

Zusammenfassung der Auszugsergebnisse zur Festigkeit der „Sigibolts“

*Chris Semmel, Florian Hellberg
DAV-Sicherheitsforschung*

28.Aug.2007

Am 29. Oktober 2005 stürzte ein Kletterer beim Abseilen durch den Ausbruch eines „Sigibolts“ (Verbundhaken) in der Route „Via Anne“ am Schneeklammkopf in den Mandelwänden tödlich ab. Da Verbundhaken (Klebehaken) allgemein als sichere Fixpunkte gelten, erregte der Fall größeres Aufsehen (s. Veröffentlichungen in bergundsteigen 2/06 und 3/06).

Beim Sigibolt handelt es sich um einen selbstgebauten Verbundhaken, gefertigt aus einem 8mm Edelstahldraht. Die Öse wurde gebogen und per Hand mit dem Schaft des Hakens verschweißt. Die Sigibolts (SB) wurden laut den Hakensetzern entweder mit Biber Rapid Schnellbindezement oder mit Würth W-VD Glasmörtelpatronen eingebunden. Zudem wurden im Rahmen der Routensanierung durch die Erstbegeher teilweise Normalhaken wie Verbundhaken eingemörtelt. Der Unfallhaken steckte lediglich bis zur Markierung (s. Bild) im Fels und war nach unten gekrümmt, so dass die Öse am Fels anstand.



Zur Untersuchung der Unfallursache und zur Bestimmung der Festigkeiten von Sigibolts wurden bislang vier Untersuchungen durchgeführt:

1. Voruntersuchung im Labor der DAV Sicherheitsforschung – Auszug im Normbeton mit der Härte B50 (s. gesonderter Bericht zur Voruntersuchung Sigibolts vom 22.03.07)
2. Untersuchung in Kochel; 22 Sigibolts (11 mit Biber Rapid und 11 mit Würth W-VD Glasmörtelpatronen) wurden gesetzt und die Auszugsfestigkeiten bestimmt (s. gesonderter Bericht Ausreichversuche Sigibolts Kochel 21.06.07)
3. Untersuchung Hochkönig/Maiandacht 17.07.07
4. Untersuchung Tennengebirge/der Schroa 24.08.07

Nach der Überprüfung der Verbundhakenfestigkeit im Kalkstein (Kochel) wurden in der Route „Maiandacht“ im Hochköniggebiet sowie in der Route „der Schroa“ am Großen Fieberhorn im Tennengebirge in einem gemeinsamen Arbeitseinsatz der DAV-Sicherheitsforschung, des ÖAV sowie der Alpinpolizei Österreich 43 Sigibolts sowie 6 mit Biber Rapid eingebundene Normalhaken ausgezogen (vgl. Tabellen). Am Abend fand ein Gespräch zwischen Albert Precht, Sigi Brachmayer, Jakob Oberhauser (ÖAV) und Chris Semmel (DAV Sicherheitsforschung) statt.

Ergebnisse:

Auszugskräfte Sigibolts Hochkönig				
Datum:	17. Jul 07		Ort:	Hochkönig/Route: Maiandacht
Mörtel:	Biber Rapid		Gestein:	Kalk
axialer Auszug - bei allen Haken kam es zum Auszug aus dem Mörtel (Mörtelversagen)				
Nr.	Haken	Mörtel	Festigkeit [kN]	Kommentar
1	Sigibolt	Biber Rapid	10,6	
2	Sigibolt	Biber Rapid	5,3	Haken ließ sich mit Karabinerhebel lösen!
3	Sigibolt	Biber Rapid	8,0	Haken ließ sich mit Karabinerhebel lösen!
4	Sigibolt	Biber Rapid	5,3	Haken ließ sich mit Karabinerhebel lösen!
5	Sigibolt	Biber Rapid	4,0	Haken ließ sich mit Karabinerhebel lösen!
6	Sigibolt	Biber Rapid	13,3	
7	Normalhaken	Biber Rapid	18,6	
8	Normalhaken	Biber Rapid	16,0	
9	Sigibolt	Biber Rapid	16,0	
10	Normalhaken	Biber Rapid	18,6	
11	GMP Stubai	Würth W-VD	34,6	
12	Normalhaken	Biber Rapid	16,0	
13	Normalhaken	Biber Rapid	10,6	
14	Normalhaken	Biber Rapid	12,0	
15	Sigibolt	Biber Rapid	21,3	
16	Sigibolt	Biber Rapid	13,3	
17	Sigibolt	Biber Rapid	13,3	
18	Sigibolt	Biber Rapid	13,3	
19	Sigibolt	Biber Rapid	6,7	Haken ließ sich mit Karabinerhebel lösen!
20	Sigibolt	Biber Rapid	14,6	
21	Sigibolt	Biber Rapid	18,6	
22	Sigibolt	Biber Rapid	12,0	
23	M10 Expressanker		22,6	

gelb: unter der Norm (15kN), orange: für Sturzbelastung grenzwertig (1-7kN), rot: bei Körpergewicht grenzwertig (unter 1 kN)

Diskussion:

Die mit Biber Rapid in der „Maiandacht“ gesetzten Haken zeigten eine größere durchschnittliche Festigkeit als die in Kochel ermittelten Festigkeiten (s. Tab. S. 4). Dies kann im Mischungsverhältnis (Wasser-Mörtel) oder in der Setztechnik begründet liegen.

Von den 21 mit Biber Rapid gesetzten Haken haben 14 (66%) nicht die Normanforderung (15kN axial) erfüllt (gelbe und orangene Markierung in der Tabelle). Vier dieser Haken lagen in einem für die Praxis grenzwertigen Festigkeitsbereich von 1-7 kN (orange Markierung), wäre die Krafteinleitung durch einen Sturz axial erfolgt. Bei axialer Belastung mit Körpergewicht wäre keiner der Haken ausgebrochen. Einer Sturzbelastung (Mit radialer Krafteinleitung) hätten Wahrscheinlichkeit alle der geprüften Haken widerstanden.

Auffällig ist, dass die Festigkeitswerte gegenüber mechanischen normkonformen Systemen (z.B. Expressankern) stark streuen und somit keine zuverlässige Einschätzung der Haken zulassen (s. Tab. S. 4).

Auszugskräfte Sigibolts Tennengebirge				
Datum:	24. Aug 07		Ort:	
Mörtel:	Würth W-VD GMP		Gestein:	Kalk
Auszug in axialer Richtung				
Nr.	Mörtel	Haken	Festigkeit [kN]	Kommentar
1	GMP	Sigibolt	18,6	Auszug, dann Bruch
2	GMP	"-	10,6	
3	GMP	"-	21,3	
4	GMP	"-	16,0	Hakenbruch
5	GMP	"-	16,0	
6	GMP	"-	16,0	
7	GMP	"-	18,6	Hakenbruch
8	GMP	"-	16,0	Auszug
9	GMP	"-	0,5	!!! Hakenbruch, glatt
10	GMP	"-	23,9	Auszug
11	GMP	"-	21,3	Bruch und Aufgebogen
12	GMP	"-	12,0	Auszug
13	GMP	"-	16,0	Auszug
14	GMP	"-	18,6	Hakenbruch
15	GMP	"-	18,6	Auszug
16	GMP	"-	13,3	Auszug
17	GMP	"-	10,6	Hakenbruch an Schweißnaht
18	GMP	Sigibolt groß	18,6	Hakenbruch
19	GMP	Sigibolt	18,6	Auszug
20	GMP	"-	21,3	Auszug, angerissen
21	GMP	"-	18,6	Auszug
22	GMP	"-	16,0	Auszug
23	GMP	"-	23,9	Hakenbruch
24	GMP	"-	16,0	Hakenbruch
25	GMP	"-	18,6	Auszug
26	GMP	"-	21,3	Auszug
27	GMP	Sigibolt groß	13,3	
28	GMP	Sigibolt groß	6,7	Hakenbruch

gelb: unter der Norm (15kN), orange: für Sturzbelastung grenzwertig (1-6kN), rot: bei Körpergewicht grenzwertig (unter 1 kN)

GMP: Glasmörtelpatrone

Diskussion:

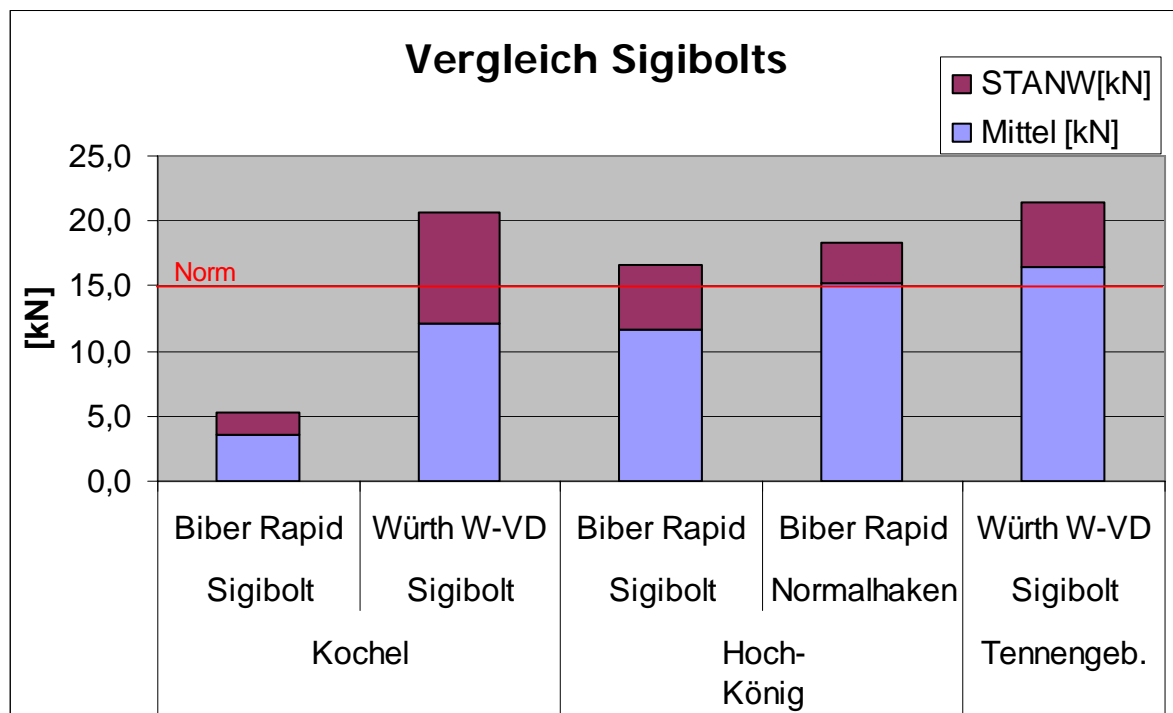
Die mit Würth W-VD Glasmörtelpatronen in der Route „der Schroa“ gesetzten Haken zeigten die höchsten durchschnittlichen Festigkeiten aller geprüften Haken (s. Tab. S. 4). Entgegen dem Unfallhaken steckten alle Haken bis zur Öse komplett im Fels. Dies deutet darauf hin, dass hier keine Setzfehler vorliegen. Die Route der Schroa wurde 2006, also ein Jahr nach dem Unfall saniert.

Von den 28 mit GMP gesetzten Haken erfüllten 7 (25%) nicht die Normanforderung (15kN axial) (gelbe, orangene und rote Markierung in der Tabelle). Ein Haken wäre bei axialer Sturzbelastung möglicherweise ausgebrochen (Festigkeitsbereich von 1-7 kN, orange Markierung), ein Haken ist bei einer Belastung durch Körpergewicht abgebrochen! Einer Sturzbelastung mit radialer Krafteinleitung hätten wahrscheinlich 27 der 28 getesteten Haken standgehalten. Auch hier ist eine starke Streuung zu beobachten.

Überblick:

Vergleich der mittleren Standardabweichungen Sigibolts

ORT:	HAKEN	MÖRTEL	Mittel [kN]	STANW[kN]	min. Festigkeit	Anzahl
Kochel	Sigibolt	Biber Rapid	3,6	1,6	1,3	11
	Sigibolt	Würth W-VD	12,0	8,6	1,3	11
Hoch-König	Sigibolt	Biber Rapid	11,7	4,9	4,0	15
	Normalhaken	Biber Rapid	15,3	3,0	10,6	6
Tennengeb.	Sigibolt	Würth W-VD	16,4	5,1	0,5	28



* Berechnung der Standardabweichung:

$$\text{STANW} = \frac{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2}}{n}$$

; Dabei ist \bar{x} der Stichprobenmittelwert und n der Stichprobenumfang.

Im Gespräch gaben die Erstbegeher bezüglich der verwendeten Würth W-VD Glasmörtelpatronen (GMP) an, nicht dieselben Haken wie im Auszugversuch in Kochel verwendet zu haben. Die von ihnen mit GMP gesetzten Haken hätten weniger auftragende Schweißpunkte, wodurch sich die Haken beim Setzen im Bohrloch drehen ließen und somit eine Vermischung der Mörtelkomponenten sehr wohl erfolgt sei. Zudem wäre dadurch ein verbessertes Umschließen des Hakenschafts ermöglicht.

Die in der Route „Der Schroa“ ausgezogenen Haken scheinen so gesetzt worden zu sein, da hier keine herausstehenden Sigibolts vorgefunden wurden.

Für die älteren Routen, in denen zum Teil herausstehende Hakenschaften vorkommen, scheint ein (wie im Bericht zu den Ausreißversuchen in Kochel beschriebene) Setzfehler vorzuliegen. Durchmesser Bohrloch zu Hakenschaft scheinen hier nicht zueinander zu passen. Diese Haken sind insbesondere bei axialer Belastung äußerst kritisch zu beurteilen. Versuche zu den Festigkeiten dieser herausstehenden Haken wären abschließend sinnvoll.

Bewertung der Gefährdung

Haken:

Problematisch erscheint, dass die Haken von Hand geschweißt wurden. Wird die Temperatur beim Schweißvorgang zu hoch, führt dies zu Veränderungen in der Metallstruktur im Bereich der Schweißnaht. Dadurch kann das Metall sehr spröde werden und die Festigkeiten deutlich abnehmen. Der Ausreißer bei den Auszugsversuchen im Tennengebirge scheint diese bereits nach der Voruntersuchung geäußerte Vermutung zu bestätigen. Die Versagerquote erscheint gering. Ein Versagen auf Grund von Hakenbruch bei Körpergewicht ist jedoch nicht ausschließbar. Die Streuung der Materialfestigkeit dementsprechend hoch.

Biber Rapid Mörtel:

Der verwendete Mörtel entspricht nicht den Anforderungen eines für den Schwerlastbereich zugelassenen Mörtels.

Ein Versagen der Haken ist bei axialem Zug vorstellbar. Ein weiterer schwerer Unfall auf Grund eines weiteren Versagens eines „Sigibolts“ erscheint jedoch nach Ermittlung der Festigkeiten der mit Biber Rapid eingemörtelten Haken vor Ort nicht sehr wahrscheinlich. Die Festigkeiten liegen in etwa wie bei gut platzierten Normalhaken. Die eingebundenen Haken sollten dennoch sukzessive ausgetauscht werden (starke Streuung sowie 66% liegen mit ihren Festigkeitswerten unterhalb der Norm). Eine mittelfristige Gefahrenbeseitigung erscheint jedoch ausreichend.

Würth W-VD Glasmörtelpatronen (GMP):

Die Festigkeit der mit GMP gesetzten Sigibolts ist ausreichend. Die in der Route „der Schroa“ getesteten Haken waren alle gut gesetzt, d.h. es waren keine herausstehenden Haken vorhanden. Die durchschnittliche Festigkeit der mit GMP gesetzten Sigibolts liegt mit 16,4 kN deutlich über der mit Biber Rapid gesetzten Sigibolts (11,7 kN).

Offen ist nach wie vor die Festigkeitsverteilung bei den herausstehenden Haken, die wahrscheinlich auf Grund eines zu engen Bohrlochdurchmessers ein Mischen des Mörtels und das Umschließen des Hakenschafts nicht gewährleisten. Diese Haken sollten äußerst kritisch betrachtet werden. Zur genaueren Gefahrenbeurteilung wären weitere Festigkeitswerte dieser Haken hilfreich.



Lösungsvorschlag:

- Wiederholer der betreffenden Routen sollten über die generelle Gefahr bei axialem Zug informiert werden
- Sigibolts sollten von der Verwendung her so beurteilt werden wie Normalhaken
- weit herausstehenden Haken sollte explizit misstraut werden
- eine geringe, aber dennoch nicht auszuschließende Gefährdung besteht durch eine mögliche Materialschwächung durch das Schweißen. Einem Sigibolt sollte daher nie **alleine** vertraut werden (Redundanz beim Abseilen oder am Standplatz)
- Eine mittelfristige Sanierung (Zeitraum 5 Jahre) kann nur durch die Unterstützung der im Gebiet aktiven oder im Setzen von Bohrhaken erfahrenen Kletterern geleistet werden. Hierzu wäre eine Koordination der Sanierung durch eine Institution (Bergrettung, Polizei, Alpinverbände, Arbeitsgruppe etc.) hilfreich.

Der DAV sichert eine finanzielle Unterstützung zur Materialbereitstellung für eine geleitete Sanierung zu.

Denkbar wäre die Gründung eines „Fonds“, über den kostenlos normkonforme Bohrhaken für die Sanierung zur Verfügung gestellt werden.

Die Sanierung sollte nach Vorgabe der Erstbegeher (Austausch der vorhandenen Bohrhaken und eingebundenen Normalhaken durch normkonforme Bohrhaken) erfolgen. Es sollen keine zusätzlichen Haken angebracht bzw. der Routenverlauf geändert werden. An den Ständen, die lediglich mit einem Bohrhaken ausgestattet sind, soll ein zweiter Bohrhaken angebracht werden.

29.08.07

Chris Semmel