Heinz Slupetzky, 66, Univ. Prof. Dr., Geograph und Glaziologe, Gerichtssachverständiger, 1. Vorsitzender der ÖeAV-Sektion Salzburg Bergheim.

tod in der eiskapelle

Analyse eines tödlichen Eisklettерunfalles

von Heinz Slupetzky

Kurz vor Weihnachten 2006 ereignete sich in der Gemeinde Hintersee (Land Salzburg) in der Osterhorngruppe ein tödlicher Unfall beim Eisklettern. Durch die große Bekanntheit des Verunglückten und die tragischen Begleitumstände erlangte das Ereignis große Aufmerksamkeit in den Medien und somit in der Öffentlichkeit. Die nachfolgende Diskussion nach dem "Warum?" war unausweichlich. Umso mehr, als es sich um keinen "gewöhnlichen" Unfall beim Erklettern eines gefrorenen Wasserfalles oder beim Eisklettern am Gletscher handelte, sondern um ein Unglück an einem Lawinenkegel, der den Sommer überdauert hatte.

Literatur
W.S.B. Paterson: The Physics of Glaciers, 1994
H. Slupetzky: Die "Eiskapelle" im Griesbachgraben. Salzburger Geogr. Materalien H 28, 1998
Fotos: H. Slupetzky (4), G. Bluhm, G. Ehgartner, EGEO, BMI-Alpindienst

Unfallort

Am 20. Dezember 2006 trainierten drei Eisklettererer an einer jener "Eiswände" von Lawinenkegeln, die insgesamt als "Eiskapelle im Griesbachgraben" bezeichnet werden. Sie haben eine Länge bis zu 350 m, umfassen mehrere Lawinenkegel und liegen in einer Seehöhe von 800 m. Die Lawinenreste sind im Herbst durch Tunnel unterhöhlt. Je nach Situation und jährlichen Verhältnissen sind von geschlossenen Tunnelröhren über "Torbögen" bis zu senkrechten Wänden und Überhängen mit mehreren Metern (bis ca. 10 m Höhe) alle Formen vorhanden. An einer solchen Wand von ca. 30 m Länge, die sich an der Seite eines Lawinenkegels den Hang hinaufzog und die 3 bis 5 m hoch war, wurde "gebouldert", das heißt, ohne Seilsicherung geklettert. Die Wand war senkrecht bis ca. 2 m (max. 3-4 m) überhängend. Im Mittelteil war noch ein Eisbogen als Rest eines früher längeren Tunnels vorhanden, der sich auf der anderen Seite abstützte.

Unfallhergang

Die Eisklettererer kletterten ca. 2 Stunden mehrmals vom unteren Ende der "Eiswand" hintereinander in Bodennähe entlang der Wand. Beim letzten Mal, als sie das obere Ende der "Eiswand" erreichten, war Kletterer 1 gerade um die Ecke zur bergwärtigen Wand der "Randkluft" (mit 3,5 m Höhe) gestiegen, um auf die Oberfläche des Lawinenkegels hinauszusteigen. Harald B. befand sich noch im Überhang der "Eiswand" nahe dem Eck und der Kletterer 2 seitlich unterhalb (siehe Zeichnungen a bis d). In diesem Augenblick erfolgte der Bruch. Ein größerer Eisblock löste sich und begrub Harald B., der dabei tödliche Verletzungen erlitt. Kletterer 1 konnte bergwärts wegspringen, Kletterer 2

wurde verschüttet, kam aber in einem Hohlraum der verkeilten Eisblöcke zu liegen und konnte sich befreien. Der "Initialbruch" löste ein blitzartiges Abbrechen der gesamten Eiswand bis zum talwärtigen Ende aus. Das Unglück ereignete sich kurz nach 14 Uhr.

Die Entstehung der "Eiskapelle"

Es sei vorausgeschickt, dass die Möglichkeit für ein Training zum Eisklettern im Griesbachgraben nur in manchen Jahren gegeben ist, da erst in den vergangenen Jahren wieder größere Reste des winterlichen Lawinenschnees den Sommer überdauert haben. Aber wie entstehen die "Eiskapellen"?
Beim Wieserhörndl (1.568 m) in den Salzburger Kalkvoralpen bilden sich am Fuß der ostexponierten Steilwand fast jeden Winter Lawinenkegel in einer Seehöhe von 800 bis 860 m. Der Schnee aus den Lawinenbahnen der Felswand türmt sich deshalb so hoch auf, weil ein 40 bis 60 m hoher Moränen- und Schutthügel unmittelbar am Wandfuß einen Gegenhang bildet und das großflächige Ausbreiten der Lawinen verhindert. Im Mai kann bis zu 30 m Lawinenschnee aufgehäuft sein! Die topographisch tiefe Lage in dem schattigen Griesbachkessel - nur im Mai und Juni bei hohem Sonnenstand sind die Kegel länger beschienen - und das kühle Kleinklima, das sich selbstverstärkend ausbildet, tragen zur verzögerten Abschmelzung bei.
Durch die Bäche, die aus den Rinnen der Wand unter die Kegel fließen, werden erste niedrige Tunnel gebildet. Vor allem aber die nachfolgenden Schmelzvorgänge - durch die zirkulierende warme Luft - vergrößern diese Tunnel, die in der Regel vom Spätfrühjahr bis zum Sommer bestehen und dann schließlich einbrechen. Die Seitentunnel sind 10 bis 40 m, der Haupttunnel mit dem Sammelgerinne im Einschnitt von Wandfuß und Moränenhügel ist bis zu 300 m lang. Die Tunnel können unterschiedliche Größen haben (von wenigen Metern Breite und Höhe bis ca. 15 m Breite und 5-6 m Höhe). Bei Verschneidungen (Kreuzungspunkten) von Höhlen können die Gewölbe noch größere Dimensionen erreichen.
Durch die ständigen Veränderungen kommt es in der Regel zu einem Nebeneinander von geschlossenen Tunnelröhren, durchlöcherten Tunneldecken, eingestürzten Teilen und auch Resten in Form von Überhängen, Pfeilern oder Brückenbögen. Wie schon angesprochen überdauern nur in manchen Jahren mehr oder weniger große Reste den Sommer. Im Durchschnitt der vergangenen 50 Jahre trat nur alle 10 bis 15 Jahre ein so großer Rest von Lawinenschnee auf. Die Gewölbe und Pfeiler, die Schmelzschalen und die kreuzrippenartigen Verschneidungen der Innenwände der Tunnel, das alles erinnert an eine gotische Kapelle. Dazu kommt noch die spürbar kältere Luft am Tunnelausgang - besonders an heißen Sommertagen -, sodass der Name "Eiskapelle" sehr treffend ist.

Die Entstehung der Eiskapelle 2006

Trotz des wieder warmen Sommers blieben 2006 große Lawinenreste zurück. Der Grund dafür war der extrem schneereiche Winter 2005/06 am Alpennordrand. Am 24. Mai betrug das Gesamtvolumen der Akkumulationen ca. 175.000 m³ auf einer Fläche von ca. 19.200 m² mit einer mittleren Tiefe von ca. 9 m. Die maximale Tiefe betrug laut Laserscan der Fa. EGEO im Auftrag des Hydrographischen Dienstes Salzburg ca. 25 m.

1 Die Bruchstelle im Lawinenkegel mit den weggekippten, herabgestürzten und zerbrochenen Schollen und der von der Feuerwehr und Alpinpolizei herausgeschnittene Schacht zur Bergung des Verunglückten (21.12.2006).
2 Bruchschollen nach dem Einsturz - der Pfeil zeigt die Unfallstelle (21.12.2006).

Der einzige kühle Sommermonat, der August, bremste überdies die Abschmelzung. Schon ab Juni entwickelte sich das Tunnel- bzw. Höhlensystem. Im Spätsommer und Herbst waren alle Stadien der Entwicklung bei den drei großen Lawinenkegelresten vorhanden.

Am 24. November betrug die Fläche der Lawinenkegel bzw. der Lawinenreste 5000 m² und das Volumen ca. 20.000 m³. Die maximale Dicke war noch 10 m, das Mittel ca. 4 m (Laserscan Fa. EGEO). Im Laufe des Sommers entstanden zwischen zwei Lawinenkegeln - dem späteren Unfallbereich - zwei Tunnel von der Felswand weg zum Talboden. Bis Mitte Dezember wurde an den Höhleneingängen die Decke dünner und stürzte nach und nach ein. Es kam zu einer Verkürzung der Tunnel und Verkleinerung der Verbindung zwischen den zwei Lawinenkegeln. Der eine Tunnel (von unten nach oben gesehen der linke) stürzte vollkommen ein und die Eistrümmer schmolzen weg, der andere nur teilweise, sodass ein Rest des Gewölbes stehen blieb.

Der Befund

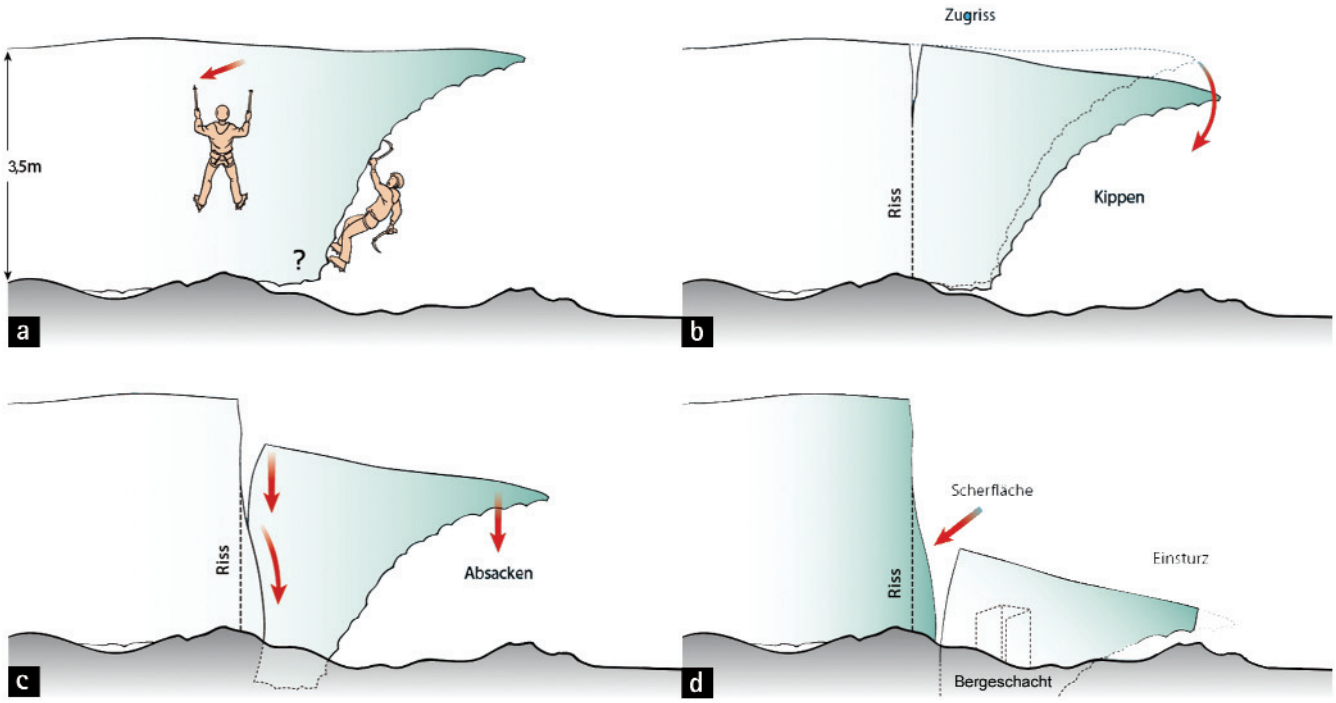
Die Befundaufnahme und die polizeilichen Erhebungen erfolgten durch den Leiter der Alpinen Einsatzgruppe im Bezirk Flachgau BezInsp. Oliver Anzböck. Nachdem die Eiskapelle seit 1971 von Heinz Slupetzky erforscht wird, wurde der Unfallort sofort nach Bekanntwerden des Unglücks aufgesucht, um Fakten zu sammeln. Die Entnahme einer Firneisprobe an der Unfallstelle am

21.12.06 und deren Messung ergab eine Dichte von 710 kg/m³. Die mittlere Dichte der Lawinenablagerung wird bei 700kg/m³ liegen, nur wenige Stellen könnten ca. 650 kg/m³ haben und ebenso wenige Bereiche 800 kg/m³. Nur stellenweise kommen schon Eislinsen vor. Das Material ist als "Firneis" zu be-zeichnen. Gletschereis hätte Dichten zwischen 830 und 917 kg/m³.
Die hohen Dichten in so kurzer Zeit über den Sommer gehen auf die primäre starke Verdichtung durch den Lawinendruck und den nachfolgenden Überlagerungsdruck zurück sowie die Durchfeuchtung und Durchnässung in der Abschmelzperiode.
Die Temperatur des Firneises lag bei -0,5°, die des Neuschnees an der Lawinenkegeloberfläche war -0,8°; die Lufttemperatur betrug -0,2° C (gemessen um ca. 14:00); der Kessel liegt im Winter ganztägig im Schatten. Ein kausaler Einfluss der Temperatur bzw. von Temperaturänderungen zum Unfallzeitpunkt auf die Festigkeit kann ausgeschlossen werden.

Rekonstruktion und Analyse des Einsturzes

Aufgrund der bisherigen Erkenntnisse und der vorläufigen "Rekonstruktion" des möglichen Herganges war die fehlende Stabilität bzw. der Spannungszustand der Firneiskonfiguration eine primäre Vorbedingung für den Unfall. Für die Instabilität kommt vor allem die Abstützung am Boden in Frage, ob die Basis überhängt oder ob Höhlräume vorhanden sind. Die Außenneigung der Firneiswand bzw. das "Überkragen" des Überhanges ist ein zweiter Einflussfaktor. Die (potentielle) Instabilität konnte nicht nur lokal (unmittelbar an der Unfallstelle) gewesen sein, sondern war großräumig vorhanden, da es auch talwärts nachfolgend zu Einbrüchen kam. Eine Diskussion mit Martin Schneebeli (SLF-Davos) hat ergeben: Unter Zug belastetes Eis, dessen Zugspannung nahe der Zugfestigkeit liegt, bricht spröde. Erste Abschätzungen zeigen, dass eine kritische Risslänge von weni-

3 Die Lawinenkegel im Spätherbst (30.10.2006), zwei Monate vor dem Ereignis. Der Pfeil markiert die Unfallstelle.
4 Entwicklungsstadium wie bei den beiden Tunneln wenige Wochen vor dem Unfall.
a bis d Ansicht der Unfallstelle von oben auf die bergwärtige Firneiswand (siehe auch Abb. 1). Durch einen Schlag mit dem Eisgerät entstand ein Riss im Eis bis zum Boden mit einem blitzartig nachfolgenden Initialbruch im oberen Drittel (a). Der Firneisblock kippte vor (b), durch das tonnenschwere Gewicht scherte der Block ab, aber nach unten nicht in Fortsetzung des Risses (c). Der Block sackte zu Boden und zerbrach zum Teil (d); er fiel ein Stück hangabwärts (deshalb ist in der Grafik nur der obere Teil des Blocks zu sehen, der untere ist gestrichelt dargestellt).



gen Zentimetern genügt, um einen Bruch zu initiieren. Diese Abschätzung stimmt mit den Beobachtungen überein. Der Unfall geschah an einer freistehenden, überhängenden Firnstruktur. Solche unter kritischer Zugbelastung stehenden Zonen sind schwierig zu erkennen, bei freistehenden, stark überhängenden Strukturen aber zweifellos vorhanden. Experten sind der Ansicht, dass die Belastung durch die Kletterer vernachlässigbar wäre. Wie hoch das (potentiell bestehende) Risiko war, ist erst durch das Ereignis selbst sichtbar geworden.

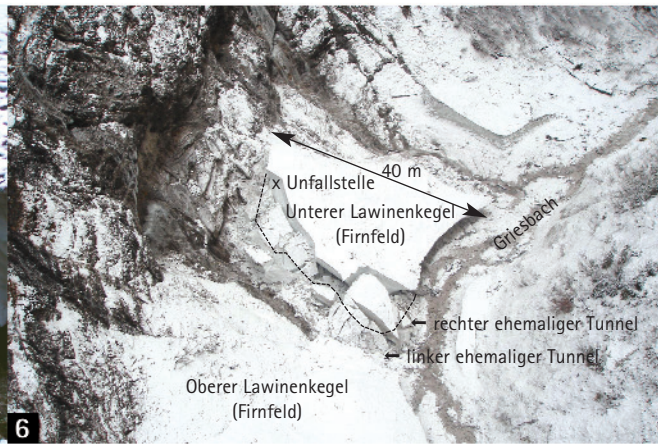
Schlussfolgerungen

Aufgrund der Seltenheit und Komplexität des Ereignisses ist die Frage nach dem "Warum?" nicht sofort - so weit überhaupt möglich - zu beantworten. Die Erhebungen des Geschehens unter Einschluss der bisherigen Forschungen und Versuche einer ersten Analyse machen es möglich, die Vorbedingungen abzuschätzen, das Unglück nachzuvollziehen und sich dem zu nähern, was einen bewegt: Zu verstehen, wie es dazu kam.
Ist die Einschätzung der Stabilität der Firneiswände und Tunnel in den Lawinenkegeln überhaupt erkennbar oder möglich? Bisher habe ich die "Eiskapelle" als Forschungsobjekt gesehen und als leicht erreichbare, attraktive Sehenswürdigkeit für Jedermann. Besucher werden vor dem Betreten der Eiskapelle wegen Einsturz- und damit tödlicher Gefahr gewarnt, seitdem am 15. August 1970 eine deutsche Touristin aus Wilhelmshaven am Tunnelausgang durch Einsturz erschlagen wurde. Aus der "Erfahrung" ist für Kenner unmittelbar ersichtlich, wann große Gefahr des Einstürzens besteht: Durchlöcherte Tunneldecken, stark überhängende Wände, Firnspalten oder teilweise eingestürzte Tunnel. Umgekehrt sind bogenförmige, geschlossene, regelmäßige Tunnelquerschnitte oder am Boden gut auflagernde senkrechte Wände und das Fehlen der oben angeführten Gefahrenzeichen für den Erfahrenen als Hinweise auf ausreichende Stabilität anzusehen. Dazu kommen aber, um auf der sicheren Seite zu sein, weitere Strategien: zB an der Wand entlang in den Tunnel gehen und nicht in der Mitte oder keinesfalls allein oder alle auf einmal hineingehen. Für das Eisklettern gelten zwar andere Gesichtspunkte, hier wie dort ist es aber nur möglich, die eindeutig negativen Zeichen zur Beurteilung des Risikos heranzuziehen. Das verbleibende Restrisiko in allen anderen Fällen und Situationen kann praktisch nicht beurteilt werden.
Es ergeben sich (derzeit) folgende Erkenntnisse:

- Wichtig für die Abschätzung des Risikos ist die Beschaffenheit der "Eis"-Formationen, dabei insbesondere die Art der Abstützung des Firneises am Untergrund und der Grad der Abweichung des Querschnittes von einem stabilen Gewölbebogen (Tunnel).
- Freistehende und stark überhängende, gegen oben nicht fortlaufende oder seitlich nicht abgestützte Eisformationen sind zu vermeiden.
- Firneis (bei alten Lawinenkegeln) hat in der Regel gute Qualität. Der Übergang von Firn zu Firneis im Laufe der Zeit ist beim Erproben durch Pickelschläge bzw. durch das Setzen der Eisgeräte erkenn- und abschätzbar.
- Vermutlich ist die Festigkeit von Firn- und Gletschereis (im vorliegenden Fall Firneis) bei alten Lawinenkegeln nicht entscheidend. Im Gegensatz zu Schnee kommen keine Schwachschichten vor, sondern es ist die Geometrie und der Spannungszustand des an sich homogenen Eises, sowie die dem Eis eigene geringe Bruchzähigkeit, die hier gefährlich sind.
- Vielleicht können Berechnungen und Simulationen von Querschnitten, wie sie bei den Lawinenkegeln im Griesbachgraben auftreten, zu Ergebnissen führen, die zum (erwünschten) näheren Verständnis beitragen. Es handelt sich dabei um ein allgemeines Material- und Geometrieproblem. Erst danach könnte vielleicht die Frage beantwortet werden, ob es überhaupt ein Kriterium gibt, um "Stop or Go"-Strategien anzuwenden.
- Steileisklettern auf (mehrjährigen) Lawinenkegeln ist wohl keine völlig neue Variante des Eiskletterns, es erfordert aber zusätzliche Erfahrung und Kenntnisse.

Die Tragik ist die, dass Fortschritt manchmal erst aus der Katastrophe erwächst.

Hinweis: Ich danke Herrn BezInsp. O. Anzböck, Leiter der Alpinen Einsatzgruppe im Bezirk Flachgau für Informationen und die Luftbilder, Herrn Dr. M. Schneebeli, Schweizerisches Lawinenforschungsinstitut (Davos) für die Diskussion zu den physikalischen Parametern und DI H. Wiesenegger für die Mitarbeit bei den Begehungen.



Flugfoto BMI-Alpindienst

5 Der linke der beiden Tunnel - siehe auch Luftaufnahme (Abb. 6) - 4 Wochen vor dem Unfall. Der rechte Tunnel liegt außerhalb des Fotos. Bis Mitte Dezember schmolz der linke Tunnel weg, vom rechten blieben bis zum Zusammenbrechen am 20.12.06 ein Restbogen mit Pfeiler und die überhängende Wand stehen. 24.11.06

6 Die Situation vor dem Unfall stellt sich etwa so dar: Vom Graben bergauf blickend war links eine wenige Meter hohe Wand des oberen "Firn"feldes in ca. 6 bis 15 m Entfernung vom unteren "Firn"feld. Die Wand war der Rest des einen ehemaligen Tunnels. Rechts erstreckte sich von unten weg zunächst eine Wand. Etwa im Mittelteil bestand ein Torbogen/Gewölbe als Rest des anderen Tunnels und daran anschließend wieder eine Wand; diese war unterschiedlich überhängend und am oberen Ende 3,5 m hoch.