



Aufgrund der positiv verlaufenen Lawinenunfälle mit ABS-Rucksäcken und wegen dem großen Interesse betroffener Kreise (Bergführer, Pistendienste, Skitouristen) an objektiven und verbindlichen Aussagen über den Wirkungsgrad von Lawinenballons hat das Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung Weißfluhjoch/Davos im Winter 1994/95 die ersten Versuche mit dem ABS-Lawinenballon durchgeführt. Die Ergebnisse sind in einem internen Bericht des Instituts zusammengefaßt und werden hier in gekürzter Form wiedergegeben.

Untersuchungen über die Wirkung des Lawinenballons

Der Lawinen-Airbag

F. Tschirky, R. Meister, W. Ammann, O. Buser

Einleitung

Den Lawinenrettungsballon hat der deutsche Förster Josef Hohenester erfunden. Dieser führte in den Jahren 1975 bis 1979 total 17 Ballonversuche im Zugspitzgebiet durch. Bei der Berechnung der notwendigen Ballongröße ging Hohenester vom durchschnittlichen spezifischen Schneegewicht und dem Gewicht eines Menschen incl. Ausrüstung (100 kg) aus. Darum begann er seine Versuche mit Ballons von anfangs 500 Volumen. Zitat (Hohenester, 1979): "Wie die nun abgeschlossene Versuchsreihe ergab, war diese Berechnung falsch. Denn offensichtlich wird der statische Auftrieb wesentlich übertroffen durch den Auftrieb, den die Lawinen-Dynamik bewirkt". Aufgrund dieser Erkenntnis begnügte sich Hohenester bei seinen letzten Versuchen mit einem Bal-

lon-Volumen von nur 60 Litern. Bei seinen 17 Versuchen wurden alle Ballons mit den angehängten Versuchspuppen (Dummies 80 - 95 kg, bewegliche Gelenke) an der Lawinenoberfläche gehalten. Die Anrißhöhen der künstlich ausgelösten Lawinen haben sich laut Literatur zwischen 0,5 - 4 m bewegt (Hohenester, 1979).

Einer seiner Versuche wurde am 23.3.1978 durch das Allianz-Zentrum für Technik, Ismaning b. München, durchgeführt und dokumentiert (Wolff, 1978). Bei diesem Versuch wurden ein Dummy von 75 kg Gewicht und 3 mit Wasser gefüllte Kunststoffkanister eingesetzt. Die Größe der verwendeten Ballons betrug 260 Litervolumen. Zitat: "Die Sprengung löste einen Lawinenabgang in ca. 2800 m Höhe aus. Nach etwa einem Drittel des Gesamtweges wurden die Versuchsobjekte von den Schneemasen erfaßt und mitgerissen. In etwa

2300 m Höhe kam die Lawine ... schließlich zum Stillstand. ... die Endpositionen des Dummies und der Kunststoffbehälter waren durch die leuchtend gelben Ballons eindeutig auszumachen. Bedingt durch die Bremswirkung von Armen und Beinen lag die Versuchsgruppe 50 bis 100 m oberhalb der übrigen Versuchsobjekte. Während der Ballon frei auf der Schneeoberfläche lag, war der Dummy von einer dünnen Schneeschicht bedeckt." (Wolff, 1978)

Hohenester kam zum Schluß, daß ein Ballonvolumen von 100 Litern (incl. Sicherheitsmarge) genüge, daß die auftretenden Kräfte zwischen Ballon und Versuchspuppe aufgrund von Messungen mittels eines Reißband-Kraftbegrenzers in jedem Fall kleiner als 7.5 kN waren und daß wegen der im Allianz-Bericht beschriebenen Bremswirkung durch die Extremitäten der Versuchspuppe der wesentliche Effekt

eintrete, nicht in die besonders gefährliche Stauzone der Lawinen zu gelangen (Hohenester, 1979) - (Anmerkung: Fragliche Schlußfolgerung!).

Der ABS-Lawinenballon²

Der Deutsche Peter Aschauer³ hat die Erfindung von Josef Hohenester weiterentwickelt und ist von Anfang der 90er-Jahre bis heute mit verschiedenen ABS-Rucksackmodellen auf den Markt gekommen. Seine Lawinenballons haben ein Luftvolumen von 150 Litern. Ausgelöst werden die in den verschiedenen großen Rucksackmodellen integrierten Ballons durch ein Ziehen an einer Reißleine. Durch dieses Ziehen wird eine rund 380 g schwere, mit 300 bar Druck gefüllte Stickstoff-Gaspatrone angestochen. Das mit großer Geschwindigkeit entweichende Gas saugt über Düsen Umgebungsluft an (Venturi-System) und füllt den Ballon, welcher sich in einer durch Klettverschlüsse verschlossenen Außentasche des Rucksacks befindet, innerhalb von 5 bis 6 Sekunden mit rund 150 Litern Luft.

Auch der Hersteller P. Aschauer hat verschiedene Lawinenversuche mit seinen ABS-Lawinenballons durchgeführt. Diese Versuche sind leider nicht oder nur durch Video-Aufnahmen dokumentiert. Laut Angaben von Aschauer sind auch seine Versuche positiv verlaufen. Bis heute sind rund 3.000 ABS-Rucksäcke hergestellt und verkauft worden.

Funktionsweise des ABS-Lawinenballons

O. Buser (SLF) hat theoretische Untersuchungen über die möglichen physikalischen Prozesse durchgeführt, welche begründen könnten, warum sich ein Mensch mit einem 150 Liter großen Lawinenballon auf und nicht in einer Lawine bewegt.

Der Ballon bewirkt zweierlei:

1. Die mittlere Dichte des Verbunds Mensch-Ballon wird kleiner (Mensch: 1000 kg/m³ / Mensch+ABS-Ballon: 400 kg/m³).
2. Die Geometrie wird verändert. Der Verbund Mensch-Ballon wird zu einem großen Brocken, verglichen mit den Schneebröckchen der Lawine.

Punkt 1 führt zu einem Schwimmen oder Fliegen, falls das umgebende, quasi flüssige Medium eine Dichte von mehr als 400 kg/m³ hat. Für Schnee wird gemäß den Richtlinien (Einwirkung auf Lawinenschutzgalerien, Bundesamt für Straßenbau, 1994) mit 300 kg/m³ bei fließenden Lawinen gerechnet. Damit fällt dieser Prozeß für sich allein außer Betracht.

Bleibt Punkt 2. Das Medium muß als Granulat betrachtet werden. Um den gewünschten Effekt zu beobachten, muß sich das Medium bewegen. In solchen Fällen findet man für verschieden große Granulate eine Entmischung, eine Segregation. Sind die großen Brocken oben, so bezeichnet man dies als inverse Segregation.

Zusammenfassend:

Eine inverse Segregation während der Bewegung einer Fließlawine könnte bewirken, daß sich der Lawinenballon an der Oberfläche der Lawinen befindet. Die ungleiche Dichteverteilung Ballon-Mensch dürfte allerdings zur Folge haben, daß sich der Ballon oberhalb des Menschen befinden wird. Für die trajektorale Segregation (Anmerkung: Längerer Bremsweg der großen Partikel = Personen mit Ballons werden von einer Lawine weiter

getrieben als Personen ohne Ballons) dürfte das Bewegungsverhalten während Beschleunigungsphasen verantwortlich sein.

Somit läßt sich die Wirkung des ABS-Ballons nur mit dem größeren Volumen des Verbundes Mensch-Ballon und mit lawinendynamischen Prozessen, aber nicht ausschließlich mit statischen Auftriebskräften erklären.

Bekannt und dokumentierte Lawinenunfälle mit ABS-Lawinenballons

Bis heute sind 6 Lawinenunfälle bekannt, bei denen in den Jahren 1991 bis 1994 total 10 mit dem ABS-Lawinenballon ausgerüstete Personen von Lawinen erfaßt und mitgerissen worden sind.

Die Resultate dieser Unfälle waren folgende:

● Bei den Lawinen handelte es sich um kleine bis mittelgroße Lawinen mit Anrißhöhen von 30 - 90 cm, Lawinenbreiten von 8 - 100 m und Längen von 120 - 750 m. Mit Ausnahme eines Unfalles (Gudauri/Kaukasus) haben sich alle Unfälle im Kanton Graubünden/Schweiz ereignet.

● 1 Person konnte den Lawinenballon nicht mehr auslösen, wurde von der Lawine ganz verschüttet, konnte mittels LVS geortet werden und überlebte den Unfall leicht verletzt.

● Bei 1 Person wurde der Ballon wegen einer technischen Fehlfunktion nicht aufgeblasen. Die betreffende Person wurde von der Lawine nur teilverschüttet (bis zum Hals), konnte von den Kameraden ausgegraben werden und überlebte den Unfall leicht verletzt.

● 3 der 8 Personen mit aufgeblasenem Ballon sind von der Lawine nicht verschüttet, 2 Personen sind teilverschüttet worden. Von diesen 5 Personen erlitten 2 leichte Verletzungen, 3 waren unverletzt.

● 3 Personen mit funktionierendem ABS sind ganz verschüttet (Kopf im Schnee) worden und konnten

sich nicht selber aus den Schneemassen befreien. Dank der an der Lawinenoberfläche gut sichtbaren, leuchtenden Lawinenballons und der geringen Verschüttungstiefen konnten diese 3 Personen von ihren Kameraden

unverzüglich geortet und ausgegraben werden. In diesen Fällen muß man den Lawinenballon wohl eher als Markierungsmittel denn als Rettungsgerät bezeichnen. 1 ganzverschüttete Person war leicht verletzt, die anderen 2 Personen waren unverletzt.

Von den 8 Personen, bei welchen das ABS-System einwandfrei funktioniert hat, sind alle 8 Ballons bei Lawinenstillstand sichtbar an der Schneeoberfläche gewesen.

Erster Vorversuch, 4. Januar 1995

Aufgrund der herrschenden Lawinenverhältnisse konnte am 4. Januar 1995 im Parsenengebiet /Davos ein Vorversuch durchgeführt werden. Dabei ging es in erster Linie darum, die Eignung der umgebauten Schaufensterpuppen zu testen, die Arbeit mit dem Helikopter zu

Von den 8 Personen, bei welchen das ABS-System einwandfrei funktioniert hat, sind alle 8 Ballons bei Lawinenstillstand sichtbar an der Schneeoberfläche gewesen.

üben und mögliche Probleme und Mängel im Versuchskonzept aufzudecken. Es wurde ein steifer, ca. 85 kg schwerer, mit Ski ausgerüsteter Dummy eingesetzt, welcher einen bereits aufgeblasenen Lawinenballon angeschnallt hat. Insgesamt mußten vier Anläufe unternommen werden, bis ein brauchbares Resultat vorhanden war. Die erste gesprengte Lawine war zu klein und die nächsten zwei vorgesehenen Hänge entluden sich durch vom Helikopter beim Landen versuchte Fernauslösungen, bevor die Versuchspuppe in den Lawinenhang gestellt werden konnte. Erst beim vierten Versuch gelang es, eine mittelgroße Lawine auszulösen, welche den Dummy mit sich riß und verschüttete. Die Puppe schwamm auf dem Buch liegend, Kopf talwärts an der Lawinenoberfläche, wobei nur der Ballon sichtbar blieb. Im Lawinenauslauf bleibt der steife Dummy in den langsamer werdenden Schneemassen stecken, während von oben immer noch Schnee nachfloß, der gegen den an der Lawinenoberfläche liegenden Ballon drückte. Bedingt durch die großen Scherkräfte hat sich der Ballon mitsamt dem Ventilsystem vom Rucksack losgerissen. Bei Lawinestillstand lag der losgerissene Ballon unverschüttet knapp unterhalb des Lawinenendes. Der Dummy war ganz verschüttet, aber sichtbar (Skistock) und lag ca. 30 m oberhalb des losgerissenen Ballons. Ein Bein und beide Arme waren während des Lawinenabganges abgerissen worden. Der Hersteller der ABS-Rucksäcke konnte glaubhaft machen, daß er versehentlich einen nur für Fotozwecke vorgesehenen Rucksack, welcher viel zu schwach vernähte Befestigungsgurten hatte, für die Versuche geliefert hatte. Eine Nachprüfung und Vergleiche der Nähte bei anderen ABS-Rucksäcken bestätigten diese Aussage des Herstellers.

Zweiter Vorversuch, 8. Januar 1995

Die Lawinensituation ausnützend fand bereits am 8. Januar 1995 im Pischagebiet/Davos ein weiterer Vorversuch statt. Bei diesem Versuch ging es unter anderem darum, verschiedene Puppen zu vergleichen und allfällig unterschiedliches Schwimmverhalten der Puppen in der abgehenden Lawine festzustellen. Es wurden wieder 1 steife, ca.

Die Lawine:

- Exposition Nord
- Anrißhöhe 0,10 - 0,93 m; durchschnittlich ca. 0,5 m
- ca. 45° steil
- Kubatur ca. 1.500 m³

Legende:

- 1A - 7A Puppen mit ABS-Lawinenballons
 1B - 7B Puppen ohne ABS-Lawinenballons
 20 - 250 cm gemessene Ablagerungstiefen am Lawinenkegel

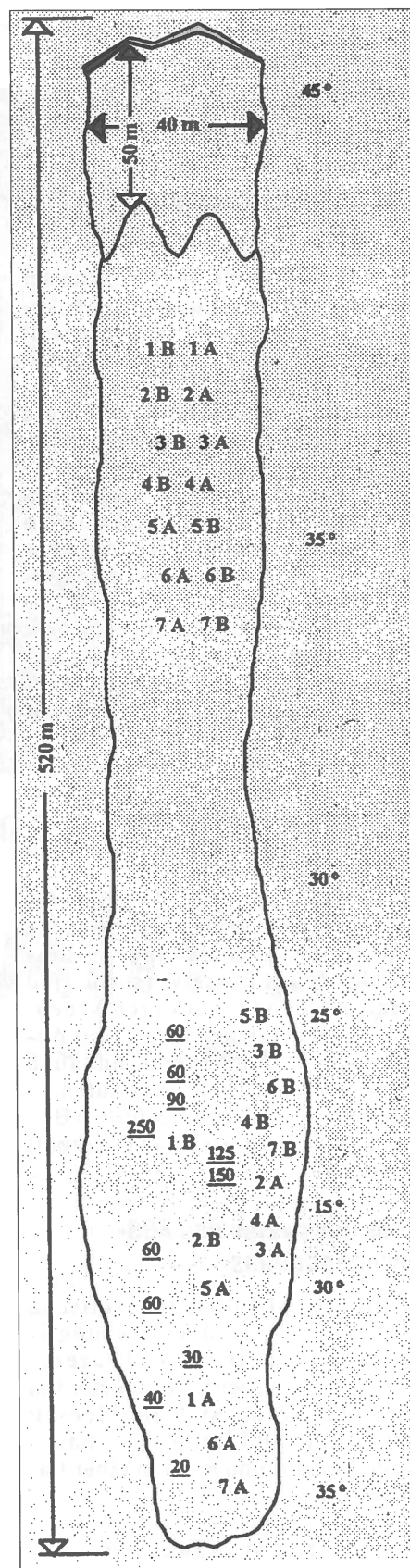
Resultate:

- 1A tv
 2A gv / si Lawinenballon nur halb aufgeblasen; Patrone in Ordnung
 3A gv / si
 4A gv / si
 5A tv Lawinenballon ohne Luft; Patrone leicht angeritzt, nicht ausgelöst
 6A gv / si Hüftgurt Rucksack unten halb abgerissen
 7A nv
 1B gv / 80 cm VS
 2B gv / 20 cm VS
 3B gv / si Skistock
 4B gv / 30 cm VS
 5B gv / si Skistock
 6B tv
 7B gv / 50 cm VS

Abkürzungen:

- nv Puppe nicht verschüttet; ganzer Körper auf Schnee
 tv Puppe teilweise verschüttet; Kopf jedoch nicht verschüttet
 gv Puppe ganz oder großteils verschüttet, Kopf ganz verschüttet
 si Puppe aufgefunden durch sichtbaren Gegenstand (Lawinenballon, Skistock) oder Körperteil
 20 - 80 cm Verschüttungstiefen ganz verschütteter Puppen (ohne ABS / mit VS)
 VS Puppen aufgefunden durch VS-Gerät

80 kg schwere Schaufensterpuppe, 1 beweglicher, ca. 75 kg schwerer Fußgänger-Dummy aus der Autoindustrie (beide Puppen mit kompletter Skiausrüstung) und ein vollflexibler, sackartiger, ca. 75 kg schwerer Versuchskörper (ohne Skiausrüstung) eingesetzt. Die 3 mit bereits aufgeblasenen Lawinenballons versehenen Puppen wurden per Helikopter in einen Lawinenhang gestellt. Die ersten 2 Sprengungen waren erfolglos. Nach der Dislokation der Puppen um ca. 100 m konnte mit der 3. Sprengung im selben Hang eine kleine Lawine ausgelöst werden. Die 3 Puppen befanden sich in der Anrißzone der anfänglich kleinen Lawine. Die erste Lawine löste jedoch kurz nach dem Anriß weitere Schneemassen, sodaß sich doch noch eine mittel-



Übersichtsskizze der Lawine Rosställispitz, Großversuch vom 10.3.95

große Lawine bilden konnte. Es war gut zu beobachten, daß sich die leuchtfarbenen Lawinenballons während des Lawinenabganges meist an der Oberfläche befanden oder nach kurzem Verschwinden

immer wieder aus der Lawine auf-tauchten. Die steife Puppe blieb in einem Staubereich auf einer Geländeverflachung liegen. Die beiden anderen Dummies wurden bis zum Hangfuß in eine ausgeprägte Mulde gespült. Nachfließender Schnee verschüttete alle 3 Dummies völlig und auch die Ballons wurden zwischen 30 % - 70 % von der Lawine verschüttet. Bei Lawinestillstand waren jedoch alle 3 Ballons auch aus größerer Distanz gut erkennbar. Beim Ausgraben konnte festgestellt werden, daß die Köpfe der Versuchspuppen bis zu 1 m tief verschüttet worden waren und daß die Ablagerungstiefen der Lawine im Bereich der Dummies zwischen 1,50 - 2 m betragen. Es ist unschwer vorstellbar, daß weitere nachfließende Schneemassen zu einer völligen Verschüttung der Ballons hätten führen können. Die Lawine hatte ein ungefähres Ausmaß von 300 m Länge, 100 m Breite und eine durchschnittliche Anrißhöhe von 0,5 m. Konkrete Aussagen über ein allfällig unterschiedliches Schwimmverhalten der verschiedenen Puppentypen konnten keine gemacht werden. Man könnte jedoch vermuten, daß steife Puppen tendenziell eher im oberen Bereich der Lawinenablagerungen stecken bleiben, daß bewegliche Puppen von der Lawine eher weiter getrieben werden, und daß die auftretenden Kräfte auf den Rucksack und auf die Befestigungsgurten bei steifen Puppen größer sind als bei beweglichen Dummies.

Dritter Versuch, 10. März 1995

In Anbetracht der sich ständig besser stabilisierenden Schneedecke und des angekündigten Frühlingwetters wurde beschlossen, trotz der tiefen Lawinengefahrenstufe in der Region Davos einen Großversuch durchzuführen. Es wurden total 14 Dummies eingesetzt: 13 steife Schaufensterpuppen und 1 flexibler Verkehrsdummy. 7 Puppen waren ohne ABS-Rucksack, 6 Puppen verfügten über ferngesteuerte ABS-Lawinenballons, 1 Puppe hatte einen bereits aufgeblasenen Ballon. Rund 15 Mitarbeiter des SLF, ca. 30 weitere Personen (Sprengmeister, Fotografen, Fernsichteam, Gäste, Hilfskräfte etc.) und 3 Helikopter waren an diesem Großversuch beteiligt. Nach Erkundungsflügen und Probesprengungen

wurde wegen der stabilen Schneeverhältnisse ein steiles Couloir an der Nordflanke des Rosställispitizes im Vereinaltal für den Versuch ausgewählt. Die 14 Puppen wurden paarweise (je 1 Puppe mit und 1 Puppe ohne ABS-Lawinenballon) im Couloir und unterhalb davon plaziert und auf eine Distanz von ca. 250 m (Abstände zwischen den einzelnen Paaren ca. 30 m) verteilt. Mit einer Sprengladung von zweimal 12 kg konnte eine knapp mittelgroße Lawine mit einer Kubatur von ca. 1.500 m³ ausgelöst werden. Alle Dummies wurden von der Lawine erfaßt und mitgerissen. Die 6 ferngesteuerten ABS-Ballons wurden per Funk ausgelöst. Leider erreichte die Lawine nicht das erhoffte Ausmaß und es konnten darum keine ausgeprägten Staubebereiche entstehen. Die im Bereich der Puppen gemessenen Ablagerungstiefen des Lawinenkegels betragen lediglich zwischen 0,2 - 2,5 m.

Folgende Beobachtungen konnten gemacht werden:

- Alle aufgeblasenen Lawinenballons waren an der Lawinenoberfläche sichtbar.
- 1 Lawinenballon hatte sich nicht gefüllt (technisches Versagen), der Dummy war trotzdem nur teilverschüttet.
- 1 Lawinenballon war nur halb aufgeblasen.
- 1 Hüftgurt eines ABS-Rucksacks war halb abgerissen.
- 4 Puppen mit aufgeblasenem Ballon (Kopf im Schnee) waren ganz verschüttet worden und lagen auf dem Bauch unter dem Ballon.
- 6 Puppen ohne ABS-Ballon waren ganz verschüttet worden; 4 Puppen mußte mit dem Lawinenverschütteten-Suchgerät geortet werden, bei 2 Puppen schaute ein Skistock aus der Lawine hervor; die Verschüttungstiefen (Kopf) betrugen zwischen 20 - 80 cm.
- Mit Ausnahme der Puppe mit dem halb aufgeblasenen Lawinenballon wurden alle anderen ABS-

Dummies von der Lawine weiter hinuntergetragen als Dummies ohne ABS.

Schlußfolgerungen

Nach heutigem Kenntnisstand scheint der ABS-Lawinenballon seinen Zweck, nicht oder nur teilweise verschüttet zu werden, in vielen Fällen erfüllen zu können. Bei Ganzverschüttungen besteht eine große Chance, daß zumindest ein Teil des Ballons aus der Lawine ragt und somit eine unverzügliche Ortung und Kameradenhilfe ermöglicht wird. Andererseits muß betont

Nach heutigem Kenntnisstand scheint der ABS-Lawinenballon seinen Zweck, nicht oder nur teilweise verschüttet zu werden, in vielen Fällen erfüllen zu können.

werden, daß menschliches und technisches Versagen die angestrebte Wirkung des ABS-Ballons beeinträchtigen oder verhindern können. Die Grenzen des ABS-Lawinenballons (Mulden, Lawinestaubebereiche, Großlawinen und mög-

liche Verletzungsgefahren für ABS-Benutzer) konnten noch nicht oder nur ungenügend untersucht werden.

Aus diesen Gründen und weil zu hoffen ist, daß der Hersteller mit einer Reihe denkbarer technischer Verbesserungen das ABS-System optimieren wird und daß in Zukunft vergleichbare Produkte entwickelt und angeboten werden, wären weitere Versuche mit dem Lawinenballon wünschbar.

**F. Tschirky, R. Meister,
W. Ammann, O. Buser**

Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung,
Weissfluhjoch/Davos
Wir danken sehr herzlich für die Erlaubnis zum Abdruck.

- ¹ ABS = Avalanche Balloon System ("Lawinen Airbag System")
- ² Peter Aschauer GmbH, An der Dorfweide 3, D-82166 Gräfelfing

Literatur

- F. Tschirky, R. Meister, W. Ammann, O. Buser: Untersuchungen über die Wirkung des Lawinenballons. Bericht Versuche Winter 1994/95, Weissfluhjoch/Davos, 23. Juni 1995 [Hier in gekürzter Form wiedergegeben.]
- Hohenester, (J.), 1979 - Lawinenrettungsballon - Rettungshilfe, [Tagungsbericht] "Tagung Elektronik und Lawinen 24. - 28.4.1979" Graz, Österreich (S. 368 - 370), Institut für Elektronik der Technischen Universität Graz
- Wolff (H.), 1978 - Lawinenrettungsgerät, Untersuchungsbericht Nr. EP 018-77 vom 8.6.1978, Allianz Zentrum für Technik GmbH., Ismaning b. München