

Diplomarbeit

TUM – MW65/0527 – DA

Scharfkantenprüfung

von Bergseilen

Autor: Cand.-Ing. Matthias Blümel
Matr.-Nr. 2291377
Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Dipl. Sportl. Veit Senner
Fachgebiet Sportgeräte und -materialien

Abgabedatum: 25.11.2005

Kurzfassung:

Aus dem Stand der Technik bekannte Lösungen zur Prüfung von Bergseilen hinsichtlich ihrer Scharfkantenfestigkeit sind unbefriedigend. Gerade das weit verbreitete Prüfungsverfahren gemäß der Scharfkantennorm UIAA-108 wurde unlängst von der Fachwelt als nicht praxisrelevant befunden. Deshalb sahen Experten der Mammut Sports Group AG (Seilhersteller) dringenden Handlungsbedarf und gaben diese Arbeit in Auftrag.

Im Rahmen dieses Projektes galt es zunächst typische Gefahrensituationen im Klettersport zu identifizieren und diese im Feldversuch zu analysieren. Anschließend erfolgte die konzeptionelle Ausarbeitung und konstruktive Ausgestaltung eines neuartigen Prüfstands zur Bestimmung der Scharfkantenfestigkeit von Bergseilen. Die Fertigung und Inbetriebnahme des Prüfstands stellt einen weiteren zentralen Teil der vorliegenden Diplomarbeit dar.

Eine neue und insbesondere praxisrelevante Normprüfung konnte entwickelt werden. Die Praxisrelevanz der entwickelten Norm wurde anhand einer Untersuchung einer Auswahl gängiger Bergseile nachgewiesen.

Schlagwörter: Scharfkantenprüfung von Bergseilen
Projektmanagement

Technische Universität München
Lehrstuhl für Leichtbau
Boltzmannstraße 15
D-85747 Garching

Technische Universität München
Fg. Sportgeräte und -materialien
Connollystrasse 33
D-80809 München

Vorwort

Die hier vorliegende Diplomarbeit ist Teil eines Forschungs- und Entwicklungsprojektes, welches der Lehrstuhl für Sportgeräte und -materialien im Auftrag der Firma Mammut durchführte, und die Abschlussarbeit meines Maschinenbaustudiums an der Technischen Universität München.

An dieser Stelle möchte ich mich bei Prof. Dr.-Ing. Baier und meinem Betreuer Prof. Dr.-Ing. Dipl. Sportl. Senner bedanken, die mir diese interdisziplinäre Arbeit ermöglicht haben.

Ich möchte später in der Sportgeräteindustrie tätig sein und schätze daher die im Projekte gesammelten Erfahrungen als besonders wertvoll ein. Die Zusammenarbeit mit den am Projekt beteiligten Sportwissenschaftlern war sehr spannend und lehrreich.

Ebenso möchte ich Herrn K... und seinen Mitarbeitern aus der Schlossereiwerkstatt der Fakultät für Sportwissenschaften, sowie den Mitarbeitern der Werkstätten des Lehrstuhles für Leichtbau und des Materialprüfamt der TU-München für ihre Unterstützung danken.

Ich wünsche allen viel Spaß beim Lesen

Matthias ...

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Scharfkantenfestigkeit	1
1.2	Aktuelle Tendenzen der Sportgeräteentwicklung	1
1.3	Aktuelle Tendenzen der Bergseilentwicklung	1
1.4	Ermittlung von Produkteigenschaften	2
1.5	Vorgehen	2
1.6	Gliederung der Arbeit	3
2	Kurze Einführung in den Klettersport	4
2.1	Vertikale Kartenkunde	4
2.2	Seiltypen und deren Verwendung im Klettersport	4
2.3	Entwicklung der Sicherheitsausrüstung	6
2.4	Seilherstellung	7
2.4.1	Polyamid Fasern	7
2.4.2	Seilproduktion bei Mammut	8
3	Normprüfung von Bergseilen	9
3.1	Normsturzprüfung UIAA-101	9
3.2	Scharfkantenprüfung UIAA-108	9
3.3	Kritik an der Scharfkantenprüfnorm	10
4	Projektarbeit	11
4.1	Projektbeschreibung	11
4.2	Projektmanagement	13
4.2.1	Grundlegendes zu Projektmanagement	13
4.2.2	Ziele des Projektes <i>Scharfkantenprüfung</i>	14
4.2.3	Liefer- und Leistungsumfang	15
4.3	Projektplanung	15
4.3.1	Arbeitspakete	15
4.3.2	Projektstrukturplan	16
4.3.3	Projektablauf	16
4.3.4	Kostenplan	17
5	Feldversuch	18
5.1	Versuchaufbau	18
5.2	Messtechnik	19

5.3	Versuchsdurchführung	20
5.4	Ergebnisse	21
5.4.1	Seilschaden	21
5.4.2	Messwerte	21
5.5	Interpretation der Ergebnisse	23
5.5.1	Erste Erkenntnisse über den Versagensvorgang	23
6	Überarbeitung des Anforderungsprofils	24
6.1	Anforderungsprofil von P. Riesch	24
6.2	Analyse der Gefahrensituationen	25
6.3	Auswahl der abzubildenden Gefahrensituation	26
6.4	Kantenform	26
6.5	Reduktion der Komplexität der Bewegung – Anforderungsprofil 2	27
7	Suche nach einem alternativen Prüfstandkonzept	28
7.1	Funktionsstruktur	28
7.2	Entwurf des physikalischen Modells	30
7.3	Analyse der alternativen Konzepte des physikalischen Modells	33
7.3.1	Machbarkeitsuntersuchung	33
7.3.2	Vorteil / Nachteil Betrachtung	34
7.4	Lösungsauswahl	35
7.5	Vom Fallversuch zur neuen Norm	36
8	Testversuch	37
8.1	Ergebnisziele des Vorprüfstands	37
8.2	Anforderungsliste	37
8.3	Konstruktion des Fallprüfstands	37
8.3.1	Parameterbestimmung und Eigenschaftsfrüherkennung	37
8.3.2	Konstruktion und Fertigung	41
8.4	Inbetriebnahme Prüfstand Nummer 1	42
8.4.1	Aufbau	42
8.4.2	Systematische Versuchsreihen zur Optimierung der Anlage	44
8.4.3	Länge der Seilproben	45
8.4.4	Nachweis der Reproduzierbarkeit	46
9	Scharfkantenfestigkeitsuntersuchung	49
9.1	Schnittbewegung	49
9.1.1	Aufgabenstellung	49
9.1.2	Durchgeführte Versuche	49
9.1.3	Ergebnisse	50

9.1.4	Interpretation der Ergebnisse	54
9.2	Doppelseile	55
9.2.1	Aufgabenstellung	55
9.2.2	Durchgeführte Versuche	56
9.2.3	Ergebnisse	56
9.2.4	Auswertung	57
9.3	Vergleichsuntersuchung	58
9.3.1	Aufgabenstellung	58
9.3.2	Durchgeführte Versuche	58
9.3.3	Prüfmaterial	58
9.3.4	Ergebnisse	59
9.3.5	Interpretation der Ergebnisse	59
9.4	Zusammenfassung der Ergebnisse des Testversuchs	63
10	Suche nach alternativen Prüfverfahren	64
10.1	Lösungsansatz	64
10.1.1	Benchmarking	64
10.1.2	Prüfsystem zur Bestimmung der Scharfkantenfestigkeit	64
10.2	Anforderungsprofil Modellversuche	65
10.2.1	Teillasten	65
10.2.2	Restriktionen	66
10.3	Lösungssuche	66
10.3.1	Lösungen suchen – Konzeptfindung	66
10.4	Lösungsauswahl	68
10.4.1	Bewertungskriterien	68
10.4.2	Gewichtung der Bewertungskriterien	69
10.4.3	Gewichtete Punktwertung	69
11	Modellversuch	71
11.1	Konstruktion	71
11.1.1	Pendelschlagwerk	71
11.1.2	Konstruktion der Anbauteile	72
11.2	Fertigung und Aufbau der Prüfvorrichtung	73
11.3	Erste Versuche – Verifizierung des Prüfstands	74
11.3.1	Aufbringen der Vorspannung auf das Seil	74
11.3.2	Definieren der Prüfparameter	74
11.3.3	Verifizierung des Prüfstands	76
11.3.4	Nachweis der Reproduzierbarkeit	78
12	Theoretische Beschreibung: „Schnittbelastung“	80
13	Normvorschlag	82

14	Vergleichsuntersuchung mit Produkten des Marktes	85
14.1	Prüfmaterial	85
14.2	Ergebnis der Vergleichsuntersuchung	85
15	Zusammenfassung der Arbeit	87
16	Anhang	89
16.1	Normsturzprüfung UIAA-101	89
16.2	Scharfkantenprüfung UIAA-108	90
16.3	Arbeitspakete	91
16.4	Terminplan	95
16.5	Kostenplan	96
16.6	Geometrie des Feldversuchaufbaus	97
16.7	Anforderungsprofil für die Scharfkantenprüfung von Bergseilen von P. Riesch	100
16.8	Anforderungsliste für den Fallprüfstand	102
16.9	Abmessungen des Fallversuchstands	104
16.10	Vollständiger Versuchsplan für Prüfstand 1	105
16.11	Kraftmessdaten	106
16.11.1	Fangstoßmessung - statisch bei 50 kg	106
16.11.2	Seilkraft an der Wandbefestigung - statisch bei 50 kg	107
16.11.3	Fangstoßmessung - dynamisch bei 50 kg	108
16.11.4	Seilkraft an der Wandbefestigung - statisch bei 50 kg Doppelseil	109
16.11.5	Fangstoßmessung - Statisch bei 50 kg Doppelseil	110
16.12	Technische Zeichnungen der Anbauteile des Pendelschlagwerks	111
17	Literatur	116
18	Abbildungsverzeichnis	119
19	Verzeichnis der Tabellen	122