatz zudem verhältnismäßig mehr große Lawinen mit mehreren Verschütteten enthält. Dies sollten wir für die Interpretation der Resultate im Kopf behalten.

## n

### Nicht verzerrte Kontrollgruppe

Vorhandene Studien zur Wirksamkeit des Airbags verwendeten primär existierende Lawinendatenbanken, um die Mortalität der Lawinenopfer ohne Airbag zu berechnen. Bei diesem Ansatz ist aber zu beachten, dass Lawinenunfälle mit gutem Ausgang (d.h. ohne Todesopfer oder große Verletzungen) oft nicht an offizielle Stellen gemeldet werden. Da sowohl Hersteller von Airbags als auch Lawinenforscher aktiv Informationen über Lawinenunfälle mit Airbags suchen, ist die Meldequote von nicht tödlichen Unfällen mit Lawinenairbags möglicherweise deutlich höher. Diese unterschiedlichen Meldequoten können die Resultate von Wirksamkeitsanalysen unabsichtlich verfälschen.

Um dieses Problem in unserer Studie zu vermeiden, haben wir in unserer Effizienzanalyse nur Lawinenunfälle berücksichtigt, bei denen sowohl Airbag Träger als auch Personen ohne Airbag erfasst wurden. Das erlaubt uns, sowohl die Behandlungsgruppe als auch die Kontrollgruppe aus denselben Unfällen zu bilden und damit eine Verzerrung aufgrund der Meldequote zu verhindern. Konsequenz für diesen nicht verzerrten Datensatz ist allerdings, dass nur 35 % (106 von 207) der vorhandenen Datensätze mit ernsthaft involvierten Airbag Trägern berücksichtigt wurden

## k

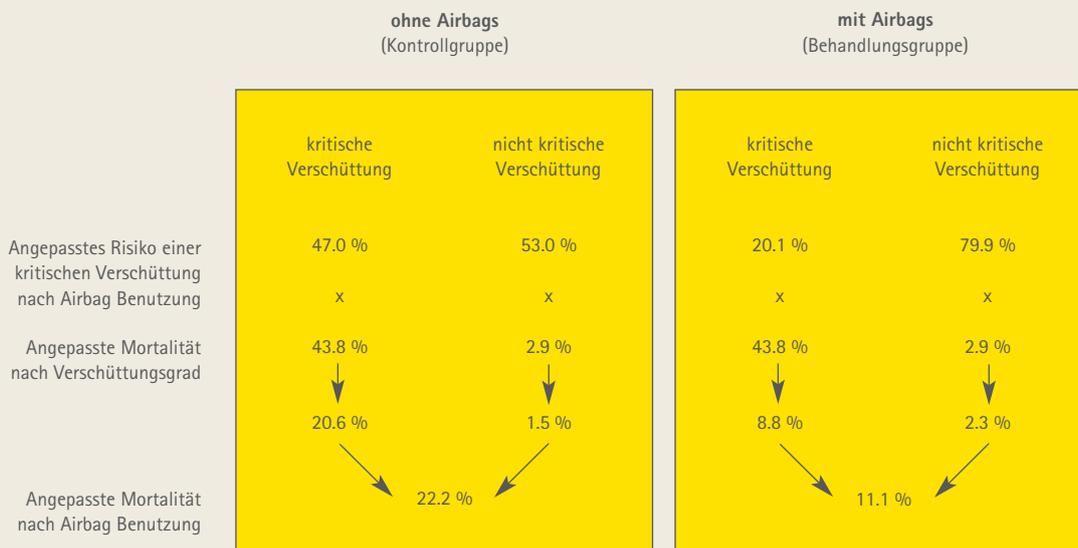
### Kontrolle von weiteren Einflussfaktoren: angepasste Mortalitätsrate

Der Airbag ist bei weitem nicht der einzige Faktor, welcher die Überlebenschance in einer Lawine beeinflusst. Die Lawinengröße, der Standort des Opfers bei der Lawinenauslösung, die Eigenschaft des Lawinenauslaufes, ob man verletzt wird oder ob man ein LVS trägt sind wesentliche weitere Einflussfaktoren für den Ausgang einer Lawinenerfassung. Weil all diese Faktoren zusammenspielen, kann eine eindimensionale Kreuztabelle, wie in Abb. 1 gezeigt, den Effekt des Airbags nicht wahrheitsgetreu aufzeigen.

Um den Einfluss der einzelnen Faktoren auf die Mortalität besser zu isolieren, untersuchten wir unseren Datensatz mit einer mehrdimensionalen statistischen Methode, der sogenannten binomischen Regressionsanalyse. Diese Methode erlaubt uns alle Einflussfaktoren gleichzeitig zu analysieren und ihre Effekte deshalb genauer abzuschätzen. Die Resultate aus dieser Analyse wurden dann in angepasste Mortalitätsraten konvertiert, welche in derselben Weise interpretiert werden wie die Mortalitätsraten berechnet aus Kreuztabellen.

Der interessierte Leser wird hierbei auf unseren Artikel im Resuscitation verwiesen, um die vollständige Liste der untersuchten Einflussfaktoren und die Details zur binomischen Regressionsanalyse zu finden.

Abb. 4 Berechnung der angepassten Mortalität unterschieden für Personen mit und ohne aufgeblasenem Airbag.



## W

### Was haben wir herausgefunden?

Unsere Analyse zeigt, dass Airbags die Mortalität nur indirekt durch ihren Einfluss auf den Verschüttungsgrad<sup>4</sup> beeinflussen. Andere den Verschüttungsgrad beeinflussende Faktoren sind die Lawinengröße (je größer die Lawine, desto größer das Risiko für eine kritische Verschüttung) und ob das Opfer bedeutende mechanischen Verletzungen<sup>5</sup> während des Lawinenabgangs erlitt (höheres Risiko einer kritischen Verschüttung mit bedeutenden Verletzungen). Das angepasste Risiko einer kritischen Verschüttung ist 47.0 % für Opfer ohne Airbag und 20.1 % für Opfer mit aufgeblasenem Airbag.

Die Mortalität ist anschliessend durch den Verschüttungsgrad und ebenfalls die Lawinengröße und bedeutende mechanische Verletzungen bestimmt. Die angepasste Mortalität ist 43.8 % für kritisch verschüttete Opfer und 2.9 % für nicht kritisch verschüttete Opfer. Die angepasste Mortalität mit und ohne aufgeblasenem Airbag kann nun berechnet werden, indem man das angepasste Risiko einer kritischen Verschüttung nach Airbag-Benutzung mit der angepassten Mortalität nach Verschüttungsgrad multipliziert (Abb. 4). Die hiermit berechnete angepasste Mortalität ohne Airbag beträgt 22.2 %, diejenige mit aufgeblasenem Airbag 11.1 %. Die daraus resultierende angepasste Mortali-tätsdifferenz beträgt 11 Prozentpunkte (95 % Konfidenzintervall ist von -4 bis -18 Prozentpunkten) und das angepasste Mortali-tätsverhältnis ist 0.5 (95 % Konfidenzintervall ist 0.3 bis 0.7). Das bedeutet, dass von 100 Opfern ohne Airbag, welche ernsthaft in einen Lawinenunfall involviert waren, 22 getötet wurden und 78

überlebten, weil sie keine tödlichen Verletzungen erlitten, nicht verschüttet wurden oder rechtzeitig geborgen wurden. Von 100 Opfern mit aufgeblasenem Airbag würden 11 Personen sterben, da sie trotz eines aufgeblasenen Airbags verschüttet werden oder sich tödlich verletzen.

Das bedeutet, dass 11 zusätzliche Personen – das entspricht der Hälfte der Lawinentoten – dank des Airbags überlebt hätten. Dieser Effekt ist zwar signifikant, aber nicht so groß wie bis anhin geglaubt (-11 Prozentpunkte gegenüber -16 Prozentpunkte in Brugger et al., 2007). Zudem ist die Mortalität von Airbag Benutzern signifikant höher als bis anhin berichtet (11 % gegenüber 3 % in Brugger et al., 2007). Obwohl diese Differenz teilweise dadurch erzeugt wird, dass unsere Analyse auf große Lawinen mit mehreren involvierten Personen fokussiert ist, zeigt sie klar auf, dass Lawinenairbags kein Überleben unter allen Umständen garantieren. Auch wenn alle Opfer im vorhandenen Datensatz einen aufgeblasenen Airbag benutzt hätten, wäre eins von neun Opfern gestorben.

## W

### Wie verhält es sich mit den nicht aufgeblasenen Airbags?

Bis jetzt haben wir nur den Nutzen von aufgeblasenen Airbags betrachtet. Die 11-Prozentpunkt-Reduktion der Mortalität repräsentiert also den Optimalfall-Effekt, wenn der Airbag ausgelöst wurde. Vergangene Studien haben allerdings wiederholt gezeigt, dass nicht aufgeblasene Airbags ein ernsthaftes Effizienz-Problem darstellen. Diese Bedenken werden durch unsere Studie be-

<sup>4</sup> Der Verschüttungsgrad wurde definiert als kritisch (d.h. Kopf des Lawinenoپfers unter dem Schnee und Atemwege beeinträchtigt) oder als nicht kritisch (ungehinderte Atmung).

<sup>5</sup> Mechanische Verletzungen wurden als bedeutend berücksichtigt, wenn ein Spitalaufenthalt notwendig war.



stätigt. Gemäß unseres gesamten Datensatzes von Airbag-Benutzern ist die Rate von nicht aufgeblasenen Airbags rund 20 % (61 von 307) – ähnlich wie in der Studie von Brugger et al. (2007). Nicht aufgeblasene Airbags führen deshalb zu einer Reduktion der Mortalitätsreduktion von 11 auf 9 Prozentpunkten (d.h. 80 % von 11 Prozentpunkten).

Was sind die Gründe für nicht aufgeblasene Airbags? Von den betrachteten Fällen waren bei 52 Fällen Information dazu vorhanden:

- 60 % der Airbags wurden durch den Benutzer nicht ausgelöst
  - 12 % Wartungsfehler (zB Patrone nicht richtig eingesetzt)
  - 17 % Gerätefehler (zB Probleme, die zu Revisionen beim Design oder bei der Produktion führten)
  - 12 % Zerstörungen des Airbags während des Lawinenabganges
- In Bezug zur Gesamtzahl der Airbag Nutzer, lag die Zerstörungsrate von Airbags bei 2 % (6 von 307) und die Gerätefehlerrate bei 3 % (9 von 307).

Auf der Suche nach Gründen für das Nicht-Auslösen des Airbags haben wir Beziehungen von Nicht-Auslösungen und relevanten Faktoren der Opfer sowie Charakteristiken der Lawinenerfassung untersucht. Da wir keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Aktivierung und der Lawinengröße gefunden haben, scheint das Nicht-Aktivieren des Airbags nicht durch eine stärkere Gewalt während der Lawinenerfassung begründet. Wir fanden aber eine signifikant tiefere Nicht-Auslöserate bei professionellen Lawinenfachleuten (zB Bergführer oder Patrouilleure) im Vergleich zu Freizeitsportlern (5 % gegenüber 14 %). Das zeigt an, dass Training und größere Vertrautheit mit dem Airbag und des Auslösemechanismus erhebliche Verbesserungen im Gebrauch bringen kann.

## n

### Was ist mit Risikokompensation?

Risikokompensation ist eine der Hauptbedenken beim Abwägen der Vor- und Nachteile des Airbags. Fühlen sich die Benutzer des Airbags weniger verletzlich und gehen deshalb höhere Risiken ein? Während es bis heute noch keine empirischen Studien zur Risikokompensation im Verhalten von Skitourenfahrern oder Freeridern bei Benützung des Airbags gibt, ist das Phänomen der Risikokompensation aber in anderen Gebieten gut erforscht. Hedlund (2000) behandelt Risikokompensation zB im Zusammenhang mit Sicherheitsinitiativen im Straßenverkehr. Er hält fest, dass, auch wenn – zum Teil unbewusst – Risikokompensation auftritt, sie im Allgemeinen die Sicherheitsgewinne von Programmen nicht eliminieren, sondern nur deren erwarteten Nutzen reduzieren. Während es äusserst schwierig sein dürfte, die nötigen empirischen Daten für eine quantitative Studie im Zusammenhang mit Lawinenairbags zu sammeln, ist es doch möglich, eine qualitative Einschätzung zu machen. Hedlund (2000) hat dafür eine Liste von vier Merkmalen von Sicherheitsausrüstung oder -initiativen zusammengestellt, welche die Risikokompensation begünstigen:

- 1) Ist mir das Sicherheitsgerät präsent? Weiß ich überhaupt, dass es da ist?
- 2) Betrifft mich das Sicherheitsgerät negativ, physisch und/oder mental?
- 3) Ist die Wirkung des Sicherheitsgerätes direkt mit der Motivation oder dem Ziel meiner Aktivität verbunden?
- 4) Wie viel Kontrolle habe ich über mein Handeln? Kann ich mein Handeln überhaupt ändern, wenn ich will?

Abb. 5 Effekt des Lawinenairbags auf die Mortalität von Lawinenofern, die ernsthaft in Lawinen der Größe 2 oder größer involviert sind.



Lawinenairbags scheinen bei allen vier Charakteristiken zu punkten:

- 1) Es ist schwierig, die Tatsache, dass wir einen Airbag tragen, auszublenden: Jedesmal, wenn man den Rucksack an- oder auszieht, wird man daran erinnert. Zusätzlich benötigt der Airbag während einer Tour regelmäßig Aufmerksamkeit.
- 2) Airbags sind teuer und schwer. Das Handling auf einer Tour kann eine Herausforderung sein.
- 3) Wenn die Hauptmotivation einer Tour oder Abfahrt das Befahren von schwierigen und steilen Hängen ist, dann kommt der Nutzen des Airbags genau richtig; wer einfach auf Tour geht, um die Natur und Ruhe zu genießen, bei dem deckt sich der Nutzen des Airbags weniger mit der Motivation für die Tour.
- 4) Während Freizeitsportler volle Handlungsfreiheit und -kontrolle haben, sind professionelle Lawinenfachleute wie Bergführer und Patrouilleure mehr gebunden, z.B. durch Organisationsabläufe und -grundsätze oder bewährte Praxismethoden.

Aus dieser Liste von Charakteristiken können wir schließen, dass das Potential für Risikokompensation unter Airbag Nutzern klar vorhanden ist, vorallem unter Freizeitsportlern, die primär am athletischen Aspekt des Sportes interessiert sind.

Während unsere Studie keine Information zur Risikokompensation unter Airbag Nutzern enthält, zeigt sie aber Einblicke in die möglichen Konsequenzen dieses Verhaltens. Die Parameterbewertungen aus der binomialen Regressionsanalyse für eine kritische Verschüttung zeigt, dass die Risikoreduktion, welche durch das Tragen eines Airbags gewonnen wird, ungefähr gleich groß ist wie der Risikoanstieg, wenn man in einer Lawine eine Klasse größer erfasst ist. Das heisst, dass der persönliche Sicherheitsgewinn durch einen Airbag schnell zunichte gemacht wird, wenn der sich Nutzer deshalb in heikleres Gelände begibt, wo größere Lawinen wahrscheinlicher sind.

## g Grenzen der Studie

Die Grenzen einer Analyse aufzuzeigen ist ein wichtiger Punkt, wenn man statistische Resultate präsentiert. In unserer Analyse zur Wirksamkeit des Airbags mussten wir den Datensatz von Airbag Nutzern markant einschränken, um eine unverzerrte Kontrollgruppe zu erhalten. Der resultierende Datensatz enthielt deshalb mehr grosse Lawinen mit mehreren Erfassten. Zudem enthielt der reduzierte Datensatz eine kleinere Prozentzahl von professionellen Lawinenfachleuten und einen höheren Anteil von Opfern, die bei Lawinenauslösung in der Lawinenbahn oder im Lawinenauslauf standen. Dies ist bei der Interpretation der Statistiken zur Mortalität wichtig im Kopf zu behalten. Während die Mortalität bei den Airbag-Nutzern, die vom Datensatz ausgeschlossen wurden (d.h. kleinere Lawinen oder nur einzelne Personen involviert) kleiner ist als im analysierte Datensatz, ist es unklar wie Airbags genau zur reduzierten Mortalität in diesen kleineren Lawinen beitragen.

## f Fazit

Was sind die wichtigsten Schlussfolgerungen aus unserer Studie?

- Airbags sind ein wertvolles Lawinen-Notfallgerät, aber die Auswirkung auf die Mortalität ist kleiner als bis anhin angenommen und ein Überleben ist nicht garantiert.

- Bei Lawinenofern, ernsthaft erfasst von einer Lawine der

## Literatur

Brugger, H., H.-J. Etter, B. Zweifel, P. Mair, M. Hohlrieder, J. Ellerton, F. Elsensohn, J. Boyd, G. Sumann, und M. Falk, 2007: The impact of avalanche rescue devices on survival. *Resuscitation*, 75(3), 476-483.

Christie, S., 2012: Avalanche Airbag Survey: A U.S. Perspective. Artikel präsentiert am 2012 International Snow Science Workshop in Anchorage, AK, 361-362. [<http://arc.lib.montana.edu/snow-science/item.php?id=1700>]

Haegeli, P., M. Falk, E. Procter, B. Zweifel, F. Jarry, S. Logan, K. Kronholm, M. Biskupič, und H. Brugger, 2014: The effectiveness of avalanche airbags. *Resuscitation*.

Hedlund, J., 2000: Risky business: safety regulations, risk compensation, and individual behavior. *Injury Prevention*, 6, 82-90.



Größe 2 oder größer, wird das Sterberisiko mit einem aufgeblasenen Airbag von 22 % auf 11 % reduziert (Abb. 5). Das heißt, dass aufgeblasene Airbags etwa die Hälfte aller Todesopfer verhindern kann.

■ Nicht aufgeblasene Airbags bleiben der wichtigste limitierende Faktor des Airbags. Die festgestellte Nicht-Auslöserate über alle Fälle liegt bei 20 %.

■ Wenn die nicht aufgeblasenen Airbags in die Analyse miteinbezogen werden, reduzieren die Airbags das Sterberisiko nur von 22 % auf 13 % (Abb. 5). Der Anteil von verhinderten Todesopfern reduziert sich auf 41 %.

■ 60 % der Fälle der nicht aufgeblasenen Airbags gehen auf eine fehlende Aktivierung durch den Nutzer zurück. Vertrautheit mit dem Auslöseprozedere und eine korrekte Wartung sind deshalb für ein einwandfreies Funktionieren des Airbags von höchster Bedeutung.

■ Persönliche Sicherheitsgewinne vom Airbag sind schnell zu nichte gemacht, wenn die Benutzer sie verwenden, um sich in extremeres Gelände zu begeben, wo größere Lawinen möglich sind.

## W

### Wie weiter?

Unsere Studie zeigt, dass Lawinenairbags im Allgemeinen die Mortalität bei ernsthaften Lawinenerfassungen reduzieren. Keine Aussage erbringt sie aber über die Nützlichkeit des Airbags bei verschiedenen Lawinenbedingungen. Beispielsweise wäre ein Vergleich interessant, bei dem die Effektivität bezüglich den

Eigenschaften der Lawinenauslaufzone (gleichmäßig, Mulden) oder unterschiedlichen Standorten des Opfers bei der Lawinenauslösung (Anrisszone, Lawinenbahn, Auslaufzone) untersucht würde.

Die Erfassung von guten Daten ist allerdings schwierig und die Informationen in existierenden Berichten sind oft lückenhaft. Deshalb möchten wir die nationalen Lawinenzentren, internationale Rettungsorganisationen, Airbag Hersteller und Forscher ermutigen, zusammen ein standardisiertes Datenprotokoll für Lawinenunfälle zu entwickeln. Zusätzlich möchten wir Wintersportler animieren Lawinenerfassungen konsequenter an die lokalen Lawinenwarndienste zu melden. Größere und detailliertere Datensätze werde uns erlauben die Mortalität in Lawinen besser zu verstehen und die Möglichkeiten und Grenzen von Notfallausrüstungsgegenständen wie dem Airbag besser aufzuzeigen. Wir hoffen, dass die Resultate von solchen Studien helfen werden fragwürdige Aussagen über die Wirksamkeit von Notfallausrüstungsgegenständen zu vermeiden damit sich Wintersportler fundiert zu deren Gebrauch entscheiden können.

### Dank

Wir bedanken uns bei allen, die bei der Datensammlung in irgendeiner Art und Weise mitgeholfen haben und dadurch diese Forschung ermöglicht haben.

Fotos: Archiv SLF