

# Diplomarbeit

Im Diplomstudiengang Sportwissenschaften  
der  
Technischen Universität München

„Validierung eines physikalischen Modells für die  
Ermittlung der Bremskräfte von Sicherungsgeräten  
im Bergsport“

von  
Andreas Thomann

2007



Ausgegeben am: 9.11.2006

Abgegeben am: 15.05.2007

1. Prüfer: Herr Prof. Dr. V. Senner

2. Prüfer: Herr Prof. Dr. A. Schwitz

## **Gliederung**

	Seite
<b>Gliederung</b>	I
<b>1. Einleitung</b>	1
1.1. Gründe für die Untersuchung	1
1.2. Überblick über die gesamte Arbeit	3
<b>2. Definitionen</b>	3
2.1. Handkraft	3
2.2. Sturzfaktor und Sturzhärte	3
2.3. Fangstoß und Fangkraft	4
2.4. Sturzzugrichtung und Faktor-2-Sturz	5
2.5. Sicherungsgerät	6
2.6. Bremskraft und Seildurchlauf	6
2.7. Kletterarten	7
2.7.1. Bouldern	7
2.7.2. Sportklettern	8
2.7.3. Alpinklettern	8
2.7.4. Alpines Sportklettern	8
2.7.5. Freiklettern – Technisches Klettern	9
2.7.6. Solo Klettern – Free Solo	9
<b>3. Untersuchungen zum Thema Bremskräfte von Sicherungsgeräten</b>	9
3.1. Mauthner	10
3.2. Schubert	10
3.3. Randelzhofer	11
3.4. Semmel	14
3.5. Diskussion	19

<b>4. Faktoren der Sicherungskette</b>	<b>20</b>
4.1. Stürzender	21
4.2. Gurtzeug	21
4.3. Knoten	23
4.4. Seil	24
4.4.1. Dynamische Seile	25
4.4.2. Statische Seile	29
4.5. Zwischensicherungen	30
4.5.1. Karabiner	30
4.5.2. Schlingen und Reepschnüre	32
4.5.3. Kräfte auf die Zwischensicherungen	33
4.6. Sicherungsgerät	38
4.6.1. HMS	38
4.6.2. Achter	40
4.6.3. Tube	41
4.6.4. GriGri	42
4.6.5. Bremskräfte der Sicherungsgeräte	43
4.7. Sicherungsart	45
4.7.1. Statische und dynamische Sicherung	45
4.7.2. Sicherung beim Baseclimbing	46
4.7.3. Sicherung am Standplatz	47
4.8. Sichernder	52
4.9. Vollständige Energiebilanz	53
<b>5. Bremskraft beeinflussende Faktoren</b>	<b>54</b>
5.1. Handkraft	54
5.1.1. Einfluss des Sicherungsgerätes auf die Handkraft	54
5.1.2. Einfluss der Sicherungsart auf die Handkraft	55
5.1.3. Einfluss des Seils auf die Handkraft	56
5.1.4. Einfluss der Sturzhärte auf die Handkraft	57
5.1.5. Einfluss des Sichernden auf seine Handkraft	58
5.2. Sicherungsgerät und Seil	60

<b>6. Versuche zur Bestimmung von Handkräften</b>	<b>61</b>
6.1. Vorversuche	61
6.1.1. Expertenbefragung	61
6.1.2. Vorversuchsdesigns	64
6.1.3. Ergebnisse der Vorversuche	68
6.2. Methode und Versuchsplan	72
6.2.1. Population	72
6.2.2. Fragestellungen und Hypothesen	72
6.3. Gütekriterien und Kontrolle von Störvariablen	73
6.3.1. Validität	73
6.3.2. Objektivität	76
6.3.3. Reliabilität	77
6.4. Ergebnisse und Diskussion	77
6.4.1. Vergleich der Handkraftwerte mit und ohne Handschuhen	77
6.4.2. Vergleich der Maximalkraftwerte in Abhängigkeit vom Seildurchmesser	79
6.4.3. Handkräfte und ihre Einflussfaktoren	82
6.4.4. Handkräfte und Sicherungsgeräte	84
6.4.5. Eigene Handkrafteinschätzungen	85
6.4.6. Korrelation zwischen statischen und dynamischen Maximalkraftwerten	85
6.5. Messungen mit extremen Seildurchmessern	86
<b>7. Validierung der „Simulated Hand“</b>	<b>88</b>
7.1. Die „Simulated Hand“	88
7.2. Problemstellung und zu untersuchende Hypothese	88
7.3. Methode und Versuchsplan	89
7.3.1. Einstellen der Handkraftwerte an der „Simulated Hand“	89
7.3.2. Versuchsaufbau	90
7.3.3. Gütekriterien und Auswertung	90
7.4. Ergebnisse	91
7.4.1. Ergebnisse der dynamischen Belastung der „Simulated Hand“	91
7.4.2. Vergleich der „Simulated Hand“ mit der menschlichen Hand	92
7.5. Diskussion	95

<b>8. Versuche zu Bremskräften der Sicherungsgeräte</b>	96
8.1. Problemstellung und zu untersuchende Fragestellungen	96
8.2. Methode und Versuchsplan	97
8.2.1. Versuchsaufbau	97
8.2.2. Material	97
8.2.3. Gütekriterien und Auswertung	98
8.3. Ergebnisse	99
8.4. Diskussion	102
<b>9. Vorschlag eines einfachen Handkrafttests für die Sportkletterpraxis</b>	104
<b>Anhang</b>	V
<b>Literaturverzeichnis</b>	XIX
<b>Kurzbiographie</b>	XXI
<b>Erklärung zur Urheberschaft</b>	XXII