



Aus der AO INTERNATIONAL, Davos - Schweiz
Leiter: Prof. Dr. med. P. Matter – President AO INTERNATIONAL

Arbeit unter der Leitung von Prof. Dr. med. P. Matter

Lawinenunfälle in den Schweizer Alpen

*Prospektive Erfassung der Todesursachen und Verletzungsmuster von
1991 bis 1996*

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der gesamten Heilkunde
vorgelegt der Medizinischen Fakultät der Universität Basel

von

Andreas Weymann, Deutschland

Von der medizinischen Fakultät der Universität Basel genehmigt auf Antrag
von Prof. Dr. med. P. Matter.

Korreferat:

Prof. Dr. med. A. Leutenegger – Chefarzt Chirurgie, Kantonsspital Chur

Basel, 23. März 2000

Gewidmet meiner

Frau Sibylla

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	6
2. Fragestellung	9
2.1. Kernfragen	9
2.2. Nebenfragen	9
3. Methodik	10
3.1. Allgemein	10
3.1.1. Einschlusskriterien	10
3.1.2. Ausschlusskriterien	11
3.2. Statistik	11
3.3. Definitionen	11
3.4. Verwendete Programme	12
4. Resultate	13
4.1. Allgemeine Daten	13
4.2. Charakteristik der Patienten	13
4.3. Unfallereignis	15
4.3.1. Aktivität und Verschüttungsart	15
4.3.2. Alarmierung, Ortung und Bergung	16
4.3.3. Unfallzeit	20
4.3.3.1. Verteilung im Jahresverlauf	20
4.3.3.2. Unfallzeitpunkt im Tagesverlauf	22
4.3.4. Zeitspanne nach dem Unfall	22
4.3.4.1. Zeit zwischen Unfall und Alarmierung	22
4.3.4.2. Zeit zwischen Unfall und Bergung	24
4.3.4.3. Zeit zwischen Bergung und Einlieferung in Spital oder ärztliche Praxis	27
4.3.4.4. Todeszeitpunkt	27
4.3.5. Verschüttungstiefe	27
4.3.6. Transport	29
4.4. Verletzungsmuster	29
4.5. Todesursache	32
4.6. Diagnostik und Behandlung	35
4.6.1. Diagnostik	35
4.6.1.1. Unfallort	35
4.6.1.2. Spital oder Praxis	38
4.6.2. Behandlung	40
4.6.2.1. Erste-Hilfe-Massnahmen	40
4.6.2.2. Therapie in Spital oder Praxis	41
5. Diskussion	42
5.1. Allgemein	42
5.2. Beantwortung der Kernfragen	42
5.3. Beantwortung der Nebenfragen	43

6. Zusammenfassung und Schlussfolgerung	46
7. Literaturverzeichnis	47
8. Anhang	51
9. Dank	62
10. Curriculum vitae	63

1. Einleitung

Die Auswirkungen der Lawinenniedergänge in den Alpen erfuhren in unserem Jahrhundert eine markante Veränderung. Bis in die 50er-Jahre bedrohten und zerstörten Lawinenniedergänge zum grössten Teil Verkehrswege und Gebäude. Todesfälle im freien Gelände – u.a. beim Skisport – nahmen eine untergeordnete Wichtigkeit ein. Der Anteil an den insgesamt verstorbenen Personen war von Anfang dieses Jahrhunderts an deutlich unter der Hälfte aller Verunfallten [63]. Seit den 50er-Jahren stieg hingegen der Anteil der im freien Gelände beim Sporttreiben erfassten Personen markant an und betrifft in den letzten zehn Jahren über 90% der getöteten Personen [25-29].

Für diese Trendwende der deutlichen Abnahme der Opfer in Siedlungen und auf Verkehrswegen sind mehrere Gründe zu nennen:

1. Aufforstungen in Anrissgebieten und Lawinenverbauungen haben stark dazu beigetragen, dass Siedlungen und Verkehrswege besser vor Lawinenniedergängen geschützt werden.
2. Die Lawinenforschung kann heute mit einer recht hohen Genauigkeit die Lawinengefahr voraussagen. Neuschneelawinen lassen sich wegen ihren bekannten Sturzbahnen unter Einbezug aller Daten (Neuschneemenge, Windverhältnisse während des Schneefalls und vorangegangener Schneedeckenaufbau) präzise prognostizieren. So können insbesondere Verkehrswege gesperrt und Personen rechtzeitig aus ihren Häusern evakuiert werden.
3. Das Lawinenbulletin wurde in den vergangenen Jahren immer detaillierter. Zudem wird es heute – wie während den starken Schneefällen 1999 – in den Medien stärker berücksichtigt. Damit stieg das Bewusstsein einer breiteren Bevölkerungsschicht für die weisse Gefahr.

Diese Gründe sind ebenfalls dafür verantwortlich, dass Katastrophenfälle, bei denen eine Lawine mehr als zehn Personen tödlich erfasst wurden, in den Alpen glücklicherweise in den vergangenen Jahrzehnten höchst selten waren. Allein im Februar 1970 (30 Tote in Reckingen - VS) und März 1985 (11 Tote auf der Strasse von Täsch nach Zermatt - VS) und im vergangenen Winter (1998/99) kam es zu Katastrophenlawinen. Erst bedingt durch die enormen Schneefälle diesen Winter kam es auch in alpinen Regionen wieder zu Katastrophenlawinen wie in Galtür (Österreich), Chamonix (Frankreich) und Evolène (Schweiz).

Bei uns lag die letzte Schreckensmeldung eines Unfalls mit mehr als zehn Opfern im Freien Gelände von 14 verschütteten Kindern und Betreuern einer Schulklasse 38 Jahre zurück. Doch sind seit diesem Zeitpunkt immerhin weitere 13 Lawinenniedergänge mit fünf oder mehr Opfern zu beklagen gewesen [50].

Im Beobachtungszeitraum von 1991 bis 1996 ereigneten sich zwei Unfälle mit Beteiligung von zehn und mehr Personen. Am Flüela Pass, als im Mai 1992 ein Reisekar mit 19 Insassen von einer Lawine erfasst wurde, kamen vier Personen in den Schneemassen um. Bei einem Unfall am Säntis im Frühwinter 1994 verloren vier Jugendliche einer zehnköpfigen J+S-Gruppe ihr Leben.

Hingegen gab es in weniger hochindustrialisierten Ländern auch noch in den 90er-Jahren Lawinenniedergänge mit sehr hohen Opferzahlen. So kamen 1992 in der Türkei (Südostanatolien) in nur einer Lawine 284 Menschen um [40], 1995 verloren 183 Menschen ihr Leben innerhalb weniger Tage in mehreren Lawinen in Kaschmir [5] oder dann erschreckte die Meldung über einen Lawinenniedergang in China 1994 [4].

In den alpinen Regionen nahm die Häufigkeit der letalen Lawinenunfälle von einheimischen Skifahrern im Verhältnis zu todbringenden Unfällen mit ausländischen Skifahrern in den vergangenen Jahren stetig ab [50, Abbildung 10]. Trotz heute guter Lawinenwarnung kommen immer häufiger Menschen bei ihren Freizeitaktivitäten in den Schneemassen ums Leben [42]. Folgende Gründe müssen dafür verantwortlich gemacht werden:

1. Von der Nachkriegszeit bis heute haben die technischen Möglichkeiten des Skifahrens enorme Fortschritte gemacht. Neue Sportarten wie Snowboarden und Carving setzten sich auf der Skipiste durch. Die Fahrtechnik konnte durch neue Erfindungen perfektioniert werden. Das Fahren mit den neuen Materialien (Bindung, Ski, Stopper etc.) wurde durch die technischen Verbesserungen immer schneller, aber auch sicherer.
2. Im selben Zeitraum hat sich der soziale und gesellschaftliche Stellenwert des Freizeitsports und insbesondere des Skifahrens verändert. Skifahren ist nicht mehr nur der Sport einiger Privilegierter, sondern kann auch von einer wesentlich breiteren Gesellschaft ausgeübt werden.
3. Durch die Erschliessung immer grösserer, steilerer und höher gelegener Berggebiete mit Skipisten wurde das Skifahren über eine wesentlich längere Zeit des Winters möglich. Durch die Planierung dieser Pisten entstand bei vielen Wintersportlern der Wunsch nach grösseren technischen Herausforderungen, was wiederum das Fahren abseits der Pisten fördert. Dieser Herausforderung möchten sich, von Ehrgeiz getrieben, immer mehr Skifahrer und Snowboarder stellen.
4. Durch die zunehmende Entfremdung von der Natur ist auch der Respekt vor dieser und ihren Gewalten und Gefahren stark zurückgegangen. Dadurch werden die Zeichen der Natur nicht erkannt oder falsch gedeutet, was zu einem immer weniger risikobewussten Verhalten in den Bergen führt.
5. Die vermeintliche Sicherheit in der Nähe der Piste und der dort anscheinend schnellen Hilfe wird oftmals falsch eingeschätzt. Dazu kommt, dass von einigen Skifahrern und Snowboardern die elektronischen Hilfsmittel (Lawinenverschüttungssuchgeräte, Funk, Natel, Recco etc.) entweder nicht oder nur mit mangelhaftem Wissen eingesetzt werden.

Auf Grund der hohen Sterbewahrscheinlichkeit von jedem vierten von einer Lawine Erfassten in den vergangenen 20 Jahren, die je nach Winter zwischen gut 12% bis knapp 30% variiert, wurden von W. Dorn 134 verunglückte Lawinenopfer aus der Region Davos von den Wintern 1972/73 bis 1987/88 retrospektiv erfasst und in seiner Doktorarbeit analysiert [21]. Die Auswertung hatte zum Ziel, ein Protokoll zur prospektiven Erfassung der örtlichen und präklinischen Daten auf dem Lawinenkegel und der ärztlichen Behandlung in der Praxis oder dem Spital in Zusammenarbeit mit dem Eidgenössischen Institut für Schnee- und Lawinenforschung Weissfluhjoch/Davos auszuarbeiten. Damit die Daten bei der präklinischen Versorgung wie auch bei der klinischen Behandlung detailliert erfasst werden konnten, wurden zwei separate Erfassungsbögen entworfen.

Erfassungsblatt:

1. Teil des „Schweizerischen Lawinenunfallprotokolls für Ärzte“ (vgl. Anhang 1)
Präklinische Daten

- Zeitlicher Unfallhergang
- Örtlichkeiten
- Aktivität
- Begebenheit
- Verschüttungsart
- Alarmierung
- Rettungsart
- Allgemeinzustand bei der Bergung
- Erste Hilfe vor Ort
- Transport

2. Teil des „Schweizerischen Lawinenunfallprotokolls für Ärzte“ (vgl. Anhang 2)
Klinische Daten

- Klinische Beurteilung bei Praxis- oder Spitaleintritt
- Massnahmen in der Praxis oder im Spital
- Laborresultate
- Klinischer und zeitlicher Verlauf

Im Zeitraum vom Winter 1991/92 bis Ende des Winters 1995/96 wurden in Zusammenarbeit mit dem Eidgenössischen Institut für Schnee- und Lawinenforschung Weissfluhjoch/Davos, der REGA, den Rettungsdiensten und -kolonnen und allen behandelnden Praxen und Kliniken diese Protokolle ausgefüllt. In dieser Arbeit werden die für diesen Zeitraum ermittelten und vorliegenden Daten ausgewertet, analysiert und mit der Literatur verglichen.

2. Fragestellung

Ziel dieser Arbeit ist die für die Alpen spezifischen Verletzungsmuster und Todesursachen zu erfassen und mit der Literatur zu vergleichen. Die Resultate der Kern- und Nebenfragen sollen als Grundlage zur Ausarbeitung präventiver Massnahmen und zur Verbesserung der raschen Auffindung, Bergung und „Erste-Hilfe-Massnahmen“ und schliesslich der evidententesten Therapie für Lawinenopfer dienen

2.1 Kernfragen

1. Was sind die Todesursachen der Lawinenopfer?
2. Welche Verletzungsmuster weisen die Überlebenden auf?

2.2 Nebenfragen

3. Sterben häufiger Männer oder Frauen in der Lawine?
4. Sterben anteilmässig eher Ausländer als Einheimische?
5. Hat das Alter einen Einfluss auf die Verschüttungs- oder Sterbehäufigkeit?
6. Welchen Einfluss hat der Verschüttungsgrad auf die Überlebenschance?
7. Korrelieren gewisse Todesursachen mit dem Verschüttungsgrad?
8. Welche Überlebenschance besteht je nach der Verschüttungstiefe?
9. Hat die Zeit zwischen Unfall und Alarm einen Einfluss? Und wenn ja, welchen? Welche Rolle spielen die Alarmierungsmittel?
10. Welchen Einfluss hat die Zeit zwischen der Bergung und der Einlieferung ins Spital auf die Überlebenschance?
11. Welcher Zusammenhang besteht zwischen den Ortungsmitteln und der Todesrate?
12. Welche Wirkung hat der Unfallzeitpunkt auf die Sterbehäufigkeit?
13. Halten sich die Tourenskifahrer und Variantenfahrer an die Empfehlung, womöglich vor der Mittagszeit zurück zu sein?
14. Kommen im Verlauf des Winters eher gegen Ende der Wintersaison mehr Touristen um?
15. Kann der Serum-Kaliumwert als prognostischer Faktor eingesetzt werden?

3. Methodik

3.1 Allgemein

Die Daten dieser Kohortenstudie wurden prospektiv im Zeitraum vom 1. Oktober 1991 bis zum 30. September 1996 mit Hilfe der beiden Teile des „Schweizerischen Lawinenunfallprotokolls“ erfasst. Bei jedem Lawinenniedergang mit Personenbeteiligung in der Schweiz wurde von den Rettern vor Ort (Teil 1) und von den Ärzten in der Praxis oder im Spital (Teil 2) die Diagnostik, Behandlung und das Follow-up protokolliert. Diese beiden Formulare wurden an Prof. Dr. med. P. Matter, Spital Davos (bis 1995) und Leiter AO INTERNATIONAL (seit 1995), gesandt oder aufgrund der Hinweise über Lawinenniedergänge mit Personenbeteiligungen am Eidgenössischen Instituts für Schnee- und Lawinenforschung Weissfluhjoch/Davos eingefordert. Bei einigen Protokollen (Teil 2) wurden die klinischen Daten nachfolgend aus den Krankengeschichten der einzelnen Spitäler komplettiert.

Nicht alle Felder des Studienprotokolls waren vollständig ausgefüllt. Die Ursache dafür war, dass aus verschiedenen Gründen nicht alle Daten jedes Unfallopfers erhoben werden konnten, letztlich weil Patienten vorher verstarben. Einige Lücken konnten mittels Nachfrage bei den rettenden Organisationen oder in den betreffenden Spitälern gedeckt werden.

Grundlage für die epidemiologische Bewertung der Daten bildete das Buch PDQ Epidemiology [61].

3.1.1 Einschlusskriterien

1. Zeitraum: 1. Oktober 1991 bis zum 30. September 1996.
2. Regionen: Gesamte Alpen und Voralpen der Schweiz.
3. Lawinenereignisse mit Personenbeteiligung im „Freien Gelände“, auf Verkehrswegen oder in Gebäuden.
4. Rettungsaktion durchgeführt von einer SAC-Rettungskolonie, einem Pistenrettungsdienst, der REGA (Schweizerische Rettungsflugwacht) oder dem schweizerischen Militär.
5. Personen, die von den unter 4. aufgeführten Organisationen auf dem Lawinenfeld vorgefunden wurden oder eine medizinische Stelle konsultierten.

Der „negative Selection Bias“ ist hier in Rechnung zu stellen, da insbesondere glimpflich abgelaufene Ereignisse nicht in der Studie erscheinen. Daher müssen einige Aussagen dementsprechend gewertet werden, worauf jeweils auch im nachfolgenden Text hingewiesen wird.

3.1.2 Ausschlusskriterien

1. Personen, die von einer Lawine erfasst wurden, sich aber selber befreien konnten und keiner medizinischen Hilfe bedurften, wurden in der Studie nicht erfasst.
2. Lawinenereignisse, die vom Eidgenössischen Institut für Schnee- und Lawinenforschung Weissfluhjoch/Davos registriert wurden, von denen hingegen bei uns keine oder mangelhafte Protokolle eintrafen oder zu bekommen waren.
3. Mangelhaft ausgefüllte Unfallprotokolle, bei denen wichtige Daten fehlten (Personalien des Unfallopfers, Datum des Ereignisses, Verletzungsgrad oder die Angaben der Todesursache).

3.2 Statistik

Die statistischen Auswertungen erfolgten aufgrund der Richtlinien PDQ Statistics [51] und wurden in Zusammenarbeit mit Herrn D. Pfluger und W. Ziegler, AO Clinical Investigation and Documentation, verfasst. Bei allen numerischen Daten wurden der Mittelwert und die Standardabweichung (SD) ermittelt. Die deskriptiven Daten wurden numerisch ausgewertet und gegeneinander auf ihre statistische Signifikanz hin getestet. Dabei kam, sofern nicht anders vermerkt, der Chi-Square Test zur Anwendung.

3.3 Definitionen

Jahr in der Lawinenstatistik

Vom 1. Oktober bis zum darauf folgenden 30. September

Tourenfahrer

Benützen beim Aufstieg keine Liftanlagen.

Variantenfahrer

Lassen sich von Liftanlage in die Höhe transportieren und verlassen bei der Abfahrt die gesicherten Pisten.

Ganzverschüttet

Der Kopf ist von den Schneemassen verschüttet und das Opfer kann sich nicht aus eigener Kraft befreien, wobei nicht der ganze Körper von der Lawine bedeckt sein muss. Es besteht akute Lebensgefahr aufgrund der verschütteten Atemwege.

Teilverschüttet

Der Kopf und ein Teil des Thorax sind von den Schneemassen nicht verschüttet oder das Opfer kann sich aus eigener Kraft befreien. Auch die Schneemassen im Bereich des Thorax erlauben eine ausreichende Atmung.

Lawinenereignis

Hier werden keine Menschen in Mitleidenschaft gezogen.

Lawinenunfall

Das sind die Lawinnenedergänge, bei denen Menschen zu Schaden kommen – verletzt oder gar getötet werden.

Zeitpunkte und Zeiträume

Unfallzeit: Stillstand der Lawine

Alarmierungszeit: Unfallzeitpunkt bis zum Eintreffen der Unfallmeldung beim Rettungsposten oder bei der Polizei

Bergungszeit: Ausgraben des Verunfallten –

- mindestens bis die lebensrettenden Massnahmen eingeleitet werden können.

- Todeszeit: Feststellung des Todes – wurde nicht weiter definiert.

3.4 Verwendete Programme

Die eingehenden Protokolle wurden in eine FileMaker 4.0 Datenbank eingegeben, womit die Auswertung wesentlich erleichtert werden konnte. Zudem wurden die tabellarischen und graphischen Darstellungen im MS Excel 98 sowie Student Systat erstellt. Die Literaturverweise wurden in der Referenzdatenbank EndNote PLUS erfasst und direkt ins MS Word 98 importiert. Die definitive Gestaltung erfolgte in QuarkXPress 3.31.

4 Resultate

4.1 Allgemeine Daten

In den fünf Wintern wurden in der Schweiz 207 Menschen von einer Lawine erfasst und konnten in unserer Studie eingeschlossen werden. Dabei wurden 125 Lawinenunfälle registriert. Diese Daten verteilen sich auf die fünf Winter wie in Tabelle 1 aufgeführt, zum Vergleich werden die Daten des Eidgenössischen Instituts für Schnee- und Lawinenforschung Weissfluhjoch / Davos herangezogen.

	Erfasste Personen						Lawinenunfälle b
	Total a	Total b	Tot a	Tot b	Überlebt a	Überlebt b	
1991/92	98	51	13	13	85	38	26
1992/93	76	45	28	23	48	22	27
1993/94	118	41	21	20	97	21	30
1994/95	107	29	20	18	87	11	12
1995/96	140	41	17	17	123	24	30
TOTAL	539	207	99	91	440	114	125

Tab. 1: In der jeweils ersten Kolonne (a) sind die Daten des Eidgenössischen Instituts für Schnee- und Lawinenforschung Weissfluhjoch / Davos, in der zweiten Spalte die Daten der Studie (b) wiedergegeben [29].

Bereits im Kapitel 3.1.1 Einschlusskriterien wurde darauf hingewiesen, dass insbesondere die Daten der Lawinenunfälle mit glimpflichem Ausgang nur in einem geringen Prozentsatz registriert worden sind. Hingegen sind die 92% Unfälle mit tödlichem Ausgang (91 gegenüber 99 Verstorbenen) wiedergegeben.

4.2 Charakteristik der Patienten

Bei den 207 betroffenen Lawinenopfern war die Verteilung der Geschlechter 160 Männer zu 47 Frauen. Diese Zuteilung von 4:1 entspricht ungefähr den Beobachtungen der Mitarbeiter des Lawineninstituts nach dem Verhältnis aller Touren- und Variantenskifahrer.

Insgesamt verloren 91 Menschen (44%) ihr Leben und 116 (56%) überlebten. In Tabelle 2 wird verglichen, wie viele Frauen und Männer verstorben sind resp. überlebt haben. Dabei zeigt sich, dass signifikant mehr Männer in Lawinen umgekommen sind als Frauen (Chi-Square Test (3.84): $4.95 - p < 0.05$).

	Männer		Frauen	
	Absolut	Prozentual (am Total der Männer)	Absolut	Prozentual (am Total der Frauen)
Überlebt	84	52.5%	32	68%
Verstorben	76	47.5%	15	32%

Tab. 2

Verteilung der Geschlechter, wobei signifikant mehr Männer als Frauen in einer Lawine versterben (Chi-Square Test (3.84): $4.95 - p < 0.05$).

Das durchschnittliche Alter der erfassten Touren- und Variantenfahrer variiert deutlich (Tabelle 3). Im Durchschnitt sind die verunfallten Tourengänger elf Jahre älter als die betroffenen Variantenfahrer. Bei der genaueren Betrachtung in Bezug auf das Überleben in diesen beiden Gruppen fällt auf, dass das Alter der überlebenden Tourenfahrer tendenziell höher ist, als das der verstorbenen (3.7 Jahre Unterschiede). Diese Beobachtung kann bei den Variantenfahrern nicht gemacht werden.

	Überlebt	Verstorben	Insgesamt
Tourenfahrer	40.9 Jahre (SD 15.06)	37.2 Jahre (SD 12.74)	38.9 Jahre (SD 13.9)
Variantenfahrer	29.4 Jahre (SD 13.54)	29.8 Jahre (SD 13.21)	29.6 Jahre (SD 13.30)

Tab. 3:

Altersverteilung in den beiden Gruppen Touren- und Variantenfahrer.

Das Alter bei Lawinenunfällen in diesen fünf Wintern der überlebenden (40.9 Jahre; SD 15.06) Tourenfahrer lag gut 3 Jahre über dem der verstorbenen (37.2 Jahre; SD 12.74), wobei das Durchschnittsalter aller erfassten Tourenfahrer bei 38.9 Jahren lag, mit einer Standardabweichung von 13.94. Die Variantenfahrer waren im Durchschnitt gut 9 Jahre jünger (29.6 Jahre; SD 13.20). Dabei unterscheiden sich die beiden Gruppen der überlebenden (29.4 Jahre; SD 13.54) und diejenige der verstorbenen Variantenfahrer (29.8 Jahre; SD 13.21) nicht. Hingegen sind die Variantenfahrer signifikant (t-Test: $p = 0.003$) jünger.

Rund zwei Drittel aller Betroffenen stammen aus der Schweiz (140), gefolgt von Deutschland (33) und Italien (10). In Tabelle 4 werden die Nationalitäten aufgeschlüsselt und mit den Verstorbenen aus den jeweiligen Ländern in Korrelation gebracht. Dabei zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen Alpinisten aus dem Ausland und der Schweiz (Chi-Square Test (3.84): $0.21 - p > 0.05$).

Nationalität	Anzahl Betroffene	Anzahl Verstorbene
Schweiz	140	60
Deutschland	33	14
Italien	10	4
Österreich	7	6
Frankreich	7	3
Grossbritannien	3	1
Belgien	2	2
Finnland	2	1
Schweden	2	0

Tab. 4:

Verteilung der Betroffenen und der Opfer nach ihrer Herkunft. Dabei ist kein signifikanter Unterschied zwischen den Opfern aus der Schweiz und dem Ausland zu verzeichnen (Chi-Square Test (3.84): $0.21 - p > 0.05$).

4.3 Unfallereignis

4.3.1 Aktivität und Verschüttungsart

Über zwei Drittel (70%) aller erfassten Fälle betrafen Skifahrer (145); mit weniger als 10% Anteil waren Personen in Transportmitteln (19), Wanderer (18), Bergsteiger (11), Snowboarder (10) und Langläufer (4) in Lawinenunfälle involviert. Keine Personen wurden in Gebäuden verschüttet.

Die Skifahrer und Snowboarder wurden noch weiter nach dem Ort ihrer Aktivität aufgeschlüsselt. Die Tourenskifahrer stellten dabei mit 96 Betroffenen (62%) den grössten Anteil. Alle Snowboarder konnten der Gruppe der Variantenfahrer zugeordnet werden, in dieser Gruppe wurden zusätzlich 48 Skifahrer erfasst. Ein Skifahrer kam auf der Piste in eine Lawine.

Betrachten wir die Verschüttungsart, so ist der Grossteil der Opfer „vollständig“ verschüttet worden (121; 58%). Auf die beiden anderen Gruppen – „teilverschüttet“ und „nicht verschüttet“ – verteilen sich die übrigen Opfer mit je 43 (21%) gleichmässig. Dabei verstarben in der Gruppe der „Totalverschütteten“ 72 Personen (59.5%), in den beiden anderen Gruppen verteilte sich die Sterbehäufigkeit mit 5.8% (7) für die „Teilverschütteten“ und mit 9.9% (12) „Nichtverschütteten“ tendenziell zu Ungunsten der Gruppe der „Nichtverschütteten“, wobei hier der hohe Anteil der 10 polytraumatisierten Patienten (siehe auch Kap. 4.5) auffällt. Diese Zahlen müssen zum Teil (wie in Kapitel 3.1.1 beschrieben) mit dem negativen Selection Bias erklärt werden.

In 77 Fällen (62% aller registrierter Vorfälle) war jeweils nur eine Person von den Schneemassen erfasst worden. Bei 21 (17%) resp. 6 Lawinenniedergängen (5%) wurden zwei oder drei Personen verschüttet. In weiteren 21 Unfällen wurden vier und mehr Personen unter dem Schnee begraben.

4.3.2 Alarmierung, Ortung und Bergung

Die Alarmierung bei den Skifahrern erfolgte im überwiegenden Anteil (121; 83%) durch Kameraden. Dieser Anteil war bei den Snowboardern deutlich kleiner (4 von 10 Fällen).

Insgesamt lösten bei 47 Lawinenniedergängen ausschliesslich Fremdpersonen den Alarm für die Suche aus, wobei für 18 Personen dennoch jede Hilfe zu spät kam. Somit war der prozentuelle Anteil (38%) leicht niedriger als im gesamten Kollektiv (44%). Diese etwas günstigeren Daten der Fremdalarmierung deuten auf eine Verkürzung der Zeit zwischen Lawinenniedergang und Bergung hin. Diese Zusammenhänge werden im nächsten Kapitel aufgezeigt.

Im Chi-Square-Test kann hingegen in Bezug auf „Überlebende“ oder „Verstorbene“ kein signifikanter Unterschied zwischen der Alarmierung durch Kameraden oder Fremdalarmierung ausgemacht werden (Tabelle 5).

Alarmierungsart	Überlebt	Verstorben	Chi-Square Test (3.84)	Signifikant?
Kameraden	77	61	0.001	Nicht signifikant
Unbeteiligte oder Vermisstmeldung	37	29		

Tab. 5:

Welchen Einfluss hat die Alarmierung durch Kameraden oder durch unbeteiligte Personen? Der Unterschied ist in Bezug auf die Mortalität nicht signifikant.

In 103 Fällen erfolgte die Alarmierung durch einen Meldeläufer, 13-mal wurde ein Telefon oder Natel und bei 62 Unfällen ein Funkgerät eingesetzt. Bei der Gegenüberstellung der Überlebenden mit den Verstorbenen in Tabelle 6 ist die Sterberate bei der Gruppe „Alarmierung durch Funk“ deutlich günstiger als in der Gruppe „Alarmierung durch einen Meldeläufer“ (30.7% gegen 43.7%), was aber im Chi-Square Test (3.84) 2.77 nicht als signifikant gewertet werden kann. Doch fällt in der Gruppe „Alarmierung durch Telefon / Natel“ die wesentlich höhere Sterberate von 84.6% auf. Verglichen mit der zweiten Gruppe der technischen Alarmierung (Funk) ist ein signifikanter Unterschied im Chi-Square Test (3.84) 13.04 ersichtlich.

Alarmierungsart	Überlebt	Verstorben	Chi-Square Test (3.84)	Signifikant?
Meldeläufer	77	61	2.77	Nicht signifikant
Funk	43	19		
Funk	43	19	13.04	Signifikant
Natel	2	11		

Tab. 6:
Der Vergleich der Alarmierungsarten zeigt keinen signifikanten Unterschied zwischen dem Meldeläufer und der Benachrichtigung durch ein Funkgerät. Hingegen ist beim Vergleich der beiden technischen Hilfsmittel ein signifikanter Unterschied im Chi-Square Test auszumachen.

Zur Ortung verschütteter Kameraden wurden die beiden Lawinenverschüttungssuchgeräte (LVS) „Barryvox®“ (42) und „Orthovox®“ (19) benutzt [2, 3, 16, 32, 34]. 88.5% aller eingesetzter Suchgeräte wurden von Skitourengängern verwendet. Sechs Variantenfahrer und nur ein Snowboarder trugen beim Unfall ein LVS. Die Verhältnisse in Tabelle 7 zwischen „mit LVS“ und „ohne LVS“ in den verschiedenen Gruppen zeigen lediglich Tendenzen und können, wegen des in Kapitel 3.1.1 beschriebenen Selection Bias, nicht weiter ausgewertet werden.

	Mit LVS : ohne LVS
Skitouren	1.3 : 1
Variantenfahrer	1 : 7
Variantenfahrer – Snowboard	1 : 9

Tab. 7:
Verhältnis zwischen den Verunfallten, die sich zusätzlich mit einem LVS geschützt haben, und denjenigen, die diese Rettungshilfe nicht auf sich trugen.

Lediglich in der Gruppe der Totalverschütteten kann eine Aufschlüsselung erfolgen, die durch den Selection Bias am wenigsten betroffen ist. Die oben aufgeführten Verhältnisse beziehen sich auf das gesamte Kollektiv und können somit nicht nur auf das Subkollektiv der Ganzverschütteten übertragen werden. In Tabelle 8 sind die beiden Gruppen der Skitourengänger und Variantenfahrer gegenübergestellt. Dabei fällt insbesondere auf, dass sich die in Tabelle 7 abzeichnenden Tendenzen in der speziellen Gruppe der Ganzverschütteten eher zu Gunsten von den LVS-Trägern verschieben, wobei noch immer ein deutlicher Unterschied zwischen den Tourengängern und Variantenfahrern besteht. In Bezug auf die Sterbewahrscheinlichkeit ist in beiden Gruppen kein deutlicher Vorteil für die LVS-Träger auszumachen. Ob neuere Ortungsgeräte Abhilfe bringen, ist fraglich [67, 68].

Ein Rückschluss, wie viele Personen mit einem LVS-Gerät ausgerüstet waren, lässt sich hingegen nicht machen. Es ist durchaus möglich, dass eine Person mit einem funktionierenden LVS-Gerät mit einem anderen Suchmittel geortet wurde (zB.

sichtbarer Körperteil). In der Regel auf dem Rettungsrapport nur angegeben, mit welchem Mittel ein Verschütteter gefunden wurde.

	Mit LVS		Ohne LVS	
	Überlebt	Verstorben	Überlebt	Verstorben
Skitourengehänger	9	27	10	15
Variantenfahrer	3	4	17	11

Tab. 8:

Aufschlüsselung der ganzverschütteten Skitourengehänger resp. Variantenfahrer - je nach dem Tragen eines Lawinenverschüttungsgerätes.

Neben den elektronischen Ortungshilfen wurde 31 Opfer mit Sondierstangen geortet, dabei konnten 18 Opfer nur noch tot geborgen werden. Insgesamt konnten 29 Lawinhunde 40 Verschüttete aufspüren. 12 Patienten wurden so gerettet, für weitere 28 Verunglückte kam die Hilfe zu spät. Der Lawinenairbag (ABS) als Verschüttungsverhinderer und zusätzliches "visuelles Ortungsmittel" kam in diesem Zeitraum fünfmal zur Anwendung.

Dieses neuere Hilfsmittel [7, 12, 17, 64, 65] wurde bei zwei Lawinenniedergängen eingesetzt. Zwei Personen konnten das Gerät betätigen und dieses entfaltete sich vorschriftsgemäss, bei zwei ebenfalls betroffenen Personen wurde der Airbag einmal nicht betätigt und einmal funktionierte er fraglicherweise nicht, eine Person trug keinen. Keiner der fünf Betroffenen wurde von den Schneemassen vollständig verschüttet. Alle überlebten das Unglück, zwei blieben gar vollständig unverletzt. Der dritte erlitt eine Contusio cordis und eine offene Bursa-Verletzung am Knie.

Die weiteren drei Betroffenen dieser beiden Lawinenniedergänge wurden zweimal vollständig und einmal teilweise von dem Schnee verschüttet.

1. Lawinenunfall (Dischmatal bei Davos):

Zwei Tourenfahrer mit Lawinenairbag

- Beide unverletzt

Ein Tourenfahrer ohne Lawinenairbag mit folgenden Verletzungen:

- Stabile Kompressionsfraktur (L1) mit Deckplatteneinbruch

2. Lawinenunfall (Weissfluhgipfel, Davos):

Ein Variantenfahrer mit Lawinenairbag

- Contusio cordis
- Offene Bursa Verletzung am Knie

Zwei Variantenfahrer mit Lawinenairbag (Airbag wurde nicht ausgelöst und einmal funktionierte er nicht):

1. Patient:

- Rippenfrakturen (8 bis 10)
- Grössere Rissquetschwunde am rechten Unterschenkel.

2. Patient:

- Commotio cerebri mit kurzzeitiger Hypoxie

- Nierenkontusion

Die Bergung der Verunfallten erfolgte in allen Fällen durch Selbstbefreiung oder durch eine Kombination von Kameradenhilfe vor Ort und einer zusätzlichen Hilfe (Pistendienst, Rettungskolonnen, REGA oder Militär). Alle Betroffenen, die sich selber befreien konnten, überlebten das Ereignis. Die Personen, die durch Kameraden oder den Pistendienst gerettet wurden, überlebten das Ereignis in zwei von drei Fällen. Die REGA kam bei 91 Lawinenniedergängen zum Einsatz, dabei konnten 40 Menschen (44%) lebend geborgen werden. Die Rettungskolonnen – meist des SAC – rückten für 55 verunglückte Personen aus, doch konnten nur ein Fünftel von ihnen lebend gerettet werden. Das Schweizerische Militär kam bei drei Vorfällen zum Einsatz, dabei waren sieben Personen betroffen – zwei überlebten. In Tabelle 9 werden die Bergungsgruppen, auf die beiden Kollektive der Tourengänger / Variantenfahrer verteilt, beschrieben. Dabei sind Doppelnennungen möglich, da häufig in Teams gearbeitet wird. In dieser Tabelle fallen insbesondere die Gruppe der Pistendienste auf, die fast ausschliesslich bei den Variantenfahrern zum Einsatz – mit einer recht hohen Erfolgsquote von knapp 2:1 – gekommen sind. Auf der anderen Seite der Rettungsquote stehen die Rettungskolonnen, die rund zweimal häufiger bei Unfällen von Tourenfahrern zu Hilfe gerufen wurden. Ihre Erfolgsquote liegt unter einem Überlebenden auf zehn Verstorbene. Zu diesen misslichen Zahlen tragen zwei Punkte wesentlich bei:

1. Die Rettungskolonnen kommen meist bei schlechten Witterungsbedingungen zum Einsatz und
2. müssen meist einen langen Anlaufweg zur Rettungsstelle in Angriff nehmen, zudem muss nicht selten ein Umweg – bedingt durch erhöhte Lawinengefahr – in Kauf genommen werden.

	Variantenfahrer		Tourenfahrer	
	Überlebende	Verstorbene	Überlebende	Verstorbene
Selbstbefreiung	3	0	17	0
Kameradenhilfe	15	3	23	20
Pistendienst	15	8	2	0
Rettungskolonne	5	7	2	24
REGA	14	8	18	35
Militär	0	1	2	1

Tab. 9:

Gegenüberstellung der Varianten- mit den Tourenfahrern mit ihrem Überleben und Tod aufgeteilt auf die Bergungsgruppen.

4.3.3 Unfallzeit

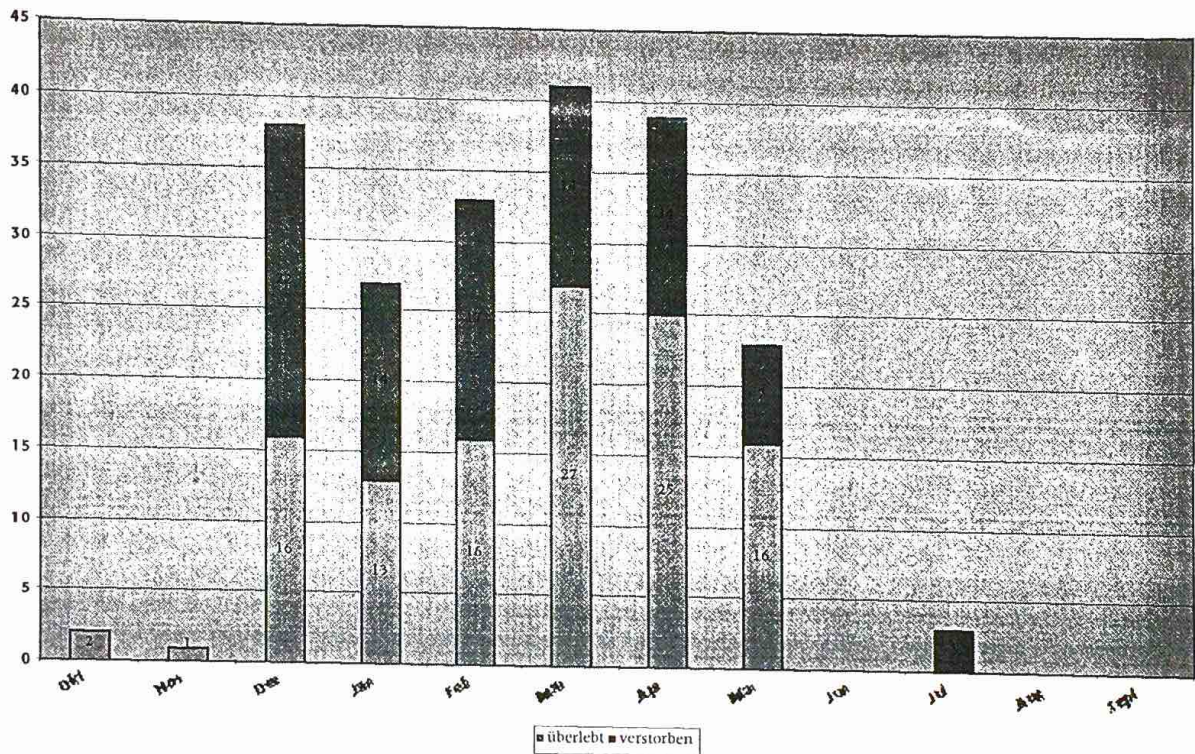
4.3.3.1 Verteilung im Jahresverlauf

Wie in der Definition (Kapitel 3.4) festgehalten, beginnt der jährliche Beobachtungszeitraum mit dem 1. Oktober und endet mit dem 30. September des darauf folgenden Jahres. Die Skitouren- und Varianten-Saison dauert hauptsächlich von Dezember bis Mai, in den übrigen Monaten sind die Betroffenen meist Berggänger oder Kletterer.

Auffallend ist die hohe Anzahl an Verunfallten im Dezember (Tabelle 10 und Abbildung 1). Zu berücksichtigen gilt es, dass sowohl am 14. Dezember 1994 (Säntis),

wie auch am 1. Mai 1992 (Flüela Pass), sich je ein Unfall mit zehn respektive 19 Betroffenen ereignete.

	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep
Überlebt	2	1	16	13	16	27	25	16				
Verstorben			22	14	17	14	14	7		3		
Sterberate	0%	0%	58%	52%	52%	34%	36%	30%		100%		
Total	2	1	38	27	33	41	39	23	0	3	0	0



Tab. 10 und Abb. 1:
Übersicht über die monatliche Verteilung der Unfälle. ✓

Anfangs Winter fällt der relativ hohe Anteil an Verstorbenen (58%) auf. Diese Quote sinkt im Verlauf des gesamten Winters kontinuierlich bis auf 30% ab. Damit sterben in den ersten beiden Wintermonaten (Dezember und Januar) signifikant mehr Menschen in Lawinen gegenüber den beiden letzten Monaten (April und Mai): Chi-Square-Test (3.84) 5.94.

4.3.3.2 Unfallzeitpunkt im Tagesverlauf

Der Unfallzeitpunkt liegt in beiden Gruppen – Skitouren- und Variantenfahrer – deutlich nach der Mittagszeit. Bemerkenswert ist, dass die fatalen Unfälle bei Skitourenfahrern mit einem durchschnittlichen Zeitpunkt von 13 Uhr 28 Minuten deutlich später liegen als bei den Variantenfahrern mit einem Mittelwert von 12 Uhr und 57 Minuten.

Bei der detaillierten Untersuchung dieser beiden Gruppen auf den Zusammenhang zwischen Unfallzeitpunkt und Überleben resp. Sterben (vgl. Tabelle 11), sind fast keine Unterschiede in diesen beiden Gruppen bei den Tourenfahrern zu verzeichnen. In der Gruppe der Variantenfahrer hingegen sind die Werte für die Subgruppe der „Verstorbenen“ enorm viel schlechter – sie liegen durchschnittlich zwei Stunden später – mitten in der Periode der grössten Erwärmung.

	Überlebend		Verstorben	
	Skitouren	Variantenf.	Skitouren	Variantenf.
Zeitpunkt (dez.)	13.44	12.27	13.50	14.25
Standardabw.	1.94	2.15	2.24	1.69
Anz. Personen	46	36	50	19

Tab. 11:

Vergleich des Unfallzeitpunktes der Skitouren- und Variantenfahrer.

4.3.4 Zeitspannen nach dem Unfall

Der Zeitraum zwischen dem Unfall, der Alarmierung, Bergung und ersten Hilfe ist für das Überleben mitentscheidend. Daher stehen die Zeitspannen zwischen dem Unfall und der Bergung resp. der Einlieferung ins Spital im Zentrum des Interesses. Ausserdem sind die Zeiten zwischen Unfall und Alarmierung, sowie die Zeitabschnitte zwischen den einzelnen Messungen, ebenfalls von Bedeutung.

4.3.4.1 Zeit zwischen Unfall und Alarmierung

In diesem Zeitraum entscheidet sich, wie rasch ein Hilfskorps zum Unfallgebiet aufbrechen und damit die wichtige Kameradenhilfe unterstützen und ergänzen kann. Dies hängt im Wesentlichen von der Alarmierungsart (siehe Kapitel 4.3.2) ab.

Die durchschnittliche Zeit zwischen dem Unfall und der Alarmierung bei allen registrierten Fällen betrug etwas mehr als eine Stunde (62 Min.). Dabei unterscheidet sich die Gruppe der Überlebenden mit knapp unter einer Stunde (59 Min.) Alarmierungszeit nicht wesentlich von der Gruppe der Verstorbenen (66 Min.). Hingegen sind die Alarmierungszeiten in den Untergruppen Alarmierung durch „Funk“ (17 Min.) deutlich kürzer als die Alarmierung durch einen „Meldeläufer“ (31 Min.) (Tabelle 12).

Durchschnittszeit	In beiden Subgruppen	Überlebende	Verstorbene
Funk	17 Min.	13 Min.	22 Min.
Meldeläufer	31 Min.	30 Min.	34 Min.

Tab. 12:

Alarmierungszeit: Aufteilung der Überlebenden / Verstorbenen auf die beiden Gruppen „Funk“ und „Meldeläufer“.

Was in der obigen Tabelle bereits angedeutet werden kann, dass eine kürzere Alarmierungszeit die Überlebenschancen signifikant steigern kann, zeigt die folgende Tabelle 13. Kann der Alarm innerhalb der ersten 15 Minuten nach dem Lawinenniedergang ausgelöst werden, sinkt die Sterbequote und erhöht sich damit die Überlebenschance signifikant.

Alarmierungszeitraum	Überlebt	Verstorben	Chi-Square Test (3.84)	Signifikant?
Bis 15 Min.	78	24	22.53	Signifikant
Länger als 15 Min.	30	43		

Tab. 13:

Eine schnelle Alarmierung – innerhalb der ersten 15 Minuten nach dem Lawinenniedergang – hat einen signifikanten Einfluss auf die Überlebenschance des Verunfallten.

Innerhalb der ersten Stunde der Alarmierungszeit sinkt die Überlebenschance auf 50% ab, wie nachfolgende Abbildung 2 illustriert.

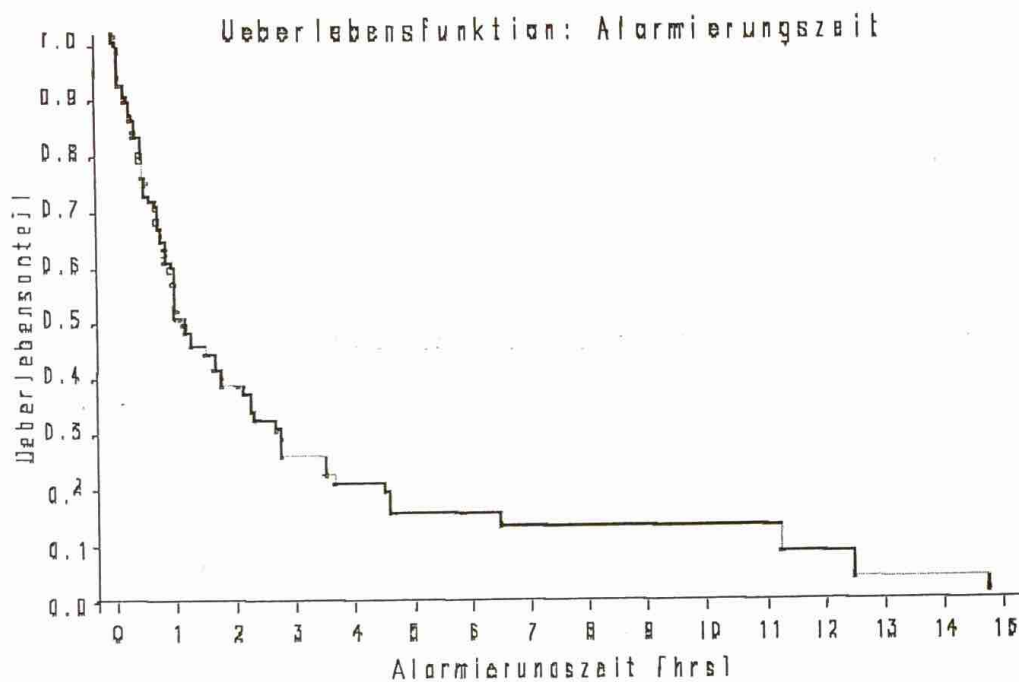


Abb. 2 :
Überlebenschance sinkt innerhalb der ersten Stunde der Alarmierungszeit auf 50% ab.

4.3.4.2 Zeit zwischen Unfall und Bergung

Je länger der Verunfallte unter den Schneemassen begraben liegt und somit von einer suffizienten Sauerstoffversorgung abgeschnitten ist, desto höher ist sein Risiko zu ersticken. Dabei wird unterschieden, ob eine Atemhöhle vor dem Mund vorhanden ist oder nicht. Bei einer Atemhöhle tritt der Erstickungstod nach ungefähr 35 Minuten ein [59].

Der Zeitraum zwischen Unfall und Bergung ist in Bezug auf die Abkühlung des Verunglückten von grosser Bedeutung (vgl. Kapitel 4.6.1). Durch die Abkühlung werden die Körperfunktionen gedrosselt, was in extremis zum Tod durch Herzstillstand führt [6, 8, 18, 20, 24, 33, 37, 41, 43-45, 49, 53, 72].

Die durchschnittliche Bergungszeit bei allen Verunfallten betrug 144 Minuten (SD: 225 Minuten). Überlebende wurden im Mittel nach 72.4 Minuten (SD 84.2 Min.) und Verstorbene nach 222.4 Minuten (SD 298.2 Min.) geborgen.

Eine detaillierte Auflistung der Bergungszeiten und der damit verbundenen Überlebenschance in Tabelle 14 zeigt, dass bei einer Bergung innerhalb der ersten 40 Minuten die Chance, den Unfall zu überleben, von anfänglich 91% auf 76% absinkt. Danach ist ein deutlicher Knick der Überlebenschance auszumachen. Im

Bergungszeitraum zwischen 40 und 80 Minuten sinkt sie auf etwas mehr als die Hälfte ab. Anschliessend folgt der zweite Knick der Überlebenschance von einem Überlebenden auf drei Verunfallte. Wobei diese Kurve dann in der Folge stetig gegen 0 strebt. Die fünf Verschütteten, die noch nach über vier Stunden gerettet werden konnten, müssen als Glücksfälle bezeichnet werden.

Zeitabschnitt (Min.)	Überlebende	Verstorbene	Überlebenschance
-10'	10	1	91%
11 – 20'	14	4	78%
21 – 30'	15	3	83%
31 – 40'	13	4	76%
41 – 50'	4	3	57%
59 – 60'	8	4	67%
61 – 70'	1	3	25%
71 – 80'	6	5	55%
81 – 90'	2	9	18%
91 – 100'	1	2	33%
101 – 110'	2	4	33%
111 – 120'	1	2	33%
121 – 180'	8	14	36%
181 – 240'	5	10	33%
241 – 300'	2	3	40%
301 – 360'	2	3	40%
> 360'	1	10	9%

Tab. 14:

Genau Aufschlüsselung der Bergungszeit. Bis 120 Minuten wurden die Zeiten im 10'-, danach wurden nur noch im 60' Intervall dargestellt. Die Prozentangaben der Überlebenschance sind, insbesondere bei kleiner Fallzahl (u. a. 61 – 70'; 91 – 100' etc.), nur sehr beschränkt aussagekräftig.

Bei der zusammenfassenden Betrachtung der Überlebenschance in den einzelnen Zeitabschnitten nach der Einteilung von Brugger [15] in Tabelle 15 fällt auf, dass die Möglichkeit aus der Lawine lebend geborgen zu werden nach der Gruppe „35 – 90 Minuten“ von knapp über 50% deutlich unter die Hälfte sinkt.

Zeitabschnitt	Überlebende	Verstorbene	Überlebenschance
< 35 Min.	40	8	83%
35 – 90 Min.	33	26	56%
91 – 130 Min.	6	11	35%
> 130 Min.	16	36	31%

Tab. 15:

Vergleich der Überlebenschance in verschiedenen Abschnitten der Bergungszeit [15].

Dennoch kann gezeigt werden, dass ein Verunfallter, der innerhalb der ersten 70 Minuten gerettet wird, signifikant höhere Chancen hat zu überleben als jemand, der später aus den Schneemassen geborgen wird (Tabelle 16).

Bergungszeit	Überlebt	Verstorben	Chi-Square Test (3.84)	Signifikant?
Bis 70 min.	65	22	31.83	Signifikant
Länger als 70 Minuten	32	62		

Tab. 16:

Die Kurve der Bergungszeit ist in Bezug auf die Chance, der Lawine lebend zu entrinnen, zum einen zweigipflig und zum anderen hat sie bei 70 Minuten einen zusätzlichen Wendepunkt.

Inwiefern die Alarmierungszeit einen Einfluss auf die Bergungszeit hat und damit auch auf die Überlebenschance, wird in Tabelle 17 dargestellt. Auffallend sind dieselben Alarmierungszeiten für die beiden Subgruppen („Überlebende“ / „Verstorbene“) in der ersten Gruppe der Bergungszeit (bis 35 Min.). Anschliessend erhöht sich die Differenz der Alarmierungszeiten für diejenigen, für die die Rettung rechtzeitig kam, und die Verstorbenen sehr deutlich. Obwohl die Alarmierungszeit „nur“ ein Teil der Bergungszeit ist, spielt sie eine mitentscheidende Rolle. Desto schneller der Alarm ausgelöst wurde, umso schneller war auch die zusätzliche Hilfe bei der Suche und Bergung auf dem Lawinenkegel vor Ort.

Bergungszeit Zeitabschnitt	Alarmierungszeit		Überlebenschance
	Überlebende	Verstorbene	
< 35 Min.	9 Min.	9 Min.	83%
35 – 90 Min.	14 Min.	25 Min.	56%
91 – 130 Min.	83 Min.	112 Min.	35%
> 130 Min.	90 Min.	213 Min.	31%

Tab. 17:

Gegenüberstellung der Bergungs- und Alarmierungszeiten in den Gruppen der „Überlebenden“ und „Verstorbenen“.

4.3.4.3 Zeit zwischen Bergung und Einlieferung in Spital oder ärztliche Praxis

Neben der Bergung des Verunfallten ist die Erste-Hilfe-Massnahme auf dem Lawinenkegel sehr wichtig. Doch ist für den weiteren erfolgreichen Verlauf der Rettung bei schwerverletzten Patienten die Zeit nach der Bergung bis zur Einlieferung in ein Spital zur erweiterten ärztlichen Hilfe auch von grosser Bedeutung.

Alle Patienten – Überlebende und Verstorbene – wurden im Mittel 56 Minuten (SD 49 Min.) nach der Bergung eingeliefert. Bei der Gegenüberstellung der Einlieferungszeit der „Überlebenden“ mit den „Verstorbenen“ ist nur ein Unterschied von 10 Minuten von 53 Min. (SD 51 Min.), beziehungsweise 63 Min. (SD 42 Min.) zu verzeichnen. Im

Durchschnitt verstarben diese Patienten knapp drei Stunden (2 Stunden 54 Minuten) nach deren Einlieferung im Spital.

4.3.4.3 Todeszeitpunkt

Der Todeszeitpunkt wurde in 65 der 91 Fälle (71.4%) registriert. Bei 28 Verunfallten wurde der Tod bei der Bergung bereits festgestellt. 37 weitere Verunglückte wurden lebend geborgen, verstarben jedoch anschliessend durchschnittlich nach 2 Stunden 41 Minuten. 24 der insgesamt 124 Patienten, die in ein Spital oder in eine ärztliche Praxis eingeliefert wurden, verstarben im Verlauf ihrer Hospitalisation (vgl. vorhergehendes Kapitel 4.3.4.2).

4.3.5 Verschüttungstiefe

Die Verschüttungstiefe hat einen wesentlichen Einfluss auf die Bergungszeit. Das Auffinden mit dem Lawinenverschüttungsgerät ist bei oberflächlicherer Lage wesentlich einfacher und daher auch schneller. Zudem ist die Zeit von der Ortung bis zum Ausgraben und damit zur Bergung verständlicherweise kürzer. Inwiefern die Verschüttungstiefe auch einen Einfluss auf die Verletzungsrate resp. das Todesrisiko hat, wird in Kapitel 4.5 gezeigt.

Nicht verschüttet wurden 43 Personen, dieselbe Anzahl Betroffener wurde ebenfalls nur „teilweise“ verschüttet. Mehr als die Hälfte aller Verunfallter (121 Menschen / 58%) wurden vollständig von Lawinen begraben.

Die Überlebenschance bei keiner oder bei nur einer „teilweisen“ Verschüttung sind in unserem Kollektiv (Achtung: Selection Bias) gut dreimal höher (vgl. Tabelle 18). Neun Menschen verloren ihr Leben in diesen beiden Gruppen, wobei 41 Personen lebend gerettet werden konnten. In der Gruppe der „Ganzverschütteten“-Personen ist das Verhältnis wesentlich ungünstiger (63 verstarben gegenüber 41 Überlebenden). Bei der detaillierten Untersuchung dieser letzten Gruppe – in Bezug auf Varianten- und Tourenskifahrer – zeigt sich, dass im Verhältnis signifikant weniger „Ganzverschüttete“-Tourenfahrer in der Lawine starben als Variantenfahrer.

	Variantenfahrer		Tourenfahrer	
	Überlebende	Verstorbene	Überlebende	Verstorbene
Nichtverschüttet	Selection Bias		Selection Bias	
Teilvereschüttet	Selection Bias		Selection Bias	
Ganzverschüttet	17	22	46	19

Tab. 18:
Gegenüberstellung der Varianten- und Tourenfahrer – mit ihrem Überleben und Sterben – wegen des Selection Bias wurde nur die Gruppe der Ganzverschütteten genauer untersucht.

Auffällig ist dabei, dass nicht eher die Variantenfahrer bei einer "Ganzverschüttung" eine bessere Überlebenschance haben - kürzere Bergungszeit - sondern im Verhältnis deutlich weniger Tourenfahrer umkommen.

Die durchschnittliche Kopftiefe aller 121 „Ganzverschütteten“ war 1.20 m (SD 1.17). Dabei zeigt sich ein deutlicher Unterschied in den Gruppen der „Überlebenden“ und „Verstorbenen“. Überlebende wurden durchschnittlich mit einer Kopftiefe von 0.95 m (SD 1.14) und verstorbene Bergsportler aus einer Tiefe von 1.29 m (SD 0.95) geborgen. Daher lässt sich auch erklären (Tabelle 19), dass Personen, deren Kopf unter 1 m Tiefe liegt, signifikant häufiger sterben als Personen, die weniger stark verschüttet sind. Hingegen zeigt sich noch kein signifikanter Unterschied zwischen den Betroffenen, die weniger resp. mehr als einen halben Meter unter der Schneeoberfläche gefunden werden.

Verschüttungstiefe	Überlebt	Verstorben	Chi-Square Test (3.84)	Signifikant?
0.5 m	24	17	0.08	Nicht signifikant
Tiefer	25	54		

Verschüttungstiefe	Überlebt	Verstorben	Chi-Square Test (3.84)	Signifikant?
1 m	39	37	9.43	Signifikant
tiefer	17	67		

Tab. 19:

Die Überlebenschancen liegen nicht unbedingt weiter oben besser – erst zwischen 0.5 und 1m ändert sich die Signifikanz, eine Bestätigung der Beobachtung aus Tabelle 15.

4.3.6 Transport

Die Verletzten und Verstorbenen wurden im überwiegenden Teil mit dem Helikopter (165 / 79.9%) vom Unfallort weggeflogen. Die anderen vier Gruppen (behelfsmässiger Transport, Rettungsschlitten, Pistenfahrzeug und Ambulanz) machen gerade ein Fünftel aller Transporte aus. In Tabelle 20 wird aufgezeigt, wie sich dies wiederum auf die beiden Skifahrergruppen verteilt. Dabei zeigen sich keine grossen Unterschiede innerhalb der einzelnen Abtransportarten – einzig der fast doppelt so häufige Abtransport mit dem Helikopter von überlebenden Variantenfahrern gegenüber ihren verstorbenen Kollegen.

	Variantenfahrer		Tourenfahrer	
	Überlebende	Verstorbene	Überlebende	Verstorbene
Behelfsmässiger Transport	-	-	2	-
Rettungsschlitten	4	4	1	1
Pistenfahrzeug	2	2	-	-
Ambulanz	3	-	1	-
Helikopter	31	17	43	49

Tab. 20:

Gegenüberstellung der Varianten- und Tourenfahrer – mit ihrem Überleben und Sterben – aufgeteilt auf die drei Gruppen der Abtransportarten.

4.4 Verletzungsmuster

Über Verletzungsmuster bei Lawinenopfern wurde bisher nur sehr wenig – am meisten im Rahmen von Case Reports – berichtet [9, 39, 46, 48]. In unserem Kollektiv blieben 40 Personen (19%) unverletzt und 76 Menschen (37%) kamen zu Schaden. Somit ist das Verhältnis – bei dieser Untersuchung – bei den Überlebenden von den Verletzten zu den Unverletzten 2:1. Hierbei ist wiederum festzuhalten, dass die glimpflich abgelaufenen Unfälle nicht in dieser Untersuchung registriert wurden (Selection Bias).

Insgesamt wurden 121 Schädigungen registriert (Tabelle 21). Dabei machten die traumatologischen Folgen mit 103 Vorkommnissen (85%) aller Verletzungen aus und stehen damit mit Abstand an erster Stelle. Dabei sind in 45 Fällen Frakturen gezählt worden.

Detaillierte Darstellung		Zusammenfassende Darstellung der Schädigungen				
		Kälte	Pulmonal	Cardial	Abdominell	Traumatologisch
Hypothermie	3	3				
Lokale Erfrierungen	2	2				
Aspiration	7		7			
Lungenödem	3		3			
Haematopneumothorax	3					3
Contusio cordis	6					6
Herzrhythmusstörungen	3			3		
Stumpfes Bauchtrauma	5					5
Polytrauma	1					1
Commotio cerebri	13					13
Fraktur – Schädel	1					1
Fraktur – Obere Extremität	7					7
Fraktur – Untere Extremität	12					12
Fraktur – Wirbelsäule	9					9
Symphysensprengung	3					3
Fraktur – Acetabulum	2					2
Fraktur – Schambein	1					1
Fraktur – Sacrum	1					1
Fraktur – Rippen	9					9
Luxation – Schulter	4					4
Luxation – Hüfte	2					2
Bandverletzung – Knie (VKB / HKB)	3					3
Kontusion / Distorsion	21					21
TOTAL	121	5	10	3		103

Tab. 21:
Detaillierte Darstellung aller Schädigungen (linker Bereich) und im rechten ist die Zusammenfassung gezeigt.

Die graphische Darstellung verdeutlicht den enorm hohen Anteil an traumatologischen Folgen eines Lawinenunfalls noch klarer (Abbildung 3).

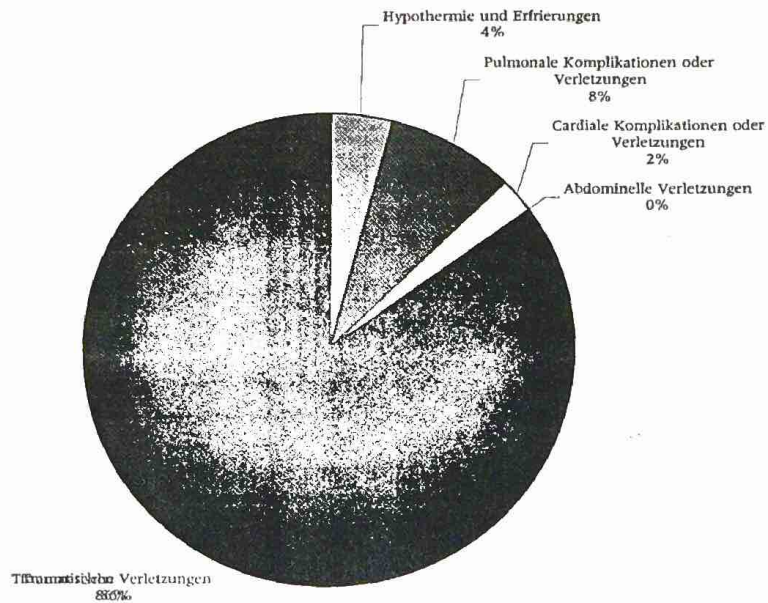


Abb. 3:

Die traumatologischen Folgen sind bei überlebenden Lawinenopfern mit Abstand die häufigste Schädigung. An zweiter Stelle folgen die pulmonalen Komplikationen. Cardiale Beeinträchtigungen oder Schädigungen durch Kälte betragen nur einen Anteil von weniger als je 5%. Alle abdominellen Folgen waren der direkten traumatologischen Einwirkung zu zuordnen.

4.5 Todesursache

Die in der Bevölkerung und in der Literatur vorherrschende Meinung, dass „Ersticken“ weitaus die häufigste Todesursache ist, konnte anhand dieser Unfallstatistik nicht bestätigt werden (Tabelle 22). Die traumatologischen Schädigungen führten in unserem alpinen Kollektiv fast ebenso häufig zum Tod wie ein Sauerstoffmangel.

Detaillierte Darstellung		Zusammenfassende Darstellung der Todesursachen				
		Kälte	Pulmonal	Traumatologisch	Keine Antwort	Nicht gefunden
Hypothermie	6	6				
Aspiration	42		42			
Polytrauma	26			26		
HWS-Verletzungen (Frakturen)	7			7		
Schädelhirntrauma	6			6		
Keine Antwort	2				2	
Nicht gefunden	2					2
TOTAL	91	6	42	39	2	2

Tab. 22

Detaillierte Darstellung aller Todesursachen (linker Bereich) und im rechten Teil ist die Zusammenfassung gezeigt - alle Betroffenen (nicht verschüttet, teilverschüttet und ganz verschüttet).

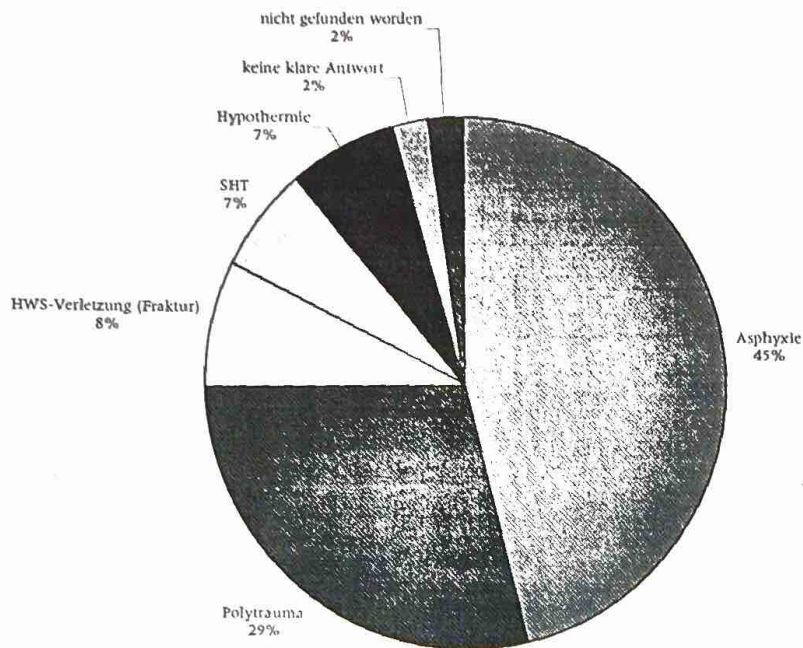


Abb. 4:

Aufteilung aller Todesursachen – die traumatologischen Folgen bei Lawinenopfern sind weit höher als bisher angenommen.

In unserem Kollektiv zeigt sich deutlich, dass das Trauma eine sehr wichtige Rolle bei Lawinenverschütteten spielt (Abbildung 4). Bei den Überlebenden ist sie mit grossem Abstand die häufigste Diagnose, bei den Verstorbenen ist sie nur sehr knapp hinter der Asphyxie die zweithäufigste Todesursache. Beim Ersticken muss zwischen dem reinen Sauerstoff-Mangel und der Unfähigkeit, aus mechanischen Gründen zu atmen, unterschieden werden. Im Weiteren spielt die Hypothermie eine deutlich untergeordnetere Rolle als bisher publiziert [13-15, 21, 30, 45, 47, 54-56, 59, 71].

Bei der detaillierten Betrachtung der Todesursachen in Bezug auf die Verschüttungsart konnten sehr unerwartete Beobachtungen gemacht werden (Tabelle 23):

	Kälte	Pulmonal	Traumatologisch	Keine Antwort	Nicht gefunden
Nicht verschüttet	-	-	10	-	-
Teilverschüttet	-	1	7	-	-
Ganzverschüttet	6	41	22	2	2

Tab. 23

Bei der Verteilung der Todesursachen auf die Verschüttungsart fallen die sehr vielen traumatologischen Opfer in den beiden obersten Gruppen auf (Anteil an allen Traumaopfern von 44%).

Die feinere Betrachtung der Todesursachen im Bezug auf die Verteilung auf die Monate, zeigt sich Überraschendes (Abbildung 5). Anfangs Winter, bei weniger Schnee wären eher traumatologische Unfälle zu erwarten gewesen und bei grösseren Schneemengen vermehrt asphyktische Todesfälle. Doch gerade das Gegenteil ist der Fall: anfangs Winter kommen bedeutend mehr Menschen an einer Asphyxie um und erst in der zweiten Hälfte des Winters nehmen die traumatologischen Folgen als Todesursache markant zu. Dies kann am ehesten mit dem trockeneren Schnee zu Beginn des Winters und den schwereren Schneemassen gegen Ende des Winters begründet werden.

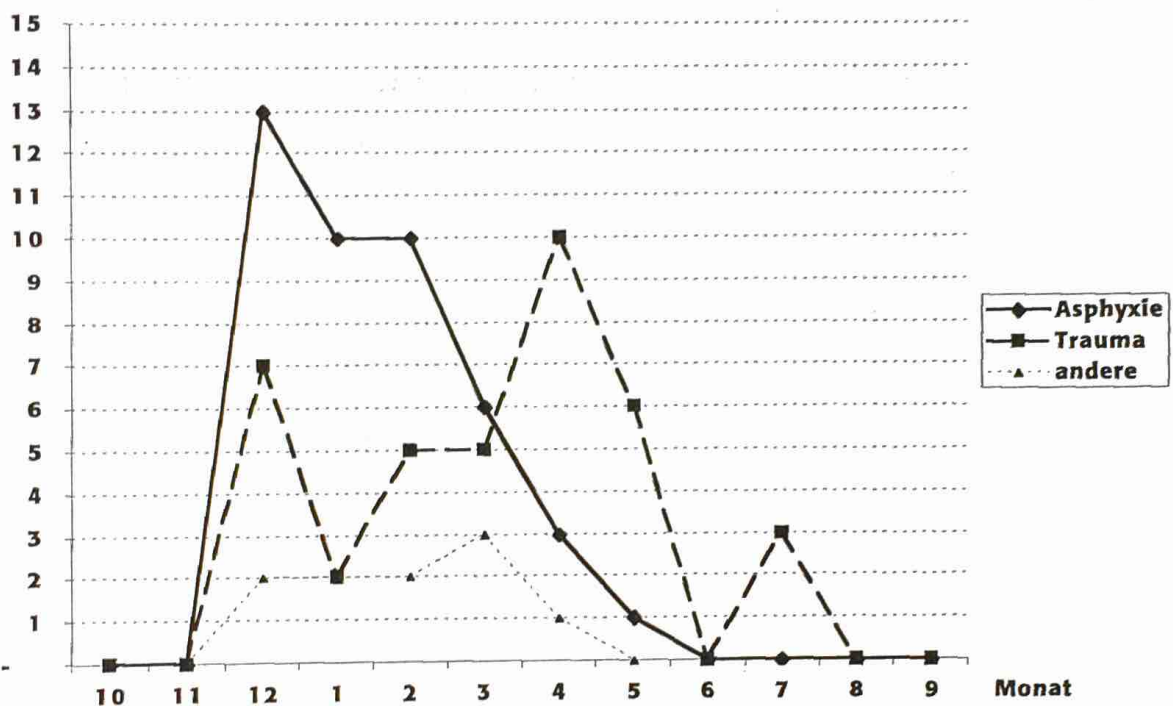


Abb. 5: Verteilung der Todesursachen auf die Monate. ✓

4.6 Diagnostik und Behandlung

Die Behandlung von Lawinenverletzten erfordert auf der Unfallstelle wie in der Klinik oder Praxis besondere Kenntnis.

Die Primär Versorgung – auf dem Lawinenkegel – ist durch die häufig schwierige Beurteilbarkeit der Verschütteten sehr diffizil. Die Lawinenopfer werden oftmals regungslos ausgegraben. Dabei gilt der Grundsatz von Gregory „no one is dead until rewarmed and dead“ [38] resp. auch die Regeln der REGA. Dabei zeigt sich, dass bis anhin als Haupttodesursache die Hypothermie, neben der Asphyxie, gesehen wurde.

Zur Verhinderung eines Sekundärtodes von lebend geretteten Verunglückten steht für das einzelne Lawinenopfer die ausreichende Oxygenierung sowie die Erhaltung resp. Verbesserung des Wärmehaushalts im Mittelpunkt - die Auskühlung ausserhalb der Lawine ist um ein Vielfaches grösser. Bei der Rettung ist neben das rasche Auskühlen der Bergungstode eine gefürchtete Komplikation.

Zwei Gründe sind für die Komplikation bei der Bergung verantwortlich und damit zu beachten: Die grosse Oberfläche der Extremitäten bei relativ kleinem Volumen führt zu einer wesentlich stärkeren Auskühlung als zentral. Dadurch entsteht ein deutlicher Temperaturgradient. Wird nun das periphere kalte Blut mit dem zentral wärmeren Blut vermischt, kann die Gesamttemperatur so stark absinken, dass es zum Herzstillstand kommt. Neben der Abkühlung sind die Weichteil- und dabei insbesondere die Muskelschädigungen zu beachten. Durch den enormen Druck, der auf den verschütteten Körperteilen lastet, werden Muskelzellen zerstört, wodurch Kalium und Myoglobin frei wird. Die Hyperkaliaemie kann zu einem Herzstillstand führen. Das Myoglobin wird über die Niere ausgeschieden. In kleinen Mengen bewältigen dies die Nieren, hingegen kommt es bei einem grossen Anfall dieses grossen Moleküls zu einem akuten Nierenversagen mit hohem Mortalitätsrisiko.

Bei Unfällen mit mehreren Verschütteten stellt sich zudem die Problematik der Triage. Kriterien dazu wurden von Brugger et al [13] aufgestellt, wobei auch sie in erster Linie von der Hypothermie sowie der Asphyxie als häufigste Todesursachen ausgingen. Daher muss diese durch die neuen Erkenntnisse – zumindest für den alpinen Raum – modifiziert werden.

4.6.1 Diagnostik

Auch wenn die Kälte nur selten lebensbedrohlich ist oder zu bleibenden Schäden führt, spielt sie im Bereich der Diagnostik eine wichtige Rolle. Die Funktionen des Körpers werden bei Kälte stark gedrosselt und das Blut wird zentralisiert. Dadurch werden die Diagnosemöglichkeiten auf dem Lawinenkegel – ohne invasive Massnahmen – stark erschwert.

4.6.1.1 Unfallort

Die „GABI“-Regel (Gibt er Antwort, Atmet er, Blutet er und ist sein Puls normal?) steht auch bei den Lawinenunfällen im Mittelpunkt. Doch wie oben beschrieben, ist diese einfache Eselsleiter durch die Kälte nicht immer einfach durchzuführen und zu interpretieren. Tabelle 24 gibt einen Überblick über die Relation zwischen der Verschüttungsart und der Orientierung des Patienten auf dem Lawinenkegel. Dabei sind bei der Gruppe der „Überlebenden“ im Bereich der „Vollständigverschütteten“ ein recht hoher Anteil an „komatösen“ Patienten (27%) und in der Gruppe der „Verstorbenen“ ist der Patient zu beachten, der bei der Bergung als „wach / verwirrt“ beurteilt wurde und dann doch in der Folge verstarb. Allgemein fällt auf, dass bis auf diesen einen und einen weiteren Patienten (schläfrig / weckbar), alle bei der Bergung oder in der Folge verstorbenen Verunglückten bereits von Beginn an als „komatös / reaktionslos“ beurteilt wurden.

	Überlebt / Verstorben			
	Nicht Verschüttet	Teilverschüttet	Ganzverschüttet	Total
Wach / orientiert	29 / -	29 / -	16 / -	74 / -
Wach / verwirrt	2 / -	3 / 1	10 / -	15 / 1
Schläfrig / weckbar	- / 1	1 / -	9 / -	10 / -
Komatös / auf Schmerz reagierend	- / -	1 / -	9 / -	10 / -
Komatös / reaktionslos	- / 11	1 / 7	4 / 71	5 / 89

Tab. 24:

Beurteilung der Orientierung der Patienten auf dem Lawinenkegel, dies in Relation von „Übelebenden“ gegenüber „Verstorbenen“ Opfern und der jeweiligen Verschüttungsart.

Zur Beurteilung des zentralen Nervensystems gehört neben der Beurteilung der Wachheit der Patienten ebenfalls die Befundaufnahme der Pupillenreaktion. Bei insgesamt 197 Verunglückten wurde dieser wichtige Befund erfasst. Dabei konnte bei 116 Betroffenen eine Reaktion protokolliert werden, davon verstarben mit acht Opfern nur ein sehr kleiner Anteil (7%). Hingegen zeigten 81 Verschüttete bereits keine Pupillenreaktion mehr, von den schlussendlich 80 den Unfall nicht überlebten (99%). Die Grösse der Pupillen wurde in 37 Fällen erfasst (weit: 28; mittelweit: 6; eng: 3). Eine weitere Differenzierung der Befunde wie lichtstarre, entrundete oder asymmetrische Reaktion der Pupillen wurde durch das Prokoll nie erfasst. Von den 28 Patienten mit weiten Pupillen verstarben 27 – in der Gruppe mit den mittelweiten Pupillen verstarben 3 Verschüttete und alle Betroffenen mit engen Pupillen überlebten den Lawinenniedergang.

Tabelle 25 gibt eine Übersicht über die Zusammenhänge zwischen dem Verschüttungsart, dem Überleben und der festgestellten Atmung. Dabei fallen die sieben Fälle auf, bei denen keine Atmung mehr registriert wurde und die doch überlebten. Das einzige Opfer, das anfänglich noch atmete und dann doch verstarb, war derselbe Patient wie oben unter „wach / verwirrt“ und doch als verstorben beschrieben wurde.

	Überlebt / Verstorben			
	Nicht Verschüttet	Teilverschüttet	Ganzverschüttet	Total
Atmung: JA	32 / -	32 / 1	44 / -	108 / 1
Atmung: NEIN	- / 11	2 / 7	5 / 68	7 / 86

Tab. 25:

Atmet der Patient oder nicht? Welcher Zusammenhang besteht zwischen dem Sterberisiko, der Verschüttungsart und der Atmung?

In diesem Zusammenhang ist die Atmungshöhle von grosser Bedeutung. Als Atemhöhle wird der kleine Hohlraum vor dem Gesicht des Verschütteten bezeichnet,

der als Indiz für eine genügende Oxigenierung innerhalb der ersten 35 Min. erachtet wird. Anschliessend wird auch diese kleine Sauerstoffreserve ungenügend und der Erstickungstod tritt ein. Gerade weil schon eine kleine Ausbuchtung vor dem Gesicht als Atemhöhle erachtet wird, kann die Identifizierung einer solchen sehr schwierig sein. So wurden nur gerade in knapp einem Drittel aller Ganzverschütteten (43 von 121) eine solche gesichtet und dokumentiert. Dabei verstarben sieben Patienten mit (16%) und 57 ohne Atemhöhle (98%). Diese Verteilung ist signifikant (Chi-Square Test: 35.89 (3.84)) und unterstreicht die Wichtigkeit dieser kleinen Luftansammlung vor dem Gesicht des Verschütteten.

Die Retter auf dem Lawinenkegel diagnostizierten bei 115 Opfern eine Verletzung, wobei nicht auf die Lebensgefährlichkeit derselben eingegangen wurde. Bei 92 Betroffenen wurde keine Verletzung registriert. Bei der genaueren Betrachtung dieser beiden Gruppen „verletzt“ / „unverletzt“ fällt der wesentlich höhere Anteil an Verstorbenen in der zweiten Gruppe auf (55% gegenüber 35%). Tabelle 26 gibt eine Übersicht und Korrelation zwischen den Todesursachen und der erkannten Verletzung.

	Asphyxie	Trauma	Hypothermie	Keine Antwort	Nicht gefunden
Verletzung: JA	3	36	1	-	-
Verletzung: NEIN	40	2	4	3	2

Tab. 26:
Gegenüberstellung der Beurteilungen der Verletzungen auf dem Lawinenkegel und den Todesursachen.

Hiermit relativiert sich das Ungleichgewicht zwischen festgestellter Verletzung und Todesursache. Der Erstickungstod sowie die Hypothermien wurden von den allermeisten Suchern / Protokoll-Ausfüllern nicht als Verletzung angesehen - sicher auch eine Frage der Definition resp. Information, wie das Protokoll auszufüllen vorgesehen war. Hingegen, was hervorzuheben ist, sind die beiden nicht erkannten oder nicht protokollierten Polytraumen. Der eine Verunfallte hatte ein Schädelhirntrauma, Rippenreihenfrakturen und ein stumpfes Bauchtrauma, der andere erlitt ebenfalls ein Schädelhirntrauma, eine offene Unterschenkelfraktur und mehrere Wirbelfrakturen.

Bei praktisch allen Verunglückten wurde eine Aussage über den Puls gemacht (204 von 207 Fällen). In gut der Hälfte aller Verunglückten konnte der Puls ertastet werden (115) und bei 89 Patienten war eine solche Aussage nicht möglich. Hingegen wurden keine Angaben über die Qualität des Pulses protokolliert.

In 82 Fällen wurde eine Unterkühlung des Verunfallten festgestellt. Die Aussage wurde aufgrund meist klinischer Beobachtungen (31) gemacht, in deutlich weniger Fällen wurden Messsonden verwendet (rektale Messung: 4; oesophageale M.: 4; tracheale M.: 2; epithympanal und mit einer nicht näher bezeichneten Sonde je 1x). Aus dieser Gruppe verstarben 45 Menschen (55%). Bei 100 Opfern wurde keine Unterkühlung festgestellt, aus dieser Gruppe verstarben 28 Patienten.

4.6.1.2 Spital oder Praxis

Von den 207 betroffenen Personen wurden 127 in ein Spital eingeliefert. Ein Betroffener wurde einer Hausarztpraxis zugewiesen, der nach der Versorgung einer Schnittwunde trotz einer diagnostizierten Commotio cerebri nach Hause entlassen wurde. Der Patient überlebte das Ereignis. Von den Spitälern wurden 12 Personen verlegt, vier sollten zum besseren Aufwärmen an ein Universitätsspital verlegt werden, damit sie dort von der Herz-Lungen-Maschine hätten profitieren können – alle verstarben. Fünf Verschüttete mussten in ein Zentrumsspital zur Versorgung der schwierigen und umfangreichen Verletzungen verlegt werden. Aus familiären Gründen wurden weitere drei Personen verlegt, wobei einer in der Folge verstarb.

Während der Basisüberwachung aller Patienten wurden folgende Werte erfasst: Glasgow Coma Scale, Ansprechbarkeit des Patienten, Atmung / Beatmung, Puls peripher (Quantität und Qualität), Blutdruck (systolisch und diastolisch), EKG, Körpertemperatur.

Die Vigilanzstörung wurde mit dem Glasgow Coma Scale dokumentiert, wobei 31 Betroffene bei Eintritt nicht über einen GCS Wert von 3 kamen, bis auf einen verstarben alle in der Folge. Ein weiteres Opfer wurde mit einem Wert von 4 angegeben, doch auch er verstarb an den Verletzungen, die er erlitt. Alle weiteren Verschütteten wurden in der Skala mit Werten von 6 und mehr angegeben und überlebten das Ereignis (6: 1x; 7: 2x; 8: 2x; 12: 3x; 14: 4x; 15: 80x). Dementsprechend waren auch die Bewertungen der Ansprechbarkeit der Verunglückten.

Spontan atmen konnten 100 Patienten, wohingegen bei 29 Betroffenen keine selbständige Atmung mehr ausgemacht werden konnte. Diese wurden in 22 Fällen intubiert und drei weitere wurden über die Maske beatmet. 26 Patienten, die nicht mehr selber spontan atmen konnten, verstarben. Alle diejenigen, die selber atmen konnten, überlebten das Ereignis.

Die periphere Pulsfrequenz konnte bei 102 Patienten ertastet werden, wobei in 98 Fällen der Puls als regelmässig protokolliert werden konnte. Ein Patient wurde mit einer Bradykardie (40) aufgeführt, er war der Einzige aus dieser Gruppe, der verstarb. 19 Verschüttete zeigten eine Tachykardie, bei allen weiteren Verschütteten konnte eine normale Herzfrequenz dokumentiert werden. Bei 26 eingelieferten Lawinenopfern konnte in der Peripherie keine Herzaktion mehr festgestellt werden – 25 dieser Menschen verstarben ebenfalls.

In 99 Fällen wurde ein normales, regelmässiges Elektrokardiogramm aufgezeichnet – dennoch verstarben 24 von diesen Patienten. Eine unregelmässige Herzaktion wurde siebenmal aufgezeichnet (Vorhofflimmern: 2x, supraventrikuläre Tachykardie: 1x; ventrikuläre Extrasystolen: 1x; Kammerflimmern: 3x). In dieser zweiten Gruppe verstarben drei Personen. Insgesamt konnte bei Eintritt 18-mal keine Herzaktion – eine Asystolie – beobachtet werden, dabei überlebte nur einer.

Als Ausdruck der Auswurfefähigkeit des Herzens konnte 103 Mal der Blutdruck gemessen werden, bei 22 Patienten war dies nicht mehr möglich. Bei vier Opfern wurde ein leicht hypotoner Wert und bei weiteren sieben war der Wert als etwas hyperten vermerkt, wobei keiner dieser Werte 160 / 95 mmHg überschritt.

Die Temperatur der Lawinenopfer wurde im überwiegenden Anteil rektal (56) oder axillär (28) erfasst. Epithympanal und oesophageal wurde nur bei 10 resp. vier Verschütteten gemessen. Tabelle 27 gibt eine Übersicht über die gemessenen Werte – aufgeteilt nach Messmethode. Die Körpertemperaturen der Überlebenden (35.0°C; SD 2.86) sind signifikant höher als die der Verstorbenen (25.7°C; SD 5.25). Der Zeitpunkt der Temperaturmessung (insbesondere in Bezug auf den Todeszeitpunkt) wurde nicht dokumentiert, daher kann nicht zwangsläufig geschlossen werden, dass verstorbene Lawinenopfer eine tiefere Körpertemperatur haben.

Überlebt	Anzahl	41	27	9	-	
	Mittelwert [°C]	34.1	36.2	35.1		35.0
	SD	3.35	1.49	2.31		2.86
Verstorben	Anzahl	15	1	1	4	
	Mittelwert [°C]	26.5	24	15	25.9	25.7
	SD	4.74			4.73	5.25

Tab. 27:
Gegenüberstellung der unterschiedlichen Messmethoden bei der Diagnostik von Lawinenopfern, die überlebt haben oder verstorben sind.

Bei den weiteren Untersuchungen wurde auch ein Urinstatus erhoben, dies erfolgte bei 48 Patienten – alle überlebten. Die Resultate waren in der überwiegenden Anzahl befundfrei (19x). In neun Fällen wurden Erythrozyten, 3x Leukozyten, 2x Myoglobin, 2x Protein und je 1x Bakterien resp. Glukose nachgewiesen, in den restlichen Urinproben wurden die Resultate nicht vermerkt (10x).

Die Laboruntersuchungen wurden vorwiegend bei Patienten vorgenommen, die überlebt haben oder während der Hospitalisation verstarben. Nur bei sehr wenigen Toten wurden Laboruntersuchungen vorgenommen. So wurde nur bei 10 Patienten, die an einer Asphyxie verstarben, der diagnostisch interessante Wert des Serum-Kaliums erfasst. Der Mittelwert aller zehn Messungen liegt mit 10.2 mmol/l deutlich über der Tolleranzbreite für diesen Wert. Die relativ grosse Standardabweichung (4.90) zeigt eine ausgesprochene Streuung der Werte an, so dass in unserem Kollektiv der sonst für Opfer eines asphyktischen Todes von 10 mmol/l [19], nicht bestätigt werden kann.

Die Laborbefunde der Überlebenden sind, vom Mittelwert ausgehend und der dazugehörigen Standardabweichung, nicht pathologisch oder für eine gewisse Erkrankung auffällig.

Selbstverständlich wurden die Patienten primär klinisch abgeklärt und erhielten anschliessend die weiteren diagnostischen Massnahmen wie Laboruntersuchungen und radiologische Abklärungen. Die radiologischen Befunde wurden in diesem Protokoll nicht aufgeführt.

4.6.2 Behandlung

Neben der ersten Beurteilung gehören die Ersten-Hilfe-Massnahmen auf dem Unfallplatz zu den Grundpfeilern der präklinischen Versorgung [11]. Der Schutz vor weiteren Verletzungen sowie das korrekte Vorbereiten des Verunfallten für den Transport zur Weiterbehandlung in einem Spital oder einer ärztlichen Praxis sind für die Prognose wesentlich.

4.6.2.1 Erste-Hilfe-Massnahmen

Insgesamt waren bei 114 Opfern Erste-Hilfe-Massnahmen auf dem Unfallplatz notwendig. Bei 43 Menschen wurde der Tod bei der Bergung festgestellt, wobei die Begründung des Todes immer fehlt. So wurden auch keine Erste-Hilfe-Massnahmen bei diesen Opfern eingeleitet.

Bei den folgenden Aufzählungen sind Doppelnennungen möglich.

52 Verschüttete wurden reanimiert, dennoch verstarben 51 von ihnen. Die Sauerstoffgabe gehörte ebenfalls zu den häufigsten Hilfestellungen: nicht weiter bezeichnet wurden Beatmungen in 30 Fällen, Intubationen waren notwendig bei 31 Verschütteten und elf Opfer bekamen Sauerstoff über eine Nasensonde. In dieser Gruppe (Sauerstoffgabe) war die Sterberate sehr unterschiedlich: verstarben doch 19 (63%) resp. 25 Personen (81%) bei der nicht weiter differenzierten Beatmung und der Intubation, hingegen überlebten alle, die lediglich Sauerstoff über eine nasale Sauerstoffsonde erhielten. Lediglich bei 13 Personen wurde eine Infusion angegeben, was bei der hohen Anzahl von Reanimationen darauf schliessen lässt, dass entweder nicht alle Infusionen verzeichnet wurden oder notwendiges Hilfsmaterial auf dem Unfallkegel fehlte.

Sieben Personen wurden speziell gelagert, 17 Verletzte erhielten entweder eine Fixation einer Extremität (8), des Halses (Halskragen: 3) oder wurden auf einer Vakuummatratze (9) gesichert. Eines dieser Opfer verstarb in der Folge an einer Halswirbelerkrankung.

Der Kälteschutz wurde für 31 Personen angegeben, wobei bei 20 Opfern eine Unterkühlung diagnostiziert wurde. Alle diese Betroffenen überlebten das Ereignis.

In 30 Fällen wurde eine Legalinspektion eingeleitet und bei vier Opfern wurde auch eine Autopsie durchgeführt.

4.6.2.2 Therapie im Spital oder in der Praxis

Im Vordergrund stehen bei den Lawinenopfern die Reanimationen und stabilisierenden Massnahmen, zudem kommt dem Aufwärmen resp. Wärmeerhalten dieser Patienten spezielle Bedeutung zu.

Bei 17 Patienten wurde eine Reanimation durchgeführt, doch überlebte nur ein Patient. Dabei wurde in vier Fällen der Defibrillator eingesetzt – immer ohne Erfolg. 25 Patienten mussten intubiert werden, wobei 13 maschinell und acht manuell beatmet wurden. Zusätzlich erhielten 52 Patienten Sauerstoff über eine Nasensonde. Zur Verbesserung der vitalen Funktionen wurden bei 54 Fällen ein oder mehrere Medikamente eingesetzt.

68 Lawinenopfer wurden während ihres Spitalaufenthalts speziell aufgewärmt. Dabei wurden 54 externe Aufwärmhilfen eingesetzt (Wärmestrahler: 15x; Wärmematratzen: 16x; warme Tücher: 45x). Insgesamt wurde in 31 Fällen versucht den Patienten mit invasiven Massnahmen aufzuwärmen. Die erwärmten Infusionen wurden am häufigsten (24x) und erfolgreichsten (15 überlebten) angewandt. Danach folgten die erwärmten Atemgase (6x, wobei vier verstarben) und die peritoneal Lavage (5x, drei verstarben). Als invasivste Massnahme wurde bei zehn Patienten mit der Herz-Lungen-Maschine versucht die Körpertemperatur zu erhöhen und den Kreislauf zu stabilisieren. Keiner der Versuche war erfolgreich.

Insgesamt wurden 33 Eingriffe vorgenommen und dokumentiert. Dabei wurden 19 Osteosynthesen durchgeführt und acht Wundversorgungen vorgenommen. Im Weiteren mussten je eine Schulter und eine Hüfte reponiert werden. Je zwei Thorax- und abdominal Verletzung mussten notfallmässig revidiert werden.

Es waren 506 Hospitalisationstage zu verzeichnen, was einer durchschnittlichen Aufenthaltsdauer von 5.9 Tagen (SD 8.63) entspricht. Davon entfallen 72 Tage auf eine Intensivpflegestation (14%).

5. Diskussion

5.1 Allgemein

In dieser über fünf Jahre dauernden Kohorten-Studie konnten neue Erkenntnisse in Bezug auf das Verletzungsmuster sowie die Todesursache gefunden werden [13, 21, 45, 47, 54, 55, 59, 60, 62, 71]. Einige wesentliche Zusatzfragen konnten zudem - Nebenfragen - beantwortet und einige entscheidende Erkenntnisse früherer Untersuchungen bestätigt und ergänzt werden. Die Daten dieser Untersuchung stützen sich ausschliesslich auf Lawinenopfer, die entweder durch Rettungsmannschaften geborgen wurden und / oder nach der eigenen Befreiung / Kameradenrettung einer ärztlichen Hilfe bedurften. Somit wurden viele glimpflich abgelaufene Lawinenunfälle mit Personenbeteiligung nicht erfasst. Dieser Selection Bias muss bei einigen Beobachtungen in Rechnung gestellt werden, wie jeweils in den Kapiteln des vierten Abschnitts "Resultate" vermerkt wird.

5.2 Beantwortung der Kernfragen

Über die Gefahr der Verletzung bei einem Lawinenunfall wird in der Literatur wenig berichtet [10, 36, 59, 62, 69]. Nur gerade Furrer et al [36] in seiner grösseren Arbeit über Wintersportverletzungen berichtet über Frakturen und ihre Herausforderungen. Berthold [10] berichtet in seiner Untersuchung über die Snowboardunfälle in den Schweizer Alpen am Rande auch über das Frakturrisiko bei Lawinenunfällen von Snowboardern.

Die grösste Beachtung in der Gruppe der Überlebenden wird der Hypothermie geschenkt [6, 8, 20, 22-24, 41, 44, 49, 52, 53, 58, 69, 70, 72]. Dabei wird insbesondere darauf hingewiesen, dass die Kerntemperatur des Körpers in den Schneemassen relativ langsam abnimmt. Bei Verschütteten, die bei der Bergung regungslos sind, wären Zusatz-Diagnostika - wie Temperaturmessung [13, 15, 31, 43-45, 49, 52, 70] oder Bestimmung des Kaliumwertes - für die Triage und die weitere Behandlung sehr hilfreich. Kornberger berichtete anlässlich der 11. Internationalen Bergrettungsärztetagung in Österreich [43] über die Problematik der Temperaturmessung auf dem Unfallplatz. In der vorliegenden Arbeit wurde nur in 10 Fällen die Temperatur bereits auf dem Unfallplatz gemessen, meistens wurde der Befund der Unterkühlung rein klinisch gestellt. Nur von einem geringen Prozentsatz (45%) wurde die Aussage einer Unterkühlung gemacht. Weniger als ein Drittel (28%) der Patienten, die klinisch nicht als unterkühlt betrachtet wurden, verstarben an den Folgen des Lawinenniedergangs. Die Temperaturmessung wäre hilfreich, doch ist der klinischen Beurteilung ebenfalls eine grosse Wichtigkeit beizumessen.

Der Kaliumwert wird in der Literatur als wichtiger prognostischer Faktor angesehen [8, 13, 44, 45, 47, 56], insbesondere Werte über 10 mmol / l werden als Todesindiz angesehen. Dieser Wert konnte in dieser Arbeit durch die grosse Streuung der Standardabweichung weder bestätigt noch verworfen werden.

Die Problematik des Bergungstodes wurde hier nicht erfasst. In der Literatur wird von verschiedenen Autoren auf die grosse Wichtigkeit dieser Rettungsfolge hingewiesen [13-15, 35, 55, 57, 59]. Dieser schwerwiegenden Komplikation muss bei der Rettung

von Lawinenopfern unbedingt Rechnung getragen werden. Bei der Bergung darf das Opfer nur im geringstmöglichen Umfang bewegt werden.

Die grösste Diskrepanz im Vergleich zu den bereits publizierten Arbeiten zeigt sich bei den Todesursachen. Viele Arbeiten erachten den Erstickungstod als die häufigste Ursache bei Lawinenopfern [13-15, 35, 45, 54, 59, 60, 62]. Zudem wird die Hypothermie als weitere entscheidende Todesursache erachtet [13-15, 45, 47, 54-56, 59]. Das Trauma als direkte Todesursache wird mit 10 - 20% angegeben [15, 21, 45, 54, 55, 62]. Die Arbeiten von Brugger [15], Locher [45] und Dorn [21] stützen sich ebenfalls nur ausschliesslich auf die Daten des Alpenraumes. Keine dieser Arbeiten erfasste die Lawinenunfälle prospektiv und stützte sich mehrheitlich auf Datenmaterial des Lawineninstitutes Weissfluhjoch, in denen die natürlichen Umstände eines Lawinniederganges dokumentiert werden. Die medizinischen Daten waren meist gar nicht oder nur unvollständig erfasst.

Die Beobachtungen von Rostrup [54, 55] stammen aus Norwegen und Tough [1, 62] berichtet über die Daten aus Canada. Bei den drei letztgenannten Untersuchungen können die unterschiedlichen Steilheiten sowie Bodenbeschaffenheiten in diesen Bergregionen einen entscheidenden Einfluss auf die andere Gewichtung der Todesursachen haben.

In den alpinen Regionen - mit vielen felsigen Hängen und bewaldeten Zonen - sind die traumatologischen Folgen als Todesursache wesentlich häufiger als bisher berichtet. Sie sind ungefähr gleich häufig wie die Folgen einer Asphyxie und machen somit zusammen fast 90% aller Todesursachen aus. Bei der Asphyxie als Todesursache könnte zusätzlich noch unterschieden werden zwischen einem Erstickungstod als Folge der Verlegung der Luftwege und einer fatalen mechanischen Behinderung. Diese Unterscheidungen wurden insbesondere in den Autopsieberichten der Gerichtsmedizin St. Gallen im Fall "Säntis" gemacht (wo vier junge Alpinisten ihr Leben verloren). Diese Unterscheidung unterstreicht lediglich die Wichtigkeit des Traumas als Todesursache bei Lawinenopfern. Therapeutisch gesehen bringt diese Differenzierung weniger - weist lediglich auf die Voraussetzung für die Gefahren des Bergungstodes hin.

5.3 Beantwortung der Nebenfragen

In Bezug auf die demografischen Daten von Lawinenopfern ist nur sehr wenig publiziert worden. Die Verteilung von Frauen zu Männern konnte in dieser prospektiven Kohortenstudie erfasst werden. Die Relation beider Geschlechter an den erfassten Lawinenopfern, die einer medizinischen Hilfe bedurften, entspricht der Verteilung von Tourengängern und Variantenfahrern. Hingegen starben signifikant mehr Männer bei einem Lawinenunfall. Diese höhere Sterberate muss wohl primär der höheren Risikobereitschaft zugeschrieben werden.

Das Alter spielt in Bezug auf die Überlebenschance ebenfalls eine Rolle: Verstorbene Tourenfahrer sind durchschnittlich drei Jahre jünger als ihre überlebenden Sportkollegen. Markant ist der Unterschied zwischen den Touren- und den Variantenfahrern: Variantenfahrer sind im Mittel neun Jahre jünger. In Bezug auf die Sterbe- / Überlebenswahrscheinlichkeit konnten in dieser Gruppe keine Unterschiede festgestellt werden. Aber dennoch kann - bei den Tourenfahrern - wiederum gefolgert werden, dass jüngere Sportler ein höheres Risiko eingehen.

Die Herkunft der Wintersportler - ob in der Schweiz oder im Ausland wohnhaft - hat auf das Sterberisiko unerwarteterweise keinen signifikanten Einfluss. Der Heimvorteil - Kenntnis der Witterungs- und Schneebedingungen, grössere Erfahrung - kommt damit nicht so zum Tragen, wie Munter [50] in seinem Werk vermutete.

Einen wesentlichen Einfluss auf das Überleben nach einer Verschüttung hat die Bergungszeit. Umso schneller ein Opfer aus den Schneemassen befreit werden kann, desto schneller sind Erste-Hilfe-Massnahmen möglich. In der vorliegenden Arbeit wurden vornehmlich Personen erfasst, die von Schneemassen ganz- oder zu mindest teilverschüttet (80% des Gesamtkollektivs) wurden. Durchschnittlich wurde der Kopf der Ganzverschütteten in 1.2 m gefunden. Bis zu einem halben Meter unter der Schneeoberfläche konnte keine signifikante Erhöhung des Sterberisikos festgestellt werden, erst bei einem Meter veränderte sich dieser Wert markant. Die Suche - mit den Lawinenverschüttungsgeräten oder aber auch mit anderen Suchmitteln (Sondierstangen oder Lawinenhund) - wird mit zunehmender Tiefe schwieriger.

In dieser Fünf-Jahresuntersuchung wurden nur von 30% aller Beteiligten ein Lawinenverschüttungsgerät getragen, wobei fast alle Geräte von Tourengängern verwendet wurden (knapp 90%), doch trugen nur 59% aller Tourenfahrer dieses elektronische Ortungsgerät. Der hohe Anteil (3/4) an verstorbenen Tourengängern, die mit einem Suchgerät ausgerüstet waren, erstaunt sehr. Die detaillierte Betrachtung aller verstorbenen Tourenfahrer mit einem Ortungsgerät zeigt dieselbe Verteilung auf die Todesursachen wie das gesamte Kollektiv, womit eine zufällige ungünstige Zuordnung in diese Gruppe nicht zu verzeichnen ist. Die Gründe, die zu diesem äusserst schlechten Abschneiden beitragen, sind hier reine Vermutungen und bedingen eine weitere Analyse: wird die Handhabung von Ortungsgeräten zu wenig geübt? Ist die sachgerechte Bedienung von Ortungsgeräten in diesen extremen Stresssituationen zu schwierig?

In Bezug auf den Lawinenairbag kann nach dieser Untersuchung keine klare Aussage gemacht werden. Nur gerade bei zwei Unfällen sind drei Systeme zum Einsatz gekommen, die alle vorschriftsgemäss ausgelöst werden konnten. Bei diesen beiden Unfällen waren sechs Personen beteiligt, die alle relativ leichte Verletzungen erlitten. Dabei erlitten die drei Beteiligten mit Airbag in derselben Lawine etwas leichtere Verletzungen als diejenigen ohne dieses neue System. Ob der Lawinenairbag eine gute Ergänzung ist, muss weiter untersucht werden [7, 13, 64-66] und kann aus diesen Daten nicht gefolgert werden.

Opfer, die ganz von den Schneemassen verschüttet wurden, starben wesentlich häufiger an einer Asphyxie. Auffallend ist die hohe Anzahl "Nicht-Verschütteter" oder "Teilverschütteter", die an den Folgen ihres Traumas verstarben (44% aller traumatologischen Opfer). Bis zu einem gewissen Grad kann wohl der Schnee auch als Schutz vor Felsen und Bäumen bezeichnet werden.

Die Zeitkurve von Brugger [15] konnte in unseren Beobachtungen bestätigt werden. Generell gesehen sind 70 Minuten nach dem Ereignis ein sehr entscheidender Zeitpunkt: in den ersten 70 Minuten sterben signifikant weniger Verunfallte als danach. Ohne Frage muss ein Lawinenopfer so rasch als möglich befreit werden.

Die Alarmierungszeit - Zeit zwischen dem Lawinenniedergang und der Alarmierung - ist ein Zeitabschnitt innerhalb der Bergungszeit. Diesem Zeitabschnitt wurde bisher wenig Beachtung geschenkt. Dennoch geht aus der Studie hervor, dass eine rasche Alarmierung einen wesentlichen Einfluss auf die Überlebenschancen hat. Kann der Alarm innerhalb der ersten 15 Minuten erfolgen, überleben signifikant mehr Verschüttete. Mit dieser kurzen Alarmierungszeit wird auch die Zeit bis zum Eintreffen einer raschen zusätzlich professionellen Hilfe wesentlich verkürzt. Dies wiederum hat auf die Bergungszeit einen entscheidenden Einfluss.

Diese kurze Alarmierungszeit bedingt eine technische Alarmierung (im Mittel 17 Minuten), da Meldeläufer im Schnitt 14 Minuten länger brauchen. Bei den technischen Alarmierungsgeräten ist der Funk dem Natel deutlich vorzuziehen. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass das Natelnetz im Alpenraum sehr schlecht ausgebaut ist. Funkgeräte haben einen deutlich weiteren Funktionsradius, sind aber nicht überall einsetzbar. Das gute Abschneiden des Funks mag zwei Gründe haben: Die Zeit kann - Funkempfang vorausgesetzt - markant gesenkt werden und die gesamte Anzahl an Kameraden kann bei der Suche behilflich sein, da kein Meldeläufer benötigt wird.

Der Zeitraum zwischen Bergung und Einlieferung spielte eine eher untergeordnete Rolle: Der Unterschied zwischen den Opfern, die verstarben, und denjenigen, die den Unfall überlebten und in ein Spital eingeliefert wurden, betrug lediglich 10 Minuten und war damit nicht signifikant kürzer oder länger.

Durchschnittlich liegen die Unfallzeitpunkte deutlich nach der Mittagszeit - gegen 13.30 Uhr. Dabei unterscheiden sich die beiden Subgruppen der Touren- und Variantenfahrer in Bezug auf die Überlebenschancen deutlich. Die Variantenfahrer, die überleben, verunfallen gegen 12.30 Uhr. Gut zwei Stunden später - in der grössten Mittagswärme und grössten Sonneneinstrahlung - gehen die Lawinen mit Variantenfahrern nieder, die den Unfall nicht überleben. Bei den Tourenfahrern kann kein Unterschied ausgemacht werden. Die fatalen Lawinen gleiten jeweils gegen 13.45 Uhr ab. Weder die Gruppe der Tourenfahrer noch die Gruppe der Variantenfahrer halten sich somit an die wichtige Empfehlung, das Fahren abseits der Piste nach der Mittagszeit zu meiden - insbesondere bei frühlingshaften Temperaturen. Die Gründe für die nachmittägliche Zunahme der Lawinenabgänge insbesondere im Hochwinter (kalte Temperatur und trockene Schneedecke) kann bis anhin physikalisch nicht schlüssig beantwortet werden.

Über die gesamte Winterzeit gesehen, sterben in den beiden ersten Wintermonaten signifikant mehr Menschen als in den beiden letzten Monaten. Zudem ist auffällig, dass diese Relation (Überlebende : Verstorbenen) anfangs Winter am höchsten ist und gegen Ende des Winter stetig absinkt. Zu Beginn des Winters besteht wohl eher eine erhöhte Risikobereitschaft und dazu kommt eine über die Sommermonate abgenommene Sensibilisierung. Gleichzeitig ist anfangs Winter der Schneedeckenaufbau oft noch instabiler. Zudem besteht bei einigen Tourengängern und Variantenfahrern noch immer die irriige Meinung, dass eine dünne Schneedecke nur eine geringe Lawinengefahr bedeutet.

6. Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Diese Fünf-Jahres-Kohortenstudie erbrachte neue Erkenntnisse insbesondere in Bezug auf das Verletzungsmuster und die Todesursachen. In diesem Zusammenhang müssen auch die Fragen der Lawinenrettung und der damit verbundenen Triage überdacht werden [13]. Dabei muss den traumatologischen Folgen des Lawinenunfalls stärker Rechnung getragen werden. Die Rettenden müssen noch spezifischer auf deren Früherkennung und Komplikationsmöglichkeiten hingewiesen und ausgebildet werden. Damit sollen die Erkenntnisse dieser Studie in die Weiterbildung der verschiedenen Rettungsbeteiligten wie auch der Sportler selber einfließen.

Im Bereich der Informationskampagne - für Variantenfahrer wie auch für Tourenfahrer - muss weiterhin und verstärkt auf das Tragen von Lawinenverschüttungsgeräten und den weiteren Hilfsmitteln (Lawinenschaufel) hingewiesen werden. Zusätzlich ist das Üben mit dem LVS unabdingbar. Insbesondere bei Skitouren sollte ein Funkgerät zur schnellen Alarmierung von allen Teilnehmern getragen werden und muss von diesen auch bedient werden können. Zudem muss die Wichtigkeit der rechtzeitigen Rückkehr - vor der Mittagszeit - dem Touren- und Variantenfahren bewusst sein.

Weitere Hilfsmittel wie der Lawinenairbag oder diagnostische Hilfsmittel zur Bestimmung der Temperatur und des Kaliumwertes auf dem Lawinenkegel können in dieser Untersuchung in Folge zu geringer Zahlen nicht bewertet werden. Inwiefern gerade die beiden letzteren Geräte einen Nutzen – vor Ort – ergeben würde, ist zudem fraglich.

Damit weitere Fortschritte in der schnellen Rettung sowie der fachgerechten Bergung bis hin zur adäquaten Ersten-Hilfe gemacht werden können, sollten die medizinischen Daten der Lawinenopfer in vereinfachter Form und einigen sprachlichen Präzisierungen im Rahmen der bis anhin üblichen Erfassung aller Lawinen durch das Eidgenössische Institut für Schnee- und Lawinenforschung - unter Berücksichtigung des Datenschutzes - erfolgen. Die Auswertung dieser Daten soll durch eine unabhängige medizinische Stelle durchgeführt werden.

7. Literaturverzeichnis

1. Trends and Patterns in Avalanche Accidents. From Avalanche Accidents in Canada 1984-1996;4.
2. DIN-EN 282 Lawinenverschüttetensuchgeräte: Deutsches Institut für Normung e.V.; 1989.
3. ÖNORM S 4120 Lawinenverschüttetensuchgeräte: Österr. Normungsinstitut; 1990.
4. Schweres Lawinenunglück in China. Neue Zürcher Zeitung 1994;4.
5. 183 Lawinenopfer in Kaschmir geborgen. Neue Zürcher Zeitung 1995;11.
6. Althaus U, Clerc L, Aeberhard P, Mühlemann W. [Treatment of profound accidental hypothermia with circulatory arrest (author's transl)]. Schweiz Rundsch Med Prax 1978;67(51):1919-1924.
7. Ammann W. SLF-Versuche mit dem Lawinenballon. In: Sicherheit im Bergland, Österreichisches Kuratorium für alpine Sicherheit. Innsbruck; 1995. p. 182-187.
8. Auerbach PS. Some people are dead when they're cold and dead [editorial; comment]. Jama 1990;264(14):1856-1857.
9. Barbareschi M, Dalla Palma P, Doglioni C. [Guideline, quality and state of the art in pathological anatomy: an avalanche of studies for improvement and better knowledge]. Pathologica 1997;89(3):323-325.
10. Berghold F, Seidl AM. [Snowboarding accidents in the Alps. Assessment of risk, analysis of the accidents and injury profile]. Schweiz Z Sportmed 1991;39(1):13-20.
11. Braun PH. Probleme der ersten Hilfe beim Lawinenunfall. Kantonsspital Zürich: Juris Druck und Verlag; 1976.
12. Brugger H. Der Lawinen-Airbag: Rettung durch Auftrieb. In: Sicherheit im Bergland, Jahrbuch '95, Österreichisches Kuratorium für alpine Sicherheit. Innsbruck; 1995. p. 187-191.
13. Brugger H, Durrer B, Adler-Kastner L. On-site triage of avalanche victims with asystole by the emergency doctor. Resuscitation 1996;31(1):11-16.
14. Brugger H, Falk M. [New perspectives of avalanche disasters. Phase classification using pathophysiologic considerations]. Wien Klin Wochenschr 1992;104(6):167-173.
15. Brugger H, Falk M, Adler-Kastner L. [Avalanche emergency. New aspects of the pathophysiology and therapy of buried avalanche victims]. Wien Klin Wochenschr 1997;109(5):145-159.
16. Brugger H, Falk M, Buser O, Tschirky F. Das Lawinenverschütteten-Suchgerät, Bilanz und Perspektive. Der Notarzt 1997;13:143-146.
17. Bruns W. Security and survival: the avalanche balloon system for back country operations: Canadian Avalanche Centre Revelstoke BC; 1993.
18. Burtscher M. Avalanche survival chances [letter; comment]. Nature 1994;371(6497):482.
19. Coe JI. Postmortem chemistry of blood, cerebrospinal fluid, and vitreous humor. In: Tedeschi CG, Eckert WG, Tedeschi LG, editors. A study in trauma and environmental hazards. Philadelphia: Forensic Medicine; 1977. p. 1042-1043.
20. Danzl DF, Pozos RS. Accidental hypothermia [see comments]. N Engl J Med 1994;331(26):1756-1760.
21. Dorn W, Matter P. [Case reports of Davos avalanche accidents 1972/73-1987/88]. Z Unfallchir Versicherungsmed 1993;Suppl 1:255-261.

22. Durrer B. Richtlinien für die Behandlung der allgemein Unterkühlung und der lokalen Kälteschäden. *Die Alpen* 1999;2:13.
23. Durrer B, Bernoulli L, Dubas F, Locher T, Moeschler O, Schmid ER, et al. Richtlinien für die Behandlung der allgemeinen Unterkühlung (akzidentelle Hypothermie) und der lokalen Kälteschäden (Erfrierungen): Interverband für Rettungswesen IVR; 1998.
24. Durrer B, Brugger H. Akzidentelle Hypothermie im Gebirge. Möglichkeiten und Grenzen der ärztlichen Erstversorgung. Notfallmedizinische Massnahmen bei der Lawinenverschüttung in Abhängigkeit von der Verschüttungsdauer. Lawinenverschüttete mit Asystolie, Triage durch den Notfallarzt. Referate 13. Internationale Bergrettungstagung, Innsbruck 1993.
25. Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung WD. Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen, Winter 1991/92. Annual Report. Davos Platz, Switzerland: Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Weissfluhjoch / Davos; 1993. Report No.: 56.
26. Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung WD. Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen, Winter 1992/93. Annual Report. Davos Platz, Switzerland: Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Weissfluhjoch / Davos; 1994. Report No.: 57.
27. Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung WD. Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen, Winter 1993/94. Annual Report. Davos Platz, Switzerland: Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Weissfluhjoch / Davos; 1995. Report No.: 58.
28. Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung WD. Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen, Winter 1994/95. Annual Report. Davos Platz, Switzerland: Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Weissfluhjoch / Davos; 1996. Report No.: 59.
29. Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung WD. Schnee und Lawinen in den Schweizer Alpen, Winter 1995/96. Annual Report, Sonderdruck. Davos Platz, Switzerland: Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Weissfluhjoch / Davos; 1997. Report No.: 60.
30. Eliakis E. [Violent death by avalanche. Medico-legal summary]. *Med Leg Dommage Corpor* 1974;7(1):83-87.
31. Ennemoser O, Balogh D, Ambach W, Flora G. Tympanonthermometer zur Messung der Körperkerntemperatur. *ThermoMed* 1991;7:63-65.
32. Etschmaier A. Analyse und Vergleich von Verfahren und Geräten zur elektronischen Ortung Lawinenverschütteter. Graz: Graz; 1969.
33. Falk M, Brugger H, Adler-Kastner L. Avalanche survival chances [letter] [see comments]. *Nature* 1994;368(6466):21.
34. Föhn P, Etter HJ. Verbessert das Kameraden-VS-Gerät die Überlebenschance? Bericht des Eidg. Instituts für Schnee- und Lawinenkunde. Davos: Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenkunde; 1985.
35. Fredenhagen H. [Death in an avalanche]. *Z Unfallchir Versicherungsmed* 1990;83(3):172-173.
36. Furrer M, Erhart S, Frutiger A, Bereiter H, Leutenegger A, R'uedi T. Severe skiing injuries: a retrospective analysis of 361 patients including mechanism of trauma, severity of injury, and mortality. *J Trauma* 1995;39(4):737-741.
37. Giddings P. Survival after burial by avalanche [letter]. *Med J Aust* 1990;153(3):172.

38. Gregory RT, JF P. Treatment after exposure to cold. *Lancet* 1972;377.
39. Grossman MD, Saffle JR, Thomas F, Tremper B. Avalanche Trauma. *J. Trauma* 1989;29/12:1705-1709.
40. Güler I. Snow avalanche disaster of winter 1992 in southeastern Anatolia, Turkey. In: Bundesversuchsanstalt F, editor. *Lawinenbericht 1991/92*. Wien; 1993.
41. Hauthy MG, Esrig BC, Hill JG, Long WB. Prognostic factors in severe accidental hypothermia. Experience from the Mt. Hood tragedy. *J. Trauma* 1987;27(10):1107-1111.
42. Känzig A. Lawinen - Der weisse Tod. In: <http://www.txt.ch/planetsport/aroundsport/aktuell/aktuell.html> ed: Swisstxt; 1999.
43. Kornberger E, Posch G, Koller J. Die Wertigkeit der Körperkerntemperaturmessung beim Lawinenunfall und ihre technischen Probleme. In: 11. Internationale Bergrettungsärztetagung; 1989; Innsbruck; 1989. p. 83-88.
44. Locher T, Walpoth B, Pfluger D, Althaus U. [Accidental hypothermia in Switzerland (1980-1987)--case reports and prognostic factors]. *Schweiz Med Wochenschr* 1991;121(27-28):1020-1028.
45. Locher T, Walpoth BH. [Differential diagnosis of circulatory failure in hypothermic avalanche victims: retrospective analysis of 32 avalanche accidents]. *Schweiz Rundsch Med Prax* 1996;85(41):1275-1282.
46. Lugger L, Unterdorfer H. Obduktionsergebnisse bei Lawinenverunfallten. *Ärztliche Praxis* 1972;24:28-31.
47. Mair P, Kornberger E, Furtwaengler W, Balogh D, Antretter H. Prognostic markers in patients with severe accidental hypothermia and cardiocirculatory arrest [see comments]. *Resuscitation* 1994;27(1):47-54.
48. Markwalder K. Medizinische Aspekte bei Lawinenunfällen. 66 Fälle aus den Schweizer Alpen von 1958 bis 1967. City-Druck 1969.
49. Matz R. Hypothermia: mechanisms and countermeasures. *Hosp Pract (Off Ed)* 1986;21(1A):45-48,.
50. Munter W. 3 x 3 Lawinen, Entscheiden in kritischen Situationen. Garmisch Patenkirchen: Agentur Pohl und Schellhammer; 1999.
51. Norman GR, Streiner DL. *PDQ Statistics*. 2nd ed. McMaster University, Hamilton - Ontario (Canada): Mosby; 1997.
52. Reuler JB. Hypothermia: pathophysiology, clinical settings, and management. *Ann Intern Med* 1978;89(4):519-527.
53. Roggero E, Stricker H, Biegger P. [Severe accidental hypothermia with cardiopulmonary arrest: prolonged resuscitation without extracorporeal circulation]. *Schweiz Med Wochenschr* 1992;122(5):161-164.
54. Rostrup M, Gilbert M. [Avalanche accidents]. *Tidsskr Nor Laegeforen* 1993;113(9):1100-1102.
55. Rostrup M, Gilbert M, Stalsberg H. [A snow avalanche in Vassdalen. Medical experiences]. *Tidsskr Nor Laegeforen* 1989;109(7-8):807-813.
56. Schaller MD, Fischer AP, Perret CH. Hyperkalemia. A prognostic factor during acute severe hypothermia [see comments]. *Jama* 1990;264(14):1842-1845.
57. Schmid F. [The pathogenesis of pulmonary edema after being buried by an avalanche]. *Schweiz Med Wochenschr* 1981;111(39):1441-1445.
58. Sessler DI, Moayeri A. Skin-surface warming: heat flux and central temperature. *Anesthesiology* 1990;73(2):218-224.

59. Shephard RJ. Asphyxial death of a young skier. *J Sports Med Phys Fitness* 1996;36(3):223-227.
60. Stalsberg H, Albretsen C, Gilbert M, Kearney M, Moestue E, Nordrum I, et al. Mechanism of death in avalanche victims. *Virchows Arch A Pathol Anat Histopathol* 1989;414(5):415-422.
61. Streiner DL, Norman GR. *PDQ Epidemiology*. 2nd ed. McMaster University, Hamilton - Ontario (Canada): Mosby; 1996.
62. Tough SC, Butt JC. A review of 19 fatal injuries associated with backcountry skiing. *Am J Forensic Med Pathol* 1993;14(1):17-21.
63. Tschirky F. Lawinenstatistik der Schweiz 1985 – 1998. *Die Alpen* 1998(12).
64. Tschirky F. Sinnvolle Verwendung des ABS Lawinenairbags für den Heliski Betrieb. Davos Dorf, Switzerland: Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung; 1998 19.5.1998.
65. Tschirky F, Kern M. Stellungnahme zum Funktionsprinzip des dualen ABS – Airbagsystem. Davos Platz, Switzerland: Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung; 1997 1.10.1997.
66. Tschirky F, Meister R, Ammann W, Buser O. Untersuchungen über die Wirkung des Lawinenballons. Davos: Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung; 1995 23.6.1995. Report No.: Interner Bericht Nr. 686.
67. van Dierendock B. Noch Mängel bei den Suchgeräten
Test der neusten Produkte unbefriedigend. *SonntagsZeitung* 1998 13. Dezember 1998.
68. vba. Noch kein optimales Lawinenverschütteten-Suchgerät. *Davoser Zeitung* 1999 26.1.99;Sect. 5.
69. von Segesser LK, Garcia E, Turina M. Perfusion without systemic heparinization for rewarming in accidental hypothermia. *Ann Thorac Surg* 1991;52(3):560-561.
70. Walpoth BH, Galdikas J, Leupi F, Muehleemann W, Schlaepfer P, Althaus U. Assessment of hypothermia with a new "tympanic" thermometer. *J Clin Monit* 1994;10(2):91-96.
71. Walpoth BH, Locher T, Leupi F, Sch'upbach P, M'uhleemann W, Althaus U. Accidental deep hypothermia with cardiopulmonary arrest: extracorporeal blood rewarming in 11 patients. *Eur J Cardiothorac Surg* 1990;4(7):390-393.
72. Walpoth BH, Walpoth-Aslan BN, M'uhleman W. Accidental or induced deep hypothermia and cardiopulmonary arrest - late outcome of brain function. *Intensive Care Med.* 1994;20:147.

8. Anhang

Forschungs- und Informationsgemeinschaft für Lawinenunfälle:

Schweizerisches Lawinenunfallprotokoll für Ärzte – Allgemeiner Teil

Schweizerisches Lawinenunfallprotokoll für Ärzte – Teil 1

Schweizerisches Lawinenunfallprotokoll für Ärzte – Teil 2

SLF
ENA
SNV
PNL



Schweizerisches Lawinenunfallprotokoll

Allgemeiner Protokollteil

Lawinenunfall

Ort [redacted]

Datum [redacted]

Protokollnummer [redacted]

Region [redacted]

Personalien

Name [redacted]

Vorname [redacted]

Geschlecht m w

Geb.datum [redacted]

Strasse [redacted]

Land [redacted]

PLZ [redacted]

Ort [redacted]

Telephon [redacted]

Beruf [redacted]

verstorben

verstorben überlebt

Todesursache_
Einteilung

- Asphyxie
- Polytrauma
- HWS-Fraktur
- SHT
- Hypothermie
- keine klare Antwort
- nicht gefunden



Schweizerisches Lawinenunfallprotokoll Teil 1

Lawinenunfall

Ort

Protokollnummer

Datum

Personalien

Name

Vorname

Präzisierung des Unfallortes

Ort

Region

Koordinaten

Zeitablauf

Format: 23:15

Unfall

Alarm

Bergung

Einlieferung
Spital oder
Praxiseintritt

Tod

Aktivität

- Skifahrer Wanderer Langlauf im Gebäude
 Snowboarder Bergsteiger im Transportmittel

- Pistenfahrer Variantenfahrer Tourenfahrer

Verschüttung vollständig unvollständig nicht verschüttet

Tiefe des Kopfes

weitere Verschüttete ja nein Anzahl

Alarmierung durch ...

- Kameraden unbeteiligte Person Sonstiges...

Alarmierungsart

- Meldeläufer Funk Sonstiges...



Schweizerisches Lawinenunfallprotokoll Teil 1

- Bergung durch**
- Selbstbefreiung
 - Kamaradenhilfe
 - Pistendienst
 - Rettungskolonnen
 - REGA
 - Militärdienst
 - Sonstiges...

**Welcher
Welche**

- Ortungsmittel**
- LVS - Typ Barryvox
 - anderes LVS
 - Lawinenhunde
 - Sondierungsstangen
 - Sonstiges...

Welches

Atemhöhle ja nein

- Ansprechbarkeit**
- wach/orientiert
 - wach/verwirrt
 - schläfrig/weckbar
 - komatös/auf Schmerzreiz reagierend
 - komatös/reaktionslos

Atmung ja nein

Puls ja nein

Pupillenreaktion **re** ja nein **li** ja nein

Befund re

Befund li

Unterkühlung ja nein

Wie festgestellt

Verletzungen ja nein

Welche

**Erste Hilfe
Massnahmen**

Transport

- behelfsmässig
- Rettungsschlitten
- Pistenfahrzeug
- Ambulanz
- Helikopter

Wie?

SLF
ENA
SNV
PNL



Schweizerisches Lawinenunfallprotokoll Teil 1

Dauer

**.... in Spital/
Praxis**

Name/Vorname

Strasse

Ort

Tel

Datum

SLF
ENA
SNV
PNL



Schweizerisches Lawinenunfallprotokoll Teil 2

Lawinenunfall

Ort

Protokollnummer

Datum

Personalien

Name

Vorname

Verlegung nach

von

GCS

Ansprechbarkeit

- wach/orientiert
- wach/verwirrt
- schläfrig/weckbar
- komatös/auf Schmerzreiz reagierend
- komatös/reaktionslos

Atmung spontan

- ja
- nein

beatmet

- Mund-Nase
- Maske
- intubiert

Puls peripher

- ja
- nein

reg

- regelmässig
- unregelmässig

Frequenz

Blutdruck

- ja
- nein

Syst/Diast

Herzmassage

- ja
- nein

Herzaktion

- regelmässig
- unregelmässig
- Kammerflattern
- Kammerflimmern
- Asystolie

Rhythmusstörungen

Muskelzittern

- ja
- nein

Temperatur

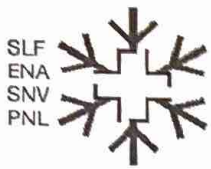
axillär

rektal

oesophageal

epitympnal

**zentrale
Körpertemp
bei Tod**



Schweizerisches Lawinenunfallprotokoll Teil 2

Verletzungen

- Schädelhirntrauma
 - Thoraxverletzungen
 - Rückenverletzungen
 - Abdominalverletzungen
 - Extremitätenverletzungen
 - Sonstiges...
- ↘
- Pneumothorax
 - Rippenfrakturen
 - Sonstiges...
- ↘
- Frakturen
 - Luxationen
 - Kontusionen
 - Weichteilverletzungen
 - Sonstiges...

Genauere Diagnose

Zeitablauf

Einlieferung Spital oder Praxiseintritt

Sauerstoff Zufuhr

ja nein

Intubation

ja nein

Beatmung

ja nein

↘ Beutel maschinell

Atemmin. Vol.  **Frequenz** 

Herzmassage

ja nein

extern offen

Defibrillation

ja nein

Medikamente

ja nein

↘ 



Schweizerisches Lawinenunfallprotokoll Teil 2

Wärmezufuhr

ja nein

extern
 intern



Wärmestrahler
 Wärmematratze

warme Tücher
 Sonstiges...



erwärmte Atemgase
 erwärmte Infusionen
 warme Peritonealspülungen

Herz-Lungen-Maschine
 Sonstiges...

Blutsperrre

OE

re
 li

Dauer

UE

re
 li

Operationen

Laborbefunde: siehe Spezialdatenbank

Urinstatus

ja nein

**Patholog.
Urinbefunde**

Dauer Hospitalisation

davon IPS Tage

Während der Hospitalisation verstorben

ja nein



**Todes Datum
Todesursache**

Autopsie

ja nein



Autopsie wo

Gesundheits- zustand bei Entlassung

SLF
ENA
SNV
PNL



Schweizerisches Lawinenunfallprotokoll Teil 2

Ausfüllender Arzt

Name/Vorname

Strasse

PLZ/Ort

Tel

Datum

Beilagen

Austrittsbericht Operationsberich(e) Autopsiebefund

9. Dank

Frau Ursula Loeliger, Sekretärin von Prof. Matter danke ich für ihre akribische Arbeit während der gesamten Dauer der Studie, ohne diese wäre eine solch komplette Datensammlung undenkbar gewesen. Bei der Datenerfassung half Claudio Canova tatkräftig mit. Bei der statischen Auswertung waren Herr Dominik Pfluger und Walter Ziegler, AO Clinical Investigation and Documentation behilflich. Für das kritische Durchlesen danke ich Frau Helgard Oplatka ganz herzlich, mit ihrer Distanz zum Text wurden einige Ungereimtheiten aufgedeckt.

Ganz wesentlichen Anteil am Gelingen dieser Arbeit haben die Mitarbeiter unter der Leitung von Frank Tschirky des Eidgenössischen Lawineninstitutes Weissfluhjoch Davos (Leitung Dr. Walter Ammann). Angefangen bei der fortlaufenden Meldung aller Unfälle, Weiterleitung der Protokolle, Auffinden von unvollständigen Datensätzen, bis hin zur kritischen Durchsicht der Manuskripte. Ich hoffe sehr, dass diese wertvolle und fruchtbare multidisziplinäre Zusammenarbeit weitergeht.